

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

# راهنمای بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های آبی سدهای بزرگ

نشریه شماره ۵۲۶

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

<http://seso.moe.org.ir>

معاونت نظارت راهبردی

دفتر نظام فنی اجرایی

<http://tec.mporg.ir>





شماره:	۱۰۰/۱۳۳۹۲
تاریخ:	۱۳۸۹/۲/۲۵
بخشنامه به دستگاههای اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: راهنمای بهره برداری و نگهداری نیروگاههای آبی سدهای بزرگ	
<p>به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۲۶ دفتر نظام فنی اجرایی با عنوان «راهنمای بهره برداری و نگهداری نیروگاههای آبی سدهای بزرگ» از نوع گروه سوم ابلاغ می شود.</p> <p>دستگاههای اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روشها، دستورالعملها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست.</p> <p>عوامل یاد شده باید نسخه ای از دستورالعملها، روشها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.</p>	
<p>ابراهیم عزیزی</p> 	



## اصلاح مدارک فنی

### خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی

مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ معاونت

برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

Email: [tsb.dta@mporg.ir](mailto:tsb.dta@mporg.ir)

web: <http://tec.mporg.ir/>



## پیشگفتار

نیروگاه‌های برق آبی از یک منبع تجدیدپذیر برای تولید انرژی الکتریکی استفاده نموده و در نتیجه باعث آلودگی محیط نمی‌شوند. علاوه بر این مزیت کلی، از جمله ویژگی‌های مهم دیگر این نیروگاه‌ها: قابلیت سریع راه‌اندازی، امکان تغییر سریع توان خروجی الکتریکی واحدها، قابلیت کمک به تنظیم ولتاژ و نیز تعدیل فرکانس شبکه الکتریکی، قابلیت اطمینان بیش‌تر در بهره‌برداری و بالاخره پایین بودن هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری واحدها، نسبت به اکثر نیروگاه‌های حرارتی متصل به شبکه سراسری قدرت می‌باشد.

با توجه به مطالب فوق، امور آب و وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «راهنمای بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های آبی سدهای بزرگ» را با هماهنگی دفتر نظام فنی اجرایی معاونت نظارت راهبردی رییس جمهور در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذی‌نفع نظام فنی اجرایی کشور به معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (دفتر نظام فنی اجرایی) ارسال نمود که پس از بررسی، بر اساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوبه شماره ۳۳۴۹۷/ت/۴۲۳۳۹ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

هدف این نشریه تدوین راهنمایی است که بتواند به بهره‌برداری و نگهداری بهتر این نیروگاه‌ها از طریق ارائه توصیه‌ها، نکات اصلی و معیارهای عمومی مربوط به بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات نیروگاه‌های برق آبی کمک نماید.

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این راهنما، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با به کارگیری راهنمای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش کرده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این راهنما مشارکت کنند. با همه‌ی تلاش انجام‌شده قطعاً هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که این‌شاء... کاربرد عملی و در سطح وسیع این راهنما توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد کرد.

در پایان، از تلاش و جدیت مدیرکل محترم دفتر نظام فنی اجرایی، سرکار خانم مهندس بهناز پورسید و کارشناسان این دفتر، نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد حاج‌رسولیه‌ها و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۹

## ترکیب اعضای تهیه کننده، کمیته و ناظران تخصصی

این راهنما در شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس با مسوولیت خانم مهندس سیمین نیلی و همکاری افراد زیر تهیه

شده است. اسامی این افراد به ترتیب حروف الفبا به شرح زیر می باشد:

آقای فریبرز بهزاد	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی صنایع
آقای مسعود حدیدی مود	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی مکانیک
آقای محمدرضا شریفی جاه	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی مکانیک
خانم ساحره صفوی	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی مکانیک
آقای مصطفی لطانی	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	لیسانس مهندسی مکانیک
آقای امیرحسین مهدویانی	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی برق
خانم سیمین نیلی	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی برق

**گروه نظارت** که مسوولیت نظارت تخصصی بر تدوین این راهنما را به عهده داشته اند به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

آقای محمد ایرانی زاده	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	فوق لیسانس تاسیسات هیدرولیک
خانم نوشین رواندوست	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور	لیسانس مهندسی سازه
	وزارت نیرو	

آقای جواد شهریوری	شرکت مهندسی مشاور کاماب پارس	لیسانس زمین شناسی
آقای غلامعلی کرمی نیا	شرکت مدیریت منابع آب ایران	لیسانس مهندسی برق و فوق لیسانس مدیریت پروژه

**اسامی اعضای کمیته تخصصی سد و تونل های انتقال طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور که بررسی و**

تایید راهنمای حاضر را برعهده داشته اند به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

خانم دالی بندار	دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا	دکترای مهندسی عمران
	وزارت نیرو	

آقای مسعود حدیدی مود	شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس	فوق لیسانس مهندسی مکانیک
آقای رضا راستی اردکانی	دانشگاه صنعت آب و برق	دکترای مهندسی عمران
آقای فرزاد رفیعا	شرکت مهندسی مشاور کاوشگران	فوق لیسانس مهندسی مکانیک سنگ و

خانم نوشین روان دوست	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور	فوق لیسانس مهندسی معدن
	وزارت نیرو	لیسانس مهندسی سازه

آقای محمداطهر طاهری بهبهانی	شرکت مهندسی مشاور توان آب	فوق لیسانس مهندسی منابع آب (هیدرولیک)
آقای محمدرضا عسکری	شرکت مهندسی مشاور بنداب	دکترای مهندسی عمران
آقای مجتبی غروی	دانشگاه علم و صنعت	دکترای مهندسی عمران
آقای محمدرضا فرشباغ رحیمی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	کارشناس ارشد منابع آب
آقای سیاوش لیتکوهی	شرکت خدمات مهندسی مکانیک خاک	دکترای ژئوتکنیک
آقای علی یوسفی	شرکت خدمات مهندسی برق ایران (مشانیر)	فوق لیسانس مهندسی معدن و
		زمین شناسی مهندسی



**همکاران معاونت نظارت راهبردی:**

لیسانس مهندسی کشاورزی  
فوق لیسانس مهندسی صنایع  
فوق لیسانس مهندسی منابع آب

آقای علیرضا دولتشاهی  
خانم فرزانه آقا رمضانعلی  
خانم ساناز سرافراز  
دفتر نظام فنی اجرایی  
دفتر نظام فنی اجرایی  
دفتر نظام فنی اجرایی



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول - خطوط کلی راهنما
۵	۱-۱- هدف
۵	۲-۱- دامنه کار
۶	۳-۱- متن اصلی راهنما - محتوای کلی فصل‌ها
۹	فصل دوم - کلیات
۱۱	۱-۲- ویژگی‌های نیروگاه‌های آبی
۱۲	۲-۲- کلیات مربوط به انواع توربین‌های آبی
۱۴	۳-۲- تعاریف مربوط به اندازه واحدهای برق آبی
۱۴	۴-۲- وسعت شبکه مرتبط با نیروگاه
۱۶	۵-۲- تعاریف و شرایط بهره‌برداری
۱۶	۱-۵-۲- تعریف کلی بهره‌برداری
۱۶	۲-۵-۲- بهره‌برداری در شرایط مختلف
۱۷	۶-۲- تعریف شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه الکتریکی و نیروگاه آبی
۱۷	۱-۶-۲- کلیات
۱۸	۲-۶-۲- شرایط بهره‌برداری از سامانه الکتریکی
۱۹	۳-۶-۲- تولید توان الکتریکی در نیروگاه
۲۰	۴-۶-۲- شرایط مختلف بهره‌برداری نیروگاه برق آبی
۲۲	۷-۲- تعاریف و خط مشی‌های مربوط به نگهداری
۲۲	۱-۷-۲- تعریف کلی نگهداری
۲۲	۲-۷-۲- بازرسی‌های عادی (روتین)
۲۳	۳-۷-۲- سرویس‌های عادی
۲۳	۴-۷-۲- انواع فعالیت‌های مرتبط با نگهداری تجهیزات
۲۴	۵-۷-۲- خط مشی‌های مربوط به تهیه برنامه نگهداری تجهیزات نیروگاه
۲۷	۸-۲- اصطلاحات و تعاریف مربوط به بهره‌برداری و نگهداری
۲۷	۱-۸-۱- واژه‌ها و عباراتی که در متن این راهنما بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است به شرح زیر [براساس مرجع شماره ۱۳] تعریف می‌شود:
۲۸	۲-۸-۲- سایر تعاریف و اصطلاحات مرتبط با بهره‌برداری و نگهداری

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۱	فصل سوم- بهره‌برداری از نیروگاه‌های آبی
۳۳	۱-۳- کلیات
۳۳	۲-۳- دستورالعمل‌های بهره‌برداری
۳۳	۱-۲-۳- موارد عمومی
۳۴	۲-۲-۳- نکات اصلی در تدوین و بهبود دستورالعمل‌های بهره‌برداری
۳۴	۳-۲-۳- بازنگری و اعمال تغییرات در دستورالعمل‌ها
۳۵	۳-۳- فعالیت‌های عملی بهره‌برداران طی گشت بازرسی در نیروگاه
۳۵	۱-۳-۳- کلیات
۳۵	۲-۳-۳- گشت بازرسی بهره‌بردار
۳۶	۳-۳-۳- گزارش گشت بازرسی بهره‌بردار نیروگاه
۳۷	۴-۳-۳- برخی تعاریف و توضیحات مرتبط با فعالیت‌های بهره‌برداری
۳۸	۴-۳- راه‌اندازی و توقف واحدهای آبی
۳۸	۱-۴-۳- راه‌اندازی واحدها
۴۰	۲-۴-۳- توقف واحد
۴۳	۵-۳- حالت‌های مختلف بهره‌برداری واحد
۴۳	۱-۵-۳- حالت توقف کامل
۴۳	۲-۵-۳- حالت گردش مکانیکی
۴۳	۳-۵-۳- حالت آماده
۴۳	۴-۵-۳- حالت تولید
۴۴	۵-۵-۳- حالت جبران‌کننده سنکرون (حالت کندانسور سنکرون)
۴۴	۶-۵-۳- حالت شارژ کردن خط
۴۴	۷-۵-۳- حالت ذخیره‌گردان
۴۵	۶-۳- کنترل واحد
۴۵	۱-۶-۳- کلیات سطوح کنترل
۴۵	۲-۶-۳- حالت‌های کنترل واحد
۴۶	۳-۶-۳- راه‌اندازی (استارت) غیراتوماتیک واحد
۴۸	۴-۶-۳- توقف (استاپ) غیراتوماتیک واحد
۵۱	۷-۳- شرایط مختلف بهره‌برداری از ژنراتور
۵۱	۱-۷-۳- شرایط بهره‌برداری عادی از ژنراتور

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵۲	۳-۷-۲- بهره‌برداری ژنراتور در شرایط غیرعادی
۵۳	۳-۷-۳- شرایط پیش‌بینی نشده بهره‌برداری ژنراتور
۵۳	۳-۷-۴- شرایط اضطراری ژنراتور
۵۳	۳-۸-۸- ملاحظات مربوط به بهره‌برداری از ژنراتورهای واحدهای آبی
۵۳	۳-۸-۱- دامنه کار
۵۴	۳-۸-۲- موارد احتیاط در مورد بارگذاری
۵۴	۳-۸-۳- مبنای تعیین مقادیر نامی
۵۵	۳-۸-۴- بارگذاری
۶۱	۳-۸-۵- جنبه‌های عملی کلی مربوط به بهره‌برداری از ژنراتور
۶۹	۳-۹-۹- بهره‌برداری از سامانه تحریک و تنظیم‌کننده ولتاژ ژنراتور
۶۹	۳-۹-۱- کلیات
۷۱	۳-۹-۲- بهره‌برداری از سامانه تحریک نوع استاتیک و تنظیم‌کننده اتوماتیک ولتاژ
۷۳	۳-۹-۳- شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه تحریک ژنراتور و تنظیم‌کننده ولتاژ
۷۶	۳-۱۰-۱- شرایط مختلف بهره‌برداری از توربین آبی
۷۶	۳-۱۰-۱- محدوده‌های عملکرد هموار توربین
۷۷	۳-۱۰-۲- شرایط بهره‌برداری عادی از توربین
۷۸	۳-۱۰-۳- بهره‌برداری توربین در شرایط غیرعادی
۷۸	۳-۱۰-۴- شرایط پیش‌بینی نشده در بهره‌برداری توربین
۷۸	۳-۱۰-۵- شرایط اضطراری در بهره‌برداری توربین
۷۸	۳-۱۰-۶- سایر ملاحظات مربوط به بهره‌برداری از توربین
۸۲	۳-۱۱-۱۱- ملاحظات کلی مربوط به بهره‌برداری از سامانه گاورنر
۸۲	۳-۱۱-۱- کلیات
۸۳	۳-۱۱-۲- شرح کلی عملکرد و انواع گاورنر
۸۵	۳-۱۱-۳- بهره‌برداری و انجام تنظیمات گاورنرهای مکانیکی
۸۶	۳-۱۱-۴- بهره‌برداری گاورنرهای نوع دیجیتال - الکتروهیدرولیکی
۸۹	۳-۱۱-۵- تجهیزات مربوط به بهره‌برداری ایمن واحد در مدار هیدرولیکی
۹۱	۳-۱۱-۶- تابلوی تجهیزات مکانیکی گاورنر
۹۲	۳-۱۲-۱۲- آبیگیر نیروگاه و تجهیزات آن
۹۲	۳-۱۲-۱- کلیات

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۹۴	۳-۱۲-۲- بهره‌برداری از تجهیزات آبیگر و پنستاک
۹۸	۳-۱۳-۱۳- شیر ورودی
۹۸	۳-۱۳-۱- کلیات
۹۹	۳-۱۳-۲- بهره‌برداری از شیر ورودی نیروگاه
۱۰۰	۳-۱۴- سامانه‌های کمکی مکانیکی نیروگاه
۱۰۱	۳-۱۵- بهره‌برداری از جرثقیل‌های نیروگاه
۱۰۱	۳-۱۵-۱- کلیات
۱۰۳	۳-۱۵-۲- بهره‌برداری از جرثقیل
۱۰۷	۳-۱۵-۳- ملاحظات مربوط به شرایط پیش‌بینی نشده و یا اضطراری در بهره‌برداری جرثقیل
۱۰۸	۳-۱۵-۴- تجهیزات ایمنی
۱۰۸	۳-۱۵-۵- مدارک و علایم کمکی موردنیاز بهره‌بردار
۱۰۹	۳-۱۶- بهره‌برداری ترانسفورماتورهای اصلی افزایشنده نیروگاه
۱۰۹	۳-۱۶-۱- شرایط کارکرد عادی ترانسفورماتور اصلی
۱۰۹	۳-۱۶-۲- شرایط کارکرد غیرعادی ترانسفورماتور اصلی
۱۰۹	۳-۱۶-۳- شرایط پیش‌بینی نشده حین بهره‌برداری ترانسفورماتور
۱۱۰	۳-۱۶-۴- شرایط اضطراری در کارکرد ترانسفورماتور
۱۱۰	۳-۱۷- بهره‌برداری از کلید قدرت ژنراتور
۱۱۰	۳-۱۷-۱- انواع کلیدهای قدرت
۱۱۲	۳-۱۷-۲- ملاحظات مربوط به بهره‌برداری
۱۱۳	۳-۱۷-۳- شرایط مختلف بهره‌برداری از کلید قدرت
۱۱۴	۳-۱۸- سامانه کنترل برای بهره‌برداری از نیروگاه
۱۱۴	۳-۱۸-۱- کلیات
۱۱۶	۳-۱۸-۲- سامانه‌های کنترل نظارتی و جمع‌آوری اطلاعات از نوع توزیع شده
۱۱۶	۳-۱۸-۳- فرایند راه‌اندازی و توقف واحد
۱۱۷	۳-۱۸-۴- کنترل‌های مربوط به توقف اضطراری
۱۱۷	۳-۱۸-۵- کلیات مربوط به کنترل نیروگاه
۱۱۸	۳-۱۸-۶- حالت‌های مختلف کنترل واحدها و نیروگاه
۱۲۱	۳-۱۸-۷- کنترل یکپارچه واحدهای نیروگاه

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۲۵	۱۹-۳- سامانه حفاظت
۱۲۵	۱-۱۹-۳- کلیات
۱۲۶	۲-۱۹-۳- عملکرد اجزای مختلف مرتبط با سامانه حفاظت
۱۲۷	۳-۱۹-۳- رله‌های حفاظتی واحد
۱۳۰	۴-۱۹-۳- شرایط مختلف بهره‌برداری
۱۳۲	۵-۱۹-۳- کار غیرعادی ژنراتور و موضوع حفاظت
۱۳۳	۲۰-۳- سامانه تامین برق مستقیم نیروگاه
۱۳۳	۱-۲۰-۳- کلیات
۱۳۴	۲-۲۰-۳- تعداد و ظرفیت باتری‌ها
۱۳۵	۳-۲۰-۳- بهره‌برداری از باتری‌ها
۱۳۶	۴-۲۰-۳- باتری شارژرها
۱۳۷	۵-۲۰-۳- مبدل‌های ولتاژ مستقیم (DC)
۱۳۷	۶-۲۰-۳- شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه تامین برق مستقیم (DC)
۱۳۹	۲۱-۳- سامانه تامین برق متناوب نیروگاه (AC)
۱۳۹	۱-۲۱-۳- کلیات
۱۴۰	۲-۲۱-۳- قابلیت راه‌اندازی نیروگاه در حالت خاموشی کامل (راه‌اندازی سیاه)
۱۴۰	۳-۲۱-۳- نیروگاه‌های بزرگ و تامین مصارف داخلی آن
۱۴۱	۴-۲۱-۳- نیروگاه کوچک با یک واحد
۱۴۱	۵-۲۱-۳- شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه تامین برق متناوب (AC)
۱۴۵	<b>فصل چهارم - نگهداری نیروگاه‌های آبی</b>
۱۴۷	۱-۴- کلیات
۱۴۷	۱-۱-۴- دامنه کار
۱۴۷	۲-۱-۴- خط مشی‌های مربوط به تهیه برنامه نگهداری تجهیزات نیروگاه
۱۴۹	۳-۱-۴- انواع فعالیت‌های مرتبط با نگهداری تجهیزات
۱۵۲	۴-۱-۴- برنامه نگهداری و مستند سازی
۱۵۲	۵-۱-۴- تدوین برنامه نگهداری و بازرسی مستمر در آن
۱۵۳	۶-۱-۴- اقدام‌های لازم، مجوزها و مراحل موردنیاز برای انجام کارهای تعمیراتی
۱۵۵	۷-۱-۴- برنامه‌ریزی و تخصیص بودجه برای انجام تعمیرات اساسی
۱۵۶	۲-۴- بازرسی‌ها، نگهداری و تعمیرات توربین‌های آبی

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۵۶	۴-۲-۱- موارد عمومی و دسته‌بندی کلی بازرسی‌ها
۱۵۷	۴-۲-۲- بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین)
۱۵۹	۴-۲-۳- برنامه نگهداری و تعمیرات اجزای اصلی توربین
۱۶۴	۴-۲-۴- توصیه‌های کلی در مورد تعمیرات مکانیکی توربین‌های آبی
۱۷۸	۴-۳- بازرسی‌ها و نگهداری گاورنر
۱۷۸	۴-۳-۱- بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین)
۱۷۹	۴-۳-۲- برنامه نگهداری و تعمیرات اجزا اصلی گاورنر
۱۸۹	۴-۳-۳- برخی ملاحظات و توصیه‌های کلی در مورد تنظیمات و رفع عیوب گاورنر
۱۹۲	۴-۴- بازرسی‌ها و نگهداری شیر اصلی ورودی نیروگاه
۱۹۲	۴-۴-۱- کلیات
۱۹۲	۴-۴-۲- بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین)
۱۹۳	۴-۴-۳- برنامه نگهداری و تعمیرات شیر اصلی ورودی نیروگاه
۱۹۶	۴-۵- نگهداری و تعمیرات تجهیزات آبیگیر نیروگاه
۱۹۶	۴-۵-۱- مقدمه
۱۹۷	۴-۵-۲- فهرست کلی بازرسی و نگهداری تجهیزات آبیگیر
۲۰۶	۴-۵-۳- فهرست تفصیلی بازرسی‌ها و نگهداری اجزای درجه‌ها و تجهیزات سامانه آبیگیر نیروگاه
۲۱۰	۴-۶- بازرسی‌ها و نگهداری تجهیزات سامانه‌های کمکی مکانیکی نیروگاه
۲۱۰	۴-۶-۱- بازرسی‌ها و کنترل‌های عادی روزانه
۲۱۱	۴-۶-۲- نگهداری اجزای سامانه‌های کمکی مکانیکی
۲۳۱	۴-۷- بازرسی‌ها و نگهداری جرثقیل سقفی نیروگاه
۲۳۱	۴-۷-۱- مقدمه
۲۳۲	۴-۷-۲- برنامه بازرسی‌ها و نگهداری جرثقیل اصلی سقفی نیروگاه
۲۴۳	۴-۷-۳- ملاحظات کلی در مورد تنظیمات مرتبط با فعالیت‌های نگهداری تجهیزات جرثقیل
۲۴۵	۴-۸- بازرسی‌ها و نگهداری ژنراتورهای آبی و سامانه تحریک
۲۴۵	۴-۸-۱- کلیات
۲۴۵	۴-۸-۲- بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین)
۲۴۷	۴-۸-۳- برنامه نگهداری و آزمایش‌های ژنراتور
۲۵۰	۴-۸-۴- توصیه‌های کلی در مورد نگهداری و تعمیرات ژنراتور



## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۵۷	۴-۸-۵- برنامه نگهداری سامانه اطفای حریق با دی اکسیدکربن (CO <sub>2</sub> ) برای ژنراتور
۲۵۸	۴-۹- نگهداری ترانسفورماتورهای نیروگاه
۲۵۸	۴-۹-۱- بازرسی های ادواری و برنامه نگهداری ترانسفورماتورهای قدرت روغنی
۲۶۴	۴-۹-۲- بازرسی های ادواری و برنامه نگهداری ترانسفورماتورهای خشک
۲۶۶	۴-۹-۳- ترانسفورماتورهای توزیع روغنی
۲۶۷	۴-۹-۴- ترانسفورماتورهای اندازه گیری
۲۶۸	۴-۱۰- نگهداری کلیدهای قدرت ژنراتور
۲۶۸	۴-۱۰-۱- مقدمه
۲۶۸	۴-۱۰-۲- برنامه بازرسی ها و نگهداری کلید قدرت
۲۷۰	۴-۱۱- نگهداری باتری ها و شارژرها
۲۷۱	۴-۱۱-۱- نگهداری باتری های سرب- اسید معمولی (تهویه شونده)
۲۸۰	۴-۱۱-۲- باتری های سرب- اسید با «سلول های کاملا بسته» (سلول ژله ای)
۲۸۶	۴-۱۱-۳- نگهداری شارژرها
۲۸۷	۴-۱۲- برنامه نگهداری تاسیسات کمکی الکتریکی
۲۸۷	۴-۱۲-۱- برنامه نگهداری روشنایی اضطراری
۲۸۸	۴-۱۲-۲- برنامه نگهداری سامانه آشکارساز و اعلام حریق
۲۸۸	۴-۱۲-۳- برنامه نگهداری فیوزها
۲۸۹	۴-۱۲-۴- برنامه نگهداری اتصالات شبکه زمین
۲۸۹	۴-۱۲-۵- برنامه نگهداری دستگاه های اندازه گیری
۲۹۰	۴-۱۲-۶- موتورهای با قدرت کم تر از ۳۰۰ کیلووات
۲۹۰	۴-۱۲-۷- برنامه نگهداری رله ها و مدارهای حفاظتی
۲۹۲	۴-۱۳- برنامه نگهداری تجهیزات حفاظتی کارکنان نیروگاه
۲۹۲	۴-۱۳-۱- کلیات
۲۹۲	۴-۱۳-۲- برنامه بازرسی تجهیزات حفاظتی کارکنان
۲۹۳	۴-۱۴- نگهداری سازه ای و ساختمانی نیروگاه
۲۹۳	۴-۱۴-۱- دامنه کار
۲۹۳	۴-۱۴-۲- کلیات مربوط به انواع سازه ها و جانمایی ساختمان نیروگاه
۲۹۵	۴-۱۴-۳- بازرسی ها و نگهداری ساختمان نیروگاه و آبگیر

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۹۷	۴-۱۴-۴- ملاحظات کلی مربوط به نگهداری
۳۰۰	۴-۱۴-۵- آبیگری مجدد مجرای تحت فشار نیروگاه و پنستاک‌ها بعد از تعمیرات و بازسازی
۳۰۲	۴-۱۴-۶- ابزاربندی و رفتارنگاری در نیروگاه‌های آبی
۳۰۵	۴-۱۴-۷- ملاحظات کلی مربوط به ترمیم و تعمیر قسمت‌های بتنی ساختمان و آبیگر نیروگاه
۳۱۱	۴-۱۵- نگهداری آسانسورهای الکتریکی نیروگاه
<b>۳۱۵</b>	<b>فصل پنجم- آموزش و توصیه‌های ایمنی</b>
۳۱۷	۵-۱- آموزش
۳۱۷	۵-۱-۱- کلیات
۳۱۸	۵-۱-۲- شرایط کیفی کارکنان نیروگاه و برنامه‌های آموزشی
۳۲۱	۵-۱-۳- عناوین برنامه‌های آموزشی
۳۲۸	۵-۱-۴- آموزش مدیریت
۳۲۸	۵-۱-۵- سازمان و تشکیلات بهره‌برداری ، نگهداری و تعمیرات
۳۳۲	۵-۲- توصیه‌های ایمنی در نیروگاه آبی
۳۳۲	۵-۲-۱- کلیات
۳۳۲	۵-۲-۲- برنامه اقدامات ایمنی
۳۳۳	۵-۲-۳- دستورالعمل‌های ایمنی
۳۳۳	۵-۲-۴- پوشش حفاظتی کارکنان
۳۳۴	۵-۲-۵- نشان کردن با رنگ‌های ایمنی (هشداردهنده)
۳۳۴	۵-۲-۶- وسایل حفاظتی برای کار ایمن افراد
۳۳۴	۵-۲-۷- ملاحظات کلی ایمنی هنگام بهره‌برداری نیروگاه
۳۳۶	۵-۲-۸- ملاحظات کلی ایمنی حین انجام تعمیرات در زمان توقف واحد
۳۳۷	۵-۲-۹- حفاظت در برابر «استارت» ناخواسته
۳۳۸	۵-۲-۱۰- ایمنی کارکنان در صورت کارکرد غیرعادی تجهیزات
۳۳۸	۵-۲-۱۱- ایمنی افراد هنگام اطفای حریق به وسیله گاز دی‌اکسیدکربن
۳۳۹	۵-۲-۱۲- تخلیه نیروگاه در شرایط اضطراری
۳۴۱	پیوست ۱- فهرست کنترل تجهیزات بعد از هر تعمیر و قبل از راه اندازی
۳۵۳	پیوست ۲- فهرست معادل کلمات و اصطلاحات
۳۶۹	پیوست ۳ (اطلاعاتی)- رواداری‌ها و معیارهای پیشنهادی برای انجام تنظیمات مجدد مکانیکی اجزای واحدهای برق‌آبی با محور عمودی

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۳۷۳	پیوست ۴ (اطلاعاتی) - نمونه فرم گزارش بازرسی مکانیکی واحدهای آبی
۳۷۹	پیوست ۵ (اطلاعاتی) - میزان کردن دریچه‌های تنظیمی توربین پس از مونتاژ مجدد
۳۸۹	پیوست ۶- شرح وظایف، درجه اختیار و شرایط احراز سرپرست و کارکنان بهره‌برداری نیروگاه
۳۹۵	منابع و مراجع

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵۷	شکل ۱-۳- نمونه منحنی قابلیت کاری یک ژنراتور آبی (ضریب قدرت ۰/۹)
۵۸	شکل ۲-۳- نمونه منحنی‌های اشباع ژنراتور آبی
۵۹	شکل ۳-۳- نمونه منحنی‌های مشخصه "Vee" شکل ژنراتور آبی
۸۱	شکل ۴-۳- نمونه کلی منحنی‌های مشخصه توربین: منحنی‌های ثابت راندمان توربین برحسب ارتفاع و مقدار حجمی جریان آب در توربین ۱۱
۱۰۵	شکل ۵-۳- علایم استاندارد دست برای کنترل جرتقیل‌ها
۳۷۲	شکل پ.۱-۳- آرایش دریچه‌های تنظیمی
۳۸۵	شکل پ.۱-۵- دریچه‌های تنظیمی
۳۸۶	شکل پ.۲-۵- دستورالعمل میزان کردن دریچه‌های تنظیمی نوع الف
۳۸۷	شکل پ.۳-۵- دستورالعمل میزان کردن دریچه‌های تنظیمی نوع ب

## فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۴۲	نمودار ۱-۳- نمودار مراحل اصلی راه‌اندازی واحد
۳۲۹	نمودار ۱-۵- افراد اصلی چارت تشکیلاتی برای یک نیروگاه برق آبی با واحدهای کوچک و متوسط با ظرفیت کل حداکثر ۱۰۰ مگاوات
۳۳۰	نمودار ۲-۵- نمونه چارت سازمانی برای تاسیسات نیروگاه برق آبی با واحدهای بزرگ با ظرفیت نصب تا ۱۰۰۰ مگاوات
۳۳۱	نمودار ۳-۵- نمونه چارت سازمانی برای تاسیسات نیروگاه برق آبی با واحدهای بزرگ با ظرفیت نصب تا ۲۰۰۰ مگاوات

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۱۵۷	جدول ۱-۴- دسته‌بندی کلی و دوره‌های انواع بازرسی و نگهداری برای توربین‌های آبی
۱۵۹	جدول ۲-۴- برنامه کلی بازرسی‌های ادواری و نگهداری اجزای توربین آبی
۱۸۱	جدول ۳-۴- برنامه کلی بازرسی‌های ادواری و نگهداری گاورنر
۱۹۸	جدول ۴-۴- فهرست کلی بازرسی‌ها
۲۰۷	جدول ۵-۴- فهرست بازرسی‌های عمومی انواع دریچه‌های آبیگیر نیروگاه
۲۰۷	جدول ۶-۴- برنامه بازرسی‌های دوره‌ای اجزای استاپلاگ
۲۰۸	جدول ۷-۴- برنامه بازرسی‌های دوره‌ای اجزای دریچه‌های چرخ‌دار
۲۰۸	جدول ۸-۴- برنامه بازرسی‌های دوره‌ای اجزای دریچه‌های قطاعی
۲۰۹	جدول ۹-۴- فهرست بازرسی‌های عمومی بالابرها و دریچه‌ها
۲۱۳	جدول ۱۰-۴- فهرست کلی بازرسی‌های ادواری شیرها و لوله‌کشی سامانه‌های کمکی

## فهرست جدول‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۱۶	جدول ۴-۱۱- فهرست کلی بازرسی‌های ادواری پمپ‌ها
۲۲۵	جدول ۴-۱۲- فهرست کلی بازرسی‌های ادواری کمپرسورها
۲۴۹	جدول ۴-۱۳- برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های ژنراتور
۲۵۷	جدول ۴-۱۴- برنامه نگهداری سامانه دی‌اکسیدکربن ژنراتور
۲۵۹	جدول ۴-۱۵- برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های ترانسفورماتورهای قدرت روغنی
۲۶۴	جدول ۴-۱۶- برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های ترانسفورماتورهای نوع خشک
۲۶۶	جدول ۴-۱۷- برنامه کلی نگهداری ترانسفورماتورهای توزیع نوع روغنی
۲۶۸	جدول ۴-۱۸- برنامه کلی نگهداری ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری
۲۶۹	جدول ۴-۱۹- برنامه نگهداری کلید قدرت ۶۰۰ ولت تا ۱۵۰۰۰ ولت ژنراتور از نوع خلاء
۲۶۹	جدول ۴-۲۰- برنامه نگهداری کلید قدرت ۶۰۰ ولت تا ۱۵۰۰۰ ولت ژنراتور از نوع بادی
۲۷۰	جدول ۴-۲۱- برنامه نگهداری کلید قدرت فشار متوسط ژنراتور از نوع SF6
۲۷۳	جدول ۴-۲۲- برنامه نگهداری باتری‌های سرب-اسید نوع تر، با سلول‌های تهویه شونده (سرب-اسید معمولی)
۲۸۱	جدول ۴-۲۳- برنامه نگهداری باتری‌های سرب-اسید با سلول‌های کاملاً بسته (با الکترولیت ژله‌ای)
۲۸۷	جدول ۴-۲۴- برنامه نگهداری سامانه روشنایی اضطراری
۲۸۸	جدول ۴-۲۵- برنامه نگهداری سامانه آشکارساز و اعلام حریق
۲۸۹	جدول ۴-۲۶- برنامه نگهداری فیوزها
۲۸۹	جدول ۴-۲۷- برنامه نگهداری اتصالات سامانه زمین تجهیزات
۲۸۹	جدول ۴-۲۸- برنامه نگهداری دستگاه‌های اندازه‌گیری
۲۹۰	جدول ۴-۲۹- برنامه نگهداری موتورها (با قدرت کم‌تر از ۳۰۰ کیلووات)
۲۹۲	جدول ۴-۳۰- برنامه نگهداری رله‌ها و مدارهای حفاظتی
۲۹۳	جدول ۴-۳۱- برنامه بازرسی تجهیزات حفاظتی کارکنان
۳۴۳	جدول پ. ۱-۱- فهرست کنترل (چک لیست) برای ژنراتورهای آبی پس از انجام تعمیرات اساسی (Overhaul)
۳۴۸	جدول پ. ۱-۲- فهرست کنترل اجزا توربین و شیر ورودی اصلی (قسمت مکانیکی)، پس از انجام تعمیرات اساسی
۳۵۰	جدول پ. ۱-۳- فهرست کنترل مکانیکی (چک لیست) برای گاورنر پس از انجام تعمیرات اساسی
۳۵۱	جدول پ. ۱-۴- فهرست کنترل کلید ژنراتور بعد از تعمیرات اساسی
۳۷۱	جدول پ. ۱-۳- رواداری‌های پیشنهادی <sup>(*)</sup> برای مونتاژ مجدد واحدهای برق‌آبی (واحدهای با محور عمودی)
۳۹۱	جدول پ. ۱-۶- شرح وظایف و اختیارات سرپرست بهره‌برداری نیروگاه
۳۹۲	جدول پ. ۲-۶- شرح وظایف و اختیارات مهندس مسئول شیفت بهره‌برداری نیروگاه
۳۹۳	جدول پ. ۳-۶- شرح وظایف و اختیارات بهره‌بردار اصلی اتاق کنترل نیروگاه
۳۹۴	جدول پ. ۴-۶- شرح وظایف و اختیارات اپراتور نیروگاه

## مقدمه

به دلیل تنوع زیاد تجهیزات الکتریکی و مکانیکی که در یک نیروگاه به کار می رود و انواع مختلف طراحی تجهیزات، با توجه به نوع و ظرفیت هر واحد، ظرفیت کلی نیروگاه و نقش واحدها در شبکه سراسری قدرت، تهیه راهنمای جامع و تفصیلی بهره‌برداری و نگهداری برای کلیه تجهیزات نیروگاه در یک نشریه استاندارد امکان‌پذیر نمی‌باشد. نشریه استاندارد قاعدتا باید حجم محدودی داشته باشد، لذا هدف نشریه حاضر، اشاره به اساسی‌ترین نکات و معیارهای عمومی ضروری می‌باشد که در امر بهره‌برداری و نگهداری تجهیزات نیروگاه باید به کار گرفته شود.

در تدوین راهنمای بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های آبی سعی بر این بوده است که با ذکر مهم‌ترین توصیه‌ها و حیاتی‌ترین موارد، تهیه‌کنندگان دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری ویژه هر نیروگاه را به سمت تدوین دستورالعملی مؤثر و کامل هدایت نماید و نیز کاربرد دستورالعمل‌ها و روش‌های بهره‌برداری و نگهداری را، که از طرف سازندگان اصلی تجهیزات و مهندسان مشاور هر پروژه مشخص تهیه و در اختیار بهره‌برداران قرار داده می‌شود، تسهیل نماید، لذا تاکید می‌گردد این راهنما نباید به عنوان جایگزین دستورالعمل‌های تفصیلی خاص سازندگان تجهیزات و دستورالعمل‌های ویژه بهره‌برداری هر نیروگاه، تلقی گردد.

توصیه‌ها و موارد کلی مندرج در این راهنما، باید به همراه مدارک فنی و دستورالعمل‌های سازندگان تجهیزات و تجربه‌های عملی بهره‌برداری، برای تهیه دستورالعمل‌های بهره‌برداری و تدوین برنامه نگهداری تجهیزات هر نیروگاه خاص ملاک کار قرار گیرد. لازم به ذکر است که در مقاطع مختلف عمرکاری تجهیزات هر نیروگاه، مسئولان نگهداری و کارکنان با تجربه نیروگاه می‌توانند نقش مهمی در بازنگری، بهینه کردن و تدقیق برنامه نگهداری تجهیزات داشته باشند. این امر با مراجعه به سوابق و مستندات مربوط به شرایط واقعی کارکرد هر یک از تجهیزات و توجه به تاریخچه کارهای نگهداری و تعمیرات قبلی آن، امکان‌پذیر می‌باشد. در این راهنما بر موارد مربوط به تجهیزات اصلی و نیز تجهیزات جانبی که مستقیماً با کارکرد واحدها ارتباط دارند، تاکید بیشتری شده است. لذا برخی تاسیسات عمومی ساختمان نیروگاه و مواردی مانند سیستم تلفن داخلی و احضار افراد (پیچینگ)، شبکه‌های بی‌سیم و شبکه دوربین‌های مدار بسته مورد بحث قرار نگرفته است. همچنین به برخی دیگر از تاسیسات کمکی نیز به صورت اجمالی اشاره گردیده است.

# فصل ۱

---

---

خطوط کلی راهنما





## ۱-۱- هدف

هدف از تدوین راهنمای بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های آبی، تهیه کتابچه راهنمایی است شامل پیشنهادها و معیارهای عمومی برای بهره‌برداری و نگهداری عمده‌ترین تجهیزاتی که کاربرانشان در نیروگاه‌های آبی عمومیت دارد. توصیه‌ها و اطلاعات کلی مندرج در این راهنما عمدتاً به منظور تسهیل در کاربرد دستورالعمل‌ها و روش‌های بهره‌برداری و نگهداری که سازندگان اصلی تجهیزات و مهندسان مشاور هر پروژه مشخص تهیه و در اختیار بهره‌برداران قرار می‌دهند، تدوین گردیده است. به دلیل تنوع زیاد تجهیزاتی که در نیروگاه‌های آبی به کار می‌رود، تهیه یک راهنمای جامع برای انواع تجهیزاتی که در نیروگاه‌های آبی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، امکان‌پذیر نمی‌باشد.

دستورالعمل‌های بهره‌برداری، شامل خط مشی‌های خاص برای بهره‌برداری از تجهیزات هر نیروگاه معین در شرایط عادی، غیرعادی و اضطراری می‌باشد. در این راهنما، جوانب با اهمیتی که باید در تدوین، توسعه و استفاده از دستورالعمل‌های بهره‌برداری مورد توجه قرار گیرد، شرح داده می‌شود.

در مورد تهیه برنامه نگهداری تجهیزات نیز باید توجه داشت که در این راهنما، نکات اصلی که باید در تهیه برنامه نگهداری تجهیزات مختلف نیروگاه مدنظر قرار گیرد و توصیه‌های کلی در مورد بازرسی‌های ادواری و نگهداری تجهیزات و تعمیرات مربوط به آنها آورده شده است. این توصیه‌ها و موارد کلی، باید به همراه مدارک فنی و دستورالعمل‌های سازندگان تجهیزات و تجارب عملی بهره‌برداری، برای تهیه برنامه نگهداری تجهیزات هر نیروگاه خاص ملاک کار قرار گیرد. همچنین در مقاطع مختلف عمر کاری تجهیزات، مسئولان نگهداری و کارکنان با تجربه نیروگاه می‌توانند نقش مهمی در بازنگری و به‌هنگام کردن برنامه نگهداری تجهیزات داشته باشند، این امر با مراجعه به سوابق و مستندات مربوط به شرایط واقعی کارکرد هر یک از تجهیزات و توجه به تاریخچه کارهای نگهداری قبلی آنها، امکان‌پذیر می‌باشد.

## ۱-۲- دامنه کار

دامنه کار «راهنمای بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های آبی» سدهای بزرگ (طبق تعریف کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ<sup>۱</sup>)، در برگیرنده فعالیت‌های بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های آبی با واحدهای بزرگ\* و متوسط\* در شرایط عادی، غیر عادی و اضطراری بوده و شامل تجهیزات و ساختمان نیروگاه و آبگیر آن می‌باشد. سدهای بزرگ (با ارتفاع بالاتر از ۱۵ متر)، ممکن است دارای نیروگاه‌هایی با واحدهای کوچک برق‌آبی نیز باشند. این راهنما، بسته به مورد می‌تواند در مورد نیروگاه‌های آبی با واحدهای کوچک نیز قابل استفاده باشد.

در این راهنما، عمدتاً موارد مربوط به بهره‌برداری و نگهداری توربین‌های آبی از نوع عکس‌العملی، به ویژه توربین‌های نوع فرانسویس با محور عمودی، مورد توجه قرار گرفته است، هر چند موارد عمومی‌تر این راهنما می‌تواند در مورد سایر انواع توربین‌های

1 - International Committee on Large Dams (ICOLD)

(\* طبق تعاریف مندرج در فصل دوم این راهنما)

آبی کاربرد داشته باشد. در مورد ژنراتورها نیز، ژنراتورهای نوع سنکرون که نقش اصلی را در سامانه‌های قدرت به عهده دارند مورد توجه قرار گرفته است.

این راهنما شامل بهره‌برداری و نگهداری خطوط خروجی از نیروگاه و کلیدخانه فشار قوی مرتبط با آن نمی‌باشد.

### ۱-۳- متن اصلی راهنما - محتوای کلی فصل‌ها

متن اصلی راهنمای بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های آبی در چهار فصل و یک پیوست اصلی تدوین گردیده است. در فصل دوم، با عنوان «کلیات»، ویژگی‌های نیروگاه‌های آبی به صورت خلاصه ارائه شده است. تعاریف مربوط به دسته‌بندی واحدهای برق آبی از نظر اندازه و کلیاتی در مورد وسعت شبکه‌های مرتبط با نیروگاه‌ها نیز در این فصل آورده شده است. تعریف شرایط مختلف بهره‌برداری نیروگاه (عادی، غیرعادی، پیش‌بینی نشده و اضطراری)، شرایط شبکه الکتریکی و مفاهیم مرتبط با موضوعات بهره‌برداری و نگهداری نیز در فصل کلیات آورده شده است.

در فصل سوم، با عنوان «بهره‌برداری از نیروگاه‌های آبی»، کلیاتی در مورد نحوه تدوین دستورالعمل‌ها و رویه‌های بهره‌برداری و نیز تعاریف مرتبط با بهره‌برداری از واحدهای نیروگاه آورده شده است. در بحث مربوط به بهره‌برداری تجهیزات، شرایط بهره‌برداری عادی و غیرعادی تشریح شده است.

فصل چهارم، با عنوان «نگهداری نیروگاه‌های آبی»، در بردارنده توصیه‌ها و اطلاعات کلی درباره نگهداری عمده‌ترین تجهیزاتی است که معمولاً در نیروگاه‌های آبی به کار می‌رود. ملاحظات عمومی و نکات اساسی در مورد نگهداری ساختمان نیروگاه و سازه آبیگر نیز در این فصل از راهنما آورده شده است.

در فصل چهارم، جز در موارد خاص و کلی، جزئیات مربوط به اقدامات اصلاحی و نحوه رفع معایب و اشکالات پیش آمده در تجهیزات مورد بحث قرار نمی‌گیرد. در مواردی که موضوع تعمیرات و یا آزمایش‌های خاص تشخیص عیب تجهیزات مطرح شده، عموماً خطوط کلی کار ارائه گردیده است. برای جزئیات باید به دستورالعمل‌های سازنده، استانداردها و مراجع معتبر مراجعه شود.

فصل پنجم این راهنما شامل دو بخش اصلی آموزش و توصیه‌های ایمنی می‌باشد.

در مبحث آموزش، اهمیت برنامه‌ریزی صحیح آموزشی و نیاز به ارزیابی صلاحیت کارکنان برای ایفای نقش در تشکیلات، با هدف کاهش هزینه و ایجاد تسهیلات برای روزآمد کردن دانش قدیمی آنان مورد تاکید قرار می‌گیرد. در این بخش کلیات وظایف کارکنان اصلی بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه، یعنی مهندس مسئول شیفت، تکنسین اتاق کنترل و بهره‌بردار نیروگاه به اختصار ارائه می‌شود، همچنین مفهوم درجات مختلف صلاحیت کارکنان تشریح می‌گردد. عناوین برنامه‌های آموزشی شامل دوره‌های آموزش تئوری و آموزش‌های عملی، از جمله آموزش‌های حین کار و آموزش‌های عملی مرتبط با وظایف کارکنان در کارگاه‌های مختلف و آزمایشگاه‌ها، در بخش آموزش پیشنهاد شده است.

در مبحث ایمنی، خطوط کلی مربوط به ملاحظات ایمنی با تاکید بر رعایت رویه‌ها و دستورالعمل‌های خاص برای ایمنی افراد ارائه شده است. این بخش شامل قواعد اصلی و کلی مربوط به ایمنی در نیروگاه در شرایط کار با دستگاه‌های در حال بهره‌برداری و نیز در حالت انجام کارهای بازرسی، نگهداری و تعمیرات در زمان توقف واحدها می‌باشد. موارد مربوط به وسایل حفاظتی، ایمنی افراد

در هنگام اطفای حریق و نیز طی دفع آتش با تخلیه گاز دی‌اکسیدکربن و موضوع تخلیه نیروگاه در شرایط اضطراری، در این بخش گنجانده شده است.

در «پیوست ۱» راهنما فهرست کنترل تجهیزات (چک لیست) بعد از هر تعمیر و قبل از راه‌اندازی مجدد واحد متعاقب انجام تعمیرات، ارائه شده است. در این پیوست، بسته به وسعت تعمیرات انجام شده، نکات مهم در مورد انجام برخی از آزمایش‌ها، بازرسی‌های تکمیلی و نیز تنظیم مجدد برخی از پارامترهای مربوط به کارکرد واحد، ارائه شده است. در پیوست‌های آخر این راهنما، فهرست واژه‌ها و اصطلاحات به کار رفته در راهنما و فهرست منابع و مراجع آورده شده است.



# فصل ۲

---

---

## کلیات



## ۲-۱- ویژگی‌های نیروگاه‌های آبی

نیروگاه‌های آبی از جنبه‌های زیادی با انواع دیگر نیروگاه‌های سامانه قدرت، که عمدتاً در ردیف نیروگاه‌های حرارتی قرار می‌گیرند، تفاوت دارند، هرچند این نیروگاه‌ها نیز مانند بقیه نیروگاه‌ها دارای اجزای اصلی ضروری برای تولید قدرت، یعنی توربین، ژنراتور، گاورنر و تحریک کننده مجهز به دستگاه تنظیم ولتاژ می‌باشند، لیکن این تجهیزات تفاوت‌هایی با تجهیزات متناظرشان در نیروگاه‌های حرارتی دارد که اهم آن به شرح زیر است:

یک واحد (توربین/ژنراتور) برق‌آبی اصولاً دارای سرعت دوران کم‌تری نسبت به واحدهای نوع بخاری و یا گازی می‌باشد، لذا از این نظر تفاوت‌های اصلی زیر را دارد:

- تعداد بیشتر قطب‌های تحریک کننده ژنراتور (ژنراتورهای با قطب برجسته)

- وزن بیشتر

- نیاز به جریان تحریک بیشتر

یک واحد برق‌آبی نیاز به گاورنر با قدرت عمل کننده بیشتری دارد، تا هنگام بستن دریچه‌های توربین در حالت حذف ناگهانی بار، بر نیروهای زیاد مقاومت کننده از جمله نیروی دینامیکی آب غلبه کند.

نیروگاه‌های آبی، در مقایسه با نیروگاه‌های حرارتی، به سامانه‌های کمکی کم‌تری نیاز دارند.

بطور کلی سامانه‌های کمکی مرتبط با واحدها می‌تواند شامل موارد اصلی زیر باشد:

- سامانه روانکاری

- سامانه روغن تحت فشار (برای فرایند راه‌اندازی و توقف با سرعت کم)

- سامانه آب خنک کننده

- سامانه مبدل‌های حرارتی (کولرهای هوا/آب و روغن/آب)

- سامانه‌های هوای فشرده

- سامانه ترمز ژنراتور (مکانیکی و الکتریکی)

- سامانه تشخیص وضعیت کار ژنراتور، شامل:

تحلیل کننده میزان تخلیه‌های جزئی در عایق سیم‌پیچی استاتور (که می‌تواند تامین آن اختیاری باشد)

سامانه اندازه‌گیری فاصله هوایی ژنراتور (که می‌تواند تامین آن اختیاری باشد)

سامانه ردیابی میزان خزش (در وضعیت توقف واحد)

سامانه پایش (مونیتورینگ) درجه حرارت

سامانه پایش ارتعاش قسمت گردان واحد

مکانیزم عمل کننده هیدرولیکی گاورنر برای باز و بستن دریچه‌های تنظیمی توربین

مکانیزم عمل کننده هیدرولیکی برای باز و بستن شیرهای اصلی ورودی

اجزای اصلی مهم دیگر و سامانه‌های کمکی مربوط به واحدهای برق‌آبی عبارتند از:

- سامانه کنترل واحد (توربین / ژنراتور)

- سامانه حفاظت و هشدار دهنده
  - باس داکت‌ها و کلیدزئراتور، (وجود کلیدزئراتور به آرایش مداری نیروگاه بستگی دارد و می‌تواند از نوع معمولی هوایی یا مدارشکن باشد)
  - ترانسفورماتورهای اصلی افزایشده
  - ترانسفورماتورهای توزیع برق مصرفی نیروگاه و تابلوهای توزیع
  - ترانسفورماتورهای سرویس برق واحد و تابلوهای توزیع برق مربوط به آن
  - سامانه تامین برق مطمئن متناوب و مستقیم نیروگاه
  - سامانه تخلیه آب واحدها و سامانه تخلیه آبهای نشتی و تراوشی و سایر سامانه‌های کمکی مربوط به نگهداری تجهیزات
- سایر تفاوت‌های نیروگاه‌های آبی، عبارت است از :
- نیروگاه‌های آبی در مدت زمان کم‌تری نسبت به انواع نیروگاه‌های حرارتی راه‌اندازی می‌شوند. معمولاً، واحدهای آبی نسبتاً بزرگ (۱۰۰ تا ۳۰۰ مگاوات) را از حالت توقف آماده استارت (مهیا بودن پیش‌نیازها)، در مدتی کوتاه (حدود ۲۰۰ ثانیه) می‌توان راه‌اندازی نمود و به بار نامی رساند. این مدت به ابعاد توربین و شیر اصلی ورودی نیروگاه بستگی دارد. در واحدهای خیلی بزرگ، ممکن است این زمان به حدود ۵ تا ۷ دقیقه برسد (در حالت بسته بودن کامل شیر اصلی ورودی).
  - نیروگاه‌های آبی را می‌توان در مدت کوتاهی، از حالت تولید با بار کم به بار نامی رساند، برای واحدهای متوسط این زمان می‌تواند به کم‌تر از ۱۰ ثانیه برسد و در مورد واحدهای نسبتاً بزرگ این زمان از ۱۰ تا ۲۰ ثانیه می‌تواند باشد. بارگیری با این سرعت، در صورت نیاز شبکه به بار اضطراری، در مورد واحدهای پیش‌بینی شده برای این منظور، امکان‌پذیر است، هر چند در حالت عادی، بارگیری واحد به تدریج انجام می‌شود.
  - واحدهای آبی در صورت بکارگیری سامانه‌های تحریک با ظرفیت بالا و سرعت پاسخ زیاد و گاورنرهای دیجیتالی، پایداری نسبتاً خوبی در مقابل اغتشاشات پدید آمده در سامانه قدرت، که منجر به تغییرات زیاد فرکانس می‌شود، دارند و در صورت جدا شدن از سامانه سراسری<sup>۱</sup>، عموماً در شرایطی قرار می‌گیرند که به سرعت قابل بارگیری و بهره‌برداری مجدد می‌باشند و می‌توانند برای تامین بار مصرفی بلوک‌های بار جدا شده از سامانه اصلی و نهایتاً کمک به بازگرداندن سامانه قدرت به حالت متعادل‌تر، نقش مؤثری داشته باشند.
  - نیروگاه‌های آبی با واحدهای بزرگ و متوسط می‌توانند نقش مهمی در تامین بار ذخیره‌گردان، به منظور کمک به پایداری فرکانس شبکه، در صورت تغییرات پیش‌بینی نشده در بار شبکه، به عهده گیرند.

## ۲-۲- کلیات مربوط به انواع توربین‌های آبی

توربین آبی، یک محرک اولیه<sup>۲</sup> است که انرژی پتانسیلی آب را به انرژی مکانیکی دورانی (چرخشی) تبدیل می‌کند و وظیفه اصلی آن به گردش در آوردن یک ژنراتور هیدروالکتریکی می‌باشد.

1- Islanding  
2- Prime Mover



ارتفاع مؤثر (بار آبی)<sup>۱</sup> آب ممکن است از چند متر تا ۱۵۰۰ و یا حتی ۲۰۰۰ متر تغییر کند. برای گرفتن انرژی آب، با ارتفاع‌های مؤثر متفاوت و مقادیر حجمی (بده‌های)<sup>۲</sup> قابل استفاده و متفاوت رودخانه‌ها و مخازن، توربین‌ها با طرح‌های مختلف، برای تامین راندمان مناسب، به کار گرفته می‌شوند.

توربین‌های آبی به دو گروه اصلی توربین‌های عکس‌العملی و توربین‌های ضربه‌ای طبقه‌بندی می‌شوند. این تقسیم‌بندی براساس نحوه تبدیل انرژی پتانسیل و یا فشار به چرخش و یا انرژی جنبشی می‌باشد.

در توربین‌های عکس‌العملی، آب هنگام برخورد به پره‌های چرخ توربین، فشار معکوس وارد کرده و چرخ محرک در معرض چرخش قرار می‌گیرد. در توربین‌های نوع عکس‌العملی تنها قسمتی از فشار به سرعت تبدیل می‌شود. بخش عمده‌ای از نیروی اعمال شده به یک توربین عکس‌العملی ناشی از اختلاف فشار بین بالا و پایین پره‌های چرخ توربین می‌باشد.

توربین‌های ضربه‌ای با استفاده از شیبوره‌های انقباضی<sup>۳</sup> (نازل) تمامی فشار آب را به انرژی جنبشی یا سرعت دورانی تبدیل می‌کنند. آب از طریق نازل‌ها بر روی بشقابک‌های چرخ توربین پاشیده می‌شود و نیرویی در جهت جریان به چرخ توربین اعمال می‌کند و این نیرو یا ضربه، چرخ توربین را می‌چرخاند.

توربین‌های ضربه‌ای معمولاً با ارتفاع مؤثر ۳۰۰ متر یا بالاتر مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی در برخی موارد این نوع توربین‌ها در هد پایین‌تر نیز به کار می‌روند. در این نوع توربین‌ها جریان آب به وسیله شیر سوزنی کنترل می‌شود. برای تغییر سرعت یا بار، موقعیت شیر سوزنی به وسیله یک گاورنر کنترل می‌گردد. یک وسیله منحرّف کننده قابل جابجایی (به نام دفלקتور)، که توسط گاورنر کنترل می‌شود می‌تواند در جلوی نازل قرار گیرد تا در هنگام کاهش سریع بار بتواند به سرعت مقداری از جت آب را به خارج از بشقابک‌های توربین هدایت نماید.

انواع مهم توربین‌های عکس‌العملی عبارتند از: توربین‌های نوع فرانسسیس و توربین‌های نوع پروانه‌ای. توربین‌های نوع پروانه‌ای نیز به‌طور کلی به دو نوع: پروانه‌ای با پره‌های ثابت و پروانه‌ای با پره‌های قابل تنظیم (یا کاپلان) تقسیم می‌شوند.

- در توربین فرانسسیس آب تحت فشار در جهت شعاعی وارد چرخ گردیده و در جهت محوری تخلیه می‌شود.
- جریان آب در توربین کاپلان بر روی پره‌های گردان همیشه محوری (اکسیال) می‌باشد.
- انواع توربین‌های پروانه‌ای عموماً برای ارتفاع (بار آبی)های کم (چند متر تا حدود ۵۰ متر) و سرعت مخصوص‌های بالا (۱۰۰۰ الی ۴۰۰) به کار می‌روند.
- انواع توربین‌های فرانسسیس (آهسته‌گرد و تندگرد)، برای بارهای آبی متوسط (۲۵ الی ۴۰۰ متر) و سرعت مخصوص‌های از حدود ۶۰ تا حدود ۴۵۰، به کار می‌روند.
- توربین‌های پلتن آهسته گرد، با یک نازل در بارهای آبی زیاد (حدود ۱۰۰۰ تا حتی ۲۰۰۰ متر)، و با سرعت مخصوص حدود ۱۰ الی ۵ و با تعداد پره‌های ۳۰ الی ۴۰ به کار می‌روند.

- توربین‌های پلتن تندگرد و سرعت متوسط با تعداد نازل‌های بیشتر و پره‌های کم‌تر، در سرعت مخصوص‌های از حدود ۱۵ الی ۳۵ و با ارتفاع ریزش حدود ۳۰۰ الی ۷۵۰ متر کاربرد دارند.

نیروگاه‌های آبی از نظر ارتفاع ریزش آب به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

- ۱- نیروگاه‌های آبی با فشار کم (با ارتفاع آب کم‌تر از ۲۵ متر)
- ۲- نیروگاه‌های آبی با فشار متوسط (با ارتفاع آب بین ۲۵ الی ۱۰۰ متر)
- ۳- نیروگاه‌های آبی با فشار زیاد (با ارتفاع آب بالاتر از ۱۰۵ متر)

در مورد انواع توربین‌ها و تجهیزات اصلی نیروگاه شرح بیشتری در پیوست این راهنما (پیوست ث) آورده شده است.

توربین‌های فرانسویس، بیشترین کاربرد را در ساخت نیروگاه‌های آبی با فشار متوسط و فشار زیاد دارند. با توجه به اینکه در ایران، تمام نیروگاه‌های موجود با واحدهای متوسط و بزرگ (غیر از نیروگاه سد ارس) و نیز نیروگاه‌های در دست احداث، از نوع فرانسویس با محور عمودی می‌باشند، در این راهنما، موارد مربوط به بهره‌برداری و نگهداری این نوع توربین‌ها بیشتر مطرح و تشریح گردیده است.

### ۳-۲- تعاریف مربوط به اندازه واحدهای برق آبی

تعاریف مربوط به اندازه واحدها در اکثر مراجع فنی و راهنماها، به صورت مطرح شده در زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

واحدهای بزرگ آبی: با ظرفیت بالاتر از ۱۰۰ مگاوات که عموماً به شبکه‌های بزرگ وصل می‌شوند.

واحدهای متوسط آبی: با ظرفیت ۱۰ تا ۱۰۰ مگاوات که به شبکه وصل می‌شوند (شبکه ناحیه‌ای، منطقه‌ای و یا سراسری). در برخی تعاریف، واحدهای از ۱۵ تا ۱۰۰ مگاوات به عنوان واحد متوسط معرفی شده‌اند.

واحدهای کوچک آبی: با ظرفیت ۱ تا ۱۰ مگاوات که به شبکه (مثل شبکه ناحیه‌ای یا منطقه‌ای) وصل می‌شود.

واحدهای خیلی کوچک آبی: با ظرفیت بالاتر از ۱۰۰ کیلووات و کم‌تر از یک مگاوات، که به صورت مستقل (برای خود تاسیسات آبی یا کارخانه‌ای محلی) و یا برای تغذیه شبکه‌های کوچک و محدود، به کار گرفته می‌شوند.

واحدهای آبی «میکرو»: واحدهایی با ظرفیت از ۵ کیلووات تا ۱۰۰ کیلووات که برای تامین مصارف یک محله کوچک و یا یک کارگاه صنعتی کوچک روستایی که در فاصله دوری از شبکه قرار دارد، به کار می‌رود.

واحدهای آبی «پیکو»: با ظرفیت از چند صد وات تا ۵ کیلووات، که عموماً در روستاهای کوچک به کار می‌رود.

تعاریف فوق‌الذکر استاندارد شده نیست و محدوده‌های کلی را نشان می‌دهد. در برخی از نشریات فنی، محدوده‌های فوق‌الذکر تا حدی فرق می‌کند. مثلاً طبق تعریف انستیتوی استانداردهای ملی ایالات متحده امریکا (ANSI) و انستیتوی مهندسی برق و الکترونیک (IEEE) واحد آبی کوچک، واحدی با ظرفیت تا ۵ مگاوات در نظر گرفته شده است (به مرجع شماره ۱۲ در فهرست منابع و مراجع در انتهای راهنما مراجعه فرمایید).

### ۴-۲- وسعت شبکه مرتبط با نیروگاه

نحوه بهره‌برداری و وضعیت عملکرد یک نیروگاه برق‌آبی به میزان زیادی به اندازه واحدهای نیروگاه در مقایسه با وسعت شبکه‌ای که به آن متصل می‌شود، بستگی دارد. در این راهنما برای تشریح رفتار واحد در ارتباط با تغییرات در کمیت‌های الکتریکی

مربوط به شبکه مرتبط با آن به انواع شبکه اشاره شده است. تفاوت‌های انواع شبکه و عملکرد کلی واحد در آن به صورت کلی به شرح زیر است:

### الف - شبکه محدود یا محلی (ایزوله)

- در شبکه محدود یا «ایزوله»، ژنراتور به تنهایی و جدا از سامانه قدرت کار می‌کند و یا به شبکه‌ای با ظرفیت تحمل بار خیلی کم مرتبط است، به نحوی که هر تغییر کوچک در تولید توان اکتیو واحد، باعث تغییر قابل توجه در فرکانس می‌شود و نیز هر تغییر کوچک در توان راکتیو تولید شده، باعث تغییر قابل توجه در میزان ولتاژ شبکه محدود مرتبط با آن می‌شود. چنین شبکه‌ای ممکن است به دو و یا تعداد معدودی نیروگاه متصل باشد، در هر حال چنین نیروگاه‌هایی معمولاً دارای واحدهای کوچک می‌باشند.
- شبکه محدود عموماً با سطح ولتاژ توزیع کار می‌کند و خطوطی با طول نسبتاً کم را شامل می‌شود.
- هنگامی که یک واحد برق‌آبی با ژنراتور سنکرون به شبکه محدود متصل می‌شود، کنترل فرکانس عموماً مشکل می‌شود، چون با تغییرات بار این شبکه، فرکانس سریعاً تغییر می‌کند و برای بهره‌برداری قابل قبول، تنظیم «دروپ گاورنر» (مقدار توان اکتیو برای تغییر یک واحد فرکانس)، برای بهینه کردن کنترل فرکانس انجام می‌گیرد.
- شبکه محدود عموماً به بار راکتیو زیادی نیاز ندارد. در نتیجه ژنراتور می‌تواند با ضریب توانی نزدیک به یک کار کند.

### ب - شبکه ناحیه‌ای

- منظور از شبکه ناحیه‌ای، شبکه‌ای است که دارای یک مرکز بار نسبتاً بزرگ و تعداد محدودی خطوط می‌باشد که به تعداد معدودی مرکز تولید نیرو متصل شده است.
- ظرفیت تحمل بار اکتیو و راکتیو شبکه ناحیه‌ای نسبتاً بالا است و تغییرات در فرکانس و ولتاژ، در ازای تغییرات در میزان تولید بار اکتیو و راکتیو نیروگاه، به شدت تغییرات در شبکه محلی نیست.
- مولدهای برقی که به شبکه ناحیه‌ای وصل می‌شوند ممکن است خیلی معدود باشد، ولی ظرفیت آنها، از ظرفیت واحدهای مرتبط به شبکه محلی بیشتر است.
- شبکه ناحیه‌ای ممکن است با ولتاژ توزیع یا فوق توزیع و با خطوطی با طول متوسط کار کند. در این شبکه‌ها نیز بار مورد نیاز راکتیو معمولاً زیاد نیست، لذا می‌توان ژنراتور را با ضریب توان پس فاز نسبتاً بالایی مورد بهره‌برداری قرار داد.
- این گونه شبکه‌ها، عموماً نیاز زیادی به اپراتور دیسپاچینگ برای توزیع بار ندارند.

### ج - شبکه منطقه‌ای

- شبکه منطقه‌ای، شبکه‌ای بزرگ‌تر و قوی‌تر از شبکه ناحیه‌ای است. تعداد بیشتری نیروگاه به این شبکه، که دارای خطوط انتقال بهم پیوسته و خطوط فوق توزیع و ایستگاه‌های میانی تبدیل ولتاژ بالا به ولتاژ میانی توزیع است، وصل می‌شود.
- در شبکه منطقه‌ای، نسبت تغییرات مگاوات تولید شده به تغییرات فرکانس شبکه بسیار بالا است و تغییرات در بار شبکه تغییر قابل توجهی در فرکانس شبکه ایجاد نمی‌کند و تغییرات ایجاد شده، به صورت عادی قابل تعدیل و اصلاح توسط گاورنر سرعت نیروگاه‌ها می‌باشد.

- نیاز به توان رآکتیو موردنیاز شبکه ممکن است بالا باشد، لیکن مقدار منتجه توان‌های رآکتیو عموماً زیاد نیست، زیرا به دلیل طولانی‌تر بودن خطوط انتقال در شبکه منطقه‌ای، و توان رآکتیو خازنی تولید شده توسط این خطوط، توان رآکتیو مصرف‌کننده‌های شبکه، تا حدی تعدیل می‌شود. به هر حال بسته به محل قرارگیری نیروگاه‌ها و مراکز اصلی بار، ممکن است جذب یا تزریق محلی توان رآکتیو موردنیاز باشد. این وضعیت عموماً برای حالتی است که بین مراکز تولید و مراکز بار، خطوط طولانی انتقال واقع شده باشد.
- در چنین شبکه‌ای، ژنراتورهای سنکرون و تنظیم‌کننده‌های ولتاژ، تغییرات ایجاد شده در ولتاژ شبکه را تعدیل می‌کنند و گاورنر سرعت، اصلاح تغییرات فرکانس را به عهده دارد.
- شبکه‌های منطقه‌ای، به وجود مرکز دیسپاچینگ (منطقه‌ای)، برای تقسیم بار بین نیروگاه‌های واقع در شبکه، به منظور حفظ سطح ولتاژ مناسب در نقاط مختلف این شبکه نیاز دارد.

#### د - شبکه سراسری (شبکه ملی برق)

- شبکه سراسری سامانه‌ای است که کل کشور را بهم متصل می‌سازد. چنین شبکه‌ای، دارای تعداد زیادی نیروگاه است که از طریق خطوط انتقال مختلف با طول زیاد، متوسط و کوتاه به آن متصل شده‌اند. این شبکه سراسری قوی‌ترین سامانه ممکن را شکل می‌دهد و در حالت عادی کار، با تغییرات بارهای آکتیو و رآکتیو، فرکانس و ولتاژ آن تغییر قابل توجهی نمی‌نماید.
- چنانکه سطحی که تحت پوشش شبکه سراسری است دارای مناطقی با اختلاف ساعت باشد، زمان‌های مصرف بار پیک در این مناطق متفاوت خواهد بود. به این ترتیب لازم است انتقال بار بین «نواحی زمانی» به صورت مؤثری هدایت شود. نظر به اینکه منابع تامین توان الکتریکی متصل به شبکه سراسری، عمدتاً ترکیبی از نیروگاه‌های برق‌آبی و فسیلی می‌باشد، تقسیم بار روی این نیروگاه‌ها، در زمان‌های مختلف با توجه به ملاحظات اقتصادی، اهمیت زیادی دارد.

### ۵-۲- تعاریف و شرایط بهره‌برداری

#### ۱-۵-۲- تعریف کلی بهره‌برداری

به طور کلی «بهره‌برداری»<sup>۱</sup> عبارت است از استفاده از تجهیزات به منظور تولید انرژی و یا آمادگی برای تولید انرژی.

#### ۲-۵-۲- بهره‌برداری در شرایط مختلف

بهره‌برداری از نیروگاه، واحدها و سایر تجهیزات اصلی و کمکی آن ممکن است در حالت عادی و یا در حالت غیرعادی انجام گیرد. همچنین بروز شرایط پیش‌بینی نشده و اضطراری که درجات پیشرفته‌تر و بحرانی‌تر شرایط غیرعادی می‌باشند، می‌تواند منجر به محدودیت شدید در ظرفیت قابل بهره‌برداری واحدها و نیروگاه، توقف کار واحد و یا نهایتاً ایجاد صدمه به تجهیزات شود.

در بند ۲-۶-۴ شرایط مختلف کارکرد نیروگاه تعریف می‌شود. نظر به اینکه شرایط بهره‌برداری از نیروگاه علاوه بر وضعیت و شرایط کار تجهیزات داخلی آن، به شرایط سامانه الکتریکی مرتبط با آن نیز بستگی دارد، در بند ۲-۶-۲ ابتدا کلیاتی در مورد شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه الکتریکی (شبکه سراسری) ارائه می‌شود. بهره‌برداری از تجهیزات و واحدها در شرایط مختلف عادی، غیرعادی، پیش‌بینی نشده و یا اضطراری نیز در فصل سوم این راهنما تشریح شده است.

## ۲-۶- تعریف شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه الکتریکی و نیروگاه آبی

### ۲-۶-۱- کلیات

یک سامانه قدرت الکتریکی از سه قسمت یا مولفه اصلی تولید، انتقال و توزیع (تا محل مصرف کننده نهایی)، تشکیل شده است. این سه مولفه اصلی در بردارنده اجزا و تجهیزات بزرگ و کوچک متعددی می‌باشند، از جمله ژنراتورها، شینه‌ها و یا کابل‌های خروجی ژنراتور، کلیدهای قدرت، ترانسفورماتورهای افزایش ولتاژ، خطوط انتقال قدرت، ترانسفورماتورهای کاهنده میانی، خطوط فوق توزیع، ترانسفورماتورهای توزیع برق، خطوط توزیع قدرت و ترانسفورماتورهای کاهنده برای تامین ولتاژ مصرف کننده‌های انتهایی.

در شرایط عادی بهره‌برداری<sup>۱</sup>، تمام این مولفه‌ها در سامانه بطور صحیح و در هماهنگی با هم کار می‌کنند، اما اگر هر یک از اجزا فوق‌الذکر به دلیل بروز عیب و اشکال داخلی یا خارجی، طبق شرایط و مشخصات پیش‌بینی شده کار نکنند، این وضعیت باعث می‌شود سایر مولفه‌های سامانه متقابلاً عکس‌العمل نشان داده و شرایط کارشان را برای ادامه کار در سامانه تغییر دهند. در نتیجه عکس‌العمل اجزای دیگر سامانه و یا مداخله اپراتورها، یکی از وضعیت‌های کلی زیر می‌تواند به وجود آید:

الف- وضعیت سامانه بدون دخالت اپراتورها ترمیم و به وضعیت اصلی خود باز می‌گردد.

ب- سامانه پس از اقدامات اپراتورها (مرکزی یا محلی)، ترمیم و به وضعیت عادی اولیه خود باز گردانده می‌شود.

ج- سامانه بدون دخالت اپراتور، ترمیم و در شرایط جدیدی به کار خود ادامه می‌دهد.

د- سامانه با دخالت اپراتور، ترمیم و در شرایط جدیدی به کار خود ادامه می‌دهد.

ه- سامانه را نمی‌توان به حالت پایدار برگرداند.

در تمام حالات فوق، در مدت زمانی که سامانه از حالت بهره‌برداری عادی خود فاصله می‌گیرد تا به یکی از شرایط فوق‌الذکر برسد، وضعیت عملکرد سامانه غیرعادی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. شرایط غیرعادی بهره‌برداری، شامل طیف گسترده‌ای از موارد مربوط به وضعیت و محدودیت‌های کارکرد سامانه و اجزای آن است. در بندهای زیر شرایط مختلف بهره‌برداری سامانه، به طور کلی، تعریف می‌شود و تاثیر وضعیت سامانه در هر حالت بر شرایط بهره‌برداری از نیروگاه برق آبی و اجزای اصلی نیروگاه تشریح می‌شود. در پی آن، شرایط مختلف غیرعادی، پیش‌بینی نشده و اضطراری کارکرد مجموعه نیروگاه و نیز تجهیزات آن تعریف می‌شود. مثال‌هایی نیز در مورد شرایط کارکرد غیرعادی تجهیزات ارائه می‌شود.

1- Normal Operating Condition

2- Abnormal Operating Condition/Unusual Operating Condition

## ۲-۶-۲- شریای بهره‌برداری از سامانه الکتریکی

### ۱-۲-۶-۲- شریای عادی بهره‌برداری

شریای عادی بهره‌برداری از یک سامانه (شبکه سراسری) الکتریکی به حالتی اشاره دارد که در آن تمام مولفه‌های سامانه در محدوده‌های طراحی شده کار می‌کنند و سامانه بدون نشان دادن تغییرات قابل توجه و یا غیرمجاز در میزان ولتاژ و فرکانس، در حال کار است.

شریای عادی کار سامانه، شریای پایدار بهره‌برداری<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شود.

### ۲-۲-۶-۲- شریای بهره‌برداری غیر عادی

شریای غیر عادی در بهره‌برداری از یک سامانه بطور کلی هنگامی پدید می‌آید که علی‌رغم اقدامات انجام شده توسط اپراتور کنترل‌کننده سامانه و یا عملکرد تجهیزات تنظیم‌کننده اتوماتیک ولتاژ و گاورنر، ایجاد تعادل بین تولید و مصرف بارهای آکتیو و راکتیو امکان‌پذیر نمی‌باشد.

### ۳-۲-۶-۲- شریای پیش‌بینی نشده بهره‌برداری<sup>۲</sup>

هنگامی که شریای غیر عادی پدید آمده در سامانه برای مدت طولانی و علی‌رغم اقدامات اصلاحی انجام شده، دوام یابد به نحوی که یا باید بخشی از بار مصرف‌کننده‌های شبکه از مدار قطع گردد<sup>۳</sup> و یا اجباراً برخی از واحدهای تولیدکننده توان مهم در شبکه متوقف گردند، این وضعیت را «شریای پیش‌بینی نشده» می‌نامند.

در حالت بروز شریای پیش‌بینی نشده در سامانه، لازم است اپراتورها در بسیاری از مراکز تولید انرژی و پست‌های انتقال و توزیع بسیج شوند و عملیات کلیدزنی و بهره‌برداری خود را در هماهنگی با اپراتورهای یک یا چند مرکز کنترل شبکه (مرکز کنترل سامانه<sup>۴</sup> و برخی از مراکز کنترل منطقه‌ای سامانه<sup>۵</sup>)، به انجام رسانند.

منشاء بروز شریای پیش‌بینی نشده عمدتاً به شرح ذیل است:

الف - تغییر زیاد و ناگهانی در میزان توان آکتیو شبکه

ب - تغییر زیاد و ناگهانی در میزان بار راکتیو شبکه

ج - تغییر ناگهانی و به میزان زیاد در امپدانس شبکه

شریای فوق در واقع حالت وسعت یافته و بحرانی‌تر عدم تعادل کمیت‌های الکتریکی سامانه را نسبت به شریای غیر عادی سامانه،

تشکیل می‌دهد.

- 
- 1- Stable Operating Condition
  - 2- Contingency Operating Condition
  - 3- Load Shedding
  - 4- System Control Center (SCC)
  - 5- Area Operating Center (AOC)

### ۲-۶-۴- شرایط اضطراری بهره‌برداری

حالت توسعه یافته شرایط پیش‌بینی نشده در سامانه که شرایط اضطراری نامیده می‌شود هنگامی است که برق نواحی وسیعی از شبکه قطع می‌شود و کارکنان بهره‌بردار در شرایط خطرناکی قرار می‌گیرند و تاسیسات شهری و صنعتی با وضعیت بحرانی و نایمن بهره‌برداری مواجه می‌شوند.

در شرایط اضطراری سامانه، که اجزا و مولفه‌های متعددی از سامانه تولید، انتقال و توزیع به دنبال هم از مدار خارج می‌شوند، مراقبت شدید اپراتورها در نقاط زیادی از مراکز تولید، انتقال و توزیع مورد نیاز است و در عین حال ممکن است مراقبت و همکاری سازمان‌ها و تشکیلات ارائه دهنده خدمات اضطراری دیگر نیز (مثل پلیس، آتش‌نشانی، خدمات اورژانس و غیره)، ضرورت پیدا کند. در شرایط اضطراری سامانه لازم است زنجیره‌ای از هماهنگ کننده‌ها، در تعدادی از نقاط کلیدی سامانه، برای مقابله با این شرایط تشکیل شود.

### ۲-۶-۳- تولید توان الکتریکی در نیروگاه

تولیدکننده‌های توان الکتریکی سامانه را، ژنراتورهای سنکرون تشکیل می‌دهد، هر چند که ژنراتورهای القایی (اندوکسیونی)، با توان کم (چند صد کیلووات تا چند مگاوات) در کشورهای زیادی در حال کار هستند، لیکن این واحدها در تامین برق سامانه عموماً نقش جزیی را دارند. در این راه‌ها تنها ژنراتورهای سنکرون طرح‌های برق‌آبی با واحدهای متوسط و بزرگ مورد بحث قرار می‌گیرد. یک نیروگاه تولید انرژی برق آبی عموماً از قسمت‌های اصلی زیر تشکیل می‌شود:

- مخزن آب ورودی به نیروگاه
- آبگیر و دریچه‌های کنترل رأس
- مجرای هدایت آب
- شیر ورودی نیروگاه (در بعضی نیروگاه‌های آبی که فاصله آبگیر از نیروگاه خیلی کم است و برای هر واحد دریچه‌ای مجزا در آبگیر تعبیه شده است و ارتفاع موثر نامی توربین کم است، شیر ورودی نیروگاه بکار نمی‌رود)
- توربین
- ژنراتور
- سامانه تحریک ژنراتور و سایر تجهیزات جانبی<sup>۱</sup> ژنراتور
- گاورنر و سایر تجهیزات جانبی توربین
- تجهیزات کمکی<sup>۲</sup> توربین، ژنراتور و نیروگاه
- ترانسفورماتورهای اصلی و کلیدهای فشار قوی (در پست مجاور نیروگاه)
- کلید ژنراتور (بسته به آرایش مداری در بعضی نیروگاه‌ها استفاده می‌شود)

1- Ancillary Systems

2- Auxiliary Systems

در بند زیر شرایط مختلف بهره‌برداری در مورد یک نیروگاه آبی، به عنوان مجموعه‌ای از تجهیزات فوق‌الذکر، تعریف می‌شود.

## ۲-۶-۴- شرایط مختلف بهره‌برداری نیروگاه برق آبی

### ۲-۶-۴-۱- شرایط بهره‌برداری عادی

بهره‌برداری عادی یک نیروگاه برق آبی بطور کلی در بردارنده شرایط زیر است:

- الف - ارتفاع آب روی توربین در محدوده طراحی قرار دارد
- ب - توربین در محدوده‌های ایمن منحنی مشخصه عملکرد<sup>۱</sup> خود، کار می‌کند، به طوری که عملکردش با ارتعاش‌های اضافی، نویز و خوردگی ناشی از پدیده هیدرولیکی خلاءزایی<sup>۲</sup> همراه نیست.
- ج - میزان توان آکتیو و راکتیو تولید شده توسط ژنراتور در محدوده مقادیر مجاز و ایمن ماشین (طبق منحنی مشخصه قابلیت ژنراتور) قرار دارد.
- د - تغییرات (و تنظیمات لازم) مربوط به میزان تولید توان آکتیو و راکتیو واحد، در پاسخ به شرایط سامانه انجام می‌گیرد.
- ه - تمام تجهیزات جانبی و سامانه‌های کمکی نیروگاه طبق مشخصات طراحی کار می‌کنند و به صورت اتوماتیک طبق مراحل عملکرد تعریف شده روشن و خاموش می‌شوند.
- و - میزان نشت آب از تجهیزات، تخلیه‌های جزئی و افت ولتاژ و اضافه جریان در اجزای تجهیزات نیروگاه از مقادیر عادی و مورد انتظار (طبق مشخصات فنی) بیشتر نیست.
- ز - هشداری در مورد وضعیت کارکرد تجهیزات مشاهده نمی‌شود و در صورت مشاهده یک هشدار (آلارم) نیز می‌توان آن را در رده هشدار آلارم‌های کم اهمیت قرار داد و یا هشداری است که بعد از اندک زمانی خود به خود حذف می‌شود.
- ح - در حالت کارکرد اتوماتیک واحدها شرایط کارکرد آنها به نحوی است که علی‌رغم حضور و نظارت اپراتورها، مراقبت ویژه‌ای را از طرف اپراتورها طلب نمی‌کند.

### ۲-۶-۴-۲- شرایط غیرعادی بهره‌برداری

- حالت غیرعادی بهره‌برداری یک نیروگاه برق آبی، بطور کلی وضعیتی است که در آن موارد زیر مشاهده شود:
- الف - ارتفاع موثر آب روی توربین خارج از محدوده‌های ایمن برای کارکرد واحد است، یا به دلیل افت تراز آب مخزن در دورانی که ورودی آب به مخزن کم است و یا حالتی که سطح آب در پایاب (پایین دست)، به دلیل تخلیه زیاد آب از مخزن، بالاتر از مقدار مجاز می‌باشد.
  - ب - توان آکتیو یا راکتیو ژنراتور (یا ژنراتورها)، برای پاسخ‌گویی به نیاز کوتاه مدت شبکه، به سقف میزان اضافه بار نامی رسیده است.

1- Hill Diagram

2- Cavitation



ج - میزان تولید بارآکتیو و رآکتیو ژنراتور به دلیل وجود عیب جزئی در تجهیزات و یا ادوات داخلی نیروگاه و یا در برخی از اجزا سامانه، تقلیل داده شده است.

د - قابلیت سامانه در کنترل اتوماتیک تولید نیروگاه تا حدودی کاهش یافته است.

ه- برای حفظ و تداوم تولید نیروگاه، مراقبت و مداخله بیشتر بهره‌برداران موردنیاز است و بهره‌برداران باید با سرعت در تنظیم برخی از کمیت‌های مربوط به واحد، برای پاسخگویی به شرایط سامانه، مداخله نمایند.

### ۲-۶-۴-۳- شرایط پیش‌بینی نشده در بهره‌برداری نیروگاه

وضعیت پیش‌بینی نشده در بهره‌برداری نیروگاه، چنانکه قبلاً ذکر شد، همراه با درجه بالاتری از شرایط غیر عادی در تاسیسات آبی و یا اشکالات مهم‌تری در وضعیت کارکرد تجهیزات بروز می‌آید.

وضعیت پیش‌بینی نشده در بهره‌برداری نیروگاه بطور کلی در اثر عوامل و شرایط زیر پدید می‌آید:

الف - سطح آب مخزن سد به صورت خیلی غیر عادی بالاست و در نتیجه استفاده از سرریز ضرورت دارد و یا خیلی پایین است و باید بخش زیادی از توان تولیدی نیروگاه را تقلیل داد.

ب - به دلیل قطع ناگهانی تولید برخی از واحدهای نیروگاهی دیگر سامانه قدرت، تقاضای ناگهانی برای بار اضافی یا توان رآکتیو به میزان زیاد وجود دارد. البته در صورتی که این تقاضای بار به صورت ناگهانی و سریع نباشد و یا ژنراتورهای نیروگاه نتوانند به این تقاضای بار زیاد بدون خارج شدن از محدوده مجاز کار واحد، پاسخ دهند، علی‌رغم تحمیل بار زیاد و ناگهانی، شرایط بهره‌برداری نیروگاه در ردیف بهره‌برداری غیرعادی جای می‌گیرد.

ج - کاهش ناگهانی میزان زیادی از بار آکتیو و یا رآکتیو سلفی، به دلیل از مدار خارج شدن غیرمنتظره بار مصرفی یک واحد بزرگ صنعتی و یا قطع ناگهانی بخش زیادی از بار مناطقی از شبکه مصرف. در این مورد هم چنانچه نیاز به تقلیل بار به صورت ناگهانی نباشد و یا ژنراتورها، علی‌رغم کاهش شدید بار شبکه، بتوانند بدون افزایش سرعت بیش از حد مجاز (و یا بروز حالت ناپایداری) بدون بار شوند، شرایط بهره‌برداری در ردیف شرایط غیرعادی جای می‌گیرد.

د - ممکن است لازم باشد واحدهای نیروگاه (به دلیل نیاز و یا ایجاد محدودیت خاص و کوتاه مدت در سامانه)، با باری بیشتر از ظرفیت نامی یا حداکثر ظرفیت تولید (حداکثر ظرفیت تولید، طبق مشخصات فنی ماشین)، کار کنند. این شرایط بهره‌برداری، در طول عمر مفید باقی‌مانده ماشین اثر می‌گذارد.

ه - کاهش قابل توجه در امکانات سامانه کنترل برای کنترل اتوماتیک تولید قدرت واحدها

و - وجود عیب در هر یک از تجهیزات داخلی نیروگاه و یا شرایط بروز عیب مهم و قریب‌الوقوعی که در نهایت می‌تواند به کاهش قابل ملاحظه در میزان توان تولیدی نیروگاه منجر شود.

ز - نیاز به افزایش مراقبت همه جانبه اپراتورهای نیروگاه و ضرورت هماهنگی کنترل تولید نیروگاه با مسئول مرکز کنترل سامانه (دیسپاچینگ) و یا مرکز کنترل منطقه‌ای.

در این شرایط، واکنش سریع و اقدام به موقع اپراتورها، در پاسخ به شرایط متغیر پدید آمده، ضرورت دارد.

## ۲-۶-۴- شرایط اضطراری در نیروگاه

شرایط اضطراری بهره‌برداری بالاترین درجه از بروز شرایط پیش‌بینی نشده است. مشخصه‌های این شرایط را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- الف - تراز آب مخزن به صورت فزاینده و سریعی در حال افزایش است و نمی‌توان آن را کنترل نمود.
- ب - سامانه الکتریکی تحت تاثیر تغییرات زیاد در کارکرد مولفه‌های آن در وضعیت بحرانی قرار دارد و در بخش‌های وسیعی از شبکه، تولید توان و برق‌رسانی به مناطق قطع گردیده است.
- ج- جان افراد در معرض خطر حتمی (مثل آتش‌سوزی) قرار دارد.
- د - تجهیزات نیروگاه و تاسیسات آبی پایین دست در معرض خطر قریب‌الوقوع قرار دارند.
- ه- تجهیزات عمده‌ای در نیروگاه از کار افتاده‌اند و تخلیه کارکنان از مجموعه نیروگاه ضرورت عاجل دارد.
- و - خطر قریب‌الوقوع حمله خارجی وجود دارد.
- ز - توجه و مراقبت ویژه اپراتورها و کارکنان نیروگاه در سطحی زیاد و با تمرکز همه جانبه بر شرایط، برای پاسخگویی به ضرورت‌ها و همکاری با سایر ارگان‌ها، موردنیاز است.

## ۲-۷- تعاریف و خط‌مشی‌های مربوط به نگهداری

### ۲-۷-۱- تعریف کلی نگهداری

به طور کلی نگهداری<sup>۱</sup> شامل فعالیتهایی است که معطوف به حفظ وضعیت بهینه شرایط بهره‌برداری نیروگاه می‌باشد. نگهداری به‌طورکلی شامل بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی دوره‌ای، فعالیتهای نگهداری عادی، آزمایش‌های مربوط به نگهداری، بازرسی‌های دقیق همراه با تعمیرات موردی می‌باشد. آزمایش‌های تشخیصی نیز از جمله فعالیتهای مربوط به نگهداری است که پس از انجام آن ضرورت و وسعت تعمیرات موردنیاز برای اجزا واحدها و یا تجهیزات دیگر نیروگاه مشخص‌تر می‌شود و براساس آن برنامه‌ریزی برای تعمیرات کامل‌تر و یا اساسی می‌تواند انجام گیرد.

### ۲-۷-۲- بازرسی‌های عادی (روتین)<sup>۲</sup>

هدف از این بازرسی‌ها، بررسی چشمی تجهیز (یا واحد)، به منظور اطمینان از صحت کارکرد آن می‌باشد. بسته به مورد بازرسی، بازرسی‌های عادی ممکن است روزانه (یا در هر شیفت)، هفتگی و یا ماهانه باشد. در بازرسی‌های عادی ممکن است تجهیزات در حال کار و یا در حال آماده باش برای کار باشند.

1- Maintenance  
2- Ordinary Inspection

## ۲-۷-۳- سرویس‌های عادی

سرویس‌های عادی، عبارت است از فعالیتی که برای نگهداشتن واحد در حالت ادامه کار یا در وضعیت آماده‌باش و قابل راه‌اندازی، لازم می‌باشد و بدون انجام آن، دستگاه به زودی آسیب خواهد دید. برخی موارد اصلی در سرویس‌های عادی عبارتند از:

- بازدید و کنترل روغنکاری
- تعویض فیلترها
- نمونه‌برداری از روغن
- برخی از انواع تنظیمات (مثل تنظیم گلوبی پمپ‌ها، تنظیم شیرها)
- نظافت عمومی تجهیزات

تحلیل خرابی‌های ایجاد شده در تجهیزات نشان می‌دهد، بسیاری از نارسایی و خرابی‌ها به علت ناکافی بودن و یا حذف سرویس‌های عادی می‌باشد.

## ۲-۷-۴- انواع فعالیت‌های مرتبط با نگهداری تجهیزات

فعالیت‌های مرتبط با نگهداری تجهیزات و سامانه‌ها در سه دسته کلی زیر جای می‌گیرند:

الف- نگهداری عادی (روتین): نگهداری عادی (روتین) عبارت است از فعالیت‌هایی که در هنگام کار کردن تجهیزات و سامانه‌ها انجام می‌شود. این فعالیت‌ها قابل پیش‌بینی است و می‌توان برای آنها برنامه و بودجه تعیین کرد. معمولاً این فعالیت‌ها که یا براساس «گذشت زمان معین» و یا «ساعت کارکرد» تجهیزات برنامه‌ریزی می‌شود، از روش‌های نگهداری پیش‌گیرانه پیروی می‌کند. به عنوان مثال می‌توان از بازدیدهای چشمی، اسکن دما با دوربین‌های مادون قرمز، تمیزکردن، آزمایش عملکرد، اندازه‌گیری کمیت‌ها و مقادیر مربوط به تولید، روغنکاری، آزمایش روغن، کنترل هم‌راستا بودن محورهای کوپل شده، کنترل موقعیت و هم‌راستا بودن محور اجزا سامانه تحریک (نوع تحریک گردان) در ژنراتورها نام برد.

ب- آزمایش‌های مربوط به نگهداری تجهیزات<sup>۱</sup>: این قسمت از نگهداری، شامل فعالیت‌هایی است که طی آن با استفاده از دستگاه‌های آزمایش، وضعیت تجهیزات در حالتی که از مدار خارج شده‌اند<sup>۲</sup> مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این فعالیت‌ها قابل پیش‌بینی است و می‌توان برای آنها برنامه و بودجه تعیین کرد. این فعالیت‌ها را می‌توان یا براساس گذشت زمان معین و یا براساس ساعت کارکرد برنامه‌ریزی کرد، اما در عین حال می‌توان به نحوی برنامه‌ریزی کرد که این فعالیت‌ها در زمان توقف برنامه‌ریزی شده تجهیزات انجام شود. نظر به این که این فعالیت‌ها قابل پیش‌بینی است سازمان‌های بهره‌بردار این‌گونه فعالیت‌ها را در ردیف «نگهداری روتین» و یا «نگهداری پیش‌گیرانه» تلقی می‌کنند. برای مثال می‌توان از انجام آزمایش مقاومت عایقی سیم‌پیچی‌ها<sup>۳</sup> (تست مگر)، تست رله‌ها (بغیر از رله‌های دیجیتال عددی)، تست مدار قطع‌کننده

1- Routine Maintenance

2- Maintenance Testing

3- Off Line

4- Megger Test

کلید قدرت، تست‌های فشار قوی با ولتاژ متناوب، تست‌های فشار قوی با ولتاژ مستقیم، تست‌های ظرفیت بارگیری و تخلیه باتری‌ها نام برد.

ج- آزمایش‌های تشخیص<sup>۱</sup>: این قسمت شامل فعالیت‌هایی است که طی آن با استفاده از دستگاه‌های آزمایش وضعیت تجهیزات پس از بروز حوادث غیرعادی در نیروگاه (مانند بروز خطاها، آتش سوزی، از کار افتادن تجهیزات) و یا متعاقب کارهای تعمیراتی، تعویض تجهیزات و نیز در مواقعی که نسبت به فرسودگی تجهیزات مشکوک هستیم، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این فعالیت‌ها قابل پیش‌بینی نیستند و نمی‌توان آنها را برنامه‌ریزی کرد چون پس از قطع ناخواسته تجهیزات الزامی می‌شوند. هر کارگاهی باید برای این‌گونه موارد بودجه در نظر بگیرد. برای مثال می‌توان از تست‌های زیر نام برد: تست فشار قوی سیم‌پیچی‌ها با ولتاژ متناوب، تست فشارقوی با ولتاژ مستقیم، اندازه‌گیری میزان تخلیه جزیی، سفتی گوه‌ها، تست‌های مغناطیسی هسته ژنراتور، تست‌های افت ولتاژ سیم‌پیچی قطب‌ها، تست نسبت تبدیل ترانسفورماتورها و تست‌های اتصال زمین.

در فصل چهارم این راهنما به برنامه نگهداری تجهیزات، با در نظر گرفتن فعالیت‌های مرتبط با آن از جمله فعالیت‌های رده‌های اول و دوم فوق پرداخته می‌شود. همچنین این راهنما جز در موارد کلی، به جزییات اقدامات اصلاحی که پس از تشخیص عیب و یا اشکالات، متعاقب فعالیت‌های نگهداری و آزمایش‌ها باید انجام گیرد، نمی‌پردازد. اقدامات اصلاحی به نوع تجهیزات و سامانه‌ها، جزییات طراحی و ساخت آنها بستگی دارد لذا باید با مراجعه به دستورالعمل‌های خاص نگهداری و تعمیرات سازندگان، استانداردهای مربوطه و نیز با توجه به مدارک و نقشه‌های جزییات ساخت و نصب تجهیزات هر نیروگاه انجام شود. همچنین در این راهنما انواع آزمایش‌های مربوط به تشخیص عیب تجهیزات مختلف (به استثناء چند مورد کلی)، مورد بحث قرار نمی‌گیرد. این جزییات نیز در استانداردها و مراجع فنی و نیز در دستورالعمل‌های سازندگان قابل دستیابی است. در فصل چهارم و پیوست این راهنما به برخی منابع معتبر در زمینه روش آزمایش‌ها، معیارهای فنی پذیرش و نیز نگهداری تجهیزات اشاره شده است.

## ۲-۷-۵- خط مشی‌های مربوط به تهیه برنامه نگهداری تجهیزات نیروگاه

### ۲-۷-۵-۱- کلیات

توجه اصلی کارکنان نگهداری نیروگاه، باید بر نگهداری‌های برنامه‌ریزی شده متمرکز باشد. این امر باعث کاهش تعمیرات واکنشی (از نوع اضطراری و یا اصلاحی) خواهد شد.

استفاده از خط مشی یکسان در تهیه برنامه نگهداری برای انواع مختلف تجهیزات به کار رفته در یک نیروگاه ممکن است مناسب نباشد. میزان اهمیت تجهیزات از نظر بهره‌برداری و شرایط کاری آنها متفاوت است. همچنین چگونگی بهره‌برداری از نیروگاه آبی و نقش آن در سامانه قدرت، بر الزامات و برنامه نگهداری تاثیر می‌گذارد، لذا هنگام تهیه برنامه نگهداری و نیز دوره‌های بازرسی (برای آن دسته از بازرسی‌هایی که انجام آنها منوط به خارج کردن واحد از مدار تولید است)، توجه به نیازهای شبکه و نیز هزینه‌های جایگزین تولید باید مدنظر قرار گیرد.

به‌طور کلی دو خط مشی اصلی به شرح زیر، برای تهیه برنامه نگهداری تجهیزات نیروگاه می‌تواند مطرح باشد. هدف اصلی هر دو خط مشی جلوگیری از خرابی و یا کاهش نگهداری‌ها و تعمیرات واکنشی (از نوع اضطراری و یا اصلاحی) می‌باشد. با این وجود، هر کدام از این دو خط مشی ویژگی‌ها و نقاط قوت خاص خود را دارند. به این ترتیب بسته به نوع هر تجهیز و شرایط کار واحدهای هر نیروگاه خاص، ترکیب مناسبی از روش‌های نگهداری پیش‌گیرانه و پیش‌گویانه می‌تواند بهترین برنامه نگهداری را به دست دهد.

سایر منابع اطلاعات (توصیه‌های سازندگان، شرایط غیرعادی بهره‌برداری و تجربیات قبلی پرسنل بهره‌بردار در مورد تجهیزات) نیز باید در تدوین و بازنگری برنامه نگهداری، مورد استفاده قرار گیرد.

### ۲-۷-۵-۲- نگهداری پیش‌گیرانه

نگهداری پیش‌گیرانه<sup>۱</sup> روشی برای نگهداری تجهیزات بر مبنای برنامه‌ای منظم به صورت دوره‌ای و یا در ازای مدت زمان کارکرد (براساس ارزیابی، یا قرائت تعداد ساعت کارکرد هر تجهیز) می‌باشد. هدف از به کارگیری این روش، جلوگیری از مشکلات تعمیرات و یا خرابی دستگاه‌ها، پیش از بروز آن، با استفاده از روش‌های روتین و جامع نگهداری است، که در نتیجه دستیابی به تعداد توقف کم‌تر، کوتاه‌تر و قابل پیش‌بینی‌تر واحدها و تجهیزات را محقق سازد.

برخی از خصوصیات خط مشی نگهداری پیش‌گیرانه عبارتند از:

- قابل پیش‌بینی است و برآورد بودجه، برنامه‌ریزی و تامین منابع را ممکن می‌سازد
- در صورتی که خوب عمل شود، معمولاً از بسیاری مشکلات عمده جلوگیری می‌کند و در نتیجه توقف اجباری و اضطراری دستگاه‌ها، نگهداری واکنشی و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را کاهش می‌دهد.
- به مدیران تا حدی اطمینان می‌دهد که تجهیزات از نظر نگهداری تحت کنترل است.
- به سهولت درک و توجیه می‌شود

علی‌رغم خصوصیات و مزایای فوق‌الذکر، ممکن است در صورت توجه صرف به دوره توصیه شده و یا مدت زمان کارکرد برای نگهداری پیش‌گیرانه و بدون در نظر گرفتن وضعیت واقعی تجهیزات، شرایط مختلف بهره‌برداری از واحدها، عدم توجه به تحلیل مقادیر کمیت‌ها و پارامترهای اندازه‌گیری شده طی بهره‌برداری و نیز مستندات مربوط به نگهداری و یا تعمیرات قبلی، مشکلاتی در روند بهره‌برداری بهینه از واحدها و تجهیزات پدید آید، لیکن به‌طور کلی نگهداری پیش‌گیرانه در گذشته قابلیت اعتماد خود را نشان داده و هنوز نیز به عنوان هسته و اساس بسیاری از برنامه‌های نگهداری در بسیاری از سازمان‌ها و صنایع مطرح می‌باشد. با این حال در کاربرد توصیه‌های نگهداری پیش‌گیرانه باید دقت شود. به کارگیری توصیه‌های نگهداری پیش‌گیرانه برای کلیه تجهیزات یک نیروگاه، بدون توجه به حساسیت تجهیزات می‌تواند به کار حجیم و گسترده‌ای منجر شود که انجام آن را عملاً غیرممکن می‌سازد. در نتیجه ممکن است برخی تجهیزات مهم از نگهداری مورد نیاز محروم شوند، که در این صورت هدف مدیریت نگهداری پیش‌گیرانه خدشه‌دار خواهد شد.

### ۲-۷-۵-۳- نگهداری بر مبنای تحلیل وضعیت و قابلیت اطمینان دستگاه‌ها (روش پیش‌گویانه<sup>۱</sup>)

برای رفع برخی محدودیت‌ها و تبعات ناشی از به کارگیری روش نگهداری پیش‌گیرانه برای تجهیزات نیروگاه، مدیریت نگهداری می‌تواند بسته به شرایط و مورد کار از روش «نگهداری بر مبنای تحلیل وضعیت و قابلیت اطمینان دستگاه‌ها» استفاده کند که مبتنی بر انتخاب آگاهانه زمان انجام نگهداری، اجرای موثر فعالیت‌های نگهداری براساس داده‌های تحلیل شده و استفاده از سامانه مستندسازی سوابق نگهداری می‌باشد. این روش به عنوان خط‌مشی یا فلسفه «نگهداری پیش‌گویانه» نیز شناخته می‌شود. کاربرد برنامه‌های نگهداری بر مبنای فلسفه نگهداری پیش‌گویانه در نیروگاه‌های آبی گسترش زیادی یافته است.

هدف این برنامه‌ها انجام بازرسی و نگهداری به میزان کافی و در زمان مناسب، برای جلوگیری از توقف کار نیروگاه می‌باشد. در صورتی که برنامه‌های نگهداری پیش‌گویانه به درستی اجرا شود می‌تواند بسیاری از مسایل مربوط به نگهداری را رفع کرده و موجب شود برنامه نگهداری مؤثرتر و جهت‌دارتر گردد.

برخی از خصوصیات خط‌مشی نگهداری پیش‌گویانه عبارتند از:

- ممکن است پایش (مونیتورینگ) بیشتر و مؤثرتری در زمینه‌های نظارت بر درجه حرارت و میزان ارتعاش تجهیزات طلب کند. این به معنای تامین تجهیزات پایش جدید و یا پایش توسط کارکنان در بازرسی‌های متعدد (در دوره‌های کوتاه مدت‌تر) است.
- ممکن است به «کار تا خرابی» یا فلسفه حذف نگهداری در مورد بعضی از تجهیزات منجر شود که می‌تواند باعث نگرانی بهره‌برداران و مدیران شود.
- ممکن است بسته به میزان موفقیت برنامه اولیه نگهداری و شرایط تجهیزات به تجدیدنظر اولیه یا بعدی در برنامه نگهداری، به روش آزمون و خطا نیاز داشته باشد.
- نیاز به مدیریت بیشتر در مورد تخصیص نیروی کار موجود دارد به نحوی که نیروها با توجه به اولویت‌ها، روی تجهیزات مهم‌تر متمرکز شوند.
- استفاده از روش نگهداری پیش‌گویانه نباید بهانه‌ای برای روی آوردن به فلسفه «نگهداری در زمان خرابی دستگاه»<sup>۲</sup>، یا حذف موارد خیلی ضروری نگهداری پیش‌گیرانه باشد و یا وسیله‌ای برای توجیه کاهش نیرو و هزینه نگهداری قلمداد شود. در هر حال بسته به مورد و شرایط، برای کاستن برخی محدودیت‌ها و یا مشکلات مربوط به برنامه نگهداری پیش‌گیرانه، مدیران نگهداری ممکن است به برنامه‌ریزی براساس خط‌مشی پیش‌گویانه، که مبتنی بر انتخاب آگاهانه، اجرای مؤثر و استفاده بهینه از امکانات و روش‌های صحیح مستندسازی تعمیرات است، روی آورند.

برای آنکه روش نگهداری پیش‌گویانه در نیروگاه منجر به برنامه‌ای عملی شود لازم است که:

- توسط مدیریت به عنوان فلسفه نگهداری ویژه برای محل و یا تجهیزات خاص انتخاب شود.
- بر اساس روش‌های پذیرفته شده خط‌مشی پیش‌گویانه اجرا شود
- به نحو صحیحی مستند شود به طوری که تصمیمات نگهداری اتخاذ شده قابل دفاع باشد.

## ۲-۸- اصطلاحات و تعاریف مربوط به بهره‌برداری و نگهداری

۲-۸-۱- واژه‌ها و عباراتی که در متن این راهنما بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است به شرح زیر [براساس مرجع شماره ۱۳] تعریف می‌شود:

### بهره‌برداری (Operation)

استفاده از تجهیزات به منظور تولید انرژی یا آمادگی برای تولید انرژی

### نگهداری (Maintenance)

فعالیت‌هایی که معطوف است به حفظ وضعیت بهینه شرایط بهره‌برداری نیروگاه

### بازرسی (Inspection)

کنترل شرایط و وضعیت تجهیزات

### بازرسی برای نگهداری (Maintenance Inspection)

بازرسی در فواصل زمانی منظم که اغلب همراه با تعمیرات موردی نیز می‌باشد.

### تعمیر (Repair)

برگرداندن تجهیزات به حالت اول پس از فرسودگی، خوردگی، شکستگی و خرابی برخی از اجزا و یا وارد شدن صدمه به آنها

### تعمیرات اساسی و تعمیرات سنگین (Overhaul)

بازرسی کامل یک واحد یا بخشی از آن همراه با تعمیرات وسیع، شامل تعویض برخی اجزا و یا تغییرات موردنیاز به منظور فراهم

نمودن شرایط بهینه برای عملکرد آنها

### آماده‌سازی راه‌اندازی (Commissioning)

تست تجهیزاتی که جدیداً نصب شده‌اند به منظور تایید انطباق آنها با مشخصات فنی قرارداد (منعقد با پیمانکار) و همچنین

بهره‌برداری از این تجهیزات تا حدی که رسماً مورد تایید کارفرما قرار گیرد.

### اولین چرخش واحد (Initial Run)

اولین حرکت اجزای چرخنده بعد از نصب

### چرخش آزمایشی (Test Run)

عملکرد واحد به منظور بدست آوردن مجموعه‌ای از داده‌ها برای یک تست خاص

### دوره تست‌های راه‌اندازی (Test Operation Period)

این دوره متعاقب اولین چرخش و چرخش آزمایشی شروع می‌شود و شامل انجام تست‌ها و کنترل تجهیزات در حالت بی‌باری و

نیز آزمایش‌های بار واحد و تست‌های حذف ناگهانی بار می‌باشد.

### دوران بهره‌برداری آزمایشی (Trail run)

دوره‌ای از بهره‌برداری که بعد از انجام تست‌های راه‌اندازی آغاز می‌شود و واحد برای مدت معینی (مثلاً یکماه، یا مدت زمان

توافق شده با کارفرما) بطور کلی با مسئولیت سازنده (پیمانکار) مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و اشکالات احتمالی آن مشخص و

برطرف می‌گردد.

### دوران بهره‌برداری عادی یا تجاری (Commercial Service Period)

دوره‌ای که بعد از پذیرش تجهیزات توسط کارفرما (یا تشکیلات بهره‌برداری کننده) با اتمام بهره‌برداری آزمایشی آغاز می‌شود و شامل دوره بهره‌برداری و همچنین شامل زمان‌هایی است که واحد برای نگهداری، تعمیرات و یا بازرسی خارج از سرویس قرار دارد.

### دوران تضمین (Guarantee Period)

دوره تضمین عبارت است از مدت زمان توافق شده در ابتدای «دوره بهره‌برداری تجاری»، که طی آن پیمانکار مسئول رفع نواقص بروز کرده در تجهیزات می‌باشد، بطوریکه تجهیزات (واحد) مطابق مشخصات فنی قرارداد عمل نماید. بدین منظور بر حسب مورد تست‌های پذیرش انجام خواهد شد.

## ۲-۸-۲- سایر تعاریف و اصطلاحات مرتبط با بهره‌برداری و نگهداری

### کنترل اتوماتیک تولید (Automatic Generation Control = AGC)

سامانه‌ای متشکل از تجهیزاتی در مرکز کنترل ناحیه یا مرکز کنترل سامانه سراسری، و پایانه راه دور در نیروگاه که به صورت اتوماتیک، تولید نیروگاه‌های یک ناحیه را تنظیم می‌نماید، با این هدف که تغییرات و تبادل بار الکتریکی بین نقاط مختلف شبکه را حفظ نماید و سهم هر منطقه یا نیروگاه را در تنظیم فرکانس حفظ کند. عمل "AGC" در حالت‌های (Modes) مختلفی انجام می‌شود:

الف- کنترل اتوماتیک تولید با اولویت دادن به حفظ فرکانس در سطح معین (یا محدوده خاص)

ب- کنترل اتوماتیک تولید با اولویت دادن به تبادل مقدار معین و از پیش برنامه‌ریزی شده بار خالص بین مراکز مختلف بار شبکه (یا بین نواحی)

در حالت (الف)، در درجه اول حفظ فرکانس نسبتاً ثابت "Flat Frequency" مورد توجه قرار می‌گیرد و به مقدار تبادل بار توجه خاصی نمی‌شود.

در حالت (ب)، کوشش بهره‌بردار تنظیم کننده AGC، معطوف به تبادل مقدار خالص و معینی بار از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر شبکه (یا از نیروگاهی به یک یا چند مرکز بار شبکه) بمنظور به حداقل رساندن تلفات در مرحله تولید و در شبکه انتقال و توزیع و افزایش بازدهی می‌باشد، بدون آن که حفظ سطح فرکانس در درجه اول اهمیت قرار گیرد.

### قابلیت دسترسی (Availability)

قابلیت دسترسی عبارتست از نرخ زمانی (نسبت زمانی) که یک واحد تولیدی قادر به سرویس‌دهی می‌باشد، اعم از اینکه در حال کار (در مدار) باشد و یا در حالت توقف. عموماً این پارامتر، به صورت درصد دسترسی، نسبت به دوره معینی تعریف می‌شود، مثلاً در دسترس بودن سالیانه، یا فصلی (که در این صورت فصل یا ماه هم مشخص می‌شود).

### قابلیت راه‌اندازی نیروگاه در حالت خاموشی (Blackstart Capability)

قابلیت یک نیروگاه برای عبور از حالت خاموشی کامل، به حالت کار و شروع به تحویل قدرت بصورت ایزوله، بدون نیاز به کمک شبکه الکتریکی (انتقال و یا توزیع) ناحیه.



**قابلیت بهره‌برداری (Operating Capability)**

توانایی تحمل بار الکتریکی (یا تولید قدرت) یک واحد مولد (یا سایر تجهیزات، مثل ترانسفورماتور)، تحت شرایط و دوره زمانی تعریف شده.

**ظرفیت (Capacity)**

توانایی تحمل بار (یا تولید قدرت) نامی به صورت پیوسته به شکل تولید قدرت مگاوات (MW) و یا مگاوات آمپر (MVA)، برای مولدها (و یا به صورت دریافت بار، یا عبور بار، برای دیگر تجهیزات الکتریکی).

**ظرفیت نامی (Rated Capacity)**

ظرفیتی که واحد آبی می‌تواند تحویل دهد بدون آنکه از محدوده ضرایب اطمینان مکانیکی در نظر گرفته شده و یا از مقادیر نامی افزایش درجه حرارت تعریف شده فراتر رود. این ظرفیت در واقع ظرفیت درج شده ژنراتور در پلاک مقادیر نامی واحد می‌باشد.

**دروپ سرعت (Speed Droop)**

«دروپ سرعت» عبارت است از مقدار تغییر در سرعت (فرکانس)، که در ازای آن مکانیسم محرک دریچه‌های تنظیمی توربین (سیلندر پیستون) از وضعیت متناظر با «گشودگی صددرصد» به وضعیت متناظر با «گشودگی صفر» این دریچه‌ها در آید. به این ترتیب گاورنری که با «دروپ سرعت» معینی تعریف شده است، می‌تواند در ازای تغییر معینی در فرکانس (مثلاً ۱ درصد)، میزان تغییر در گشودگی دریچه‌های تنظیمی توربین را براساس مقدار «دروپ» تعریف شده محاسبه و برای تعدیل این تغییر، فرمان تغییر در میزان گشودگی را صادر نماید تا از طریق مکانیسم هیدرولیکی، این تغییر بر وضعیت دریچه‌ها اعمال گردد.

اصطلاحات و واژه‌های دیگری که به نحوی به موضوع بهره‌برداری و نگهداری واحدها مربوط می‌شود در فصل‌های سوم و چهارم این راهنما تعریف شده است.



# فصل ۳

---

---

## بهره‌برداری از نیروگاه‌های آبی



### ۳-۱- کلیات

این فصل از راهنما شامل پیشنهادهای و توصیه‌های کلی در مورد بهره‌برداری واحدهای آبی، تجهیزات و سامانه‌های جانبی و کمکی و آبیگر نیروگاه می‌باشد. در این فصل تعاریف مربوط به راه‌اندازی و کلیات مربوط به حالت‌های مختلف بهره‌برداری واحدها و نیز شرایطی که تحت آن بهره‌برداری از تجهیزات و سامانه‌های به کار رفته در نیروگاه در حالت غیرعادی قرار می‌گیرد، تشریح شده است.

این فصل از راهنما، همچنین حاوی جوانب با اهمیتی است که باید در تدوین رویه‌ها و دستورالعمل‌های بهره‌برداری از واحدها و تجهیزات خاص هر نیروگاه مورد توجه مسئولین بهره‌برداری قرار گیرد.

تدوین دستورالعمل‌های بهره‌برداری ویژه هر نیروگاه، در درجه اول با استفاده از مدارک فنی طراحان اصلی آن نیروگاه خاص و دستورالعمل‌های سازندگان اصلی تجهیزات آن انجام می‌شود، یعنی مجموعه مدارک فنی که براساس اهداف هر پروژه برق‌آبی خاص و نقش پیش‌بینی شده برای آن در سامانه قدرت سراسری، فن‌آوری به کاررفته در ساخت تجهیزات و نوع سامانه‌های انتخاب شده برای کنترل واحدهای آن تهیه می‌گردد. مسئولین بهره‌برداری هر نیروگاه نیز با توجه به تجربیات عملی از شرایط واقعی کارکرد تجهیزات و نیازهای سامانه می‌توانند در تدوین رویه‌ها و دستورالعمل‌های ویژه و تکمیلی بهره‌برداری، براساس مدارک فنی پایه‌ای فوق‌الذکر و با توجه به شرایط واقعی سامانه و قابلیت‌های بالفعل واحدهای نیروگاه، نقش مهمی ایفا نمایند.

### ۳-۲- دستورالعمل‌های بهره‌برداری

#### ۳-۲-۱- موارد عمومی

دستورالعمل‌های بهره‌برداری<sup>۱</sup> شامل خط مشی‌های خاص برای بهره‌برداری از تجهیزات هر نیروگاه معین در شرایط عادی، غیرعادی و اضطراری می‌باشد. این بخش از راهنما، جوانب با اهمیتی را که باید در تدوین، توسعه و بهینه نمودن دستورالعمل‌ها مورد استفاده قرار گیرد، تشریح می‌کند.

دستورالعمل‌ها عامل کلیدی و مهم تاثیرگذار بر نحوه کارکرد کارکنان بهره‌برداری می‌باشد. دستورالعمل‌های بهره‌برداری برحسب نوع و میزان پیچیده بودن تجهیزات نیروگاه، ممکن است به شکل تفصیلی و شامل دستورالعمل‌های مرحله به مرحله تا ارائه خطوط کلی و عمومی بهره‌برداری، به صورت خلاصه باشد. در هر حال دستورالعمل‌های بهره‌برداری باید تا آن اندازه دارای جزئیات باشد که بدون نظارت مستقیم، بتوان عملیات موردنظر را براساس آن انجام داد.

دستورالعمل‌ها باید به صورت کتبی و به نحوی تدوین شده باشد که بتوان به آسانی و بدون اشتباه آنها را مورد استفاده قرار داد. برای اطمینان از این که در هر نیروگاه، دستورالعمل‌های بهره‌برداری موثر و کارآ هستند و به بهترین وجه ممکن تهیه شده‌اند، باید به صورت دوره‌ای مورد تجدیدنظر قرار گرفته و براساس بازخورد (فیدبک) دریافتی از بهره‌برداران روزآمد شوند.

### ۳-۲-۲- نکات اصلی در تدوین و بهبود دستورالعمل‌های بهره‌برداری

- دستورالعمل‌ها باید برای تمام حالات بهره‌برداری عادی، شرایط غیرعادی قابل پیش‌بینی و نیز تا حد امکان برای شرایط پیش‌بینی نشده و اضطراری در دست باشد. میزان جزییات و تفصیلات به کاررفته در دستورالعمل‌ها، علاوه بر پیچیدگی وظایف کاری تجهیزات، به تجربه و آموزش دریافت شده کارکنان بهره‌بردار، میزان (نرخ) دفعات استفاده از یک عملیات، میزان و اهمیت پیامدهای ناشی از وجود اشکال در هر تجهیز خاص (در تداوم کار نیروگاه)، بستگی دارد. به این ترتیب دستورالعمل‌ها می‌تواند دستورالعمل‌های تفصیلی برای انجام قدم‌به‌قدم عملیات تا راه‌کارهای هدایت‌کننده کلی بهره‌برداری را شامل شود.
- به عنوان حداقل الزامات، دستورالعمل‌ها باید برای وظایف و عملیات پیچیده و آن دسته از عملیات بهره‌برداری که به ندرت انجام می‌شوند (مانند مانور دریچه‌های راس آبگیر و نیز راه‌اندازی دیزل ژنراتورهای اضطراری)، برای شرایط عملکرد غیرعادی و نیز برای بهره‌برداری در شرایطی که نگرانی در مورد ایمنی کارکنان بهره‌برداری، ایمنی تجهیزات و مناطق عمومی اطراف وجود داشته باشد، تدوین گردد.
- برای ایجاد پیوستگی در محتوای دستورالعمل‌های بهره‌برداری مربوط به تجهیزات مختلف نیروگاه، دستورالعمل‌ها باید مطابق با خطوط کلی زیر تدوین شوند:
  - دامنه و هدف هر دستورالعمل روشن باشد
  - دستورالعمل‌ها دارای مرجع باشند
  - موارد احتیاط و هشدارها به راحتی قابل تشخیص باشند (به صورت سیاه‌تر چاپ شوند) و متن هشدار در همان صفحه‌ای که مطلب مورد نظر برای هشدار قرار دارد، درج شود.

### ۳-۲-۳- بازنگری و اعمال تغییرات در دستورالعمل‌ها

- دستورالعمل‌های نوشته شده باید توسط یک فرد با صلاحیت کنترل شود.
- بازنگری در دستورالعمل‌ها منعکس‌کننده نیازها و وضعیت واقعی و روزآمد تجهیزات و سامانه‌ها باشد. مدیریت نیروگاه (و تشکیلات منطقه یا شبکه)، باید برای کنترل تغییرات در رویه‌های موجود برنامه‌ریزی نمایند. کلیه بازنگری‌های مربوط به دستورالعمل‌ها باید در یک پرونده مطالعاتی به صورت «در گردش» در اختیار بهره‌برداران قرار داده شود.
- رویه‌ها و دستورالعمل‌های بهره‌برداری باید ابتدا توسط واحد بهره‌بردار و یا مدیریت نیروگاه (و یا هر دو) بررسی شود تا صحت و مطابقت آنها با شرایط لازم، برای کاربرد در آن نیروگاه خاص، محرز شود.
- سرپرست بهره‌برداری مسئول تایید کلیه دستورالعمل‌های بهره‌برداری می‌باشد. سرپرست بهره‌برداری باید هر دستورالعمل بازنگری شده را امضا و تاریخ‌گذاری کرده، و صورتجلسات لازم را در این مورد تنظیم و ضمیمه دستورالعمل نماید.
- بازنگری هر دستورالعمل توسط همان رده مسئولیتی تایید می‌شود که دستورالعمل اصلی (یا ویرایش قبلی آن) را تایید نموده است.

- دستورالعمل‌های بهره‌برداری باید به صورت متناوب توسط بهره‌برداران مورد بررسی و تحلیل قرار گیرند تا اطمینان حاصل شود که صحیح و روزآمد می‌باشند. نظرات بهره‌برداران باید به سرپرست بهره‌برداری ارائه شود تا در بازنگری‌ها مورد توجه قرار گیرد.
- رویه‌های حالت اضطراری قبل از ارائه برای استفاده باید کنترل شود، تا اطمینان حاصل شود که تمام جنبه‌های ایمنی و تاثیرات زیست محیطی در آن رعایت شده است.
- رویه‌های کاربردی و عملی پس از بروز هر واقعه غیرعادی در نیروگاه باید بررسی گردد تا از صحت آنها اطمینان حاصل شود.
- براساس رویه‌های مربوط به شرایط اضطراری، تمرینات مربوط به مواجه کارکنان با شرایط اضطراری، مانند شرایط آتش، تخلیه افراد از نیروگاه (در شرایط انتشار گاز دی‌اکسید کربن در طبقات و یا شرایط سیل)، باید به صورت سالانه ترتیب داده شود. طی این تمرینات، علاوه بر تاکید بر جنبه‌های آموزشی، باید نتایج کار بررسی و مواردی از رویه‌ها که نیاز به بازنگری دارد، مورد توجه قرار گیرد.

### ۳-۳-۳- فعالیت‌های عملی بهره‌برداران طی گشت بازرسی در نیروگاه

#### ۳-۳-۱- کلیات

این قسمت برخی از جنبه‌های عملی بهره‌برداری عادی روزانه و شبانه را در بر می‌گیرد. نظارت موثر بر تجهیزات از نزدیک برای تشخیص شرایط غیرعادی و یا روند نامناسب کار آنها ضرورت دارد. این نوع نظارت از محل هر تجهیز، عموماً انجام اقدامات اصلاحی را قبل از آنکه تجهیزات خراب شوند، امکان‌پذیر می‌سازد. مطلع کردن سرپرست بهره‌برداری از وضعیت غیرعادی و یا پیش‌بینی نشده این اطمینان را به بهره‌برداران می‌دهد که تمام مسایل و اشکالات قبل از شروع به روشن کردن واحد و یا تجهیزات، مشخص شده و در روند بهره‌برداری لحاظ گردیده است. مدیر بهره‌برداری که مسئولیت بهره‌برداری را به عهده دارد و یا سرپرست بهره‌برداری (در صورت تفویض رسمی اختیارات بهره‌برداری به وی)، درخصوص ادامه استفاده از تجهیزات تحت شرایط غیرعادی تصمیم‌گیری می‌نمایند.

#### ۳-۳-۲- گشت بازرسی بهره‌بردار

گشت بازرسی شامل نظارت بر بهره‌برداری تجهیزات نیروگاه، از طریق بازدید از محل هر کدام از تجهیزات و ثبت مقادیر پارامترهای مربوط به وضعیت و شرایط کارکرد آن می‌باشد.

بهره‌برداران طی گشت بازرسی روزانه و شبانه در اطراف تجهیزات در سرتاسر نیروگاه باید اطلاعات کافی از هر تجهیز به منظور حصول اطمینان از شناخت وضعیت واقعی آن، برداشت نمایند. بهره‌بردار باید در هر شیفت حداقل یکبار تجهیزات را در طبقات و فضاهای تحت مسئولیت خود بازرسی نماید. انجام این گشت در شروع کار شیفت توصیه می‌شود.

طی گشت روزانه و شبانه بهره‌بردار، بازرسی‌ها و کنترل‌هایی به شرح زیر باید انجام شود:

- مشخص کردن وضعیت تجهیزات نیروگاه (در حال کار، خارج از سرویس و یا تحت تعمیر)

- بازرسی تابلوهای الکتریکی، تابلوهای مربوط به هشدار دهنده‌ها (آلارم‌ها) و نشان دهنده‌ها و تابلوی کلیدهای اصلی (مدار شکن‌ها)، از نظر عملکرد عادی و یا غیرعادی آنها.
- گزارش شرایط غیرعادی و یا پیش‌بینی نشده، مثل ارتعاش، سر و صدا، بوی غیرعادی (مثل سوختگی عایق کابل‌ها و یاتجهیزات) و یا میزان حرارت اضافی، به قسمت کنترل مرکزی یا سرپرست شیفت
- کنترل صحت عملکرد تابلوهای هشدار دهنده به صورت هفتگی به منظور اطمینان از این‌که هشدار دهنده‌های چشمی و صوتی سالم‌اند و به صورت مناسب کار می‌کنند.
- کسب اطمینان بهره‌بردار از این‌که تاسیسات کمکی و تمام تاسیسات مربوط به ساختمان نیروگاه بازرسی و نگهداری شده است و نیز آگاهی در مورد وجود هرگونه نقص و اشکال. این اشکالات می‌تواند نشت آب و یا روغن از وسایل کمکی، مسدود شدن کف‌شورها، موارد مربوط به نظافت و نگهداری فضاهای ساختمان نیروگاه، مسایل مربوط به تامین ایمنی در مقابل آتش، نواقص ساختمان مثل خاموش بودن لامپ‌ها، چکه از سقف، کارکرد نامناسب آسانسورها و یا اشکالات در درهای بین فضاهای ساختمان باشد.
- توجه به اشکالات مربوط به نگهداری راه‌ها و تونل‌های ارتباطی در مجموعه نیروگاه

### ۳-۳-۳- گزارش گشت بازرسی بهره‌بردار نیروگاه

گزارش روزانه و شبانه و فرم‌های تکمیل شده بازرسی توسط بهره‌بردار نیروگاه و به‌طور کلی سامانه‌های ثبت اطلاعات<sup>۱</sup>، مرجع بسیار خوبی برای مسئول بهره‌برداری در خصوص شناخت و ارزیابی وضعیت کار تجهیزات می‌باشد.

فرم‌های گشت روزانه و شبانه سامانه ثبت اطلاعات باید به حد کافی تفصیلی باشد تا اطمینان حاصل شود که تمام فضاهای کلیدی نیروگاه مورد بازدید قرار گرفته است. از طرفی برداشت اطلاعات در باره جزئیات تجهیزات نباید آنقدر زیاد باشد و یا وقت بهره‌بردار را در حدی اشغال کند که بهره‌بردار فرصت پرداختن به بقیه وظائف خود را پیدا نکند.

ثبت پارامترهای کلیدی تجهیزات، وضعیت عملکرد آنها را انعکاس می‌دهد. براساس این مقادیر، برنامه‌ریزی برای جلوگیری از بروز و یا توسعه نواقص و خرابی‌های احتمالی انجام می‌شود.

فرم‌های گشت بازرسی<sup>۲</sup> و نیز سامانه‌های ثبت اطلاعات باید شامل مقادیر حداکثر و حداقل مجاز کمیت‌ها و پارامترهای برداشت شده باشد تا برای تشخیص سریع مقادیر غیرعادی به بهره‌بردار نیروگاه کمک نماید. مقادیری که خارج از مقادیر حداکثر و حداقل مجاز می‌باشد، باید در فرم‌ها علامت گذاری و مشخص شود و سریعاً به قسمت کنترل نیروگاه گزارش گردد.

در فرم‌های بازدید روزانه و شبانه بهره‌بردار شیفت باید محلی برای یادداشت‌های تشریحی وجود داشته باشد تا بهره‌بردار نیروگاه بتواند نکات خاص، شرایط غیرعادی و نیز ارزیابی کلی خود را درج نماید.

1- Data Logging System

2- Log sheets



مسئول شیفت بهره‌برداری (یا سرپرست بهره‌برداری) باید به طور منظم گزارش‌های روزانه بازرسی شیفت و نحوه تهیه آن را بررسی نماید تا مطمئن شود که یک بازدید همه جانبه انجام شده است و نیز دریابد که در چه فضاهایی لازم است بازرسی‌های بیش‌تر و منظم‌تری انجام گیرد.

### ۳-۳-۴- برخی تعاریف و توضیحات مرتبط با فعالیت‌های بهره‌برداری

در این بخش از راهنما، برخی تعاریف و توضیحات که به نحوی با فعالیت‌های مربوط به بهره‌برداری مرتبط می‌باشد، ارائه می‌گردد [به مرجع شماره ۳۷ مراجعه نمایید]:

#### - مسئول بهره‌برداری<sup>۱</sup>

مسئول بهره‌برداری فردی است که مسئول تنظیم سیاست‌های بهره‌برداری می‌باشد، برحسب تجربه فرد و نیز شرایط محلی، ظرفیت، نوع و ابعاد نیروگاه، این فرد در چارت تشکیلاتی نیروگاه می‌تواند با عنوان مدیر بهره‌برداری، ناظر بهره‌برداری (سرپرست بهره‌برداری)، مدیر بهره‌برداری و نگهداری، سرپرست شیفت یا اپراتور اصلی مرکز کنترل نیروگاه باشد. توضیح: در فصل پنجم این راهنما، کلیات مربوط به وظائف کارکنان اصلی بهره‌برداری نیروگاه آورده شده است.

#### - مدارک کمکی، اعلانات و راهنماهای بهره‌برداری

اعلانات و راهنماها باید شامل اطلاعاتی باشد که به بهره‌برداران در انجام وظایف آنان کمک نماید. مسئول بهره‌برداری باید مطمئن شود که اعلانات و راهنماها روزآمد، صحیح و مفید باشند. مدارک کمکی (پوسترها، اعلانات و ...) ممکن است به صورت‌های مختلف برای آگاهی بیش‌تر بهره‌برداران و هشدار به آنان تهیه و مورد استفاده قرار گیرد. این مدارک کمکی می‌تواند تصویر تمام یا قسمتی از رویه‌ها، نقشه‌های کلیدی سامانه‌ها، مدارهای تک‌خطی خلاصه شده و بالاخره پوسترها و اعلان‌های هشدار دهنده باشد.

#### - معیارهای طراحی شده برای بهره‌برداری تجهیزات<sup>۲</sup>

معیارها و ضوابط مربوط به بهره‌برداری باید همراه با مدارک فنی طراحان دستگاه‌ها در خصوص استفاده مناسب از قابلیت‌های تجهیزات هر پروژه در اختیار کارکنان بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه قرار داده شود. این مدارک باید به عنوان دستورالعمل و مرجع اصلی، برای بهره‌برداری ایمن و موثر و نیز حفظ تجهیزات در شرایط مناسب مورد توجه کارکنان نیروگاه قرار گیرد.

#### - تغییر شیفت

تغییر شیفت مرحله‌ای است که طی آن انتقال اطلاعات و مسئولیت‌ها، بین بهره‌برداران شیفت کاری جدید و شیفت موجود انجام می‌شود.

1- Operations Head , Operations Supervisor

2- Designer's Operating Criteria

### – ارتباط سه مرحله‌ای<sup>۱</sup>

ارتباط سه مرحله‌ای شامل ارسال اطلاعات (توسط فرد فرستنده‌ای که اطلاعات را ارسال می‌دارد)، دریافت و تکرار اطلاعات (ارسال مجدد) توسط فرد گیرنده و تایید فرستنده اطلاعات در خصوص صحت اطلاعات تکرار شده می‌باشد. این نحوه مخابره و تبادل اطلاعات، به منظور محدود کردن امکان خطای انسانی در عملیات کلیدزنی در زمان بهره‌برداری، به خصوص در شرایط بحرانی و اضطراری، مورد نیاز می‌باشد.

### – تحقیق و بررسی، ارزیابی و مستندسازی وقایع و حوادث بهره‌برداری

در هر تشکیلات باید رهنمودها و دستورالعمل‌هایی برای نحوه گزارش‌دهی حوادث و وقایع حین بهره‌برداری و نگهداری، تحقیق و بررسی علل و ارزیابی عواقب آن تدوین شود. مستندسازی وقایع و حوادث نیز از الزامات یک تشکیلات پویای بهره‌برداری و نگهداری است. این مستندات در صورتی که به صورت صحیح تهیه شود علاوه بر کمک به گروه بهره‌برداری، کمک موثری به مسئولین تدوین برنامه نگهداری تجهیزات می‌نماید.

موارد اصلی که در گزارش‌دهی و مستندسازی باید رعایت شود، عبارتند از:

- ابعاد مشخص شده هر اتفاق باید سریعاً به مدیریت تشکیلات گزارش شود.
- علل ریشه‌ای باید مشخص شود.
- اقدامات اصلاحی مشخص و انجام گیرد تا از بروز مجدد آن جلوگیری شود.
- حادثه به صورت مناسبی مستندسازی شود.

## ۳-۴- راه‌اندازی و توقف واحدهای آبی

### ۳-۴-۱- راه‌اندازی واحدها

#### الف – انواع راه‌اندازی

راه‌اندازی واحدهای نیروگاه عمدتاً به سه صورت امکان پذیر می‌باشد:

- دستی<sup>۲</sup>
- مرحله به مرحله یا نیمه اتوماتیک
- اتوماتیک

برای انجام مراحل راه‌اندازی هر واحد لازم است دو شرط زیر وجود داشته باشد:

اول) واحد در حال توقف کامل باشد.

این حالت واحد با روشن شدن لامپ یا نمایش وضعیت «توقف کامل»<sup>۱</sup> در تابلوی کنترل اعلام شود.

دوم) واحد برای راه‌اندازی آماده باشد

این آمادگی با روشن شدن علامت نشان‌دهنده «آمادگی برای راه‌اندازی»<sup>۲</sup> در تابلوی کنترل اعلام می‌گردد.

## ب - مراحل کلی راه‌اندازی واحدها

راه‌اندازی واحدها شش مرحله اصلی به شرح زیر را شامل می‌شود:

- مرحله اول - اعلام آمادگی واحد برای راه‌اندازی  
اعلام آمادگی واحد برای راه‌اندازی بستگی به سالم بودن و قابلیت کارکرد اجزا و وسایل مهم تشکیل دهنده واحد و آماده بودن تاسیسات جانبی و کمکی مرتبط با بهره‌برداری واحد برای کار طبیعی و عادی دارد.<sup>۳</sup> چنانچه اشکال و نقصی در اجزا و سامانه‌های مذکور وجود نداشته باشد، آماده بودن واحد برای راه‌اندازی، با ظاهر شدن علائمی در تابلوهای کنترل اعلام می‌شود.
- مرحله دوم - انتخاب محل و روش راه‌اندازی واحد  
هر کدام از واحدهای نیروگاه را عموماً با سه روش اتوماتیک، مرحله به مرحله (نیمه اتوماتیک) و دستی می‌توان راه‌اندازی نمود. در مورد نیروگاه‌های دارای واحدهای متوسط و بزرگ که دارای تشکیلات بهره‌برداری از محل نیروگاه می‌باشند، محل این راه‌اندازی‌ها معمولاً به صورت زیر خواهد بود:
  - از اتاق کنترل مرکزی نیروگاه، که به صورت اتوماتیک و نیز مرحله به مرحله قابل انجام است.
  - از محل تابلوهای کنترل هر واحد که معمولاً امکان راه‌اندازی، به صورت اتوماتیک، مرحله به مرحله (نیمه اتوماتیک) و دستی وجود دارد.
- مرحله سوم - صدور دستور راه‌اندازی واحد  
با انتخاب یکی از دو محل فوق‌الذکر، با توجه به امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری هر محل و رویه‌های بهره‌برداری تدوین شده برای آن نیروگاه، دستور راه‌اندازی صادر می‌شود.
- مرحله چهارم - اعلام آمادگی واحد برای سنکرون شدن  
بعد از صدور دستور راه‌اندازی واحد و وارد عمل شدن عوامل راه‌اندازی و رسیدن واحد به سرعت کافی، بسته شدن کلیدهای تحریک و ایجاد ولتاژ در ترمینال‌های اصلی (فاز) استاتور، مقایسه مشخصات ولتاژ تولید شده توسط ژنراتور (دامنه - فرکانس - حالت فاز) با مشخصات ولتاژ شبکه انتقال به صورت دستی توسط بهره‌بردار و یا به صورت اتوماتیک انجام می‌گیرد و نهایتاً آمادگی واحد برای وصل به شبکه با نمایش علامت خاص در تابلوهای کنترل، اعلام می‌شود.
- مرحله پنجم - سنکرون شدن مشخصات ولتاژ ژنراتور واحد با مشخصات ولتاژ شبکه و بسته شدن کلید قدرت سمت ژنراتور

1- Standstill Mode Fulfield

2- Ready to Start

3- Pre Start Conditions ok - No Discordancy

بعد از مساوی شدن دامنه و فرکانس ولتاژهای دو منبع (ژنراتور واحد و شبکه انتقال) و همسان شدن زاویه فاز آنها، واحد اعلام آمادگی خود را برای بسته شدن کلید قدرت سمت ژنراتور ظاهر می‌سازد در این لحظه با بسته شدن کلید ژنراتور (به صورت اتوماتیک یا به صورت دستی)، ژنراتور به ترانسفورماتور قدرت متصل می‌شود و واحد آماده تحویل انرژی الکتریکی به شبکه انتقال و مصرف می‌گردد. در صورتی که آرایش مدار اتصال واحد به شبکه بدون وجود کلید قدرت ژنراتور باشد، برای سنکرون شدن از کلید قدرت واقع در سمت فشار قوی ترانسفورماتور اصلی هر واحد (کلید قدرت سمت خط ورودی به کلیدخانه فشار قوی)، استفاده خواهد شد.

– مرحله ششم – تحویل انرژی الکتریکی به شبکه انتقال و مصرف

بعد از بسته شدن کلید قدرت و یکپارچه شدن مدار تولید و انتقال انرژی الکتریکی، انرژی الکتریکی به شبکه تزریق می‌شود. مقدار قدرت اکتیو (مگاوات)، مطابق درخواست مرکز کنترل و نظارت شبکه تولید و انتقال سراسری (مرکز دیسپاچینگ) و براساس منحنی‌های قابلیت کاری هر واحد نیروگاه تامین می‌شود.

در ساعات پرباری شبکه معمولاً تحویل بار راکتیو به شبکه (برای تعدیل بار راکتیو سلفی مصرف‌کننده‌های شبکه) مورد نیاز است و در این حالت برای تصحیح «ضریب توان» شبکه، درخواست مگاوار از نوع خازنی است که با بالا بردن جریان تحریک (حالت فوق تحریک) تامین می‌شود.

در ساعات کم بار بودن شبکه، به علت نمایان شدن اثر خازنی خطوط فشار قوی با طول زیاد، واحدهای نیروگاه با دریافت مگاوار (عملکرد سلفی)، ضریب توان شبکه را اصلاح می‌کنند. این کار با پایین آوردن جریان تحریک ژنراتور (حالت زیر تحریک) انجام می‌شود.

### ۳-۴-۲- توقف واحد

توقف واحدها به دو صورت اصلی زیر انجام می‌شود:

– توقف عادی<sup>۱</sup>

– توقف اضطراری<sup>۲</sup>

حالت توقف اضطراری نیز به دو حالت «توقف اضطراری سریع» و «توقف اضطراری کند» (یا تاخیردار) تقسیم می‌شوند.

### الف – توقف عادی

توقف عادی، طبق برنامه از پیش تعیین شده برای تولید انرژی توسط هر واحد نیروگاه و یا براساس تصمیم بهره‌بردار، انجام می‌شود. در این حالت ابتدا بارهای اکتیو و راکتیو، به تدریج از روی واحد برداشته می‌شود و سپس فرمان توقف عادی صادر می‌شود. واحد طی زمان از پیش تنظیم شده، که در زمان آزمایش‌های نهایی تجهیزات و اولین راه‌اندازی واحد (و براساس مشخصات فنی تجهیزات) تعیین شده است، متوقف می‌گردد.

1- Normal Stop

2- Shut Down or Emergency Stop

توقف عادی واحد از محل تابلوی اتاق کنترل مرکزی نیروگاه معمولاً به صورت اتوماتیک و از محل تابلوی کنترل محلی واحد به دو صورت «دستی» و «اتوماتیک» قابل انجام است. با کلیدهای انتخاب‌کننده<sup>۱</sup>، محل و حالت فرایند توقف عادی واحد روی تابلوی کنترل مرکزی و تابلوی کنترل واحد مشخص می‌شود.

### ب- توقف اضطراری واحد

توقف اضطراری واحد معمولاً به صورت اتوماتیک، در اثر بروز «خطاها»<sup>۲</sup> و عیب‌های مهم در سامانه، وجود نقص در قسمتی از اجزای با اهمیت واحد و یا اشکالات مربوط به تجهیزات جنبی و کمکی مرتبط با بهره‌برداری، صورت می‌گیرد. وسایل و ادوات حس‌کننده و اندازه‌گیری و رله‌های حفاظتی تجهیزات نیروگاه برای تشخیص وضعیت کارکرد و عیب‌های ایجاد شده در تجهیزات مکانیکی و الکتریکی به کار گرفته می‌شوند. تجهیزات و رله‌های حفاظتی، بسته به نوع عیب و خطا، فرمان‌های مربوط به توقف واحد را صادر می‌کنند. در فرمان‌های مربوط به رله‌های حفاظتی، زمان قطع مربوط به انواع عیب‌ها از قبل تعریف و تنظیم شده است. انواع عیب‌هایی که باعث صدور فرمان قطع به کلیدهای قدرت می‌شوند از نظر اهمیت و سرعت ایجاد صدمه به تجهیزات واحد به دو دسته اصلی زیر تقسیم می‌شوند:

- خطاهای مکانیکی

- خطاهای الکتریکی

فرمان‌های قطع صادر شده از طرف سامانه‌های حفاظتی نیز براساس نوع خطاهای ایجاد شده، به دو دسته، یعنی «فرمان تریپ کند یا تاخیری»<sup>۳</sup> و «فرمان تریپ سریع»<sup>۴</sup> تقسیم می‌شوند. اگر دو واحد مجاور نیروگاه به یک خط خروجی تغذیه‌کننده وصل گردد و خطای ایجاد شده هر دو واحد را تحت تأثیر قرار دهد، نوع سوم فرمان تریپ به نام «تریپ کلی» نیز به کار برده می‌شود. توقف اضطراری واحد، براساس انواع کلی خطاهای ایجاد شده در تجهیزات و فرمان‌های فوق‌الذکر به دو نوع تقسیم می‌شود:

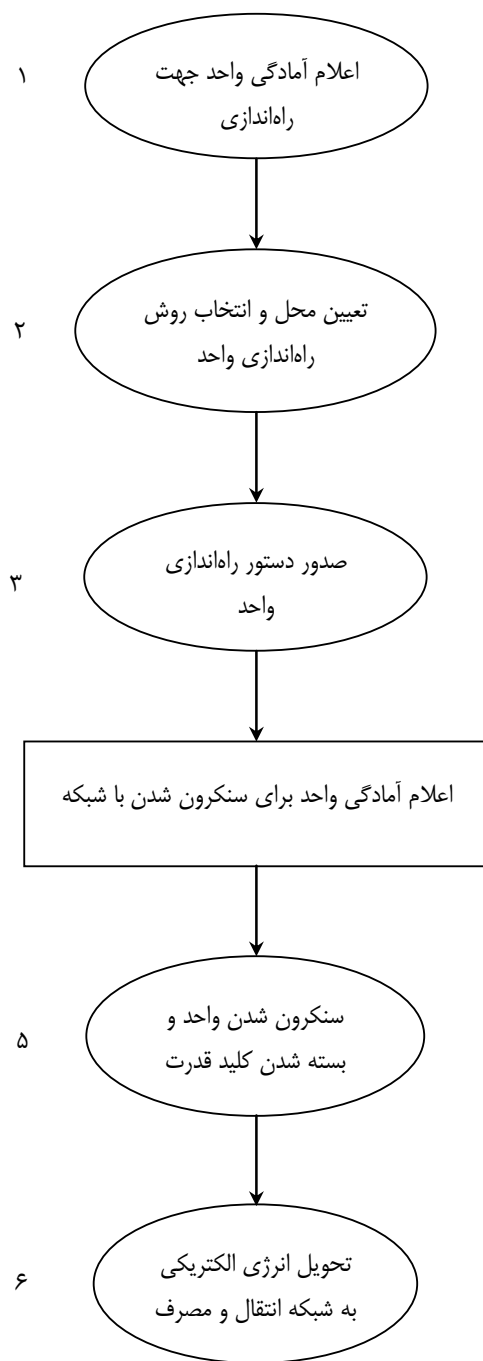
- توقف اضطراری کند یا تاخیری<sup>۵</sup>

- توقف اضطراری سریع<sup>۶</sup>

به هنگام وقوع شرایط پیش‌بینی نشده بحرانی و یا شرایط اضطراری خاص و یا در صورت عمل نکردن صحیح تجهیزات در پاسخ به فرمان‌های حفاظتی، فرمان توقف اضطراری دستی، توسط بهره‌بردار صادر می‌شود.

---

1 - Selector Switch  
 2 - Faults  
 3 - Delayed Trip  
 4 - Fast Trip  
 5 - Delayed Shut Down/Shut Down  
 6 - Rapid Shut Down/ Emergency Shut Down



نمودار ۳-۱- نمودار مراحل اصلی راه‌اندازی واحد

### ۳-۵- حالت‌های مختلف بهره‌برداری<sup>۱</sup> واحد

#### ۳-۵-۱- حالت توقف کامل<sup>۲</sup>

در این حالت واحد به طور کامل متوقف است. کلید ژنراتور باز و تحریک از مدار خارج و دریچه‌های تنظیمی توربین و شیر اصلی ورودی بسته است. سامانه گاورنر خاموش می‌باشد.

#### ۳-۵-۲- حالت گردش مکانیکی<sup>۳</sup>

در این حالت واحد با شبکه سراسری سنکرون نمی‌باشد و کلید ژنراتور باز است. سامانه تحریک از مدار خارج است ولی واحد در حالت بی باری در سرعت نامی در حال چرخش است و شیر اصلی ورودی نیروگاه (پروانه‌ای و یا کروی) به طور کامل باز است و دریچه‌های تنظیمی توربین در موقعیت گردش بدون بار واحد قرار دارد. گاورنر در «حالت کنترل سرعت»<sup>۴</sup> قرار دارد. در بعضی از نیروگاه‌ها شیر ورودی اصلی برای واحد به کار نمی‌رود.

#### ۳-۵-۳- حالت آماده<sup>۵</sup>

این حالت مانند حالت گردش مکانیکی می‌باشد با این تفاوت که سامانه تحریک ژنراتور در مدار است و کلید میدان تحریک بسته است. کلید ژنراتور باز است و دریچه‌های تنظیمی توربین در موقعیت سرعت تنظیم شده (برای حالت بی‌باری)، قرار دارد. گاورنر در «حالت کنترل سرعت» قرار دارد و براساس مقدار سرعت مرجع تعریف شده، میزان بازشدگی دریچه‌های تنظیمی را مشخص می‌کند. ولتاژ ترمینال ژنراتور به وسیله تحریک اولیه<sup>۶</sup> افزایش می‌یابد و تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ، جریان تحریک را به مقدار موردنیاز برای تامین ولتاژ نامی ترمینال‌های ژنراتور در حالت بی‌باری تنظیم می‌کند و نهایتاً ولتاژ ژنراتور به مقدار نامی می‌رسد.

#### ۳-۵-۴- حالت تولید<sup>۷</sup>

در این حالت بهره‌برداری ژنراتور به وسیله واحد سنکرون کننده اتوماتیک و رله کنترل سنکرون با شبکه بی نهایت قدرت، سنکرون می‌شود. برای این کار اختلاف فرکانس ولتاژ ژنراتور و فرکانس ولتاژ شبکه توسط گاورنر به کمتر از  $0/3$  هرترز کاهش می‌یابد و سطح ولتاژ ترمینال ژنراتور بر سطح ولتاژ شبکه، به وسیله تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ سامانه تحریک، منطبق و نهایتاً اختلاف زاویه بین دو ولتاژ به کمتر از  $5$  درجه تقلیل می‌یابد. کلید ژنراتور پس از سنکرون شدن بسته می‌شود و واحد شروع به بارگیری می‌نماید.

- 
- 1 - Operating Modes
  - 2 - Standstill Mode
  - 3 - Rolling / Speed – No-Load Mode
  - 4 - Speed Control Mode
  - 5 - Standby Mode
  - 6 - Field Flashing
  - 7 - Generation Mode

### ۳-۵-۵- حالت جبران‌کننده سنکرون (حالت کندانسور سنکرون)<sup>۱</sup>

در این حالت بهره‌برداری ابتدا واحد طبق حالت تولید با شبکه سراسری برق سنکرون می‌شود، در این حالت کلید ژنراتور بسته و سامانه تحریک در مدار قرار دارد. متعاقباً برای رفتن به حالت جبران‌کننده سنکرون، رله «توان معکوس»<sup>۲</sup> سامانه حفاظت ژنراتور غیرفعال می‌شود و وضعیت بازشدگی دریاچه‌های تنظیمی ابتدا به موقعیت «بی‌باری» تغییر وضعیت می‌دهد و سپس به کم‌تر از این مقدار کاهش می‌یابد. برای آنکه واحد سنکرون بماند شروع به جذب توان اکتیو از واحد می‌نماید. در نهایت دریاچه‌های تنظیمی و شیر اصلی ورودی نیز کاملاً بسته می‌شود. در این حالت با استفاده از سامانه هوای فشرده سطح آب در لوله مکش توربین به پایین رانده می‌شود و چرخ توربین بیرون از آب قرار می‌گیرد و در نتیجه مقدار جذب توان اکتیو از شبکه کاهش می‌یابد. در این حالت جریان آب خنک‌کننده رینگ‌های لایبرنتی توربین نیز برقرار می‌شود.

### ۳-۵-۶- حالت شارژ کردن خط<sup>۳</sup>

این حالت فقط از وضعیت توقف کامل قابل دستیابی است. این حالت برای تحت ولتاژ قرار دادن (شارژ کردن) یک خط انتقال بلند که انتهای آن باز است و نیز برای تحت ولتاژ قرار دادن تدریجی ترانسفورماتورهای افزایشنده نیروگاه از طریق ژنراتور، در زمان اولین راه‌اندازی و شارژ کردن خطوط فیدر نیروگاه بین ترانسفورماتورهای افزایشنده و کلیدخانه نیروگاه به کار می‌رود. برق‌دار کردن خطوط فیدر نیروگاه به وسیله ژنراتور برای تست عملکرد رله‌های حفاظتی ولتاژ خطوط<sup>۴</sup> (هنگام اولین راه‌اندازی) مورد نیاز می‌باشد.

### ۳-۵-۷- حالت ذخیره‌گردان<sup>۵</sup>

این حالت مانند حالت جبران‌کننده سنکرون است، با این تفاوت که واحد شروع به تولید و یا جذب توان راکتیو نخواهد نمود. استفاده از حالت ذخیره‌گردان، در حالت گردش چرخ توربین در هوا، وقتی انتخاب می‌شود که برای اجتناب از ساییدگی دریاچه‌های تنظیمی، ترجیح داده می‌شود که شیر ورودی اصلی توربین بسته بماند و از طرفی طی حدود چهار دقیقه بمنظور تخلیه هوای فشرده در لوله مکش توربین و باز شدن شیر ورودی اصلی واحد، برای شروع بارگیری از نظر سامانه قابل قبول باشد. در این حالت بهره‌برداری، واحد با شبکه سنکرون است.

1 – Synchronous Compensator Mode / Synchronous Condenser Mode

2 – Reverse Power Relay

3 – Line Charging Mode

4 – Warm Test

5 – Spinning Reserve



### ۳-۶- کنترل واحد

#### ۳-۶-۱- کلیات سطوح کنترل

این قسمت از راهنما، درخصوص کلیات مربوط به حالت‌های کنترل واحد و نیز شرح راه‌اندازی و توقف واحد در حالت غیراتوماتیک می‌باشد. در این قسمت فرض شده است سامانه کنترل استفاده شده برای نیروگاه، از نوع «سامانه کنترل توزیع شده» می‌باشد و «امکانات تابلوی کنترل واحد» با در نظر گرفتن چنین سامانه‌ای تعریف شده است. در قسمت دیگری از این فصل، با عنوان «سامانه کنترل نیروگاه»، انواع سامانه کنترل برای نیروگاه‌ها تشریح شده و در مورد امکانات کنترل مرکزی، از جمله کنترل یکپارچه واحدها در سامانه‌های کنترل مدرن‌تر، کلیاتی ارائه شده است.

در صورتی که سامانه کنترل نیروگاه از نوع «سامانه کنترل توزیع شده سلسله مراتبی»<sup>۱</sup> باشد، سطوح مختلف کنترل تجهیزات و واحدها، شامل سطح کنترل محلی تجهیزات و اجزای سامانه‌های اصلی و کمکی از طریق تابلوهای «کنترل محلی تجهیزات»<sup>۲</sup> در طبقات مختلف نیروگاه، سطح کنترل واحد از طریق «تابلوی کنترل واحد»<sup>۳</sup> و سطح کنترل مرکزی نیروگاه<sup>۴</sup> (در اتاق کنترل مرکزی نیروگاه) خواهد بود. علاوه بر این، در مورد نیروگاه‌های مهم سامانه، به خصوص نیروگاه‌های دارای واحدهای بزرگ، یک سطح کنترل تولید واحدها<sup>۵</sup>، در مرکز کنترل سامانه (مرکز دیسپاچینگ) نیز وجود دارد. همچنین با پیش‌بینی نرم افزار خاص در سامانه کنترل مرکزی نیروگاه «کنترل یکپارچه تولید»<sup>۶</sup> چند واحد نیروگاه (یا تمام واحدهای نیروگاه)، برای تقسیم بهینه بار و نیز پاسخ‌گویی به تغییرات بار شبکه، امکان‌پذیر خواهد بود [به قسمت «سامانه کنترل نیروگاه» در بند (۳-۱۸) این فصل مراجعه شود].

#### ۳-۶-۲- حالت‌های کنترل واحد

سطح و نوع کنترل واحد از طریق یک سویچ انتخاب‌گر بر روی تابلوی کنترل واحد (UCB) قابل انتخاب است. این سویچ چهار موقعیت به شرح زیر دارد.

- خاموش (Off) بودن کنترل: (واحد خارج از مدار کنترل است).
- دستی (UCB Manual) بودن تابلوی کنترل محلی: کنترل غیر اتوماتیک واحد به‌وسیله تابلوی کنترل محلی امکان‌پذیر است.
- اتوماتیک بودن تابلوی کنترل محلی (UCB Auto): کنترل اتوماتیک واحد به‌وسیله تابلوی کنترل محلی امکان‌پذیر است.
- از راه دور در اتاق کنترل مرکزی (Remote CCR): کنترل اتوماتیک واحد از طریق اتاق کنترل مرکزی امکان‌پذیر است.

---

1 - Distributed Control System (DCS)  
 2 - Equipment "Local Control Panel"  
 3 - Unit Control Board (UCB)  
 4 - Power Station "Central Control Room" (CCR)  
 5 - Automatic Generation Control  
 6 - Joint Power Control

با استفاده از سویچ انتخاب کننده سنکرون کردن بر روی تابلوی کنترل محلی می‌توان روش سنکرون کردن را انتخاب نمود. با این سویچ چند حالت، معمولاً موقعیت‌های فهرست شده در زیر را می‌توان انتخاب نمود:

- تست: برای اهداف تست
  - قطع (Off): در این موقعیت کلید ژنراتور بسته نخواهد شد.
  - دستی (غیراتوماتیک): کلید ژنراتور را می‌توان به صورت دستی (بعد از آنکه شرایط سنکرون شدن محقق شد)، بست.
  - اتوماتیک (Auto): در این موقعیت گاورنر و تحریک برای سنکرون شدن واحد به طور اتوماتیک عمل می‌کند، ولی بسته شدن کلید ژنراتور به وسیله اپراتور انجام می‌شود.
  - "Auto on": بعد از آنکه شرایط سنکرون شدن محقق شد، کلید ژنراتور به طور اتوماتیک بسته می‌شود.
- در بندهای زیر مراحل راه‌اندازی و توقف عادی واحدها در حالت غیراتوماتیک، از محل تابلوی کنترل محلی واحد، تشریح می‌شود.

### ۳-۶-۳- راه‌اندازی (استارت) غیراتوماتیک واحد

- برای استارت غیراتوماتیک واحد لازم است سویچ انتخاب کننده حالت کنترل بر روی تابلوی کنترل واحد (UCB) در موقعیت «دستی» و سویچ انتخاب کننده سنکرون کردن در موقعیت دستی و یا اتوماتیک (Auto)، طبق تعریف بند فوق باشد و کلیه لامپ‌های نمایش‌گر بر روی تابلوی کنترل محلی درست کار کنند.
- لازم است حالت بهره‌برداری «تولید» به وسیله دکمه فشاری روی تابلو انتخاب گردد.
- تمام زیر مجموعه‌های واحد برق‌آبی باید در موقعیت کنترل از راه دور و یا موقعیت بهره‌برداری اتوماتیک باشد، لذا باید لامپ‌های نمایش‌گر این تجهیزات بر روی تابلوی کنترل محلی آنها در موقعیت اتوماتیک روشن باشد و وضعیت تجهیزات دیگر جنبی نیز از نظر محل کنترل، در حالت «از راه دور» (نسبت به محل تابلوی کنترل محلی آن تجهیز) باشد.

اهم تجهیزات و سامانه‌های کمکی که باید آماده بهره‌برداری از محل تابلوی کنترل واحد باشند به شرح زیر است:

- شیر موتوری خط تغذیه کننده آب خنک کننده واحد
- شیر موتوری آب خنک کننده خط برگشتی یاتاقان‌های ژنراتور
- شیر موتوری آب خنک کننده خط برگشتی کولرهای آب / هوای ژنراتور
- ترمز مکانیکی ژنراتور
- گرم کننده‌های محفظه ژنراتور
- تانک هوای فشرده و پمپ‌های روغن شیر ورودی نیروگاه
- شیر ورودی اصلی توربین
- پمپ‌های روغن گاورنر
- پمپ‌های روغن خنک کننده گاورنر
- کلید ژنراتور (در موقعیت کنترل از راه دور)

- پمپ‌های روغن سامانه تزریق روغن فشار بالای ژنراتور
  - فن سامانه بازیافت بخار روغن یاتاقان مرکب ژنراتور
  - سامانه خنک کننده ترانسفورماتورهای افزایشده
  - پمپ‌های روغن یاتاقان راهنما و یاتاقان مرکب ژنراتور
  - سامانه تحریک در موقعیت بهره‌برداری عادی و در موقعیت کنترل اتوماتیک
  - سامانه گاورنر در موقعیت اتوماتیک و کنترل از راه دور
- لازم است شرایط فهرست شده زیر که پیش شرط استارت است، برقرار باشد:
- دریچه راس پنستاک باز باشد
  - سویچ اتصال کوتاه کننده کلید ژنراتور باز باشد
  - سکسیونر کلید ژنراتور باز باشد
  - سویچ‌های اتصال زمین باز باشد
  - سکسیونر خط فیدر فشار قوی بسته باشد
  - سویچ‌های اتصال زمین خط فیدر فشار قوی باز باشد
  - سکسیونر اتصال دهنده نقطه نوترال سیم‌پیچ استاتور به زمین بسته باشد
  - شیر ترمز مکانیکی در موقعیت ترمز باشد
  - لامپ نمایش‌گر واحد آماده برای استارت بر روی تابلوی کنترل محلی روشن باشد
  - روی تابلوی الکترونیک گاورنر وضعیت گاورنر اصلی و یا پشتیبان فعال باشد
  - در پنجره آلارم تابلوی کنترل واحد، آلارم هوای فشرده برای ترمزهای مکانیکی موجود نباشد
  - ابزار قفل کننده شیر پروانه‌ای در موقعیت آزاد باشد
- در این مرحله، برای استارت واحد باید به شرح زیر عمل نمود:
- شیر موتوری خط تغذیه کننده آب خنک کننده واحد به وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی باز گردد.
  - شیرهای موتوری خط برگشتی آب خنک کننده ژنراتور به وسیله دو سویچ مرتبط بر روی تابلوی کنترل محلی باز گردد.
  - سامانه خنک کننده ترانسفورماتورهای افزایشده به وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی روشن گردد.
  - لاستیک آب بند شافت توربین به وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی آزاد گردد.
  - گرم‌کن‌های ژنراتور به وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی خاموش گردد.
  - سامانه تزریق روغن فشار بالای ژنراتور به وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی روشن گردد.
  - پمپ‌های اصلی یاتاقان‌های ژنراتور به وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی روشن گردد.
  - پمپ‌های روغن گاورنر به وسیله سویچ واقع بر روی تابلوی کنترل محلی، روشن گردد.
  - شیر هیدرولیک کنترل شده گاورنر به وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی باز گردد.
  - شیر توقف اضطراری گاورنر به وسیله سویچ واقع بر روی تابلوی کنترل محلی باز گردد.

- شیر اصلی ورودی واحد به‌وسیله سویچ مربوطه واقع بر روی تابلوی کنترل محلی باز گردد و نهایتاً لامپ نمایش‌گر شیر اصلی ورودی واحد در موقعیت تمام بسته، خاموش شود.
  - سکسیونر کلید ژنراتور به‌وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی بسته شود.
  - بعد از آنکه شیر اصلی ورودی واحد به طور کامل باز شد و لامپ نمایش‌گر این وضعیت روشن شد شیر توقف سریع گاورنر به‌وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی باز شود.
  - لامپ نمایش‌گر سروموتورهای دریچه‌های تنظیمی توربین در موقعیت آزاد روشن گردد.
  - ترمز مکانیکی ژنراتور به‌وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی آزاد گردد .
  - گاورنر با استفاده از سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی استارت گردد .
  - هنگامی که سرعت توربین به حد کافی و تعریف شده رسید پمپ‌های روغن سامانه تزریق روغن فشار بالا خاموش گردد.
- در این مرحله واحد در «حالت گردش مکانیکی» قرار می‌گیرد، متعاقباً مراحل زیر باید انجام شود:
- سامانه تحریک ژنراتور به‌وسیله سویچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی روشن گردد و ولتاژ ترمینال‌های ژنراتور، توسط کنترل‌کننده ولتاژ به محدوده ولتاژ نامی رسانده شود. در این مرحله واحد در حالت آماده برای سنکرون شدن با شبکه و بارگیری قرار دارد. بهره‌بردار می‌تواند به‌وسیله دو سویچ ضربه‌ای (کم کردن/ زیاد کردن) بر روی تابلوی کنترل محلی واحد، فرکانس (سرعت) و ولتاژ را تنظیم نماید. وقتی رله کنترل‌کننده وضعیت سنکرون، سیگنال «آماده برای سنکرون» را صادر کرد، بهره‌بردار می‌تواند کلید ژنراتور را به‌وسیله دکمه فشاری واقع بر روی تابلوی کنترل محلی ببندد، البته این در صورتی امکان دارد که سویچ انتخاب‌کننده وضعیت سنکرون در موقعیت «دستی» باشد.
  - بعد از سنکرون شدن، باید گاورنر در حالت «کنترل توان» قرار گیرد.
  - در این مرحله واحد در حالت بهره‌برداری «تولید» قرار دارد و بهره‌بردار می‌تواند به‌وسیله دو سویچ ضربه‌ای (کم و یا زیاد کردن)، بر روی تابلوی کنترل محلی، اقدام به تغییر توان اکتیو و توان راکتیو نماید.

### ۳-۶-۴- توقف (استاپ) غیراتوماتیک واحد

برای توقف غیراتوماتیک لازم است سویچ انتخاب‌کننده حالت کنترل واحد بر روی تابلوی کنترل محلی واحد در موقعیت «دستی» باشد. همچنین تمام زیر مجموعه‌های واحد باید در موقعیت کنترل از راه دور و یا موقعیت بهره‌برداری اتوماتیک باشد، لذا لامپ‌های نمایش‌گر این تجهیزات روی تابلوی کنترل محلی آنها باید در موقعیت اتوماتیک روشن باشد و وضعیت تجهیزات دیگر جنبی نیز از نظر محل کنترل در حالت «کنترل از راه دور» باشد.

اهم تجهیزات و سامانه‌های کمکی و جنبی که در این حالت فرمان می‌گیرند عبارتند از:

- شیر موتوری خط تغذیه‌کننده آب خنک‌کننده واحد
- شیر موتوری خط برگشتی آب خنک‌کننده یاتاقان‌های ژنراتور
- شیر موتوری خط برگشتی آب خنک‌کننده کولرهای آب / هوای ژنراتور
- ترمز مکانیکی ژنراتور
- گرم‌کن‌های ژنراتور

- تانک فشار و پمپ‌های روغن شیر ورودی اصلی واحد
  - شیر اصلی ورودی توربین
  - پمپ‌های روغن گاورنر
  - پمپ‌های روغن خنک کننده گاورنر
  - کلید ژنراتور در موقعیت کنترل از راه دور
  - پمپ‌های روغن سامانه تزریق روغن فشار بالای ژنراتور
  - فن‌های سامانه بازیافت بخار روغن یاتاقان ژنراتور
  - سامانه خنک کننده ترانسفورماتورهای افزایشده
  - پمپ‌های روغن یاتاقان راهنما و یاتاقان مرکب ژنراتور
  - سامانه تحریک در موقعیت بهره‌برداری عادی و در موقعیت کنترل اتوماتیک
  - سامانه تحریک در موقعیت اتوماتیک
  - سامانه گاورنر در موقعیت اتوماتیک و کنترل از راه دور
- با آماده بودن تجهیزات و سامانه‌های جنبی و کمکی فوق‌الذکر، بهره‌بردار می‌تواند توان آکتیو و توان راکتیو (از طریق جریان تحریک) را با استفاده از سوییچ‌های ضربه‌ای روی تابلوی کنترل واحد کاهش دهد.
- اگر واحد در حالت بهره‌برداری تولید باشد به‌وسیله یک سوییچ بر روی تابلوی کنترل محلی گاورنر، واحد در موقعیت بی‌باری تنظیم می‌شود.
- بعد از قرار گرفتن درجه‌های تنظیمی توربین در موقعیت بی‌باری، موارد زیر باید انجام شود:
- کلید ژنراتور توسط سوییچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی باز گردد.
  - سامانه تحریک به‌وسیله سوییچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی خاموش گردد.
  - گاورنر به‌وسیله سوییچ مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی متوقف شود.
  - سکسیونر کلید ژنراتور باز گردد.
  - شیر مربوط به توقف سریع گاورنر قفل گردد.
- در صورت وجود استفاده از ترمز الکتریکی برای توقف واحد، لازم است لامپ نمایش‌گر نشان دهنده آماده بودن سامانه تحریک برای ترمز الکتریکی بر روی تابلوی کنترل محلی روشن باشد و سپس کارهای زیر انجام گردد:
- سامانه حفاظت به‌وسیله سوییچی روی تابلوی کنترل محلی در موقعیت ترمز الکتریکی قرار گیرد. در این موقع مجوز به کار بردن ترمز الکتریکی توسط سامانه حفاظت صادر شده و لامپ سیگنال مربوطه بر روی تابلوی کنترل محلی روشن می‌شود.
  - کلید فیدر تغذیه کننده ترانسفورماتور ترمز بسته شود.
  - در صورت وجود ترمز الکتریکی ژنراتور، سوییچ اتصال کوتاه کننده در مجموعه کلید ژنراتور توسط تابلوی کنترل محلی بسته شود.
  - سامانه تحریک به‌وسیله سوییچ واقع بر روی تابلوی کنترل محلی، برای ترمز الکتریکی تنظیم شود.

- سامانه تحریک از روی تابلوی کنترل محلی روشن گردد.
  - اگر لامپ نمایش‌گر که مناسب بودن سرعت برای ترمز الکتریکی را نشان می‌دهد روشن گردد، کلید ژنراتور از روی تابلوی کنترل محلی بسته شود.
  - در این موقع ترمز الکتریکی اعمال شده است و سرعت توربین با نرخ بیش‌تری کاهش می‌یابد. وقتی سرعت از حد معینی (که در دستورالعمل بهره‌برداری مشخص شده است)، کم‌تر شد، ترمز الکتریکی به طور اتوماتیک به‌وسیله سامانه تحریک آزاد می‌شود.
  - در صورت اعمال شدن ترمز الکتریکی، لازم است ترمز مکانیکی در مرحله‌ای که سرعت به حدود ۱۰ درصد سرعت نامی رسید، اعمال گردد. اگر ژنراتور مجهز به سیستم جمع‌کننده گرد و دوده ناشی از سایش کفشک ترمزها باشد، در حدود ۲۵ درصد سرعت نامی نیز میتوان ترمز مکانیکی را اعمال نمود (به دستورالعمل سازنده مراجعه شود).
- وقتی ترمز الکتریکی آزاد شد، موارد زیر انجام شود:
- کلید ژنراتور باز گردد
  - سویچ اتصال کوتاه‌کننده سه فاز باز شود
  - کلید فیذر تغذیه‌کننده ترانسفورماتور ترمز الکتریکی باز شود
  - سامانه تحریک خاموش گردد
  - مجوز سامانه حفاظت برای ترمز الکتریکی به حالت اولیه باز گردد
  - سامانه تحریک در مورد موقعیت ترمز الکتریکی به حالت اولیه باز گردد
- اگر در این زمان شیر اصلی ورودی و دریچه‌های تنظیمی به حالت کاملاً بسته قرار گرفته است، موارد زیر انجام شود:
- شیر اضطراری گاورنر از روی تابلوی کنترل محلی قفل شود
  - شیر هیدرولیک کنترل شده گاورنر از روی تابلوی کنترل محلی بسته شود
- وقتی سرعت به صفر رسیده کارهای زیر انجام شود:
- سامانه تزریق روغن فشار بالای ژنراتور از روی تابلوی کنترل محلی خاموش گردد.
  - پمپ روغن یاتاقان راهنمای بالایی از روی تابلوی کنترل محلی خاموش شود.
  - پمپ‌های روغن گاورنر خاموش گردد.
- بعد از حدود سه دقیقه کارهای زیر انجام شود:
- شیرهای موتور خط لوله اصلی تغذیه‌کننده آب خنک‌کننده واحد از روی تابلوی کنترل محلی بسته شود.
  - شیرهای موتور خط برگشتی آب خنک‌کننده ژنراتور از روی تابلوی کنترل محلی بسته شود
  - آب‌بند شافت توربین از روی تابلوی کنترل محلی اعمال گردد
  - گرم‌کن‌های ژنراتور از روی تابلوی کنترل محلی روشن شود. البته اگر کنترل گرم‌کن‌ها (هیترها) در حالت اتوماتیک باشد در اینصورت هیترها در حالت توقف کامل بوسیله ترموستات داخل پیت ژنراتور روشن و خاموش می‌گردد.
  - اگر ترانسفورماتور سرویس واحد از سمت شبکه فشارقوی برق‌دار نیست، سامانه آب خنک‌کننده ترانسفورماتورهای اصلی افزاینده واحد (بعد از حدود ۲۰ دقیقه)، خاموش گردد

### ۳-۷- شرایط مختلف بهره‌برداری از ژنراتور

ژنراتورهای سنکرون از قابلیت مناسبی برای تولید توان آکتیو از صفر تا ۱۰۰ درصد قدرت نامی و نیز توان راکتیو، در محدوده‌های مجاز حرارتی، در منطقه عملکرد ژنراتور با ضریب توان پس‌فاز<sup>۱</sup> (منطقه فوق تحریک)، و توان راکتیو، با ضریب توان پیش‌فاز<sup>۲</sup> (منطقه زیرتحریک)، تا محدوده‌های مجاز کارکرد در حالت پایداری دینامیکی، برخوردار می‌باشند.

### ۳-۷-۱- شرایط بهره‌برداری عادی از ژنراتور

بهره‌برداری عادی از یک ژنراتور وقتی است که شرایط زیر برقرار باشد:

- ژنراتور به فرمان‌های اپراتور و یا تجهیزات تنظیم کننده اتوماتیک واحد پاسخ می‌گوید.
- مقادیر خروجی ژنراتور، شامل توان آکتیو و راکتیو تولیدی، در هر زمان در داخل محدوده منحنی مشخصه قابلیت ژنراتور قرار دارد.
- مقادیر درجه حرارت‌های ژنراتور (مثل درجه حرارت قسمت‌های مختلف سیم‌پیچی و هسته استاتور)، در محدوده‌های مشخص شده، متناظر با مقادیر توان تولید شده قرار دارد.
- ارتعاش‌های یاتاقان‌های ژنراتور، از نظر میزان مطلق و میزان نسبی، در جهت محورهای عمودی و افقی در محدوده‌های مجاز قرار دارد.
- چرخش ژنراتور با سر و صدای اضافی و غیرعادی همراه نیست.
- توزیع حرارت در طول هسته استاتور تا حد ممکن یکنواخت است.
- مقدار حجمی جریان آب خنک کننده کولرهای هوا/آب ژنراتور در محدوده تعریف شده طراحی می‌باشد.
- میزان گردش روغن خنک کننده یاتاقان‌ها در محدوده تعریف شده طراحی (طبق مشخصات کار) می‌باشد.
- تولید توان آکتیو و راکتیو به صورت پیوسته و متعادل<sup>۳</sup> است.
- جرقه قابل ملاحظه‌ای بین جاروبک‌ها و حلقه‌های لغزان ایجاد نمی‌شود.
- سامانه نمایش دهنده فاصله هوایی، برای تمام نقاط برداشت، مقادیر مشابهی را نشان می‌دهد (با تolerانس‌های قابل قبول).
- الگوهای تخلیه جزیی در عایق‌بندی سیم‌پیچی استاتور و مقادیر حداکثر بار ظاهری تخلیه جزیی و میانگین جریان تخلیه جزیی که بوسیله سامانه پایش تخلیه جزیی بدست می‌آید شرایط غیرعادی را نشان نمی‌دهد.
- هیچ کدام از سیگنال‌های آلارم مربوط به ژنراتور فعال نشده‌اند.
- اگر در برنامه کنترل اتوماتیک تولید، نقاط تنظیم بار<sup>۴</sup> براساس محدودیت‌های حرارتی تعریف شده باشد، توان تولید شده براساس برنامه موردنظر تنظیم می‌شود.

1- Lagging Power Factor

2- Leading Power Factor

3- Steady State

4- Load Set Points

- ژنراتور و سامانه‌های کمکی آن می‌توانند در حالت کنترل اتوماتیک مورد بهره‌برداری قرار گیرند و با وجود سامانه پایش (مونیتورینگ) ژنراتور، حداقل مراقبت و نظارت اپراتور مورد نیاز است.

### ۳-۷-۲- بهره‌برداری ژنراتور در شرایط غیرعادی

با دور شدن وضعیت کارکرد ژنراتور، نسبت به هر یک از شرایط فوق‌الذکر، ژنراتور در حالت غیرعادی بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در بسیاری از این موارد غیرعادی، می‌توان بدون آنکه صدمات بلند مدت یا کوتاه مدت متوجه ژنراتور باشد، بهره‌برداری از ژنراتور را ادامه داد.

اهم موارد کارکرد غیرعادی ژنراتور به شرح زیر می‌باشد:

- ژنراتور به صورت منظم و دقیقی به فرمان‌های اپراتور و یا وسایل تنظیم کننده پاسخ نمی‌گوید.
- مقادیر درجه حرارت ژنراتور (مثلاً برخی از قسمت‌های سیم‌پیچی استاتور) به سقف محدوده مقادیر مجاز رسیده و یا برای برخی از نقاط، از مقادیر مجاز تجاوز کرده است. توصیه می‌شود در این موارد بار ژنراتور کاهش داده شود و علت افزایش غیرمعمول درجه حرارت بررسی شود و تا زمانی که اشکال تشخیص داده نشده و بر طرف نگردیده است، سقف جدیدی برای میزان تولید ژنراتور تعریف شود.
- ارتعاش‌های یاتاقان ژنراتور، میزان مطلق و نسبی، در امتداد محور افقی و یا محور عمودی، به سقف محدوده‌های مجاز رسیده و یا از این محدوده‌ها تجاوز کرده‌اند. در این موارد توصیه می‌شود که بار ژنراتور کاهش و یا افزایش داده شود تا میزان ارتعاش کاهش پیدا کند. تا زمانی که بررسی‌ها در مورد علت اشکال فوق کامل نشده است، می‌توان رژیم بهره‌برداری جدیدی، از نظر ناحیه کاری توربین (و میزان بار ژنراتور) برای واحد تعریف نمود. چنانچه بروز ارتعاش اضافی ادامه پیدا کند، برای انجام اقدامات اصلاحی معمولاً توقف کار واحد اجتناب‌ناپذیر می‌شود.
- وجود سروصدای غیرعادی در ژنراتور
- توزیع نامنظم حرارت در اطراف هسته استاتور می‌تواند مربوط به سرعت نامناسب گردش آب در کولرهای ژنراتور باشد. بسته به طراحی ماشین و موقعیت نصب مبدل‌های حرارتی و ضوابط ایمنی نیروگاه، امکان تشخیص عیب در کولر یا کولرها، بدون نیاز به توقف واحد وجود دارد.
- افزایش یا کاهش غیرعادی در مقدار حجمی جریان آب خنک کننده کولرها. این موارد را نیز عموماً و برحسب موقعیت مبدل‌های حرارتی، شیرهای تنظیم کننده<sup>۱</sup> و ضوابط ایمنی نیروگاه، بدون نیاز به توقف واحد می‌توان اصلاح و تعدیل نمود.
- افزایش یا کاهش ناگهانی جریان گردش روغن خنک‌کننده یاتاقان‌ها
- تولید توان اکتیو و راکتیو ژنراتور حالت متعادل ندارد. این حالت به وضعیت سامانه (فرکانس، ولتاژ و ضریب توان شبکه) بستگی دارد.
- میزان فواصل هوایی نمایش داده شده در سامانه پایش (مونیتورینگ) فاصله هوایی، از حد مجاز فاصله گرفته است.



- الگوهای تخلیه جزیی در عایق‌بندی سیم‌پیچی استاتور و مقادیر حداکثر بار ظاهری تخلیه جزیی و میانگین جریان تخلیه جزیی، افزایش تخلیه را در نقاطی از عایق‌بندی استاتور نشان می‌دهد (نسبت به مقادیر پیش‌بینی شده در طول عمر مفید ژنراتور).
- برخی از سیگنال‌های هشدار ژنراتور فعال شده‌اند.
- اگر در برنامه کنترل اتوماتیک تولید، نقاط تنظیم بار براساس محدودیت‌های حرارتی تعریف شده باشد، توان تولید شده واقعی، کم‌تر از مقدار پیش‌بینی شده است، به دلیل این که یا افزایش درجه حرارت در ازای مقادیر توان تولیدی، روندی تندتر از معمول (در مقایسه با منحنی‌های حالت عملکرد عادی) دارد و یا درجه حرارت ژنراتور به سقف مقدار مجاز خود رسیده است.
- طی دوران کارکرد غیرعادی ژنراتور، مراقبت و نظارت بیشتر توسط اپراتورها موردنیاز خواهد بود. در برخی از حالت‌های غیرعادی، ممکن است لازم شود که برخی از مراحل بهره‌برداری تجهیزات نیروگاه به صورت دستی انجام گیرد.

### ۳-۷-۳- شرایط پیش‌بینی نشده بهره‌برداری ژنراتور

در صورت بروز اشکالات مهم‌تر از موارد غیرعادی فوق‌الذکر و یا در شرایط بروز موارد غیرعادی فوق با دامنه و وسعت بسیار بیش‌تر، شرایط پیش‌بینی نشده کارکرد ژنراتور پدید می‌آید. هنگامی که منشاء عیب و شرایط پیش‌بینی نشده در داخل ژنراتور (سیم‌پیچی‌های استاتور و یا روتور) باشد، معمولاً لازم است واحد به صورت عادی یا اضطراری (بسته به مورد عیب)، متوقف شود.

### ۳-۷-۴- شرایط اضطراری ژنراتور

شرایط اضطراری در ژنراتور وضعیتی است که با احتمال خطر قریب‌الوقوع برای افراد و تجهیزات همراه است. فعال شدن رله‌هایی که به عیب‌های الکتریکی، بخصوص اتصال کوتاه الکتریکی سیم‌پیچی‌های ژنراتور مربوط است، شرایط اضطراری ژنراتور را مشخص می‌کند. چنان‌که ژنراتور در این شرایط قرار گیرد، باید با فرمان توقف اضطراری خاموش شود.

### ۳-۸- ملاحظات مربوط به بهره‌برداری از ژنراتورهای واحدهای آبی

#### ۳-۸-۱- دامنه کار

این بخش از راهنما شامل پیشنهادهای کلی برای بهره‌برداری و بارگذاری ژنراتورهای واحدهای آبی می‌باشد. تقریباً تمام موارد ذکر شده در این بخش، در مورد ژنراتور سامانه‌های ژنراتور/موتور (پمپ/توربین مربوط به سامانه‌های تلمبه ذخیره‌ای) نیز، که روتور با قطب برجسته و سامانه‌های خنک‌کننده معمولی دارند، کاربرد دارد.

در این بخش از راهنما، مواردی از ملاحظات بهره‌برداری به مجموعه توربین-ژنراتور مربوط می‌شود (مانند موارد مربوط به یاتاقان مشترک، راه‌اندازی و بارگذاری، قطع ناگهانی بار و سرعت فرار)، در نتیجه به شرایط بهره‌برداری توربین نیز اشاراتی شده است.

این بخش از راهنما در درجه اول برای ژنراتورهای آبی با شافت عمودی کاربرد دارد، هر چند موارد مشترک زیادی که به ژنراتورهای با شافت افقی نیز مربوط می‌شود، تشریح شده است.

### ۳-۸-۲- موارد احتیاط در مورد بارگذاری

باید توجه داشت که بارگذاری روی ژنراتور به میزانی بیش‌تر از حدی که در پلاک مقادیر نامی<sup>۱</sup> دستگاه ذکر شده است، بدون مطالعه کامل تمامی جوانب مربوط به شرایط خاص و همچنین توانایی‌های ماشین و تجهیزات جانبی مرتبط با آن مجاز نمی‌باشد. درحالی‌که کلاس عایقی سیم‌پیچی‌های ژنراتور قابلیت کارکرد مطمئن ماشین را تا زمان رسیدن به سقف محدوده‌های مجاز (تعریف شده برای هر کلاس عایقی، طبق استانداردهای معتبر) نشان می‌دهد، تاثیرات این شرایط بهره‌برداری روی قسمت‌های دیگر ماشین باید مطالعه و ارزیابی شود.

وقتی از یک ژنراتور در محدوده مقادیر نامی مشخص شده در پلاک مشخصات آن بهره‌برداری می‌شود، باید حداکثر قابلیت اطمینان و طول عمر دستگاه را انتظار داشت. در برخی از شرایط شبکه، بهره‌برداری در شرایط فراتر از محدوده‌های تعریف شده به عنوان مقادیر نامی ژنراتور، برای بهره‌برداری پیوسته، مطرح می‌شود. در این حالت همه عوامل متاثر از این شرایط بهره‌برداری، برای تعیین میزان ریسک استفاده کننده باید به دقت لحاظ و بررسی گردد.

در صورت نیاز به بهره‌برداری با مقادیری متفاوت از مقادیر نامی، لازم است شرایط بهره‌برداری (از نظر میزان اضافه بار، تعداد ساعات کار متناظر با میزان بار در هر روز، قابلیت‌های سامانه خنک کننده و سایر موارد مربوط به این موضوع)، با سازنده ماشین مورد بحث و تبادل نظر قرارگیرد.

### ۳-۸-۳- مبنای تعیین مقادیر نامی

مقادیر نامی ژنراتورهای برق آبی معمولاً برای دوره کاری پیوسته تعریف می‌شود. مقدار قدرت ظاهری برحسب کیلوولت آمپر قابل استحصال در ترمینال‌های ژنراتور برای سرعت، فرکانس، ولتاژ و ضریب توان نامی مشخص بیان می‌شود. برای تعیین مقدار نامی خروجی، لازم است شرایط سرویس‌دهی مشخص شده در طراحی مورد توجه قرار گیرد. مثلاً یکی از شرایط سرویس‌دهی معمول می‌تواند این باشد، که دمای هوای خنک کننده ژنراتور نباید از ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیش‌تر و از ۱۰ درجه سانتی‌گراد کم‌تر باشد.

قابلیت‌های خاص ژنراتور و شرایط سرویس‌دهی می‌تواند یا در زمان ساخت توسط سازنده مشخص و در دستورالعمل‌های تدوین شده توسط سازنده ارائه شود و یا بعداً از سازنده اخذ گردد.

این موضوع باید مدنظر قرار گیرد که قابلیت واقعی توربین برای تولید قدرت خروجی و یا شرایط بارگذاری روی آن، ممکن است با مقادیر نامی مربوط به ژنراتور به طور دقیق منطبق نباشد. (مثلاً توربین قابلیت تولید قدرت خروجی بیش‌تری داشته باشد). در صورتی که بار واقعی و شرایط سرویس‌دهی ژنراتور فراتر از شرایط نامی تعریف شده<sup>۲</sup> باشد، لازم است محدودیت‌های مربوط به افزایش دما<sup>۳</sup> و تنش‌های مکانیکی در اجزای ژنراتور به صورتی که در قسمت‌های زیر مطرح شده است، لحاظ شود.

---

1- Rating plate  
2- Over Load Condition  
3- Temperature Rise

### الف- محدودیت‌های دما

سیم‌پیچ‌های استاتور و روتور، هسته استاتور و یاتاقان‌های ژنراتور اجزایی می‌باشند که در مقابل استهلاک، به دلیل افزایش حرارت، میزان انبساط متفاوت<sup>۱</sup> در اجزا آنها و یا هر دو عامل حساس و تاثیر پذیرند. بنابراین لازم است حداکثر دما و محدودیت‌های بالا رفتن دما برای این اجزا تعریف شود.

### ب- محدودیت‌های مربوط به تنش‌های مکانیکی در اجزای زیر:

- اجزای کوپلینگ، محور و سازه عنکبوتی روتور
- رینگ حاشیه روتور<sup>۲</sup>
- یاتاقان‌ها و براکت‌های یاتاقان
- قاب استاتور

### ۳-۸-۴- بار گذاری

#### ۳-۸-۴-۱- ارتباط میزان بار با افزایش دمای سیم‌پیچ استاتور و مدار تحریک

پلاک مقادیر نامی ژنراتور آبی، مقدار نامی توان خروجی و شرایط نامی‌ای که ژنراتور براساس آن طراحی شده است را ارائه می‌دهد.

هنگامی که بهره‌برداری در شرایط نامی و مشخصات محیط خنک‌کننده شرح داده شده در پلاک مقادیر نامی می‌باشد، در مورد اغلب ژنراتورها میزان افزایش درجه حرارت به مقدار تضمین شده در پلاک مذکور نمی‌رسد، علت آن است که میزان افزایش دمای قابل اندازه‌گیری تنها عامل در طراحی ژنراتور نمی‌باشد. عوامل دیگری که در طراحی تاثیر گذارند شامل لحاظ نمودن و تخمین دمای نقاط داغ، استحکام فلزات و مواد عایقی، مقدار نیروهای ناشی از انبساط حرارتی، ارتعاش و ضرایب اطمینان و دقت پیش‌بینی شده در طراحی، می‌باشد. بنابراین در یک طراحی متعادل که جنبه‌های مختلف فوق در آن لحاظ شده باشد، بالا رفتن دمای سیم‌پیچ استاتور و سیم‌پیچ تحریک در بار نامی ممکن است چند تا چندین درجه کم‌تر از سقف مقدار تضمین شده توسط سازنده باشد که این امر برای حصول اطمینان از طول عمر و بهره‌برداری بدون عیب دستگاه مورد نظر می‌باشد.

اگر به سیم‌پیچ‌های استاتور و تحریک تحت ولتاژ نامی اعمال شده بر آنها، درصد‌های مختلفی از جریان و بار نامی اعمال شود و در هر حالت افزایش دمای این سیم‌پیچ‌ها اندازه‌گیری گردد و سپس میزان افزایش دمای مشاهده شده به صورت تابعی از مجذور جریان استاتور و تحریک ترسیم می‌شود. منحنی‌های حاصل شده منتهی معمولاً نزدیک به یک خط مستقیم است. این

1- Differential Expansion

2- Rotor Rim

منحنی‌ها یک راهنمای کلی را برای بهره‌برداری از ژنراتور جهت تخمین میزان بالا رفتن دما و میزان دمای کل (در ازای بارهای مختلف و درجه حرارت و شرایط مختلف محیط خنک کننده)، ارائه می‌دهد.

### ۳-۸-۴-۲- بارگذاری در محدوده مقادیر نامی، منحنی‌های مشخصه ژنراتور

بهینه‌ترین بارگذاری از دید حداکثر طول عمر برای ژنراتور، بارگذاری به صورتی است که حداقل تغییرات نوسان دما را در پایین‌ترین سطح دمای ممکن، در پی داشته باشد. تغییر دادن شرایط بارگذاری بدون تغییر زیاد در افزایش دما، فقط برای آن دسته از ماشین‌های با سامانه تهویه «هوا/آب» و از نوع بسته عملی می‌باشد که در مورد آنها می‌توان مقدار حجمی جریان آب خنک کننده را به منظور تنظیم دمای هوای خنک سیم‌پیچ‌ها تغییر داده و تنظیم نمود.

با تغییر مقدار حجمی جریان آب خنک کننده، تغییرات در شرایط بارگذاری ژنراتور به نحوی که تغییرات دمای سیم‌پیچ به حداقل ممکن برسد، عملی می‌شود. عموماً تنظیم مقدار حجمی جریان آب خنک کننده به صورت فصلی انجام می‌گیرد. البته در مواقعی که درجه حرارت آب خنک کننده خیلی بالا باشد، قابل توجه نیست که مقدار حجمی جریان (دبی) آب خنک کننده را، به منظور نگاه داشتن دمای سیم‌پیچ به طور ثابت و در حداکثر بار به مقدار زیاد افزایش دهیم، یعنی افزایش مقدار حجمی جریان آب نیز از نظر طراحی و محدوده کارکرد رادباتورها دارای محدوده‌های مجاز و تعریف شده‌ای است که باید در شرایط فوق بدان توجه ویژه نمود.

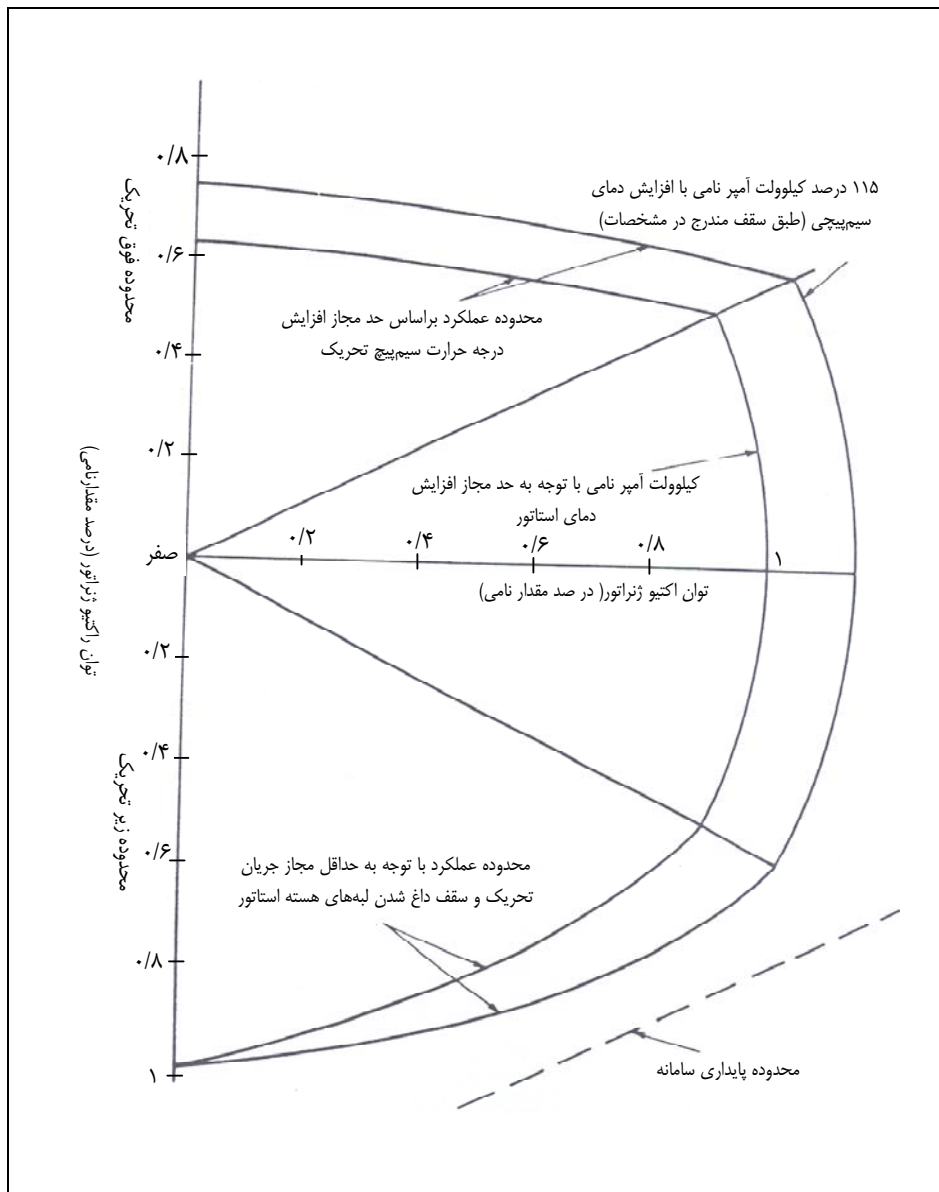
منحنی‌های مشخصه ژنراتور برای تعیین ارتباط بین جریان تحریک و بار موردنیاز ژنراتور (با در نظر گرفتن مولفه‌های بار و مقدار ضریب توان موردنظر)، به منظور اجتناب از اضافه بارگذاری (خارج از محدوده مقادیر نامی تعریف شده برای ماشین) مفید است. این منحنی‌ها در مدارک فنی تهیه شده توسط سازنده ژنراتور وجود دارد و باید به عنوان مدارک مهم و مرجع برای کار بهره‌برداری و تنظیمات مربوط به محدوده‌های مجاز کارکرد، مورد استفاده بهره‌برداران قرار گیرد.

منحنی‌های نمونه مشخصه ژنراتور، در شکل‌های (۱-۳)، (۲-۳) و (۳-۳) نشان داده شده است [مرجع شماره ۹]:

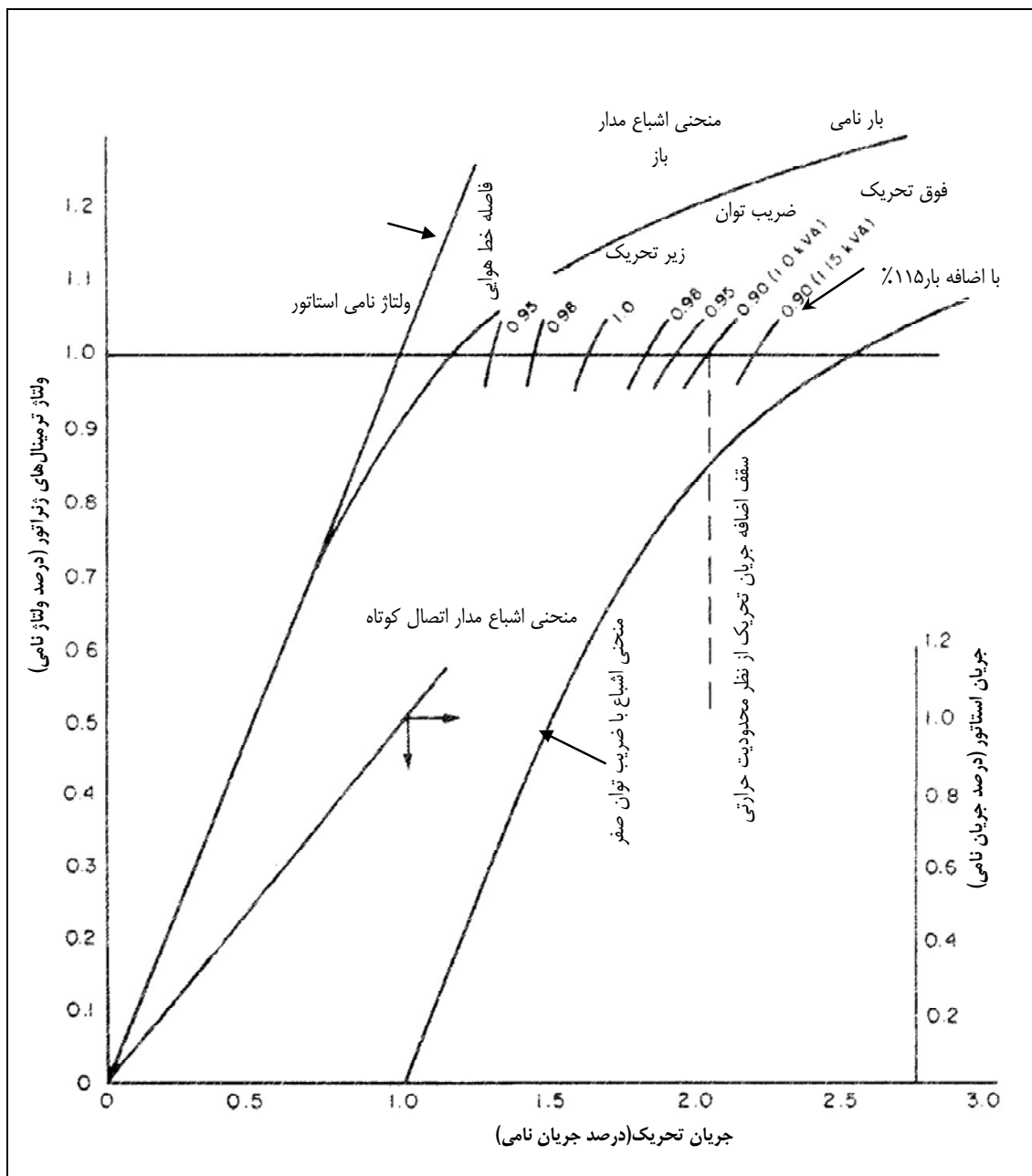
منحنی قابلیت کاری ژنراتور (منحنی D شکل)، قابلیت ژنراتور را در مورد تولید توان اکتیو (کیلووات) و تولید توان راکتیو (برحسب کیلووار)، همراه با محدودیت‌های مربوط به نواحی مختلف نشان می‌دهد (شکل ۱-۳).

منحنی‌های اشباع ژنراتور (شکل ۲-۳)، تغییرات ولتاژ ترمینال‌های ژنراتور (و جریان استاتور) را بر حسب تغییرات جریان تحریک نشان می‌دهد.

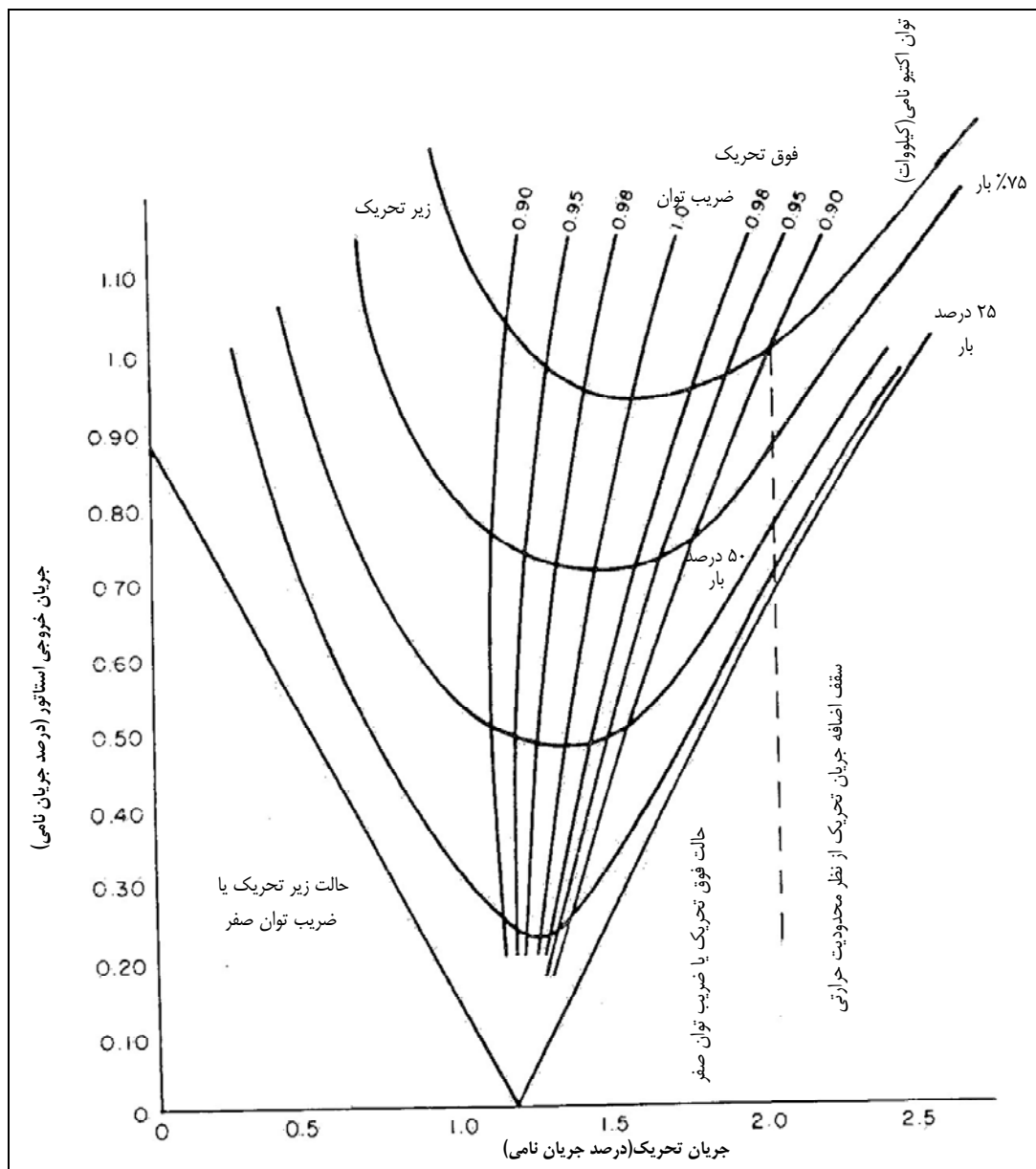
منحنی‌های مشخصه بار ژنراتور (منحنی‌های Vee شکل)، ارتباط توان ظاهری ژنراتور (یا جریان ظاهری استاتور در ولتاژ نامی ترمینال‌های آن) را نسبت به تغییرات جریان تحریک، در ازای مقادیر مختلف ضریب توان‌های پیش‌فاز و پس‌فاز نشان می‌دهد (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۱- نمونه منحنی قابلیت کاری یک ژنراتور آبی (ضریب قدرت ۰/۹)



شکل ۳-۲- نمونه منحنی‌های اشباع ژنراتور آبی  
 نمایش تغییرات ولتاژ و جریان ترمینال‌های ژنراتور برحسب تغییرات جریان تحریک  
 (با ضریب توان نامی مفروض ۰/۹ و نسبت اتصال کوتاه ۱/۱)



شکل ۳-۳- نمونه منحنی‌های مشخصه "Vee" شکل ژنراتور آبی (به عنوان نمونه)  
 نمایش رابطه تغییرات توان ظاهری (یا جریان ظاهری در ولتاژ نامی)  
 برحسب تغییرات جریان تحریک (به صورت نسبت درصد هر کدام به مقدار  
 نامی آنها در ازای مقادیر مختلف ضریب توان نامی  $0.9/1$  و نسبت اتصال کوتاه  $1/1$ )

### ۳-۸-۴-۳- بارهای راکتیو

تغییر در میزان جریان تحریک یک ماشین، سبب تغییر مقدار جریان راکتیو تولید شده به وسیله آن ماشین می‌شود. افزایش جریان تحریک سبب تمایل ماشین به تولید بیش‌تر توان راکتیو (فوق تحریک) و کاهش جریان تحریک باعث تولید کم‌تر توان راکتیو و یا منجر به جذب توان راکتیو از شبکه می‌گردد (زیر تحریک). البته با افزایش توان اکتیو یا جریان خروجی ژنراتور، ولتاژ بی‌باری ناشی از شار مغناطیسی ایجاد شده از تحریک و به تبع آن جریان تحریک خودبه‌خود افزایش می‌یابد.

براساس منحنی‌های مشخصه بار ژنراتور بر حسب ضریب توان‌های مختلف، به‌صورتی که در شکل (۳-۳) نشان داده شده است، مشاهده می‌شود، وقتی ژنراتور با ضریب توانی پایین‌تر از ضریب توان نامی (در ناحیه فوق تحریک) عمل می‌کند، قدرت خروجی ژنراتور در اثر گرم شدن سیم‌پیچی تحریک و حداکثر جریان مجاز تحریک محدود می‌شود.

در ناحیه زیر تحریک، سامانه تحریک براساس توانایی‌اش در تولید با تحریک صفر محدود می‌شود. حد پایداری نهایی در حالت بهره‌برداری، به صورت «زیرتحریک»، از طریق اطلاعات ارائه شده از طرف سازنده ژنراتور و اطلاعات مربوط به قابلیت سامانه تحریک طراحی شده، محقق می‌شود. لذا توجه به منحنی‌های مشخصه ژنراتور در هنگام بهره‌برداری و نیز بعد از هر تعمیر، برای تنظیمات مجدد مربوط به تجهیزات مرتبط با ژنراتور (تنظیم کننده‌های اتوماتیک ولتاژ و سامانه گاورنر) ضروری است.

رابطه بین توان اکتیو بر حسب کیلووات و توان راکتیو بر حسب کیلووار در منحنی شکل (۳-۱) نشان داده شده است. ناحیه درون منحنی، ناحیه مجاز برای کار ژنراتور را بدون آنکه از مقادیر نامی ژنراتور (از نقطه نظر مقادیر مجاز حرارت استاتور و یا روتور) تجاوز کنیم، تشکیل می‌دهد [مرجع شماره ۹].

ممکن است در شرایط خاصی از بهره‌برداری و به صورت موقتی و گذرا، قرار گرفتن درون محدوده‌های نامی کار ماشین امکان‌پذیر نباشد، در این صورت لازم است اطلاعات کافی در خصوص ماشین در اختیار اپراتور قرار داشته باشد تا بتواند سریعاً به آن رجوع نماید، به همین دلیل لازم است محدوده‌های مجاز توان اکتیو، توان راکتیو، ولتاژ و ضریب توان مشخص باشد تا از تولید گرمای اضافی و کار ماشین در حالت ناپایدار (خارج از سنکرون) اجتناب شود.

### ۳-۸-۴-۴- بارگذاری خارج از محدوده مقادیر نامی مشخص شده در پلاک مقادیر نامی

ممکن است لازم باشد ژنراتور در یکی از شرایط زیر مورد بهره‌برداری قرار گیرد:

الف - در توان ظاهری نامی ولی در ولتاژی غیر از ولتاژ نامی

ب - در توان ظاهری نامی ولی با فرکانسی غیر از فرکانس نامی

ج - با توان ظاهری بیش‌تر از توان ظاهری نامی ولی در ولتاژ و فرکانس نامی

د- شرایطی که ترکیبی از بندهای فوق باشد

ه - شرایط بهره‌برداری غیرعادی و کوتاه مدت (اعمال بار اضافی، بهره‌برداری در شرایط بار نامتعادل، بارگذاری با وجود

جریان‌های با فرکانس هارمونیک)



تمام ژنراتورهای ساخته شده براساس استانداردهای بین‌المللی قابلیت بهره‌برداری در توان ظاهری نامی و با یک تغییر ولتاژ ۵ درصدی بالاتر یا پایین‌تر از مقدار نامی ولتاژ استاتور را دارا می‌باشند. اگر بهره‌برداری فراتر از این محدوده موردنیاز باشد، لازم است حتماً با سازنده ماشین مشورت شود.

بهره‌برداری در فرکانسی خارج از فرکانس نامی، غیرمعمول است و برای هر تغییر و انحراف خارج از محدوده مجاز (بیش‌تر از ۲ درصد فرکانس نامی)، لازم است با سازنده مذاکره و مشورت شود.

ممکن است یک ژنراتور آبی بزرگ با ولتاژ نامی بالا که براساس استانداردهای بین‌المللی ساخته شده است و سقف افزایش دمای سیم‌پیچ آن به صورت محافظه‌کارانه تعریف شده است، با باری معادل ۱۱۵ درصد بار نامی در ضریب توان نامی، فرکانس و ولتاژ نامی مورد بهره‌برداری قرار گیرد، درحالی‌که افزایش دمای استاتور و روتور از مقدار نامی تعریف شده برای حالت عادی بهره‌برداری بیش‌تر شده است. برای این نوع بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود که دمای محیط تا آنجا که ممکن است پایین نگه‌داشته شود تا حداکثر طول عمر عایق‌کاری‌ها تضمین گردد.

به‌عنوان یک قانون کلی و عمومی، نظریه این‌که در ژنراتورهای آبی ساخته شده توسط سازندگان مختلف، مشخصه‌های کارکرد و ضرایب اطمینان مربوط به تنش‌های حرارتی آنها تا حدودی با یکدیگر متفاوت است، توصیه می‌شود برای هرگونه بهره‌برداری، که خارج از محدوده‌های مشخص شده برای مقادیر نامی مورد نظر قرار می‌گیرد، با سازنده مشورت شود تا سقف‌های مجاز و ایمن با توجه به تمام جوانب و شرایط طراحی، تعیین و تعریف شود.

### ۳-۸-۵- جنبه‌های عملی کلی مربوط به بهره‌برداری از ژنراتور

#### ۳-۸-۵-۱- موارد عمومی

این بخش از راهنما، موارد عمومی عملی مربوط به فعالیت‌های بهره‌برداری از ژنراتورهای آبی را تشریح می‌نماید.

**الف - الزامات بهره‌برداری:** برای بهره‌برداری از یک ژنراتور آبی، لازم است عوامل متعددی مورد توجه قرار گیرد که

مهم‌ترین آنها به شرح زیر است:

- دمای سیم‌پیچ استاتور: اندازه‌گیری پیوسته و "on line" دمای سیم‌پیچ استاتور برای ثبت مداوم دما و نگهداری آن به عنوان تاریخچه و سابقه کارکرد مفید است. هر تغییر نسبت به روند عملکرد حرارتی گذشته ماشین نشان دهنده تغییر در وضعیت اجزا (مثل فرسودگی عایق‌کاری) ماشین می‌باشد. لذا باید در صورت مشاهده این تغییر وضعیت ماشین با انجام تست‌های جدید کنترل شود.
- دمای سیم‌پیچ تحریک: بهره‌برداری از ژنراتور با ضریب توان کم‌تر از مقدار نامی در ناحیه فوق تحریک محدودیت دارد. این محدودیت در اثر بالا رفتن دمای سیم‌پیچ روتور به وجود می‌آید. در این ناحیه بعلت محدودیت فوق‌الذکر، تولید توان ظاهری نامی ژنراتور (کیلو ولت آمپر نامی) قابل تحقق نمی‌باشد.
- دمای هسته استاتور: بهره‌برداری از ژنراتور در ناحیه زیر تحریک برخی مواقع به دلیل اضافه گرمای ایجاد شده به ویژه در لبه‌های هسته استاتور محدود می‌شود. اگر از ماشین برای مدت طولانی تحت این شرایط (حالت زیر تحریک) بهره‌برداری شود، لازم است دمای لبه هسته (با آزمایش‌های حرارتی) کنترل شود.

- دمای محفظه کلکتور: توصیه می‌شود دمای محفظه کلکتور به طور متناوب کنترل گردد تا وضعیت غیرعادی درجه حرارت مشخص شود. ثبت دمای مدار تحریک نیز می‌تواند در آشکار ساختن اشکالات جاروبک‌های رینگ کلکتور مفید باشد.

- افزایش و تغییرات نامنظم دما می‌تواند در اثر وجود قوس الکتریکی در جاروبک باشد. این قوس بعلت ناصاف بودن جاروبک‌ها و یا کم بودن فشار تماس آنها با رینگ ایجاد می‌شود، که در این صورت در رینگ کلکتور نیز آثار جرقه و قوس آشکار می‌شود.

- انبساط‌های مختلف در اجزای استاتور: قابلیت کار سیم‌پیچ استاتور نه تنها به وسیله افزایش دما و یا ایجاد ارتعاش در آن محدود می‌شود، بلکه اختلاف در میزان انبساط کلاف‌های مختلف استاتور و انبساط هسته نیز می‌تواند قابلیت کار سیم‌پیچ استاتور را محدود کند. اختلاف در میزان انبساط سیم‌پیچی و هسته استاتور، تابعی از دماهای کلی سیم‌پیچ و هسته می‌باشد. این عامل در ماشین‌های با هسته بلند (۱/۷ متر یا بیش تر) بحرانی تر است. هنگامی که بار ژنراتور تغییر می‌نماید، دمای مس سریع تر از دمای فولاد هسته تغییر می‌کند و لذا انبساط تفاضلی<sup>۱</sup> (اختلاف در میزان انبساط) رخ می‌دهد. لازم است تغییرات در بار حتی‌الامکان به آرامی صورت گیرد تا تفاوت انبساط حرارتی به حداقل ممکن برسد.

- تکرار در ایجاد حالت اختلاف در انبساط حرارتی، ممکن است باعث آسیب دیدگی عایق کاری کلاف‌های استاتور و در مواردی سبب شل شدن اتصال ورق‌ها و عدم استحکام هسته و یا تغییر مکان آن شود که کارهای نگهداری و تعمیرات ماشین را افزایش می‌دهد.

**ب - استفاده از منحنی‌های قابلیت کاری ژنراتور:** بهره‌برداری از ژنراتور منطبق بر منحنی‌های قابلیت کاری آن، به وسیله استفاده از ادوات اندازه‌گیری که توان آکتیو (فعال) ماشین، توان راکتیو، ولتاژ ترمینال، جریان خط و جریان تحریک را اندازه می‌گیرد، محقق می‌شود. در حالت کارکرد معمولی، عملاً ژنراتورها با مقدار ضریب توانی بین ضریب توان نامی در حالت فوق تحریک و ضریب توان نزدیک یک کار می‌کنند. در این محدوده ژنراتور به وسیله ولتاژ ترمینال و جریان خط کنترل می‌شود زیرا حد گرم شدن سیم‌پیچ استاتور، میزان بار را محدود می‌کند. ژنراتورهای سنکرون استاندارد می‌توانند بدون هیچ مشکلی با توان ظاهری نامی (کیلوولت آمپر نامی) در محدوده ۵ درصد بالاتر و یا پایین تر از ولتاژ نامی ترمینال با درجه حرارت ایمن کار کنند.

بخش دیگر محدوده عملکرد در حالت فوق تحریک، ناحیه‌ای بین خط ضریب توان نامی و ضریب توان صفر می‌باشد که در اثر حداکثر جریان تحریک مجاز یا حداکثر افزایش دمای مجاز سیم‌پیچ تحریک محدود می‌شود.

ناحیه زیر تحریک منحنی قابلیت به وسیله چهار عامل محدود می‌شود که عبارتند از:

- عامل حداکثر جریان استاتور یا عامل بالا رفتن دمای سیم‌پیچ استاتور:

این عامل باعث افزایش جریان تحریک در حالت «زیر تحریک» می‌شود.

- عامل گرم شدن لبه‌های هسته استاتور،
  - عامل حداقل جریان تحریک
- هر قدر ولتاژ ژنراتور بیش تر باشد حداقل جریان تحریک مجاز کم تر و اثر این عامل محدود کننده کم تر می‌شود. در هر توان اکتیو و در هر ولتاژ ژنراتور، حداقل جریان تحریکی برای جلوگیری از ناپایداری لازم است.
- عامل حد پایداری سامانه
  - عامل محدود کننده زاویه روتور یا زاویه قدرت یا مرز پایداری برای محدود کردن حالت زیر تحریک

**ج- بهره‌برداری از ژنراتور در حالت اضافه بار:** ژنراتورهای آبی بزرگ و با ولتاژ بالا ممکن است با ۱۱۰ یا ۱۱۵ درصد بار نامی در ضریب توان، ولتاژ و فرکانس نامی کار کنند. البته افزایش دما در این حالات بیش از مقادیر استاندارد ماشین خواهد بود. در بعضی موارد مقادیری که برای افزایش دمای سیم‌پیچ استاتور و تحریک در محدوده خارج از شرایط مقدار نامی در نظر گرفته می‌شود، در قرارداد با سازنده ذکر و مورد توافق قرار می‌گیرد. هنگامی که قرار است از ژنراتور با بارهای بالاتر از شرایط نامی بهره‌برداری گردد، توصیه می‌شود دمای هوای اطراف ماشین تا حد ممکن و با استفاده از حداکثر امکانات سامانه آب خنک کننده پایین نگهداشته شود.

**د- ارتباط اضافه بار با کاهش طول عمر عایق کاری‌ها:** بهره‌برداری از ژنراتور در حالت اضافه بار و در نتیجه در شرایطی که دما بالاتر از آنچه در استاندارد مشخص گردیده می‌باشد، سبب کاهش قابل ملاحظه طول عمر آن می‌شود. البته دما تنها معیار این کاهش به حساب نمی‌آید، زیرا طول عمر سامانه عایق‌بندی از عوامل دیگری نیز از جمله تحمل تنش‌های الکتریکی و مکانیکی ناگهانی، ارتعاش، رطوبت، تاثیر مواد شیمیایی و سایر مواردی از این قبیل، متاثر می‌شود.

**ه- یاتاقان‌ها:** عامل مهم دیگری که در بهره‌برداری از یک ژنراتور آبی باید مورد توجه قرار گیرد، عملکرد یاتاقان‌ها می‌باشد. در طراحی و ساخت ژنراتورهای آبی با شافت عمودی، یاتاقان تکیه‌گاهی، از نظر مکانیکی، مهم‌ترین عامل و کانون اصلی توجه سازنده در طراحی و ساخت می‌باشد تا سرویس‌دهی صحیح ماشین تضمین شود.

یاتاقان تراست وزن قطعات گردان ژنراتور و توربین و همچنین «نیروی محوری ناشی از عبور آب»<sup>۱</sup> از چرخ توربین را تحمل می‌کند. بلوک چرخنده<sup>۲</sup> و کفشک‌های ثابت<sup>۳</sup> از اجزای اصلی یاتاقان تراست می‌باشد. اعمال بار به بلوک چرخنده از طریق بلوک فشاری<sup>۴</sup> صورت می‌گیرد. بسته به نوع ژنراتور آبی، بلوک فشاری ممکن است با شافت ژنراتور به صورت یکپارچه باشد (واحدهای کوچک) و یا به آن متصل شده باشد که در حالت اخیر هنگام دمونتاژ و تعمیرات اساسی می‌توان آن را از شافت جدا نمود. مواردی که باید در بهره‌برداری و نگهداری انواع مختلف یاتاقان‌های تکیه‌گاهی مورد توجه قرار می‌گیرد، به این شرح می‌باشد:

- استفاده از روغن با مشخصات تعیین شده در مشخصات فنی برای روغن کاری
- نگهداری روغن به طور تمیز (فیلتراسیون)

1- Hydraulic Thrust  
2- Rotating Runner  
3- Stationary Shoes  
4- Thrust Block

- نگه‌داشتن سطح روغن در حد معمول
  - کنترل دوره‌های عایق‌بندی یاتاقان (معمولا برای یاتاقان راهنمای بالایی ژنراتور عایق‌بندی الکتریکی به کار برده می‌شود)
  - نگه‌داشتن مقدار حجمی جریان ماده خنک کننده در حد لازم
  - دمای روغن و کفشک‌های یاتاقان‌ها و کنترل آنها
  - کنترل هوا بند بودن محفظه یاتاقان و عدم نشت بخار روغن
  - کنترل عدم آلودگی آب در روغن یاتاقان
- باید دقت شود که روغن یاتاقان تمیز بماند. روغن عامل مهمی برای آن دسته از یاتاقان‌هایی است که در زمان استارت ماشین از سامانه روغن کاری با فشار بالا استفاده می‌کنند. در این زمان روغن به طور مستقیم به مرکز کفشک یاتاقان تغذیه می‌شود و ذرات خارجی کوچک می‌تواند به فیلم روغن وارد شود.
- اغلب ژنراتورهای با شافت عمودی مجهز به نشانگر سطح روغن می‌باشد. در صورتی که روغن در سطح معمول نباشد این نشانگرها با دادن آلارم و یا فرمان از کار انداختن واحد آبی از صدمات مکانیکی جلوگیری می‌کنند. بالا رفتن سطح روغن معمولا در اثر نشت آب از رادیاتور آب خنک‌کننده روغن به داخل مخزن روغن می‌باشد.
- عایق کاری یاتاقان تکیه‌گاهی به منظور جلوگیری از جاری شدن جریان الکتریکی احتمالی آسیب‌رسان به یاتاقان‌ها انجام می‌شود. عایق‌ها به پایه یاتاقان متصل می‌شوند. منبع چنین جریان‌هایی القا ولتاژ روی شافت می‌باشد. ولتاژهای شافت نتیجه عدم تقارن در مدار مغناطیسی ماشین می‌باشد، که این عدم تقارن باعث عبور فلوی مغناطیسی به سمت شافت روتور و القا ولتاژ روی آن می‌شود. این ولتاژها متناوب، و فرکانس آنها چند برابر فرکانس ولتاژ سامانه می‌باشد. مقدار این ولتاژ کم و معمولا کم‌تر از ۱۵ ولت است<sup>۱</sup>. اگر مسیری پیوسته با امپدانس کم سر راه ولتاژ القا شده در شافت، از طریق یاتاقان تا پایه<sup>۲</sup> آن (برای عبور جریان) وجود داشته باشد، در این صورت جریان تولید شده در اثر ولتاژ القا شده روی شافت ممکن است به ۱۰۰ آمپر و یا حتی چند هزار آمپر برسد که در این حالت به یاتاقان آسیب می‌رساند<sup>۳</sup>. در ژنراتورهایی که یاتاقان، بالای روتور تعبیه نشده است نیاز به عایق کاری یاتاقان نمی‌باشد. به هر حال هر تجهیز و قطعه‌ای که در بالای روتور با شافت در تماس باشد (مثل یاتاقان هادی فوقانی)، لازم است عایق‌بندی شود.
- بعد از استارت و راه‌اندازی اولیه، یاتاقان در دمای ثابتی که به آرامی با تغییر دمای آب خنک کننده تغییر می‌کند، کار خواهد کرد. هر افزایش در دمای کاری یاتاقان می‌تواند علامت تماس فلز با فلز باشد و باعث سوختن و ایجاد صدمه به یاتاقان شود. به این دلیل لازم است روغن یاتاقان به موقع تعویض و سامانه آب‌خنک‌کننده آن اصلاح و یا تعمیر شود.

### ۳-۸-۵-۲- راه‌اندازی و بارگذاری

این قسمت از راهنما، دستورالعمل کامل برای راه‌اندازی ژنراتورهای آبی را ارائه نمی‌دهد بلکه بعضی موارد مهم مرتبط با مرحله شروع بهره‌برداری را بیان می‌کند.

1 - Std – IEEE 492-1999 (clause 4.1.4.6)

2 - Std – IEEE 492-1999 (clause 4.1.4.6)

### الف - راه‌اندازی عادی

برای راه‌اندازی لازم است گشتاور کافی (با باز کردن دریچه‌های توربین) اعمال گردد و قبل از باز کردن دریچه‌های تنظیمی توربین به سرعت یک فیلم نازک روغن در یاتاقان تکیه‌گاهی ایجاد شود. بعد از این مرحله میزان افزایش سرعت سریع‌تر می‌شود تا به مقدار نامی برسد. نحوه افزایش سرعت موضوع مهمی است که اصولاً در ارتباط با شرایط کار و محدودیت‌های توربین آبی مطرح می‌شود و در این مرحله باید به دستورالعمل‌های مربوط به توربین مراجعه نمود.

ملاحظات مهم در مرحله راه‌اندازی عبارت است از: آزاد کردن ترمزها، ایجاد فیلم روغن با فشار بالا در سطح یاتاقان تکیه‌گاهی و شروع جریان آب در رادیاتورها و سامانه‌های خنک‌کننده تجهیزات.

در مرحله راه‌اندازی عمل سنکرون کردن ماشین با سامانه باید بگونه‌ای باشد که زاویه فاز میان ولتاژ ژنراتور و ولتاژ شینه کلیدها، بیش از ۱۵ درجه، در لحظه بسته شدن کلید قدرت سنکرون کننده نباشد. از نقطه نظر هم‌زمانی، زمان بسته شدن<sup>۱</sup> کلید قدرت نیز (تا اتصال کامل کنتاکت‌های کلید قدرت) باید در نظر گرفته شود. این زمان معمولاً ۳۰ میلی‌ثانیه است. بهتر است در لحظه هم‌زمانی، زاویه فاز ژنراتور کمی نسبت به شینه جلوتر باشد.

### ب - راه‌اندازی مجدد اضطراری

در شرایط عادی، ژنراتور بعد از آنکه بار آن به مقدار صفر تنزل یافت از شبکه جدا و متوقف می‌شود. ممکن است راه‌اندازی مجدد اضطراری ژنراتور، بلافاصله پس از آنکه ژنراتور به طور عادی از کار افتاد و یا بلافاصله پس از آنکه ژنراتور در اثر عملکرد رله‌های حفاظتی (به صورت توقف اضطراری کند و یا تند) از کار افتاده و قفل شده است، ضروری شود.

هنگام نیاز به راه‌اندازی اضطراری، مسئله مهم مربوط به شرایط کار یاتاقان تکیه‌گاهی می‌باشد. در صورتی که یاتاقان تکیه‌گاهی مجهز به سامانه روغن با فشار بالا نمی‌باشد، روش محافظه کارانه حکم می‌کند ماشین فوراً و بعد از خاموش شدن، مجدداً استارت نخورد تا از کار طولانی‌تر با یاتاقان داغ شده جلوگیری شود. وجود روغن داغ یا سطح خراب کفشک‌ها می‌تواند مانع فرایند تشکیل فیلم روغن در سطح یاتاقان گردد. در بعضی انواع یاتاقان‌های تکیه‌گاهی لازم است یاتاقان یک تا دو ساعت قبل از راه‌اندازی مجدد ژنراتور خنک شود، لذا در مورد هر نوع ماشین و بسته به نوع و سامانه خنک‌سازی یاتاقان‌ها لازم است دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده مورد توجه قرار گیرد و قبلاً با سازنده مذاکره شود.

در مورد راه‌اندازی بلافاصله ژنراتور، درحالی که یاتاقان تکیه‌گاهی هنوز داغ است، احتیاط‌های فوق‌الذکر برای ژنراتورهایی که مجهز به سامانه روغن کاری با فشار بالا می‌باشند مطرح نمی‌شود زیرا فیلم روغن سریعاً توسط سامانه روغن کاری فشار بالا بین سطح کفشک‌ها و بلوک چرخنده (رانر یاتاقان)، ایجاد می‌شود.

### ج - راه‌اندازی پس از توقف دراز مدت

بعد از یک دوره توقف دراز مدت لازم است از اجزای ماشین و سایر تجهیزات مرتبط با آن یک بازرسی کلی و جامع به عمل آید. کنترل و بازرسی‌های پیش‌گیرانه تجهیزات جنبی مثل کلیدها، رله‌های حفاظتی، شیرهای کنترل آب، ترمزها و ابزار مشابه به منظور پیشگیری از ایجاد خطرات احتمالی در زمان راه‌اندازی واحد مفید می‌باشد.

انجام تست مقاومت عایقی سیم‌پیچی‌ها و نتایج آن مشخص می‌کند که قبل از راه‌اندازی مجدد واحد خشک کردن سیم‌پیچ‌ها ضرورت دارد یا خیر، لذا انجام این تست‌ها، در صورت توقف دراز مدت واحد، توصیه می‌شود. انجام این تست‌ها برای ثبت تغییرات مقاومت عایقی سیم‌پیچی‌ها و داشتن تاریخچه آنها از نظر بررسی تغییرات پیش آمده در طول سال‌های بهره‌برداری مفید می‌باشد.

### د - توصیه‌های مربوط به نرخ (سرعت) بارگیری

ژنراتورهای آبی قابلیت پذیرش سریع بار از شبکه و انعطاف در تنظیم سریع بار را دارند. هنگامی که به تقاضای شبکه لازم است بار اضافی مورد نیاز سریعاً توسط ماشین تولید شود ژنراتور می‌تواند با یک نرخ خیلی سریع بارگیری کند. این نرخ البته می‌تواند بسته به نوع گاورنر، تنظیمات مربوط به زمان گشودگی دریچه‌ها و قدرت عملکرد سامانه هیدرولیکی آن و شرایط هیدرولیکی تا حدودی محدود شود.

در ارتباط با ژنراتور، مهم‌ترین امر در مورد نرخ بارگذاری، موضوع نرخ تغییر دمای سیم‌پیچ استاتور و سیم‌پیچ تحریک و تاثیراتش بر عایق‌بندی آن می‌باشد.

یک روش محافظه‌کارانه برای بار گذاشتن بر روی ژنراتور اعمال بار و افزایش آن به صورت گام به گام می‌باشد به طوری که واحد پس از ۴۵ الی ۶۰ دقیقه بعد از اعمال بار پایه، به بار نامی برسد. این روش باعث می‌شود که افزایش گرمای اجزای مختلف ژنراتور به طور توزیع شده و به حالت ماندگار و قابل قبولی باشد که در نتیجه باعث کاهش تنش‌های حرارتی وارد به اجزای مختلف می‌شود. روش محافظه‌کارانه بار گذاشتن بر روی ژنراتور طول عمر بهره‌برداری از سیم‌پیچ‌های ژنراتور را افزایش می‌دهد و معمولاً به عنوان روش بهره‌برداری عادی برای ماشین‌ها پیشنهاد می‌گردد. با اینحال به خاطر نقش مهمی که واحدهای آبی می‌توانند در قبول تغییرات بار ناگهانی شبکه سراسری و کمک به کنترل فرکانس شبکه داشته باشند، در نیروگاه‌های آبی با واحدهای متوسط و بزرگ، یک و یا چند واحد، برای پذیرش بارهای ناگهانی پیش‌بینی می‌شود. در این صورت در قسمت کنترل سامانه گاورنر هم پارامتر «دروپ فرکانس»، متناسب با نرخ بارگیری مورد نظر برای هر واحد، تعریف و تنظیم می‌شود [مرجع شماره ۹].

### ۳-۵-۸-۳- توقف واحد و ترمز ژنراتور

#### الف - توقف عادی

در فرایند توقف عادی ماشین‌های مرحله‌ای به این شرح بعد از آنکه بار به تدریج از روی ژنراتور برداشته شد و ژنراتور از سامانه قدرت جدا گردید، به کار می‌رود؛ دریچه‌های توربین بسته می‌شود، سپس در مورد واحدهایی که فقط مجهز به ترمز مکانیکی می‌باشند. هنگامی که سرعت ژنراتور به ۲۰ الی ۵۰ درصد سرعت نامی کاهش یافت ترمزهای مکانیکی به طور خودکار وارد عمل

شده و به صورت پیوسته و یا به طور متناوب با دوره تناوب حدود ۱۰ ثانیه وارد عمل می‌شود. درصد مذکور بستگی به داده‌های طراحی، مشخصات کار ژنراتور، ظرفیت ژنراتور و نوع ترمزهای به کار رفته دارد. وقتی سرعت ماشین به تقریباً ۱۰ درصد سرعت نامی کاهش یافت ترمزها به طور پیوسته تا توقف کامل واحد اعمال می‌شود. در بعضی موارد نشت آب از میان دریچه‌های تنظیمی توربین - که باید در حال بسته باشند - زیاد است و این موضوع باعث می‌شود که بعد از آنکه ژنراتور متوقف و ترمزها آزاد شد، حرکت خزشی در ژنراتور به وجود آید. برای جلوگیری از حرکت خزشی، ترمزها در موقع خاموش بودن ژنراتورها همچنان درگیر می‌مانند. برخی از ژنراتورها دارای دستگاه‌های آشکارساز حرکت خزشی<sup>۱</sup> می‌باشند.

در ژنراتورهایی که مجهز به سامانه تزریق روغن با فشار بالا برای یاتاقان تکیه‌گاهی می‌باشد، این سامانه روغن مجدداً و هنگامی که سرعت ژنراتور به ۲۵ الی ۳۰ درصد سرعت نامی آن تنزل یافت آغاز به کار می‌کند و تا زمانی که ژنراتور به طور کامل متوقف نشده است، کار می‌کند. یکی از موارد مهمی که در مورد ترمزهای مکانیکی باید مورد توجه قرار گیرد، موضوع جمع شدن غبار مواد، ناشی از سایش کفشک‌های ترمز مکانیکی روی اجزا داخلی ژنراتور است. نظر به این که معمولاً مکانیزم رینگ ترمز و کفشک ترمزها در داخل ژنراتور تعبیه می‌شود، ممکن است در اثر عمل ترمزگیری ذراتی از ترمز جدا و به وسیله فن‌های روتور به روی سیم‌پیچ‌های ماشین منتقل و پخش شود. اگر این روند برای یک دوره طولانی ادامه یابد می‌تواند بر روی عملکرد سامانه خنک کننده تاثیر نامطلوب گذارد و تبادل حرارت بین سیم‌پیچی‌ها و هوای خنک کننده به آسانی صورت نگیرد.

### ب - توقف اضطراری

توقف اضطراری ماشین که معمولاً در اثر عملکرد رله‌های حفاظتی اعمال می‌گردد با دفع آبی بار و بسته شدن سریع دریچه‌های توربین همراه می‌باشد. زمان بسته شدن دریچه‌ها تابعی از تنظیمات انجام شده توسط سامانه گاورنر، حد مجاز افزایش فشار آب در پستاک و سایر ملاحظات هیدرولیکی است. عملکرد ترمزها مانند عملکرد آنها در حالت توقف عادی واحد است. هنگامی که ژنراتور در حالتی متوقف می‌شود که دریچه‌های توربین بسته و چرخ توربین در آب غوطه‌ور است (به صورتی که برای توربین‌های با ارتفاع بالای فرانسیس و توربین‌های کاپلان برقرار است)، وجود آب به توقف ژنراتور کمک می‌کند. در مورد توربین پلتن بسته به دور و ارتفاع آن ممکن است جت آب ترمز کننده برای مرحله توقف اضطراری مورد نیاز باشد. بهر حال زمان توقف توربین‌های نوع پلتن از انواع دیگر توربین‌های آبی طولانی‌تر است.

### ج - به کارگیری ترمزها و جک‌ها

در ژنراتورهای آبی با شافت عمودی ترمز کردن مکانیکی و جک زدن توسط یک مجموعه انجام می‌شود. عمل ترمزگیری با استفاده از هوای فشرده انجام می‌گیرد. برای توقف عادی ژنراتور، ترمزها با فعال شدن کلیدهای حدی مربوط به سرعت، در سرعت تنظیم شده برای ترمز ژنراتور به صورت اتوماتیک آغاز به کار می‌کند.

### د- ترمز الکتریکی (دینامیکی)

ترمز الکتریکی (دینامیکی) برای کاهش زمان توقف یا زمان کاهش سرعت چرخش<sup>۱</sup> ژنراتور به کار می‌رود. در مورد ژنراتورهایی که به ترمز الکتریکی و مکانیکی مجهز می‌باشند، پس از فرمان توقف و بسته شدن دریچه‌های تنظیمی توربین، هنگامی که سرعت واحد به حدود ۸۰ درصد سرعت نامی رسید، ترمز الکتریکی وارد عمل می‌شود و پس از رسیدن سرعت واحد به حدود ۱۰ درصد سرعت نامی، ترمز مکانیکی نیز اعمال می‌شود.

### ۳-۸-۵-۴- قطع ناگهانی بار و سرعت فرار

مشخصات عملکرد ژنراتور آبی تحت شرایط تغییرات ناگهانی و نیز «قطع ناگهانی بار»<sup>۲</sup> تابعی از مشخصات کارکرد توربین هیدرولیکی، نحوه تنظیمات سامانه گاورنر آن واحد، و میزان کل مقدار ممان چرخش روتور با احتساب «اثر چرخ طیار» مربوط به توربین، یعنی مقدار کل پارامتر "WR<sup>2</sup>" واحد (برحسب تن در مترمربع) می‌باشد، که با استفاده از «ثابت اینرسی» (لختی) روتور ژنراتور و توربین محاسبه می‌شود. مقدار ثابت اینرسی، تابعی از دور، شعاع و ممان چرخش روتور و قدرت اسمی ژنراتور می‌باشد. اثر چرخ طیار<sup>۳</sup> و مقدار ثابت اینرسی مجموعه، در هنگام تغییرات ناگهانی بار شبکه به حفظ پایداری سامانه برق کمک می‌نماید و به گاورنر امکان می‌دهد تا سرعت واحد را کنترل کند، لذا در طراحی ژنراتورها باید میزان آن با توجه به سرعت و شرایط کارکرد واحد بررسی و تعیین شود.

با وجود آنکه در طراحی ژنراتورهای آبی موضوع پایداری در حالت ایجاد سرعت فرار در توربین لحاظ می‌گردد و ممان چرخش روتور متناسب با شرایط متفاوت کار محاسبه می‌شود، لیکن بهره‌برداری دراز مدت در این سرعت قابل قبول نیست و حتی‌الامکان باید از ایجاد حالت «سرعت فرار»<sup>۴</sup>، ناشی از تغییرات سریع بار اجتناب شود و سعی شود واحدها کم‌تر در این حالت از سرعت اضافی چرخش قرار گیرند.

در شرایط عادی قطع بار ژنراتور، سامانه گاورنر دستور بسته شدن دریچه‌های توربین را با سرعت مناسب صادر می‌کند تا سرعت ژنراتور در مقداری کم‌تر از سرعت فرار توربین نگهداشته شود. در مواقعی که در گاورنر یا دریچه‌های تنظیمی اشکالی وجود داشته باشد به طوری که نتواند واحد را به حالت سرعت بدون بار و یا توقف در آورد باید شیر ورودی نیروگاه و در صورت موجود نبودن شیر ورودی، دریچه‌های اضطراری راس در ورودی پنستاک‌ها، برای جلوگیری از افزایش سرعت غیرمجاز بسته شوند. این تمهیدات باید در مدارهای حفاظتی و کنترل واحد در نظر گرفته شده شود.

---

1- Run Down Time  
2- Load Rejection  
3- Fly Wheel Effect  
4- Runaway Speed



### ۳-۹- بهره‌برداری از سامانه تحریک و تنظیم‌کننده ولتاژ ژنراتور

#### ۳-۹-۱- کلیات

ژنراتورهایی که به یک شبکه وسیع با خطوط انتقال طولانی متصل می‌شوند، برای حفظ پایداری در حالت‌های گذرای شبکه، باید دارای سامانه تحریکی با سرعت پاسخ زیاد باشند. در یک شبکه وسیع هنگامی که یک حالت اتصالی در نقطه‌ای نسبتاً دور از ژنراتور در شبکه ایجاد می‌شود، حوزه دوار حاصل از جریان اتصالی (که از ژنراتور عبور می‌کند)، می‌تواند اثر میدان تحریک ژنراتور را تضعیف کند و باعث افت ولتاژ در ترمینال‌های آن گردد، در این حالت ممکن است ژنراتور از حالت سنکرون خارج شود. به منظور مقابله با این شرایط لازم است سامانه تحریک سرعت تنظیم ولتاژ تحریک بالایی داشته باشد و در عین حال به اندازه کافی انرژی اضافی داشته باشد تا در زمان گذرای حالت اتصالی در شبکه، به دلیل عبور جریان کوتاه مدت اتصال کوتاه (مربوط به اجزای شبکه)، میدان تحریک افت زیادی ننماید. در این صورت ماشین قادر خواهد بود تا برطرف شدن اختلال‌های گذرا در شبکه، بدون افت ولتاژ غیرمجاز و خطرناک و به صورت نسبتاً پایدار به کار ادامه دهد.

دستگاه تنظیم‌کننده ولتاژ ژنراتور (رگولاتور ولتاژ) از اجزای مهم سیستم تحریک، برای کارکرد پایدار و بدون نوسان واحدهای نیروگاه می‌باشد و برای حصول بهره‌برداری مطمئن از نیروگاه باید مشخصات فنی مناسب و هماهنگ با سامانه تحریک ژنراتور داشته باشد.

انواع اصلی سامانه‌های تحریک ژنراتور عبارتند از:

- سامانه تحریک‌کننده گردان (نوع قدیمی)، که در آن از ژنراتور تحریک‌کننده جریان مستقیم به عنوان تحریک‌کننده اصلی و نیز به عنوان تحریک‌کننده کمکی (راه‌انداز اولیه)، استفاده شده است. ژنراتورهای تحریک‌کننده جریان مستقیم روی محور ژنراتور اصلی قرار می‌گیرند.
- سامانه تحریک جداگانه، که دارای قابلیت تولید جریان تحریک بیش‌تری نسبت به مولدهای جریان تحریک مستقیم قدیمی، می‌باشد. معمولاً ماشین تحریک جداگانه به کمک یک موتور سه فاز (که از طریق سامانه تامین برق متناوب مصرفی نیروگاه برق‌دار می‌شود)، به گردش در می‌آید.
- سامانه تحریک‌گردان بدون جاروبک و رینگ‌های لغزان، که در ساخت آن از دیودهای یک‌سوکننده گردان (واقع بر روی محور ژنراتور اصلی)، استفاده می‌شود. این سامانه برای ژنراتورهای با قدرت کم و متوسط هنوز کاربرد دارد. این نوع سامانه تحریک به دلیل حذف جاروبک‌ها و رینگ‌های لغزان در ساخت آن، از نظر نگهداری بسیار ساده‌تر است و مزیت ویژه‌ای نسبت به انواع قبلی سامانه‌های تحریک‌کننده گردان دارد.
- نسل جدید سامانه‌های تحریک با استفاده از یکسوکننده‌های استاتیک ساخته شده است. جریان خروجی یکسوکننده‌های نیمه هادی، با تغییر ولتاژ ورودی کنترل می‌شود. با به کارگیری یکسوکننده‌هایی که دارای دریچه کنترل<sup>۱</sup> می‌باشند (یکسوکننده‌های تریستوری)، جریان مستقیم خروجی از مجموعه یکسوکننده‌های سامانه‌های تحریک استاتیک کاملاً قابل کنترل گردیده است.

- یکسوکنده‌های نوع استاتیک جدید مزایای زیادی دارند، از جمله:
  - جریان‌های خروجی نامی بالایی می‌توانند تولید کنند.
  - زمان پاسخ خیلی سریعی می‌توانند داشته باشند.
  - نسبت به تحریک کننده‌های دارای مولد جریان مستقیم به نگهداری کم‌تری احتیاج دارند.
  - اندازه فیزیکی آنها، نسبت به ظرفیت جریان قابل تولیدشان بسیار کم‌تر از ابعاد سامانه‌های تحریک با یکسوکنده‌های صنعتی گردان می‌باشد.
  - برای جانمایی آنها در نیروگاه، آزادی عمل بیش‌تری وجود دارد.

### تنظیم‌کننده ولتاژ ژنراتور

دستگاه تنظیم‌کننده ولتاژ، قسمت مهمی از سامانه کنترل ژنراتور است که اطلاعات مربوط به ولتاژ و تولید را از شبکه می‌گیرد، با نقطه مرجع مقایسه می‌کند، باید میزان انحراف را محاسبه و نهایتاً فرمان لازم را برای تغییر جریان تحریک به منظور اصلاح ولتاژ خروجی سیم‌پیچ استاتور، صادر می‌کند.

برای حفظ شرایط مناسب واحد برای کار در شبکه، باید میزان توان آکتیو و راکتیو تولید شده واحد به صورت دایم نظارت و تنظیم شود. تغییرات توان خروجی راکتیو هر واحد با تغییر دادن جریان تحریک ایجاد می‌شود. تغییر جریان تحریک ژنراتور اصلی نیز به کمک سامانه تحریک ژنراتور انجام می‌شود. اگر تحریک کننده از نوع گردان با مولد جریان مستقیم باشد، جریان خروجی از آن با تغییر در ولتاژ دو سر سیم‌پیچ تحریک آن انجام می‌شود. این تغییر نیز به نوبه خود توسط تحریک کننده کمکی (تحریک کننده راه‌انداز یا پیلوت) انجام می‌گیرد و بالاخره خروجی تحریک کننده کمکی نیز با تغییر در جریان یا ولتاژ ورودی آن توسط دستگاه تنظیم‌کننده ولتاژ انجام می‌شود.

باید توجه داشت که موضوع سازگاری بین سامانه تحریک و سامانه تنظیم‌کننده ولتاژ، همواره از مسایل اساسی مربوط به طراحی و انتخاب تجهیزات بوده است. بایشرفت در ساخت ادوات نیمه‌هادی، تحول زیادی در ارتقای مشخصات سامانه‌های تحریک‌کننده و تنظیم‌کننده‌های اتوماتیک ولتاژ حاصل شده است.

تنظیم‌کننده‌های جدید ولتاژ از نوع استاتیک امکانات و مزایای زیادی به شرح زیر می‌باشند:

- سامانه به طور کامل استاتیکی می‌باشد و هیچ‌کدام از اجزای آن متحرک و گردان نیستند.
- به حداقل نگهداری نیاز دارد.
- جای بسیار کمی را اشغال می‌کنند و از نظر جانمایی در نیروگاه، انعطاف‌پذیری زیادی دارند.
- پارامترهای الکتریکی خروجی ژنراتور را به نحو بسیار دقیقی کنترل می‌کنند.
- می‌توان هر یک از کمیت‌های زیر را انتخاب و کنترل نمود:
  - ولتاژ ژنراتور
  - قدرت راکتیو ژنراتور
  - ضریب توان ژنراتور
  - امکان تنظیم دستی جریان تحریک (در صورت بروز اشکالات موقت در مدار اتوماتیک)

- پاسخ سریع به تغییرات پارامترها
- نسبت پاسخ بسیار بالا
- انجام تغییرات در پارامترهای خروجی به صورت پیوسته
- قابلیت کمک به پایداری بیش‌تر سامانه
- قابلیت مدوله کردن سیگنال‌های خروجی، از نظر دامنه، زمان و فاصله زمانی بین سیگنال‌ها
- دارا بودن سامانه نظارت بر کارکرد اجزای داخلی سامانه تنظیم کننده ولتاژ، عیب‌یابی و تشخیص خود به خود (اتوماتیک) وضعیت کار اجزا و تشخیص اشکالات احتمالی در داخل سامانه تنظیم کننده ولتاژ

### ۳-۹-۲- بهره‌برداری از سامانه تحریک نوع استاتیک و تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ

در این قسمت از راهنما موارد مربوط به بهره‌برداری با استفاده از یک نمونه سامانه تحریک مدرن نوع استاتیک برای واحدهای بزرگ آبی، با شرح کلی امکانات لازم برای بهره‌برداری مطمئن آورده شده است.

به‌طور کلی اجزای اصلی سامانه تحریک نوع استاتیک، شامل ترانسفورماتور تحریک، ترانسفورماتور ترمز/تست (اختیاری) و مجموعه تابلوهای تحریک می‌باشد. تابلوهای تحریک شامل مدارهای قدرت جریان متناوب سه‌فاز قبل از یکسوکننده‌ها و جریان مستقیم بعد از یکسوکننده‌ها، یکسوکننده‌های تریستوری، تابلوی تنظیم کننده‌های ولتاژ و کنترل می‌باشد. سامانه تحریک همچنین باید شامل تابلوی محلی نشان دهنده‌ها و هشداردهنده‌ها باشد که بهره‌برداری محلی و عیب‌یابی سریع را فراهم نماید.

انرژی سامانه تحریک در حالت عادی از طریق ترانسفورماتور تحریک، که قسمت اولیه (فشار قوی آن) به شینه‌های خروجی ژنراتور اصلی و قسمت ثانویه آن به مجموعه یکسو کننده‌های استاتیک وصل شده است، تامین می‌شود.

جریان تحریک از طریق «پل‌های تریستوری تمام کنترل شده»، امکان ایجاد ولتاژ تحریک مثبت و منفی را فراهم می‌سازد. برای افزایش قابلیت اطمینان در بهره‌برداری، لازم است حداقل یک مجموعه مبدل اضافی به طور موازی در سامانه تحریک در نظر گرفته شود. آرایش مبدل‌ها باید این امکان را فراهم کند که اگر یک مجموعه مبدل (یکسوکننده) خراب گردید، مجموعه‌های باقی‌مانده بتواند جریان خروجی تحریک موردنیاز را به طور کامل برای کار ژنراتور در بار نامی تامین نماید.

جریان تحریک، از شینه برق مستقیم سامانه تحریک توسط کلید قدرت اصلی میدان تحریک، از طریق «لینک»های خاص (که امکان تغییر قطب‌ها را فراهم می‌سازد)<sup>۱</sup>، به طرف سیم‌پیچی تحریک روتور ژنراتور (از طریق جاروبک‌ها و حلقه‌های لغزان) هدایت می‌شود.

میدان تحریک، پس از فعال شدن سیگنال خطا (سیگنال تریپ)، با باز شدن کلید اتوماتیک ولتاژ مستقیم تحریک، فوراً قطع می‌شود. هم‌زمان با فرمان قطع تحریک، یک سری از کنتاکت‌های کلید تحریک، که مربوط به وضعیت تخلیه انرژی ذخیره شده در سیم‌پیچی میدان ژنراتور است به صورت اتوماتیک ارتباط کابل‌های تغذیه میدان را به مجموعه مقاومت‌های تخلیه میدان برقرار می‌کند.

### تجهیزات تحریک اولیه

در ژنراتورهای بزرگ، که نیاز به سامانه تحریک با ظرفیت بالا دارند، اثر پس‌ماند مغناطیسی روتور در حدی نیست که برای تحریک اولیه، تحریک را فعال نماید. برای تحریک اولیه، معمولاً از یک خط تغذیه الکتریکی، که مرتبط با شبکه تامین برق مصرفی متناوب نیروگاه است، استفاده می‌شود. این منبع، از طریق ترانسفورماتور مجزا و دیویدهای یکسوکننده و کنتاکتور مخصوص، ولتاژ مستقیم موردنیاز روتور را برای تحریک اولیه تامین می‌کند. پس از آنکه جریان مستقیم تحریک یا جریان روتور از یک حد معین قابل تنظیم فراتر رفت، مبدل‌های اصلی تریستوری سامانه تحریک شروع به کار می‌کند و ولتاژ ژنراتور را تا مقدار نامی بالا می‌برد.

در شرایط اضطراری نیز که سامانه برق متناوب نیروگاه قطع گردیده است، تحریک اولیه با استفاده از باتری‌های پشتیبان سامانه برق مستقیم نیروگاه، تامین می‌شود.

### کنترل نظارتی<sup>۱</sup> یکسوکننده‌های تریستوری

در تابلوی کنترل محلی سامانه تحریک، کنترل نظارتی یکسوکننده‌های نیمه هادی سامانه تحریک لحاظ می‌گردد. این کنترل نظارتی شامل نظارت بر خراب شدن تریستورها، خراب شدن فیوزهای حفاظتی در مدار اجزای سامانه تحریک، کنترل عملکرد فن‌های خنک‌کننده یکسو کننده و دمای یکسوکننده‌ها می‌باشد.

در زمان بهره‌برداری هر کدام از تریستورهای پل‌های یکسو کننده، لازم است موارد مربوط به وضعیت عملکرد تریستورها به شرح زیر در سامانه کنترل اعلام شود:

- تریپ فیوز
  - معیوب شدن پالس آتش
  - معیوب شدن تریستور
- برای تجهیزات تنظیم کننده ولتاژ نیز باید در یک سامانه نظارت موارد فهرست شده در زیر به آگاهی بهره‌بردار رسانده شود:
- آشکار کردن خرابی هر کدام از تنظیم کننده‌های ولتاژ (رگولاتورها)
  - آشکار کردن از بین رفتن هر کدام از منابع تغذیه رگولاتورها
  - آشکار کردن خرابی هر کدام از ادوات پالس «گیت»
  - آشکار کردن خرابی ادوات اندازه‌گیری ولتاژ و تنظیم ولتاژ
  - خرابی در مجموعه کنترل کننده
  - انتقال اتوماتیک از یک تنظیم کننده ولتاژ به تنظیم کننده ولتاژ پشتیبان (اضطراری)، در زمان اشکال در یک مجموعه از تنظیم کننده‌های ولتاژ بدون اختلال در کار سیستم تحریک<sup>۲</sup>
  - اعلام خرابی فن‌های تابلوهای تحریک

1- Supervisory Control

2- Bumpless Transfer

- هشدار اضافه‌بار شدن سامانه تحریک
  - هشدار جریان حداکثر لحظه‌ای، از طریق فعال شدن محدودکننده جریان
  - نمایش فعال شدن حفاظت در مقابل افزایش ولتاژ DC (یا حفاظت Crow-Bar)
- اگر در حین بهره‌برداری (و تنظیم جریان روتور) نقطه «ست شده» واقعی از محدوده‌ی تنظیمات رگولاتور ولتاژ فراتر رود، در این صورت تغییر وضعیت به حالت اتوماتیک مسدود (یا «بلوکه») می‌شود، لذا بهره‌بردار پس از اعلام هشدار سامانه کنترل و نظارتی و آگاهی از اشکال مذکور، باید برای تنظیم مجدد دستگاه اقدام نماید.

### سامانه تحریک در حالت ترمز الکتریکی ژنراتور

سامانه تحریک امکاناتی را برای کم کردن سرعت ماشین برای توقف گردش فراهم می‌کند. ترمینال‌های فاز ژنراتور از طریق یک کلید واقع در خروجی ژنراتور به حالت اتصال کوتاه در می‌آید و تغذیه جریان تحریک نیز در این حالت به صورت مستقل از ژنراتور تامین می‌شود.

کنترل کننده دیجیتال سامانه تحریک برای این شرایط تطبیق داده می‌شود. در این حالت ژنراتور به وسیله پل‌های تریستوری تا حد جریان نامی تحریک می‌شود. این تحریک باقی می‌ماند تا ماشین از حرکت بایستد. تلفات در سیم‌پیچ استاتور باعث ایجاد یک گشتاور مکانیکی می‌شود که عمل ترمز را با کاهش دور ماشین محقق می‌کند.

### ۳-۹-۳- شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه تحریک ژنراتور و تنظیم کننده ولتاژ

شرایط مختلف عادی و غیرعادی بهره‌برداری از سامانه تحریک کننده گردان (واقع بر محور واحد) و سامانه تحریک کننده نوع استاتیک به صورت زیر تشریح می‌شود.

#### ۳-۹-۳-۱- سامانه تحریک گردان روی محور واحد

##### الف - شرایط کارکرد عادی

- وضعیت‌های زیر نشان دهنده کارکرد عادی سامانه تحریک گردان می‌باشد:
- سامانه تحریک به فرمان‌های بهره‌بردار و یا وسایل تنظیم کننده اتوماتیک به صورت منظم پاسخ می‌دهد.
  - جریان خروجی سامانه تحریک در محدوده مقادیر نامی آن (طبق مشخصات طراحی) به صورت اتوماتیک یا توسط بهره‌بردار قابل تنظیم است.
  - درجه حرارت تحریک کننده برای جریان‌های تحریک تعریف شده در پلاک مقادیر نامی، در محدوده مجاز تعریف شده قرار می‌گیرد.
  - ارتعاشات یا تاقان مولدهای تحریک در محدوده‌های مجاز است.
  - درجه حرارت یا تاقان‌های تحریک در محدوده‌های مجاز است.
  - سطح صدای سامانه تحریک گردان در حد عادی است.
  - توزیع حرارت در اطراف یوغ سازه روتور یکنواخت است.

- جاروبک‌ها به صورت عادی، بدون ساییدگی غیرعادی و گرمای اضافی کار می‌کنند و گرده ذغال اضافی در اطراف مجموعه کلکتور مشاهده نمی‌شود.
- لایه نرمه ذغال روی حلقه‌های لغزان در حد معمول وجود دارد ولی حلقه‌های لغزان ساییده نشده‌اند.
- در مورد تحریک کننده راه‌انداز نیز (در صورت استفاده در سامانه تحریک گردان)، شرایط مشابه فوق در حالت کار عادی، قابل اشاره است.

### ب - شرایط غیرعادی بهره‌برداری

- شرایط بهره‌برداری غیرعادی تحریک کننده، به طور کلی در صورت بروز یکی از شرایط زیر خواهد بود:
- سامانه تحریک به فرمان‌های بهره‌بردار و یا وسایل تنظیم کننده اتوماتیک به صورت منظم و دقیق پاسخ نمی‌دهد.
  - درجه حرارت سامانه تحریک به مقادیر حدی رسیده و یا از آن تجاوز کرده است.
  - میزان ارتعاش یاتاقان‌ها به سقف مقادیر مجاز رسیده و یا از آن تجاوز کرده است.
  - سطح صدا در سامانه تحریک (یاتاقان‌ها) افزایش یافته و غیرعادی است.
  - توزیع حرارت در اطراف سازه مولد تحریک به صورت غیرمتعادل است و در مناطقی از حد معمول بالاتر رفته است.
- مادامی که هر یک از وضعیت‌های فوق‌الذکر اشکال عمده‌ای را نشان نداده‌اند، نیازی به توقف ماشین نیست و باید بررسی برای تشخیص علت آن انجام شود. در صورت پیشرفت شرایط غیرعادی و رسیدن به مراحل مانند حذف کامل عکس‌العمل سامانه تحریک در پاسخ به فرمان‌های اتوماتیک وسایل و فرمان‌های بهره‌بردار، یا کارکرد با ارتعاش بالا و ناهموار، که نشان از خرابی یاتاقان می‌باشد و یا بالا رفتن درجه حرارت به میزان بسیار زیاد، واحد باید برای بررسی دقیق‌تر و اقدامات اصلاحی متوقف شود.

### ۳-۹-۲- سامانه تحریک نوع استاتیک

#### الف - شرایط کارکرد عادی

- وضعیت‌های زیر نشان دهنده کارکرد عادی سامانه تحریک می‌باشد:
- سامانه تحریک به فرمان‌های بهره‌بردار و یا وسایل تنظیم کننده اتوماتیک به صورت منظم پاسخ می‌دهد.
  - جریان خروجی سامانه تحریک در محدوده مقادیر نامی آن (طبق مشخصات طراحی) به صورت اتوماتیک قابل تنظیم است.
  - درجه حرارت تجهیزات نیمه هادی (یکسوکننده‌ها) و دمای سیم‌پیچ و هسته ترانسفورماتور تحریک در محدوده‌های مجاز است.
  - سطح صدای ترانسفورماتور تحریک در حد عادی است. البته این موضوع برای سیستم‌های تحریک نوع استاتیک اهمیت ندارد.

**ب - شرایط غیرعادی بهره‌برداری**

- شرایط بهره‌برداری غیرعادی تحریک کننده، به‌طور کلی در صورت بروز یکی از شرایط زیر خواهد بود:
- سامانه تحریک به فرمان‌های اپراتور و یا وسایل تنظیم‌کننده اتوماتیک به‌صورت منظم و دقیق پاسخ نمی‌دهد.
  - درجه حرارت سامانه تحریک به مقادیر حدی رسیده و یا از آن تجاوز کرده است.
  - سطح صدای ترانسفورماتور تحریک افزایش یافته و غیرعادی است.
- مادامی که هر یک از وضعیت‌های فوق‌الذکر اشکال عمده‌ای را نشان نداده‌اند، نیازی به توقف ماشین نیست و باید بررسی برای تشخیص علت آن انجام شود. در صورت پیشرفت شرایط غیرعادی و رسیدن به مراحل ماند حذف کامل عکس‌العمل سامانه تحریک در پاسخ به فرمان‌های وسایل تنظیم کننده، یا بالا رفتن درجه حرارت به میزان بسیار زیاد، واحد باید برای بررسی دقیق‌تر و اقدامات اصلاحی متوقف شود.

**۳-۹-۳- شرایط مختلف کارکرد سامانه تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ****الف- شرایط کارکرد عادی تنظیم کننده ولتاژ**

- شرایط زیر نشان دهنده کارکرد عادی سامانه تنظیم کننده ولتاژ می‌باشد:
- تنظیم کننده ولتاژ فرمان‌ها و سیگنال‌های کنترل کننده لازم را براساس نیازها و درخواست شبکه و یا براساس درخواست‌های اپراتور به سامانه تحریک ارسال می‌کند.
  - تنظیم کننده ولتاژ قادر است پارامترهای مختلف (ولتاژ، قدرت راکتیو، ضریب توان و جریان تحریک) را در محدوده‌های تعریف شده برای این پارامترها، تنظیم نماید.
  - در تابلوهای تنظیم کننده ولتاژ، اجزای سامانه، از جمله پل‌های یکسوکننده، در محدوده‌های درجه حرارت مجاز کار می‌کند.
  - صدای غیرعادی و یا افزایش «نویز» از محفظه ترانسفورماتور شنیده نمی‌شود.
  - کلیه ابزار اندازه‌گیری، وسایل نمایش‌گر و آلارم دهنده و ادوات حفاظتی سالم و قابل بهره‌برداری می‌باشند.
  - هیچ‌کدام از هشدار دهنده و ادوات حفاظتی، فعال نشده‌اند.

**ب- شرایط کارکرد غیرعادی تنظیم کننده ولتاژ**

- در صورت وجود هر یک از شرایط زیر کارکرد سامانه در حالت غیرعادی قرار می‌گیرد:
- برخی از فرمان‌های تنظیم کننده ولتاژ برای تنظیم پارامترهای الکتریکی به صورت اتوماتیک به سامانه تحریک ارسال نمی‌شود و یا در صورت ارسال این کار به صورت منظم صورت نمی‌گیرد.
- تا زمانی که تغییرات و شرایط فوق‌الذکر به حد وسیعی نرسیده، یعنی پاسخ‌گویی سامانه تنظیم ولتاژ و تحریک به تغییرات مورد نیاز کاملاً مختل نشده و دمای اضافی هنوز بحرانی نیست، لازم نیست واحد متوقف شود، مگر آنکه بررسی روند پیشرفت

شرایط غیرعادی فوق‌الذکر توسط بهره‌بردار نشان دهد که اقدام اصلاحی عاجل موردنیاز است. بهره‌بردار در بسیاری از موارد فوق می‌تواند عملیات بهره‌برداری را به صورت دستی انجام دهد و مانع از خروج ناخواسته واحد از مدار تولید گردد.

### ۳-۱۰- شرایط مختلف بهره‌برداری از توربین آبی

توربین آبی به عنوان محرک اولیه واحدهای آبی، انرژی پتانسیل آب را به انرژی مکانیکی دورانی تبدیل می‌کند. در این قسمت بر ویژگی‌های عملکرد توربین نوع فرانسویس تاکید شده است. موارد عمومی‌تر این بخش، که به ارتباط عملکرد توربین با تجهیزات وابسته و ملحقات آن می‌پردازد (مانند یاتاقان، اجزای مکانیکی و کنترل کننده گاورنر، ارتباط با شیر اصلی ورودی و وسایل حفاظت‌کننده) در مورد سایر انواع توربین آبی، به خصوص انواع دیگر توربین‌های عکس‌العملی (نوع پروانه‌ای و کاپلان) نیز کاربرد دارد.

توربین‌های فرانسویس در محدوده وسیعی از ارتفاع موثر آب (بار آبی) و بده ورودی کار می‌کنند و این توربین‌ها، بخصوص نوع محور عمودی آن، در محدوده توان واحدهای متوسط و بزرگ آبی، درصد عمده توربین‌های به کار رفته در نیروگاه‌های آبی دنیا را تشکیل می‌دهد.

### ۳-۱۰-۱- محدوده‌های عملکرد هموار توربین

الف- کارکرد توربین‌های فرانسویس در محدوده ۵۰ تا ۱۰۰ درصد قدرت خروجی نامی معمولاً نرم و بدون مشکل خاصی می‌باشد. لذا در حالت‌های عادی کارکرد بهتر است نقطه تنظیم بار توربین، در این محدوده قرار گیرد.

ب - بالاترین راندمان توربین نوع فرانسویس، معمولاً در محدوده نزدیک به ۷۵ تا ۸۰ درصد حداکثر قدرت خروجی توربین (و یا در حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد قدرت نامی توربین) حاصل می‌شود. محدوده کلی ذکر شده با دبی خروجی و ارتفاع آب مخزن تا حدی تغییر می‌کند.

ج- توربین‌های فرانسویس علی‌رغم مزایای مختلف و انعطاف پذیری عملکرد در محدوده‌های زیادی از قدرت قابل تولید، دارای برخی محدودیت‌های ذاتی نیز به شرح زیر می‌باشند:

- به طور کلی در توربین فرانسویس یک ناحیه کارکرد «ناهموار» وجود دارد که تقریباً در محدوده‌ی ۳۵ تا ۵۵ درصد بازشدگی دریچه‌های تنظیمی توربین مشاهده می‌شود. توربین نباید به صورت مداوم در این ناحیه مورد بهره‌برداری قرار گیرد. محدوده فوق‌الذکر از هر واحد به واحد دیگر می‌تواند تا حدودی تغییر کند و تابعی از تراز سطح آب مخزن و تراز آب در پایاب نیروگاه می‌باشد. بهره‌برداری از واحد در این مناطق نیز به صورت کوتاه مدت امکان‌پذیر است، به‌هنگام تغییرات بار واحد و نیاز به قرار گرفتن کوتاه مدت واحد در این نواحی (تا توزیع بار روی واحدها و انتقال نقطه کار توربین به نواحی نرم‌تر منحنی عملکرد توربین)، واحد در این مناطق نیز می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد.



- در هنگام راه‌اندازی و تغییرات بار واحد تا زمان توقف آن، یاتاقان‌های توربین و ژنراتور تحت بارهای مختلف ناشی از اجزا گردان (چرخ توربین، روتور، محور و سایر اجزا گردان) قرار می‌گیرد. در این رابطه بسیار اهمیت دارد که مشخص گردد کدام نیروها مخرب می‌باشد و کدام نیروها برای مدت زمان محدود قابل تحمل است. اثر این نیروها در قالب تغییر حرکت نسبی محور (شافت) نسبت به غلاف یاتاقان یا کشکک‌های یاتاقان‌ها<sup>۱</sup> بروز می‌کند و توسط سامانه اندازه‌گیری ارتعاشات مشاهده و ارزیابی می‌شود.

با تنظیم محدوده‌های مناسب بار و کنترل ارتعاشات، می‌توان دوره زمانی کارکرد واحد را در نواحی «ناهموار» به حداقل رساند. با استفاده از هوادهای طبیعی به لوله مکش یا استفاده از سامانه هوادهای با هوای فشرده و کمک به کاهش نوسانات فشار آب در لوله مکش، می‌توان دامنه ارتعاشات را کاهش داده و امکان بهره‌برداری از واحد را در نواحی «ناهموار» یا نزدیک به آن، در صورت نیاز فراهم نمود.

در محدوده‌ای توان تقریباً ۵۰ درصد توان خروجی توربین در گشودگی ۱۰۰٪، تا توان حدود صفر (محدوده‌ی بار کم)، معمولاً کار توربین فرانسسیس ناپایدار و همراه با سر و صدا می‌باشد و پدیده خلاءزایی (کاویتاسیون) در این محدوده زیادتر از حد معمول است، لذا بهره‌برداری از توربین در این محدوده‌ها به صورت طولانی مدت توصیه نمی‌شود. با این حال در برخی از نیروگاه‌های آبی که استفاده از واحد در این محدوده توان موردنیاز می‌باشد، با تمهیدات خاص می‌توان از توربین بهره‌برداری نمود. در هر صورت هنگامی که دستگاه بهره‌بردار، تحت شرایط خاص و یا نیاز شبکه، بهره‌برداری از واحد را در محدوده «بار کم» انتخاب می‌کند، کاهش عمر مفید چرخ توربین را، به دلیل افزایش نرخ فرسایش آن (ناشی از افزایش آثار خلاءزایی)، می‌پذیرد.

### ۳-۱۰-۲- شرایط بهره‌برداری عادی از توربین

بهره‌برداری عادی از توربین هنگامی است که شرایط زیر برقرار باشد:

- توربین به فرمان‌های بهره‌بردار و یا سامانه‌های کنترل کننده گاورنر پاسخ می‌دهد.
- تنظیمات مربوط به زمان بسته شدن و باز شدن دریچه‌های تنظیمی در محدوده‌های مناسب (طبق نتایج حاصل از آزمایش‌های پذیرش واحد)، قرار دارد.
- لرزش غیرعادی محور و سر و صدای زیاد در محفظه حلزونی و لوله مکش وجود ندارد.
- ارتعاش‌های یاتاقان توربین از نظر میزان مطلق و میزان نسبی در جهت محورهای عمودی و افقی در محدوده‌های مجاز قرار دارد.
- تمام پین‌های برشی دریچه‌های تنظیمی توربین سالم‌اند.
- دمای روغن یاتاقان توربین و مقدار حجمی جریان روغن در حد عادی است.
- مقدار حجمی جریان آب خنک کننده یاتاقان عادی است.
- مقدار حجمی جریان و فشار آب مجموعه آب بند شافت توربین
- نشتی آب از محفظه آب‌بندی شافت توربین وجود ندارد و یا در حد قابل قبول است.

- هیچ‌کدام از سیگنال‌های هشدار دهنده مربوط به توربین فعال نشده‌اند.
- توربین و سامانه‌های کمکی مربوط به آن می‌توانند در حالت کنترل اتوماتیک مورد بهره‌برداری قرار گیرند و با وجود سامانه پایش (مونیتورینگ) توربین، حداقل مراقبت و نظارت بهره‌بردار مورد نیاز است.

### ۳-۱۰-۳- بهره‌برداری توربین در شرایط غیرعادی

در صورت دور شدن وضعیت کارکرد توربین نسبت به هر یک از شرایط فوق‌الذکر، توربین در حالت غیرعادی بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در بسیاری از این موارد غیرعادی، می‌توان بدون آنکه صدماتی به توربین وارد شود، بهره‌برداری از آن را ادامه داد. بدیهی است، وجود اشکال در عملکرد اجزا سامانه گاورنر نیز می‌تواند باعث پدید آمدن شرایط کار غیرعادی برای توربین شود.

### ۳-۱۰-۴- شرایط پیش‌بینی نشده در بهره‌برداری توربین

در صورت بروز اشکالات مهم‌تر از عوامل فوق، یا بروز شرایط غیرعادی فوق با دامنه و وسعت بسیار بیشتر، شرایط پیش‌بینی نشده در کارکرد توربین پدید می‌آید، برخی از این عوامل عبارتند از: ارتعاشات شدید در توربین به دلیل شکسته شدن تعداد زیادی از پین‌های برشی، پاسخ ندادن به موقع دریچه‌های تنظیمی به فرمان‌های گاورنر، افزایش سرعت و عمل نکردن وسایل حفاظت در مقابل اضافه سرعت، قطع جریان آب خنک‌کننده یا تاقان‌ها.

### ۳-۱۰-۵- شرایط اضطراری در بهره‌برداری توربین

شرایط اضطراری در توربین، وضعیتی است که با احتمال خطر قریب‌الوقوع برای افراد و تجهیزات همراه است. این وضعیت می‌تواند در اثر عوامل مختلفی پدید آید از جمله: عمل نکردن دریچه‌های تنظیمی در پاسخ به فرمان بسته شدن از طرف گاورنر (یا در ازای فعال شدن رله‌های حفاظتی مربوط به معایب مکانیکی و یا «تریپ» خطاهای الکتریکی)، عمل نکردن اتوماتیک فرمان بسته شدن اضطراری شیر ورودی توربین (که در اثر عمل نکردن دریچه‌های تنظیمی توربین به فرمان بسته شدن صادر می‌شود) و قرار گرفتن واحد در شرایط اضافه سرعت غیرمجاز همراه با اشکال در عملکرد کلیدهای حدی افزایش سرعت برای توقف واحد.

چنان‌که توربین در این شرایط قرار گرفت، باید با فرمان توقف اضطراری دستی، واحد متوقف و یا در شرایط بحرانی‌تر، با فرمان توقف اضطراری دستی، شیر ورودی توربین و یا دریچه اضطراری راس پنستاک بسته شود.

### ۳-۱۰-۶- سایر ملاحظات مربوط به بهره‌برداری از توربین

**منحنی‌های مشخصه توربین و بارگذاری:** بهره‌برداری از توربین باید با توجه به منحنی مشخصه کار توربین انجام گیرد. یکی از این مشخصه‌ها بازده نسبی توربین را نسبت به بار روی توربین بیان می‌کند (منحنی بازده نسبی - بار). این مشخصه نشان می‌دهد چگونه توربین به صورت مؤثرتر، تحت بارهای متغیر می‌تواند کار کند. توربین‌های فرانسسیس و پروانه‌ای معمولاً بیش‌ترین راندمان را در توانی کمتر از توان نامی دارند (محدوده ۹۰ تا ۹۵ درصد توان نامی برای واحدهای بزرگ)، که این محدوده بستگی به ابعاد توربین و تغییرات ارتفاع آب مخزن دارد.

مرسوم‌ترین مشخصه‌های توربین، منحنی‌های ثابت (ایزومتریک) راندمان را نشان می‌دهد و پارامترهای اصلی دیگر کارکرد توربین (درصد گشودگی دریچه‌های تنظیمی / بده، مقدار قدرت خروجی و ارتفاع مؤثر) روی محورهای مختصات رسم می‌شوند و ارتباط این پارامترها با یکدیگر و با مقادیر راندمان توربین نشان داده می‌شود. این منحنی به «منحنی هیل»<sup>۱</sup> (هیل - دیاگرام) موسوم است. منحنی مذکور در هنگام آزمایش مدل هیدرولیکی توربین تهیه می‌شود و رفتار توربین را در محدوده‌های مختلف مقدار حجمی جریان آب، ارتفاع و میزان بازشدگی دریچه‌ها پیش‌بینی می‌کند. سپس در هنگام راه‌اندازی واحدها و شروع بهره‌برداری با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده در نیروگاه، این منحنی‌ها از نظر تعیین محدوده عملکرد بدون اغتشاش و مقادیر واقعی راندمان، تدقیق می‌شود و راهنمای بهره‌بردار به هنگام بهره‌برداری از توربین، تنظیم پارامترهای گاورنر و سامانه‌های حفاظتی و کنترل مربوط به آن خواهد بود.

در شرایط بهره‌برداری عادی توربین‌های آبی نوع فرانسسیس، بهتر است بهره‌برداری تا حد امکان در محدوده ۵۰ تا ۱۰۰ درصد توان نامی، که محدوده عادی دائمی نامیده می‌شود، انجام گیرد.

شکل (۳-۴) یک نمونه کلی از منحنی‌های مشخصه توربین را با منحنی‌های ثابت راندمان برحسب ارتفاع آب و مقدار حجمی جریان آب (بده) توربین نشان می‌دهد (منحنی هیل).

**کارکرد توربین در حالت کندانسور سنکرون و ذخیره‌گردان:** در نیروگاه‌های با واحد بزرگ که بعضی از واحدها برای کار در حالت کندانسور سنکرون و نیز «ذخیره گردان» در نظر گرفته شده‌اند، سامانه هوای فشرده برای تخلیه آب چرخ توربین پیش‌بینی می‌شود که سطح آب را حدود یک تا ۱/۵ متر زیر چرخ توربین نگاه می‌دارد. در این صورت توربین در هر دو حالت کندانسور سنکرون و ذخیره‌گردان در هوا می‌چرخد، در حالی که شیر پروانه‌ای و دریچه‌های تنظیمی توربین هر دو بسته می‌باشند. در این موارد سامانه آب خنک‌کننده برای آب‌بند محور و آب‌بندهای چرخ توربین، به منظور انتقال حرارت نسبتاً زیاد ایجاد در این نقاط، پیش‌بینی می‌شود. لازم است با توجه به امکان فرسایش بیش‌تر دریچه‌های تنظیمی توربین، تنظیم و آب‌بندی این دریچه‌ها مرتباً کنترل شود.

برای تسریع در راه‌اندازی واحدهایی که در حالت ذخیره گردان قرار دارند، ممکن است یک سامانه کنارگذر (بای‌پاس) کوچک (مجزا از سامانه بای - پاس اصلی) برای شیر ورودی واحد (به‌طور اختیاری) در نظر گرفته می‌شود، که ضمن ایجاد فشار کم‌تر روی دریچه‌های تنظیمی توربین، لوله حد فاصل شیر پروانه‌ای و محفظه حلزونی را پر از آب نگاه می‌دارد تا آمادگی بیش‌تری برای برگشت توربین از این حالت به حالت تولید انرژی وجود داشته باشد و در فاصله زمانی کمی بعد از باز شدن شیر ورودی اصلی، واحد برای گرفتن بار آماده شود. لازم است به تمهیدات پیش‌بینی شده به منظور خروج هوای محبوس شده در سامانه از طریق لوله مابین محفظه حلزونی و شیر ورودی اصلی توجه و از عملکرد صحیح آن اطمینان حاصل شود.

موارد زیر در خصوص عملکرد توربین به‌صورت ذخیره‌گردان (با چرخش در هوا) و عبور از این حالت به حالت «تولید» باید مورد توجه قرار گیرد:

- ظرفیت مکانیسم عمل‌کننده شیر ورودی اصلی باید به گونه‌ای باشد که شیر در زمان موردنظر باز شود.

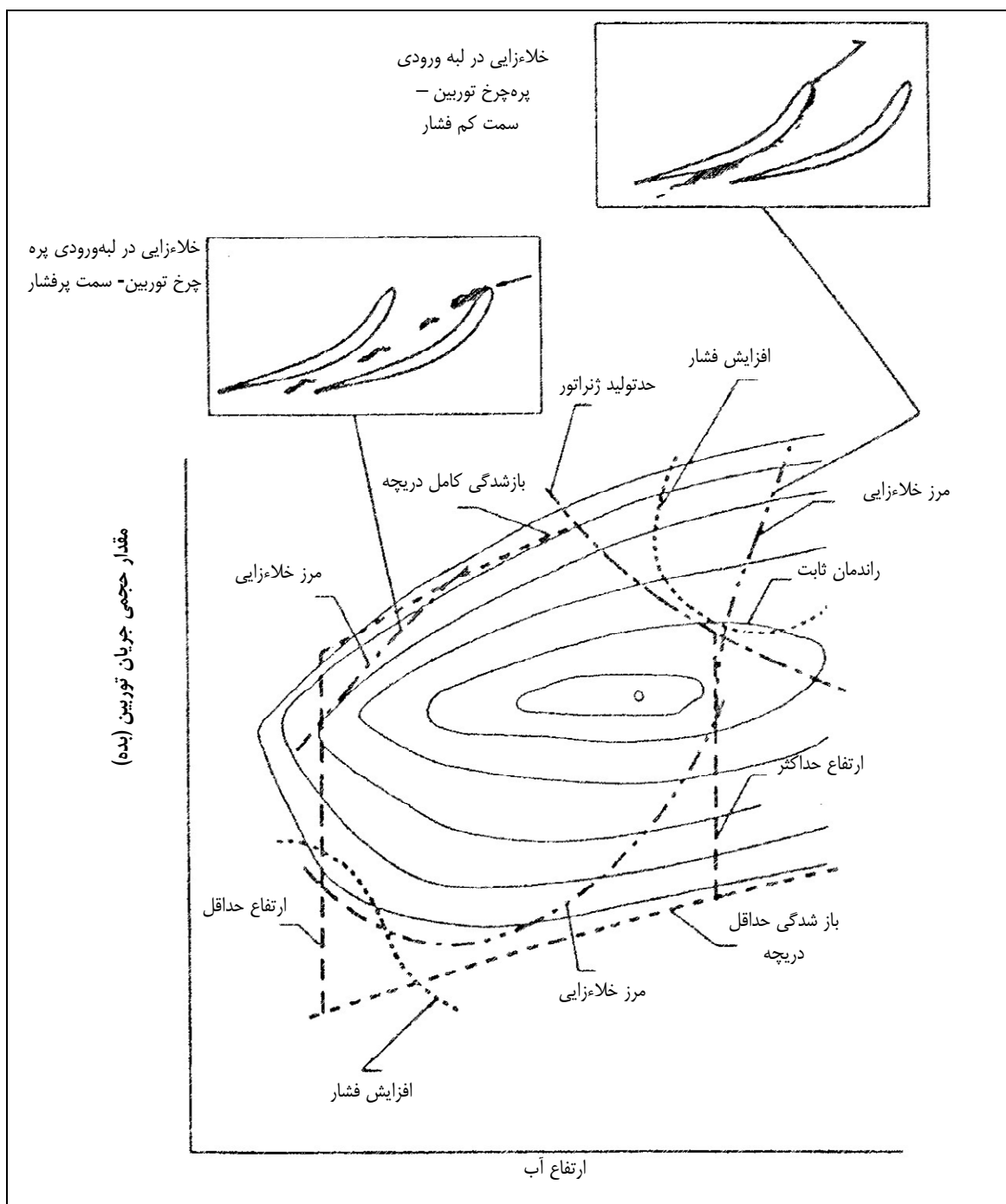
- کنترل‌های لازم برای رفع نشتی هوا و نیز خروج سریع هوا بدون ایجاد ضربه قوچ در شرایط گذاری تغییر حالت به وضعیت تولید، انجام گیرد.

- از صحت عملکرد سامانه بای-پاس شیر پروانه‌ای و مدارهای کنترل مربوط به آن اطمینان حاصل گردد.

- در برخی از نیروگاه‌های دارای واحدهای متوسط، برحسب نیازهای شبکه قدرت منطقه‌ای، ممکن است کارکرد واحد به صورت ذخیره‌گردان در آب، یعنی در حالت چرخش مکانیکی (در سرعت بدون بار)، در نظر گرفته شود. در این حالت بهره‌برداری، سرعت پاسخ‌دهی واحد به درخواست تولید توان ذخیره اضطراری از طرف شبکه، بسیار بالا و در حد چند ثانیه خواهد بود. در این شرایط بهره‌برداری، دستگاه بهره‌برداری کننده، به دلیل نیاز شبکه، فرسایش بیش‌تر چرخ توربین را به دلیل نرخ بیش‌تر کاویتاسیون می‌پذیرد.

**استفاده از شیر اطمینان:** در نیروگاه‌هایی که تحت ارتفاع مؤثر آب (بار آبی) بالا کار می‌کنند و از توربین‌های نوع فرانسسیس استفاده می‌نمایند، برای جلوگیری از ایجاد ضربه‌های قوچ، ناشی از بسته شدن سریع دریچه‌های تنظیمی و نیز در شرایط قطع ناگهانی بار، علاوه بر تانک ضربه‌گیر، یک شیر اطمینان نیز برای کاهش فشار در محفظه حلزونی و پنستاک، طی مرحله توقف واحد پیش‌بینی می‌گردد. این شیر که هم‌زمان با بسته شدن سریع دریچه‌های تنظیمی، از گاورنر فرمان می‌گیرد، باید به موقع و حین بسته شدن سریع دریچه‌های تنظیمی بتواند مقداری از آب محفظه حلزونی را تخلیه نماید. تنظیم صحیح زمان باز شدن این شیر اطمینان، و مدت زمان باز ماندن آن برای ایمنی محفظه حلزونی و پنستاک‌ها اهمیت زیادی دارد.

ملاحظات دیگر مربوط به بهره‌برداری از توربین، که ارتباط تنگاتنگی با بهره‌برداری از ژنراتور دارد، در بخش (۳-۸) این فصل از راهنما آورده شده است.



شکل ۳-۴- نمونه کلی منحنی‌های مشخصه توربین:  
 منحنی‌های ثابت راندمان توربین برحسب ارتفاع و مقدار حجمی جریان آب در توربین<sup>۱</sup>

### 1- Hill Diagram

- محدوده‌های عملکرد توربین با توجه به نوسانات فشار، زمینه ایجاد خلاءزایی و محدوده حداکثر توان قابل تولید ژنراتور نشان داده شده است.

### ۳-۱۱- ملاحظات کلی مربوط به بهره‌برداری از سامانه گاورنر

#### ۳-۱۱-۱- کلیات

این بخش از راهنما، شامل کلیات مربوط به بهره‌برداری از گاورنرهای مکانیکی- الکتروهیدرولیکی و گاورنرهای الکترونیکی دیجیتال می‌باشد. باتوجه به این که گاورنرهای مدرن تر نوع دیجیتال- الکتروهیدرولیکی کاربرد روز افزونی در نیروگاه‌های جدید و در دست احداث پیدا کرده است، در این راهنما، در مبحث امکانات سامانه کنترل کننده گاورنر، نوع دیجیتال گاورنر با تفصیل بیش‌تری مطرح شده است.

سرعت و توان تولیدی توربین آبی از طریق تنظیم جریان ورودی به آن تنظیم می‌گردد. سامانه گاورنر وظیفه تنظیم جریان آب ورودی به توربین را به منظور ثابت نگه‌داشتن سرعت واحد و فرکانس سامانه به عهده دارد. همچنین گاورنر مقدار آب ورودی را با توجه به قدرت الکتریکی موردنیاز سامانه و ارتفاع موثر آب تنظیم می‌کند. وظایف اولیه گاورنر در یک واحد آبی که مستقیماً به شبکه برق متناوب متصل می‌باشد عبارتست از:

- تنظیم و ثابت نگه‌داشتن سرعت واحد قبل از اتصال به شبکه
  - ثابت نگه‌داشتن فرکانس سامانه بعد از سنکرون شدن واحد با شبکه از طریق تنظیم توان خروجی توربین
  - سهیم شدن در تغییرات بار همراه با سایر واحدهای متصل به شبکه سراسری به منظور پاسخ به تغییرات فرکانس سامانه
  - تنظیم توان تولیدی واحد در پاسخ به فرمان‌های اپراتور و یا مرکز دیسپاچینگ
  - حفاظت واحد از رسیدن به سرعت فرار که در اثر حذف ناگهانی بار ایجاد می‌شود و همچنین صدور فرمان توقف واحد در صورت بروز مشکل و ایجاد وضعیت غیرعادی در کار واحد نیروگاه
- گاورنر یکی از تجهیزات کلیدی نیروگاه است و در سیکل توقف و راه‌اندازی اتوماتیک واحد قرار دارد. معمولاً کار گاورنر با رله‌های حفاظتی، پمپ‌های روغن کاری تجهیزات، قسمت کنترل سامانه تحریک، سامانه ترمز ژنراتور، دستگاه سنکرون کننده و کلید قدرت هماهنگ می‌گردد.
- در صورتی که نیروگاه به یک شبکه محدود (شبکه ایزوله) متصل باشد، گاورنر واحد، فرکانس را کنترل می‌کند. در صورتی که یک واحد به شبکه تولید و انتقال بزرگی وصل باشد، گاورنر آن فرکانس واحد را با فرکانس شبکه بزرگ، برای سنکرون کردن تطبیق می‌دهد، بار واحد را تنظیم کند و یا ممکن است در کنترل فرکانس شبکه ایفای نقش کند.
- چنانچه ظرفیت یک واحد در مقایسه با کل قدرت تولیدی در شبکه سراسری بسیار کوچک باشد، چنین واحدی نمی‌تواند در کنترل فرکانس شبکه نقش قابل توجهی داشته باشد، در این حالت گاورنر با امکانات کنترل پیچیده موردنیاز نمی‌باشد و بجای آن یک عملگر مرتبط با مکانیزم کنترل کننده دریاچه‌های تنظیم کننده آب توربین نصب می‌شود که با توجه به توان موردنیاز، مقدار بده آب را تنظیم می‌کند. در این حالت دستگاه سنکرون کننده فرمان حرکت عملگر را طوری صادر می‌کند که سرعت قبل و در حین سنکرون کردن کنترل شود.

### ۳-۱۱-۲- شرح کلی عملکرد و انواع گاورنر

به‌طور کلی سامانه گاورنر از سه قسمت اصلی به شرح زیر تشکیل می‌شود:

قسمت حس‌کننده سرعت: این قسمت تغییرات سرعت توربین را حس می‌کند و میزان گشودگی دریچه‌های توربین را متناسباً برای حفظ سرعت موردنظر برای توربین (مقدار مرجع) تغییر می‌دهد.

قسمت کنترل‌کننده: این قسمت که سرعت توربین (مقدار مرجع) را با سرعت دلخواه تنظیم شده برای آن مقایسه و یک سیگنال کنترلی خروجی تولید می‌کند که نشان دهنده عملکرد کنترلی موردنیاز است.

قسمت بزرگ‌کننده قدرت: این قسمت نیروی مکانیکی لازم برای تغییر موقعیت دستگاه‌های تنظیم‌کننده جریان آب ورودی به انواع مختلف توربین را (مانند دریچه‌های تنظیمی توربین، پره‌های قابل تنظیم توربین کاپلان، سوزن نازل یا دفلکتور توربین پلتن)، در پاسخ به سیگنال خروجی قسمت کنترل تامین می‌کند.

#### الف - قسمت حس‌کننده سرعت

مکانیزم سرتویی گاورنرهای مکانیکی، قدیمی‌ترین وسیله حس کردن سرعت است که شامل دو وزنه در انتهای دو بازو می‌باشد. این بازوها در نزدیکی محور چرخش خود لولا شده‌اند، به‌طوری‌که وزنه‌های چرخان به‌صورت شعاعی در صفحه محور حرکت می‌کنند. طی سال‌ها در طراحی این مکانیزم پایه‌ای، که براساس استفاده از وزنه‌های چرخان و حرکت گریز از مرکز آنها می‌باشد، پیشرفت و تحول زیادی ایجاد شده است و فرم‌های مدرن‌تری از قسمت حس‌کننده گاورنر به کار گرفته شده است. در این مکانیزم افزایش سرعت واحد باعث افزایش نیروی گریز از مرکز وزنه‌ها شده و میله سرعت دهنده را به طرف بالا بلند می‌کند.

در گاورنرهای مدرن‌تر سرعت توربین توسط سیگنال فرکانس خروجی از یک وسیله حس‌کننده (مثل سویچ‌های پراکسیمیتی و دیسک دندانه‌ای)، که در بالای ژنراتور و روی محور نصب می‌شود، اندازه‌گیری می‌گردد. فرکانس خروجی متناسب با سرعت می‌باشد. این روش برای سامانه کنترل‌کننده گاورنرهای الکتریکی نوع دیجیتال و یا نوع آنالوگ مناسب می‌باشد.

#### ب - قسمت کنترل‌کننده

قسمت کنترل گاورنر شامل اجزایی است که سیگنال‌های خارجی نظیر سرعت، موقعیت دریچه‌های تنظیمی، قدرت و همچنین رقوم مخزن را دریافت و براساس آن فرامین لازم را به قسمت بزرگ‌کننده قدرت گاورنر صادر می‌کند. مهم‌ترین اختلاف بین گاورنرهای مکانیکی - الکترو هیدرولیکی، گاورنرهای الکترونیکی - الکترو هیدرولیکی در اجزای کنترلی آنها می‌باشد.

#### کنترل در سامانه مکانیکی - الکترو هیدرولیکی

در این نوع کنترل که ساده‌ترین نوع کنترل می‌باشد، سرتویی با سرعتی متناسب با سرعت واحد به حرکت در آمده و باعث مانور سروموتورهای هیدرولیکی دریچه‌های تنظیمی می‌شود. ترکیب ساده سرتویی و شیر پیلوت (که مستقیماً بهم ارتباط دارند) فقط یک نقطه تعادل دارد که در این نقطه شیر بسته می‌شود و اجازه ورود روغن به سروموتور و خروج از آن را نمی‌دهد.

چنین سامانه‌ای تا حدودی ناپایدار است. ساده‌ترین روش تامین پایداری در این سامانه اضافه کردن وسایلی است که کاهش سرعت را برای افزایش باز شدگی دریچه تنظیمی، ایجاد نماید. این نوع گاورنر با «دروپ سرعت»<sup>۱</sup> همراه است. دروپ سرعت به دو صورت موقتی و دائمی در مکانیزم کنترل وارد می‌شود. در عمل چنانچه سامانه گاورنر فقط دارای دروپ دائم باشد، تغییرات نسبتاً وسیع سرعت در محدوده توان تولیدی واحد ایجاد خواهد شد. برای جلوگیری از این مشکل، از دروپ سرعت موقتی یا جبرانی استفاده می‌شود. در این روش، با تغییرات سرعت، میزان سرعت مرجع موقتاً تنظیم مجدد می‌شود و مشخصه دروپ سرعت در ازای تغییرات در موقعیت سروموتور (و گشودگی دریچه‌های تنظیمی)، پایدارتر می‌ماند. ایجاد دروپ موقت به طرق مختلف قابل دستیابی است، از جمله توسط دستگاه تعدیل‌کننده هیدرولیکی موسوم به «دشپات».

### کلیات کنترل در گاورنرهای دیجیتال

گاورنری که به صورت دیجیتالی کنترل می‌شود می‌تواند سرعت، قدرت خروجی، جریان آب، تراز آب یا هر پارامتر دیگر سامانه را، که توسط ترانسیدوسرها، کلیدها و کنتاکت‌ها حس می‌شود، کنترل کند. مزیت اصلی گاورنر دیجیتالی دامنه کاربرد و سهولت انجام تغییرات در داده‌های ورودی می‌باشد همچنین این نوع گاورنر را می‌توان به سهولت در ارتباط با سامانه‌های کامپیوتری مورد استفاده قرار داد. گاورنر دیجیتالی بسیاری از عملیات کنترل را، که قبلاً به وسیله گاورنر مکانیکی و برخی از آنها حتی به وسیله گاورنر با سامانه کنترل الکترونیکی آنالوگ ممکن نبود، امکان‌پذیر می‌سازد.

عملکردهای گاورنر دیجیتالی شامل موارد زیر است:

- کنترل توان و سرعت
- کنترل رقوم آب در مخزن و پایاب
- کنترل جریان خروجی از مخزن و توجه به نیازهای زیست محیطی، که حداقل آن دیکته می‌شود
- نشان دادن خزش توربین (حرکت نامحسوس نسبت به حالت سکون)، با استفاده از سنسورهای سرعت کم و نرم افزار سامانه دیجیتال، حرکات خزشی کنترل می‌شود
- کنترل مراحل توقف، ترمز و راه‌اندازی واحد به صورت اتوماتیک و تنظیم برنامه کارکرد چند واحد و ترتیب ورود و خروج آنها براساس زمان موردنیاز، کنترل آب مخزن و میزان آب خروجی موردنیاز برای آبیاری
- کنترل از راه دور واحد، تغییر در پارامترهای قابل تنظیم و ارسال توضیحات، اخطارها و فهرست داده‌ها از طریق لینک مخابراتی به مراکز کنترل از راه دور
- بهینه کردن بهره‌برداری از واحد از طریق بالا بردن راندمان، جلوگیری از کار واحد در مناطق نامناسب منحنی عملکرد توربین و در نتیجه محدود کردن میزان کاویتاسیون در توربین با استفاده از برنامه نرم‌افزاری به صورت اتوماتیک و امکان کنترل یکپارچه واحدها



### ج - قسمت بزرگ کردن قدرت سامانه گاورنر

نیروی عمل کننده سرتویی گاورنر مکانیکی، یا خروجی ترانسدیوسرها و سایر وسایل حس کننده الکترونیکی در گاورنر آنالوگ یا دیجیتال برای حرکت دادن مکانیزم کنترل جریان آب توربین کافی نیست. در توربین‌های بزرگ نیروی بسیار زیادی برای حرکت دادن سروموتور لازم است. این کار در چندین مرحله با افزایش نیروی هیدرولیکی مابین ترانسدیوسر و سروموتور انجام می‌گیرد. معمولاً سروموتور هیدرولیکی روغنی همراه با مخزن روغن تحت فشار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ۳-۱۱-۳ - بهره‌برداری و انجام تنظیمات گاورنرهای مکانیکی

#### الف - تنظیم زمان مانور دریچه‌های توربین

اولین قدم در تنظیم گاورنر تنظیم زمان مانور سروموتور آن (باز یا بسته شدن) در تمام طول کورس است. با تنظیم مهره‌های متوقف کننده روی شیر اصلی گاورنر، مقدار محدوده حرکت شیر اصلی تنظیم می‌شود که خود باعث می‌گردد جریان روغن سروموتورها تغییر کرده و سرعت حرکت دریچه‌های تنظیمی تغییر کند. سرعت بسته شدن دریچه‌های تنظیمی مقدار ضربه قوچ یا افزایش فشار در پنستاک و همچنین مقدار افزایش سرعت واحد را در هنگام حذف بار تعیین می‌کند. چنانچه سرعت بسته شدن دریچه‌ها زیاد شود، افزایش سرعت واحد کم خواهد شد ولی فشار پنستاک بیش‌تر خواهد شد. در صورت کاهش سرعت بسته شدن دریچه‌ها، افزایش فشار کم شده ولی افزایش سرعت در هنگام حذف بار بیش‌تر خواهد شد. مقدار نهانی زمان بسته شدن دریچه‌های تنظیمی با ایجاد تعادل بین این دو پارامتر (افزایش سرعت و افزایش فشار) مشخص می‌گردد. از آنجا که معمولاً قطعات چرخنده واحد طوری طراحی می‌شود که بتواند حداکثر افزایش سرعت را تحمل کند، پارامتر بحرانی، افزایش فشار سامانه است. بنابراین سرعت بسته شدن دریچه‌ها باید در حدی باشد که افزایش فشار پنستاک در محدوده طراحی قرار گیرد.

#### ب - بهینه‌سازی عملکرد برای انواع بهره‌برداری

تنظیم گاورنر به هنگام بهره‌برداری از دو جنبه اهمیت دارد:

- تنظیم گاورنر برای کار در یک شبکه قدرت وسیع

- بهینه‌سازی قابلیت و توانایی عملکرد گاورنر به منظور کار واحد در یک شبکه محدود

معمولاً سازندگان گاورنر روش‌های معینی را برای تنظیم انواع گاورنرهای مکانیکی تدوین می‌کنند. با به کارگیری این روش‌ها، نوسانات واحد به حداقل می‌رسد. با این تنظیمات پاسخ گاورنر به نحوی می‌شود که می‌توان واحد را سنکرون نمود ولی لزوماً پاسخ بهینه برای در مدار کار کردن واحد نخواهد بود و یا گاورنر نخواهد توانست وقتی که واحد در شبکه «ایزوله» تولید برق می‌کند فرکانس را، که تحت تاثیر تغییرات بار پدید می‌آید، ثابت نگه دارد. گاورنر باید بدون آنکه ناپایدار شود به تغییرات فرکانس (و بار) شبکه محدود به سرعت پاسخ دهد.

پاسخ دریچه‌های تنظیمی (میزان و سرعت گشودگی آن) به تغییرات فرکانس با میزان «دروپ سرعت» انتخاب شده برای واحدهای متصل به شبکه، ارتباط دارد. به این منظور در گاورنرهای مکانیکی کامل‌تر، یک سامانه تعدیل کننده هیدرولیکی

موسوم به «دشپات»<sup>۱</sup> وجود دارد که یک «دروپ موقتی» به سامانه گاورنر اضافه می‌کند که جبران کننده اثر اینرسی واحد و مشخصات جریان آب ورودی (میزان هد و دبی) می‌باشد. با تنظیم سوزن و لنگ جبرانی در دشپات، پاسخ گاورنر با توجه به مشخصات اینرسی هر واحد تنظیم می‌شود. در واقع با میزان کردن سوزن می‌توان زمان لازم برای حرکت «پلانجر»<sup>۲</sup> دشپات به موقعیت میانی را طوری تنظیم کرد که زمان موردنیاز برای رسیدن سرعت واحد به مقدار نامی تامین شود [مرجع شماره ۱۶].

چنانچه واحد متصل به یک شبکه قدرت باشد، دیگر از بابت پایداری سرعت نگرانی وجود ندارد و اثر «میراکنندگی»، که توسط دشپات اعمال می‌شود، چندان موردنیاز نخواهد بود. حتی در مواردی دشپات باعث می‌شود که به تغییر تنظیمات دستگاه تغییر دهنده سرعت پاسخ کندتری داده شود. در مواردی که نیاز به پاسخ سریع‌تر گاورنر بوده و بار واحد باید سریعاً تغییر نماید، با توجه به مجهز بودن اکثر دشپات‌ها به مسیر کنار گذر روغن، با عملکرد شیر مسیر کنارگذر (که عموماً از نوع بوبین‌دار می‌باشد)، دشپات سریع‌تر به موقعیت میانی خود (وضعیت تعادل) برمی‌گردد. از «مسیر کنارگذر» تنها در صورتی استفاده می‌شود که واحد در ارتباط با یک شبکه وسیع کار کند.

### ۳-۱۱-۴- بهره‌برداری گاورنرهای نوع دیجیتال- الکترو هیدرولیکی

سامانه‌های مدرن گاورنر، که امکانات بسیاری را برای کنترل واحد، در حالت‌های مختلف بهره‌برداری در سامانه سرتاسری فراهم آورند از نوع دیجیتال- الکترو هیدرولیکی می‌باشند.

در این قسمت از راهنما، «حالت»های مختلف کار سامانه کنترل و استفاده از تجهیزات مختلف در مدار هیدرولیکی برای بهره‌برداری ایمن از توربین-ژنراتور در واحدهای بزرگ مجهز به سامانه‌های گاورنر مدرن ارائه می‌شود.

### ۳-۱۱-۴-۱- حالت‌های مختلف کار سامانه کنترل گاورنر

در سامانه‌های گاورنر پیشرفته مجهز به قسمت کنترل کننده دیجیتالی، در فرایند راه‌اندازی و توقف واحد و نیز تحت شرایط مختلف بهره‌برداری، بسته به شرایط و نیازهای شبکه الکتریکی مرتبط با نیروگاه و نقش پیش‌بینی شده برای عملکرد واحدها، سامانه کنترل گاورنر در «حالت»های مختلف کنترل تعریف شده قرار می‌گیرد. این حالت‌ها به شرح زیر است: (در این حالت‌ها فرض بر این است که نیروگاه دارای سامانه کنترل از نوع «توزیع شده» می‌باشد)

#### الف - حالت کنترل سرعت<sup>۳</sup>

در حالت کنترل سرعت، میزان بازشدگی درجه‌های تنظیمی توربین به‌وسیله کنترل کننده با توابع تناسبی، تفاضلی و انتگرالی<sup>۴</sup>، محاسبه می‌شود. در این حالت کنترل کننده اختلاف میان سرعت واقعی و مقدار سرعت تنظیم شده (نقطه مرجع سرعت) را محاسبه و میزان گشودگی را تعیین می‌نماید. حالت کنترل سرعت در دو حالت مختلف، یکی کنترل سرعت بدون محدودیت بازشدگی درجه‌های تنظیمی و دیگری حالت کنترل سرعت با محدودیت بازشدگی، توسط حلقه کنترل بازشدگی

1- Dashpot

2- Plunger

3- Speed Control Mode

4- Proportional, Integral, Derivative Permanent Speed Droop= PIDP

عادی، تمیز داده می‌شود. حالت کنترل سرعت در زمان راه‌اندازی و توقف واحد، هنگامی که کلید ژنراتور باز است، به صورت اتوماتیک از طریق گاورنر اعمال می‌شود لذا این حالت گاورنر، بهره‌برداری در حالت بی‌باری نیز نامیده می‌شود. اگر واحد بار یک شبکه محلی «ایزوله» را تامین کند و موضوع سنکرون شدن واحد با شبکه قدرت بزرگ (بی‌نهایت) مطرح نباشد، این حالت به صورت اتوماتیک در حالت با بار نیز اعمال می‌شود.

وقتی گاورنر روشن می‌شود مقدار تنظیم شده سرعت به طور اتوماتیک ۱۰۰ درصد سرعت نامی واحد است. وقتی «حالت کنترل سرعت» فعال است، مقدار تنظیم شده سرعت حول و حوش سرعت نامی (مثلاً ۹۰ درصد تا ۱۱۰ درصد سرعت نامی) انتخاب می‌شود، این تنظیم معمولاً از طریق تابلوی کنترل محلی واحد و یا از روی تابلوی الکترونیک گاورنر امکان‌پذیر است. وقتی کلید ژنراتور بسته است، اگر واحد به شبکه محلی (شبکه ایزوله) متصل باشد و حلقه «کنترل سرعت» فعال باشد، میزان بازشدگی دریاچه‌های تنظیمی توربین متناظر با سرعت تنظیم شده (براساس مشخصه «دروپ سرعت» انتخاب شده در گاورنر) تعیین و اعمال می‌گردد. درخصوص واحدهای کوچکی که به شبکه‌های محلی وصل می‌شوند، اصولاً نیازی به گاورنرهایی با سامانه کنترلی پیچیده، حالت‌های مختلف کنترل نیازی نیست.

### ب - حالت کنترل بازشدگی

در «حالت کنترل بازشدگی»، بازشدگی دریاچه‌های تنظیمی به وسیله «حلقه کنترل تناسبی»<sup>۱</sup> بین میزان بازشدگی تنظیم شده و بازشدگی واقعی محاسبه می‌شود. «حالت کنترل بازشدگی» فقط در زمان‌های راه‌اندازی (استارت) و پروسه توقف، تا زمانی که کلید ژنراتور باز است، فعال می‌باشد. هنگامی که کلید قدرت ژنراتور بسته است حلقه کنترل بازشدگی دریاچه‌ها می‌تواند به صورت دستی، به وسیله دکمه فشاری روی تابلوی الکترونیک گاورنر فعال شود (وقتی بهره‌بردار کنترل محلی را انتخاب کرده باشد) و یا به وسیله سیگنال از راه دور، ارسال شده از تابلوی کنترل واحد، در صورتی که کنترل از راه دور انتخاب شده باشد.

حلقه کنترل بازشدگی در شرایط زیر غیر فعال است:

- «حالت کنترل سرعت» و شبکه بی‌نهایت
- «حالت کنترل سرعت» و شبکه محلی (ایزوله)
- «حالت کنترل توان»

در هر صورت محدودیت‌های بازشدگی (مثل محدوده مربوط به کاویتاسیون و محدوده اضافه بار) همیشه فعال می‌باشد. هنگامی که واحد استارت می‌شود و حالت بهره‌برداری اتوماتیک گاورنر از پیش انتخاب شده باشد، هم‌زمان با استارت گاورنر، ابتدا بازشدگی مربوط به استارت اولیه فعال می‌شود و دریاچه‌های تنظیمی براساس بازشدگی تعریف شده برای استارت، باز می‌شوند. اگر سرعت توربین از حد تنظیم شده تجاوز نماید، یک میزان گشودگی دیگر با فرمان استارت باز شدگی شماره ۲ اعمال می‌شود، که مقدارش کمی از مقدار گشودگی قبلی کمتر است. در این صورت توربین در مدت کوتاهی به سرعت نامی خواهد رسید. اگر رسیدن واحد به سرعت نامی در مدت کمی (مثلاً ۳۰ ثانیه) انجام نشود، نقطه تنظیم بازشدگی به آهستگی افزایش می‌یابد.

هنگامی که واحد استارت شود و گاورنر توربین در حالت بهره‌برداری غیرخودکار (دستی) باشد، در این صورت هم‌زمان با استارت گاورنر، میزان تنظیم بازشدگی در حالت صفر باقی می‌ماند، تا زمانی که بهره‌بردار، یا از طریق تابلوی کنترل محلی واحد سیگنال افزایش نقطه تنظیم را ارسال کند و یا با دکمه فشاری روی تابلوی الکترونیک گاورنر نقطه تنظیم گشودگی بالا برده شود (بسته به این که کنترل به صورت «محلی» یا به صورت «از دور» انتخاب شده باشد).

شتاب سرعت‌گیری واحد به زمان تنظیم شده برای بازشدگی دریچه‌های توربین بستگی دارد. حالت فوق‌الذکر معمولاً برای کنترل خشک دریچه‌های تنظیمی، بعد از انجام کارهای نگهداری و تعمیرات توربین به کار می‌رود.

### ج- حالت کنترل توان

در «حالت کنترل توان»، میزان بازشدگی دریچه‌های تنظیمی به وسیله کنترل کننده "PIDP" محاسبه می‌شود و در این محاسبه، کنترل کننده اختلاف بین مقدار تنظیم شده توان و مقدار واقعی توان را ملاک محاسبه قرار می‌دهد. این حالت وقتی کلید ژنراتور بسته است و سرعت واحد در محدوده سنکرون (طبق شرایط شبکه) می‌باشد، فعال می‌شود.

«حالت کنترل توان» بعد از آنکه واحد با شبکه بی‌نهایت قدرت به صورت اتوماتیک سنکرون گردید، فعال می‌شود.

مقدار مرجع (نقطه تنظیم) توان را می‌توان از دور، به وسیله سویچ‌های ضربه‌ای بالا برنده و پایین برنده روی تابلوی کنترل واحد تنظیم نمود و یا از روی تابلوی الکترونیک گاورنر، توسط دکمه فشاری مخصوص تنظیم کرد.

در حالت «کنترل قدرت» دروپ «توان - فرکانس» می‌تواند فعال شود و هنگامی که میزان «دروپ» تعریف شد، واحد با توجه به مقدار «دروپ» تعریف شده، در پایداری و کنترل فرکانس شبکه سهیم می‌شود.

در گاورنر دیجیتالی تمهیداتی برای رعایت محدوده‌های خاص گشودگی دریچه‌های تنظیمی (محدوده‌های حداکثر و حداقل)، که تابعی از مقدار ارتفاع آب روی توربین می‌باشد، پیش‌بینی شده است که در هر یک از حالات مختلف عملکرد گاورنر فعال باقی می‌ماند تا توربین در محدوده اضافه بار و یا محدوده کاویتاسیون اضافی قرار نگیرد.

### ۳-۱۱-۴-۲- منطق کارکرد گاورنر

گاورنر دو وضعیت کلی بهره‌برداری دارد:

- وضعیت توقف: مقدار تنظیم شده برای گشودگی دریچه‌های تنظیمی توربین در حالت صفر قرار داده شده است و هیچ «حالت کنترل» دیگری نمی‌تواند انتخاب شود.
  - وضعیت استارت: مقدار تنظیم شده برای دریچه‌های تنظیمی به وسیله خروجی حلقه کنترل انتخاب شده، تعیین می‌شود (یعنی حلقه کنترل یکی از حالت‌های «گشودگی»، «سرعت» و یا «توان»).
- به این ترتیب برای باز شدن دریچه‌های تنظیمی، ابتدا باید گاورنر توربین در «وضعیت استارت» قرار داده شود. تغییر وضعیت گاورنر از «استارت» به «توقف» و یا عکس آن در هر یک از حالت‌های فوق‌الذکر کارکرد گاورنر قابل انجام است.

### ۳-۱۱-۴-۳- حالت‌های مختلف بهره‌برداری گاورنر

سامانه گاورنر در حالت‌های مختلف زیر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد:

### حالت عملکرد اتوماتیک و از راه دور گاورنر

- در این حالت گاورنر به صورت از راه دور، از طریق تابلوی کنترل محلی واحد (UCB) بهره‌برداری می‌شود و هر گونه فرمان اعمال شده از طریق تابلوی محلی گاورنر، بی‌اثر می‌ماند.
- برای استارت گاورنر، سیگنال «آماده برای استارت» موردنیاز است.
- هم‌زمان با استارت گاورنر، دریچه‌های تنظیمی توربین به صورت اتوماتیک تا مقدار از پیش انتخاب شده برای گشودگی باز می‌شوند.

### حالت عملکرد اتوماتیک و محلی گاورنر

- در این حالت گاورنر به وسیله تابلوی محلی گاورنر کنترل می‌شود. هر گونه فرمانی از طرف تابلوی کنترل واحد، به استثناء فرمان توقف گاورنر، نادیده گرفته می‌شود.
- برای استارت گاورنر، سیگنال «آماده برای استارت» موردنیاز است.
- هم‌زمان با استارت گاورنر، دریچه‌های تنظیمی توربین به صورت اتوماتیک تا مقدار از پیش انتخاب شده برای گشودگی، باز می‌شوند.

### حالت عملکرد دستی و محلی

- در این حالت گاورنر به وسیله تابلوی محلی گاورنر کنترل می‌شود و تمام فرمان‌های صادر شده از طرف تابلوی کنترل واحد نادیده گرفته می‌شود.
- در این حالت سیگنال «آماده برای استارت» کاربرد ندارد.
- هم‌زمان با استارت گاورنر، دریچه‌های تنظیمی به حالت بسته (گشودگی صفر)، باقی می‌مانند تا زمانی که بهره‌بردار با استفاده از دکمه روی تابلوی محلی گاورنر، مقدار تنظیم گشودگی را بالا ببرد.
- شرایط آماده برای استارت
- نمایش «آماده برای استارت» شامل کلیه پیش‌شرط‌های لازم برای استارت اتوماتیک واحد است، به عنوان مثال:
  - هیچ‌گونه «تریپ» یا هشدار وجود ندارد.
  - تمام تجهیزات کمکی توربین و ژنراتور کار می‌کنند.
  - شیر ورودی اصلی توربین باز است.

## ۳-۱۱-۵- تجهیزات مربوط به بهره‌برداری ایمن واحد در مدار هیدرولیکی

### الف- تجهیزات مربوط به توقف واحد

در صورت بروز خطاهای مختلف، تجهیزات و شیرهای ایمنی مختلف در مدار هیدرولیکی که از مدار توقف واحد فرمان می‌گیرند در کوتاه‌ترین زمان، واحد را متوقف نمایند.

شیرهای ایمنی که می‌توانند عمل بسته کردن دریچه‌های تنظیمی توربین را در صورت بروز خطا به صورت مستقل از گاورنر انجام دهند عبارتند از:

- شیر توقف سریع واحد

این شیر از نوع سولنوییدی است و برای توقف واحد در شرایط مختلف بروز خطاهایی که توقف سریع واحد را الزام‌آور می‌کند، از طریق بستن دریچه‌های تنظیمی توربین عمل می‌نماید. در این حالت این تجهیز مستقیماً از سامانه حفاظتی واحد فرمان می‌گیرد.

- شیر توقف اضطراری

این شیر سولنوییدی، در صورت بروز اشکالات مختلفی که باعث فعال شدن فرمان‌های توقف واحد می‌شود، از طریق بستن دریچه‌های تنظیمی توربین عمل می‌نماید. در این حالت این تجهیز مستقیماً از سامانه حفاظتی واحد فرمان می‌گیرد.

- توقف دستی واحد در حالت اضطراری

سامانه گاورنر برای خاموش کردن دستی در حالت اضطراری شامل یک شیر «سه طرفه ساچمه‌ای»<sup>۱</sup> می‌باشد. این عمل از طریق رها کردن فشار در قسمت متوقف کننده شیر کنترل اصلی و مستقل از کلیه تجهیزات الکتریکی حفاظتی انجام می‌گردد. این شیر برای ممانعت از استارت خودبه‌خودی و تصادفی واحد، در هنگام بازرسی‌های معمولی یا در هنگام انجام کارهای نگهداری و تعمیر، استفاده می‌شود. برای جلوگیری از عملکرد ناخواسته، این تجهیز به قفل مکانیکی مجهز می‌باشد که تنها توسط بهره‌بردار کلید مخصوص آزاد می‌گردد.

**توجه:** برای انجام کار در واحدهای توربین-ژنراتور در حالی که خطر استارت اتوماتیک وجود دارد، علاوه بر مورد فوق، تدابیر دیگری نیز برای قفل نمودن واحد باید به کار گرفته شود.

- شیر فشار حداقل

در صورت افت فشار در واحد مولد فشار هیدرولیکی گاورنر، واحد باید قبل از رسیدن به فشار حداقل متوقف گردد. این عمل ابتدا توسط سویچ فشار شروع می‌شود اما شیر فشار حداقل نیز باید حتماً بدون دخالت تجهیزات الکتریکی عمل نماید.

- محافظ در برابر افزایش سرعت

چنانچه سرعت واحد بیش‌تر از حد مجاز گردد واحد باید فوراً متوقف شود. این توقف توسط محافظ سرعت و مستقل از عملکرد تجهیزات الکتریکی انجام می‌شود.

#### ب - پایش (مانیتورینگ) وضعیت شیرها و تجهیزات ایمنی گاورنر

هر یک از تجهیزات ذکر شده در بالا به منظور استفاده در سامانه حفاظتی و تابلوی کنترل واحد باید به کلیدهای حدی مجهز شوند. پیام‌های مختلف صادره از این کلیدهای حدی به قرار زیر است:

- شیر توقف اضطراری دستی در وضعیت آزاد شده، قرار دارد.
- کلید حدی مربوطه در حالت عملکرد نرمال فشرده می‌گردد هنگامی که شیر ساچمه‌ای به سمت وضعیت آزاد شده چرخانده می‌شود، کلید حدی گزارش وضعیت غیرعادی را ارسال می‌کند و مانع استارت اتوماتیک واحد می‌گردد.
- شیر فشار حداقل در وضعیت آزاد شده قرار دارد.
- «سوییچ عدم‌جاورت»<sup>۱</sup> در وضعیت نرمال شیر فشار حداقل عمل می‌نماید. هنگامی که شیر در موقعیت آماده قرار گرفت، «سوییچ حد مجاورت» گزارش وضعیت غیرعادی را می‌دهد و فرمان یک توقف اجباری (تریپ) اضافی را فعال می‌نماید.
- محافظ سرعت در وضعیت آزاد شده قرار دارد.
- کلید حدی در حالت عملکرد نرمال شیر رله عمل می‌نماید. هنگامی که شیر رله در وضعیت آزاد شده قرار گیرد، این کلید حدی گزارش وضعیت غیرعادی داده و فرمان یک «تریپ» اضافی را فعال می‌نماید.

### ۳-۱۱-۶- تابلوی تجهیزات مکانیکی گاورنر

واحد مولد فشار هیدرولیک گاورنر توربین یک سامانه کاملی است که به وسیله واحد کنترل فشار روغن کنترل و پایش می‌شود.

واحد کنترل در تابلوی تجهیزات مکانیکی نصب می‌شود و معمولاً در نزدیکی مخزن روغن گاورنر قرار می‌گیرد.

اهم مواردی که توسط این واحد کنترل می‌شود، عبارت است از :

- کنترل پمپ‌های روغن گاورنر
  - کنترل پمپ‌های روغن خنک کننده
  - کنترل پر نمودن مجدد هوای مخزن تحت فشار گاورنر
  - مانیتورینگ واحد مولد فشار هیدرولیک
  - عملکرد محلی گاورنر توربین
  - نمایش پارامترهای ویژه تغذیه روغن گاورنر و گاورنر دیجیتال
  - نمایش برخی پارامترهای مهم مربوط به کار واحد
- مواردی که در ارتباط با واحد تولید فشار هیدرولیک پایش می‌شود عبارت است از :
- مراقبت‌های مربوط به واحد کنترل فشار بالا
  - اختلال در منبع تغذیه برق مستقیم
  - اختلال در منبع تغذیه برق متناوب
  - خرابی پمپ‌های روغن سامانه خنک کننده
  - گرفتگی فیلتر روغن سامانه خنک کننده

- گرفتگی فیلتر پیش کنترل روغن
- بالا بودن سطح روغن مخزن گاورنر
- پایین بودن سطح روغن مخزن گاورنر
- بسیار پایین بودن سطح روغن مخزن گاورنر
- بسیار بالا بودن سطح روغن مخزن گاورنر
- بالا بودن سطح روغن مخزن تحت فشار گاورنر
- پایین بودن سطح روغن مخزن تحت فشار گاورنر
- بسیار بالا بودن سطح روغن مخزن تحت فشار گاورنر
- بسیار پایین بودن سطح روغن مخزن تحت فشار گاورنر
- بالا بودن فشار روغن در مخزن تحت فشار گاورنر
- پایین بودن فشار روغن مخزن تحت فشار گاورنر
- بسیار پایین بودن فشار روغن مخزن تحت فشار گاورنر
- بسیار بالا بودن فشار روغن مخزن تحت فشار گاورنر
- مرحله اول بالا بودن درجه حرارت روغن گاورنر
- مرحله دوم بالا بودن درجه حرارت روغن گاورنر
- وجود آب در روغن گاورنر

### ۳-۱۲- آبیگر نیروگاه و تجهیزات آن

#### ۳-۱۲-۱- کلیات

- سازه آبیگر که به منظور برداشت آب موردنیاز نیروگاه از مخزن سد احداث می‌شود، برحسب طرح کلی مجموعه سد و نیروگاه می‌تواند در بدنه سد، خارج از بدنه در تکیه‌گاه‌ها و یا به صورت برج آبیگر در مخزن سد قرار گیرد.
- ورودی آبیگر می‌تواند دارای یک یا چند دهانه باشد. از دهانه‌های آبیگر، آب به داخل تونل‌ها و یا لوله‌های تحت فشار اصلی و سپس به پست‌ها هدایت می‌شود. در برخی از نیروگاه‌های برق‌آبی چند منظوره که دارای واحدهای کوچک (با قدرت کم‌تر از ۱۰ مگاوات) می‌باشند ممکن است سازه ورودی آبیگر برای تامین آب نیروگاه و آب کشاورزی مشترک باشد.
- برای حفاظت از نیروگاه در طول مسیر از آبیگر تا شیر اصلی ورودی توربین، تجهیزات مختلف به شرح زیر (بسته به ابعاد پروژه و جانمایی کلی آن) پیش‌بینی می‌شود:
- در دهانه‌ی ورودی، آشغال‌گیر نصب می‌شود و پس از آن دریچه راس برای انسداد تونل به قصد انجام بازرسی و تعمیرات قرار می‌گیرد.
  - دریچه اضطراری نیز ممکن است در تونل آب بر تعبیه شود. در واحدهای برق‌آبی بزرگ و برخی واحدهای متوسط، علاوه بر دریچه‌های انسداد (استاپ‌لاگ) واقع در دهانه‌ی آبیگر، دریچه اضطراری نیز نصب می‌شود تا در صورت بروز



مشکل در مجموعه نیروگاه و عمل نکردن به موقع شیر ورودی توربین، به صورت خودکار بسته شده و از ورود آب به توربین جلوگیری نماید. دریچه‌ی سرویس / اضطراری آبیگیر عموماً دارای مکانیسم مانور هیدرولیکی می‌باشد.

- در طرح‌های بزرگ برق‌آبی با ارتفاع آب زیاد و ظرفیت بالا، در صورتی که طول تونل آبرو و پنستاک زیاد باشد و دریچه‌های سرویس / اضطراری آبیگیر، بعد از سه راهی (مانیفولد) تونل اصلی آبیگیر و با فاصله از دهانه آبیگیر قرار داشته باشند، ممکن است یک سری دریچه تعمیراتی دیگر نیز در بالادست دریچه اضطراری / سرویس آبیگیر پیش‌بینی شود.

پنستاک به عنوان مجرا یا لوله تحت فشار، تامین آب توربین را از طریق آبیگیر به عهده دارد. جانمایی و ساختمان پنستاک به نوع نیروگاه، جانمایی آبیگیر، سرعت انتقال آب و طول مجرای آبرسان و مشخصات ژئوتکنیکی محل بستگی دارد. پنستاک‌ها و تونل‌های آب بر نیروگاه ممکن است از انواع سنگی با پوشش بتنی، سنگی با پوشش فولادی و یا به صورت بتنی باشد. در مواردی ممکن است قسمتی از تونل آبرو و پنستاک از نوع سنگی و بدون پوشش بتنی باشد. پنستاک‌ها در تمام یا بخشی از طول خود می‌توانند به صورت غیرمدفون (روکار) باشند. پنستاک‌های غیر مدفون، از لوله‌های فولادی جوشکاری شده واقع روی تکیه‌گاه‌های مخصوص فلزی با فونداسیون بتنی، که در طول شیب قرار گرفته‌اند، ساخته می‌شود. پنستاک‌های فولادی ممکن است در داخل تونل‌ها به صورت غیرمدفون روی تکیه‌گاه نیز نصب شوند. پنستاک‌های مدفون در قسمتی از طول خود، در سمت آبیگیر از بتن مسلح ساخته می‌شود و در انتهای مسیر و در انشعاب‌های منتهی به توربین‌ها به پنستاک‌های فولادی تبدیل می‌شود. پنستاک‌های فولادی هنگام کار گذاشتن در بتن با حلقه‌های کمربندی فولادی تقویت می‌شوند و فاصله بین سطوح خارجی پنستاک‌های فولادی با صخره و یا با پوشش بتنی تونل، با تزریق دوغاب سیمان پر می‌شود.

پنستاک‌ها و تونل‌های آبرو معمولاً مجهز به شیرهای کنترل هوا می‌باشند که در هنگام تخلیه آب مجرا، هوا را به میزان لازم وارد سامانه نمایند تا از ایجاد خلاء جلوگیری شود. هنگام آبیگیری مجدد پنستاک نیز این شیرهای کنترل هوا به خارج شدن هوا کمک می‌کنند.

تخلیه آب توربین‌ها از طریق پایاب انجام می‌شود. جانمایی آن به گونه‌ای است که میزان غرقابی ضروری برای توربین تامین شود و همچنین شرایط مناسبی برای تخلیه لوله مکش توربین فراهم گردد. معمولاً در بالای تراز آب پایاب، سکویی برای مانور دریچه‌های تعمیراتی پایاب پیش‌بینی می‌شود. از این دریچه‌ها هنگام نصب اولیه تجهیزات نیروگاه و سپس در دوران بهره‌برداری برای بازرسی مجرا و تجهیزات مسدود کننده واقع در پایین دست توربین استفاده می‌شود.

انواع مختلف دریچه‌ها در آبیگیر نیروگاه‌های برق‌آبی و انتهای لوله مکش توربین نصب می‌شود. این تجهیزات از نظر موقعیت قرارگیری، نحوه عملکرد و همچنین شکل، انواع مختلفی دارند:

#### الف - انواع دریچه‌ها از نظر عملکرد

در آبیگیر نیروگاه، دریچه‌های راس نقش‌های زیر را می‌توانند داشته باشند:

- دریچه‌های محافظ یا اضطراری<sup>۱</sup>

- دریچه‌های سرویس

- دریچه‌های تعمیراتی

### ب - انواع دریچه‌ها از نظر طراحی و شکل

در آبیگر نیروگاه، برحسب طراحی و ابعاد پروژه، انواع مختلف دریچه‌ها به شرح زیر ممکن است به کار گرفته شود:

- دریچه‌های کشویی<sup>۱</sup>

- دریچه‌های چرخدار (با چرخ ثابت<sup>۲</sup> و یا غلطک دار<sup>۳</sup>)

- دریچه‌های قطاعی

- دریچه‌های استوانه‌ای

- دریچه‌های حلقوی قاب‌دار<sup>۴</sup>

- دریچه‌های فرازبند (استاپلاگ)

### ۳-۱۲-۲- بهره‌برداری از تجهیزات آبیگر و پنستاک

در این بخش از راهنما، موارد عمومی مربوط به بهره‌برداری از دریچه‌های آبیگر نیروگاه و پنستاک ارائه می‌شود. بهره‌برداری از تجهیزات هیدرومکانیک برای هر طرح برق آبی باید با رعایت کامل دستورالعمل‌های خاص، که در مرحله طراحی تفصیلی تهیه و در مرحله ساخت و اجرا تدقیق شده است، انجام گیرد. این دستورالعمل‌ها شامل کنترل‌های قبل از مانور دریچه‌ها و راه‌اندازی تجهیزات، مراقبت‌های حین بهره‌برداری، تدابیر ایمنی، ثبت و گزارش موارد غیرعادی و کنترل‌های لازم پس از بسته شدن دریچه‌ها و شیرها می‌باشد.

### ۳-۱۲-۲-۱- بهره‌برداری از دریچه‌های آبیگر

#### الف- دریچه‌های سرویس / اضطراری

این دریچه‌ها علاوه بر مانور عادی به عنوان دریچه اضطراری نیروگاه در حالتی که شیر ورودی توربین در هنگام ارسال فرمان توقف اضطراری نتواند عمل نماید، مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا مانور دریچه درحالت‌های زیر خواهد بود:

- بسته شدن عادی دریچه: این مانور با برنامه‌ریزی قبلی انجام می‌شود. در این حالت بستن دریچه در حالت تعادل فشار و برای بستن مجرای ورودی آب به پنستاک و توربین و انجام بازرسی و تعمیر پنستاک، شیر ورودی و تجهیزات پایین دست آن صورت می‌گیرد.

---

1 - Slide Gate  
2 - Fixed -Wheel Gate  
3 - Roller Gate  
4 - Ring Follower Gate

- بسته شدن اضطراری: فرمان بسته شدن اضطراری دریچه در مدار فرمان اتوماتیک لحاظ شده است و دریچه در این حالت تحت وزن خود و در زمان کوتاه‌تر مجرا را می‌بندد تا از رسیدن توربین به سرعت فرار و ایجاد صدمات دیگر جلوگیری شود. این کار در شرایط عدم تعادل فشار (وجود جریان) انجام می‌شود و بهره‌بردار در کنترل آن دخالتی ندارد. ممکن است بدلیل جریان آب در مجرا دریچه تحت وزن خود بسته نشود و نیاز به استارت واحد مولد قدرت هیدرولیکی باشد.
  - بستن اضطراری دریچه سرویس/ اضطراری توسط بهره‌بردار در شرایط اضطراری نیروگاه: بهره‌بردار باید بتواند در شرایط اضطراری به شرح زیر، با استفاده از فرمان «دستی» بستن اضطراری دریچه اضطراری آبگیر، که در اتاق کنترل مرکزی قرار دارد، این دریچه را ببندد:
    - در شرایطی که شیر اصلی ورودی نیروگاه، به دلیل اشکال در مدار فرمان و یا خراب شدن نتواند با فرمان بسته شدن اضطراری عمل کند و در عین حال مدار فرمان اتوماتیک بسته شدن دریچه اضطراری آبگیر نیز در حالت مذکور عمل ننماید.
    - در صورت موجود نبودن شیر اصلی ورودی در طرح نیروگاه و در شرایطی که جلوی آب ورودی به توربین با فرمان توقف اضطراری سریع واحد باید گرفته شود و فرمان اتوماتیک دریچه راس آبگیر عمل نکند.
    - در شرایطی که به دلیل بروز اشکال در پنستاک، نیاز به بسته شدن سریع دریچه راس آبگیر باشد.
- برای بستن اضطراری دریچه در کلیه شرایط مذکور، بهره‌بردار اتاق فرمان نیروگاه می‌تواند فرمان بسته شدن دریچه سرویس/ اضطراری راس آبگیر را صادر نماید. در مواردی که در اتاق کنترل مرکزی تابلوی میمیک وجود دارد، معمولاً برای هر دریچه اضطراری راس آبگیر یک دکمه توقف اضطراری (نوع درپوش‌دار) روی این تابلو پیش‌بینی می‌شود و بهره‌بردار باید پس از تشخیص شرایط اضطراری فوراً این دکمه را فشار دهد.
- باز کردن عادی دریچه:** برای باز کردن دریچه، ابتدا باید با استفاده از شیر بای پاس و یا باز نمودن جزئی دریچه<sup>۱</sup> تعادل فشار در طرفین آن ایجاد شود. در حین این عملیات باید توجه نمود که هوای سامانه به طور کامل از طریق شیرهای اتوماتیک تخلیه هوا خارج شود و سپس برای باز کردن دریچه سرویس اقدام شود. با توجه به اهمیت دریچه سرویس / اضطراری نیروگاه سامانه بالا بر آن از نوع الکتروهیدرولیکی است.
- شرایط غیرعادی در زمان باز کردن دریچه:** هنگام باز کردن دریچه باید نحوه حرکت دریچه، وضعیت نشان دهنده فشار روغن سامانه، درجه حرارت روغن و میزان ارتعاشات به دقت مورد مراقبت قرار گیرد و در صورت مشاهده هرگونه وضعیت غیرعادی از قبیل سر و صدا، ارتعاش، داغ شدن روغن و یا نشت غیر منتظره، باید فوراً عملیات مانور متوقف شود و بهره‌بردار مراتب را برای بررسی و تصمیم‌گیری به مهندس مسئول بهره‌برداری اطلاع دهد.

### ب- دریچه‌های تعمیراتی از نوع استاپلاگ یا فرازبند<sup>۱</sup>

بهره‌برداری از این دریچه‌ها که به منظور انجام تعمیرات روی دریچه سرویس (اضطراری) نیروگاه و یا مجاری آب‌بر مورد استفاده قرار می‌گیرد، تنها در حالت تعادل فشار بوده و قبل از جایگذاری آنها در شیار مربوطه باید از عدم وجود جریان آب اطمینان کامل حاصل شود (کنترل بسته بودن کامل دریچه سرویس آبیگر و یا بسته بودن شیر ورودی اصلی نیروگاه). نظر به این که مانور این قبیل دریچه‌ها معمولاً توسط جرثقیل و با واسطه تیر بالابر انجام می‌شود، باید قبل از اقدام به بستن دریچه، عملکرد صحیح تیر بالابر (درگیری و رها شدن به موقع) چند بار به کمک جرثقیل مورد آزمایش قرار گیرد. همچنین وضعیت چرخ‌های راهنما، سازه تیر بالابر و قلاب‌های آن نیز کنترل گردد تا در حین مانور مشکلی بروز نکند. در هنگام باز کردن دریچه (پس از انجام تعمیرات) نیز باید موارد فوق بدقت رعایت شود.

دریچه‌های لوله مکش و پایاب نیروگاه نیز عموماً از نوع استاپلاگ و یا از نوع کشویی می‌باشد و هنگام مانور آنها باید شرایط فوق‌الذکر کنترل گردد. باز کردن و بستن این دریچه‌ها باید در شرایط تعادل فشار انجام شود.

### ج- سامانه کنترل افت فشار آب در شبکه آشغال‌گیر آبیگر

فشار دو طرف شبکه آشغال‌گیر هر یک از دهانه‌های آبیگر، توسط دو حس‌گر (سنسور) واقع در دو طرف شبکه آشغال‌گیر، که در کنار دیواره‌های بتنی هر دهانه تعبیه می‌شود، اندازه‌گیری و توسط ترانسدیوسر به سیگنال الکتریکی تبدیل و به اتاق کنترل نیروگاه ارسال می‌شود. معمولاً دستگاه نمایش دهنده این اختلاف فشار، روی تابلوی میمیک نیروگاه، در کنار دستگاه نمایش دهنده رقوم سطح آب مخزن قرار می‌گیرد و اختلاف فشار را برحسب ارتفاع ستون آب معادل آن (و یا برحسب بار)، نشان می‌دهد. حد فعال شدن آلارم مربوط به افزایش افت فشار در شبکه آشغال‌گیر معمولاً برای افتی در حدود ۵ درصد ارتفاع مؤثر نامی توربین، تنظیم می‌شود. بهره‌بردار باید افت فشار شبکه آشغال‌گیر را کنترل نماید و در صورت نزدیک شدن مقدار آن به حد آلارم، موارد را به سرپرست بهره‌برداری اطلاع دهد. تمیز کردن آشغال‌گیر باید در اولین فرصت، هنگام توقف واحدها انجام گیرد.

### ۱۲-۲-۲- بهره‌برداری از پنستاک‌های نیروگاه

#### الف - پر کردن پنستاک‌ها

اولین آبیگری تونل‌ها و شافت‌های آب‌بر و پنستاک‌های نیروگاه، بخصوص در نیروگاه‌های بزرگ با ارتفاع (هد) زیاد آب، باید به صورت تدریجی و کاملاً کنترل شده انجام گیرد. در زمان بهره‌برداری عادی نیز، در صورتی که واحدها برای مدت طولانی متوقف بوده و پنستاک‌ها کاملاً تخلیه شده باشند، آبیگری مجدد پنستاک‌ها باید به صورت تدریجی و کنترل شده باشد. وقتی تونل‌های آب‌بر مدت نسبتاً طولانی خالی بمانند، زهکشی سنگ اطراف آن شرایطی را ایجاد می‌کند که لازم است آبیگری مجدد تونل و پنستاک‌ها به صورت تدریجی انجام شود.

به طور کلی رعایت موارد زیر در آبیگری مجدد توصیه می‌شود:

- ۱- قبل از اقدام به آبیگیری، گزارش‌های مربوط به آبیگیری اولیه و آبیگیری‌های بعدی از نظر هرگونه حادثه یا شرایط غیرعادی بررسی شود.
- ۲- قبل از آبیگیری بازرسی قدم به قدم از قسمت بیرونی (قسمت غیرمدفون) و قسمت‌های داخلی به عمل آید تا اطمینان حاصل شود که کلیه درب‌های آدرو بسته است، شیرهای کنترل هوا به درستی کار می‌کند و شیرهای تخلیه آب پنستاک بسته است.
- ۳- سرعت پر کردن پنستاک‌ها، در صورتی که تعمیرات اساسی و عمده‌ای در مورد آن انجام نشده باشد، می‌تواند خیلی بیش‌تر از سرعت پر کردن پنستاک در زمان آبیگیری اولیه آن باشد. به عنوان یک معیار کلی تجربی مقدار قابل قبول سرعت آبیگیری حدود ۳۰ متر افزایش ارتفاع آب در ساعت در مجاری آب‌بر می‌باشد.
- ۴- پس از این که سامانه تحت فشار قرار گرفت و قبل از راه‌اندازی واحدها باید از کل سامانه بازرسی به عمل آید و هر نوع شرایط غیرعادی (مانند خروجی غیرمعمول آب از بدنه و افت فشار غیرطبیعی) بررسی و در صورت نیاز آبیگیری متوقف و اشکالات برطرف شود.
- ۵- پس از انجام کنترل‌های لازم فرم مجوز آماده بودن سامانه آبیگیر برای راه‌اندازی واحد توسط مهندس مسئول بهره‌برداری امضاء می‌شود.
- ۶- در صورتی که قسمتی از پنستاک بازسازی شده و یا تعمیرات اساسی در مورد آن انجام گرفته باشد سرعت پر کردن مجدد پنستاک باید کم‌تر از معیارهای آبیگیری در موارد عادی باشد و اقدامات قبل از آبیگیری از نظر کنترل‌های اولیه باید مشابه اقدامات مربوط به اولین آبیگیری پنستاک باشد و برنامه اقدامات اضطراری هنگام آبیگیری باید به صورت مدون تهیه شود.
- ۷- معیار کلی پیشنهادی برای محدوده سرعت پر کردن پنستاک‌های مورب و شافت‌های مجاری آب‌بر نیروگاه برای آبیگیری اولیه و بعد از بازسازی و تعمیرات ۶ تا ۱۵ متر ارتفاع آب در ساعت است که با توجه به ساختار سنگ و ضریب اطمینان در طراحی پوشش تونل‌های آب‌بر مقادیر پایین‌تر محدوده فوق باید لحاظ شود. برای قسمت‌های افقی پنستاک‌ها سرعت آبیگیری اولیه و نیز آبیگیری بعد از تعمیرات اساسی باید کم‌تر از مقادیر فوق باشد (به دستورالعمل‌های خاص بهره‌برداری نیروگاه در این مورد مراجعه شود).

#### ب- تخلیه پنستاک‌ها

تخلیه پنستاک‌ها باید به صورت کنترل شده و به آهستگی انجام شود. در مورد پنستاک‌های مورب، سرعت تخلیه نباید از ۳۰ متر تغییر ارتفاع آب در ساعت بیش‌تر باشد و یا به میزانی باشد که نرخ عبور هوا از شیر کنترل هوای پنستاک از ۵۰ درصد ظرفیت نامی عبور هوا از شیر (دبی نامی تخلیه هوای شیر) بیش‌تر گردد، هر کدام از این نرخ‌ها که کم‌تر باشد، معیار کلی برای حداکثر نرخ تخلیه پنستاک مورب محسوب خواهد شد.

برای پنستاک‌ها و تونل‌های آب‌بر افقی، نرخ تخلیه نباید از محدوده ۳ تا ۲۰ متر ارتفاع آب در ساعت بیش‌تر شود، که بسته به ساختار سنگ و ضریب اطمینان طراحی پوشش داخلی پنستاک و تونل‌های آب‌بر، مقادیر پایینی محدوده فوق باید لحاظ گردد. برای سایر ملاحظات مربوط به بهره‌برداری مجدد (پس از انجام اصلاحات و تعمیرات در تونل‌های آبگیر نیروگاه)، به بخش ۴-۱۴ از فصل چهارم این راهنما با عنوان «نگهداری و تعمیرات سازه‌ای و ساختمانی نیروگاه» مراجعه شود.

### ۳-۱۳- شیر ورودی

#### ۳-۱۳-۱- کلیات

در انتهای تونل‌های آب‌رسان و پنستاک‌های نیروگاه، بخصوص هنگامی که یک تونل تحت فشار اصلی آب دو یا چند توربین را تامین نماید، یک شیر ورودی قبل از محفظه حلزونی هر توربین قرار می‌گیرد. شیرهای ورودی توربین از نوع مسدود کننده<sup>۱</sup> می‌باشد که برای عملکرد کاملاً باز یا کاملاً بسته پیش‌بینی می‌شوند.

موقعیت و شرایط عملکرد شیرهای ورودی توربین در یک طرح برق‌آبی به‌جانبی کلی مجموعه آبگیر و نیروگاه، طول تونل آب‌رسان و انشعابات آن، تعداد پنستاک‌های منتهی به یک تونل آب‌رسان اصلی، نوع دریچه و یا تجهیزات به کار رفته برای کنترل جریان در ابتدای تونل آب‌رسان، میزان بار آبی و قدرت واحدها و امکانات دسترسی برای سرویس و نگهداری شیرها بستگی دارد. در اکثر نیروگاه‌های برق‌آبی که دارای واحدهایی با قدرت متوسط (۱۰ تا ۱۰۰ مگاوات) هستند و نیز نیروگاه‌های با واحدهای بزرگ (با قدرت بالای ۱۰۰ مگاوات)، هر واحد نیروگاه در قسمت ورودی توربین مجهز به یک شیر مسدود کننده ورودی است. در نیروگاه‌هایی که فاصله توربین از دهانه آبگیر کم است و برای هر توربین در آبگیر دهانه‌ای مجزا در نظر گرفته شده است و ارتفاع موثر آب روی توربین کم است شیر مسدود کننده ورودی به کار نمی‌رود.

در برخی از نیروگاه‌های با ارتفاع (بار آبی) و قدرت کم، به جای شیر ورودی، دریچه‌های کشویی با سامانه کنترل هیدرولیکی نصب می‌شود که نقش شیر ورودی را دارد و در مواردی نیز که طول مسیر تغذیه واحد از آبگیر تا توربین کوتاه است و تونل اصلی آب‌رسان انشعابی تا محل واحد ندارد، دریچه سرویس و اضطراری نصب شده در ابتدای آبگیر، برای انسداد آب ورودی به توربین، در مواردی که نیروگاه کار نمی‌کند و نیز برای توقف اضطراری واحد، به کار گرفته می‌شود.

شیر ورودی توربین دو نقش اساسی دارد یکی برداشتن فشار آب از روی دریچه‌های تنظیمی توربین در زمانی که واحد در توقف کامل است و فراهم نمودن امکان انجام تعمیرات روی توربین و ملحقات آن و دیگری قطع جریان آب و توقف اضطراری چرخش توربین، در صورتی که دریچه‌های تنظیمی توربین قادر به بسته شدن نباشند.

انواع شیرهایی که به عنوان شیر ورودی توربین به کار می‌روند عبارتند از:

- شیر پروانه‌ای
- شیر کروی
- شیر مخروطی

در گذشته شیر سوزنی نیز به عنوان شیر ورودی مورد استفاده قرار می‌گرفت که امروزه استفاده نمی‌شود، زیرا آب‌بندی آن در زمان قطع اضطراری جریان چندان مورد اعتماد نیست.

در نیروگاه‌های برق‌آبی فشار متوسط و بالا عموماً شیرهای نوع پروانه‌ای و کروی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شیرهای پروانه‌ای در بده‌های کم، متوسط و زیاد و با ارتفاع مؤثر آب متوسط و شیرهای کروی در ارتفاع مؤثر آب بالا و با قطرهای کوچک و متوسط، به شرح بند بعد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ۳-۱۳-۲- بهره‌برداری از شیر ورودی نیروگاه

شیر ورودی توربین معمولاً در شرایط تعادل فشار مانور می‌شود و بدین منظور دارای یک سامانه کنارگذر می‌باشد که فشار دو سمت شیر را متعادل می‌سازد. در عین حال این شیر باید قادر باشد در موارد اضطراری، نظیر بسته نشدن دریچه‌های تنظیمی و یا ترکیدن پنستاک، در شرایط حداکثر فشار و جریان آب بسته شود. برای مانور شیر ورودی معمولاً از سروموتور هیدرولیکی استفاده می‌شود. این سروموتورها مجهز به قفل مکانیکی می‌باشد که در هنگام باز و یا بسته بودن شیر، ایمنی لازم را برای پرسنل تعمیر و نگهداری فراهم می‌نماید. سروموتور از نوع دو طرفه با محرک فشار روغن هیدرولیکی و یا نوع یک‌طرفه است که در نوع یک‌طرفه فشار روغن برای باز شدن و وزنه متقابل<sup>۱</sup> برای بسته شدن می‌باشد.

در مورد شیرهای کروی که به عنوان شیر ورودی نیروگاه‌های با ارتفاع آب بالا (۵۰۰ متر و بالاتر) به کار می‌روند، عملکرد پیستون سروموتور شیر کروی، توسط آب تحت فشار لوله پنستاک (با فشار ۵۰ اتمسفر یا بیش‌تر) انجام می‌شود. در این حالت یک شیر موتوری ارتباط آب لوله پنستاک را با تانک مربوط به سامانه عملکرد شیر کروی برقرار می‌سازد. آب تحت فشار تانک شیر کروی توسط لوله‌هایی به پشت «سیل» (آب‌بند) پایین دست شیر منتقل شده و آن را محکم به تکیه‌گاه آن در قسمت داخلی شیر فشار می‌دهد. این فشار باعث می‌شود که آب لوله پنستاک به داخل محفظه حلزونی نشت نکند. کنترل فشار آب در لوله‌های پشت «سیل» پایین دست شیر کروی از ضروریات عملیات راه‌اندازی و توقف واحد می‌باشد.

کنترل شیر اصلی ورودی به‌طور معمول اتوماتیک بوده و در سامانه کنترل واحد منظور می‌شود (چه در حالت تولید انرژی و چه در حالت عملکرد به صورت کندانسور سنکرون).

بین گاورنر و شیر و همچنین بین شیر و دریچه اضطراری (سرویس) نیروگاه که در بالادست پنستاک قرار می‌گیرد، مدار اینترلاک الکتریکی پیش‌بینی می‌شود که عملکرد شیر را به صورت‌های زیر امکان‌پذیر سازد:

- بسته شدن شیر در هنگامی که سروموتورهای توربین توسط گاورنر عمل کرده و دریچه‌های تنظیمی توربین بسته شده است.

- باز شدن شیر تنها در هنگامی که دریچه آبگیر باز است و گاورنر در مدار (برای فرمان مانور دریچه‌های تنظیمی توربین) قرار دارد.

در زمان راه‌اندازی واحد در حالت تولید انرژی مراحل انجام مانور شیر به شرح زیر می‌باشد:

- باز شدن شیر کنارگذر به منظور ایجاد تعادل فشار در دو طرف شیر اصلی

- پس از این که اختلاف فشار دو طرف شیر به حد معینی کاهش یافت شیر شروع به باز شدن می‌کند تا ارتفاع موثر آب بر توربین اعمال گردد. پس از باز شدن کامل شیر ورودی توربین، شیر بای پاس بسته می‌شود.
- پس از طی مراحل فوق واحد در حالت تولید انرژی راه‌اندازی می‌شود.
- در زمان توقف عادی واحد، ابتدا واحد متوقف می‌شود و جریان آب با بسته شدن دریچه‌های تنظیمی توربین قطع می‌گردد. سپس دیسک شیر پروانه‌ای و یا قسمت روتور (توپ) شیر کروی در حالت بدون جریان بسته می‌شود.
- چنانچه دریچه‌های تنظیمی توربین قادر به بسته شدن نباشند، شیر ورودی به صورت اضطراری بسته شده و جریان آب را متوقف می‌کند.
- چنانچه قرار باشد واحد در حالت کندانسور سنکرون کار کند ابتدا واحد در حالت تولید انرژی شروع به کار کرده و سپس شیرووردی با فرمان تغییر از حالت تولید به حالت کندانسور سنکرون، فرمان بسته شدن می‌گیرد و تا پایان عملکرد واحد در حالت کندانسور سنکرون، شیر ورودی به صورت بسته باقی خواهد ماند.
- در هنگام باز شدن شیر ورودی باید شرایط زیر برقرار باشد:
  - ۱- قفل مکانیکی شیر باز باشد.
  - ۲- دریچه آبیگیر به‌طور کامل باز باشد.
  - ۳- کلید مربوط به راه‌اندازی پمپ‌های هیدرولیک در حالت اتوماتیک قرار گیرد.
  - ۴- دریچه‌های لوله مکش توربین باز باشد.
  - ۵- آب‌بند تعمیراتی شافت توربین خارج از سرویس باشد (آزاد باشد)
  - ۶- توربین متوقف بوده و دریچه‌های تنظیمی بسته باشند.
- برای باز شدن شیر هیچ‌گونه حالت اضطراری پیش‌بینی نمی‌شود.

### ۳-۱۴- سامانه‌های کمکی مکانیکی نیروگاه

- سامانه‌ها و تجهیزات کمکی نیروگاه برای بهره‌برداری و نگهداری صحیح از واحدهای تولید کننده قدرت الکتریکی و اجزا تشکیل دهنده این واحدها و نگهداری ساختمان نیروگاه، نقش کلیدی دارند.
- یک دسته از سامانه‌های کمکی مکانیکی مستقیماً در بهره‌برداری از واحدها نقش اساسی دارند، مانند سامانه آب خنک کننده، سامانه تامین هوای فشرده، سامانه تامین روغن مخصوص روانکاری و خنک‌سازی، روغن هیدرولیک گاورنر و شیر ورودی اصلی توربین.
- دسته دیگری از سامانه‌های کمکی و تجهیزات مکانیکی عمدتاً هنگام نگهداری و تعمیرات واحدها و تجهیزات نیروگاه به کار می‌روند، مانند سامانه تخلیه آب واحدها، سامانه جمع‌آوری، نگهداری و تصفیه انواع روغن، تجهیزات کارگاه مکانیک و جرثقیل‌ها. برخی از سامانه‌های کمکی مکانیکی نیز برای حفظ شرایط کار مناسب و ایمن واحدها و تجهیزات، افراد و ساختمان نیروگاه و یا مقابله با شرایط غیرعادی و اضطراری در نیروگاه کاربرد دارند، مانند سامانه جمع‌آوری و تخلیه آب‌های نشستی و زهکش‌ها (از



تجهیزات، دیوارها و کف ساختمان)، سامانه تهویه مرتبط با فضای کاری تجهیزات (برای دفع حرارت ناشی از تلفات الکتریکی، دفع بخار اسید اتاق باتری‌ها و دفع گاز دی اکسیدکربن) و سامانه آتش نشانی.

سامانه‌های مکانیکی دیگری نیز برای ساختمان نیروگاه و نیز ایجاد شرایط مناسب برای محل‌های استقرار کارکنان بهره‌برداری و نگهداری به کار می‌روند، از جمله این سامانه‌ها، سامانه تهویه و تهویه مطبوع ساختمان نیروگاه، سامانه آب مصرفی و شرب نیروگاه و سامانه جمع‌آوری، تصفیه و دفع فاضلاب می‌باشد.

در بخش‌های قبلی این فصل، که مربوط به راه‌اندازی و بهره‌برداری از واحدها می‌باشد، به نقش آن دسته از تجهیزات و سامانه‌های کمکی مکانیکی که در بهره‌برداری از واحدها سهم اساسی دارند، اشاره شده است. مراحل وارد شدن تجهیزات کمکی در مدار راه‌اندازی و توقف واحدها در بندهای ۳-۶-۳ و ۳-۶-۴ این فصل تشریح شده است.

برای بهره‌برداری از جرثقیل اصلی نیروگاه، بخش جداگانه‌ای در این فصل از راهنما اختصاص داده شده است (بخش ۳-۱۵). در مورد آن دسته از سامانه‌ها و تجهیزات کمکی، که عمدتاً به هنگام نگهداری و تعمیرات تجهیزات ایفای نقش می‌کنند و نیز سایر سامانه‌های کمکی مکانیکی که برای حفظ شرایط مناسب و ایمن برای تجهیزات، ساختمان و کارکنان نیروگاه به کار می‌روند، جزئیات بیشتر در فصل چهارم راهنما (فصل نگهداری نیروگاه‌های آبی) ارائه گردیده است.

### ۳-۱۵- بهره‌برداری از جرثقیل‌های نیروگاه

#### ۳-۱۵-۱- کلیات

این بخش از راهنما شامل کلیات مربوط به عملکرد جرثقیل اصلی نیروگاه و توصیه‌های عمومی مربوط به بهره‌برداری از آن می‌باشد.

جرثقیل‌های اصلی نیروگاه‌های متوسط و بزرگ که برای جابه‌جایی تجهیزات در دوران نصب و تعمیرات و جابه‌جایی تجهیزات در دوران بهره‌برداری به کار می‌روند از نوع سقفی<sup>۱</sup> می‌باشد. این جرثقیل‌ها در فضای سرپوشیده در سالن ژنراتورها نصب می‌شوند و تا محوطه مونتاژ تجهیزات اصلی مانور می‌شوند.

در یک نیروگاه با واحدهای بزرگ، بسته به جانمایی تجهیزات، ممکن است علاوه بر جرثقیل سقفی اصلی واقع در سالن ژنراتور، برای برخی تجهیزات اصلی، از جمله شیرهای اصلی ورودی نیروگاه از جرثقیل سقفی جداگانه با ظرفیت بالابری کم‌تری استفاده شود.

در نیروگاه‌های روزمینی با واحدهای کوچک (با ظرفیت هر واحد زیر ۱۰ مگاوات)، بسته به شرایط طراحی سازه اصلی ساختمان نیروگاه و به منظور تقلیل ارتفاع روسازه (سوپر استراکچر)، ممکن است از جرثقیل دروازه‌ای نوع بیرونی، که روی سقف و بیرون از فضای سالن ژنراتور نصب می‌گردد، استفاده گردد.

از آنجایی که در دوران بهره‌برداری و نصب در اکثر موارد بارهایی که توسط جرثقیل نیروگاه جابه‌جا می‌شوند، بسیار سبک‌تر از ظرفیت بالابر اصلی می‌باشد، لذا استفاده از بالابر اصلی برای این‌گونه جابه‌جایی‌ها مقرون به صرفه نیست. معمولاً یک بالابر

کمکی با ظرفیت خیلی کم‌تر از بالابر اصلی (حدود ۱۰ درصد ظرفیت بالابر اصلی و یا کم‌تر از آن) روی جرثقیل اصلی نصب می‌شود. بالابر کمکی بسته به ظرفیت آن ممکن است به‌وسیله یک کالسکه (ترولی) مجزا حرکت کند و یا روی همان کالسکه مربوط به بالابر اصلی نصب شود. در مورد جرثقیل‌های سقفی اصلی نیروگاه‌های با واحدهای بزرگ، بالابر کمکی نیز روی کالسکه مجزا قرار می‌گیرد.

در اکثر جرثقیل‌های سقفی اصلی نیروگاه‌های برق‌آبی به خصوص هنگامی که مسیر حرکت جرثقیل (طول سالن ژنراتور) زیاد و ظرفیت موتور بالابر اصلی بالا است، از سامانه برق‌رسان ریلی استفاده می‌شود. در راهنمای بهره‌برداری جرثقیل اصلی نیروگاه، عمدتاً بر جرثقیل‌های سقفی با ظرفیت بالا و با سامانه برق‌رسان ریلی تأکید شده است.

اجزای اصلی جرثقیل سقفی به شرح زیر می‌باشد:

#### الف- کالسکه<sup>۱</sup>

اجزای اصلی کالسکه جرثقیل شامل موارد زیر می‌باشد:

- اجزای مکانیزم بالابری متشکل از درام، گیربکس، الکتروموتور و ترمزها
- سازه و مکانیزم حرکتی کالسکه متشکل از چرخ‌ها و موتور گیربکس و ترمزها
- قسمت برق‌رسان کالسکه شامل کابل‌های تخت و آویزان انعطاف پذیر و گیره‌ها و ریل<sup>۲</sup>
- محدودکننده‌های حرکت (شامل کلیدهای حدی و ضربه‌گیرها)

#### ب- پل جرثقیل

اجزای اصلی پل جرثقیل شامل تیر حمل، مکانیزم حرکتی متشکل از چرخ‌ها و موتور گیربکس، ترمزها و محدودکننده‌های حرکت (شامل کلیدهای حدی و ضربه‌گیرها) می‌باشد.

#### ج- بالابر کمکی

#### د- سامانه برق‌رسان اصلی جرثقیل

#### ه- کابین کنترل

و- تابلوهای تجهیزات الکتریکی و کنترل اجزای جرثقیل

ز- تابلوها یا میزهای کنترل کابین راننده جرثقیل

1- Trolley  
2- Festoon Type

## ۳-۱۵-۲- بهره‌برداری از جرثقیل

## ۳-۱۵-۲-۱- آمادگی برای شروع به کار

پیش از شروع کار با جرثقیل لازم است اقدامات ذیل انجام شود:

- اطمینان یافتن بهره‌بردار از صحت اجزای اصلی و همچنین از عدم حضور تعمیرکاران و سایر اشخاص روی جرثقیل یا در مسیر حرکت آن
- بازدید کامل فنی از تیرهای بالابر و نگهدارنده و بازدید از طناب و محل اتصال آن
- اطمینان یافتن از وجود و سلامت کلیه تجهیزات ایمنی
- نصب تابلویی در جلوی دید بهره‌بردار مبنی بر جدول تست‌ها و تاریخ تست بعدی جرثقیل (براساس دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری)
- بازدید خطوط مسیر جرثقیل، اتصال به زمین، کابل‌های تغذیه‌کننده، آژیر و وصل کردن کلید اتصال
- کنترل سطح روغن در جعبه دنده‌ها و روغن کاری قطعات
- وجود و سالم بودن کلیه حفاظ‌های تجهیزات برقی
- اطمینان یافتن از قرارگیری اهرم‌های فرمان در حالت صفر
- کنترل وجود کانال و یا سینی کابل مناسب برای عبور کابل‌های برقی
- اطمینان از کفپوش لاستیکی و دستکش‌های لاستیکی در کابین و سالم بودن آنها
- اطمینان یافتن از عدم وجود اشیای متفرقه در روی جرثقیل در هنگام حرکت که امکان سقوط داشته باشد.
- گزارش بازرسی‌های قبلی و گزارش شیفت قبلی و حصول اطمینان در مورد تایید رفع نواقص احتمالی قبلی توسط مسئول ذیربط

**توجه:** بازدید جرثقیل پس از قطع کلید اتصال و تابلوی تقسیم انجام می‌پذیرد.

- پس از کنترل جرثقیل و قبل از شروع به کار آن راننده جرثقیل باید از بی‌عیب بودن تجهیزات زیر مطمئن گردد:
- کلیه مکانیزم‌های جرثقیل شامل قلاب‌ها، ترمزها و تجهیزات برقی
- پس از حصول اطمینان از بی‌عیب بودن موارد فوق، بهره‌بردار باید وضعیت را در دفتر مربوط به شیفت یادداشت و شروع به کار نماید.

## ۳-۱۵-۲-۲- تیم بهره‌بردار جرثقیل

- برای بهره‌برداری مطمئن از جرثقیل لازم است افراد بهره‌بردار و وظایف هر یک از آنها معین شود.
- برای کار با جرثقیل نیاز به تیم متخصص و تعلیم دیده‌ای شامل راننده، متصل‌کننده بار<sup>۱</sup> و علامت‌دهنده می‌باشد. چنان‌که متصل‌کننده بار در معرض دید راننده باشد به علامت‌دهنده نیازی نیست.

- راننده باید به‌طور کامل وظایف متصل کننده و علایم نشان داده شده در شکل (۳-۵) را بشناسد تا با امنیت کامل دستورات متصل کننده یا علامت دهنده را انجام دهد [مرجع شماره ۱۹].
- متصل کننده باید علایم شکل (۳-۵) را کاملا شناخته و قادر به دادن علایم به‌طور دقیق و واضح باشد.
- علامت دهنده نیز باید دقیقا علایم شکل (۳-۵) را بداند و قادر به انتقال دستورات از متصل کننده به راننده جرثقیل به‌طور دقیق و واضح باشد.
- بهره‌برداران جرثقیل باید دوره‌های مخصوصی را گذرانده باشند تا اجازه کار با جرثقیل را پیدا کنند.

### ۳-۱۵-۲-۳- کنترل حرکات جرثقیل

جرثقیل از طریق کابین راه‌اندازی و کنترل می‌شود. کابین عموماً در زیر پل، برای ایجاد بیش‌ترین میدان دید بهره‌بردار نصب می‌شود. در کابین تجهیزات کنترلی جرثقیل قرار می‌گیرد. معمولاً دو میز کنترل در کابین بهره‌بردار وجود دارد. بهره‌بردار فرمان حرکت بالابر اصلی (یا بالابرها، اصلی)، بالابر کمکی، کالسکه و پل را از طریق این میزها، که شامل دکمه‌های فرمان برای حرکت‌های مختلف اجزا جرثقیل می‌باشد، انجام می‌دهد. حرکت قسمت‌های مختلف جرثقیل و حالات مختلف بالابری و پایین‌بری به شرح زیر است:

#### الف- حرکت بالابری اصلی جرثقیل

سامانه بالابر اصلی جرثقیل عموماً شامل یک موتور آسنکرون با روتور سیم‌پیچی شده بعنوان موتور اصلی همراه با مجموعه مقاومت‌های قابل تغییر اضافه شونده به سر روتور، یک کنتاکتور معکوس کننده برای تغییر جهت حرکت بالابر (بالابری و پایین‌بری)، دو عدد ترمز نگهدارنده بار (ترمز جریان مستقیم یا ترمز سه فاز الکتروهیدرولیکی)، یک سامانه ترمز «جریان ادی» و یک کلاچ مغناطیسی و همچنین یک موتور آسنکرون دیگر با ظرفیت کم برای جابجایی میلی‌متری بار و یک کنتاکتور معکوس کننده به منظور تغییر جهت حرکت (بالابری و پایین‌بری) بالابر اصلی می‌باشد. شافت دو موتور آسنکرون فوق‌الذکر بوسیله کلاچ مغناطیسی بهم وصل می‌شود. با قطع کلاچ نیروی الکتروموتور اصلی به گیربکس‌ها انتقال می‌یابد و با اتصال کلاچ مغناطیسی نیروی الکتروموتور حرکت‌های میلی‌متری به گیربکس‌ها منتقل می‌شود. در جرثقیل‌های با تکنولوژی جدید بجای ترمز جریان ادی و بانک مقاومت مدار روتور الکتروموتور از اینورتر فرکانس با ظرفیت بالا استفاده می‌شود.

#### کارکرد بالابر اصلی معمولاً شامل حالت‌های زیر است:

- حالت بالابری تند
- حالت بالابری کند
- حالت پایین‌بری تند
- حالت پایین‌بری کند
- حرکت‌های بالابری و پایین‌بری بسیار کم (حرکت میکرونی)

 <p><b>استفاده از بالاتر اصلی</b> مشت خود را روی سر قرار دهید و سپس از علائم معمول استفاده نمایید</p>	 <p><b>بالابری</b> ساعد را به صورت عمودی و انگشت اشاره را به سمت بالا نگهدارید، حال دستان را روی محیط یک دایره کوچک افقی حرکت دهید</p>	 <p><b>پایین بری</b> با بازو و انگشت اشاره سمت پایین را نشان دهید، حال دستان را روی محیط یک دایره کوچک افقی حرکت دهید</p>	 <p><b>حرکت پل</b> بازو کشیده به سمت جلو دست با انگشتان باز و به سمت بالا، هل دادن در جهت حرکت را نشان دهید</p>
 <p><b>بالابری کمکی</b> از یک دست را روی کف دست دیگر قرار دهید و سپس علائم معمول را استفاده نمایید</p>	 <p><b>حرکت کالسکه</b> کف دست به سمت بالا، انگشتان در حالت بسته، انگشت شست در جهت حرکت دست را به صورت افقی حرکت دهید</p>	 <p><b>ایست</b> بازو را مستقیم امتداد داده، کف دست به سمت پایین، بازو را به سمت جلو و عقب افقی حرکت دهید</p>	 <p><b>توقف اضطراری</b> هر دو بازو کشیده به سمت طرفین، کف دست‌ها به سمت پایین، بازوها را به سمت جلو و عقب افقی حرکت دهید</p>
 <p><b>گردش بوم</b> بازو کشیده، انگشتان در جهت گردش بوم</p>	 <p><b>استفاده از چند کالسکه</b> یک انگشت به سمت بالا برای نشان دادن حرکت بالاتر و دو انگشت به سمت بالا برای نشان دادن حرکت دو بالاتر، سپس علائم معمول</p>	 <p><b>حرکت آهسته</b> از یک دست برای نشان دادن علائم حرکت استفاده کرده و دست دیگر ثابت در جلوی آن نگاهداشته شود (برای مثال بالاتری آهسته را نشان می‌دهد)</p>	 <p><b>پایان خاصیت آهن ریایی قلاب</b> اگر آه‌ور هر دو دست را به طرفین بازو کشیده نگاهداشته و کف دست‌ها به سمت بالا قرار دارد</p>
 <p><b>همه چیز متوقف</b> دست‌ها گره خورده در جلوی بدن نگاهداشته شود</p>	<p>علائم استاندارد دست برای کنترل جرثقیل‌های سقفی و دروازه‌ای</p>		

شکل ۳-۵ علائم استاندارد دست برای کنترل جرثقیل‌ها

### ب- حرکت عرضی کالسکه‌های بالابرهاى اصلی بر روی پل‌ها

حرکت عرضی کالسکه‌ها معمولاً توسط دو موتور آسنکرون قفس سنجایی انجام می‌گیرد. هر دو موتور عموماً توسط یک کنترل کننده سرعت قابل برنامه‌ریزی (اینورتر فرکانس) تغذیه می‌شوند که با تغییر فرکانس برق ورودی به استاتور موتورهای آسنکرون، سرعت گردش روتور تغییر می‌یابد.

کالسکه دارای حالت‌های مختلف حرکت، شامل حرکت رو به جلو سریع و آهسته و حرکت رو به عقب سریع و آهسته می‌باشد. هنگام استفاده از کالسکه در حرکت سریع از لحظه سکون، لازم است کنتاکتور حرکت سریع بعد از کنتاکتور حرکت آهسته وارد مدار شود تا شتاب‌گیری سامانه به‌طور صحیح انجام شود. در سامانه حرکت عرضی کالسکه‌ها کلیدهای حدی نیز برای محدود کردن ناحیه حرکت کالسکه‌ها تعبیه می‌شود.

### ج- حرکت پل

مدار قدرت الکتریکی حرکت پل مانند حرکت کالسکه است. در این سامانه نیز از دو موتور آسنکرون برای حرکت پل به چپ و راست استفاده می‌شود. کنترل حرکت پل به‌وسیله دسته کنترلی (مربوط به کنترل اصلی) انجام می‌شود. این دسته کنترلی دارای دو وضعیت تند و کند برای هر یک از حرکت‌ها به سمت راست و چپ می‌باشد.

### د- عملکرد توام<sup>۱</sup> (موازی) دو بالابر اصلی

در آن دسته از جرثقیل‌های سقفی که به دلیل وزن سنگین روتور ژنراتور (حدود ۳۰۰ تن به بالا) و ملاحظات دیگر طراحی از دو بالابر اصلی و دو کالسکه (و یا ۴ بالابر اصلی و دو جرثقیل) استفاده می‌شود، برای بالابردن روتور باید بالابرها با هم به صورت کاملاً هماهنگ عمل نمایند. برای توام کار کردن، ابتدا باید دو جرثقیل کاملاً کنار یکدیگر قرار بگیرند و در این هنگام کلیدهای حدی حرکتی پل‌ها عمل نمی‌کند. برای اطمینان از کار، ابتدا پل‌ها توسط یک قطعه واسط به هم متصل می‌شود و بالابرها به‌طور مکانیکی موازی می‌شوند. در تابلوی فرمان اصلی بالابرها، یک کلید چند حالتی وجود دارد که باید در حالت کار توام قرار گیرد. حالت‌های مختلف این کلید، در دستورالعمل‌های سازنده تعریف می‌شود و مبین این است که کدام یک از بالابرهاى اصلی یا جرثقیل‌ها راهبر (یا Master) و کدام یک تابع (یا Slave) می‌باشد.

در حالت کار توام (موازی) دو جرثقیل اصلی، محدوده حرکتی جرثقیل‌ها کم‌تر است و این به دلیل وجود تیرهای بالابر مخصوص است که برای بلند کردن روتور ژنراتور استفاده شده و باعث می‌شود که کالسکه‌های دو جرثقیل در فاصله بیش‌تری از کابین‌ها متوقف شوند. این عمل به‌وسیله کلیدهای حدی مخصوص کار توام جرثقیل‌ها کنترل می‌شود.

**۳-۱۵-۲-۴- سایر ملاحظات بهره‌برداری**

- پلاک نصب شده روی جرثقیل باید دارای شماره ثبت دقیق، ظرفیت بالابری، تاریخ تست و تدابیر ایمنی ضروری باشد.
- استفاده از جرثقیل در رژیم‌های سخت و یا با بار بیش‌تر از بار نامی (آنچه که در مشخصات فنی جرثقیل ذکر شده) مجاز نمی‌باشد.
- در برنامه کاری جرثقیل استفاده از حداکثر دو فعالیت هم‌زمان در حالت بدون بار، مجاز است. ولی کار هم‌زمان بالابر اصلی و فرعی و نیز حرکت هم‌زمان جرثقیل یا کالسکه هنگام بالا بردن بار مجاز نیست.
- قبل از شروع به کار جرثقیل، جهت حرکت کنترل شود.
- همیشه باید زنگی برای شروع حرکت و نیز نزدیک شدن به اشخاص به صدا در آید.
- هرگاه علامت هشدار دهنده‌ای بر روی کلید اتصال کابین وجود داشته باشد تا رفع مشکل، جرثقیل نباید روشن شود.
- پس از اتصال ولتاژ به هادی‌های اصلی برق رسانی باید از عدم وجود افراد، اشیاء و غیره در مسیر حرکت جرثقیل کاملاً مطمئن شد.
- در زمان حرکت جرثقیل باید در نظر داشت که فاصله بین خطوط ایست با محل تکیه‌گاه نباید کم‌تر از طول خط ترمز باشد.
- قبل از بالا بردن کامل بار، اطمینان یافتن از امنیت، بالانس و موقعیت بار در قلاب یا تجهیزات بالابری در ارتفاع چند میلیمتری از سطح زمین، ضروری می‌باشد.
- نزدیک شدن به لیمیت سویچ‌های انتهایی فقط در سرعت پایین مجاز می‌باشد. در بعضی از جرثقیل‌ها از لیمیت- سویچ‌های صلیبی دو مرحله‌ای برای توقف جرثقیل استفاده می‌شود.
- روشن و خاموش کردن سریع برای تنظیم عملکرد جرثقیل به حداقل رسانده شود.

**۳-۱۵-۲-۵- ملاحظات مربوط به زمان توقف جرثقیل**

- در زمان توقف جرثقیل باید بست‌های ترمز دستی محکم گردند (در صورت وجود)
- بعد از توقف کار جرثقیل در پایان شیفت کاری، بهره‌بردار باید بار جرثقیل را روی زمین قرار داده و قلاب و پولی بلوک را در بالاترین موقعیت خود قرار دهد، سپس جرثقیل را در مکان تعیین شده در انتهای مسیر حرکت پارک نموده و به متوقف کننده‌های انتهایی مسیر حرکت محکم نماید.
- تمامی دسته‌های کنترلی باید در حالت خاموش قرار داده شده و قبل از ترک جرثقیل سویچ اصلی باید قفل شود.

**۳-۱۵-۳- ملاحظات مربوط به شرایط پیش‌بینی نشده و یا اضطراری در بهره‌برداری جرثقیل**

- چنانچه ناگهان جرثقیل از کار بیفتد و یا با قطع برق آن امکان پایین آوردن بار وجود نداشته باشد، راننده جرثقیل باید اقداماتی را جهت محصور کردن محل زیر بار انجام دهد.
- در هنگام گیر کردن بار، باید فوراً عمل بالابری و پایین‌دهی آن را متوقف نمود تا دلایل آن مشخص شود.

- چنانچه هنگام بالابری یا پایین‌دهی، بار شروع به سقوط نماید (سرعت موتور شروع به افزایش نماید)، لازم است با کلید اضطراری جریان برق را قطع و ترمز نمود و پس از رفع عیب، عملیات را ادامه دهد. ترمز جریان ادی مانع سقوط بار می‌شود.
- اگر در موقع بالابری ترمز عمل نکند و بار شروع به سقوط نماید باید فوراً جهت را به پایین‌دهی تغییر داد و روی سرعت حداقل تنظیم نمود.
- اگر در هنگام عملیات بهره‌برداری، جریان برق قطع گردد، بهره‌بردار باید فوراً تمامی دسته‌های کنترلی را در حالت خاموش قرار داده و در صورت امکان بار را روی زمین گذارد. در صورت عدم امکان زمین گذاشتن بار در همان زمان، نباید اجازه عبور و یا ماندن زیر بار تا رفع عیب به افراد داده شود.

### ۳-۱۵-۴- تجهیزات ایمنی

- تجهیزات و وسایل ایمنی به شرح ذیل باید در دسترس بهره‌بردار جرثقیل باشد:
- کپسول اطفای حریق به تعداد و حجم مناسب در کابین و گوشه‌های پل قرار گیرد.
  - یک جفت گوشی بر روی قلابی پشت سر صندلی بهره‌بردار آویزان شود.
  - ماسک تنفسی بر روی قلابی پشت سر صندلی بهره‌بردار آویزان شود.
  - یک جفت دستکش کار چرمی پشت صندلی بهره‌بردار قرار گیرد.
  - نردبان اضطراری از نوع طنابی تهیه شود و به ورودی کابین متصل گردد. طول نردبان‌ها باید یک متر بیش‌تر از فاصله کابین تا کف زمین باشد.

### ۳-۱۵-۵- مدارک و علائم کمکی موردنیاز بهره‌بردار

- اطلاعات فنی، مدارک و علائم به شرح زیر باید در دسترس بهره‌بردار باشد:
- نقشه شماتیک جرثقیل با جلد پلاستیکی در محل قابل دید بهره‌بردار در کابین نصب گردد.
  - مجموعه‌ای از نقشه‌های اصلی مکانیکی، الکتریکی و فهرست قطعات در کمدهی داخل کابین قرار گیرد.
  - علائم استاندارد کنترل جرثقیل با جلد پلاستیکی در نقطه قابل دید بهره‌بردار در کابین نصب گردد.
  - گواهینامه جرثقیل با جلد پلاستیکی مقابل در ورودی کابین نصب گردد.
  - ظرفیت جرثقیل در هر طرف جرثقیل نصب شود به‌طوری‌که از روی زمین قابل رویت باشد.
  - ظرفیت هر قلاب در هر طرف قلاب نصب شود به‌طوری‌که از روی زمین قابل رویت باشد.
  - ظرفیت هر مکانیزم، در داخل کابین بر روی هر کنترل کننده یا کلید مرتبط با آن، به صورت برجسته مشخص شود.



### ۳-۱۶- بهره‌برداری ترانسفورماتورهای اصلی افزایشنده نیروگاه

معمول‌ترین نوع از انواع ترانسفورماتورهای قدرت، که در نیروگاه‌ها، به عنوان ترانسفورماتور افزایشنده ولتاژ ژنراتور مورد استفاده قرار می‌گیرد، ترانسفورماتورهای با عایق روغنی می‌باشد که بسته به ظرفیت و موقعیت آن در نیروگاه، دارای سامانه خنک‌کنندگی از نوع خنک‌کننده روغن با فن، یا خنک‌کننده با آب تحت فشار، به صورت یک مرحله‌ای یا چند مرحله‌ای می‌باشد.

#### ۳-۱۶-۱- شرایط کارکرد عادی ترانسفورماتور اصلی

کارکرد عادی ترانسفورماتور در حالتی است که شرایط زیر برقرار باشد:

- درجه حرارت کار ترانسفورماتور در محدوده‌های عادی پیش‌بینی شده (طبق طراحی و مدارک آزمایش‌های پذیرش ترانسفورماتور) قرار دارد.
- سطح ارتعاشات در حد عادی است.
- سطح صدا در محدوده مشخص شده (در مشخصات فنی و مقادیر تضمین شده ترانسفورماتور) قرار دارد.
- سامانه خنک‌کننده ترانسفورماتور، مطابق طراحی (و مشخصات تعریف شده)، عمل می‌کند.
- روغن ترانسفورماتور که به صورت متناوب کنترل می‌شود، به لحاظ ولتاژ شکست و میزان گازهای حل‌نشده، در شرایط قابل قبول قرار دارد.

#### ۳-۱۶-۲- شرایط کارکرد غیرعادی ترانسفورماتور اصلی

در صورت تامین نشدن هر یک از شرایط فوق، وضعیت کار ترانسفورماتور در حالت غیرعادی بهره‌برداری محسوب می‌شود. اولین اقدام در چنین شرایطی، کاهش بار و متعاقب آن بررسی این امر است که آیا ادامه کار واحد، ضمن جستجوی علت اشکال پدید آمده در ترانسفورماتور امکان‌پذیر است و یا اشکال مشاهده شده در حال گسترش بوده و باید ترانسفورماتور بدون بار گردیده و یا سریعاً از مدار خارج شود. در صورت بروز هر یک از شرایط غیرعادی مذکور برای ترانسفورماتور اکیدا توصیه می‌شود که اپراتور مسئول موضوع را بررسی و درخواست رفع نقص کند.

#### ۳-۱۶-۳- شرایط پیش‌بینی نشده حین بهره‌برداری ترانسفورماتور

شرایط پیش‌بینی نشده حین بهره‌برداری ممکن است به شکل‌های زیر پدید آید:

- الف- عملکرد هر یک از رله‌های حفاظتی یا وسایل مرتبط با شرایط زیر:
  - حرارت بیش از اندازه مجاز روغن
  - حرارت بیش از اندازه مجاز سیم‌پیچی
  - افت زیاد سطح روغن
  - عملکرد رله ازدیاد ناگهانی فشار روغن (عملکرد رله بوخه‌لتس ترانسفورماتور یا سوئیچ فشارشکن : رجوع شود به بند بعدی)

ب- عملکرد رله‌های زیر که نمایش دهنده وجود اشکال در مدار خارجی ترانسفورماتور است و با وجود این، لازم است ترانسفورماتور بدون برق شود:

- عملکرد رله حفاظت شار اضافی

- عملکرد رله اضافه جریان

- عملکرد رله دیفرانسیل ترانسفورماتور

- عملکرد رله حفاظت در مقابل خطای زمین و مواردی مانند آن

ج - علاوه بر موارد پیش‌بینی نشده فوق‌الذکر، فعال شدن برخی از رله‌های حفاظتی مربوط به سامانه قدرت و یا ژنراتور، می‌تواند باعث از مدار خارج شدن ترانسفورماتور، به منظور جلوگیری از آسیب رسیدن به آن (به دلیل وجود اشکال و یا اتصال در تجهیزات متصل به آن)، گردد.

### ۳-۱۶-۴- شرایط اضطراری در کارکرد ترانسفورماتور

در بین انواع رله‌های حفاظتی اشاره شده در فوق، عملکرد رله بوجهلتس (رله ازدیاد فشار ناگهانی داخلی ترانسفورماتور)، نشان دهنده بروز اشکال جدی در داخل تانک ترانسفورماتور است که منجر به تولید سریع و زیاد گاز در تانک شده است. تحت چنین شرایطی، ترانسفورماتور بدون برق گردیده و تا زمانی که داخل ترانسفورماتور بازرسی و علت اشکال معین نشده است، باید از مدار تولید خارج شود. در حالت فوق، برحسب محل پروژه و ابعاد ترانسفورماتور، ممکن است بررسی و تشخیص دقیق عیب، هفته‌ها به طول انجامد.

### ۳-۱۷-۱۷- بهره‌برداری از کلید قدرت ژنراتور

#### ۳-۱۷-۱- انواع کلیدهای قدرت

کلیدهای قدرت (کلید مدار شکن) برای جدا کردن واحد از سامانه قدرت در زمان کلیدزنی‌های عادی مرتبط با بهره‌برداری، برای سنکرون کردن واحد با شبکه و نیز قطع مدار در اثر فرمان رله‌های حفاظتی در شرایط بروز خطا و اشکال به کار می‌رود. کلید قدرت مربوط به واحدها، برای عملیات فوق‌عموما در سمت ژنراتور (در مدار خروجی تحت ولتاژ ژنراتور) و در مواردی در سمت فشار قوی ترانسفورماتورهای اصلی افزایشده نیروگاه قرار می‌گیرد. انتخاب محل کلید قدرت اصلی مربوط به واحدها و آرایش مدار الکتریکی بین واحد و کلیدخانه فشار قوی، در زمان طراحی، براساس ظرفیت و تعداد واحدها، سطح قدرت اتصال کوتاه و وسعت شبکه‌ای که واحدهای نیروگاه به آن وصل می‌شود، ملاحظات مربوط به محدودیت فضا برای جانمایی تجهیزات اصلی (ترانسفورماتورهای افزایشده، خطوط فشار قوی منشعب از ترانسفورماتور) و فاصله کلیدخانه فشار قوی از نیروگاه آبی بررسی می‌گردد و با توجه به ملاحظات فوق، مطالعات فنی-اقتصادی انجام و شمای ارتباط تجهیزات اصلی و موقعیت کلید قدرت مشخص می‌شود.

در نیروگاه‌های کوچک، اتصال ژنراتورها از طریق کلید قدرت سمت ژنراتور به یک شینه مشترک تحت ولتاژ ژنراتور انجام می‌شود. کلیدهای قدرت نیز به دلیل ظرفیت و جریان محدودتر واحد ساختمان ساده‌تری دارند و تعداد ترانسفورماتورهای اصلی نیز نسبت به تعداد واحدها، می‌تواند تقلیل یابد.

در نیروگاه‌های دارای واحدهای بزرگ، یکی از گزینه‌های آرایش مدار، اتصال ژنراتور به ترانسفورماتور اصلی، بدون واسطه کلید قدرت است. به این ترتیب کلید قدرت بیرون از نیروگاه واقع در سمت فشار قوی ترانسفورماتور اصلی، برای سنکرون کردن و سایر عملیات کلیدزنی به کار می‌رود. آرایش مداری فوق‌الذکر «اتصال واحد»<sup>۱</sup> نامیده می‌شود.

هنگامی که ترمینال‌های ژنراتور بدون واسطه کلید قدرت ژنراتور به ترانسفورماتور اصلی نیروگاه وصل می‌شود، برای انجام کارهای نگهداری، ممکن است از کلید معمولی هوایی (سکسیونر) برای جداسازی ترمینال‌های ژنراتور از ترانسفورماتور اصلی استفاده شود.

در اتصال «دو یا چند واحدی»، ممکن است خروجی دو (و یا چند) واحد، پس از اتصال به یک ترانسفورماتور (یا یک مجموعه از ترانسفورماتورهای تکفاز)، با یک خط فشار قوی به کلیدخانه وصل شود و یا مدار خروجی دو واحد بعد از ترانسفورماتورهای اصلی هر کدام، به یکدیگر متصل و از طریق یک مدار فشار قوی به کلیدخانه وصل گردد.

در این صورت هر واحد در سمت ژنراتور باید مجهز به کلید قدرت ژنراتور باشد. شبکه متصل به واحدهای بزرگی که به صورت فوق به کلیدخانه فشار قوی وصل می‌شوند باید شبکه‌ای وسیع و دارای امکاناتی باشد که در صورت قطع ناخواسته هر فیدر فشار قوی خروجی از نیروگاه و حذف ناگهانی قدرت خروجی واحدهای بزرگ مرتبط با آن، شبکه ظرفیت کافی برای تحمل این کاهش تولید را بدون بروز شرایط ناپایدار داشته باشد.

کلیدهای قدرت ژنراتور از نظر شکل استقرار و محیط خاموش کننده قوس الکتریکی در چند دسته کلی قرار می‌گیرند. انواع مختلف کلید قدرت برحسب محدوده جریان دائمی قابل عبور، حداکثر قدرت قطع (تحت شرایط اتصال کوتاه)، نوع و ظرفیت جریان شینه‌های خروجی ژنراتور، انتخاب می‌شوند.

کلیدهای قدرت ژنراتور از نظر شکل استقرار به چند نوع اصلی زیر ساخته می‌شوند:

- کلیدهای قدرت نوع تابلویی
- کلیدهای قدرت از نوع ایستگاهی<sup>۲</sup>
- کلیدهای قدرت ژنراتور از نوع «در مسیر با فازهای مجزا شده محفظه‌دار»<sup>۳</sup>

در نیروگاه‌های دارای واحدهای بزرگ، کلیدهای قدرت ژنراتور از نوع «در مسیر با فازهای مجزا شده محفظه‌دار» (که در آن، شینه‌های فاز خروجی ژنراتور به صورت مجزا از یکدیگر است و هر فاز در محفظه‌ای جداگانه قرار دارد)، ساخته می‌شود. در این نوع کلید، مدار قطع‌کننده مربوط به هر فاز در یک محفظه جداگانه و هم محور با محور شینه‌های تکفاز ژنراتور، قرار می‌گیرد. کلیدهای قدرت «در مسیر» برای واحدهای بزرگ با ولتاژهای کار تا ۲۰ کیلوولت، جریان خروجی دائمی ۶۰۰۰ آمپر و بالاتر و قدرت قطعه‌ای ۱۰۰ کیلوآمپر و بالاتر از آن ساخته می‌شوند. به دلیل ظرفیت‌های بالای کار، این نوع از کلیدهای قدرت ژنراتور از

1- Unit Arrangement

2- Station type Cubicle Switchgear

3- In-Line Isolated Phase Bus

نظر عایقی و محیط خاموش کننده قوس الکتریکی در محفظه کنتاکت‌های اصلی کلید، از نوع "SF6" و یا از نوع «بادی» می‌باشند.

### ۳-۱۷-۲- ملاحظات مربوط به بهره‌برداری

کلیدهای قدرت ژنراتور عموماً (غیر از نوع کشویی)، همراه با کلیدهای مجزاکننده هوایی (سکسیونر) می‌باشند. کلیدهای اتصال زمین (سمت ژنراتور و سمت ترانسفورماتور) نیز برای کارهای نگهداری و تعمیرات در سلول کلید پیش‌بینی می‌شود. ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ، که در مدار تحت ولتاژ ژنراتور قرار می‌گیرند، برای استفاده در مدارهای مربوط به اندازه‌گیری، حفاظت، سنکرون کردن، تنظیم کننده ولتاژ و سایر مدارهای کنترلی در کنار کلید ژنراتور و در برخی از طرح‌ها در داخل محفظه هر فاز کلید قرار داده می‌شوند. در طرح‌های جدید نیروگاهی، در مورد کلیدهای قدرت «در مسیر» (برای واحدهای بزرگ آبی)، این ملحقات همگی در محفظه اصلی کلید واقع می‌شود.

در ژنراتورهایی که دارای ترمز الکتریکی می‌باشند، یک کلید اتصال کوتاه کننده بین کلید مدارشکن ژنراتور و سکسیونر آن قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از آرایش مداری دارای کلید قدرت ژنراتور، کلید اتصال کوتاه کننده ترمینال‌های فاز ژنراتور نیز با کلید قدرت، به صورت یک مجموعه تهیه و نصب می‌شود. کلید اتصال کوتاه مرتبط با کلید قدرت اصلی ژنراتور، علاوه بر استفاده در دوران بهره‌برداری (طی فرایند توقف واحد)، در زمان تست‌های راه‌اندازی (تست‌های منحنی مشخصه اتصال کوتاه ژنراتور و تست‌های رله‌های حفاظتی) به کار می‌رود. همچنین در سال‌های بعد از راه‌اندازی، در صورت نیاز به انجام مجدد تست‌های مذکور (طی دوران نگهداری و بعد از انجام تعمیرات اساسی و یا فعالیت‌های مربوط به بهسازی ژنراتور)، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در کلید قدرت ژنراتورهای بزرگ، علی‌رغم قرارگیری قسمت قطع‌کننده هر فاز کلید در محفظه مجزا، هر سه فاز کلید باید به صورت مکانیکی به هم متصل شود و دارای مکانیزم عمل کننده مشترک باشد. در این کلیدها، کنتاکت‌ها معمولاً به وسیله مکانیزم عمل کننده مربوط به انرژی ذخیره شده در فنر با مدار هیدرولیکی به حرکت در می‌آید.

زمان قطع و وصل کلیدها معمولاً باید در محدوده‌های زیر قرار داشته باشد:

- حداکثر زمان بسته شدن کنتاکت‌ها در حدود ۲/۵ سیکل

- حداکثر زمان باز شدن کنتاکت‌ها در حدود ۱/۵ سیکل

**مکانیزم عمل کننده کلید قدرت:** در صورتی که برق ولتاژ مستقیم مربوط به پمپ هیدرولیک مکانیزم عمل کننده قطع شود، فنر باید برای ۳ یا ۴ بار عملکرد قطع و وصل کلید انرژی ذخیره داشته باشد (مطابق الزامات تعریف شده در مشخصات فنی طرح). اجزا مکانیزم عمل کننده معمولاً شامل فنر شارژ شونده در مدار هیدرولیکی توسط الکتروموتور جریان مستقیم (DC) و پمپ هیدرولیک برای پمپاژ روغن از قسمت فشار پایین به قسمت فشار بالا، سوئیچ فاصله حرکت فنر برای خاموش و روشن کردن پمپ، شیر اطمینان و شیر تخلیه فشار، شیر برگشت‌ناپذیر (یک طرفه) همراه با پمپ و شیرهای پیلوت به عنوان بوبین‌های تریپ و بوبین بستن، برای تبدیل فرامین الکتریکی به فرامین هیدرولیکی و شیر دو طرفه برای کنترل جریان روغن در عملیات بستن و باز کردن است.

**تابلوی کنترل محلی کلید:** سامانه کنترل الکتریکی در یک تابلوی کنترل محلی جمع می‌شود. برای مدارهای کنترل یک فیدر برق مستقیم وجود دارد. همچنین یکی فیدر برق متناوب برای روشنایی، گرم کننده داخل تابلوی کنترل و یک پریز داخلی، در نظر گرفته می‌شود. یک فیدر برق مستقیم نیز برای موتور پمپ هیدرولیک مکانیزم عمل کننده کلید به کار می‌رود. مدارهای کنترل شامل مدارهای بستن (Closing) و بازکردن (Opening)، اینترلاک‌های داخلی و خارجی و مدارهای دیگر نظارتی و کنترل می‌باشد.

**کلید هوایی (سکسیونر):** کلید هوایی مربوط به کلیدهای قدرت نوع «در مسیر»، به صورت لوله‌های کشویی می‌باشد و دارای مکانیسم دستی و نیز مکانیسم موتوری متناوب سه فاز عمل کننده است.

**نمایش دهنده فشار گاز در کلیدهای با گاز SF6:** در صورتی که محیط جدا کننده کنتاکت کلید قدرت دارای گاز عایقی هگزا فلئور گوگرد (SF6) باشد، یک نمایش گر (گیج) فشار نیز برای نشان دادن فشار گاز به کار می‌رود. اگر فشار گاز از حد معینی پایین تر بیفتد، مانیتور گاز سیگنالی را صادر می‌کند. اگر کاهش فشار گاز ادامه یابد، تمام عملیات سویچینگ، که معمولاً به وسیله دو میکروسویچ مستقل از هم کار می‌کند، «بلوکه» می‌شود. مقادیر تنظیمات فشار گاز (برای هشدار و «تریپ») که از منحنی‌های چگالی گاز به دست می‌آید، باید با توجه به مشخصات فنی تعریف شده برای دستگاه تنظیم شود.

**نمایش دهنده فشار کلیدهای بادی:** در کلیدهای قدرت از نوع بادی نیز فشار هوای مربوط به مکانیزم عملکرد کلید باید مطابق مشخصات فنی کلید اندازه‌گیری و تنظیم شود. کنترل و پایش (مانیتورینگ) فشار هوای کلید بادی، برای اطمینان از حفظ آن و ایمنی عملکرد کلید اهمیت زیادی دارد.

**کنتاکتورهای قدرت:** تمام الکتروموتورها شامل موتور سکسیونر، موتورهای سویچ‌های اتصال زمین، موتور سویچ اتصال کوتاه کننده و موتور سامانه هیدرولیک مکانیسم عمل کننده کلید قدرت به وسیله کنتاکتورهای قدرت خاموش و روشن می‌شود.

**سویچ‌های مربوط به تابلوی کنترل محلی:** در تابلوی کنترل محلی کلید ژنراتور، حداقل باید سویچ‌های زیر در دسترس باشد:

**سویچ انتخاب (Local) و (Remote):** در موقعیت "Remote" تمام فرامین سویچینگ به وسیله تابلوی کنترل محلی واحد و یا اتاق کنترل مرکزی صادر می‌شود (برای سامانه کنترل نوع توزیع شده) و در موقعیت "Local" فرامین فقط از تابلوی کنترل محلی کلید صادر می‌شود.

- دکمه‌های فشاری باز و بسته کردن برای کلید قدرت
- دکمه‌های باز و بستن برای کلید هوایی (سکسیونر) مربوط به کلید اصلی
- دکمه‌های باز و بستن برای سویچ‌های اتصال زمین
- دکمه‌های باز و بستن برای سویچ اتصال کوتاه کننده فازهای ترمینال ژنراتور (سویچ مربوط به ترمز الکتریکی)

### ۳-۱۷-۳- شرایط مختلف بهره‌برداری از کلید قدرت

کلیدهای قدرت معمولاً تجهیزات قابل اطمینانی می‌باشند. وقایع منجر به خرابی این دستگاه‌ها، نادر می‌باشند و معمولاً علت اشکالات به وجود آمده نه در خود کلید، بلکه در مدارهای کنترلی می‌باشد که باید آن را برای عملکرد به موقع فعال نماید.

در صورت برای احتیاط، در سامانه حفاظت واحد، تابع حفاظتی مربوط به «خرابی کلید»<sup>۱</sup> پیش‌بینی می‌شود. شرایط مختلف بهره‌برداری از کلید به شرح زیر است:

### الف- شرایط کارکرد عادی کلید

شرایط کارکرد عادی کلید عبارت است از شرایطی است که کلید در محدوده مقادیر نامی طراحی شده قرار می‌گیرد و بدون حرارت اضافی یا ارتعاشات بیش از حد معمول کار می‌کند و کلید می‌تواند به فرمان‌های صادر شده از طرف بهره‌بردار یا وسایل کنترل کننده اتوماتیک دیگر، پاسخ دهد.

### ب- شرایط کارکرد غیرعادی

شرایط غیرعادی کارکرد کلید قدرت هنگامی است که مقادیر کمیت‌های الکتریکی خارج از مقدار طراحی و تعریف شده برای کلید می‌باشد (بخصوص سطح جریان اتصال کوتاه در محل، بالاتر از قدرت قطع تعریف شده برای کار کلید است).

کلید قدرت ممکن است به دلایل زیر قادر به قطع جریان خطای ایجاد شده نشود:

- وجود اشکال در مکانیسم مانور آن (مکانیسم قطع و وصل کلید)
  - به دلیل کافی نبودن ظرفیت کنتاکت‌های کلید برای تحمل جریان خطا
  - کافی نبودن چگالی و فشار گاز SF6 در محفظه عایق کننده و خاموش کننده قوس الکتریکی کلید (در کلید نوع SF6) و یا فشار هوای فشرده (در کلید نوع بادی)
- موارد فوق ممکن است منجر به بروز انفجار و خراب شدن کلید قدرت شود.
- هنگامی که کلید قدرت نتواند به فرمان‌های بهره‌بردار و یا مدارهای حفاظتی و کنترل کننده پاسخ گوید و یا اشکال ایجاد شده در آن وسعت یابد، لازم است واحد و تجهیزات مرتبط با آن متوقف و کلید از مدار کار مجزا شود تا اقدامات اصلاحی و یا تعمیرات در مورد آن انجام گیرد.

## ۳-۱۸- سامانه کنترل برای بهره‌برداری از نیروگاه

### ۳-۱۸-۱- کلیات

در نیروگاه‌های آبی، با توجه به ظرفیت کل نصب، تعداد و ظرفیت هر واحد، نقش پیش‌بینی شده نیروگاه در کنترل و یا جبران فرکانس و ضریب توان شبکه و ملاحظات دیگر فنی و اقتصادی، فلسفه کنترل تعریف و نوع تجهیزات اصلی و پشتیبان برای کنترل انتخاب می‌شوند.

در نیروگاه‌های قدیمی که تا حدود ۳۰ سال پیش ساخته شده‌اند. تابلوهای کنترل واحد و تابلوهای کنترل نیروگاه شامل وسایل اندازه‌گیری الکترومکانیکی و کلیدهای کنترلی بودند که ارتباط همگی آنها با تجهیزات اصلی با کابل‌های کنترل معمولی<sup>۲</sup>

1 - Breaker Failure Protection

2 - Hard-wired Control System

انجام می‌گرفت. در این تابلوها تعداد زیادی رله کمکی برای عملیات راه‌اندازی و توقف واحد به کار می‌رفت. کلیه حس‌گرها (سنسورها) و سایر کنترل‌های مورد نظر برای کار واحدها از طریق کابل‌های کنترل به تابلوهای کنترل واحد و یا تابلوهای کنترل نیروگاه متصل می‌شدند.

در سامانه‌های کنترل مدرن‌تر، کنترل‌کننده‌های مرکزی با صرف هزینه بسیار کم‌تری نسبت به گذشته، می‌توانند نظارت بر عملکرد تجهیزات، جمع‌آوری و ذخیره اطلاعات و عملیات کنترل را انجام دهد. این سامانه‌ها در بردارنده کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی<sup>۱</sup> و سامانه کنترل رایانه‌ای توزیع شده در نیروگاه می‌باشند. سامانه‌های کنترل نظارتی و جمع‌آوری اطلاعات نیز امکانات و شرایط مختلف کنترل واحدها و نیروگاه، ثبت و ذخیره اطلاعات، ارتباط مخابراتی با مراکز کنترلی راه دور را (مراکز کنترل منطقه‌ای و مرکزی سامانه برق) فراهم می‌آورند، امکاناتی که با سامانه‌های کنترل قبلی و با استفاده از کابل‌های کنترل معمولی، قابل دستیابی نبود.

### ۳-۱۸-۱-۱- سامانه‌های کنترل برای نیروگاه‌های با واحدهای کوچک و متوسط

برای نیروگاه‌های کوچک و نیروگاه‌های متوسط (با ظرفیت کل کم‌تر از ۱۰۰ مگاوات)، دو شمای اصلی کنترلی عموماً به کار گرفته می‌شود:

- الف - یک کنترل‌کننده با قابلیت برنامه‌ریزی منطقی (PLC) همراه با یک سامانه پشتیبان، که به طور غیرخودکار عمل می‌کند.
- ب - سامانه کنترلی با پشتیبانی مضاعف<sup>۲</sup>، با استفاده از کنترل‌کننده با قابلیت برنامه‌ریزی منطقی (PLC اصلی و PLC پشتیبان).

گزینه‌های مختلفی بر مبنای دو شمای اصلی فوق (برحسب الزامات کنترل و ویژگی‌های نیروگاه و یا توصیه‌های تشکیلات بهره‌برداری شبکه منطقه‌ای) می‌تواند برای نیروگاه‌های کوچک و متوسط به کار گرفته شود. هر یک از دو سامانه فوق‌الذکر مزایا و معایب خاص خود را، از نظر هزینه، پیچیدگی، آشنایی بهره‌برداران با مدارها و عیب‌یابی آن، آسیب‌پذیری در مقابل ضربه‌های اضافه ولتاژ، قابلیت اطمینان برای واحد پردازش‌گر و تنوع اقلام یدکی، دارا می‌باشد.

### ۳-۱۸-۲- کنترل نیروگاه‌های بزرگ

در بسیاری از نیروگاه‌های برق آبی بزرگ به دلیل پیچیدگی سامانه‌ها و الزامات بهره‌برداری، استفاده از سامانه‌های نظارتی و جمع‌آوری اطلاعات "SCADA" بر مبنای پردازش‌گر رایانه‌ای، به جای استفاده از PLC ضروری می‌باشد. برخی از عواملی که می‌تواند در یک نیروگاه بزرگ، باعث پیچیدگی و در نتیجه نیاز به سامانه‌های کنترل با امکانات و سرعت پردازش بالایی گردد، عبارتند از:

تعداد زیاد واحدها، الگوریتم پیچیده‌تر کنترل سطح آب مخزن سد (و یا سطح آب مخزن مرتبط با نیروگاه جریانی)، بهره‌برداری از دریچه‌های متعدد آبگیر، شیرهای ورودی، دریچه‌های سرریز، نیاز به بهره‌برداری گروهی از واحدها برای کنترل بهینه راندمان

1 - Programable Logic Contoller (PLC)

2 - Redundant System

نیروگاه (کنترل یکپارچه واحدهای نیروگاه) و نیز کمک به اصلاح پارامترهای الکتریکی سامانه از طریق کنترل گروهی بار واحدها به صورت اتوماتیک.

برای این‌گونه الزامات بهره‌برداری، سامانه‌های کنترل توزیع شده سلسله مراتبی با استفاده از ریزپردازنده‌ها (میکروپروسورها) در سامانه کنترل رایانه‌ای نیروگاه، مناسب است، زیرا چنین سامانه‌ی قابلیت پردازش سریع تعداد زیادی از سیگنال‌های ورودی و خروجی را دارد و برای بهره‌برداران اطلاعات به هنگام را تامین می‌نماید. سطوح مختلف کنترل و مراحل استاندارد کنترل برای نیروگاه‌های بزرگ و متوسط در استاندارد ANSI/IEEE 1010 با عنوان "Guide for Control of Hydroelectric Power Plants" تشریح گردیده است [مرجع شماره ۱۱].

### ۳-۱۸-۲- سامانه‌های کنترل نظارتی و جمع‌آوری اطلاعات از نوع توزیع شده

این سامانه‌ها فن‌آوری کنترل بر پایه استفاده از میکروپروسورها را به خدمت می‌گیرد که از نظر فیزیکی در محل‌های مختلف نیروگاه توزیع شده است. واحدهای ریز پردازنده جداگانه به‌وسیله تعدادی مسیره‌های مخابراتی دیجیتال به شکل یک سامانه کنترل فراگیر به هم وصل (لینک) می‌شود. سامانه توزیع شده دارای مزایای زیادی نسبت به سامانه کنترل متمرکز می‌باشد. این مزایا عبارت است از:

- عملکرد بهبود یافته سامانه به گونه‌ای که میکروپروسورهای توزیع شده به‌طور هم‌زمان وظایفشان را انجام می‌دهد.
- پیچیدگی کم‌تر نرم افزاری از طریق جداکردن و محدود کردن دامنه عملیات هر کدام از پروسورها.
- وجود اجزا «مدولار» که قابلیت توسعه سامانه را امکان‌پذیر می‌سازد و اجزا به آسانی قابل تعویض می‌باشد.
- قابلیت اطمینان بیش‌تر سامانه کنترل به دلیل پیچیدگی کم‌تر و ساختار «مدولار». کیفیت توزیع شده باعث می‌شود که سامانه بتواند وظایفش را، حتی اگر یک یا چند جز خراب شده باشد، انجام دهد.
- در آرایش مداری سامانه‌های کنترل مدرن استفاده از رایانه‌های شخصی (PC)، در ترکیب با سامانه‌های کنترل کننده با قابلیت برنامه‌ریزی منطقی (PLC) به کار گرفته می‌شود. PCها با نرم‌افزار «واسطه انسان - ماشین»، که دارای امکان نمایش‌های گرافیکی، ذخیره اطلاعات، ارتباط مخابراتی و کنترل است، به کار می‌روند.

### ۳-۱۸-۳- فرایند راه‌اندازی و توقف واحد

هر سامانه کنترل نیروگاه باید تمهیداتی را برای فرآیند منطقی روشن و خاموش کردن واحد، با استفاده از یک رله ناظر اصلی که در تابلوی کنترل واحد مستقر است، داشته باشد.

مرحله راه‌اندازی (استارت) بر پایه فرآیند کنترل پیش‌راه‌اندازی واحد آغاز می‌شود و متعاقب آن سامانه‌های کمکی واحد استارت می‌شوند و نهایتاً به وضعیت راه‌اندازی واحد به حالت گردش بدون بار منتهی می‌شود. سنکرون کردن و بستن کلید قدرت ژنراتور به صورت دستی یا اتوماتیک می‌تواند از محل تابلوی کنترل محلی واحد انجام شود. مرحله توقف واحد به‌طور کلی چهار حالت توقف را شامل می‌شود که عبارتند از: توقف عادی، توقف اضطراری توسط اپراتور با استفاده از کلید توقف اضطراری، توقف اضطراری به دلیل فرمان رله‌های حفاظتی و بالاخره توقف به دلیل مشکلات و معایب مکانیکی واحد. در بخش ۳-۴ این فصل کلیات مربوط به فرایند راه‌اندازی و توقف واحد آورده شده است.



### ۳-۱۸-۴- کنترل‌های مربوط به توقف اضطراری

علی‌رغم آن که سامانه‌های کنترلی با پردازش‌گر کامپیوتری و یا با PLC بهره‌برداری را تا حد زیادی با استفاده از امکانات هشدار دهنده‌ها و ثبت مراحل وقایع<sup>۱</sup> و انعطاف‌پذیری سامانه کنترل متحول کرده‌اند، لازم است مدار کنترل توقف‌های اضطراری اصلی به صورت اتصال باکابل معمولی نیز حتما وجود داشته باشد. این کار توقف مطمئن نیروگاه را به صورت ایمن در شرایط اضطراری، هنگامی که کامپیوتر و یا PLC مربوط به آن از کار افتاده است، تضمین می‌کند.

### ۳-۱۸-۵- کلیات مربوط به کنترل نیروگاه

#### ۳-۱۸-۵-۱- کنترل نیروگاه‌های کوچک

نیروگاه‌های کوچک می‌توانند جانمایی‌های مختلفی برای تابلوهای کنترل داشته باشند. تابلوهای ابزار دقیق و نمایش‌گرها، اگر فضا اجازه دهد، می‌تواند روی تابلوی کنترل واحد و یا در کنار آن قرار گیرد. نیروگاه‌های کوچک که از کلیدخانه‌های ولتاژ متوسط و یا فوق توزیع استفاده می‌کنند، عموماً از دور تحت کنترل قرار نمی‌گیرند. تجهیزات مخابراتی و جمع‌آوری اطلاعات تجهیزات نیز در محل عمومی تابلوهای کنترل اصلی واحد قرار می‌گیرد.

#### ۳-۱۸-۵-۲- کنترل نیروگاه‌های بزرگ و متوسط

در نیروگاه‌های بزرگ و متوسط سامانه کنترل مرکزی در اتاق کنترل نیروگاه قرار می‌گیرد و با تابلوهای کنترل واحد مستقر در نزدیکی ژنراتورها مرتبط می‌باشد، در این اتاق کلیه کنترل‌ها و پایش (مونیتورینگ) وضعیت پارامترها و کمیت‌های لازم برای بهره‌برداری در انواع حالات، در اختیار بهره‌برداران قرار می‌گیرد. میزهای کنترل با تجهیزات و امکانات مونیتورینگ تجهیزات و سامانه‌های کامپیوتری جمع‌آوری داده‌ها، دسترسی به اطلاعات و وضعیت تجهیزات اصلی مربوط به واحدها و سامانه‌های کمکی را برای سهولت کار بهره‌بردار فراهم می‌سازد. کلیدهای فشاری که ارتباط مستقیم کابلی با تجهیزات دارند، امکان کنترل دستی و مستقیم روشن و خاموش کردن واحدها، بستن کلید قدرت (برای سنکرون کردن واحد)، قطع کلید قدرت، تغییر دادن بار و تغییر دادن وضعیت دریچه‌های تنظیمی را (باکلیدهای پل‌های بالابرنده و پایین‌برنده)، از محل تابلوی کنترل واحد و نیز در مواردی، از محل اتاق کنترل مرکزی فراهم می‌سازند.

وسایل اندازه‌گیری آنالوگ و دیجیتال و لامپ‌های نشان دهنده، مرتباً وضعیت کلیه واحدها، ترانسفورماتورها، کلیدهای قدرت و خطوط فشار قوی خروجی از نیروگاه را نشان می‌دهند. در صورت وجود اشکال در سامانه کنترل مرکزی، با کلیدهای انتقال محلی از راه دور، اپراتور می‌تواند کنترل هر قسمت از واحد یا تعدادی از واحدها را به تابلوی کنترل محلی آنها منتقل کند، محلی که وسایل کنترلی و اندازه‌گیری کافی برای بهره‌برداری از واحد را از کنار آن فراهم می‌سازد. در برخی از نیروگاه‌ها، در محل اتاق کنترل مرکزی امکان کنترل دریچه‌های سرریز، برخی از دریچه‌ها و تجهیزات مربوط به سد مانند دریچه‌های سرویس/اضطراری

آبگیر نیروگاه وجود دارد که در صورت نیاز و یا وقوع شرایط غیرعادی و یا اضطراری، فرمان مانور این تجهیزات با کلیدهای فشاری توسط بهره‌بردار اتاق مرکزی صادر شود.

نیروگاه‌های بزرگ برق‌آبی متصل به خطوط و کلیدخانه فشار قوی هستند که در کنار و یا در نزدیکی آنها، به عنوان قسمتی از تجهیزات و تاسیسات نیروگاه قرار گرفته است، لذا باید برای تجهیزات فشار قوی و کلیدخانه نیز، در محل تمرکز تجهیزات کنترل نیروگاه، وسایل کنترلی پیش‌بینی شود. ممکن است در برخی از نیروگاه‌ها تجهیزات کنترلی نیروگاه دور از محل نیروگاه باشند. کنترل خارج از محل<sup>۱</sup> اشاره به وجود سامانه کنترل خارج از محدوده نیروگاه دارد، یعنی یا کنترل از دور در یک نیروگاه دیگر واقع در ناحیه یا منطقه مستقر است و یا یک مجموعه کنترل کننده مستقل در ناحیه‌ای از شبکه قدرت وجود دارد که کنترل نیروگاه مورد نظر نیز بخشی از این مجموعه کنترل کننده را تشکیل می‌دهد.

### ۳-۱۸-۶- حالت‌های مختلف کنترل واحدها و نیروگاه

حالت‌های مختلف بهره‌برداری و کنترل واحدها در بخش‌های (۳-۵) و (۳-۶) این فصل تشریح گردیده است. جزییات مراحل راه‌اندازی و توقف دستی واحد نیز در بندهای (۳-۶-۳) و (۳-۶-۴) از بخش (۳-۶) این فصل آورده شده است. حالت‌های مختلف کار سامانه کنترل گاورنر رابطه تنگاتنگی با نحوه کنترل واحدها و نیز کنترل مرکزی نیروگاه دارد. حالت‌های مختلف کنترل توسط سامانه گاورنر برای فرایند راه‌اندازی، توقف و نیز تحت شرایط مختلف بهره‌برداری در بخش (۳-۱۱) این فصل تشریح گردیده است.

علاوه بر موارد تشریح شده در قسمت‌های فوق‌الذکر، در بندهای زیر موارد عمومی دیگری در خصوص کنترل واحد و کنترل نیروگاه تشریح می‌شود. این موارد به خصوص در مورد نیروگاه‌های متوسط و نیروگاه‌های بزرگ، که سامانه کنترل آن گسترده‌تر و پیچیده‌تر از نیروگاه‌های کوچک است، مصداق دارد.

### ۳-۱۸-۶-۱- موارد عمومی بهره‌برداری با استفاده از سامانه کنترل توزیع شده

#### الف - شرایط عادی بهره‌برداری سامانه کنترل اتوماتیک

در صورتی که PLC مربوط به واحد آماده به کار باشد، واحد را می‌توان به صورت اتوماتیک از طریق تابلوهای کنترل واحد (UCB) راه‌اندازی نمود. همچنین در صورتی که در شبکه کنترلی نیروگاه «لینک»‌های بین تابلوی کنترل واحد و PLC‌های نیروگاه (در اتاق کنترل مرکزی) به درستی کار کند، واحد می‌تواند از اتاق کنترل مرکزی نیروگاه نیز به صورت اتوماتیک مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

معمولاً در هر دو صورت فوق‌الذکر، بهره‌برداری مرحله به مرحله (یا نیمه اتوماتیک) واحدها نیز امکان‌پذیر است.

### ب- شرایط غیرعادی بهره‌برداری سامانه کنترل واحد

چنان‌که PLC واحد به صورت صحیح کار نکند، بهره‌بردار باید هر یک از زیر مجموعه‌های واحد را (شامل تجهیزات جانبی و سامانه‌های کمکی و یا اجزا آنها)، به صورت دستی و از طریق تابلوهای کنترل محلی تجهیزات جانبی (که ارتباط کنترلی مستقیم [با کابل معمولی] با تجهیزات و زیرمجموعه‌ها دارد)، راه‌اندازی نماید. در این صورت سامانه «واسطه انسان - ماشین» محلی (مرتبط با تابلوی کنترل محلی واحد) نیز قابل استفاده نخواهد بود.

### ج- کنترل دستی واحد

هر واحد به صورت دستی از محل تابلوی کنترل محلی واحد قابل بهره‌برداری است. هنگامی که کلید انتخاب کنترل واحد روی تابلوی کنترل واحد به حالت «دستی» قرار گرفت، واحد و تجهیزات و سامانه‌های مرتبط با آن با دکمه‌های فشاری، واقع روی تابلوی کنترل واحد، کنترل و راه‌اندازی می‌شوند. تمام نشان دهنده‌ها و دکمه‌های فشاری با کابل کشی مستقیم به تجهیزات مرتبط می‌باشند و با فشار دادن آنها دستگاه‌ها مستقیماً در فرایند بهره‌برداری قرار می‌گیرند. مدارهای «اینترلاک» بین تجهیزات نیز سیم‌کشی شده است و هیچ کنترل اتوماتیک نرم‌افزاری اعمال نمی‌شود، لذا سامانه کامپیوتری توزیع شده در این حالت وارد عمل نمی‌شود.

در حالت فوق‌الذکر عملیات بهره‌برداری تحت مسئولیت کامل بهره‌بردار است، لذا برای این حالت بهره‌برداری حتماً باید بهره‌برداران بسیار با تجربه و کارکنان کلیدی نیروگاه شرکت نمایند.

در کنترل اتوماتیک هنگامی که یک فرمان با اشکال مواجه شود یا نقطه تنظیم کنترلی به هم خورده باشد، اغتشاش حاصل شده در سامانه نظارت نمایش داده می‌شود و با اقدام مناسب در سامانه می‌توان از ادامه عملیات ناصحیح جلوگیری نمود، لیکن اگر اشکال در حالت اجرای «دستی» مراحل بهره‌برداری پدید آید، انجام عملیات مناسب در محدوده مسئولیت بهره‌بردار است. در حالت بهره‌برداری «دستی» از واحد، روی تابلوی محلی هر یک از تجهیزات و زیرمجموعه‌ها، کلید انتخاب‌گر وضعیت بهره‌برداری باید در حالت «از راه دور» و «اتوماتیک» باشد تا بهره‌برداری «دستی» از روی تابلوی کنترل واحد (UCB) امکان‌پذیر گردد.

هرگاه یک یا چند زیرمجموعه در وضعیت بهره‌برداری از دور نتوانند قرار گیرند، باز هم امکان بهره‌برداری واحد به صورت دستی از محل "UCB" وجود دارد، ولی در این حالت زیرمجموعه‌های فوق‌الذکر از روی تابلوی کنترل محلی آنها کنترل می‌شوند.

در حالت بهره‌برداری دستی واحد، راه‌اندازی (از نظر منطبق کار)، مانند راه‌اندازی اتوماتیک از روی تابلوی واحد می‌باشد. هنگامی که PLC واحد کار نمی‌کند، بهره‌بردار تنها لامپ‌های نشان دهنده UCBها و نیز نشان دهنده‌های روی تابلوهای محلی فرعی و زیرمجموعه‌ها را در اختیار دارد که از طریق آنها از وضعیت واحد و سامانه‌های زیرمجموعه می‌تواند اطلاع حاصل کند، درحالی‌که هنگامی PLC مربوط به تابلوهای واحد (UCB) کار می‌کند، بهره‌بردار امکان کنترل اطلاعات بسیار بیش‌تری را روی صفحه نشان‌دهنده وضعیت در تابلوی UCB دارد و از نظر هشدار دهنده‌ها و اختطارها نیز فهرست‌های آلام‌های دسته‌بندی شده از طریق «واسطه انسان - ماشین» قابل دستیابی است.

برای جزییات بهره‌برداری دستی از واحدها و تجهیزات کمکی در نیروگاه به بندهای ۳-۶-۳ و ۳-۶-۴ مراجعه شود.

#### د - تغییر دادن نحوه بهره‌برداری حین حالت دستی به حالت اتوماتیک و برعکس

تغییر «حالت کنترل» هنگامی امکان‌پذیر است که واحد در یکی از مراحل تعریف شده، یعنی «توقف کامل»، «گردش مکانیکی»، «حالت آماده»، «حالت تولید» و یا حالت «کندانسور سنکرون» باشد. تغییر حالت بهره‌برداری، به خصوص از «دستی» به اتوماتیک «حتما باید در زمانی انجام شود که واحد به یکی از حالت‌های فوق‌الذکر رسیده باشد، در غیر این صورت صدور فرمان اتوماتیک در میان هر یک از وضعیت‌های مذکور باعث تکرار مراحل استارت و توقف به صورت کامل می‌شود.

#### ه - بهره‌برداری مرحله به مرحله واحد از اتاق کنترل مرکزی

بهره‌برداری مرحله به مرحله مانند مراحل عادی کنترل اتوماتیک است و از نظر بهره‌برداری تجهیزات هیچ فرقی ندارد. تمام مراحل در مدار منطقی کنترل واحد تعریف شده است. تنها تفاوت مهم این است که در حالت «مرحله به مرحله»، مراحل به صورت اتوماتیک جلو نمی‌روند. وقتی این حالت روی کامپیوتر انتخاب شد، بعد از انجام هر مرحله، صفحه نمایش مرحله بعدی را نشان می‌دهد و بهره‌بردار باید ادامه عملیات را روی کامپیوتر تایید نماید. رفتن به حالت شارژ خط (Line-Changing Mode)، به طور دستی انجام می‌شود، لیکن برای شارژ خط فشار قوی، علامت نشان‌دهنده اقدام بعدی روی صفحه نمایش‌گر ظاهر می‌شود و بهره‌بردار باید به صورت دستی کلید قدرت را ببندد. تغییر وضعیت بهره‌برداری از یک حالت به حالت کندانسور سنکرون، تنها در صورتی مجاز است که واحد قبلا در «حالت تولید» قرار گرفته باشد.

#### ۳-۱۸-۶-۲- کنترل اتوماتیک بار واحد

در سامانه‌های کنترل مرکزی، بار واحد را می‌توان براساس سیگنال تفاوت بین میزان واقعی توان تولید شده (که به صورت منظم مقدار آن به سامانه کنترل کامپیوتری مرکزی وارد می‌شود) و مقدار تنظیم شده (مقدار نقطه مرجع) کنترل نمود. در مورد واحدهای بزرگ و برخی از واحدهای متوسط، سیگنال‌های مربوط به تولید، به صورت پیوسته در مرکز کنترل سامانه (مرکز دیسپاچینگ)، دریافت و نظارت می‌شود و با وضعیت موردنظر بهره‌بردار سامانه دیسپاچینگ مقایسه می‌گردد. سیگنال دیجیتالی کنترل خطای تولید (تفاوت تولید)، از طریق شبکه تله‌متری به هر نیروگاه مخابره می‌شود و توان تولید شده توسط واحدها (برای جبران تفاوت توان)، توسط سامانه کنترل نیروگاه تغییر می‌کند. در این صورت واحد تحت «کنترل تولید از دور» قرار می‌گیرد. تحت این شرایط، سیگنال بالا و پایین بردن توان، از طریق رله تأخیری به گاورنر هر واحد منتقل می‌شود. گاورنر نیز فرمان تغییر میزان گشودگی دریچه‌های تنظیمی را صادر می‌کند و قدرت خروجی را تغییر می‌دهد.

در سامانه‌های نوین کنترل مرکزی نیروگاه‌های با واحدهای بزرگ، علاوه بر کنترل از دور تولید هر یک از واحدها به صورت اتوماتیک، با نصب سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای اضافی، کنترل بار گروهی از واحدهای نیروگاه، به صورت اتوماتیک و توانمند از راه دور (از اتاق کنترل مرکزی و یا از محل مرکز دیسپاچینگ سامانه) امکان‌پذیر می‌شود. سامانه کنترل گروهی یا یکپارچه واحدهای نیروگاه در حالت‌های مختلف می‌تواند تنظیم و مورد استفاده قرار گیرد. این امکانات و حالت‌های مختلف برای کنترل گروهی واحدها می‌تواند به شرح مندرج در بند زیر پیش‌بینی شود.

### ۳-۱۸-۷- کنترل یکپارچه واحدهای نیروگاه

برای ایجاد امکان «کنترل یکپارچه»<sup>۱</sup> نیروگاه در ارتباط با نیازهای سامانه قدرت، در سامانه کنترل مرکزی نیروگاه «واسطه انسان- ماشین»<sup>۲</sup> با نرم‌افزار کنترل یکپارچه ذخیره شده در یک PLC مجزا نصب می‌شود. نرم افزار برای کنترل و تقسیم بارهای آکتیو و راکتیو بین واحدهای تحت کنترل یکپارچه و امکان کمک مؤثر به کنترل یا جبران تغییرات فرکانس و کنترل ولتاژ طراحی می‌شود. پارامترهای مختلف، مانند سطح آب مخزن شامل ترازهای حداقل و حداکثر مخزن برای بهره‌برداری مناسب از واحدها، محدوده‌های کار در نواحی ارتعاشی توربین و محدوده‌های مجاز تولید بار آکتیو و راکتیو ژنراتور (شامل محدودیت‌های کارکرد در نواحی فوق تحریک و زیر تحریک) و نقاط تنظیم کار و مرجع<sup>۳</sup> برای پارامترهای مربوط به تولید انرژی و توان الکتریکی از طریق بهره‌بردار به واسطه انسان - ماشین به سامانه کنترل یکپارچه داده می‌شود و این سامانه کنترل، محاسبات مربوط به سهم هر واحد برای تولید بار مورد درخواست شبکه را با رعایت موازین مربوط به هر «حالت» (یا Mode) کنترل انتخاب شده، انجام می‌دهد و براساس آن واحدهای تحت کنترل یکپارچه به صورت اتوماتیک روشن و خاموش و بارگذاری می‌شوند.

هنگام تعیین قابلیت‌های سامانه کنترل نیروگاه و نیز قابلیت‌های نرم‌افزاری سامانه کنترل یکپارچه واحدهای نیروگاه، تعداد و ظرفیت هر واحد نیروگاه‌های بزرگ، نقش و اهمیت آن نیروگاه در کمک به کنترل فرکانس و ولتاژ شبکه، باید مدنظر قرار گیرد و همچنین قابلیت‌های نرم‌افزاری سامانه کنترل شبکه (مرکز دیسپاچینگ) نیز باید در ارتباط با امکانات نرم افزار سامانه کنترل مرکزی نیروگاه روشن باشد تا طراحی و انتخاب دامنه قابلیت‌های نرم‌افزاری سامانه کنترل یکپارچه نیروگاه از نظر فنی اقتصادی و تجارب واقعی و عملی بهره‌برداری از سامانه، بهینه‌یابی شود.

انجام هماهنگی مسئولان بهره‌بردار مرکز کنترل نیروگاه و مرکز کنترل سامانه از الزامات بهره‌برداری مؤثر از امکانات نرم‌افزاری پیش‌بینی شده در سامانه کنترل یکپارچه برای کارکرد بهینه نیروگاه و پاسخ‌گویی مناسب به نیازهای شبکه می‌باشد.

#### شرایط بهره‌برداری از واحدها، تحت سامانه کنترل یکپارچه به شرح زیر است:

- واحدهایی را می‌توان تحت «کنترل یکپارچه» قرار داد که بتوانند بدون هیچ‌گونه سیگنال هشدار و «تریپ» و به صورت کاملاً اتوماتیک در «حالت تولید»<sup>۴</sup> از اتاق کنترل مرکزی مورد بهره‌برداری قرار گیرند.
- در ابتدا واحدهایی که باید در سامانه کنترل یکپارچه شرکت داده شوند، با کلید انتخاب مربوطه انتخاب می‌شوند. آمادگی این واحدها، در صورت امکان کنترل کامل اتوماتیک از راه دور، با یک چراغ از طریق سامانه کنترل به بهره‌بردار اعلام می‌شود.
- تعداد واحدهایی از نیروگاه که برای قرار گرفتن تحت سامانه کنترل یکپارچه نیروگاه تعریف می‌شوند و انتخاب حالت (مُد) کنترل نیروگاه تحت این سامانه، بسته به نیاز سامانه، شرایط هیدرولوژیکی و تراز آب مخزن، شرایط هر واحد و

1 - Joint Control

2 - Human-Machine Interface=HMI

3 - Set Point = SP

4 - Generation Mode

- قابلیت در دسترس بودن آن دارد. به این ترتیب ممکن است تعدادی از واحدهای نیروگاه خارج از سامانه کنترل یکپارچه و به صورت منفرد تحت بهره‌برداری و کنترل قرار گیرند.
- در مرحله بعدی بهره‌بردار می‌تواند حالت‌های مختلف کارکرد نیروگاه را تحت سامانه کنترل یکپارچه به عنوان اطلاعات ورودی انتخاب و در سامانه کنترل اعمال نماید.
  - هنگام کنترل یکپارچه، هر واحد را می‌توان در حالت کنترل تولید بار، از نظر میزان توان آکتیو تولیدی، میزان تولید توان راکتیو و یا در حالت کنترل توامان هر دو مولفه توان تولیدی واحد قرار داد.
  - در مرحله بعدی اولویت واحدها برای در سرویس قرار گرفتن تعیین می‌شود، این انتخاب توسط بهره‌بردار صورت می‌گیرد و طبق میزان درخواست بار شبکه، واحدها براساس اولویت تعیین شده به صورت اتوماتیک روشن و خاموش می‌شوند. برای هر واحد، نقطه مرجع توان آکتیو و راکتیو، که با محاسبات نرم‌افزاری تعیین می‌شود و مقدار توان آکتیو و راکتیوی که عملاً تولید می‌شود روی صفحه نمایش‌گر نشان داده می‌شود. همچنین درخواست شروع به کار هر واحد و یا از مدار خارج شدن آن، برحسب نیاز و میزان مشارکت هر واحد در تامین بار درخواستی شبکه، نشان داده می‌شود.
  - در صورتی که یک واحد به صورت «منفرد» کنترل شود و تحت کنترل یکپارچه نباشد، می‌تواند توسط بهره‌بردار اتاق کنترل مرکزی نیروگاه و یا توسط مرکز دیسپاچینگ از راه دور کنترل شود. در حالت کنترل واحد به صورت منفرد، نقاط مرجع برای توان آکتیو را بهره‌بردار تعیین می‌نماید و در حالت کنترل توان گاورنر (کنترل فرکانس) نیز میزان «دروپ فرکانس»<sup>۱</sup> واحد تعیین می‌شود.
- از قابلیت‌های سامانه کنترل یکپارچه، تعریف مقدار ظرفیت ذخیره (ظرفیت رزرو) در کارکرد واحدهای تحت کنترل یکپارچه است. به این ترتیب که با تعریف یک ظرفیت ذخیره (مثلاً ۵۰ مگاوات) از طرف بهره‌بردار و اعمال آن به عنوان اطلاعات ورودی، سامانه کنترل یکپارچه همیشه ملاک محاسبه و تعیین نقطه کار واحدها را بار واقعی به علاوه ظرفیت اضافی (ذخیره) قرار می‌دهد. اگر نقطه کار به شرح فوق در محدوده بالای ظرفیت واحدی قرار گیرد، سامانه کنترل یکپارچه، واحد بعدی را روشن می‌کند و به این ترتیب سامانه کنترل یکپارچه به درخواست بعدی بار شبکه، بدون نیاز به صرف زمان اضافی برای راه‌اندازی واحدهای جدید و یا نیاز به دخالت اپراتور، پاسخ می‌دهد.
- برای بهره‌برداری باید یکی از حالت‌های (Modes) کارکرد به شرح ذیل در سامانه کنترل یکپارچه انتخاب شود.

### الف- حالت (مد) توان آکتیو

- پس از در سرویس گذاشتن این مد توسط بهره‌بردار، مقادیر حداقل و حداکثر و نقطه تنظیم (SP) توان می‌تواند توسط بهره‌بردار در سامانه کنترل یکپارچه اعمال شود.
- وضعیت و شرایط مختلف این حلقه کنترل از طریق چراغ به اطلاع بهره‌بردار می‌رسد:
- حلقه کنترل توان آکتیو فعال است

- انحراف بین SP و مقدار بار واقعی بیش از حد تعیین شده است
- مقدار SP اشتباه وارد شده است
- واحد در ناحیه ارتعاش قرار گرفته است
- هنگامی که نقطه تنظیم (SP) توان اکتیو توسط بهره‌بردار و یا مسئول بهره‌برداری سامانه تعیین و اعمال می‌شود، سامانه کنترل با رعایت مشخصات و داده‌های اولیه بار را بین واحدهای مختلف تقسیم می‌کند و تقسیم بار با رعایت حداکثر بازده واحدها صورت می‌گیرد.
- با تعریف محدوده‌های نواحی ارتعاشی و غیرمجاز توربین، که گردش واحد با ارتعاش و کاویتاسیون اضافی همراه است، نرم‌افزار تقسیم بار را به گونه‌ای انجام می‌دهد که نقطه کار هر واحد در نواحی مجاز قرار گیرد. در ترازهای پایین مخزن، ناحیه کنترل بسیار محدود است. برای تحقق تقسیم بار مناسب‌تر، می‌توان از عملگر "Gap" که در نرم افزار سامانه‌های کنترل یکپارچه واحدهای آبی در نظر گرفته شده است - استفاده نمود. به کمک این عملگر، می‌توان نقطه کار واحد را حتی‌الامکان در نواحی مجاز کار توربین قرار داد و به این ترتیب، ممکن است نتوان مقداری از بار درخواستی شبکه را تولید کرد. در این حالت، و در صورت تمایل بهره‌بردار و نیاز شبکه، با اجازه بهره‌بردار، با قراردادن نقطه کار در نواحی رزنانسی (نواحی با کارکرد ناهموار توربین) بار درخواستی تامین می‌شود. اگر مقدار "Gap" مثلاً به میزان ۵۰ مگاوات برای سامانه تعریف و وارد شود. مفهوم آن این است که اختلاف به میزان ۵۰ مگاوات بین میزان درخواست بار شبکه و تولید بار کلی نیروگاه پذیرفته شده است و تنظیم نقطه کار واحدها در نواحی مجاز توسط کنترل یکپارچه و اتوماتیک امکان بیش‌تری دارد، تعریف "GAP" به میزان فوق هم‌چنین مبین این است که اگر اختلاف بیش از ۵۰ مگاوات بود، سامانه کنترل یکپارچه می‌تواند نقطه کار واحد را در نواحی غیر مجاز قرار دهد.
- در مواقعی که تغییرات بار کم است، تغییرات بار تنها به یک واحد اعمال می‌شود تا از جابه‌جایی نقطه کار واحدهای دیگر جلوگیری شود. در ضمن تغییرات کم بار شبکه، در صورت تقسیم بار بین چند واحد، ممکن است توربین در ناحیه نامناسب منحنی کارکرد قرار گیرد، لذا تغییرات کم بار به واحدی که در اولویت اول کار تعریف شده است اعمال می‌شود.

### ب- حالت (مد) توان راکتیو

پس از در سرویس گذاشتن این مد توسط بهره‌بردار، نقطه تنظیم (SP) برای تولید توان راکتیو توسط بهره‌بردار در سامانه کنترل یکپارچه وارد می‌شود. در این مرحله وضعیت و شرایط مختلف این حلقه کنترل نیز از طریق چراغ به اطلاع بهره‌بردار می‌رسد:

- حلقه کنترل توان راکتیو فعال است
- اختلاف بین میزان تنظیم شده (SP) و مقدار واقعی بار راکتیو بیش از حد تعیین شده است
- مقدار "SP" اشتباه وارد شده است
- واحد در ناحیه رزنانسی قرار گرفته است
- محدوده‌های حداکثر توان راکتیو

محدوده حداکثر توان راکتیو با توجه به میزان بار اکتیو و منحنی قابلیت ژنراتور، که محدوده‌های آن برای سامانه کنترل یکپارچه تعریف شده است (منحنی P/Q)، توسط نرم افزار برای هر واحد محاسبه می‌شود. از طرف دیگر مقادیر حداکثر بار راکتیو را می‌توان مجدداً توسط بهره‌بردار تعیین کرد و یا قابلیت سامانه تحریک تعیین کننده آن باشد. اگر بار راکتیو یک واحد به مقادیر حدی برسد، درخواست بار راکتیو توسط واحدهای دیگر (در صورت امکان) تامین می‌شود.

حداکثر بار راکتیو نیروگاه از جمع حداکثر بار راکتیو هر یک از واحدها به دست می‌آید و نحوه تقسیم بار راکتیو بین واحدها در جهت یکسان کردن «ضریب قدرت» آن می‌باشد.

### ج - کنترل فرکانس

سامانه کنترل یکپارچه، کنترل فرکانس را در دو حالت (Mode) انجام می‌دهد:

- «مد» اول: مد جبران فرکانس، و «مد» دوم: مد تنظیم فرکانس

«مد» کنترل فرکانس با انتخاب بهره‌بردار در سرویس قرار می‌گیرد و پارامترهای «دروپ فرکانس» و «باند مرده فرکانس» و نقطه مرجع برای مقدار فرکانس باید انتخاب یا وارد شود. در این حالت علایمی نیز در این حلقه کنترل نمایش داده می‌شود که وضعیت آن را به اطلاع بهره‌بردار می‌رساند. تغییرات فرکانس به صورت توان اکتیو محاسبه می‌شود و تقاطع تنظیم توان تولیدی (SP) نیروگاه و واحدها را تغییر می‌دهد.

### - تعیین «دروپ» حلقه کنترل فرکانس

تعیین دروپ نیروگاه می‌تواند توسط بهره‌بردار صورت گیرد و یا به طور اتوماتیک محاسبه شود. در صورتی که محل ورود «دروپ» در وضعیت روشن باشد، بهره‌بردار مقدار آن را وارد می‌کند و در صورتی که خاموش باشد سامانه به صورت اتوماتیک آن را حساب می‌کند. در صورتی که بهره‌بردار بخواهد مقدار دروپ نیروگاه را وارد کند می‌تواند از طریق واسطه انسان - ماشین این کار را انجام دهد. مقدار دروپ برحسب MW/HZ (به طور مثال 300MW/1HZ یا 1000MW/1HZ) در نظر گرفته می‌شود.

در «مد اتوماتیک»، محاسبات دروپ به صورت اتوماتیک و توسط ماشین صورت می‌گیرد برای محاسبه دروپ از «ضریب تقویت» استفاده می‌شود و این ضریب در هنگام راه‌اندازی تدقیق می‌شود.

میزان «دروپ» تابعی از میزان کل بار درخواستی، ظرفیت نامی واحدها و ضریب تقویت (مربوط به سامانه گاورنر) می‌باشد و برای آن محدوده‌های پایین و بالا قابل تعریف است. برای سرعت بخشیدن پاسخ و به تغییرات فرکانس می‌توان «دروپ» را تابعی از توان دوم یا سوم فرکانس در نظر گرفت. دروپ واحد می‌تواند با دروپ نیروگاه متفاوت باشد و واحدها با سرعت متفاوت به درخواست بار پاسخ دهند. بسته به سرعت پاسخ مشخص شده، توان موردنیاز در ازای هر مقدار تغییر فرکانس (نسبت به نقطه مرجع) و در حالت اتوماتیک توسط ماشین محاسبه می‌شود.



### - حالت «مد» جبران فرکانس

در مد جبران فرکانس بهره‌بردار یک نقطه مرجع برای توان اکتیو تعریف می‌نماید که مبین توان پایه‌ای<sup>۱</sup> است که واحد باید تولید کند، در صورت تغییر فرکانس، حلقه کنترل فرکانس، توانی را که (برای جبران فرکانس) باید به توان پایه اضافه یا کم نمود، محاسبه می‌کند (که به میزان دروپ بستگی دارد). مجموعه توان پایه و توان موردنیاز به علت تغییرات فرکانس، توان کل و در نتیجه تعداد واحدهایی را که باید در حال کار باشند، تعیین می‌کند. حداکثر توانی را که باید یک نیروگاه به دلیل تغییرات فرکانس تولید نماید، می‌توان تعیین و برای ماشین تعریف نمود.

مقادیر محدوده توان که برای تنظیم فرکانس اختصاص داده می‌شود، به‌وسیله بهره‌بردار (ضمن هماهنگی با مرکز دیسپاچینگ) تعیین و وارد می‌گردد و توان تولیدی به‌وسیله تغییرات فرکانس، باید در این محدوده قرار گیرد.

### - حالت «مد» تنظیم فرکانس

در این «مد»، خطای فرکانس (میزان انحراف از مقدار مرجع فرکانس)، میزان توان تولیدی را تعیین می‌کند. توان تولیدی وظیفه حفظ فرکانس در محدوده تنظیم شده را دارد. میزان تنظیم برای نقطه مرجع فرکانس می‌تواند توسط بهره‌بردار اتاق کنترل مرکزی نیروگاه و یا توسط مسئول بهره‌برداری در مرکز دیسپاچینگ سامانه وارد شود. مقدار «دروپ»، تعیین کننده سرعت این تنظیم است و توان تولید شده به طور اتوماتیک با فرکانس کنترل می‌شود.

### د- کنترل ولتاژ

سامانه کنترل یکپارچه کنترل ولتاژ را از طریق محاسبه تغییرات ولتاژ و تبدیل آن به توان راکتیو و تغییر نقطه تنظیم (SP) توان راکتیو، انجام می‌دهد.

برای تعیین میزان و توان راکتیو موردنیاز برای جبران تغییرات ایجاد شده در مقدار «ضریب توان» شبکه، و تنظیم سرعت پاسخ‌گویی سامانه کنترل یکپارچه به این تغییرات از «دروپ ولتاژ» و «باند مرده ولتاژ»<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. دروپ ولتاژ توسط بهره‌بردار وارد می‌شود (مثلاً 10MVAR/1KV). در حالت کنترل ولتاژ نیز با علایم و سیگنال‌های مختلفی شرایط این حلقه کنترل به اطلاع بهره‌بردار رسانده می‌شود.

## ۳-۱۹- سامانه حفاظت

### ۳-۱۹-۱- کلیات

رله‌های حفاظتی تجهیزاتی هستند که عیوب الکتریکی یا شرایط غیرعادی بهره‌برداری را تشخیص می‌دهند و در نتیجه یا به کلید قدرت فرمان قطع می‌دهند، به‌طوری‌که دستگاه یا ناحیه‌ای از سامانه قدرت که دارای اشکال است از مدار جدا شود، و یا از طریق وسایل هشدار دهنده به بهره‌بردار اطلاع می‌دهند تا اقدامات اصلاحی مورد نیاز را انجام دهد.

1 - Base Load Power

2 - Voltage Dead Band

کاربرد رله‌های حفاظتی باید براساس تقسیم‌بندی و امکان جداسازی قسمت‌های مختلف مرتبط با مدار تولید توسط کلیدهای مدارشکن، هماهنگ شود، به طوری که بعد از ایجاد عیب در یک قسمت، حداقل تجهیزات از مدار خارج شوند و سامانه الکتریکی نیروگاه، تا حد امکان تعادل و کلیت خود را از دست ندهد. هم‌پوشانی حفاظتی نیروگاه، در ارتباط با ترانسفورماتورهای اصلی و شبکه انتقال مشخص و هماهنگ می‌گردد.

رله‌های حفاظتی الکترومکانیکی، رله‌های حفاظتی منفرد استاتیکی و رله‌های حفاظتی چندمنظوره (چندتابعی) و یا ترکیبی از آنها می‌تواند در نیروگاه و یا کلیدخانه مرتبط با آن مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر رله‌های الکترومکانیکی به کار گرفته نمی‌شوند، هرچند برای کارکنان نیروگاه‌های قدیمی، نگهداری این دسته از رله‌ها سهولت بیش‌تری دارد. رله‌های منفرد (یک منظوره، یک تابعی) از نوع استاتیکی و نیز رله‌های الکترونیکی در مجموعه‌های چند منظوره، برای بسیاری از طرح‌های نیروگاهی به کار گرفته شده‌اند. رله‌های حفاظتی جدید که با استفاده از ریزپردازنده‌ها ساخته شده‌اند، به صورت خودکار و مداوم توسط خود رله عیب‌یابی و نظارت می‌شود و در صورت بروز اشکال، هشدار می‌دهد. هنگامی که تعداد رله‌های حفاظتی موردنیاز در نیروگاه زیاد باشد، استفاده از رله‌های چند منظوره از نظر اقتصادی نیز قابل توجیه خواهد بود.

در طرح حفاظتی نیروگاه تعدادی رله‌های پشتیبان و اضافی نیز به دلیل امکان صدمه دیدن رله‌های اصلی، باید پیش‌بینی شود. میزان رله‌های پشتیبان و اضافی را ملاحظات فنی - اقتصادی و نیز نقش و اهمیت نیروگاه در شبکه معین می‌کند. بعد از انتخاب طرح رله‌های حفاظتی، مهندس طراح باید نیازهای مربوط به تنظیمات رله‌ها را، با توجه به شرایط کارکرد و درجه اهمیت عیب‌ها و نقش رله‌های اصلی و پشتیبان تهیه نماید.

در رله‌های دارای میکروپروسور، تعداد حفاظت‌های برنامه‌ریزی شده در یک رله بستگی به ظرفیت پردازنده و تعداد خروجی/ورودی آن رله دارد. بدین ترتیب با امکان برنامه‌ریزی وظایف حفاظتی مختلف در یک رله میکروپروسوری، تعداد رله‌های موردنیاز نسبت به تعداد رله‌های انواع قبلی (الکترومکانیکی یا استاتیکی) کاهش چشمگیری پیدا می‌کند.

فلسفه تقسیم حفاظت‌ها به گروه‌های اولیه و ثانویه، با اختصاص حفاظت‌های مربوط به هر گروه در یکسری از رله‌های میکروپروسوری عملی می‌گردد. با توجه به ظرفیت پردازنده و تعداد ورودی/خروجی، ممکن است رله‌های میکروپروسوری برخی از سازندگان، امکان برنامه‌ریزی یک گروه کامل از حفاظت‌ها را (در یک دستگاه رله دیجیتالی) نداشته باشد، در این صورت سامانه حفاظت با استفاده از دو مجموعه رله میکروپروسوری، در قالب سامانه‌های حفاظت اصلی<sup>۱</sup> و پشتیبان<sup>۲</sup> تامین می‌گردد.

### ۳-۱۹-۲- عملکرد اجزای مختلف مرتبط با سامانه حفاظت

تنها رله‌های حفاظتی و وسایل ورودی و خروجی آنها نیستند که سامانه حفاظت واحد و یا تجهیزات دیگر نیروگاه را تشکیل می‌دهند. در واقع یک زنجیره کامل از وسایل، از نقطه‌ای که در ارتباط نزدیک با محل بروز خطا و یا شرایط غیرعادی قرار دارد، تا نهایتاً محل اجزای تجهیزات «تابع» عمل کننده‌ای که واحد را از مدار خارج و باعث توقف آن می‌شوند، تجهیزات و مدار سامانه حفاظتی را شکل می‌دهند. تجهیزات تشکیل دهنده کل مدار حفاظتی شامل ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، مدارها و کابل‌های

1- Main Protection (Primary Protection)

2- Back-up Protection (Secondary Protection)

واسط، ترانس‌دیوسرها و سایر مبدل‌های میانی (تبدیل کننده سیگنال‌ها)، رله‌ها و ادوات حفاظتی و بوبین‌های تریپ دهنده می‌باشند و برای این‌که معلوم شود سامانه عملکرد صحیحی دارد، کارکرد این وسایل واسط نیز باید بازرسی، کنترل و یا نظارت شود.

اجزای مختلف مرتبط با سامانه حفاظت واحدها و تجهیزات نیروگاه به طور کلی تحت سه دسته زیر قرار می‌گیرند:

الف - اجزای حس کننده

ب - تجهیزات تحلیل کننده

ج - «تجهیزات تابع»<sup>۱</sup> وسایل حفاظتی

«تجهیزات تابع»، وسایلی هستند که با دریافت فرمان صادره از طرف وسایل حفاظتی، اقدام عملی را انجام می‌دهند. برخی از کلیدها و ادوات حس کننده و سنجش کمیت‌ها، که خروجی مستقل دارند نیز فرمان خود را مستقلاً به وسایل و تجهیزات تابع می‌فرستند.

تجهیزات و اجزای زیر به عنوان وسایل و تجهیزات تابع عمل می‌کنند:

- کلید قدرت

- مدار قطع کننده سیستم تحریک ژنراتور

- سولنوئیدهای توقف اضطراری سامانه گاورنر سرعت

- وسایل «لاک اوت» پس از آنکه واحد از مدار تولید جدا شده و به حالت توقف در می‌آید.

### ۳-۱۹-۳- رله‌های حفاظتی واحد

سامانه حفاظت واحد شامل حفاظت‌های الکتریکی تجهیزات اصلی (ژنراتور، ترانسفورماتور افزایشنده، باس داکت ژنراتور، ترانسفورماتورهای مصرف داخلی و تحریک) و حفاظت‌های مکانیکی می‌باشد. حفاظت‌های مکانیکی تجهیزات مزبور و سایر تجهیزات (توربین، گاورنر، شیر ورودی اصلی) براساس اندازه‌گیری پارامترهای مختلف، از جمله درجه حرارت یا تاقان‌ها، میزان ارتعاشات، میزان اضافه سرعت (که توسط سنسورها و ادوات خاص اندازه‌گیری می‌شوند)، وارد عمل شده و در صورتی که مقادیر پارامترهای در حال اندازه‌گیری از میزان تنظیمات (تنظیمات انجام شده در زمان راه‌اندازی اولیه واحد)، تجاوز نماید فرمان قطع واحد (از نوع External Trip) را به سامانه حفاظت واحد ارسال می‌نمایند. سامانه‌های حفاظت الکتریکی مستقل مربوط به سامانه‌ها یا تجهیزات جانبی واحد، از جمله سامانه تحریک، سامانه آب خنک کننده و سامانه تامین برق داخلی نیروگاه، مانند سامانه‌های حفاظتی مکانیکی در صورت بروز و تشخیص عیب و نیاز به قطع و خارج کردن واحد از مدار، فرمان لازم را برای توقف واحد ارسال می‌دارند.

## ۳-۱۹-۳-۱- دسته‌بندی کلی حفاظت‌های ژنراتور

برای جلوگیری یا به حداقل رساندن صدمات به ژنراتور تحت شرایط مختلف بهره‌برداری وسایل حفاظتی مناسب به کار گرفته می‌شود، این وسایل بگونه‌ای تنظیم می‌شوند که در صورت خارج شدن مقدار پارامترهای بهره‌برداری از حدود مشخص شده، با فرستادن هشدار و علایم مختلف و یا فرمان توقف اضطراری ژنراتور را حفاظت کنند.

یک دسته از رله‌ها و وسایل حفاظتی برای سیم‌پیچ استاتور به کار می‌رود تا در شرایط مندرج در زیر فرمان جدا کردن ژنراتور از سامانه، بی برق کردن مدار تحریک و در بعضی موارد فرمان توقف سریع توربین آبی را صادر کند. این شرایط عبارتند از:

- عیوب متقارن یا نامتقارن بعد از کلید ژنراتور (عملکرد رله پشتیبان)
  - عیوب متقارن یا نامتقارن تا کلید ژنراتور (شامل عیوب مربوط به کلید ژنراتور)
  - وجود اشکال در عایق کاری سیم‌پیچ‌های استاتور
- دسته دیگری از رله‌ها و وسایل حفاظتی برای سیم‌پیچ تحریک به کار می‌رود تا در شرایط مندرج در زیر فرمان خارج کردن ژنراتور از سامانه را صادر نماید و یا آلام هشدار دهنده ارسال کند، این شرایط عبارتند از:

- حالت مدار باز در سیم‌پیچ تحریک (رله افت تحریک)
  - حالت اتصال کوتاه در سیم‌پیچ تحریک (رله ارتعاش شدید روتور)
  - وجود اتصال زمین در مدار تحریک
- شرایط دیگری که برای مقابله با آن وسایل حفاظتی برای جدا کردن ژنراتور از سامانه و یا ارسال علایم هشدار دهنده در نظر گرفته می‌شود به شرح زیر است:

- اضافه جریان در مدار استاتور و یا مدار تحریک
- اضافه دما در مدار استاتور و یا مدار تحریک
- اضافه ولتاژ در مدار استاتور ژنراتور
- اضافه ولتاژ در مدار جریان متناوب سیستم تحریک قبل از یکسو کننده‌ها و اضافه ولتاژ در مدار روتور یا مدار تحریک
- جریان نامتقارن اضافی در مدار استاتور (جریان توالی بار منفی)
- جریان نامتقارن اضافی در مدارهای موازی استاتور
- وقوع آتش سوزی و یا سوختگی در قسمتی از اجزای ژنراتور
- اضافه دما در یاتاقان‌ها
- افزایش دمای هوای خنک کننده
- پایین یا بالا بودن سطح روغن برای یاتاقان‌ها
- میزان ارتعاشات ماشین

## ۳-۱۹-۲- انتخاب حفاظت‌های الکتریکی واحد و ترانسفورماتورهای اصلی نیروگاه

اصول کلی برای پیش بینی رله‌های حفاظتی ژنراتور و سامانه تحریک آن و عملکرد این رله‌ها در استانداردها و راهنماهای IEEE برای رله‌های حفاظتی (بخش‌های C37.101, C37.102 و C37.106) مورد بحث قرار گرفته است. توصیه‌های مندرج در راهنماهای فوق الذکر، نیروگاه‌های دارای بهره‌بردار مقیم و نیروگاه‌های بدون بهره‌بردار مقیم در محل نیروگاه را شامل می‌شود.

اصول کلی در مورد حفاظت ترانسفورماتورها نیز در بخش C37.91 راهنمای IEEE مورد بحث قرار گرفته است.

فهرست متداول‌ترین و در عین حال کامل‌ترین مجموعه رله‌هایی که برای حفاظت الکتریکی واحد (شامل ژنراتور نوع سنکرون، سامانه تحریک استاتیک و ترانسفورماتور اصلی افزایش ولتاژ ژنراتور)، مورد استفاده قرار می‌گیرد به شرح زیر می‌باشد. این فهرست بخصوص برای حفاظت واحدهای بزرگ (واحدهای با ظرفیت بیش‌تر از ۱۰۰ مگاوات) که نقطه نوترال ژنراتور با امپدانس بزرگ به زمین وصل گردیده، تهیه شده است.

بدیهی است برخی از رله‌های نامبرده شده در این فهرست، بسته به آرایش مداری و نحوه اتصال واحد به ترانسفورماتورهای اصلی افزایش ولتاژ، نحوه اتصال نقطه نوترال به زمین و نوع سامانه تحریک می‌تواند تغییر یابد و تعداد رله‌ها تعدیل گردد.

همچنین برای واحدهای با ظرفیت کوچک و متوسط و نیز با توجه به ولتاژ کلیدخانه و وسعت شبکه متصل به نیروگاه، برخی از رله‌های فهرست شده در زیر کاربرد نخواهد داشت.

لازم به ذکر است که شماره‌های به کاررفته برای رله‌های حفاظتی در فهرست زیر عمدتاً از استاندارد NEMA<sup>۱</sup> گرفته شده

است:

- (87G) - رله دیفرانسیل سیم‌پیچ استاتور
- (50S) - رله اضافه جریان ژنراتور، برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه داخلی بین کلاف‌های یک فاز
- (51V) - رله اضافه جریان کنترل شده با ولتاژ
- {64S (%۱۰۰)}
- {64S (%۹۵)}
- (21G) - حفاظت امپدانس کم ژنراتور
- (46) - رله اضافه جریان توالی منفی
- (59G) - رله ولتاژ زیاد ژنراتور
- (27G) - رله ولتاژ کم (افت ولتاژ) ژنراتور
- (32) - رله توان معکوس
- (81) - رله افت فرکانس (81U) و رله فرکانس زیاد (81O)
- (49S) - حفاظت اضافه بار (حرارتی) استاتور
- (40) - رله حفاظتی از بین رفتن و یا افت تحریک (قطع میدان تحریک)

- (60) - حفاظت از دست رفتن سیگنال (یا خرابی) ترانسفورماتور ولتاژ
- (50/51)ET - رله اضافه جریان (لحظه‌ای و نیز با تاخیر زمانی) ترانسفورماتور تحریک
- (78T) - حفاظت Out of Step ژنراتور
- (64F) یا (64R) - رله اتصال زمین روتور
- (59E) - رله افزایش ولتاژ DC سامانه تحریک ژنراتور
- (87T) - رله دیفرانسیل ترانسفورماتور اصلی افزایشده واحد
- (87GT) - رله حفاظت دیفرانسیل کلی مجموعه (بلوک) ژنراتور و ترانسفورماتور اصلی  
(این حفاظت بخصوص درحالتی که از آرایش مداری بدون کلید قدرت ژنراتور استفاده شده است، به کار می‌رود)
- (50/51T) - رله اضافه جریان ترانسفورماتور (لحظه‌ای و نیز با تاخیر زمانی)
- (51N) - رله اضافه جریان اتصال زمین نوترال طرف فشار قوی ترانسفورماتور اصلی افزایشده واحد  
(LargeZone)
- (24) - رله فوران فلو (over fluxing) برای ژنراتور و ترانسفورماتور
- (64T) - رله حفاظتی در مقابل اتصال زمین مقیدشده سیم‌پیچی فشار قوی  
ترانسفورماتور افزایشده
- (64GB) - رله حفاظت در مقابل خطای اتصال زمین باس داکت ژنراتور (و سیم‌پیچی اتصال دلتای طرف  
فشار ضعیف ترانسفورماتور اصلی واحد)
- (50/51 ST) - حفاظت اضافه جریان ترانسفورماتور مصرف داخلی نیروگاه
- (50 BF) - رله حفاظت در مقابل از کارافتادگی (یا عدم قطع) کلید قدرت ژنراتور

### ۳-۱۹-۴- شرایط مختلف بهره‌برداری

#### ۳-۱۹-۴-۱- شرایط بهره‌برداری عادی سامانه حفاظتی و رله‌های الکتریکی

شرایط بهره‌برداری عادی وقتی است که شرایط زیر برقرار باشد:

- کلیه ورودی‌های مربوط به اجزا و وسایل حس‌کننده آنالوگ به طور پیوسته کار می‌کنند و سیگنال مربوط به این وسایل قابل دریافت است.
- کلیه مدارهای ورودی وسایل که در حالت عادی کنتاکت (N.C.)<sup>۱</sup> دارند، برق‌دار می‌باشند.
- کلیه مدارهای ورودی وسایل که در حالت عادی کنتاکت (N.O.)<sup>۲</sup> دارند، تحت نظارت هستند.

1- Normally Closed

2- Normally Open

- کلیه رله‌های حفاظتی در مدارند و ولتاژ مدار کنترل آنها برقرار است.
- کلیه وسایل تحلیل و سنجش سیگنال‌ها فعال و در مدار کار قرار دارند.
- مدارهای خروجی حفاظتی پیوستگی دارد و نظارت می‌شود.
- کلیه «تجهیزات تابع» آماده کار (در صورت دریافت فرمان) می‌باشند و یا برق‌دار و تحت نظارت هستند.

### ۳-۱۹-۴-۲- شرایط بهره‌برداری غیرعادی سامانه حفاظتی

در صورتی که برخی از شرایط فوق‌الذکر برقرار نباشد، شرایط کارکرد سامانه حفاظتی در وضعیت غیرعادی می‌باشد. برخی از این شرایط، مثل عمل نکردن برخی اجزا رله‌های حفاظتی دیجیتالی، توسط سامانه نظارت خودبه‌خودی این رله‌های جدید، قابل تشخیص است. در برخی از رله‌ها، نمی‌توان عدم آمادگی کارکرد رله را، خودبه‌خود تشخیص داد، به این دلیل انجام آزمایش دوره‌ای عملکرد رله‌ها بسیار اهمیت دارد (رجوع کنید به فصل چهارم، بخش نگهداری رله‌ها).

### ۳-۱۹-۴-۳- دسته‌بندی خطاها

تجهیزات حفاظتی در قبال تمام شرایط غیرعادی، فرمان توقف واحد را صادر نمی‌کنند. بسته به نوع شرایط غیرعادی و موقعیت بروز اشکال، عکس‌العمل و یا اقدام بخصوصی برای مقابله با شرایط غیرعادی توسط سامانه کنترل و حفاظت به عمل می‌آید. خطاهای مختلف و یا شرایط غیرعادی کارکرد تجهیزات در یک نیروگاه آبی را از نظر عکس‌العمل‌ها و یا اقدامات حفاظتی مرتبط با آن می‌توان در دسته‌بندی‌های کلی زیر جای داد. بدیهی است دسته‌بندی زیر جنبه راهنمای کلی را دارد و در برگیرنده مثال‌های عمومی می‌باشد. هر نیروگاه خاص فلسفه و طرح حفاظتی خاص خود را دارد، لذا الگوی جداسازی مدارها و دسته‌بندی فرمان‌های توقف، در مورد تمام نیروگاه‌ها، ممکن است عیناً منطبق بر تعاریف و دسته‌بندی زیر نباشد:

### الف - خطاهای الکتریکی ژنراتور

خطاهایی که نیاز به جدا کردن مدار از طریق توقف اضطراری دارد.

مثال‌ها:

- عملکرد رله اضافه جریان که نشان دهنده بروز اتصال کوتاه است.
  - عملکرد رله حفاظت توالی منفی ژنراتور، که نشان دهنده شرایط نامتعادل بار ژنراتور می‌باشد.
  - عملکرد رله حذف تحریک ژنراتور
- خطاهایی که در صورت بروز لازم است ابتدا فقط مدار هشدار دهنده برای دخالت بهره‌بردار (برای اقدام اصلاحی) فعال گردد و در ادامه، ممکن است به توقف کند منجر شود.

مثال‌ها:

- فعال شدن رله خطای زمین استاتور، در صورتی که نقطه صفر ژنراتور از طریق امپدانس زیادی زمین شده باشد.
- (بسیاری از بهره‌برداران، ترجیح می‌دهند به محض فعال شدن آلام این رله (در شرایط فوق‌الذکر)، واحد را به صورت تاخیری یا تند متوقف نمایند.

– کارکرد سامانه نظارتی بر مقدار فواصل هوایی (بین روتور و استاتور) و نمایش مقادیر غیرعادی

#### ب – خطاهای الکتریکی مربوط به سامانه

خطاهایی که باعث جدا کردن مدار از طریق فرمان توقف اضطراری می‌شود.

مثال:

– بروز اتصال کوتاه، باز شدن یک یا دو خط ارتباطی، بروز اتصال زمین در مدارهایی که نقطه نوترال مستقیم به زمین

وصل شده است (solidly grounded)

خطاهایی که باعث جدا کردن مدار از سامانه با فرمان توقف کند می‌شود.

مثال‌ها:

– بروز تغییرات غیرمجاز در فرکانس سامانه

– بروز تغییرات غیرمجاز در ولتاژ سامانه

#### ج – خطاهای مکانیکی توربین / ژنراتور که معمولاً نیاز به توقف تاخیری یا آهسته دارد

مثال‌ها:

– افزایش ارتعاشات واحد

– نوسانی شدن (پاندولی شدن)، گاورنر مکانیکی- هیدرولیکی

– افزایش درجه حرارت یاتاقان‌ها

– کم شدن جریان روغن روانکاری

#### د – خطاهای مربوط به سامانه‌های کمکی

– خطاهایی که نیاز به توقف سریع دارند.

– خطاهایی که نیاز به توقف کند و تاخیری دارند

– شرایطی که نیاز به توقف سریع و یا کند واحد ندارد و تنها باید مقدار بار سامانه کمکی و یا بار خروجی واحد کاهش

یابد.

– شرایطی که نیاز به اقدام سریعی ندارد تا شرایط بروز خطا (از نوع گذرا)، از بین برود

### ۳-۱۹-۵- کار غیرعادی ژنراتور و موضوع حفاظت

یکی از مهم‌ترین حالات کار غیرعادی ژنراتور، کارکرد خارج از سنکرون (کار آسنکرون) ژنراتور می‌باشد، کار «آسنکرون» ژنراتور به دو صورت با جریان تحریک و بدون آن روی می‌دهد. ادامه کار آسنکرون باعث ایجاد عوارض و بروز صدماتی در ژنراتور می‌شود، به این دلیل برای تشخیص کار آسنکرون ژنراتور در هر دو حالت، رله‌های حفاظتی مخصوصی پیش‌بینی می‌شود. اگر چه برقراری حالت آسنکرون با استفاده از رله‌های دیگر ژنراتور نیز قابل تشخیص می‌باشد لیکن این تشخیص به صورت



غیرمستقیم و تحت تاثیر عوارض ناشی از بروز حالت آسنکرون رخ می‌دهد. لذا رله‌های حفاظتی مخصوص و جداگانه‌ای که در لحظات اول و قبل از بروز عوارض و صدمات ناشی از حالت آسنکرون، بروز پدیده را تشخیص دهند، مورد نیاز می‌باشد. کار غیرعادی ژنراتورها محدود به کار آسنکرون ژنراتور نبوده، بلکه تغییرات غیرعادی در برخی از کمیت‌های ژنراتور را نیز (که می‌تواند تحت تاثیر شبکه ایجاد شود)، شامل می‌شود، لذا رله‌های حفاظتی مناسب برای این شرایط باید در نظر گرفته شود. موارد کار غیرعادی ژنراتورها به شرح زیر خلاصه می‌شوند:

- قطع مدار تحریک و از دست دادن میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌پیچی‌های روتور که به گردش «آسنکرون» موسوم می‌باشد.
- اضافه بار ژنراتور تا محدوده غیر مجاز
- اضافه ولتاژ خروجی ژنراتور و یا عدم تعادل ولتاژهای سه فاز
- کاهش یا افزایش فرکانس خارج از محدوده قابل قبول
- قطع نیروی مکانیکی تحویلی به محور ژنراتور در حالی که ژنراتور به شبکه وصل می‌باشد. قطع انرژی مکانیکی در این حالت موجب تبدیل ژنراتور به موتور می‌شود.
- وصل غیر سنکرون ژنراتور به شبکه که موجب کار آسنکرون ژنراتور می‌شود.
- حالت فوق تحریک
- قطع مدار خنک کننده ژنراتور
- کار آسنکرون ژنراتور در پی بروز اختلال در کار موازی ژنراتور با شبکه یا در خلال کار معمولی به دلایل زیر نیز ممکن است روی می‌دهد:
- عدم رفع عیب در فاصله زمانی قابل قبول، به طوری که جریان عیب تا پیش از «فاصله زمانی بحرانی»<sup>۱</sup> به طول انجامد، نظیر تاخیر زمانی قابل ملاحظه در رفع جریان عیب در هنگام کار رله‌های پشتیبان.
- وصل غیرسنکرون کلیدها
- تغییرات ناگهانی بارهای اکتیو و راکتیو شبکه

### ۳-۲۰- سامانه تامین برق مستقیم نیروگاه

#### ۳-۲۰-۱- کلیات

سامانه برق مستقیم نیروگاه عمدتاً برای مدارهای کنترل، رله‌های حفاظتی، تجهیزات نظارت از دور و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به واحدها و سامانه‌های کمکی، مبدل‌های ولتاژ مستقیم، راه‌اندازی اولیه سامانه تحریک ژنراتور (در حالت قطع مدار برق متناوب)، تجهیزات هشداردهنده، وسایل و شیرهای دارای مدار کنترل سولنوییدی، روشنایی اضطراری و سامانه مخابرات نیروگاه به کار می‌رود.

1- [Critical Clearing Time (CCT)]

سامانه تامین برق مستقیم شامل باتری‌ها و شارژرهای مرتبط با آن می‌باشد به نحوی که انرژی ذخیره شده کافی و مطمئن را برای تامین نیازهای تجهیزات حساس و بحرانی نیروگاه، به صورت پیوسته و غیرقابل قطع فراهم نماید.

سامانه برق متناوب غیر قابل قطع نیروگاه نیز با استفاده از سامانه برق مستقیم نیروگاه، از طریق مبدل‌های جریان مستقیم به جریان متناوب تامین می‌شود. این سامانه برای کارکرد تجهیزات حساس و بحرانی نیروگاه، همچنین به عنوان مدار پشتیبان برای تغذیه برخی وسایل مهم به کار گرفته می‌شود.

در طراحی سامانه تامین برق مستقیم، ظرفیت و مشخصه کارکرد باتری باید به نحوی محاسبه شده باشد که در شرایط اضطراری (قطع برق متناوب نیروگاه و خارج شدن شارژرها از مدار)، پاسخ‌گوی نیازهای تجهیزات، برای حفظ و بازگرداندن آنها به مدار تولید باشد.

### ۳-۲۰-۲- تعداد و ظرفیت باتری‌ها

تعداد و ظرفیت باتری‌ها به میزان بارهای مصرفی، تعداد اولیه واحدها و میزان توسعه پیش‌بینی شده برای هر نیروگاه بستگی دارد. مطالعات فنی- اقتصادی نشان خواهد داد که با توجه به مصارف کل واحدها و تجهیزات کمکی، ابعاد نهایی فیزیکی نیروگاه، تعداد باتری‌ها و جانمایی آنها در چه صورتی با لحاظ نمودن عوامل دیگر، مانند قابلیت انعطاف برای کار در حالت توسعه نیروگاه، افت در مدارها و سایر ملاحظات بهینه خواهد بود. برای ارزیابی و تعیین ظرفیت باتری‌ها باید انواع بارهای مستقیم، از نظر نوع مصرف‌کننده و مدت زمان مصرف به شرح زیر ملاک کار قرار گیرد:

#### الف - بارهای لحظه‌ای

بارهای لحظه‌ای شامل عملکرد کلیدها (مثل مدار کوپل قطع و وصل کلیدهای قدرت)، راه‌اندازی اولیه مدار تحریک ژنراتور، تنظیم کننده ولتاژ و بارهای لحظه‌ای سایر ادوات می‌باشد. برای این دسته از مصرف‌کننده‌ها، مدت مصرف یک دقیقه و یا کم‌تر فرض می‌شود.

#### ب - بارهای غیردایم

بارهای غیردایم شامل بار مصرفی پمپ‌های جریان مستقیم اضطراری (پشتیبان)، سامانه اعلام و اطفای حریق و مواردی از این قبیل می‌باشد. تجهیزات مصرف‌کننده موقتی بار مستقیم، فقط در بخشی از زمان کارکرد نیروگاه ممکن است فعال شوند.

#### ج - بارهای دایمی

بارهای دایمی، شامل لامپ‌های نمایش‌دهنده وضعیت تجهیزات روی تابلوهای کنترل، مبدل‌های ولتاژ مستقیم، وسایل مخابراتی، کوپل‌های کنتاکتورها و سایر وسایلی است که دائماً برق‌دار می‌باشند. برای محاسبه ظرفیت باتری، این بارها برای طول مدت بهره‌برداری نیروگاه، طبق رژیم بهره‌برداری پیش‌بینی شده برای واحدها، لحاظ می‌گردند.

### د - بارهای اضطراری

هنگامی که بارهای مربوط به روشنایی اضطراری، که با ولتاژ مستقیم کار می‌کنند، زیاد باشد عموماً این بارهای روشنایی اضطراری به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- بار اضطراری ۳۰ دقیقه‌ای: بارهای اضطراری ۳۰ دقیقه‌ای شامل روشنایی‌های اضطراری است که پس از مشخص شدن محل خاموش شده، از مدار مصرف قطع می‌شوند.
- بار اضطراری ۳ ساعته: بارهای اضطراری سه ساعته آن دسته از روشنایی‌های اضطراری می‌باشند که لازم است بعد از مشخص شدن ناحیه‌ای که دچار خاموشی شده نیز تا مدتی روشن بمانند.

### ۳-۲۰-۳ - بهره‌برداری از باتری‌ها

باتری‌های اصلی سامانه تامین برق مستقیم نیروگاه باید از نوع سرب - اسید باشد. دو نوع اصلی باتری‌های سرب اسید در نیروگاه به کار می‌رود. نوع اول که کاربرد آن معمول‌تر است، باتری‌های سرب - اسید با سلول‌های نوع تر و تهویه شونده<sup>۱</sup> می‌باشد و نوع دوم باتری‌های سرب - اسید با «سلول‌های کاملاً بسته»<sup>۲</sup>.

باتری‌های سرب-اسید معمولی (با سلول‌های تهویه شونده)، با ظرفیت‌های بسیار بالا مورد استفاده بسیار وسیع‌تری دارند. این نوع باتری‌ها از نظر تحمل افزایش درجه حرارت و تحمل جریان تخلیه با نرخ زیاد و سریع، سهولت بازرسی‌های ادواری و کنترل‌های روزانه، مزیت بیشتری نسبت به باتری‌های سرب-اسید با سلول‌های کاملاً بسته (موسوم به سلول‌های نوع ژله‌ای)، دارند.

بهره‌برداران به صورت سنتی، آشنایی بیشتری با این نوع باتری‌ها دارند، هر چند کنترل پارامترهای مربوط به کارکرد صحیح سلول، مثل اندازه‌گیری وزن مخصوص الکترولیت و سایر فعالیت‌های مربوط به نگهداری و بازرسی‌های ادواری، در مورد باتری‌های با سلول تر، بیش‌تر از باتری‌های سرب-اسید با سلول‌های کاملاً بسته می‌باشد.

هنگام بازرسی‌های چشمی توسط اپراتور شیفت نیروگاه، وضعیت داخلی سلول‌های سرب-اسید معمولی را تا حدودی می‌توان تشخیص داد، در مورد باتری‌های کاملاً بسته، آگاهی از وضعیت داخلی سلول، نیاز به انجام آزمایش‌های نگهداری، مثل آزمایش اندازه‌گیری مقاومت داخلی سلول دارد تا وضعیت الکترولیت (از نظر خشک شدن) و شرایط صفحات باتری، از نظر اتصالات داخلی، خوردگی و سایر معایب احتمالی مشخص شود.

برای باتری‌ها باید یک اتاق مجزا در نظر گرفته شود و در آن قابل قفل کردن باشد. باتری شارژرها، کلیدها و تابلوهای توزیع برق مستقیم باید بیرون از اتاق باتری قرار گیرند. اتاق باتری‌ها باید تهویه شود و بخصوص در مورد باتری‌های سرب-اسید از نوع تهویه شونده، باید هوای خروجی از اتاق باتری‌ها به اتاق‌ها و فضاها دیگر نیروگاه منتقل نشود و مستقیماً به خارج از نیروگاه منتقل گردد. چراغ‌های اتاق باتری‌های سرب - اسید معمولی، حتماً باید از نوع ضد بخار باشد و کلید قطع و وصل چراغ‌ها باید در خارج از اتاق نصب شود.

1 - Vented Cells

2 - Sealed Cells

تهویه اتاق باتری‌های نوع بسته، از نظر حفظ درجه حرارت متعادل برای کارکرد باتری‌ها و گردش هوا بین ردیف‌های باتری، به منظور انتقال حرارت ایجاد شده در محل باتری‌ها، اهمیت زیادی دارد. ظرفیت باتری‌های با سلول تمام بسته (نوع ژله‌ای) با کاهش زیاد دما (نسبت به مقدار حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد توصیه شده برای این نوع باتری‌ها)، کاهش می‌یابد، همچنین عمر مفید باتری‌های با سلول بسته، با افزایش درجه حرارت، کاهش چشمگیری دارد (در ازای افزایش ۱۰ درجه، نسبت به دمای ۲۵ درجه، عمر مفید این باتری‌ها تا حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد).

هنگام بهره‌برداری باتری‌ها، آگاهی از این که سطح ولتاژ و شارژ باتری به حد کافی می‌باشد، اهمیت زیادی دارد، لذا در هر شیفت کاری، ولتاژ ولت‌متر روی تابلوی سامانه جریان مستقیم باید قرائت و کنترل شود و در صورت لزوم باید ولتاژ شارژر مجدداً تنظیم گردد تا باتری تحت شارژ شناوری مناسب قرار گیرد.

هرگاه که «تپ» ترانسفورماتور توزیع برق متناوب نیروگاه تغییر داده شود، یا ترانسفورماتور مصرف داخلی نیروگاه عوض شود، لازم است ولتاژ خروجی شارژر کنترل و میزان آن متناسب با ولتاژ دقیق موردنیاز برای شارژ باتری‌ها تنظیم شود.

هر باتری نو، در شروع بهره‌برداری، باید تحت شارژ اولیه قرار گیرد. برای باتری‌های سرب-اسید معمولی (نوع تر)، بخصوص اگر این باتری‌ها بیش از سه ماه در انبار مانده باشند، در ابتدای راه‌اندازی باید شارژ «متعادل‌کننده» (شارژ سریع) طبق دستورالعمل سازنده اعمال شود. ولتاژ شارژ متعادل‌کننده، نباید از ولتاژ کار بارهای دیگری که به شارژر وصل می‌شود، بیش‌تر باشد. شارژ متعادل‌کننده باید تا موقعی ادامه پیدا کند که از هر خانه (سلول) باتری به راحتی گاز خارج شود و وزن مخصوص اسید دیگر بالا نرود، یعنی نتیجه دو قرائت متوالی وزن مخصوص که در یک هشتم آخر زمان شارژ متعادل‌کننده انجام می‌گیرد، مساوی باشد. هنگام «شارژ سریع» باتری‌ها اتصال باتری به شینه مدار مصرف‌کننده‌های مربوط به سامانه برق مستقیم همچنان برقرار است زیرا در خروجی یکسوکننده شارژرها سیستم تنظیم ولتاژ بار یا " Dropper " ولتاژ تعبیه می‌شود.

باتری‌های سرب-اسید با سلول تمام بسته معمولاً نیازی به شارژ سریع، در ابتدای بهره‌برداری ندارند. مگر آنکه ولتاژ شناور قرائت شده باتری کم‌تر از محدوده قابل قبول برای بهره‌برداری، در مورد هر سلول و یا هر بخش (مدول) باشد.

در طول بهره‌برداری از سامانه جریان مستقیم، مصرف‌کننده‌ها در حالت عادی، از طریق خروجی باتری شارژرها تغذیه می‌شوند و باتری‌ها نیز به طور مرتب تحت ولتاژ شارژ شناور توصیه شده توسط سازنده، قرار می‌گیرند. در این حالت ولتاژ شارژ اندکی بیش‌تر از ولتاژ مدار باز باتری می‌باشد. به دنبال اختلال در جریان برق اصلی متناوب، باتری باید بلافاصله تامین برق مصرفی تمام مدار را بر عهده گیرد، بدون آنکه تداوم جریان قطع شود.

جزئیات موارد مربوط به بهره‌برداری از باتری‌ها و مواردی که ضمن شیفت روزانه و بازدید از سامانه برق جریان مستقیم باید مورد توجه بهره‌بردار قرار گیرد، در فصل چهارم این راهنما آورده شود.

### ۳-۲۰-۴- باتری شارژرها

برای شارژ کردن باتری‌های نیروگاه، عموماً از شارژرهای استاتیکی استفاده می‌شود. برای هر مجموعه باتری، دوسری باتری شارژر باید به کار گرفته شود. هر شارژر باید به تنهایی قادر باشد که بار مستقیم مصرفی مجموعه مصرف‌کننده‌های هم‌زمان مربوط به شینه اصلی تابلوی جریان مستقیم را تامین نماید. شارژر باید در عین حال، شارژ حالت شناوری باتری‌ها را نیز با نرخ عادی انجام دهد. با وجودی که هر شارژر، باید ظرفیت تامین بار کل مصرفی متصل به شینه مربوطه را به تنهایی داشته باشد، در

بهره‌برداری از مجموعه شارژرها و باتری‌ها، گزینه مناسب‌تر این است که هر دو شارژر با هم تحت بهره‌برداری قرار گیرند (بار کل بین آنها تقسیم شود).

### ۳-۲۰-۵- مبدل‌های ولتاژ مستقیم (DC)

در هر نیروگاه باید حداقل یک مجموعه مبدل ولتاژ مستقیم، برای ایجاد یک منبع تغذیه مطمئن برق متناوب<sup>۱</sup>، وجود داشته باشد. از شینه برق متناوب مبدل مذکور، فیدرهای تکفاز با ولتاژ فشار ضعیف، برای تغذیه تجهیزات سامانه نظارت از دور و جمع‌آوری اطلاعات، (مستقر در اتاق کنترل مرکزی نیروگاه)، موتور ثبات‌ها، تجهیزات مخابراتی و ارتباطی نیروگاه و سایر مصارف کنترلی مهم، در نظر گرفته می‌شود. لازم است یک کلید برای انتقال اتوماتیک بار مصرفی تجهیزات مهم مرتبط با خروجی مبدل فوق، به فیدر تامین برق متناوب مصرفی نیروگاه، برای شرایطی که مبدل مذکور از کار افتاده است، پیش‌بینی شود.

### ۳-۲۰-۶- شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه تامین برق مستقیم (DC)

#### الف - شرایط بهره‌برداری عادی

- شرایط بهره‌برداری عادی از سامانه تامین برق مستقیم هنگامی است که شرایط زیر برقرار باشد:
- کلیه شارژرها در حالت بهره‌برداری و تحت درجه حرارت و ولتاژ خروجی تعریف شده می‌باشند.
  - تمام سلول‌های باتری‌ها در حالت عادی قرار دارند. جریان شارژ باتری‌ها در محدوده «شارژ شناوری» قرار دارد.
  - تابلوهای اصلی و توزیع برق جریان مستقیم در حالت عادی کار می‌کند.
  - هنگامی که به صورت متناوب (با دوره توصیه شده در برنامه نگهداری)، آزمایش تخلیه باتری‌ها انجام می‌شود، مقدار مقاومت داخلی و مقدار آمپر-ساعت تخلیه در محدوده مناسب (طبق شرایط عملکرد عادی تعریف شده توسط سازنده) قرار دارد.
  - ولتاژ شینه اصلی برق مستقیم در محدوده مجاز تعریف شده حفظ شده است.
  - باتری‌ها در محدوده درجه حرارت بهینه، که حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، کار می‌کنند.

#### ب - شرایط بهره‌برداری غیرعادی

- برخی شرایط بهره‌برداری غیرعادی مربوط به کار سامانه برق مستقیم در زیر آورده شده است:
- قطع شدن یکی از شارژرها یا یکی از فیدرهای اصلی ورودی به شارژرها
  - خارج از مدار بودن یک مجموعه از باتری‌ها، به منظور نگهداری و تعمیرات
  - میزان جریان شارژ باتری‌ها (جریان حالت شناوری و یا جریان متعادل کننده)، خارج از محدوده توصیه شده توسط سازنده می‌باشد.
  - درجه حرارت باتری‌ها به نحو قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر و یا کم‌تر از مقدار بهینه می‌باشد.

- ولتاژ شینه برق مستقیم خیلی کم‌تر یا بیش‌تر از حد عادی است.
  - یکی از هشدار دهنده‌های مربوط به وضعیت سامانه فعال شده است.
  - بروز خطای اتصال زمین در دو نقطه از مدار جریان مستقیم
- هر چند سامانه برق مستقیم ممکن است به صورت‌های غیرعادی فوق‌الذکر کار کند، لیکن به دلیل این‌که طراحی سامانه برق مستقیم نیروگاه باید با پشتیبانی صددرصد باشد (که روش معمول برای طراحی نیروگاه‌ها است)، تبعات شرایط غیرعادی فوق‌الذکر بر کار واحدها ممکن است قابل ملاحظه باشد.

### ج - شرایط پیش‌بینی نشده

ج-۱- در طرح‌هایی که یک مجموعه باتری، با یک باتری شارژر برای نیروگاه در نظر گرفته شده است، اشکال ایجاد شده در هر یک از عناصر سامانه برق مستقیم (DC)، به دلیل عدم وجود سامانه پشتیبان، شرایط پیش‌بینی نشده و بحرانی را ایجاد می‌نمایند.

مثال‌هایی از موارد اشکال منجر به شرایط پیش‌بینی نشده در شرایط فوق‌الذکر، عبارتند از :

- قطع فیدر ورودی جریان متناوب شارژر
- خرابی شارژر
- از کار افتادن باتری

در صورت از کار افتادن فیدر ورودی جریان متناوب به تابلوی مبدل‌ها و یا خراب شدن شارژر باتری‌ها، امکان بهره‌برداری از باتری‌ها برای مدت زمان محدود، که معمولاً ۸ ساعت است و در نتیجه ادامه کار واحدهای مرتبط با آن در کوتاه مدت، وجود دارد.

از کار افتادن باتری‌ها به تنهایی، عموماً بهره‌برداری از نیروگاه را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد، لیکن در این حالت، از کار افتادن خط ورودی برق متناوب مربوط به شارژر باتری، باعث توقف سریع واحدهای نیروگاه می‌شود (شرایط اضطراری).

ج-۲- در طرح‌هایی که دو مجموعه باتری و باتری شارژر نصب شده و یک مجموعه حالت پشتیبان را دارد، وجود اشکال در یک یا دو عنصر از یک مجموعه، نشانه‌ی حالت غیرعادی است، لیکن تاثیری در بهره‌برداری از نیروگاه ندارد، اما اگر در این شرایط غیرعادی، یکی از عناصر اصلی مجموعه دیگر نیز خراب شود، شرایط بهره‌برداری به شرایط «پیش‌بینی نشده» تبدیل می‌شود.

تحت شرایط فوق‌الذکر، بسته به این‌که کدام‌یک از عناصر مجموعه دوم از کار افتاده باشد، تامین برق مستقیم برای مدت زمان محدود ادامه می‌یابد و یا مطابق آنچه در پاراگراف (ج-۱) بیان گردید، فرمان توقف سریع واحدها صادر می‌شود.

### د - شرایط اضطراری

شرایط اضطراری سامانه تامین برق مستقیم نیروگاه، وضعیت بحرانی‌تر شرایط فوق، یعنی در حالتی است که کل منابع تامین برق مستقیم (اصلی و پشتیبان) از کار افتاده باشد. در این صورت لازم است که واحدها متوقف شوند، زیرا بسیاری از انواع وسایل حفاظتی قابل بهره‌برداری نیستند و اکثر سامانه‌های کنترل کننده مربوط به واحدها و نیروگاه، با قطع مدار برق مستقیم سامانه

کنترل، به صورت اتوماتیک فرمان توقف واحدها را صادر می‌کنند، از جمله فرمان قطع گاورنر به سولنویدهای واقع در مدار هیدرولیکی دریچه‌های تنظیمی توربین، فرمان قطع شیر ورودی اصلی و فرمان قطع کلید قدرت ژنراتور. علاوه بر اقدامات احتیاطی فوق‌الذکر، که عموماً به صورت اتوماتیک انجام می‌گیرد، بهره‌برداران نیروگاه باید اقدامات لازم را برای برپا نگه‌داشتن تعدادی از سامانه‌های کمکی بحرانی نیروگاه، از جمله روشنایی اضطراری مناطق، روشنایی مسیرهای دسترسی خروجی، سامانه اعلام حریق، سامانه حفاظت فیزیکی (حراست)، از طریق یک منبع اضطراری جایگزین انجام دهند و یا ترتیبی اتخاذ گردد که شرایط اضطراری فوق‌الذکر منجر به صدمه به کارکنان نیروگاه و یا تجهیزات آن نگردد.

### ۳-۲۱- سامانه تامین برق متناوب نیروگاه (AC)

#### ۳-۲۱-۱- کلیات

یک سامانه کامل تامین و توزیع برق متناوب، به منظور تامین مصارف تجهیزات کمکی نیروگاه، سد، روشنایی و مصارف سایر تاسیسات جنبی مجموعه سد و نیروگاه موردنیاز می‌باشد. از کار افتادن یک منبع تامین برق مصرفی نیروگاه، به دلیل قطع کردن کلید و یا عملکرد رله حفاظتی، نباید باعث حذف کامل منبع تامین برق نیروگاه شود. به این ترتیب سامانه برق مصرفی نیروگاه باید حداقل دارای دو منبع جداگانه تامین برق، هر یک با ظرفیت مناسب برای تامین کل مصارف داخلی مجموعه سد و نیروگاه باشد.

در شرایط مختلفی ممکن است تمام یا قسمتی از شبکه برق یک ناحیه از سامانه از کار بیفتند. صرفنظر از علت آن، در این شرایط عدم تعادل زیاد بین بار مصرفی و تولید ایجاد می‌شود. یک نیروگاه ممکن است در حالت اتصال به یک شبکه محدود (یک قسمت جدا شده از شبکه اصلی)، قرار گیرد و مجبور به تامین بار این ناحیه مجزا شده شود. جدا شدن بخشی از شبکه و نیروگاه‌های آن، که بار نقاط دورتر را تامین می‌کنند، باعث نوسانات زیاد (از نظر دامنه و مدت زمان) در فرکانس و ولتاژ می‌شود. این نوسانات می‌تواند برخی نیروگاه‌های باقی‌مانده در حال کار را از مدار خارج نماید. در این شرایط مخصوصاً نیروگاه‌های بخاری، که در مقابل نوسانات فرکانس حساس‌تر از نیروگاه‌های آبی می‌باشند، زودتر از مدار خارج می‌شوند. همچنین راهاندازی مجدد نیروگاه‌های بخاری سخت‌تر و زمان برتر از نیروگاه‌های آبی می‌باشد و در نتیجه، وظیفه نیروگاه‌های آبی در مورد شروع ترمیم و برگرداندن سامانه به شرایط مناسب‌تر، پس از بروز وضعیت‌های بحرانی فوق‌الذکر، سنگین‌تر است.

در صورتی که در شرایط بروز اشکالات شبکه به شرح فوق، واحدهای آبی در حال کار با بار کامل و یا بار نزدیک به بار نامی باشند، و به طور ناگهانی از شبکه جدا شوند، واحد در حالت قطع ناگهانی بار قرار می‌گیرند. واحدها به نحوی طراحی شده‌اند که بعد از قطع ناگهانی بار معمولاً به «حالت گردش بدون بار» در می‌آیند، تا متعاقباً حالت کارکرد آنها از طریق سامانه کنترل هم‌زمان تغییر نماید. در هنگام قطع ناگهانی بار، هم‌زمان دو یا چند واحد نیروگاه با بار کامل، به خصوص اگر برخی از آنها مجرای آب‌بر و یا مجرای پایاب مشترک داشته باشند، ممکن است یک واحد (و یا واحدهایی) با فرمان سامانه حفاظتی به حالت توقف در آید (به دلیل نوسانات هیدرولیکی و یا افزایش غیر مجاز سرعت واحد). در چنین شرایطی چنان‌که ترانسفورماتور مصرف داخلی به این

واحد، متصل باشد، این منبع از دست می‌رود. به این ترتیب در طراحی و بهره‌برداری نیروگاه ملاحظات مربوط به مواجهه با شرایط از کار افتادن و یا اختلال در شبکه انتقال قدرت باید در نظر گرفته شود و در سامانه تامین برق داخلی نیروگاه، منابع و مدارهای تامین برق پشتیبان پیش‌بینی شود. علاوه بر منابع ذکر شده، لازم است حداقل یک منبع تامین برق اضطراری، که به صورت اتوماتیک توسط موتور دیزلی استارت می‌شود، در نیروگاه وجود داشته باشد که بتواند پمپ‌های روغن سامانه گاورنر، پمپ‌های سامانه آب خنک‌کننده و سایر مصارف اولیه و مهم را برای راه اندازی مجدد نیروگاه، متعاقب از کار افتادن منابع اصلی تامین برق مصرف داخلی، تامین نماید.

### ۳-۲۱-۲- قابلیت راه‌اندازی نیروگاه در حالت خاموشی کامل (راه‌اندازی سیاه)

نیروگاه‌های آبی باید قابلیت راه‌اندازی سریع واحدها را در صورت قطع منابع عادی تامین برق مصرفی نیروگاه (راه‌اندازی سیاه) داشته باشد تا در شرایط اضطراری، به برقراری مجدد شرایط تولید واحد و تحویل انرژی به شبکه، کمک نماید. قابلیت «راه‌اندازی سیاه» عبارت است از توانایی نیروگاه برای آنکه بدون استفاده از تولید واحدها و شبکه توزیع و انتقال برق خارج از نیروگاه، تجهیزات کمکی را در حالت خاموشی کامل نیروگاه به کار اندازد، واحدها را روشن و به «حالت گردش بدون بار» درآورد، کلید قدرت ژنراتور را بسته و واحدها را، در حالی که بقیه شبکه بعد از وضعیت اضطراری مجدداً آماده بهره‌برداری می‌شود، به حالت آماده برای وصل به شبکه نگهدارد.

### ۳-۲۱-۳- نیروگاه‌های بزرگ و تامین مصارف داخلی آن

در نیروگاه‌های بزرگ، حداقل باید دو ترانسفورماتور تامین برق مصرف داخلی برای شرایط عادی وجود داشته باشد که از طریق واحدهای اصلی نیروگاه و نیز از طریق شبکه فشار قوی (در حالت توقف واحد)، برق‌دار شوند. در صورت وجود دو ترانسفورماتور، هر یک از این ترانسفورماتورها باید قادر باشند حداکثر بار هم‌زمان مصرف‌کننده‌های داخلی ایستگاه برق را تامین نمایند.

در نیروگاه‌های بزرگ برق آبی با تعداد واحدهای زیاد، آرایش مداری برای سامانه تامین و توزیع برق مصرف‌کننده‌های داخلی، از نظر تخصیص شینه‌ها، تابلوهای اصلی توزیع برق، پیش‌بینی کلیدهای بین شینه‌های اصلی و تعداد ترانسفورماتورهای مصرف داخلی به کار گرفته شده، پیچیده‌تر است. در این گونه شبکه‌های توزیع داخلی، کلیدزنی و عملکرد کلیدهای ارتباط دهنده شینه‌ها، با «اینترلاک»های الکتریکی به کار می‌رود، به طوری که از کار کردن موازی دو منبع تامین برق مختلف (غیرسنکرون) جلوگیری شود.

در نیروگاه‌های آبی دارای سدهای مخزنی، باید منبع تامین برق اضطراری با ظرفیت کافی برای به کار انداختن موتورهای سامانه راه‌اندازی دریچه‌های سرریز و سایر مصرف‌کننده‌های اصلی و مهم برای کنترل و یا راه‌اندازی تجهیزات هیدرومکانیکی سد وجود داشته باشد. این منبع برق اضطراری می‌تواند در محلی نزدیک به سد قرار داده شود و یا با استفاده از منابع برق اضطراری نزدیک نیروگاه، مصارف اصلی و مهم تجهیزات سد تامین گردد.

در نیروگاه‌های بزرگ، عموماً استفاده از یک منبع برق اضطراری ذخیره که در شرایط اضطراری و برای «راه‌اندازی سیاه» به صورت اتوماتیک (در صورت از کار افتادن منبع برق اضطراری اصلی)، در مدار سامانه تامین برق داخلی قرار می‌گیرد، قابل توجیه



است. برای بررسی دقیق منابع مختلف تامین برق مصرف داخلی و پشتیبان در یک نیروگاه آبی، تعداد و ظرفیت واحدها، پیچیدگی تجهیزات به کار رفته در طرح نیروگاه و سد، اهمیت و نقش نیروگاه در سامانه برق و فاصله بین مصرف‌کننده‌های اصلی سد و نیروگاه مورد توجه قرار می‌گیرد و ظرفیت و تعداد منابع تامین برق اضطراری دیزلی و جانمایی آنها با توجه به پارامترهای فوق بهینه و توجیه می‌شود.

منبع برق اضطراری باید هر زمان که منبع یا منابع تامین مصرف داخلی عادی از کار افتاد، به صورت اتوماتیک شروع به کار نماید و به سامانه مصرف داخلی وصل شود.

منبع برق اضطراری باید امکان استارت و توقف دستی را از اتاق کنترل مرکزی داشته باشد. همچنین لازم است از طریق تابلوی کنترل محلی منبع برق اضطراری، راه‌اندازی آن در شرایط غیر اضطراری، به منظور آزمایش عملکرد صحیح و به موقع آن و شبیه‌سازی وضعیت اضطراری (مشابه حالت خاموشی کامل نیروگاه)، انجام گیرد.

در طراحی سامانه تامین برق مصرفی نیروگاه‌های بزرگ، به دلیل تعداد و انواع مختلف مصرف‌کننده‌های کمکی و جانبی، این مصرف‌کننده‌ها به دو دسته اصلی و معمولی (و یا عادی و اضطراری) تقسیم می‌شوند و در نتیجه با «کاهش بار»<sup>۱</sup> در حالت تامین برق اضطراری، فقط مصرف‌کننده‌های اصلی (اضطراری) به صورت اتوماتیک از مدار مولد برق اضطراری تغذیه می‌شوند.

### ۳-۲۱-۴- نیروگاه کوچک با یک واحد

در مورد این نوع نیروگاه، معمولاً یک ترانسفورماتور مصرف داخلی که می‌تواند از طریق شبکه انتقال (خطوط توزیع) برق‌دار شود مصارف داخلی کلی نیروگاه را تامین می‌نماید و یک منبع برق اضطراری مستقل که با موتور دیزلی کار می‌کند نیز مصارف اصلی را در شرایط اضطراری تامین می‌کند. منبع برق اضطراری باید دارای ظرفیت کافی برای به کار انداختن موتورهای مکانیسم بهره‌برداری دریچه‌های سرریز و حداقل مصارف موردنیاز تجهیزات کمکی سد و نیروگاه مانند پمپ‌های تخلیه آب، پمپ‌های سامانه روغن گاورنر و سایر بارهای اصلی و مهم باشد.

### ۳-۲۱-۵- شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه تامین برق متناوب (AC)

#### الف - شرایط بهره‌برداری عادی از سامانه تامین برق متناوب

شرایط زیر نشان دهنده کار عادی سامانه است:

- تمام منابع تامین برق پیش‌بینی شده برای نیروگاه قابل بهره‌برداری و در مدارند.
- تمام تابلوهای توزیع برق اصلی در حال کار و کلیدهای تابلوها از نظر بار در وضعیت عادی می‌باشند.
- تمام تابلوهای توزیع مربوط به سامانه‌های مختلف و تابلوهای فرعی مرتبط با آنها برق‌دار و یا آماده به‌کارند.
- تجهیزات مختلف مربوط به سامانه برق متناوب در محدوده طراحی (و مقادیر نامی) کار می‌کنند.
- هیچ آلارمی در مورد عملکرد این سامانه فعال نشده است.

**ب - شرایط بهره‌برداری غیرعادی سامانه تامین برق متناوب**

وجود هر یک از شرایط زیر، مبین کار غیرعادی سامانه است:

- یکی از دو یا چند منبع تامین برق، خارج از سرویس است و قابل استفاده نیست. هرچند این وضعیت برای «سامانه تامین برق»، غیرعادی است، لیکن بر کارکرد عادی واحد تاثیر مهمی ندارد.
- یک یا چند عنصر فعال مربوط به سامانه توزیع، تحت بار خارج از محدوده عادی (محدوده طراحی) قرار دارند، این وضعیت نشان دهنده بروز خطا در قسمتی از سامانه است، در این صورت یا باید سامانه را از مدار خارج کرد و یا بارهای مرتبط با تابلوها و یا فیدهای اصلی تحت اضافه بار را کاهش داد.
- در صورتی که هر کدام از کلیدهای قدرت مربوط به تابلوهای اصلی و یا تابلوهای توزیع مهم در شرایط عادی کار قرار نداشته باشند.

**ج - شرایط پیش‌بینی نشده**

شرایط پیش‌بینی نشده، حالت‌هایی است که برخی شرایط غیرعادی ذکر شده در فوق گسترش یافته است، مثلاً در صورتی که یکی از منابع اصلی تامین مصارف عادی از دست رفته باشد و منبع دیگر تامین برق عادی، قادر به تامین تمام بار مصرفی عادی را نداشته و سامانه به پشتیبانی و کمک منبع تامین برق اضطراری برای کمک به بهره‌برداری از سامانه‌های کمکی نیاز دارد.

**د - شرایط اضطراری سامانه تامین برق متناوب**

- شرایط اضطراری در حالتی است که به دلیل وسعت اشکال در شبکه تامین برق متناوب، واحد در اثر فرمان رله‌های حفاظتی و یا توسط بهره‌بردار متوقف گردیده است. بروز موارد زیر منجر به شرایط اضطراری می‌شود:
- ایجاد اتصال کوتاه و یا خطایی که به انفجار و یا آتش گرفتن قسمت مهمی از سامانه تامین برق متناوب و صدمه دیدن شدید آن منجر شده است.
  - شرایط سیل یا آتش‌سوزی در نیروگاه
  - تماس بدنی افراد نیروگاه با قسمت‌های تحت ولتاژ
  - از دست رفتن کلیه منابع عادی و اضطراری
- تحت شرایط فوق، باید سعی شود با یک منبع اضطراری کمکی متناوب یا مستقیم، برخی تجهیزات بحرانی راه برق‌دار نگهداشت و بهره‌برداری نمود. اهم این تجهیزات بحرانی عبارتند از:
- سامانه‌های اخطاردهنده و اطفاء حریق
  - پمپ‌های آتش‌نشانی
  - سامانه حفاظت اتوماتیک فیزیکی نیروگاه و تلویزیون مدار بسته (سامانه‌های حراستی)
  - سامانه مخابرات و پیجینگ
  - وسایل و رله‌های حفاظتی اصلی واحدها

- حداقل روشنایی اضطراری
- روشنایی معبرهای خروج کارکنان



# فصل ۴

---

---

## نگهداری نیروگاه‌های آبی



## ۴-۱- کلیات

### ۴-۱-۱- دامنه کار

این فصل از راهنما شامل پیشنهادهای و توصیه‌های کلی در مورد نگهداری عمده‌ترین تجهیزاتی است که معمولاً در نیروگاه‌های آبی به کار می‌رود. ملاحظات اساسی و عمومی در مورد نگهداری ساختمان نیروگاه و سازه آبیگر نیز در این فصل آورده شده است. نگهداری به طور کلی شامل بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی، فعالیت‌های نگهداری عادی، آزمایش‌های مربوط به نگهداری، بازرسی‌های دقیق همراه با تعمیرات موردی می‌باشد. آزمایش‌های عمومی‌تر تشخیص نیز از روش‌های مربوط به نگهداری است که پس از انجام آن ضرورت و وسعت تعمیرات موردنیاز برای اجزا واحدها و یا تجهیزات دیگر نیروگاه مشخص‌تر می‌شود و براساس آن برنامه‌ریزی برای تعمیرات کلی‌تر و یا اساسی می‌تواند انجام گیرد.

این راهنما عمدتاً به فعالیت‌های مرتبط با نگهداری و برنامه کلی نگهداری تجهیزات می‌پردازد و روش‌های انجام اقدامات اصلاحی و تعمیرات تجهیزات، که پس از تشخیص عیب و متعاقب فعالیت‌های نگهداری و آزمایش‌ها ممکن است ضرورت پیدا کند، مورد بحث قرار نمی‌گیرد. اقدامات اصلاحی به نوع تجهیزات و سامانه‌ها، جزییات طراحی و ساخت آنها بستگی دارد لذا باید با مراجعه به دستورالعمل‌های خاص نگهداری و تعمیرات سازندگان، استانداردهای مربوطه و نیز با توجه به مدارک و نقشه‌های جزییات ساخت و نصب تجهیزات هر نیروگاه انجام شود. همچنین در این راهنما انواع آزمایش‌های مربوط به تشخیص عیب تجهیزات مختلف (به استثنا چند مورد کلی)، مورد بحث قرار نمی‌گیرد. این جزییات نیز در استانداردها و مراجع فنی و نیز در دستورالعمل‌های سازندگان قابل دستیابی است. در پیوست این راهنما به برخی منابع معتبر در زمینه روش آزمایش‌ها، معیارهای فنی پذیرش و نیز نگهداری تجهیزات اشاره شده است.

### ۴-۱-۲- خط مشی‌های مربوط به تهیه برنامه نگهداری تجهیزات نیروگاه

استفاده از خط مشی یکسان در تهیه برنامه نگهداری برای انواع مختلف تجهیزات به کار رفته در یک نیروگاه امکان‌پذیر نمی‌باشد. میزان اهمیت تجهیزات از نظر بهره‌برداری و شرایط کاری آنها متفاوت است. همچنین چگونگی بهره‌برداری از نیروگاه آبی و نقش آن در سامانه قدرت، بر الزامات و برنامه نگهداری تاثیر می‌گذارد، لذا هنگام تهیه برنامه نگهداری و نیز دوره‌های بازرسی (برای آن دسته از بازرسی‌هایی که انجام آنها منوط به خارج کردن واحد از مدار تولید است)، توجه به نیازهای شبکه و نیز هزینه‌های جایگزین تولید باید مدنظر قرار گیرد.

به‌طورکلی دو خط مشی اصلی به شرح زیر، برای تهیه برنامه نگهداری تجهیزات نیروگاه می‌تواند مطرح باشد. هدف اصلی هر دو خط مشی جلوگیری از خرابی و یا کاهش نگهداری‌ها و تعمیرات واکنشی (از نوع اضطراری و یا اصلاحی) می‌باشد. با این وجود، هر کدام از این دو خط مشی ویژگی‌ها و نقاط قوت خاص خود را دارند. به این ترتیب بسته به نوع هر تجهیز و شرایط کار واحدهای هر نیروگاه خاص، ترکیب مناسبی از روش‌های نگهداری پیش‌گیرانه و پیش‌گویانه می‌تواند بهترین برنامه نگهداری را به دست دهد.

سایر منابع و اطلاعات از جمله توصیه‌های سازندگان، شرایط غیرعادی بهره‌برداری و تجربیات قبلی بهره‌برداران و کارکنان نگهداری در مورد تجهیزات نیز باید در تدوین و بازنگری برنامه نگهداری، مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۴-۱-۲-۱- نگهداری پیش‌گیرانه

«نگهداری پیش‌گیرانه» روشی برای نگهداری تجهیزات بر مبنای برنامه‌ای منظم به صورت دوره‌ای و یا در ازای مدت زمان کارکرد (براساس ارزیابی، یا قرائت تعداد ساعت کارکرد هر تجهیز) می‌باشد. هدف از به‌کارگیری این روش، جلوگیری از مشکلات تعمیرات و یا خرابی دستگاه‌ها، پیش از بروز آن، با استفاده از روش‌های روتین و جامع نگهداری است، که در نتیجه دستیابی به تعداد توقف کم‌تر، کوتاه‌تر و قابل پیش‌بینی‌تر واحدها و تجهیزات را محقق سازد.

#### برخی از خصوصیات خط‌مشی نگهداری پیش‌گیرانه عبارتند از:

- قابل پیش‌بینی است و برآورد بودجه، برنامه‌ریزی و تامین منابع را ممکن می‌سازد
- در صورتی که خوب عمل شود، معمولاً از بسیاری مشکلات عمده جلوگیری می‌کند و در نتیجه توقف اجباری و اضطراری دستگاه‌ها، نگهداری واکنشی و هزینه‌های نگهداری تعمیرات را کاهش می‌دهد.
- به مدیران تا حدی اطمینان می‌دهد که تجهیزات از نظر نگهداری تحت کنترل است.
- به سهولت درک و توجیه می‌شود

علی‌رغم خصوصیات و مزایای فوق‌الذکر، ممکن است در صورت توجه صرف به دوره توصیه شده و یا مدت زمان کارکرد برای نگهداری پیش‌گیرانه و بدون در نظر گرفتن وضعیت واقعی تجهیزات، شرایط مختلف بهره‌برداری از واحدها، عدم توجه به تحلیل مقادیر کمیت‌ها و پارامترهای اندازه‌گیری شده طی بهره‌برداری و نیز مستندات مربوط به نگهداری و یا تعمیرات قبلی، مشکلاتی در روند بهره‌برداری بهینه از واحدها و تجهیزات پدید آید، لیکن به‌طور کلی نگهداری پیش‌گیرانه در گذشته قابلیت اعتماد خود را نشان داده و هنوز نیز به عنوان هسته و اساس بسیاری از برنامه‌های نگهداری در بسیاری از سازمان‌ها و صنایع مطرح می‌باشد. با این حال در کاربرد توصیه‌های نگهداری پیش‌گیرانه باید دقت شود. به‌کارگیری توصیه‌های نگهداری پیش‌گیرانه برای کلیه تجهیزات یک نیروگاه، بدون توجه به حساسیت تجهیزات می‌تواند به‌کار حجیم و گسترده‌ای منجر شود که انجام آن را عملاً غیرممکن می‌سازد. در نتیجه ممکن است برخی تجهیزات مهم از نگهداری مورد نیاز محروم شوند، که در این صورت هدف مدیریت نگهداری پیش‌گیرانه خدشه‌دار خواهد شد.

#### ۴-۱-۲-۲- نگهداری بر مبنای تحلیل وضعیت و قابلیت اطمینان دستگاه‌ها (روش پیش‌گویانه)

برای رفع برخی محدودیت‌ها و تبعات ناشی از به‌کارگیری روش نگهداری پیش‌گیرانه برای تجهیزات نیروگاه، مدیریت نگهداری می‌تواند بسته به شرایط و مورد کار از روش «نگهداری بر مبنای تحلیل وضعیت و قابلیت اطمینان دستگاه‌ها» استفاده کند که مبتنی بر انتخاب آگاهانه زمان انجام نگهداری، اجرای موثر فعالیت‌های نگهداری براساس داده‌های تحلیل شده و استفاده از سامانه مستندسازی سوابق نگهداری می‌باشد. این روش به عنوان خط‌مشی یا فلسفه «نگهداری پیش‌گویانه» نیز شناخته می‌شود. کاربرد برنامه‌های نگهداری بر مبنای فلسفه نگهداری پیش‌گویانه در نیروگاه‌های آبی گسترش زیادی یافته است.

هدف این برنامه‌ها انجام بازرسی و نگهداری به میزان کافی و در زمان مناسب، برای جلوگیری از توقف کار نیروگاه می‌باشد. در صورتی که برنامه‌های نگهداری پیش‌گویانه به درستی اجرا شود می‌تواند بسیاری از مسایل مربوط به نگهداری را رفع کرده و موجب شود برنامه نگهداری موثرتر و جهت‌دارتر گردد.



### برخی از خصوصیات خط‌مشی نگهداری پیش‌گویانه عبارتند از:

- ممکن است پایش (مونیتورینگ) بیش‌تر و موثرتری در زمینه‌های نظارت بر درجه حرارت و میزان ارتعاش تجهیزات طلب کند. این به معنای تامین تجهیزات پایش جدید و یا پایش توسط کارکنان در بازرسی‌های متعدد (در دوره‌های کوتاه مدت‌تر) است.
- ممکن است به «کار تا خرابی» یا فلسفه حذف نگهداری در مورد بعضی از تجهیزات منجر شود که می‌تواند باعث نگرانی بهره‌برداران و مدیران شود.
- ممکن است بسته به میزان موفقیت برنامه اولیه نگهداری و شرایط تجهیزات به تجدیدنظر اولیه یا بعدی در برنامه نگهداری، به روش آزمون و خطا نیاز داشته باشد.
- نیاز به مدیریت بیش‌تر در مورد تخصیص نیروی کار موجود دارد به نحوی که نیروها با توجه به اولویت‌ها، روی تجهیزات مهم‌تر متمرکز شوند.

استفاده از روش نگهداری پیش‌گویانه نباید بهانه‌ای برای روی آوردن به فلسفه «نگهداری در زمان خرابی دستگاه»<sup>۱</sup>، یا حذف موارد خیلی ضروری نگهداری پیش‌گیرانه باشد و یا وسیله‌ای برای توجیه کاهش نیرو و هزینه نگهداری قلمداد شود.

در حال بسته به مورد و شرایط، برای کاستن برخی محدودیت‌ها و یا مشکلات مربوط به برنامه نگهداری پیش‌گیرانه، مدیران نگهداری ممکن است به برنامه‌ریزی براساس خط‌مشی پیش‌گویانه، که مبتنی بر انتخاب آگاهانه، اجرای موثر و استفاده بهینه از امکانات و روش‌های صحیح مستندسازی تعمیرات است، روی آورند و یا بسته به شرایط کار، خصوصیات واحدها و تجهیزات هر نیروگاه خاص و میزان تجهیزات پایش (مونیتورینگ) به‌کاررفته در آن، ترکیب مناسبی از روش‌های نگهداری پیش‌گیرانه و پیش‌گویانه را برای تهیه برنامه نگهداری تجهیزات به‌کارگیرند.

### برای آنکه روش نگهداری پیش‌گویانه در نیروگاه منجر به برنامه‌ای عملی شود لازم است که:

- توسط مدیریت به عنوان فلسفه نگهداری ویژه برای محل و یا تجهیزات خاص انتخاب شود.
- بر اساس روش‌های پذیرفته شده خط‌مشی پیش‌گویانه اجرا شود
- به نحو صحیحی مستند شود به طوری که تصمیمات نگهداری اتخاذ شده قابل دفاع باشد.

### ۴-۱-۳- انواع فعالیت‌های مرتبط با نگهداری تجهیزات

فعالیت‌های مرتبط با نگهداری تجهیزات و سامانه‌ها به‌طور کلی عبارتند از:

#### ۴-۱-۳-۱- نگهداری عادی (روتین)

نگهداری عادی (روتین) عبارت است از فعالیت‌هایی که در هنگام کار کردن تجهیزات و سامانه‌ها انجام می‌شود. این فعالیت‌ها قابل پیش‌بینی است و می‌توان برای آنها برنامه و بودجه تعیین کرد. معمولاً این فعالیت‌ها که یا براساس «گذشت زمان معین» و یا «ساعت کارکرد» تجهیزات برنامه‌ریزی می‌شود، از استراتژی‌های «نگهداری پیش‌گیرانه» پیروی می‌کند. به عنوان مثال می‌توان از

بازدیدهای چشمی، اسکن نور مادون قرمز، تمیز کردن، آزمایش عملکرد، اندازه‌گیری کمیت‌ها و مقادیر مربوط به تولید، روغن‌کاری، آزمایش روغن، کنترل هم‌راستا بودن محورهای کوپل شده، کنترل موقعیت و هم‌راستا بودن محور اجزا سامانه تحریک (نوع تحریک گردان) در ژنراتورها نام برد.

#### ۴-۱-۳-۲- آزمایش‌های مربوط به نگهداری تجهیزات

این قسمت از نگهداری، شامل فعالیت‌هایی است که طی آن با استفاده از دستگاه‌های آزمایش، وضعیت تجهیزات درحالی‌که از مدار خارج شده‌اند مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این فعالیت‌ها قابل پیش‌بینی است و می‌توان برای آنها برنامه و بودجه تعیین کرد. این فعالیت‌ها را می‌توان یا براساس گذشت زمان معین و یا براساس ساعت کارکرد برنامه‌ریزی کرد، اما در عین حال می‌توان به نحوی برنامه‌ریزی کرد که این فعالیت‌ها در زمان توقف برنامه‌ریزی شده تجهیزات انجام شود. نظر به این که این فعالیت‌ها قابل پیش‌بینی است سازمان‌های بهره‌بردار این‌گونه فعالیت‌ها را در ردیف «نگهداری روتین» و یا «نگهداری پیش‌گیرانه» تلقی می‌کنند. برای مثال می‌توان از انجام آزمایش مقاومت عایقی سیم‌پیچی‌ها (تست مگر)، تست رله‌ها، تست مدار قطع کننده کلید قدرت، تست‌های فشار قوی با ولتاژ متناوب، تست‌های فشار قوی با ولتاژ مستقیم، تست‌های ظرفیت بارگیری و تخلیه باتری‌ها، نام برد.

#### ۴-۱-۳-۳- آزمایش‌های تشخیص

این قسمت شامل فعالیت‌هایی است که طی آن با استفاده از دستگاه‌های آزمایش وضعیت تجهیزات پس از بروز حوادث غیرعادی در نیروگاه (مانند بروز خطاها، آتش سوزی، از کار افتادن تجهیزات) و یا متعاقب کارهای تعمیراتی، تعویض تجهیزات و نیز در مواقعی که نسبت به فرسودگی تجهیزات مشکوک هستیم، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این فعالیت‌ها قابل پیش‌بینی نیستند و نمی‌توان آنها را برنامه‌ریزی کرد چون پس از قطع ناخواسته تجهیزات الزامی می‌شوند. هر کارگاهی باید برای این‌گونه موارد بودجه در نظر بگیرد. برای مثال می‌توان از تست‌های زیر نام برد: تست فشار قوی سیم‌پیچی‌ها با ولتاژ متناوب، تست فشارقوی با ولتاژ مستقیم، اندازه‌گیری میزان تخلیه جزیی، سفتی گوه‌ها، تست‌های شار مغناطیسی هسته ژنراتور، تست‌های افت ولتاژ سیم‌پیچی قطب‌ها، تست نسبت تبدیل ترانسفورماتورها و تست‌های اتصال زمین.

در این فصل از راهنما عمدتاً به برنامه نگهداری تجهیزات، با در نظر گرفتن فعالیت‌های رده‌های اول و دوم فوق پرداخته می‌شود. در صورت خرابی دستگاه‌ها، باید علت اصلی آن مشخص شود و با انجام آزمایش‌های تکمیلی و براساس دستورالعمل‌های سازنده تصمیم‌گیری شود که کدام یک از تکنیک‌های موجود باید برای اصلاح وضعیت و تعمیرات استفاده گردد. روش نظارت بر وضعیت کار تجهیزات نیروگاه می‌تواند کمک نماید تا ضرورت و وسعت انجام تعمیرات اصلاحی و یا اساسی تجهیزات شناسایی شود و نیز زمان مناسب برای انجام تعمیرات اساسی پیشنهاد شود.

#### ۴-۱-۳-۴- استفاده از اسکن مادون قرمز در فعالیت‌های نگهداری تجهیزات

اسکن مادون قرمز<sup>۱</sup> از تجهیزات الکتریکی به صورت سالانه در بسیاری از مراجع معتبر توصیه شده است.

در بخش‌های مختلف این فصل از راهنما نیز اسکن مادون قرمز (IR) به عنوان روش نگهداری منظم توصیه شده است. اسکن مادون قرمز و تحلیل آن در اکثر صنایع به عنوان یک وسیله اساسی برای تشخیص وضعیت دستگاه‌ها در آمده است و در نیروگاه‌ها می‌تواند برای تشخیص بسیاری از شرایط حاد - که اجزا یا قسمت‌هایی از یک تجهیز در معرض خطر و بروز عیب قرار گرفته‌اند و نیاز به اقدامات اصلاحی دارند - مورد استفاده قرار گیرد. اسکن مادون قرمز باعث اخلاص در کار بهره‌برداری نمی‌شود و می‌توان در زمانی که تجهیزات در حال کار هستند این روش را به کار برد. علاوه بر تجهیزات الکتریکی، اسکن مادون قرمز را می‌توان برای تشخیص اشکالات در تجهیزات مکانیکی و سازه‌های آنها نیز مورد استفاده قرار داد. بنابراین اسکن مادون قرمز به عنوان روش نگهداری برنامه‌ریزی شده منظم قویا توصیه می‌شود.

برای موثر بودن روش اسکن مادون قرمز و تحلیل آن موارد زیر لازم است:

- تجهیزات اسکن (دوربین مادون قرمز و تجهیزات جنبی آن)، باید دارای کیفیت عالی بوده و به درستی نگهداری و کالیبره شود.
- بهره‌بردار دوربین مادون قرمز باید برای استفاده از تجهیزات و توجه به موارد پیچیده‌ای مانند انتشار متفاوت از سطوح و ضرایب انعکاس سطوح، آموزش دیده باشد و در زمینه ترموگرافی آگاهی کافی داشته باشد.
- بهره‌بردار سامانه مادون قرمز باید بتواند نتایج را با استفاده از آخرین نرم‌افزارهایی که برای تفسیر صحیح شرایط حاد لازم است، تحلیل کند.
- با توجه به اینکه ممکن است نیروگاه‌ها ابزار و نیز نرم‌افزار لازم برای تحلیل دقیق و نتیجه‌گیری حرفه‌ای از داده‌های حاصل از به‌کارگیری دوربین مادون قرمز را در محل نداشته باشند، در این صورت پیش‌بینی استفاده از خدمات فنی خارج از نیروگاه برای به‌کارگیری این روش در بررسی وضعیت تجهیزات، طی برنامه نگهداری روتین سالانه، (و نیز برای مواردی که در مورد بروز اشکال، محل و وسعت آن در تجهیزات سؤالاتی پیش آمده باشد)، توصیه می‌شود.

#### ۴-۱-۳-۵- بررسی مقادیر نامی تجهیزات نیروگاه

در برنامه نگهداری اکثر تجهیزات مهم در قسمت‌های مختلف این فصل از راهنما ردیفی با عنوان «بررسی مقادیر نامی تجهیزات» ذکر گردیده و انجام آن برای هر ۵ سال یکبار توصیه شده است.

شبکه‌های سراسری برق با اضافه شدن مولدهای برق، تجهیزات و خطوط انتقال جدید در آن و یا تغییر در مشخصات برخی از مولفه‌های آن به مرور تغییر می‌کند. به این ترتیب به مرور زمان مقادیر نامی برخی از تجهیزات نیروگاه ممکن است کافی و مطابق نیازهای جدید سامانه نباشد. به عنوان مثال، افزایش سطح جریان اتصال کوتاه، که به دلیل افزایش تعداد مولدهای برق و تغییرات پخش بار در شبکه پدید می‌آید و در نتیجه مطابقت شرایط جدید را با میزان قدرت قطع کلیدها، راکتانس‌ها و امپدانس ترانسفورماتورها و سایر پارامترهای مرتبط با کار تجهیزات را ضروری می‌سازد. مثال دیگر نیاز به افزایش سرعت پاسخ به تغییرات پارامترهای شبکه است که بازنگری در سامانه‌های کنترل کننده، تنظیم کننده‌های ولتاژ و فرکانس را در برخی از نیروگاه‌های قدیمی الزام‌آور می‌کند. استفاده از تجهیزاتی که مقادیر نامی آنها مناسب و کافی نیست و یا از نظر نوع قدیمی بوده و توان پاسخ‌گویی به نیازهای شبکه گسترش یافته را ندارد، می‌تواند برای کارکنان نیروگاه و کلیدخانه فشار قوی، و نیز خود تجهیزات خطرناک باشد و پیوستگی و یکپارچگی عملکرد نیروگاه و سامانه الکتریکی را مختل نماید. بنابراین لازم است هر چند سال یک بار به طور مرتب

مطالعات پخش بار سامانه، سطح اتصال کوتاه و نیازهای مربوط به پایداری سامانه مطالعه شود و براساس نتایج آن، مقادیر نامی تجهیزات قدیمی‌تر به کار رفته در سامانه، بررسی و در صورت نیاز، بازنگری در مشخصات تجهیزات مستقر در نیروگاه‌ها و کلیدخانه مربوط به آنها صورت گیرد. جریان دائمی، جریان‌های لحظه‌ای، تغییرات سطح ولتاژ، قابلیت تحمل و قدرت قطع کلیدها در مقابل سطح جریان اتصال کوتاه، سرعت پاسخ تجهیزات نیروگاه به تغییرات ولتاژ و فرکانس شبکه و تنظیمات رله‌های حفاظتی از جمله مواردی هستند که باید به طور منظم در ارتباط با گسترش و تغییرات شبکه و نیز در صورت توسعه نیروگاه، مورد بررسی و بازنگری قرار گیرد.

#### ۴-۱-۴- برنامه نگهداری و مستند سازی

برای داشتن یک برنامه موثر نگهداری، وجود مستندات به‌هنگام، جامع و کامل در مورد تجهیزات ضرورت دارد. حفظ سوابق مربوط به شرایط تجهیزات، عملیات نگهداری انجام شده یا برنامه‌ریزی شده در مورد هر تجهیز برای انجام انواع فعالیت‌های نگهداری، اعم از نگهداری پیش‌گیرانه و یا پیش‌گویانه (برنامه نگهداری بر مبنای تحلیل وضعیت و قابلیت اطمینان دستگاه‌ها)، اهمیت حیاتی دارد.

سامانه حفظ سوابق نگهداری باید «روزآمد» گردد تا برای هر قطعه از تجهیزات، در تمامی مواقع تاریخچه صحیح فعالیت‌های نگهداری انجام شده قابل دسترسی باشد. این سامانه برای برنامه‌ریزی و اجرای برنامه نگهداری جاری اهمیت داشته و مدارک لازم را برای بازنگری فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات جامع سالانه و دوره‌ای نیروگاه نیز فراهم می‌کند. فعالیت‌های نگهداری منظم و نگهداری اضطراری و هم‌چنین کارهای خاصی که در طول تعمیر اساسی و یا تعویض انجام شده، باید به درستی مستند شود. در دسترس بودن نقشه‌های روزآمد برای مدیریت و کارکنان نگهداری اهمیت ویژه‌ای دارد. مدارک و نقشه‌های دقیق برای فعالیت‌های نگهداری جاری، آزمایش‌ها و نیز اضافه کردن تاسیسات جدید بسیار مهم است و در طول فعالیت‌های اصلاحی و تعمیرات اضطراری به منظور عیب‌یابی و رفع نواقص، وجود این مدارک فنی جنبه حیاتی و اساسی دارد، به‌علاوه وجود نقشه‌های دقیق برای حفظ ایمنی کارکنانی که روی تجهیزات کار می‌کنند، اهمیت خاصی دارد.

#### ۴-۱-۵- تدوین برنامه نگهداری و بازنگری مستمر در آن

هنگامی که برنامه نگهداری تجهیزات تهیه می‌شود، باید توجه داشت که توصیه‌های سازنده و هم‌چنین پیشنهادهای توصیه‌های منعکس در این فصل از راهنما عمدتاً جنبه کلی دارد و باید به عنوان مبنا و نقطه شروع برای تهیه برنامه نگهداری جامع و کامل مورد توجه مدیریت نیروگاه قرار گیرد. ممکن است برخی از اجزای تجهیزات عملاً تحت شرایط کاری سخت‌تری، نسبت به شرایط پیش‌بینی شده توسط سازنده قرار گیرند، در مقابل، برخی از تجهیزات تحت شرایط کاری معتدل‌تری نسبت به شرایط فرض شده در طراحی، بهره‌برداری شوند. از این نظر هنگام تهیه برنامه‌های نگهداری، در مقاطع مختلف عمر کاری تجهیزات، استفاده از بهره‌برداران و کارکنان با تجربه نیروگاه و مراجعه به سوابق و مستندات مربوط به شرایط تجهیزات و تاریخچه مربوط به عملیات نگهداری قبلی اهمیت زیادی دارد. تهیه برنامه موثر و کارآ برای نگهداری تجهیزات هر نیروگاه مستلزم تدقیق فعالیت‌ها و دوره‌ها براساس هر تجهیز خاص و شرایطی است که تحت آن دستگاه موردنظر بهره‌برداری می‌شود. انجام فعالیت‌های نگهداری اضافی در

فواصل زمانی کوتاه و غیرضروری، ممکن است باعث آسیب رسیدن به برخی از تجهیزات و اتلاف وقت کارکنان شود، از طرفی نگهداری ناکافی نیز باعث بروز اشکالات و استهلاک زودرس تجهیزات و کاهش عمر مفیدکاری آنها خواهد شد.

#### ۴-۱-۶- اقدام‌های لازم، مجوزها و مراحل موردنیاز برای انجام کارهای تعمیراتی

برای انجام کارهای اصلاحی و یا تعمیرات روی واحدها و تجهیزات کمکی نیروگاه و تعویض اجزا این دستگاه‌ها باید اقدام‌های لازم به شرح زیر انجام گیرد:

##### الف- تهیه درخواست کار برای تعمیرات و تقاضای اجازه انجام آن

درخواست کار تعمیراتی باید توسط مهندس مسئول تعمیرات هر یک از بخش‌های (یا گروه‌های) مربوط به قسمت نگهداری و تعمیرات (تعمیرات الکتریک، تعمیرات مکانیک، تعمیرات ابزار دقیق و ...)، برای هر قطعه که نیاز به تعمیر و یا تعویض اجزا و یا اقدامات اصلاحی داشته باشد، تهیه شود.

شرح مشخصات مربوط به هر قطعه یا نیازهای تعمیراتی دستگاه‌ها و تجهیزات باید به صورت واضح در فرم درخواست کار نوشته شود. این درخواست کار باید توسط سرپرست قسمت نگهداری و تعمیرات و یا گروه کارشناسی مشاور (بخش نظارت فنی و پشتیبانی، بسته به مورد کار و مقررات)، بررسی و ضرورت انجام و دامنه انجام کار تعمیراتی مورد تایید قرار گیرد. درخواست کار تعمیراتی باید همراه با فرم درخواست صدور «اجازه کار»<sup>۱</sup> (بر روی دستگاه مورد نظر)، برای مهندس مسئول شیفت بهره‌برداری و یا سرپرست بهره‌برداری نیروگاه (بسته به مورد کار و اختیارات تفویض شده) ارسال شود.

##### ب- صدور اجازه کار و ضمانت نامه‌های حفاظتی برای انجام کار

درخواست صدور اجازه کار توسط مهندس مسئول شیفت بررسی و برای تصویب نهایی (از نظر اخذ مجوز خروج واحدها یا دستگاه‌ها از مدار)، به سرپرست بهره‌برداری نیروگاه ارائه می‌شود.

در صورت نیاز به خارج کردن واحد از مدار تولید برای انجام تعمیرات درخواست شده، سرپرست بهره‌برداری باید مدیر تولید یا سرپرست نیروگاه را (بسته به سازمان و تشکیلات بهره‌برداری و نگهداری)، در جریان امر قرار دهد.

برای شروع کارهای تعمیراتی لازم است همراه با صدور اجازه کار، ضمانت نامه حفاظتی برای انجام کار روی دستگاه‌ها از طرف مهندس مسئول شیفت بهره‌برداری صادر شود. به منظور ایجاد شرایط بی‌خطر برای شروع کارهای تعمیراتی و اصلاحی باید اقدامات لازم ایمن‌سازی، از جمله قطع منبع تغذیه و بدون انرژی کردن دستگاه یا منطقه‌ای که گروه تعمیرات در آن مشغول کار خواهند شد (اعم از قطع برق، قطع هوای فشرده و بی‌آب کردن تجهیز یا سامانه موردنظر برای تعمیر)، توسط مهندس مسئول شیفت بهره‌برداری (و با نظارت سرپرست بهره‌برداری) انجام شود.

شرایط و اقدامات ایمنی موردنیاز برای شروع اقدامات اصلاحی و یا تعمیرات روی تجهیزات و واحدها در شرایط مختلف، در فصل پنجم این راهنما [بندهای (۸-۲-۵)، (۹-۲-۵) و (۱۰-۲-۵)] آورده شده است.

### ج-تشکیل گروه تعمیرات و تهیه دستورالعمل‌های انجام کار

برای انجام کار تعمیراتی درخواست شده، افراد گروه تعمیرات برای کار موردنظر توسط سرپرست امور یا قسمت نگهداری و تعمیراتی (و یا سرپرست بخش یا گروه تعمیراتی تخصصی، بسته به مورد کار و سازمان و تشکیلات نگهداری و تعمیرات نیروگاه)، مشخص می‌شوند. مسئول این گروه کاری نیز باید تعیین گردد. این افراد باید طبق جدول فرم B ثبت نام شوند. اسامی کلیه افرادی که در مراحل مختلف کار تعمیراتی موردنظر و یا شیفت‌های مختلف این کار در محوطه کار حضور خواهند داشت، باید در فرم مذکور ثبت شود. فرم B تکمیل شده در اختیار مهندس مسئول شیفت بهره‌برداری نیروگاه قرار خواهد داشت.

دستور کار انجام کار تعمیراتی، به همراه دستورالعمل انجام آن از طرف سرپرست نگهداری و تعمیرات به مسئول گروه (مهندس یا تکنسین ذیربط) داده می‌شود.

دستورالعمل ممکن است به صورت اختصاصی برای کار موردنظر تهیه و پیوست دستورکار گردد و یا بر مبنای دستورالعمل‌های آماده و مصوب و یا مقررات تصویب شده موجود باشد که در دستورکار به آن مدارک ارجاع داده می‌شود.

دستورالعمل باید دارای جزئیات کافی بوده و در تهیه آن باید به پیچیدگی کار، نکات اساسی که باید حین کار مورد توجه قرار گیرد و سطح مهارت تکنسین و گروه انجام دهنده آن توجه شود، در عین حال باید واضح و مختصر بوده و در آن محدوده کار برای مسئول گروه (تکنسین ذیربط) کاملاً مشخص گردد.

برای انجام کار تعمیراتی باید یک کارت کنترل تهیه شود که در آن حداقل موارد زیر درج شده باشد:

- نام واحد
- شرح قطعه نیروگاهی
- موقعیت و محل قطعه در نیروگاه
- جزئیات دقیق کاری که باید انجام شود
- شماره نقشه‌ها، مشخصات فنی و دستورالعمل‌های مرجع برای تعمیرات
- تعیین ایستگاه‌های بازرسی و کنترل کیفیت طی مراحل انجام تعمیرات
- ملاحظات و احتیاط‌های ایمنی ویژه و وسایل حفاظتی لازم برای افراد تیم تعمیرات
- جزئیات خدمات پشتیبانی مانند جرثقیل
- فهرست لوازم یدکی، مواد لازم و ابزار کار
- تعداد ساعات کار انجام شده
- لوازم یدکی استفاده شده
- چک لیست علامت‌گذاری شده در مورد کارهای انجام شده
- تایید مسئول کنترل کیفیت در مراحل مختلف کار بازرسی
- تاییدیه نهایی مبنی بر انجام رضایت‌بخش کار

سرپرست گروه تعمیرات، مسئول انجام رضایت‌بخش وظیفه‌ای است که به او محول گردیده است. برای تکمیل کار، لازم است تمام مراحل کنترل کیفی، که قبلاً در چک لیست فعالیت‌ها مشخص گردیده است، انجام شده و مدارک و فرم‌های مربوطه تکمیل

شده باشد. سرپرست گروه مسئول امضا کارت‌هایی است که به عنوان کار تکمیل شده ارائه می‌شود. در صورت متوقف‌شدن و یا تعلیق کار، لازم است دلایل تعلیق کار توسط سرپرست گروه مشخص و گزارش شود.

#### د- تکمیل کار، تایید نهایی و لغو ضمانت‌نامه

پس از تایید کار توسط مسئول کنترل کیفیت در مراحل مختلف بازرسی و تایید تکمیل کار توسط مسئول گروه تعمیرات و سرپرست ذیربط در بخش نگهداری و تعمیرات، در صورتی که برای تایید تکمیل کار تعمیراتی نیاز به انجام آزمایش‌های خاص همراه با انرژی‌دار کردن دستگاه موردنظر باشد، لازم است تک‌تک افراد گروه تعمیرات، که نامشان در فهرست فرم B آورده شده است به مسئول شیفت بهره‌برداری مراجعه و فرم خروج از فهرست فرم B را امضا نمایند. پس از حصول اطمینان از برقراری شرایط ایمن (برای انجام تست پذیرش روی دستگاه و انرژی‌دار کردن آن)، مجوز کار و ضمانت‌نامه حفاظتی لغو می‌شود و آزمایش (یا آزمایش‌های) لازم برای تایید انجام رضایت‌بخش کار شروع می‌شود.

در صورتی که نتایج آزمایش رضایت‌بخش نبود، لازم است مجدداً مراحل قبلی از نظر مقررات مربوط به انجام کار تعمیراتی روی دستگاه‌ها (از جمله تهیه درخواست کار و تعریف فعالیت‌های موردنظر، صدور اجازه کار، صدور ضمانت‌نامه، نام‌نویسی افراد گروه در فرم B، تاییدیه تکمیل کار، لغو ضمانت‌نامه و امضا فرم خروج از فهرست فرم B توسط افراد گروه)، انجام شود.

#### ۴-۱-۷- برنامه‌ریزی و تخصیص بودجه برای انجام تعمیرات اساسی

مدیریت نیروگاه مسئول تولید مطمئن انرژی الکتریکی با حداقل هزینه و با استفاده از منابع، تجهیزات و بودجه موجود است، لذا در مراحل برنامه‌ریزی و تخصیص بودجه باید مبالغی برای نگهداری و بهبود شرایط تجهیزات برای بهره‌برداری بهینه در نظر گرفته شود.

قبل از هر سال مالی با توجه به برنامه کلی نگهداری بلندمدت و خط‌مشی اتخاذ شده برای نگهداری و تعمیرات و نیز تحلیل انجام شده در خصوص وضعیت واقعی واحدها نیازهای مربوط به تعمیرات اساسی تدقیق می‌شود. لذا لازم است مسئولین بهره‌برداری و نگهداری، و تکنسین‌های ماهر نیروگاه برای تبادل نظر و تصمیم‌گیری درباره اقدامات موردنیاز (قبل از انجام تعمیرات و در خلال تعمیرات) و همچنین تدقیق محدوده کارهای تعمیراتی جلساتی برگزار نمایند تا برنامه کار بهینه شود. در برنامه‌ریزی برای انجام تعمیر اساسی، تهیه برنامه براساس «روش مسیر بحرانی» می‌تواند بسیار سودمند باشد. به‌طور کلی «فلوچارت» باید مراحل انجام فعالیت‌های مختلف، زمان موردنیاز برای انجام هر فعالیت و فعالیت‌هایی که می‌توانند به صورت هم‌زمان انجام شود را نمایش دهد. بسته‌های نرم‌افزاری متعددی در زمینه «روش مسیر بحرانی» برای کامپیوترهای شخصی موجود می‌باشد که می‌تواند در تهیه «فلوچارت» مورد استفاده قرار گیرد. این نرم‌افزارها در صورت ایجاد تاخیرات پیش‌بینی نشده، روزآمد نمودن برنامه را آسان می‌نماید. در بیش‌تر این بسته‌های نرم‌افزاری، انجام تغییر در برنامه براساس تعداد کارکنان گروه تعمیرات امکان‌پذیر می‌باشد. برای تهیه برنامه تعمیرات اساسی واحد، در نظر گرفتن زمان‌های واقعی مهم است و بهتر است زمان لازم برای انجام برخی از تعمیرات با احتیاط بیش‌تر و محافظه‌کارانه‌تر در نظر گرفته شود. به خصوص هنگام انجام اولین تعمیر اساسی واحد، باید زمان اضافه‌ای نیز برای رفع مشکلات پیش‌بینی نشده اختصاص یابد.

لازم است برای اطمینان از انجام تمام فعالیت‌های لازم یک فهرست کنترلی (چک لیست) تهیه شود و پس از تکمیل هر فعالیت، انجام آن در چک لیست ثبت گردد. این فهرست با پیشرفت تعمیرات اساسی باید تکمیل و اصلاح شود، به طوری که مواردی را که قبلاً فراموش شده در برگیرد و موارد غیرضروری حذف شود. چک لیست باید شامل تمام تنظیمات و آزمایش‌های قبل از راه‌اندازی مجدد واحد نیز باشد.

در مورد واحدهای بزرگ و متوسط متصل به شبکه، زمان انجام تعمیرات اساسی با هماهنگی قبلی با مدیریت برنامه‌ریزی تولید شبکه تعیین می‌شود. در این مورد بیش‌ترین امکان برای خروج واحدها برای تعمیرات اساسی با توجه به تغییرات فصلی منحنی تقاضای بار شبکه فراهم می‌شود.

برای تعمیرات اساسی واحدها، چنانچه لازم است این‌گونه اقدامات توسط پیمانکار ذیصلاح صورت گیرد، باید از قبل مشخصات فنی، محدوده کارها و نوع آزمایش‌های لازم توسط کارفرما تهیه و استعلام‌های لازم برای عقد قرارداد اخذ شود، به طوری که تا قبل از تاریخ پیش‌بینی شده برای تعمیرات، قرارداد با پیمانکار ذیصلاح منعقد گردد. در کنترل هزینه‌ها لازم است توجه شود که هزینه‌ها حتی‌الامکان نزدیک به برآورد هزینه برای کارهای برنامه‌ریزی شده باشد.

## ۴-۲- بازرسی‌ها، نگهداری و تعمیرات توربین‌های آبی

### ۴-۲-۱- موارد عمومی و دسته‌بندی کلی بازرسی‌ها

در مورد نگهداری پیش‌گیرانه و دوره‌های بازرسی دقیق‌تر توربین آبی، که طی آن قسمت‌هایی از توربین باید دمونتاژ شود و نیز بازرسی‌های همه‌جانبه و تعمیرات اساسی که برای انجام آن باید توربین کاملاً دمونتاژ و چرخ آن خارج شود، برنامه زمان‌بندی با دوره ثابتی را نمی‌توان توصیه نمود. شرایط بهره‌برداری از واحد و مدت زمان قرارگیری واحد در مناطق ناهموارتر (مناطق با ارتعاش زیاد) منحنی مشخصه کار توربین، ساعات کارکرد، تعداد دفعات روشن و خاموش شدن، مدت زمان قرارگیری واحد در ناحیه با پدیده خلازایی زیاد، نوع توربین، کیفیت مواد و ساخت آن، کیفیت آب و نیز سوابق نگهداری و تعمیرات قبلی انجام شده، می‌تواند در تعیین فواصل زمانی بین تعمیرات موثر واقع شود.

بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین) توربین، باید توسط بهره‌برداران نیروگاه در هر نوبت کاری و یا به صورت هفتگی، ماهانه و نیز در هنگام توقف‌های مقطعی واحد آبی انجام شود. انجام به‌موقع این دسته از بازرسی‌ها و سرویس‌ها توسط کارکنان نیروگاه، که براساس توصیه‌ها و دستورالعمل‌های سازنده و شرایط واقعی بهره‌برداری، در قالب دستورالعمل‌ها و رویه‌های تفصیلی خاص توسط سرپرست بهره‌برداری و مدیریت نیروگاه تهیه و تدوین می‌شود، عامل مهمی در کارکرد مناسب دستگاه‌ها و در نتیجه کاهش تعداد توقف‌های ناخواسته واحد به دلیل وجود اشکال یا عملکرد وسایل حفاظتی توربین می‌گردد، هم‌چنین فواصل تعویض قطعات و تعمیرات را کاهش می‌دهد.

با توجه به موارد فوق به طور کلی بازرسی‌های ادواری و فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات مربوط به توربین‌های آبی را می‌توان در ذیل چهار دسته کلی به شرح جدول (۴-۱) قرار داد.



در مورد هر یک از ردیف‌های جدول (۴-۱) نیز بسته به نوع توربین آبی، شرایط بهره‌برداری و هیدرولیکی، موارد تفصیلی بازرسی و جزئیات برنامه نگهداری و تعمیرات در قالب رویه‌ها و دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری باید تدوین و به کار گرفته شود. خاطر نشان می‌سازد با توجه به اینکه اکثر واحدهای آبی برای قدرت‌های متوسط و بالا از نوع عمودی می‌باشند و نیز در اکثر نیروگاه‌های آبی مربوط به سدهای بزرگ ایران (غیر از نیروگاه سد ارس)، توربین‌های آبی عمودی از نوع فرانسس به کار گرفته شده است، لذا در این راهنما، در موارد تفصیلی تر مربوط به نگهداری، تنظیمات و تعمیرات اجزای توربین، بر توربین‌های عمودی از نوع فرانسس تاکید بیش‌تری شده است.

جدول ۴-۱ - دسته‌بندی کلی و دوره‌های انواع بازرسی و نگهداری برای توربین‌های آبی

ردیف	نوع بازرسی ها و فعالیت‌ها	دوره‌های توصیه شده	اهداف کلی بازرسی و فعالیت‌های هر رده
۱	بازرسی‌های ادواری عادی (روتین)	- روزانه - هفتگی - ماهانه - سه ماهه - شش ماهه	بازرسی‌های چشمی به منظور بررسی وضعیت اجزاء، نحوه عملکرد توربین و اطمینان از صحت کارکرد آن طبق شرایط پیش‌بینی شده (براساس و در کنار این بازرسی‌ها، «سرویس‌های عادی» توربین نیز باید انجام گیرد) و سایر موارد طبق دستورالعمل سازنده
۲	بازرسی‌ها و آزمایش‌های سالانه	سالی یک‌بار	بازرسی چشمی و ابعادی اجزای توربین، بازرسی‌های داخل توربین بدون دمونتاز آن و فقط با تخلیه آب مجرای توربین شامل محفظه حلزونی و لوله مکش، به منظور ارزیابی وضعیت اجزاء، میزان خوردگی در آن و آثار خلأزایی، هم‌چنین تمیزکاری، آزمایش عملکرد و برخی تنظیمات مربوط به کلیدهای حدی و لقی‌ها و سایر مواردی که در دستورالعمل‌های سازنده توصیه شده است
۳	بازرسی‌های دقیق (به منظور تعمیرات نیمه سنگین)	برحسب ساعات کارکرد و مطابق توصیه‌های مندرج در دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات سازنده (با توجه به شرایط بهره‌برداری)	بازرسی‌های دقیق داخلی اجزای همراه با دمونتاز برخی از اجزای توربین (بدون خارج کردن چرخ توربین)، به منظور تنظیمات درجه‌های تنظیمی، انجام آزمایش‌ها، تعمیر یا تعویض قطعات و آب‌بندها، فعالیت‌های اصلاحی و تعمیرات محدود به منظور حفظ شرایط کارکرد عادی واحد
۴	بازرسی‌های همه‌جانبه (به منظور تعمیرات سنگین)	برحسب ساعات کارکرد و مطابق توصیه‌های مندرج در دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات سازنده (باتوجه به شرایط بهره‌برداری)	- برای انجام تعمیرات سنگین‌تر و اساسی توربین، بهبود وضعیت تجهیزات مانند باییت‌کاری یاتاقان هادی، تنظیمات درجه‌های توربین و تعویض پوش‌های آن، اصلاح عملکرد توربین و تعویض قطعات فرسوده - این فعالیت‌ها معمولاً با دمونتاز کامل و بیرون آوردن چرخ توربین همراه است.

#### ۴-۲-۲-۲ - بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین)

##### ۴-۲-۲-۲-۱ - بازرسی‌های عادی (روتین) توربین

هدف از این بازرسی‌ها، بررسی چشمی و برخی کنترل‌ها به منظور اطمینان از صحت کارکرد توربین و اجزای آن می‌باشد.

#### الف - بازرسی‌های عادی روزانه (واحد در حال کار)

طی بازدیدهای روزانه بهره‌بردار نیروگاه از وضعیت توربین، ضمن بازرسی کلی و عمومی روزانه، باید به سطح صدا و ارتعاشات

واحد توجه و حداقل موارد زیر کنترل شود:

- کنترل درجه حرارت یاتاقان هادی

- کنترل ارتعاشات و سطح صدا
- کنترل مقادیر نمایش گرهای اندازه‌گیری فشار از روی تابلوی ابزار دقیق توربین
- بازرسی چشمی لوله‌های سامانه‌های کمکی توربین از نظر وجود نشتی

#### ب - بازرسی‌های عادی هفتگی

- بازرسی سامانه تخلیه آب (دریناژ) و سطح آب درپوش فوقانی توربین
- بازرسی آب‌بند (پکینگ) محور اصلی از نظر دمای بیش از حد و یا نشتی (و سرویس آن در صورت نیاز)
- بازرسی آب‌بندهای مکانیکی از نظر نشتی

#### ۴-۲-۲-۲- بازرسی‌ها و کنترل‌های ماهانه

اهم موارد بازرسی، کنترل و اندازه‌گیری که به منظور بررسی وضعیت کار توربین و اجزای آن و سرویس‌های موردنیاز باید انجام شود به شرح زیر توصیه می‌گردد:

- آزمایش عملکرد سیگنال مربوط به سطح آب درپوش فوقانی
- آزمایش نمایش گر مقدار حجمی آب خنک‌کننده روغن یاتاقان هادی (از نظر صحت کار نمایش گر)
- اندازه‌گیری سطح روغن یاتاقان هادی توربین در حالت توقف کامل واحد.
- (اگر یاتاقان مجهز به ظرف روغن‌گردان است سطح روغن در ظرف درحالی‌که واحد در مدار است نیز بررسی گردد)
- بازرسی چشمی روغن یاتاقان از نظر رنگ و میزان مواد زاید (گرد و غبار) در آن
- کنترل عملکرد دماسنج روغن یاتاقان با بررسی اختلاف درجه حرارت روغن در حالت کار و در حالت توقف کامل توربین
- اندازه‌گیری نشت آب از محل آب‌بند محور توربین<sup>۱</sup> هم درحالی‌که واحد در مدار است و هم در زمان توقف کامل واحد (از طریق لاستیک آب بند)
- اندازه‌گیری فشار و مقدار حجمی جریان خط تامین آب خنک‌کننده آب‌بند محور توربین
- آزمایش نمایش گر مقدار حجمی جریان آب خنک‌کننده آب‌بند محور توربین
- اندازه‌گیری میزان انحراف از مرکز شافت در حالت بهره‌برداری عادی
- بازرسی چشمی و کنترل مقدار نشتی از طریق آب‌بند (پکینگ) دریچه‌های تنظیمی در سمت درپوش فوقانی
- بازرسی چشمی و کنترل نشتی روغن از سر و موتور و لوله‌کشی‌های مربوط به مکانیزم محرک دریچه‌های تنظیمی توربین<sup>۲</sup>
- کنترل نشتی آب از سامانه لوله‌کشی تجهیزات جنبی توربین

1 - Shaft Seal

2 - Turbine Wicket Gates

## ۴-۲-۳- برنامه نگهداری و تعمیرات اجزای اصلی توربین

## ۴-۲-۳-۱- کلیات برنامه نگهداری و تعمیرات توربین

برنامه کلی نگهداری و تعمیرات، برای اجزای اصلی توربین به شرح جدول (۴-۲) توصیه می‌شود. با توجه به جدول (۴-۱) در مورد دسته‌بندی کلی بازرسی‌ها، ضرورت انجام تعمیرات وسیع‌تر در مورد اجزای اصلی توربین و یا تعویض قطعات آن، براساس اطلاعات حاصل از فعالیت‌های نظارتی (مونیتورینگ)، بازرسی‌های عادی، نتایج بازرسی‌های ادواری سالانه و بازرسی‌های دقیق‌تر موردی مشخص می‌شود. لذا در مورد دوره انجام این‌گونه تعمیرات در جدول شماره (۴-۲) عبارت «برنامه‌ریزی نشده»<sup>۱</sup> (یا تعمیرات فوق‌العاده) ذکر شده است. این دوره بسته به شرایط کارکرد واحد می‌تواند دو تا سه سال یک‌بار و در مورد تعمیرات اساسی‌تر برخی از قطعات، بیش‌تر از سه سال باشد.

لازم است در پایان هر سال گزارش جامع بازرسی‌ها و نگهداری مربوط به توربین تهیه شود. این گزارش‌ها از الزامات و پیش‌نیازهای تهیه و نیز بازنگری برنامه نگهداری می‌باشد. براساس این گزارش‌ها زمان انجام تعمیرات فوق‌العاده اجزای توربین پیش‌بینی می‌شود.

جدول ۴-۲- برنامه کلی بازرسی‌های ادواری و نگهداری اجزای توربین آبی

ردیف	شرح اجزا	دوره توصیه شده
۱	چرخ یا پروانه توربین	- سالانه - برنامه‌ریزی نشده (تعمیرات فوق‌العاده)*
۲	محفظه حلزونی و لوله مکش توربین	- سالانه - برنامه‌ریزی نشده (تعمیرات فوق‌العاده)
۳	رینگ‌های سایشی	- سالانه - برنامه‌ریزی نشده (تعمیرات فوق‌العاده)
۴	آب‌بند (پکینگ) محور اصلی	- هفتگی - برنامه‌ریزی نشده (تعمیرات فوق‌العاده)
۵	آب‌بندهای مکانیکی	- هفتگی - برنامه‌ریزی نشده (تعمیرات فوق‌العاده)
۶	دریچه‌های تنظیمی و صفحات پیشانی	- سالانه - برنامه‌ریزی نشده (تعمیرات فوق‌العاده)
۷	سروموتورها، حلقه عملکرد و اهرم‌بندی دریچه‌های تنظیمی	- سالانه - برنامه‌ریزی نشده (تعمیرات فوق‌العاده)
۸	یاتاقان هادی توربین	- روزانه - سه ماهه - سالانه - برنامه‌ریزی نشده (تعمیرات فوق‌العاده)
۹	محور اصلی توربین و کوپلینگ آن	- سالانه

(\* نگهداری و یا تعمیرات برنامه‌ریزی نشده شامل تعمیرات فوق‌العاده‌ای است که پس از بررسی وضعیت کارکرد واحد و بازرسی‌های انجام شده ادواری و سالانه در مورد برخی از اجزا ضرورت می‌یابد. دوره‌ی انجام این‌گونه تعمیرات می‌تواند دو تا سه سال یک‌بار و در مورد تعمیرات وسیع‌تر و یا تعویض برخی از قطعات بیش‌تر از سه سال باشد.

## ۲-۳-۲-۴- شرح تفصیلی نگهداری و تعمیرات اجزای توربین

### ۲-۳-۲-۴-۱- چرخ توربین

#### الف - بازرسی سالانه

چرخ توربین از نظر کاویتاسیون یا صدمات دیگر به صورت کامل بازرسی شود. آزمون غیرمخرب (تست‌های امواج فراصوتی و تست‌های مواد نافذ) برای کنترل ترک‌های احتمالی بر روی سطح پره‌ها انجام شود. همچنین مقدار درز بین "bend" چرخ توربین و رینگ تحتانی در چهار نقطه به فاصله ۹۰ درجه از یکدیگر به وسیله «فیلر» اندازه‌گیری شود.

#### ب - تعمیرات فوق‌العاده

چرخ توربین را از محل خود خارج نموده و مناطقی که قبلاً در دسترسی نبوده‌اند، بازرسی و تعمیر شود.

### ۲-۳-۲-۴-۲- محفظه حلزونی و لوله مکش

#### الف - بازرسی سالانه

وضعیت پوشش رنگ سطح داخلی کنترل شود و در صورت نیاز تعمیر گردد. مناطقی از پوشش فلزی لوله مکش که در اثر کاویتاسیون آسیب دیده‌اند به وسیله جوشکاری تعمیر شود. اتصالات جوشی و پرچی از نظر نشتی و خوردگی کنترل شده و در صورت نیاز تعمیر گردد. درب‌های آدمرو<sup>۱</sup> از نظر نشتی و وضعیت لولاها کنترل شود. پوشش فلزی لوله مکش باید برای یافتن مناطق خالی بین بتن و پوشش فلزی، کنترل گردد و در صورت نیاز دوغاب‌ریزی<sup>۲</sup> شود. هرگونه منفذی بین بتن و محفظه حلزونی یا لوله مکش باید نشان داده شود و در صورتی که بیش از حد و یا در حال افزایش باشد، باید در گزارش آورده شود. متعاقباً باید علت نشتی معلوم و سپس تعمیر شود.

محفظه حلزونی یک مخزن تحت فشار است و این مطلب باید در دستورالعمل تعمیر آن در نظر گرفته شود.

#### ب - تعمیرات فوق‌العاده

برای ترمیم پوشش رنگ سطوح داخلی که به صورت نقطه‌ای تعمیر شده‌اند باید از سندبلاست و رنگ‌آمیزی مجدد استفاده شود. پوشش فلزی لوله مکش که در معرض خطرات ناشی از خلاء زایی (کاویتاسیون) می‌باشد، ممکن است نیاز به برشکاری و جداسازی منطقه آسیب دیده داشته باشد. در این صورت باید صفحاتی از فولاد زنگ‌نزن در منطقه آسیب دیده جوشکاری شود.

1 - Mandoors

2 - Grouting

#### ۴-۲-۳-۲-۳- رینگ‌های سایشی

##### الف - بازرسی سالانه

لقی هر یک از رینگ‌های سایشی بالا و پایین در چهار نقطه به فاصله ۹۰ درجه از یکدیگر کنترل شود و اندازه‌گیری‌های انجام شده با لقی‌های مجاز طراحی و برداشت قبلی مقایسه گردد. اگر این لقی‌ها از ۲۰۰ درصد لقی مجاز طراحی بیش تر شده باشند، باید رینگ‌ها تعویض شوند. [به مرجع شماره ۱۷ مراجعه شود].

##### ب - تعمیرات فوق‌العاده

وقتی مقدار لقی از ۲۰۰ درصد لقی مجاز طراحی تجاوز نمود، چرخ بیرون آورده شده و رینگ‌های سایشی تعویض یا بازسازی شوند. برخی از انواع رینگ‌های سایشی را می‌توان به‌وسیله جوشکاری و ماشین‌کاری بازسازی نمود. رینگ‌های سایشی قابل تعویض، عموماً نباید به‌وسیله جوشکاری بازسازی شوند، زیرا گرمای ناشی از جوشکاری می‌تواند موجب اعمال تنش یا پیچش در رینگ‌ها شود. در صورت نیاز به تعویض رینگ‌های سایشی، باید رینگ‌های ثابتی با قطر داخلی کوچک‌تر تهیه شوند و به صورت هم مرکز با مرکز واحد سوراخ‌کاری شوند.

#### ۴-۲-۳-۲-۴- آب بند محور اصلی

##### الف - بازرسی هفتگی

جریان و فشار آب خنک‌کننده آب‌بند کنترل شود. دمای بیش از حد و نشستی سمت بیرون آب بند بررسی گردد. حلقه آب‌بند<sup>۱</sup> سفت شده و در صورت نیاز محفظه آب‌بند<sup>۲</sup> گریس‌کاری شود.

##### ب- تعمیرات فوق‌العاده

آب‌بند فرسوده و حلقه فانوسی شکل در آورده شده و محفظه آب‌بندی کاملاً تمیز شود. غلاف آب‌بند از نظر میزان ساییدگی کنترل شود و در صورت نیاز تعمیر گردد. آب‌بند جدید نصب شده و اگر اتصالات منطبق نشدند، حلقه‌های مجاور به صورت ضربدری با یکدیگر جابجا شوند.

#### ۴-۲-۳-۲-۴- نشت گیرهای مکانیکی<sup>۳</sup>

##### الف - بازرسی هفتگی

نشستی باید کنترل شود تا بیش از حد معمول نباشد. در صورت زیاد بودن نشستی توصیه‌های سازنده برای روغن‌کاری به کار برده شود. معمولاً وقتی مقدار نشستی بیش از اندازه معمول می‌شود، لازم است نشت‌گیر جدید نصب شوند.

1 - Packing Gland  
2 - Packing Box  
3 - Mechanical Glands

**ب - تعمیرات فوق‌العاده**

آب‌بند دمونتاز شده و اجزای آب‌بند و غلاف محور کاملاً تمیز شوند. غلاف محور از نظر سایش بیش از اندازه کنترل شده و در صورت نیاز تعمیر شود. قطعات آب‌بند در صورت لزوم تعویض شوند.

**۴-۲-۳-۲-۶- دریاچه‌های تنظیمی و صفحات پیشانی****الف - بازرسی سالانه**

درحالی‌که دریاچه‌ها بست‌هاند و تحت فشار سروموتور نمی‌باشند، فاصله هوایی بین دریاچه‌ها در بالا، وسط و پایین به کمک «فیلر» اندازه‌گیری شود. هم‌چنین فاصله هوایی بین دریاچه‌های تنظیمی و صفحات پیشانی بالایی و پایینی با فیلر اندازه‌گیری و کنترل شود. در صورت زیاد بودن فاصله هوایی عملیات جوشکاری و سنگ‌زنی انجام شود. دریاچه‌ها و صفحات پیشانی از نظر صدمات ناشی از پدیده خلأزایی (کاویتاسیون)، خوردگی و سایر صدمات دیگر کنترل شوند و در صورت نیاز تعمیر گردند. نشی آب‌بند کنترل گردد و در صورت نیاز آب‌بند سفت شود.

**ب - تعمیرات فوق‌العاده**

پوش‌های دریاچه‌های تنظیمی پس از دمونتاز کنترل شود. واشرهای فشاری، میله‌ها و بوش آب‌بندی از نظر سایش یا خوردگی کنترل شود. اگر پوش‌ها خارج از تolerانس مجاز باشند تعویض و هم‌مرکز شوند، اطمینان حاصل شود که پوش‌ها به صورت هم‌مرکز و شاقولی سوراخ می‌شوند. صفحات پیشانی بالایی و پایینی از نظر خراشیدگی، خوردگی و سایر صدمات کنترل شده و در صورت نیاز تعمیر شوند. اندازه‌گیری‌های لازم برای تعیین تراز بودن صفحات پیشانی و موازی بودن آنها با یکدیگر، انجام شود. در صورت امکان صفحات پیشانی تعویض شده و یا صفحات موجود به صورت تراز و موازی با صفحه دیگر ماشین‌کاری شود. ارتفاع دریاچه تنظیمی اندازه‌گیری شده و با فاصله بین صفحات پیشانی بالایی و پایینی مقایسه گردد. در صورتی‌که ارتفاع دریاچه خارج از تolerانس باشد، انتهای دریاچه تنظیمی دوباره سازی شده و سپس تا اندازه‌های مشخص ماشین‌کاری شود. سطوح آب‌بند دریاچه با دریاچه مجاور کنترل و در صورت نیاز دوباره سازی و ماشین‌کاری مجدد گردد و در صورت امکان آب‌بند محور<sup>۱</sup> تعویض شود.

**۴-۲-۳-۲-۷- سروموتورها، حلقه عمل‌کننده و اهرم بندی دریاچه‌های تنظیمی****الف - بازرسی سالانه**

حرکت سروموتورها، حلقه عمل‌کننده<sup>۲</sup> و اهرم‌بندی<sup>۳</sup> دریاچه‌های تنظیمی با کورس کامل و در هر دو جهت کنترل شود. هرگونه حرکت جانبی عملکرد که نشان دهنده سایش بالشتک (لایی) یا تاقان‌ها<sup>۴</sup> می‌باشد و هم‌چنین هرگونه لقی محوری<sup>۵</sup> در اهرم‌بندی

---

1 - Shaft Packing  
2- Operating Ring  
3- Linkage  
4- Bearing Pads  
5- Back Lash

دریچه‌های تنظیمی کنترل شود. پوش‌های سروموتورها از نظر نشتی روغن بازرسی شده و در صورت نیاز محکم شود. شفت پیستون سروموتورها از نظر خراشیدگی کنترل شده و در صورت نیاز تعمیر و یا برای تعمیر آن برنامه‌ریزی شود. در حدود ده درصد از «پین‌های برشی»<sup>۱</sup> دریچه‌های تنظیمی بیرون آورده شده و از نظر وجود علائم ترک ناشی از خستگی بررسی شود. در صورت مشاهده ترک، پین‌های برشی باقی‌مانده نیز بازرسی شده و تمام پین‌هایی که احتمال وقوع شکست در مورد آنها وجود دارد تعویض شوند.

#### ب - تعمیرات فوق‌العاده

بالتک (لایی) یاتاقان‌های حلقه عملکرد و هم‌چنین پین‌ها و پوش‌های اهرم‌بندی دریچه‌های تنظیمی دمونتاز شده و وضعیت آنها کنترل شود و در صورت خارج از تolerانس بودن، تعویض شوند. سروموتورها دمونتاز شده و پیستون و سیلندر از نظر خراشیدگی یا علائم عدم هم‌محوری کنترل گردند و در صورت نیاز مجدداً هم‌محور شوند. سیلندر خراش‌دار باید مطابق دستورالعمل‌های سازنده خراش‌برداری و یا صیقل (پولیش) شود و پیستون به‌وسیله روکش‌دهی و سایر روش‌های موجود نوسازی گردد. رینگ‌های پیستون تعویض شود. محور سروموتور از نظر خراشیدگی کنترل شده و در صورت نیاز با ماشین‌کاری و آب‌کروم‌کاری سخت یا سایر روش‌های موجود تعمیر گردد. آب‌بندها در صورت نیاز تعویض شود.

#### ۴-۲-۳-۲-۸- یاتاقان‌ها

#### الف - بازرسی روزانه

دمای کفشک‌های یاتاقان و دمای روغن و تراز روغن کنترل شود. مقدار جریان حجمی و فشار آب خنک‌کننده کنترل گردد. مقدار جریان حجمی و فشار پمپ روغن یاتاقان هادی توربین کنترل شود. آلودگی آب در روغن یاتاقان نیز چک شود.

#### ب - بازرسی فصلی

از روغن یاتاقان‌ها ترجیحاً در زمان کارکرد واحد، نمونه‌برداری شود و در صورت عدم امکان نمونه‌برداری در زمان کارکرد واحد، نمونه‌برداری بلافاصله پس از متوقف شدن واحد و در زمانی که هنوز روغن داغ است، انجام شود. لزجت، حالت اسیدی و آب مخلوط شده در نمونه‌های جمع‌آوری شده باید کنترل شود. هم‌چنین روغن باید از نظر وجود ذرات ساییده شده و یا آلودگی‌های دیگر کنترل شود. براساس نتایج آزمایش‌های انجام شده، در صورت نیاز روغن تخلیه و سپس تصفیه شود. برای آنالیز نمونه روغن یاتاقان هادی می‌توان براساس زمان کارکرد نیز مبنایی کلی تعریف نمود: آنالیز نمونه روغن یاتاقان ۲۰۰ ساعت پس از کارکرد اولیه (راه‌اندازی اولیه واحد)، سپس بعد از ۱۰۰۰ ساعت کار توربین و یا هر ۶ ماه یک‌بار، هر کدام زودتر پیش آید.

**ج - بازرسی سالانه**

لقی یاتاقان‌ها باید با ساعت اندازه‌گیری<sup>۱</sup> (و یا Stand Gauge) و به‌وسیله جک زدن به شافت یا توسط فیلر اندازه‌گیری شود. هر تغییری نسبت به مقادیر قبلی باید مورد رسیدگی و توجه قرار گیرد و نشان‌دهنده‌های تراز روغن نیز باید کالیبره شوند. عملکرد پمپ‌های روغن سامانه روغن‌کاری فشار بالای یاتاقان کف‌گرد و یاتاقان راهنمای توربین باید کنترل شود. فشارکار سامانه روغن‌کاری فشار بالا باید مورد بررسی قرار گیرد و در صورت تفاوت آشکار با برداشت قبلی در مورد علت آن تحقیق شود. فیلترهای سامانه روغن‌کاری فشار بالا باید کنترل و در صورت نیاز تمیز گردیده و یا تعویض شود.

**د - تعمیرات فوق‌العاده**

یاتاقان‌ها باید پیاده شده و از نظر هرگونه آسیبی بررسی شود. خط افتادگی‌های کوچک و آسیب‌های جزئی را می‌توان با صیقل‌کاری بایت یاتاقان اصلاح نمود. در صورت وجود آسیب‌های جدی، باید یاتاقان‌ها مجدداً بایت‌ریزی شوند. کویل‌های خنک‌کننده روغن یاتاقان باید بیرون آورده شده و تمام رسوب‌ها از آن خارج شود. قبل از نصب مجدد باید کویل‌ها برای چند ساعت تحت فشار هیدرواستاتیک قرار گیرد تا از نظر نشتی کنترل شود. قسمت‌هایی از سامانه روغن‌کاری فشار بالای یاتاقان کف‌گرد که به طور معمول در دسترس نمی‌باشد، باید از نظر وجود نشتی یا پارگی شلنگ‌ها بررسی شود.

**۴-۲-۳-۲-۹- محور اصلی و کوپلینگ****بازرسی سالانه**

لنگی دورانی محور باید توسط ساعت اندازه‌گیری یا کاوشگرهای مناسب با استفاده از دستگاه ثبات نواری اندازه‌گیری شود. لنگی دورانی باید حداقل با بار ۱۰۰ درصد ثبت شود و یا در صورت امکان از سرعت بدون بار واحد تا بار ۱۰۰ درصد اندازه‌گیری گردد. بیش‌ترین مقدار لنگی دورانی و میزان بار واحد متناظر با آن باید یادداشت شود. اگر لنگی دورانی بیش از حد مجاز بوده و یا با برداشت قبلی تفاوت فاحشی داشته باشد، باید علت آن مورد بررسی قرار گیرد.

**۴-۲-۴- توصیه‌های کلی در مورد تعمیرات مکانیکی توربین‌های آبی****۴-۲-۴-۱- کلیات**

واحدهای برق‌آبی به صورت دوره‌ای نیاز به تعمیرات اساسی دارند. میزان این تعمیرات تا حد زیادی بستگی به شرایط بهره‌برداری از واحد، نظیر کیفیت تجهیزات، نحوه بارگیری و کیفیت آب دارد. لازم است قبلاً برنامه‌ریزی کامل و درستی برای انجام تعمیرات صورت گیرد تا کارهای مربوط به تعمیرات اساسی راحت و بدون مشکل انجام شود.



مطالعه سوابق تعمیرات، بازرسی اولیه قطعات، تهیه و تدارک تجهیزات لازم، بالابرها، موردنیاز، نقشه‌های «عین ساخت»<sup>۱</sup> و برنامه‌ریزی دقیق، از پیش‌نیازهای لازم برای تعمیرات اساسی یک واحد برق آبی می‌باشد.

#### ۴-۲-۴-۲- بازرسی کلی قبل از تعمیرات

برای مشخص شدن وضعیت تجهیزات در حدود ۶ ماه یا ترجیحاً یک سال قبل از تعمیرات اساسی باید یک بازرسی کلی از واحد انجام شود. نام هر قطعه‌ای که نیاز به تعمیر و یا تعویض دارد باید در یک لیست ثبت شود. در بیش‌تر موارد ممکن است زمان موجود برای انجام این بازرسی به علت محدودیت‌هایی مانند نیاز به تولید برق برای شبکه و یا رها کردن آب از سد (از طریق واحدها)، بسیار محدود باشد. به این دلیل لازم است ابتدا تمام مواردی را که می‌توان بدون صرف وقت زیاد بازرسی یا کنترل کرد، مشخص نمود. با این کار زمان بیش‌تری برای بازرسی کلی اجزا دیگر فراهم می‌شود.

بازرسی‌ها عمدتاً شامل اجزا ذیل می‌باشد هر چند که تنها به این موارد محدود نمی‌گردد:

#### الف - چرخ توربین

واحد باید از آب تخلیه شده و «پلاتفرم تعمیرات»<sup>۲</sup> و داربست آن نصب شود تا امکان بازرسی سطح زیر چرخ توربین فراهم گردد. سطح هر پره باید از نظر صدمات ناشی از پدیده خلازایی و وجود ترک با دقت کنترل شود. در صورت امکان برای تشخیص ترک‌ها باید از آزمون مواد نافذ<sup>۳</sup> یا سایر آزمون‌های غیرمخرب استفاده شود. لقی رینگ سایشی (آب‌بندی) باید اندازه‌گیری شده و مقادیر برداشت شده با مقادیر مجاز طراحی مقایسه گردد. دریچه‌های تنظیمی باید در حالت کاملاً باز قرار گیرد تا امکان بازرسی سطوح دهانه ورودی چرخ توربین فراهم شود. دهانه ورودی نیز از نظر وجود ترک و خوردگی ناشی از پدیده خلازایی کنترل شود. در صورت وجود نویز و سر و صدای ناشی از پدیده هیدرولیکی «ورتکس‌های کارمن»، عملیات لبه‌سازی بر روی لبه خروجی (سمت فشار پایین) پره‌های چرخ توربین انجام شود.

#### ب - لوله مکش

وضعیت رنگ سطوح پوشش فلزی لوله مکش باید مورد بازرسی قرارگیرد. پوشش فلزی به ویژه در نواحی زیر چرخ و حلقه تخلیه باید از نظر صدمات ناشی از کاویتاسیون کنترل شود. فضاهای خالی اطراف پوشش فلزی باید با روش چکش‌زنی مشخص شود و این محل‌های خالی دوغاب‌ریزی (ترریق) گردد.

#### ج - محفظه حلزونی و لوله آب‌بر نیروگاه

پوشش رنگ داخلی لوله آب‌بر و همچنین پوشش رنگ خارجی آن در مناطق روباز کنترل شود. باید به سطوح خارجی لوله آب‌بر که خارج از بتن قرار دارند توجه ویژه‌ای مبذول گردد. سطوح داخلی محفظه حلزونی نیز از نظر خوردگی باید کنترل شود.

1 - As Built  
2 - Overhaul Platform  
3 - Die Penetrant

درخصوص محفظه حلزونی باید توجه داشت که به دلیل افزایش حجم و انبساط پوسته در محفظه حلزونی که در حالت تحت فشار (فشار کار، تحت ارتفاع آب مخزن سد) و نیز در حالت افزایش فشارهای موقتی (مثل ضربه قوچ) ایجاد می‌شود، هرگز نباید فضای خالی (gap) پشت محفظه حلزونی را (در قسمت مدفون در بتن)، که در حالت خالی از آب بودن محفظه حلزونی محسوس‌تر است (با اعمال ضربه چکش و صدای مربوط به فضای خالی)، با تزریق سیمان پر نمود، در غیر این صورت در هنگامی که محفظه حلزونی، ضمن بهره‌برداری تحت فشار قرار می‌گیرد، بتن اطراف آن تحت افزایش فشار ناشی از افزایش حجم محفظه حلزونی ترک بر می‌دارد و این شرایط می‌تواند تبعات خطرناکی داشته باشد.

#### د - دریچه‌های تنظیمی توربین

کلیه دریچه‌ها باید در حالت کاملاً باز مورد بازرسی قرار گیرد. وضعیت مناطق آب‌بندی و پوشش سطوح کنترل شده و آسیب‌های ناشی از پدیده خلأزایی بررسی شود. اگر سطوح آب‌بندی ناصاف و یا آسیب دیده باشند، باید به‌وسیله جوشکاری و سپس سنگ‌زنی و در صورت نیاز ماشین‌کاری (در خارج از محل)، تعمیر شوند، به طوری که میزان لقی‌ها (تلرانس‌ها) به مقادیر مشخص شده در طراحی برسد. فاصله آزاد بالا و پایین دریچه‌ها تا سطوح پیشانی و فواصل آزاد بین هر دو دریچه در هنگام بسته بودن دریچه‌ها باید کنترل شود. اندازه‌گیری فواصل آزاد بالا و پایین باید در هر دو سمت پاشنه<sup>۱</sup> و پنجه<sup>۲</sup> دریچه انجام شود<sup>۳</sup>. برای کنترل فواصل آزاد بین هر دو دریچه، اندازه‌گیری در بالا، وسط و پایین ضروری است. وضعیت سطوح پیشانی باید کنترل شود و این قطعات از نظر پوسته شدن یا سایش ناشی از تماس با دریچه‌های تنظیمی بررسی شود. اگر سطوح پیشانی شدیداً آسیب دیده باشند، تعویض یا بازسازی سطوح آنها ضروری است.

#### ه - مکانیزم حرکتی دریچه‌های تنظیمی

دریچه‌ها را باید در هر دو جهت حرکت چند بار با کورس کامل حرکت داد. در مکانیزم حرکت دریچه‌ها هرگونه تغییر مکان جانبی رینگ عمل‌کننده و لقی محوری اهرم‌بندی آنها باید کنترل گردد. بازوی یکی از دریچه‌ها باید بیرون کشیده شده و واشر فشاری آن بازرسی شود. لقی بوش دریچه‌های تنظیمی باید با جک زدن به محور دریچه و به‌وسیله ساعت اندازه‌گیری کنترل شود. باید توجه داشت که ممکن است به علت وجود گریس فشرده شده یا ذرات دیگر در داخل پوش‌ها، اندازه لقی‌های بدست آمده معادل میزان واقعی آن نباشد. میل پیستون سروموتور از نظر وجود خراشیدگی و وجود لکه باید کنترل شود. در صورت امکان درپوش سیلندر سروموتور باید برداشته شده و سطح داخلی سیلندر از نظر وجود خراش مورد بررسی قرارگیرد. در بعضی توربین‌ها پوش‌های نوع «دوا» استفاده شده است و نیاز به گریس کاری ندارد.

1- Heel  
2- Toe

۳ - در پیوست تشریحی این راهنما دو روش برای کنترل و تنظیم فواصل بین دریچه‌ها تشریح گردیده است.

## و - یاتاقان‌ها

وضعیت و ابعاد تمام یاتاقان‌های راهنما و کف‌گرد باید کنترل شده و در صورت لزوم یاتاقان‌ها مجدداً بایست‌ریزی شود. در اکثر واحدهای برق‌آبی، یاتاقان کف‌گرد تکیه‌گاهی در مجموعه ژنراتور واحد لحاظ می‌شود.

## ۴-۲-۳-۴- دمونتاز واحد

## ۴-۲-۳-۴-۱- برداشت‌های اولیه در زمان توقف واحد و نیز در شروع دمونتاز

هدف از این برداشت‌ها، تعیین وضعیت واحد قبل از شروع تعمیرات اساسی می‌باشد، به طوری که بتوان در خلال انجام تعمیرات اساسی، تعمیرات دیگری را نیز انجام داد. ثبت برخی پارامترهای مربوط به عملکرد توربین از قبیل داده‌های مربوط به ارتعاش و دما می‌تواند قبل از پیاده‌سازی، وضعیت واحد را مشخص نماید. برداشت‌های انجام شده قبل از شروع دمونتاز می‌تواند به عنوان داده‌های مبنای در هنگام موتناژ مجدد سودمند باشد. هنگام انجام این برداشت‌ها، سازگار بودن آنها اهمیت دارد. به عنوان مثال مشخصات جغرافیایی شمال، جنوب، شرق و غرب که برای برداشت هم‌راستایی محور به کار می‌رود لازم نیست حتماً منطبق بر جهت‌های واقعی باشد ولی برداشت‌های مربوط به موقعیت یاتاقان، رینگ آب‌بندی و فواصل هوایی باید با یکدیگر و نیز با برداشت‌های مربوط به هم‌راستایی (با دقت چند درجه) سازگار باشد. ارجاع برداشت‌ها به پایین دست، بالادست، راست و چپ جهت حصول اطمینان از سازگاری آنها با هم سودمند است. برداشت‌های انجام شده قبل از توقف واحد باید شامل دیگر اطلاعات مرتبط از قبیل رقوم‌های مخزن و پایاب، میزان بازشدگی دریچه‌های تنظیمی و میزان بار واحد باشد.

## الف- برداشت‌های قبل از توقف واحد

برداشت‌های موردنظر قبل از توقف واحد باید شامل موارد ذیل باشد ولی تنها به این موارد محدود نمی‌گردد:

- برداشت جابه‌جایی ارتعاشی شافت در جهت شعاعی<sup>۱</sup>

اندازه‌گیری جابه‌جایی شعاعی ارتعاشی شافت توربین را باید به‌وسیله سنسور مخصوص این کمیت انجام داد. این کار در تراز هر یک از یاتاقان‌های راهنما انجام می‌شود و شامل ثبت داده‌ها روی ثبات نواری و یا انواع دیگر دستگاه‌ها و نرم‌افزارهای ثبت‌کننده اطلاعات (Multi Channel Data Acquisition System) می‌باشد. این برداشت‌ها باید در بارگذاری‌های مختلف شامل حالت بی‌باری در سرعت نامی تا بار کامل انجام شود. همچنین همه مناطق کارکرد توربین که با سروصدا و ضربه همراه است (مناطق ناهموار کار، مناطق با ارتعاش زیاد)<sup>۲</sup> را نیز شامل گردد. لازم به توضیح است که جابه‌جایی ارتعاشی شعاعی شافت با موضوع اندازه‌گیری تفرانس شعاعی محور<sup>۳</sup> تفاوت دارد. اندازه‌گیری تفرانس شعاعی محور به‌وسیله ساعت عقربه‌ای و در حالت توقف کامل و در چهار نقطه به فاصله ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر و در تراز یاتاقان و با دو الی سه دور چرخش دستی انجام می‌شود.

1- Shaft Vibration Displacement Reading

2- Rough Zone

3- Shaft Runout Reading

## - دمای یاتاقان‌ها

دمای کفشک‌های یاتاقان‌ها و روغن آن در بارهای مختلف باید یادداشت شود. اگر ثبت‌کننده دما خود جزو قسمتی از ابزار دقیق دایمی باشد، باید نرخ افزایش دما در راه‌اندازی توسط آن ثبت گردد. میزان بار واحد و موقعیت دریچه‌های تنظیمی نیز باید در کنار این برداشتها ذکر شود. دمای کفشک یاتاقان‌های راهنما به میزان بار واحد بستگی ندارد.

## - فشار

فشار کار عادی پمپ‌های روغن یاتاقان توربین، فشار و مقدار جریان حجمی آب خط تغذیه آب‌بند محور توربین و نیز مقدار جریان حجمی آب خنک‌کن روغن یاتاقان باید ثبت شود. فشار روغن یاتاقان کف‌گرد و سامانه روغن‌کاری فشار بالا باید در هنگام راه‌اندازی و توقف واحد ثبت شود.

**ب- برداشتهای قبل از شروع دمونتاز**

این برداشتها باید بعد از توقف واحد انجام شود. لقی‌هایی که اندازه‌گیری می‌شود عمدتاً شامل موارد ذیل می‌باشد، ولی به این موارد محدود نمی‌گردد:

- لقی یاتاقان راهنما و رینگ آب‌بندی<sup>۱</sup>

لقی تمام یاتاقان‌های راهنما در چهار جهت عمود بر هم باید اندازه‌گیری شود. در یاتاقان‌هایی که از نوع کفشک‌دار می‌باشد، لقی هر کفشک باید جداگانه اندازه‌گیری شود. لقی رینگ آب‌بندی بالا و پایین نیز باید اندازه‌گیری شود.

- برداشتهای مربوط به هم‌راستایی محور<sup>۲</sup>

برداشتهای مربوط به هم‌راستایی محور قبل از شروع دمونتاز را می‌توان درحالتی که یاتاقان‌های راهنما سوار می‌باشد یا بدون آنها انجام داد. اگر یاتاقان‌ها در محل خود مستقر باشند، برای تشخیص هم‌مرکز بودن، خط مرکزی آنها باید رسم شود لیکن چون در این حالت خود محور آزاد نیست، ممکن است مستقیم بودن محور از روی برداشتهای انجام شده معلوم شود. درحالتی که یاتاقان‌ها و آب‌بندها دمونتاز شده باشند، محور به صورت آزاد بوده و برداشتها می‌تواند وضعیت مستقیم بودن محور را مشخص نماید، لیکن موقعیت مجموعه محور و یاتاقان‌ها در هنگام کار واحد کاملاً معلوم نخواهد بود. اگر یاتاقان‌ها باز شده باشند، انحراف محور در حالت استاتیک (لنگی دورانی استاتیک محور) باید کنترل شود.

**۴-۲-۳-۴- دمونتاز و تعمیرات**

در این قسمت دستورالعمل‌های کلی برای جداسازی بعضی از قطعات ارائه می‌شود. بدیهی است بسته به نوع و طراحی اجزای واحد، دستورالعمل‌های دمونتاز خاص که سازنده تهیه نموده است، باید مورد استفاده قرار گیرد.

1 - Guide Bearing and Seal Ring Clearances

2 - Shaft Alignment Reading

### الف - مکانیزم مانور دریچه‌های تنظیمی

مکانیزم مانور دریچه‌های تنظیمی شامل سروموتورها، رینگ جابه‌جایی یا رینگ عمل‌کننده، اهرم‌ها و بازوهای دریچه‌های تنظیمی می‌باشد. هر چند که از نظر طراحی و تئوریک اهرم‌ها و بازوهای دریچه‌های تنظیمی باید قابل تعویض با یکدیگر باشند لیکن در هنگام دمونتاز باید آنها را با توجه به دریچه تنظیمی مربوطه علامت‌گذاری نمود و هر دریچه نیز باید مطابق وضعیت نصب قبلی خود علامت‌گذاری شود. در بعضی از واحدها طول اهرم دریچه تنظیمی قابل تنظیم است تا امکان تنظیم در زمان بسته شدن دریچه‌ها وجود داشته باشد. هنگام دمونتاز باید توجه شود که تنظیم این‌گونه اهرم‌ها به هم نخورد تا زمان موردنیاز برای تنظیم دریچه‌های تنظیمی کاهش یابد. روش دیگر تنظیم دریچه‌های تنظیمی استفاده از پین‌های خارج از مرکز و نصب آنها در رینگ عمل‌کننده یا بازوی دریچه در قسمت انتهایی اتصال به دریچه می‌باشد. وضعیت هر پین خارج از مرکز باید علامت‌گذاری شود تا مقدار تنظیمات موردنیاز در هنگام مونتاژ مجدد کاهش یابد.

### ب - درپوش توربین

درپوش توربین عموماً به دلیل زنگ‌زدگی با مشکل زیاد آزاد می‌شود. قبل از اقدام برای بلند کردن درپوش باید به وسیله چک‌هایی که بین صفحات پیشانی بالا و پایین قرار داده می‌شوند درپوش توربین را آزاد نمود. این کار احتمال اعمال کشش بیش از حد به طناب‌ها و یا اعمال بار اضافی به جرثقیل را کاهش می‌دهد.

### ج - چرخ توربین

معمولاً تعمیر صدمات ناشی از پدیده هیدرولیکی خلأزایی با خارج نمودن چرخ از چاهک توربین عملی‌تر می‌باشد، زیرا امکان قرارگیری چرخ در وضعیت مناسب از نظر دسترسی فراهم می‌شود. تعمیرات اساسی فرصت بسیار خوبی برای بازسازی چرخ توربین به شکل اولیه و حتی در برخی موارد بهتر از شکل اولیه می‌باشد. تکنیک‌ها و دستورالعمل‌های ویژه تعمیر چرخ توربین در مراجع فنی مختلفی قابل دستیابی می‌باشد. در اکثر مواقع چرخ توربین فقط برای تعویض از پیت بیرون آورده می‌شود.

### د - دریچه‌های تنظیمی

قطر پوش‌ها و ژورنال‌های آب‌بندی دریچه‌های تنظیمی باید اندازه‌گیری شده و با تolerانس موجود در نقشه‌های سازنده کنترل شود. محور دریچه‌های تنظیمی باید از نظر مستقیم بودن کنترل گردد. سطوح آب‌بندی در قسمت فوقانی و تحتانی باید از نظر سایش یا صدمات ناشی از کاویتاسیون کنترل شوند. بالا تا پایین سطح آب‌بند دریچه باید از نظر مستقیم بودن و هم‌چنین موازی بودن با محور دریچه کنترل شود.

روش تعمیر سطوح آب‌بندی بالا و پایین دریچه به نوع آسیب وارده و نیز جنس آنها بستگی دارد. اگر آسیب‌های وارد شده مشخصاً ناشی از عدم هم‌محوری و یا تنظیم نادرست دریچه‌ها باشد و هیچ‌گونه سایش آشکاری روی نداده و دریچه و صفحات پیشانی در مقابل خوردگی مقاوم باشد، معمولاً جوشکاری با الکتروود مشابه با جنس دریچه کافی است. در صورت وجود سایش باید سطوح بالا و پایین دریچه با استفاده از یک ماده مقاوم به سایش، روکش داده شود. اگر جنس صفحات پیشانی برنزی باشد، جوشکاری سطحی و

یا اجرای روکش با فولاد زنگ نزن یا فولاد زنگ‌نزن "Nitronic 60" توصیه می‌شود. اگر صفحات پیشانی از جنس فولاد معمولی یا از جنس فولاد زنگ نزن باشد، فولاد زنگ‌نزن "Nitronic 60" یا برنز با آلیاژ نیکل و آلومینیم، شماره "C95500" باید مورد استفاده قرار گیرد. اگر سطوح آب‌بندی بالا تا پایین دریچه نیاز به تعمیر داشته باشند، این قسمت‌ها باید به‌وسیله ماده‌ای نزدیک به ماده اصلی دریچه بازسازی شوند مگر اینکه سایش یا مشکلات دیگری وجود داشته باشد، که در این صورت تغییر جنس مواد مورد استفاده ضروری خواهد بود.

در صورتی که دریچه‌های تنظیمی نیاز به جوشکاری داشته باشند، دستورالعمل زیر توصیه می‌شود:

برای آماده‌سازی، سطح موردنظر برای جوشکاری باید در حدود ۳ میلی‌متر بیش از اندازه نهایی براده‌برداری شود. در مواردی که از روکش‌هایی با جنس غیرمشابه با فلز اصلی مانند برنز یا فولاد زنگ نزن بر روی فولاد نرم استفاده شده باشد، باید به اندازه‌های براده‌برداری شود که بتوان حداقل ۳ پاس جوشکاری نمود. بدین ترتیب اطمینان حاصل خواهد شد که ماده در سطح نهایی تحت تاثیر خواص فلز مجاور خود قرار نگرفته و خواص موردنظر را دارا خواهد بود.

پس از جوشکاری باید دریچه‌های تنظیمی تا میزان مشخص شده در نقشه‌های سازنده ماشین‌کاری نهایی شوند (پس از دمونتاژ و خارج از محل خود). ماشین‌کاری نهایی باید پس از اتمام کلیه جوشکاری‌ها انجام شود تا کلیه تغییر شکل‌های ناشی از انتقال حرارت در هنگام جوشکاری اصلاح شود.

#### ۵ - صفحات پیشانی و پوش دریچه‌های تنظیمی

صفحات پیشانی بالا و پایین باید از نظر سایش و خراشیدگی کنترل شود. برای کنترل تراز و تراز صفحات پیشانی باید درپوش توربین بدون استقرار دریچه‌های تنظیمی بسته شده و تمام پیچ‌های پایه آن با گشتاور کامل سفت شوند. در هنگام تراز نمودن صفحات، موازی بودن آنها با یکدیگر و عمود بودن آنها بر پوش‌های دریچه‌های تنظیمی جهت جلوگیری از گیرکردن دریچه‌ها به هنگام مانور اهمیت بسیار زیادی دارد. برای کنترل موازی بودن صفحات، فاصله عمودی بین آنها را می‌توان با یک میکرومتر داخل‌سنج<sup>۱</sup> اندازه‌گیری نمود. تراز صفحات را می‌توان با استفاده از یک تراز دقیق یا یک دستگاه لیزری با قابلیت روبش افقی کنترل نمود. در صورت عدم تراز و یا تراز نبودن صفحات، روش اصلاح این وضعیت به مقدار خارج بودن اندازه‌ها از تolerانس‌های مجاز و ضخامت اضافی موجود برای ماشین‌کاری بستگی خواهد داشت.

ساده‌ترین روش تعمیر، نصب یک محور داخل تراش<sup>۲</sup> و ماشین‌کاری سطوح به صورت موازی و تراز شده می‌باشد، اما این روش تنها در صورت وجود ضخامت کافی فلز قابل اجرا خواهد بود. در صورت انجام این کار، سطوح بالا و پایین دریچه‌های تنظیمی بازسازی می‌شوند تا فاصله بین دریچه‌ها و صفحات پیشانی در محدوده مجاز تolerانس طراحی قرار گیرد. اگر فلز کافی برای ماشین‌کاری وجود نداشته باشد و یا اگر صفحات پیشانی در طراحی به صورت تعویض‌پذیر در نظر گرفته شده باشند، نصب صفحات جدید الزامی است. بازسازی صفحات تعویض‌پذیر از طریق جوشکاری توصیه نمی‌شود، زیرا به علت نازکی نسبی مقطع عرضی، امکان پیچش زیادی در اثر جوشکاری وجود دارد. در آوردن صفحات فرسوده معمولاً با تعیین موقعیت پیچ‌های

1- Inside Micrometer

2- Boring Bar

نگه‌دارنده که در محل خود (در زمان ساخت) ثابت و جوشکاری شده‌اند و مته‌زنی محل آنها امکان‌پذیر است. صفحات پیشانی جدید باید ضخامت کافی داشته باشد تا انجام ماشین‌کاری برای جبران ناترازی سطوح آن میسر گردد. سوراخ پیچ‌های نگه‌دارنده را می‌توان مطابق با نقشه‌های سازنده سوراخ‌کاری و خزینه‌کاری<sup>۱</sup> نمود. اگر نقشه‌ها در دسترس نباشد یا هر گونه شبهه‌ای در مورد صحت اندازه‌های مندرج در نقشه‌ها وجود داشته باشد، باید از صفحات پیشانی قبلی به عنوان الگوی جایگذاری پیچ‌ها استفاده شود. معمولاً برای نگهداشتن صفحات پیشانی از پیچ‌هایی استفاده می‌شود که با سفت کردن پیچ به اندازه گشتاور معینی سرپیچ از قسمت گلوبی شکسته شده و قسمت باقی‌مانده پیچ با صفحه پیشانی هم سطح می‌گردد و سپس خال جوش می‌شود تا در موقعیت خود تثبیت گردد.

بعد از نصب صفحات جدید برای ماشین‌کاری صفحات به صورت تراز و موازی با یکدیگر می‌توان از یک محور داخل تراش همراه با یک ابزار کشویی با تغذیه افقی (کف تراشی) استفاده نمود. در انجام این کار نصب و هم‌راستاسازی محور داخل تراش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. باید محور داخل تراش شاقول بوده و تغذیه کشویی ابزار عمود بر محور داخل تراش باشد. فاصله عمودی بین صفحات پیشانی پس از ماشین‌کاری باید برابر با ارتفاع دریچه تنظیمی به علاوه مقدار فاصله آزاد توصیه شده بین دریچه‌ها و صفحات پیشانی باشد.

قطر بوش دریچه‌های تنظیمی باید اندازه‌گیری شده و با تلرانس‌های موجود در نقشه کنترل شود. هنگامی که برای کنترل کردن صفحات پیشانی هد کاور نصب شد، پوش‌های هر یک از دریچه‌های تنظیمی نیز باید از نظر هم مرکز بودن و عمود بودن بر صفحات پیشانی کنترل شوند. اگر معلوم شود که میزان فرسودگی پوش‌ها بیش از حد مجاز می‌باشد باید از داخل درپوش توربین و رینگ تحتانی در آورده شده و محفظه پوش‌ها از نظر هم مرکز بودن و عمود بودن کنترل شوند. انحراف عمودی پوش‌ها و صفحات پیشانی باید در زمان دمونتاژ اولیه با کنترل فواصل آزاد بالا و پایین دریچه‌های تنظیمی یادداشت شده باشد. اگر اندازه‌گیری‌ها نشان دهد که پوش‌ها بر صفحات پیشانی عمود نیستند، دریچه‌ها نسبت به صفحات پیشانی با زاویه عمل می‌کنند. با آویختن یک رشته سیم پیاپی از وسط پوش‌ها یا محفظه آنها و اندازه‌گیری از سیم آویخته شده تا سطح داخلی بوش یا محفظه آن می‌توان هم مرکز بودن آنها را کنترل نمود.

اگر پوش‌ها یا محفظه آنها با یکدیگر هم مرکز نباشند و یا بر صفحات پیشانی عمود نباشند باید تعویض و سپس در یک امتداد سوراخ‌کاری شوند. اگر معلوم شود که محفظه پوش‌ها با یکدیگر هم مرکزند می‌توان پوش‌ها را بدون انجام سوراخ‌کاری نصب نمود. برای انجام این کار باید قطر داخلی بوش اندکی بزرگتر در نظر گرفته شود تا کاهش قطر ناشی از فشرده شدن آن در محفظه جبران شود.

ممکن است برای نصب پوش‌ها با قطر داخلی صحیح لازم شود که چند بار سعی و خطا انجام گیرد. به منظور سهولت نصب پوش‌ها باید آنها را با نگهداری در یخ خشک و یا قرار دادن در یک فریزر از شب قبل، منقبض نمود. در برخی موارد دو بوش بالا یا محفظه آنها از نظر شاقولی و عمود بودن در محدوده قابل قبول قرار دارند ولی بوش پایینی خارج از محدوده مجاز قرار می‌گیرد.

در این حالت باید دو بوش بالا بدون انجام سوراخ کاری تعویض شوند و بوش پایینی (که خارج از محدوده مجاز قرار دارد)، به صورت هم مرکز با پوش‌های بالا سوراخ کاری شود. این کار، نصب پوش‌ها و همچنین سوراخ کاری را به میزان قابل ملاحظه‌ای ساده می‌نماید.

پوش‌ها و پین‌های مکانیزم مانور دریچه‌های تنظیمی باید با توجه به تolerانس‌های موجود در نقشه‌ها کنترل شود. معمولاً پوش‌های اهرم‌بندی را می‌توان قبل از ماشین کاری نهایی براحتی در محل خود پرس نمود. همانند پوش‌های دریچه‌های تنظیمی، قطر داخلی این پوش‌ها نیز برای جبران کاهش قطر ناشی از فشرده شدن آن، باید کمی بزرگتر در نظر گرفته شود. صفحات یاتاقان رینگ عملکرد باید کنترل شود تا بیش از حد ساییده نشده باشد و در صورت نیاز تعویض گردد. شیارهای گریس صفحات یاتاقان<sup>۱</sup> اولیه (اصلی) باید بر روی صفحات یاتاقان جدید نیز ایجاد شود.

### و - محفظه آب‌بندی و غلاف محور

در اکثر مواقع محفظه آب‌بندی به شدت پوسیده می‌شود. اگر مقدار فلز از دست رفته در دهانه محفظه آب‌بندی قابل توجه باشد، آب‌بند باید فشرده تر شود تا دهانه جمع شود. این کار باعث کاهش عمر آب‌بند و سایش بیش از حد غلاف آب‌بند محور می‌گردد. اگر سازه آب‌بند سالم باشد، دهانه داخلی آب‌بند را می‌توان با پوشش اپوکسی مناسب، بازسازی نمود. اگر خوردگی باعث تضعیف قابل ملاحظه آب‌بند شده باشد، باید به روش‌های دیگر تعمیر و یا به طور کامل تعویض گردد. پس از انجام تعمیرات سطوح، محفظه آب‌بندی باید رنگ آمیزی شود.

غلاف آب‌بند محور توربین معمولاً از دو قطعه ساخته می‌شود، بنابراین در صورت فرسودگی می‌توان آن را تعویض نمود. در برخی حالات غلاف را می‌توان به وسیله جوشکاری و ماشین کاری بازسازی نمود، به طوری که به اندازه‌های ذکر شده در نقشه برسد. جوشکاری روی غلاف آب‌بند باید طوری انجام شود که مقدار حرارت منتقل شده به آن کم باشد تا مانع از ایجاد تنش و پیچش در غلاف شود. روش دیگر ترمیم غلاف، پاشش یک ماده مقاوم در برابر سایش با استفاده از شعله‌پاشی و ماشین کاری آن تا اندازه‌های مندرج در نقشه می‌باشد. جنس این پوشش مورد استفاده باید به دقت انتخاب شود و روش مناسبی برای اجرای آن به کار گرفته شود تا اتصال خوبی مابین این پوشش مقاوم و فلز اصلی برقرار گردد.

### ز - سروموتورها

در برخی موارد به علت وجود ذرات خارجی در روغن یا هم محور نبودن میل پیستون با سیلندر، انجام تعمیرات روی سروموتور دریچه‌های تنظیمی ضرورت دارد. خط افتادگی و زبری سطح (به دلیل خارج شدن از حالت صیقلی) روی جداره داخلی سیلندر و روی میل پیستون از متداول‌ترین صدمات وارده به سروموتورها می‌باشد که برای برطرف کردن آن باید از روش داخل تراشی و پرداخت سطح استفاده نمود. به منظور انطباق رینگ پیستون با قطر داخلی جدید سیلندر، باید رینگ پیستون جدید ساخته شود. برای تامین لقی مجاز بین پیستون و سیلندر می‌توان از روکش‌های برنزی یا نوارهای پلیمری با بنیان فنول استفاده نمود. برای تعمیر خط افتادگی روی میل پیستون اولین اقدام، ماشین کاری آن می‌باشد. پس از آن باید با استفاده از روش‌های مخصوص، سطح بازسازی شود تا



امکان صیقل نمودن آن با سنگ سمباده روغنی<sup>۱</sup> تا رسیدن به قطر نهایی میسر باشد. در صورت جزیی بودن خط افتادگی‌ها، برای ترمیم میل پیستون از روش مخصوص پاشش ذرات فلزی<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. اگر خراش‌ها عمیق باشد ممکن است لازم باشد که آن را با جوشکاری یا روش‌های دیگر باز سازی نمود.

#### ۴-۲-۴-۴- مونتاز مجدد

#### کنترل میزان کشیدگی پیچ‌ها

برای اینکه یک اتصال پیچی به صورت مطلوب عمل نماید، پیچ‌ها باید به صورت یکنواخت و با «کشیدگی لازم اولیه»<sup>۳</sup> سفت شوند. روش متداول برای اعمال کشیدگی به پیچ‌ها اغلب استفاده از آچار «تورک‌متر» (مدرج) می‌باشد. جداول متعددی حاوی مقادیر پیشنهادی نیروی کشیدگی براساس اندازه و درجه پیچ در دسترس می‌باشد. گرچه استفاده از این جداول می‌تواند بسیار سودمند باشد باید توجه داشت که گشتاور (تورک) موردنیاز برای رسیدن به کشیدگی موردنظر بر روی پیچ تا حدود زیادی به وضعیت دندان پیچ و نیز نوع روان‌ساز (از جمله «مولی‌کت») بستگی دارد. اگر دندان‌ها به وسیله یک دنده پیش‌رو<sup>۴</sup> قلاویز یا حدیده تمیز شده باشد و از روان‌سازی با مشخصات مندرج در جداول تورک استفاده شده باشد در موارد آچار «تورک‌متر» برای سفت کردن پیچ‌ها کافی می‌باشد.

یک روش دقیق‌تر برای اندازه‌گیری میزان نیروی کشیدگی پیچ، اندازه‌گیری ازدیاد طول پیچ در هنگام سفت کردن مهره می‌باشد. انجام این کار در خیلی موارد امکان‌پذیر نیست ولی برای پیچ‌های کوبلینگ محور توربین - ژنراتور می‌توان این افزایش طول را با استفاده از یک میکرومتر اندازه‌گیری نمود، مگر اینکه سازنده مقادیر دیگری برای نیروی کشیدگی پیچ‌ها تعیین کرده باشد. به‌عنوان یک قاعده خیلی کلی، پیچ‌ها باید تا پنجاه درصد مقاومت تسلیم‌شان کشیده شوند.

می‌توان برای تعیین مقدار کشش موردنیاز برای اعمال نیروی کشش (معادل پنجاه درصد مقاومت تسلیم فولاد)، از معادله زیر استفاده کرد:

$$\delta = \frac{LS_y}{2E}$$

δ: نشان‌دهنده ازدیاد طول پیچ

L: نشان‌دهنده طول پیچ

S<sub>y</sub>: نشان‌دهنده مقاومت تسلیم پیچ

E: نشان‌دهنده مدول الاستیسیته

[به مرجع شماره ۱۷، August 1989, Turbine Repair, FIST Volume (2-5) مراجعه شود].

- 1- Oilstone
- 2- Metal Spray
- 3- Preload
- 4- Thread Chaser

برای کشیدن پیچ‌های کوبلینگ روش‌های مختلفی وجود دارد. یک روش استفاده از پتک و آچار ضربه‌خور می‌باشد. در این روش تعداد کارگر و زمان مورد نیاز زیاد است. معمولاً یک نفر آچار را نگه داشته و نفر دیگر به وسیله چکش بزرگ (پتک) به آن ضربه می‌زند. برای تعیین مقدار کشیدگی پس از چند ضربه زنی باید طول پیچ اندازه‌گیری شود. معمولاً کارگری که با پتک ضربه می‌زند به تجربه می‌تواند حس کند که چه زمانی کشش پیچ مناسب است. برای بستن پیچ‌ها استفاده از آچارهای هیدرولیکی نیز متداول است. در این روش با استفاده از یک سیلندر هیدرولیکی فشار بالا آچار پیچاننده می‌شود. با مشاهده فشار سامانه می‌توان تورک اعمال شده به پیچ را تعیین نمود و از آن به عنوان راهنمای تعیین مقدار کشش پیچ استفاده کرد. با وجود این نیروی کشیدگی پیچ باید با اندازه‌گیری طول کشش توسط میکرومتر نیز کنترل شود. با استفاده از آچارهای هیدرولیکی امکان کنترل دقیق‌تری روی میزان کشش پیچ وجود دارد و در عین حال انجام آن بسیار آسان‌تر است.

روش دیگر کشیدن پیچ‌ها استفاده از گرمکن می‌باشد. در این روش طول پیچ‌ها در حالت سرد، اندازه‌گیری می‌شود و سپس یک گرمکن در سوراخی که در مرکز پیچ تعبیه شده است جایگذاری می‌شود. وقتی پیچ گرم می‌شود منبسط شده و تا زمانی که هنوز داغ است مهره بسته می‌شود تا انبساط حفظ شود. پس از سرد شدن پیچ کشش نهایی به وسیله یک میکرومتر اندازه‌گیری می‌شود. در این روش معمولاً ایجاد کشش مورد نظر در پیچ با چند بار سعی و خطا انجام می‌گیرد.

### هم‌راستا سازی واحد

شاقولی بودن کامل محور توربین و ژنراتور و شاقولی و هم‌مرکز بودن یاتاقان‌های راهنما دارای اهمیت ویژه‌ای است. دستورالعمل مربوط به این کار بسته به طراحی یاتاقان‌های کف‌گرد و راهنما در واحدهای مختلف متفاوت است. برای هم‌راستا سازی واحدهای آبی با محور عمودی، دستورالعمل‌هایی وجود دارد که در آنها جزییات تolerانس‌های هم‌راستاسازی برای انواع یاتاقان‌ها ذکر شده است. پس از حصول اطمینان از هم‌راستایی محور می‌توان نصب یاتاقان‌های راهنما را شروع کرد. از آنجایی که در دستورالعمل‌های هم‌راستاسازی، شاقولی نمودن مرکز دوران محور و نه خود محور، خواسته شده است، محور کاملاً نسبت به مرکز یاتاقان به صورت شاقولی قرار نخواهد گرفت. اگر همه یاتاقان‌های راهنما غیرقابل تنظیم باشند، هم‌مرکز و شاقولی نمودن محفظه‌های یاتاقان به عنوان قسمتی از فرآیند هم‌راستاسازی قبلاً انجام شده و هم‌راستاسازی واحد مشکل نخواهد بود. در این حالت محور به مرکز محفظه یاتاقان‌های راهنمای توربین و مرکز محفظه یاتاقان راهنمای بالایی ژنراتور منتقل شده و یاتاقان‌ها نصب می‌شوند.

اگر یاتاقان‌های راهنمای بالایی و پایینی ژنراتور دارای کفشک‌های قابل تنظیم باشند، محور باید طوری استقرار یابد که به عنوان مبنای تنظیم لقی (کلیرنس) قطعات یاتاقان مورد استفاده قرار گیرد. برای هم‌مرکز ساختن یاتاقان‌ها، محور باید کاملاً شاقولی باشد. برای انجام این کار باید یاتاقان توربین را نصب نمود و محور را، برای اینکه در مرکز یاتاقان قرار گیرد شیم‌گذاری کرد. سپس برای تعیین موقعیت محور برداشت‌های شاقولی آن انجام می‌شود. برای شاقولی نمودن محور با استفاده از برداشت‌های شاقولی انجام شده می‌توان قسمت بالای محور را جابه‌جا نمود. سپس می‌توان قطعات یاتاقان‌های راهنمای بالایی و پایینی را نصب و بر مبنای موقعیت محور، آنها را تنظیم نمود. معمولاً تنظیم لقی در یاتاقان‌هایی که دارای کفشک چند تکه می‌باشد کاری سخت است. در بیش‌تر طرح‌ها چرخش قطعات کفشک‌ها حول پیچ تنظیم امکان‌پذیر است. نظر به اینکه تکه‌های کفشک می‌چرخند، تعیین میزان دقیق لقی توسط فیلر بسیار مشکل است. برای انجام برداشت‌ها به وسیله فیلر ضروری است که تکه‌های کفشک روی پیچ‌های تنظیم به صورت تراز و محکم نگه داشته شود. وقتی فیلر جایگذاری شد باید داخل یاتاقان در تمام مسیر کشیده شود تا یک مقدار غیر واقعی در نقطه

بالای کفشک درحالی‌که پایین کفشک بر روی محور سفت شده است برداشت نشود. هم‌چنین اندازه‌گیری هم زمان لقی در هر دو سمت نقطه چرخش برای جلوگیری از چرخش کفشک مفید است.

روش دیگر تنظیم مقدار لقی، قراردادن ساعت اندازه‌گیری روی پیچ تنظیم است. پیچ تنظیم باید تا حدی بسته شود که یاتاقان روی محور سفت شود. در این حالت ساعت اندازه‌گیری روی پیچ قرار داده شده و روی مقدار صفر تنظیم می‌شود. سپس پیچ به اندازه مقدار لقی موردنظر باز شده و مهره قفل‌کن بسته می‌شود. مهره قفل‌کن باید با دقت سفت شود زیرا اگر بیش از حد سفت شود می‌تواند موجب ایجاد نیروی کششی در پیچ تنظیم شود و میزان لقی به طور قابل ملاحظه‌ای کم نشان داده شود. اگر روش ساعت اندازه‌گیری مورد استفاده قرار گیرد، برای حصول اطمینان از صحت تنظیمات، لقی‌های تنظیم شده باید به کمک «فیلر» نیز مجدداً کنترل شود.

### تنظیم دریچه‌های تنظیمی توربین

فاصله آزاد بین دریچه‌های تنظیمی از بالا تا پایین باید حداقل ممکن باشد تا در زمان بهره‌برداری و در حالت بسته بودن دریچه‌ها، نشتی بیش از حد ایجاد نشود. در مکانیزم دریچه‌ها پیچ‌های تنظیم شونده یا پین خارج از مرکز در نظر گرفته می‌شود تا امکان تنظیم موقعیت دریچه‌ها و فاصله آزاد بین آنها فراهم گردد. به عنوان نمونه یک دستورالعمل درخصوص نحوه‌ی تنظیم کردن دریچه‌های تنظیمی توربین در پیوست تشریحی این راهنما ارائه شده است.

میزان فشردگی دریچه‌ها روی یکدیگر نیز باید تنظیم شود. این فشردگی در واقع مقدار حرکت سروموتورها پس از تماس دریچه‌ها با یکدیگر می‌باشد. فشردگی باعث جبران شل شدن مکانیزم عمل‌کننده دریچه‌ها شده و دریچه‌ها را در صورت پر بودن محفظه حلزونی از آب، بسته نگه می‌دارد. میزان فشردگی باید طوری تنظیم شود که سروموتورها به مقدار یکسان حرکت کنند تا مانع از پیچش رینگ عملکرد شود. برای تنظیم میزان فشردگی دریچه‌های تنظیمی دستورالعمل‌های ویژه‌ای وجود دارد که توسط سازندگان توربین ارائه می‌شود.

### واشرها و کاسه نمدها

واشرهای آب‌بندی باید قبل از شروع مونتاژ مجدد واحد بریده شوند (ترجیحاً با استفاده از واشر قبلی به‌عنوان الگو). سطوح تماسی که واشر بین آنها قرار می‌گیرد باید کاملاً تمیز باشد و از نظر وجود شکاف، دندان، کندگی یا هر عیب دیگر سطح، که مانع از آب‌بندی واشر می‌شود، کنترل شود. جنس واشر آب‌بندی مورد استفاده باید برای آب‌بند کردن سیال مربوطه مناسب باشد. ضخامت واشر آب‌بندی باید حتی‌المقدور کم باشد و در عین حال برای آب‌بند نمودن، ضخامت کافی را دارا باشد. چنانچه برای تعویض واشر آب‌بند از طرف سازنده توصیه‌های خاصی وجود داشته باشد، باید طبق آن عمل شود، در صورت موجود نبودن مدارک سازنده، از واشر قبلی می‌توان به عنوان الگوی راهنما استفاده نمود. باید در نظر داشت که واشر قبلی ممکن است در اثر اعمال فشار اندکی تغییر شکل داده باشد. پیچ‌ها باید به گونه‌ای سفت شود که به واشر آب‌بندی فشار یکنواختی اعمال شود. برای این کار می‌توان از نقطه وسط شروع نمود و در اطراف اتصال از یک طرف به طرف دیگر حرکت نمود. یک یا دو روز پس از شروع بهره‌برداری از واحد باید پیچ‌های اتصال واشر آب‌بندی مجدداً تورک زده شوند.

کاسه‌نمدهای فشاری روی محور درپچه‌های تنظیمی و محور توربین (در برخی از توربین‌ها) باید طوری نصب شوند که درزهای آنها با یکدیگر زاویه نود درجه داشته باشد. بعضی اوقات روغن‌کاری و اشر قبل از نصب مفید است. باید با سازنده کاسه نمدها در مورد روان‌ساز توصیه شده برای هر نوع کاسه نمدها خاص مشورت شود. در کاسه نمدها و حلقه‌های آب‌بندی فانوسی شکل<sup>۱</sup> باید بوش فشاری آب‌بند طوری نصب شود که بتوان آن را با دست سفت نمود. کاسه نمدها درپچه‌های تنظیمی چون مقدار حرکت آنها محدود است می‌تواند سفت‌تر نصب شود.

پس از نصب سامانه آب‌بندی جدید روی محور توربین، در شروع اولین راه‌اندازی، نشتی نسبتاً زیادی وجود خواهد داشت. بوش فشاری آب‌بند باید به صورت یکنواخت و در فواصل زمانی کم سفت شود تا نشتی به مقدار کافی کاهش یابد. مراحل سفت کردن بوش فشاری آب‌بند باید با فواصل زمانی ۱۵ تا ۳۰ دقیقه انجام شود تا آب‌بند در موقعیت جدید، زمان لازم برای تغییر شکل را داشته باشد. آب نشتی از آب بند باید سرد یا ولرم بوده و هیچ‌گاه داغ نشود. اگر آب نشتی داغ شده بود، بوش فشاری آب‌بند باید بیرون کشیده شود.

گاهی اوقات به‌جای آب‌بندهای فشاری برای آب‌بندی محور توربین از آب‌بندهای مکانیکی<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. این آب‌بندها شامل قطعات آب‌بندی بوده که معمولاً از گرافیت ساخته می‌شود و با استفاده از فنرهای کششی بر روی محور ثابت نگه‌داشته می‌شود و به‌وسیله یک لایه نازک آب، روان‌سازی می‌گردد.

نظر به اینکه آب‌بندهای مکانیکی کاملاً دقیق ساخته شده و برای عملکرد صحیح دارای تolerانس‌های کم می‌باشند باید در هنگام نصب آنها احتیاط زیادی به عمل آید. وجود مقدار ناچیزی گردوغبار یا آلودگی‌های دیگر بر روی سطوح آب‌بند پولیش شده، می‌تواند باعث نشتی از آب‌بند و کاهش عمر آن شود. هم‌چنین قطعات این نوع آب‌بند معمولاً شکننده هستند و به سادگی شکسته می‌شوند. یک مجموعه کامل قطعات یدکی از اجزا آب‌بند باید در دسترس باشد تا در زمان شکست اتفاقی قطعات آب‌بند، مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۴-۲-۴-۵- راه‌اندازی مجدد

##### الف- بازرسی نهایی

هنگامی که تمام موارد فهرست کنترلی (چک لیست)، به جز آزمایش‌های عملکرد و تنظیمات، کامل شد و درست قبل از شروع اولین راه‌اندازی واحد پس از تعمیرات اساسی باید بازرسی نهایی واحد انجام شود. برخی از موارد فهرست بازرسی نهایی که ذیلاً ذکر شده است، معمولاً از قبل (ضمن انجام تعمیرات هر قسمت) کنترل می‌شوند. با وجود این، نظر به اینکه عدم کنترل این موارد می‌تواند صدماتی را به واحد وارد کند، باید دوباره کنترل شوند. بازرسی نهایی باید شامل موارد اصلی ذیل باشد ولی تنها به این موارد اصلی محدود نمی‌گردد:

- بازرسی چشمی محفظه توربین و محفظه حلزونی

1- Lantern Ring

2- Mechanical Seal/Gland Seal/ Shaft Seal

- سطح روغن یاتاقان‌ها
- وضعیت تامین آب خنک‌کن
- فاصله‌های هوایی و لقی‌ها
- نشستی روغن یا آب

### ب - اولین راه‌اندازی<sup>۱</sup>

پس از انجام کامل کلیه کنترل‌ها و اعلام پایان تعمیرات اساسی و لغو کلیه مجوز کارها، می‌توان واحد را برای راه‌اندازی آگیری نمود. کارکنان تعمیرات باید برای مشاهده کارکرد به هنگام اولین چرخش بعد از تعمیرات، اتفاقات غیرعادی و شنیدن صداهای غیرمعمول، با بی‌سیم دو طرفه (دو موج) در مناطق حساس نزدیک به واحد استقرار یابند. سپس دریچه‌های تنظیمی باید فقط به اندازه‌ای که واحد را به گردش در آورد (مطابق دستورالعمل) باز و مجدداً بسته شوند. این کار باید چند دفعه تکرار شود تا احتمال به هم ساییدگی دریچه‌ها یا هر نوع مشکل دیگر بررسی شود. اگر مشکلی مشاهده نشد، دریچه‌های تنظیمی باید باز شود تا سرعت واحد به ۱۰۰ درصد دور نامی برسد و سپس اگر مشکل خاصی مشاهده نشد واحد باید به عملکرد خود در سرعت نامی بدون بار ادامه دهد تا دمای یاتاقان‌ها تثبیت شود. سپس بارگیری آغاز و بار واحد به تدریج اضافه گردد. اگر حین افزایش بار، هر یک از مشاهده کنندگان متوجه صدایی غیر معمول در قسمتی از واحد گردد باید به بهره‌بردار خبر دهد تا واحد را متوقف نماید.

### ج - برداشت پارامترها در زمان اولین بهره‌برداری از واحد (بعد از تعمیرات اساسی)

هنگامی که مشخص گردید واحد می‌تواند بدون مشکل کار کند، برداشت‌ها و آزمایش‌هایی باید انجام و نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از برداشت‌های ثبت شده قبل از دموتناژ مقایسه شود. از جمله این برداشت‌ها، اندازه‌گیری دمای یاتاقان در حالت چرخش و اندازه‌گیری میزان خروج از محور<sup>۲</sup> (در حالت توقف) می‌باشد.

بسته به تغییراتی که بر روی واحد انجام شده، ممکن است آزمایش‌های مختلف دیگری نیز در کنار این برداشت‌ها مورد نیاز باشد. همچنین پس از انجام تعمیرات اساسی در توربین ژنراتور (و یا بهسازی و افزایش ظرفیت واحدهای نیروگاه)، آزمایش‌های مختلف اضافی مربوط به پذیرش کارکرد و همچنین آزمایش‌های متعدد دیگری در مورد عملکرد تجهیزات الکتریکی نیز باید انجام شود (به پیوست الف این راهنما مراجعه شود).

1- Initial Start up

2- Shaft Runout

### ۳-۴- بازرسی‌ها و نگهداری گاورنر

#### ۳-۴-۱- بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین)

##### ۳-۴-۱-۱- بازرسی‌های عادی (روتین) گاورنر

هدف از این بازرسی‌ها، بررسی چشمی و برخی کنترل‌ها به منظور اطمینان از شرایط عادی کارکرد سامانه گاورنر است.

#### الف - بازرسی‌های عادی روزانه (واحد در حال کار)

طی بازدیدهای روزانه بهره‌بردار نیروگاه از وضعیت کارکرد گاورنر و اجزای آن، باید پارامترهای ویژه سامانه هیدرولیک و تغذیه روغن سروموتورها در نمایش‌گرهای روی تجهیزات و تابلوی کنترل محلی تجهیزات مکانیکی گاورنر کنترل شود، از جمله:

- سطح روغن در مخزن روغن گاورنر
- دمای روغن گاورنر
- سطح روغن در مخزن تحت فشار گاورنر
- فشار روغن تانک تحت فشار گاورنر
- بررسی وضعیت کارکرد پمپ‌های روغن روی تابلوی کنترل محلی گاورنر

#### ب- بازرسی‌های عادی هفتگی (واحد در حال کار)

علاوه بر بازرسی و کنترل‌های فوق‌الذکر، باید موارد زیر انجام شود:

- نوبت کار پمپ اصلی با پمپ پشتیبان و یا برعکس، باتوجه به وضعیت کارکرد پمپ و دستورالعمل سازنده تعویض شود (این تغییر وضعیت در صورت کارکرد عادی پمپ واقع در مدار، هر دو هفته یک بار نیز می‌تواند انجام گیرد).
- بازرسی چشمی و کنترل از نظر نشتی روغن و آلودگی اطراف تجهیزات با روغن
- کنترل ارتعاشات و سطح صدای غیرعادی مربوط به پمپ‌ها و سروموتورهای گاورنر
- کنترل مجدد فشار و سطح روغن در مخزن تحت فشار روغن و اطمینان از اینکه این پارامترها به صورت خودکار به‌وسیله پمپ‌های روغن گاورنر و سامانه هوای جایگزین کنترل می‌شوند.

#### ۳-۴-۱-۲- بازرسی‌ها و کنترل‌های ماهانه

اهم موارد بازرسی و کنترل‌های ماهانه که به منظور بررسی وضعیت کار اجزای گاورنر و سرویس‌های موردنیاز باید انجام شود، به شرح زیر توصیه می‌شود:

- کنترل کارکرد پمپ‌های روغن سامانه هیدرولیک

- بررسی فشار روغن و سطح آن در مخزن تحت فشار سامانه هیدرولیک و اطمینان از اینکه این پارامترها به صورت خودکار کنترل می‌شوند و فشار روغن پایین تر و یا بالاتر از حد تعریف شده در فشار کار سامانه نمی‌باشد.
- کنترل اطراف تجهیزات از نظر آلودگی با روغن و تمیز کاری آن
- کنترل سطح روغن دشیپات (در مورد گاورنر مکانیکی)
- بازرسی فیلتر شیر راهنما (در مورد گاورنر مکانیکی)
- بازرسی و تمیز کردن فیلتر شیر اطمینان (در مورد گاورنر مکانیکی)
- کنترل و روغن کاری اهرم بندی وزنه‌های گردان سرتویی (در مورد گاورنر مکانیکی)
- کنترل صدای غیرعادی موتور سرتویی گاورنر (در مورد گاورنر مکانیکی)

#### ۴-۳-۲- برنامه نگهداری و تعمیرات اجزا اصلی گاورنر

##### ۴-۳-۲-۱- کلیات برنامه نگهداری و تعمیرات گاورنر

برنامه کلی نگهداری و تعمیرات برای اجزا گاورنر به شرح جدول (۳-۴) توصیه می‌شود. توصیه‌های مربوط به نگهداری قسمت بزرگ کننده قدرت (سامانه مولد فشار روغن و سایر اجزای سامانه هیدرولیک) و شیرها و تجهیزات ایمنی (برای مدار هیدرولیکی توقف واحد) در انواع گاورنر مکانیکی و الکترونیکی تفاوت عمده‌ای با یکدیگر ندارد. لیکن با توجه به ویژگی‌های «قسمت حس کننده و انتقال دهنده سیگنال سرعت» و «قسمت کنترل کننده» گاورنرهای مکانیکی و تفاوت طراحی این قسمت‌ها با گاورنر نوع الکترونیکی، برنامه نگهداری، تنظیمات و تعمیرات گاورنرهای مکانیکی، برای تجهیزات مربوط به قسمت‌های فوق‌الذکر در بخش خاصی از جدول برنامه نگهداری (بند ج)، در ادامه‌ی جدول شماره (۳-۴)، آورده شده است.

##### ۴-۳-۲-۲- شرح تفصیلی بازرسی‌ها، نگهداری و تنظیمات گاورنر

##### ۴-۳-۲-۲-۱- تجهیزات سامانه مولد فشار روغن و اجزای سامانه هیدرولیک گاورنر

##### الف - فعالیت‌های عمومی نگهداری روزانه، هفتگی و ماهانه

بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین) روزانه، هفتگی و ماهانه باید طبق توصیه‌های سازنده، رویه‌ها و دستورالعمل‌های تدوین شده توسط مسئولین نیروگاه، به وسیله بهره‌برداران انجام شود. به عنوان مثال، برای حداقل کارهای مربوط به این رده از فعالیت‌های نگهداری، باید موارد مندرج در بند (۳-۴-۱) این قسمت از راهنما و موارد منعکس در جدول (۳-۴) مورد توجه قرار گیرد.

##### ب- نگهداری و تعمیرات مخازن روغن و روغن تحت فشار گاورنر

چنانچه بهره‌برداری مخزن تحت فشار توسط مسئولین نیروگاه برنامه‌ریزی می‌شود، بازرسی، نگهداری و تعمیر محفظه فشار روغن گاورنر نیز باید مطابق دستورالعمل تهیه شده توسط این مسئولین انجام شود.

حداقل هر پنج سال یک‌بار، محفظه فشار باید باز شود، داخل آن تمیز گردد و به صورت چشمی صدمات رنگ آن بررسی گردد. قبل از انجام تعمیرات برنامه‌ریزی شده باید نمونه‌ای از روغن گاورنر برای تجزیه به آزمایشگاه فرستاده شود. چنانچه تجزیه روغن نشان دهد که نیاز به تصفیه آن می‌باشد باید روغن تخلیه و تصفیه شود.

پس از تخلیه روغن، مخزن روغن و مخزن تحت فشار باید با اسفنج و پارچه بدون پرز، تمیز شود. سطح داخلی مخازن بررسی شده و در صورت نیاز مجدداً رنگ‌آمیزی شود. وضعیت دیسک شیر شناور، محل نشیمن آن، توبی شناور و بازوی شناور باید از نظر صدمات یا ساییدگی کنترل شود.

پس از پر کردن مجدد سامانه از روغن، عملکرد شیر تخلیه‌کننده پمپ باید کنترل شود و همچنین عملکرد شیرهای تخلیه فشار (شیر اطمینان) مربوط به پمپ‌ها و مخزن تحت فشار باید بررسی شود.

شیرهای اطمینان مربوط به مخزن تحت فشار باید طوری تنظیم شوند که در فشاری کمتر از حداکثر مجاز فشار کار مخزن عمل کند. شیرهای تخلیه فشار پمپ باید طوری تنظیم شود که در ازای فشار اندکی کمتر از فشار شیر اطمینان مخزن تحت فشار، عمل کند. این کار به این منظور انجام می‌شود که در صورتی که فشار سامانه بالا رود پمپ‌ها به طور مداوم کار نکنند. در بعضی گاورنرها شیرهای تخلیه فشار الکتروپمپ‌ها مجهز به محرک بوبینی می‌باشد و با فعال شدن سوییچ‌های فشار روغن و طبق منطق کنترلی تعریف شده در کنترل‌کننده الکترونیکی گاورنر عمل می‌کنند.

### ج - شیر دستی توقف اضطراری واحد

کنترل عملکرد صحیح این شیر و مانیتورینگ آن در سامانه محافظ واحد باید هر شش ماه یک بار انجام گیرد. برای این آزمایش، واحد باید در حالت چرخش بدون بار قرار گرفته و شیرهای سولنوییدی بستن سریع و اضطراری در موقعیت عملیاتی قرار گیرند.

### د - شیر فشار حداقل

عملکرد صحیح این شیر و مانیتورینگ آن در سامانه محافظ واحد باید هر شش ماه یک‌بار انجام گیرد. برای این آزمایش، واحد باید در حالت چرخش بدون بار قرار گرفته و شیرهای سولنوییدی بستن سریع و اضطراری در موقعیت عملیاتی قرار گیرند.

### ه - سولنویدهای مربوط به شیر توقف اضطراری واحد

#### سالانه

عملکرد سولنویدها از نظر گیر کردن یا چسبندگی برای فرمان «تریپ» و برگرداندن مجدد آن به حالت اولیه و تنظیم مجدد، باید کنترل شود تا اطمینان حاصل گردد که سولنویید مربوط به توقف کامل، دریچه‌های تنظیمی را به طور کامل می‌بندد و سولنویید مربوط به آزاد نمودن حالت توقف کامل نیز عمل می‌کند. وقتی که سولنویدها مجدداً در جای خود قرار می‌گیرند باید اطمینان حاصل شود که اهرم‌بندی مربوطه از حرکت دریچه‌های تنظیمی به میزان صددرصد جلوگیری نمی‌کند. سولنویید از نظر وجود نشانه‌های مربوط به داغ شدن بیش از حد و یا صدمات دیگر باید بازرسی شود. وضعیت اتصالات الکتریکی و کنتاکت‌های کمکی باید کنترل شود.



جدول ۳-۴- برنامه کلی بازرسی‌های ادواری و نگهداری گاورنر  
الف : سامانه مولد فشار روغن و تجهیزات ایمنی مدار هیدرولیک گاورنر

ردیف	شرح اجزا	موضوع بازرسی ، نگهداری و دوره توصیه شده
۱	مخزن روغن گاورنر	روزانه: بازرسی‌های عادی ، کنترل سطح و دمای روغن هفتگی: بررسی آلودگی روغن با آب سالانه: نمونه‌برداری و آزمایش محتوای روغن (برای بررسی زمان تصفیه و یا تعویض آن) هر ۵ سال یک‌بار: باز کردن و بازرسی کامل داخل مخزن، تمیزکاری داخلی، اصلاح رنگ کاری و تعمیرات موردنیاز
۲	مخزن روغن تحت فشار گاورنر	روزانه: بازرسی‌های عادی ، کنترل سطح و فشار روغن هفتگی: بازرسی‌های عادی، سطح ارتعاشات و صدای غیرعادی ماهانه: بررسی عملکردصیح سامانه کنترل خودکار پارامترهای مربوط به سامانه روغن سالانه: بازرسی از نظر نشتی، رنگ و وضعیت لوله‌ها، شیرها و اتصالات بعد از حدوداً ۵۰۰۰ ساعت کارکرد واحد (هر بار روشن و خاموش شدن واحد معادل ۱۰ ساعت کارکرد محسوب شود): محفظه روغن تحت فشار باز شود، تمیزکاری و تعمیرات موردنیاز داخل مخزن و اجزای مربوط به آن انجام شود
۳	شیر دستی توقف اضطراری واحد	ماهانه : بازرسی ظاهری و مانیتورینگ آن شش ماهه: بررسی عملکرد صحیح شیر و کنترل نمایش صحیح عملکرد آن در سامانه نظارتی پیش‌بینی نشده: دمونتاز و بازرسی همه‌جانبه و انجام تعمیرات موردنیاز
۴	شیر حداقل فشار	ماهانه : بازرسی ظاهری شش ماهه: بررسی عملکرد صحیح شیر و کنترل نمایش صحیح عملکرد آن در سامانه نظارتی پیش‌بینی نشده: دمونتاز، بازرسی همه‌جانبه و انجام تعمیرات موردنیاز
۵	شیرهای سولنوییدی در مدار هیدرولیکی توقف اضطراری واحد	سالانه : بازرسی سالم بودن کویل‌های عمل کننده شیرهای سولنوییدی و مدارهای الکتریکی مرتبط با آن، طبق دستورالعمل سازنده سالانه: بازرسی کنتاکت‌های شیرهای سولنوییدی و تمیزکاری آن پیش‌بینی نشده: دمونتاز، بازرسی همه‌جانبه و انجام تعمیرات موردنیاز
۶	شیرهای تعمیراتی و ایمنی در مدار الکتروپمپ‌های روغن	سالانه: بازرسی از نظر عملکرد صحیح
۷	- سویچ‌های مربوط به نمایش سطح روغن مخزن - سویچ‌های مربوط به بده‌سنج آب عبوری از سامانه خنک کننده - سویچ‌ها و ترانس‌میتور فشار روغن مخزن تحت فشار گاورنر	سالانه: کنترل وضعیت صحیح سویچ‌ها و تنظیم مجدد آزمایش عملکرد صحیح سویچ‌ها از نظر ارسال سیگنال برای هشدار و یا برای فرمان تریپ کالیبراسیون ابزار دقیق فوق (تنظیم مجدد) برنامه‌ریزی نشده: (تعمیرات فوق‌العاده)
۸	فیلتر روغن پمپ‌های خنک کننده	حداقل شش ماه یک بار: بازرسی وضعیت فیلتر از نظر گرفتگی و تمیز کردن آن کنترل عملکرد صحیح سویچ فشار مربوط به گرفتگی فیلتر روغن و ارسال سیگنال هشدار سالانه: بازرسی کامل فیلتر، تمیز کردن و یا تعویض آن در صورت نیاز (بعد از چند نوبت تمیز کردن)
۹	الکتروپمپ‌های روغن واحد مولد فشار هیدرولیکی	حداقل شش ماه یک بار: تست مقاومت عایقی سیم پیچ الکتروپمپ‌ها سالانه: اندازه‌گیری جریان الکتریکی الکتروپمپ‌ها در حالت کار و تست سنسور دمای ترمیستوری داخل الکتروپمپ‌ها
۱۰	الکتروپمپ‌های سیستم خنک کننده روغن	حداقل شش ماه یک بار: تست مقاومت عایقی سیم پیچ الکتروپمپ‌ها سالانه: اندازه‌گیری جریان الکتریکی الکتروپمپ‌ها در حالت کار و تست سنسور دمای نوع ترمیستوری داخل الکتروپمپ‌ها

## ادامه جدول ۴-۳- برنامه کلی بازرسی‌های ادواری و نگهداری گاورنر

ردیف	شرح اجزا	موضوع بازرسی ، نگهداری و دوره توصیه شده
۱۱	شیرهای خلاص‌کننده الکتروپمپ‌های واحد مولد قدرت	ماهانه: بازرسی ظاهری و مانیتورینگ آن شش ماهه: بررسی عملکرد صحیح شیر
۱۲	شیر بویینی تزریق هوای فشرده به مخزن فشار روغن گاورنر	ماهانه: بازرسی ظاهری و مانیتورینگ آن شش ماهه: بررسی عملکرد صحیح شیر و کنترل نمایش صحیح عملکرد آن در سامانه نظارتی پیش‌بینی نشده: دمونتاژ و بازرسی همه‌جانبه و انجام تعمیرات موردنیاز
۱۳	سیستم اندازه‌گیری سرعت چرخش واحد شامل دیسک دندان‌ای و سویچ‌های حد مجاورت	سالانه: کنترل عملکرد صحیح و دریافت سیگنال‌های ارسالی در تابلوهای کنترل
۱۴	شیر رله و شیر بستن مرحله‌ای مربوط به مکانیسم دو مرحله‌ای نمودن فرایند بستن دریچه‌های توربین	ماهانه: بازرسی ظاهری شش ماهه: بررسی عملکرد صحیح شیر پیش‌بینی نشده: دمونتاژ، بازرسی همه‌جانبه و انجام تعمیرات موردنیاز

## ب: ادوات حفاظتی و اندازه‌گیری، کلیدهای حدی و کنترل‌ها

ردیف	شرح اجزا	موضوع بازرسی ، نگهداری و دوره توصیه شده
۱۵	تابع حفاظتی اضافه سرعت الکتریکی	شش ماهه: کنترل عملکرد صحیح و نمایش آن
۱۶	کلیدهای مختلف حدی و کنترل وضعیت	سالانه: - آزمایش عملکرد و انجام تنظیمات تمیز کردن کنتاکت کلیدها
۱۷	ادوات مربوط به دستگاه محافظ سرعت مکانیکی (پاندول اطمینان و شیر رله)	شش ماه یک‌بار: کنترل عملکرد صحیح و تنظیم آن (در صورت نیاز) سالانه: آزمایش و تنظیمات مربوط به اضافه سرعت (تنظیم مجدد Set Point)
۱۸	ترانسمیتر فیدبک اندازه‌گیری مقدار بازشدگی دریچه‌های تنظیمی توربین (برای گاورنر الکترونیکی)	شش ماه یک‌بار: کنترل عملکرد صحیح و ارسال سیگنال «تریپ» به تابلوی الکترونیک گاورنر
۱۹	سایر ترانسمیترها و ادوات مربوط به انتقال اطلاعات به تابلوی کنترل مکانیکی گاورنر و تابلوی کنترل الکترونیکی آن	سالانه: کنترل عملکرد صحیح و دریافت سیگنال‌های ارسالی در تابلوهای کنترل
۲۰	دستگاه‌های نمایش گر آنالوگ و نمایش‌گرهای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف واقع بر روی تجهیزات و تابلوی مکانیکی گاورنر	سالانه: کنترل عملکرد و نمایش صحیح کمیت‌ها سالانه: کالیبراسیون (تنظیم مجدد)

## ج: برنامه بازرسی‌ها، نگهداری و تنظیمات اجزای مخصوص گاورنر مکانیکی

ردیف	شرح اجزا	موضوع بازرسی، نگهداری و دوره توصیه شده
۲۱	مجموعه سرتویی گاورنر مکانیکی	هفتگی: روغن کاری سرتویی گاورنر مکانیکی نوع «وودوارد» ارتعاشی ماهانه: - کنترل صدای غیرعادی موتور سرتویی کنترل و روغن کاری اهرم بندی سه ماه یکبار: تنظیمات مربوط به سرتویی گاورنر (نوع نواری آویزان وودوارد)، طبق دستورالعمل سازنده سالانه: بازرسی کلی، کنترل فنرها، گوی‌های گردان، تنظیم مفصل‌ها و بازوها، اصلاح و یا تعویض قطعات فرسوده (در صورت نیاز) توسط متخصص ذیصلاح و کاملاً آگاه بر عملکرد گاورنر مکانیکی و با استفاده از نقشه‌ها و دستورالعمل‌های سازنده بازرسی موتور سرتویی و یاتاقان‌های آن
۲۲	شیر راهنما	ماهانه: بازرسی فیلتر شیر راهنما سالانه: بازرسی کلی شیر راهنما، تمیزکاری و اصلاح اجزا آن
۲۳	شیرهای اصلی و کمکی توزیع روغن	سالانه: بازرسی کلی و تنظیمات، طبق دستورالعمل سازنده دوسالانه: دمونتاژ، بازرسی کامل، تمیزکاری شیرها و اصلاح پلانجر آن (توسط متخصص ذیصلاح و کاملاً آگاه بر عملکرد گاورنر مکانیکی و با استفاده از نقشه‌ها و دستورالعمل‌های سازنده) تعمیرات فوق‌العاده: دمونتاژ کامل شیرها، اصلاح و یا تعویض قطعات
۲۴	دشپات (میرا کننده هیدرولیکی)	ماهانه: کنترل سطح روغن دشپات سالانه: بازرسی کامل و انجام تنظیمات (در صورت نیاز و خارج شدن از تنظیم) توسط متخصص آگاه، پر کردن دشپات با روغن، هواگیری و سایر اقدامات اصلاحی (طبق دستورالعمل‌های سازنده)
۲۵	اهرم‌بندی و بین‌ها	ماهانه: تنظیم و روغن کاری سالانه: بازرسی از نظر ساییدگی و فرسایش قطعات، انجام اقدامات اصلاحی و یا تعویض اجزا (توسط متخصص ذیصلاح)
۲۶	کابل جبرانی	سالانه: بازرسی قرقه‌ها، کابل و میله‌های ارتباطی به سروموتور، روغن کاری و سرویس سامانه کابل جبرانی تعمیرات فوق‌العاده: دمونتاژ قرقه‌ها (در صورت نیاز و خارج شدن از تنظیم)، انجام تنظیمات کابل جبرانی، بازرسی کامل و تعویض پولی‌های فرسوده توسط متخصص ذیصلاح
۲۷	ژنراتور با مغناطیس دایم (PMG) یا ژنراتور سیگنال سرعت (SSG) (در صورت کاربرد آن در سامانه حس‌کننده سرعت گاورنر مکانیکی)	سالانه: - بازرسی دنده‌های محرک و کلیدهای سرعت آزمایش عایقی نسبت به زمین آزمایش و کنترل ولتاژ خروجی مولد PMG تعمیرات فوق‌العاده: طبق دستورالعمل سازنده شامل: تعویض یاتاقان، اصلاح مغناطیس شدگی برای تشدید میدان و سایر بازرسی‌ها و تعمیرات طبق دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات سازنده (توسط متخصص ذیصلاح)

## د: نگهداری قسمت الکترونیک گاورنر

ردیف	شرح اجزا	موضوع بازرسی، نگهداری و دوره توصیه شده
۲۸	تابلوی الکترونیک سامانه گاورنر	سالانه: تابلوی الکترونیک سامانه گاورنر باید حداقل سالی یک بار با وسایل و مواد تمیزکننده مخصوص (اسپری مناسب که خاصیت خوردنگی نداشته باشد)، پارچه نرم و دستگاه مناسب مکنده و یا هوای فشرده، با فشار کاملاً کنترل شده و مناسب مطابق دستورالعمل مربوطه تمیز شود
۲۹	باتری مربوط به قسمت پردازنده تابلوی کنترل گاورنر	حداقل پنج سال یک بار: به علت محدود بودن عمر باتری‌ها، باید باتری حداقل ۵ سال یکبار تعویض شود. عملکرد باتری در قسمت پردازنده مربوط به کنترل فرایند نظارت می‌شود و در صورت قرمز شدن چراغ نمایش‌گر وضعیت باتری واحد پردازنده، باید سریعاً باتری تعویض شود

### و - ابزار دقیق‌ها و سویچ‌های کنترل

مانند سایر تجهیزات ایمنی، سویچ‌های کنترل سطح روغن (لوله شیشه‌ای برای رویت سطح روغن و توپی‌های فلزی و کنتاکت‌های آهن‌ربایی مربوطه) و سویچ‌های فشار و ترانس‌میتور فشار روغن، هر سال باید از نظر صحت عملکرد و اعلام هشدار و «تریپ» مورد آزمایش قرار گیرند. در این صورت باید پمپ‌های روغن گاورنر به صورت دستی خاموش شود و فشار محفظه فشار به وسیله شیر تخلیه، به سطح فشار محیط آورده شود. در این زمان اخطار و تریپ از سویچ‌های فشارسنج و سطح‌سنج باید متناوباً اعلام گردد.

کالیبراسیون و عملکرد کلیدهای فشار و کلیدهای تراز روغن باید کنترل شده و در صورت نیاز توسط متخصص آگاه و ذیصلاح مجدداً تنظیم گردد. سامانه‌های هشدار دهنده مربوط به این کلیدها نیز در صورت وجود باید کنترل شود. درحالتی که دریچه‌های تنظیمی توربین بسته یا بلوکه هستند زمان سیکل پمپاژ برای هر پمپ باید بررسی شده، زمان روشن بودن هر پمپ، میزان بالا آمدن سطح روغن در مخزن تحت فشار و زمان بین سیکل‌های پمپاژ باید یادداشت گردد. این زمان‌ها باید با قرائت‌های قبلی مربوطه مقایسه شود. چنانچه برای رسیدن به فشار کار، پمپ زمان بیش‌تری کار کند یا تعداد دفعات پمپاژ بیش‌تر باشد سامانه باید از نظر نشتی کنترل شود. بعضی واحدهای مولد فشار هیدرولیکی گاورنرها مجهز به الکتروپمپ «جاکی»<sup>۱</sup> علاوه بر الکتروپمپ‌های اصلی و پشتیبان روغن می باشد که به‌طور دائم روشن است و فشار روغن را در حد لازم ثابت نگاه می‌دارد.

### ز - فیلتر روغن سامانه خنک کننده

گرفتنی فیلتر مسیر جریان روغن باید بازرسی و موردی براساس نیاز با تمیزکننده مناسب تمیز گردد، اما هر شش ماه یک‌بار بازرسی ضروری است بعد از چند بار تمیز کردن سالانه، فیلتر باید با یدکی آن تعویض گردد. اگر فیلتر در زمان بهره‌برداری دچار گرفتگی شود فشار نسبی بالاتر از مقدار عادی خواهد شد و سویچ فشار یک علامت هشدار به تابلوی کنترل واحد و تابلوی تجهیزات مکانیکی گاورنر ارسال می‌نماید. در این حالت اپراتور می‌تواند مسیر روغن را به مسیر فرعی جایگزین فیلتر دابل (در صورت وجود)، منحرف نماید و فیلتر دچار گرفتگی را تمیز یا تعویض نماید تا بهره‌برداری از توربین ژنراتور با اختلال مواجه نشود.

### ۴-۳-۲-۲- شرح بازرسی‌ها و تنظیمات خاص گاورنر مکانیکی

#### الف - سرتویی گاورنر (نوع وودوارد<sup>۲</sup> ارتعاشی)

##### هفتگی

سرتویی باید به‌وسیله چند قطره روغن سبک موتور که از بالای شافت موتور به داخل سر تویی ریخته می‌شود، روغن کاری گردد.

1- Jockey Pump

2- Wood Ward

سالانه

پس از توقف واحد باید سرتویی جدا شده و دمونتاز گردد، بلوک‌های لغزشی و همچنین میله وزنه‌های متحرک و پوش‌های مربوط به آن تمیز شده و بازرسی گردند. چنانچه قبل از توقف واحد، شیر اصلی حرکتی نداشته باشد و یا قسمت مرتعش شونده فرسایش پیدا کرده باشد، باید قسمت مرتعش شونده و توپی‌های آن تعویض شود.

چنانچه سطوح لغزشی بلوک‌ها ساییده شده باشد، هر دو بلوک باید چرخانده شود تا سطح لغزشی سالم مورد استفاده قرار گیرد. روی سطح ساییده شده علامت گذاری شود تا از استفاده مجدد آن جلوگیری گردد. میله مربوط به توپی متحرک باید از نظر فرسایش و مقاومت مکانیکی کنترل شود و در صورت لزوم تعویض گردد.

بلبرینگ‌های موتور سرتویی و بازوهای توپی متحرک نیز باید بازدید و در صورت نیاز تعویض شود. پوش‌های میله توپی متحرک در صورت فرسوده شدن و یا داغ افتادگی باید تعویض شود. به توپی‌های مرتعش اندکی گریس زده و سپس مونتاژ شود. کاسه قسمت مرتعش شونده نباید با گریس پر شود، زیرا باعث میرا شدن ارتعاشات خواهد شد.

**ب - سرتویی گاورنر (نوع نواری اویزان وودوارد)**سه ماه یکبار

به بالای موتور سرتویی باید روغن هیدرولیک (مربوط به دسپات) اضافه شود تا «دسپات» هیدرولیکی داخلی از روغن پر شود. از روغن مخصوص روانکاری نباید استفاده شود.

سالانه

عملکرد سرتویی باید مورد بررسی قرار گرفته و به هر نوع ارتعاش غیرعادی توجه شود. در صورت وجود ارتعاش غیرعادی، سرتویی باید دمونتاز شده و وضعیت یاتاقان‌های شفت سرتویی و یاتاقان‌های موتور آن مورد بررسی قرار گیرد.

از دستورالعمل سازنده در مورد هم‌راستا کردن و مونتاژ مجدد باید به دقت پیروی شود.

**ج - سرتویی گاورنر (نوع پلتون)**سالانه

سرتویی و موتور آن باید از نظر وجود ارتعاشات غیرعادی و سر و صدا بررسی شود. در صورت وجود هر نوع ارتعاشات یا سر و صدای غیرعادی، یاتاقان‌های موتور سرتویی باید تعویض گردد. برای مونتاژ و دمونتاز باید به دقت از دستورالعمل‌های سازنده پیروی شود.

**د - مرتعش شونده وودوارد از نوع با محرک موتور روغنی**سالانه

باید کنترل شود که مرتعش شونده با موتور روغنی، نوساناتی معادل  $0/15$  تا  $0/18$  میلی‌متر را ایجاد می‌کند و سرعت دورانی موتور  $400$  تا  $600$  دور در دقیقه (معادل  $8$  تا  $10$  هرتز) می‌باشد. برای تغییر دامنه نوسانات، بوش خارج از مرکز واقع در اهرم لولایی باید تنظیم شود. برای تغییر سرعت موتور باید رگولاتور دبی روغن، تنظیم شود.

**ه- شیر راهنما**سالانه

باید شیر راهنما دمونتاز شده و قسمت‌های زنگ‌زده و روغنی توسط ماهوت پاک‌کن نرم تمیز شود. هرگونه خراش یا کندگی باید توسط سنگ سمباده روغنی<sup>۱</sup> (سمباده خیلی نرم) صاف شود. باید توجه شود که گوشه‌های تیز محل نشیمن شیر کنده یا گرد نشود. اگر فرسایش زیاد باشد و یا پلانجر در داخل بوش روان حرکت نکند، مجموعه پلانجر و بوش باید تعویض شود.

**و - شیرهای اصلی و کمکی توزیع روغن**سالانه

باید کنترل شود که پلانجر شیر اصلی به راحتی حرکت کند. سپس شیر ورودی روغن، شیرهای راهنما و اصلی بسته شده و فشار ورودی شیر راهنما برداشته شود. در این حالت پلانجر شیر اصلی بالا کشیده شود تا به مهره‌های مخصوص توقف در حالت باز شدن برخورد کند. سپس پلانجر رها شود تا به مهره‌های مخصوص توقف در حالت بسته شدن برخورد کند. چنانچه پلانجر براحتی پایین بیافتد، قابل قبول است ولی چنانچه پلانجر گیر داشته باشد و یا به صورت تاخیری بیافتد، باید شیر دمونتاز گردد تا علت مشخص شود. در این حال باید عملکرد شیر انتقال دهنده و شیر کمکی کنترل شود.

دو سالانه

پلانجر شیر اصلی و شیر کمکی باید بیرون آورده شود و کلیه نقاط زنگ زده و لایه روغن با پارچه ماهوت پاک‌کن نرم و سپس با پارچه مخصوص صیقل دهنده تمیز گردد. هرگونه خراش یا کندگی باید توسط سنگ سمباده روغنی (سمباده خیلی نرم) صاف شود. باید دقت شود که لبه‌های محل نشیمن شیر گرد یا شکسته نشود. ورودی‌های پوش‌های شیر باید از نظر وجود آشغال و یا رسوبات لجنی بررسی شده و در صورت لزوم تمیز شود. پلانجر شیر اصلی باید کاملاً آزاد باشد و تحت وزن خود پس از مونتاژ مجدد پایین بیفتد.

تعمیرات موردی (برنامه‌ریزی نشده)

شیرهای کمکی و اصلی باید کاملاً دمونتاز شوند. پلانجر مخصوص باز شدن، بسته شدن و پلانجرهای فشاری باید برداشته شده و کلیه نقاط زنگ زده و لایه‌های روغن توسط ماهوت پاک‌کن نرم و پارچه مخصوص صیقل دهنده، زدوده شود. وضعیت رینگ‌های پیستون پلانجر شیر توزیع اصلی (در مورد پلانجرهای دارای رینگ) باید کنترل شود و در صورت لزوم تعویض گردد.

**ز - سایر شیرها**تعمیرات موردی (پیش‌بینی نشده)

در سامانه گاورنر ممکن است شیرهای هیدرولیکی دیگری نظیر شیرهای محدود کننده حرکت درپچه‌های تنظیمی و شیرهای سولنوییدی موجود باشد. این شیرها باید دمونتاز شده و کلیه نقاط زنگ زده و لایه‌های روغن توسط ماهوت پاک‌کن نرم و پارچه

مخصوص صیقل دهنده، زدوده شود. هر نوع خراش یا کندگی باید توسط سنگ زنی به وسیله سنگ سمباده روغنی برداشته شود. باید دقت شود که لبه‌های محل نشیمن شیر گرد و یا شکسته نشود. ورودی‌های پوش‌های شیر باید از نظر وجود آشغال و یا رسوبات لجنی بررسی شده و در صورت لزوم تمیز شود.

### ح - دشپات (میرا کننده هیدرولیکی)

#### سالانه

سطح روغن دشپات باید کنترل و در صورت نیاز روغن اضافه شود. برای این منظور از روغن مخصوص روانکاری نباید استفاده شود. عملکرد بای پاس سولنوییدی باید کنترل شود و چنانچه آزمایش‌های انجام شده مشکلی را در دشپات نشان دهد، پلانجر باید دمونتاژ و تمیز شود و قبل از مونتاژ مجدد، موقعیت قرارگیری پلانجر کوچک دشپات کنترل گردد. در گاورنرهای نوع «وود وارد» فاصله بین مرکز پین لولا تا بالای درپوش باید ۲۲ الی ۵۰ میلی‌متر باشد. با چرخاندن فنر پلانجر کوچک این فاصله تنظیم می‌شود. در گاورنرهای دیگر دستورالعمل سازنده باید برای روش تنظیم مورد استفاده قرار گیرد. برای پر کردن دشپات با روغن، باید اجزا آن را، به جز پلانجر کوچک، دمونتاژ نمود. سپس دشپات را بالا برده به طوری که ورودی پلانجر کوچک بالاتر از ورودی پلانجر بزرگ قرار گیرد و سپس دشپات باید از طریق ورودی پلانجر کوچک پر شود. ضمن پر کردن دشپات گاهی باید پلانجر بزرگ را حرکت داد تا هوای سامانه خارج شود. به منظور کنترل هوای محبوس در سامانه، پس از پر کردن دشپات باید پلانجر کوچک نصب و سوزن دشپات بسته شود و درحالی که پلانجر کوچک را نگه می‌داریم، پلانجر بزرگ حرکت داده شود. در این حالت در اثر هر نوع حرکت جزئی پلانجر بزرگ، باید بلافاصله پلانجر کوچک عکس‌العمل نشان دهد. چنانچه تاخیری در این حرکت وجود داشته باشد نشانه آن است که در دشپات هوا وجود دارد یا روغن از طریق سوزن، بای پاس سولنوییدی و یا پلانجر نشت می‌کند. برای خارج کردن هوای محبوس شده باید سوزن باز شود، پلانجر کوچک در محل خود نگه داشته شود و پلانجر بزرگ حرکت داده شود.

برای کنترل وضعیت دشپات، شیر سوزنی و بای پاس باید به طور کامل بسته شود. پلانجر کوچک تا آنجا که ممکن است به طرف پایین فشار داده شود و زمانی که برای هم مرکز شدن مجدد لازم است اندازه‌گیری شود، این زمان برای مقدار حرکت ۳ میلی‌متر، باید بیش‌تر از ۵۰ ثانیه باشد. چنانچه این زمان کوتاه‌تر باشد نشان دهنده این است که نشتی از طریق سوزن یا پلانجر زیاد است و در این صورت دشپات باید تعمیر و یا تعویض شود.

پس از انجام تعمیرات روی دشپات بسیار مهم است که تست‌های مربوط به تنظیم گاورنر توسط متخصص آگاه در این زمینه انجام شود تا عملکرد گاورنر به حالت بهینه برگردد [به مرجع شماره ۱۶، که عنوان آن در پیوست راهنما آورده شده است، مراجعه شود].

## ط - اهرم بندی و بین‌ها

ماهانه

باید اهرم بندی و بین‌های لولا با روغن موتور سبک روغن کاری شود.

سالانه

اهرم‌بندی و بین‌ها از نظر ساییدگی و یا چسبندگی کنترل شود. برای کنترل ساییدگی سوراخ‌ها باید از یک بین نو استفاده شود. همچنین برای کنترل وضعیت بین‌ها باید از رابط جدید با سوراخ‌های مناسب استفاده گردد. در صورت نیاز بین‌ها و رابط‌های معیوب را باید تعویض نمود.

یاتاقان‌های مجموعه اهرم‌بندی، شفت‌ها و تابلوی کنترل باید از نظر زبری بررسی شده و در صورت نیاز تعویض شوند. یاتاقان‌ها در صورت نیاز باید روغن کاری شود. دنده‌ها از نظر فرسایش و لقی کنترل شوند.

## ی - کابل جبرانی

سالانه

قرقره‌ها و انتهای میله مرتبط به کابل جبرانی باید در محل اتصال به سروموتور روغن کاری شود.

تعمیرات موردی (پیش‌بینی نشده)

قرقره‌ها باید دمونتاز شود و سپس کابل و قرقره‌ها بازدید شوند. چنانچه «پولی»‌ها فرسوده شده و یا یاتاقان‌ها زبر شده باشد، باید قرقره‌ها تعویض گردند.

ک- ژنراتور با مغناطیس دائم (PMG)<sup>۱</sup> یا ژنراتور سیگنال سرعت (SSG)<sup>۲</sup>سالانه

کلیدهای سرعت و دنده‌های محرک باید از نظر سایش بازرسی شود. بین‌های لولایی روغن کاری شده و یاتاقان‌های کلید سرعت کنترل شود. تنظیمات و عملکرد کلیدهای سرعت کنترل شود. عایق مابین پایه نگاه‌دارنده و محفظه ژنراتور PMG یا SSG از طریق اندازه‌گیری مقاومت محفظه نسبت به زمین به وسیله دستگاه تست مگر کنترل گردد. در صورت نیاز، واشر عایق کننده باید تعمیر یا تعویض شود. ولتاژ خروجی مولد PMG باید کنترل شود.

موارد برنامه‌ریزی نشده

یاتاقان‌های محرک اصلی "PMG" یا "SSG" باید تعویض شود. در صورت نیاز به تشدید میدان، مغناطیس مولد PMG با توجه به روش ذکر شده در دستورالعمل آن مجدداً مغناطیس شود.

1- Permanent Magnet Generator (PMG)

2- Speed Signal Generator (SSG)



### ۴-۳-۳- برخی ملاحظات و توصیه‌های کلی در مورد تنظیمات و رفع عیوب گاورنر

#### ۴-۳-۳-۱- مشکلات معمول مربوط به گاورنرهای مکانیکی

موارد اصلی مربوط به تنظیمات موردنیاز، که ارتباط مستقیم با مبحث بهره‌برداری از گاورنر دارد، در فصل سوم این راهنما بخش (۳-۱۱) آورده شده است. در این قسمت موارد اصلی مرتبط با بهم خوردن تنظیمات و توصیه‌های کلی در مورد رفع آن ذکر می‌شود. تاکید می‌شود برای این موارد باید حتماً از کارشناس متخصص و کاملاً آماده در زمینه تنظیم گاورنر استفاده شود. گاورنر مکانیکی در صورتی که خوب نگهداری شود، می‌تواند سال‌ها به خوبی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. با این حال عیوب و مشکلاتی نیز می‌تواند در آن ایجاد شود. مهم‌ترین علت این مشکلات، اصطکاک و تنظیم نادرست است. برخی از مشکلات معمول، که احتمال رخ دادن آنها بیش‌تر است، به شرح زیر می‌باشد:

#### الف- نوسانی شدن گاورنر<sup>۱</sup> (ناپایداری حرکت دریاچه‌های تنظیمی)

چنانچه گاورنر نتواند سرعت واحد یا فرکانس را در سطح پایدار و قابل قبولی حفظ کند، حالت نوسانی پدید می‌آید. در گاورنرهای مکانیکی حرکت دریاچه‌ها بیش از حد موردنیاز یا کم‌تر از آن تا میزان معینی طبیعی است ولی چنانچه باعث شود که نوسان فرکانس (پیک تا پیک) بیش از  $0/2$  هرترز بوده و یا دستگاه سنکرونایزر اتوماتیک نتواند واحد را وارد مدار کند، انحراف در مقدار این حرکت، زیاد و غیر مجاز محسوب می‌شود. این پدیده عمدتاً در حالتی که واحد به صورت ایزوله کار می‌کند اتفاق می‌افتد ولی در موارد نادری حالت نوسانی شدن در حالتی که ژنراتور در مدار یک شبکه تولید است نیز ممکن است بروز کند (حرکت نوسانی دریاچه‌های تنظیمی به جلو و عقب).

نوسانی شدن در حالت بدون بار، نشانه مشکلات مختلفی در گاورنر است. یکی از شایع‌ترین این مشکلات، نامیزان بودن دشپات است. چنانچه سوزن دشپات زیادی باز باشد، نوسانی شدن رخ خواهد داد. مناسب‌ترین راه حل این است که تست‌های لازم روی گاورنر مطابق دستورالعمل مربوطه انجام شود [ به مرجع شماره ۱۶ مراجعه شود]. چنانچه امکان انجام این تست‌ها نباشد باید سوزن به آرامی بسته شود تا حدی که نوسان متوقف شود. در این صورت احتمالاً می‌توان واحد را وارد شبکه کرد ولی لزوماً این تنظیم، تنظیم بهینه نخواهد بود. برای رسیدن به تنظیمی بهینه باید آزمایش‌های لازم انجام شود.

چنانچه سوزن دشپات کاملاً بسته شود، ولی باز هم نوسان وجود داشته باشد، احتمالاً دشپات اشکال دارد. مثلاً ممکن است در داخل روغن آن هوا باقی مانده باشد، که باید هوای سامانه خارج شود. اگر در صورت خروج هوا باز هم حالت نوسانی رفع نشد، دشپات از نظر وجود نشت روغن بررسی شود. اگر در هنگام بسته بودن سوزن، نشت زیاد باشد، سوزن بای پاس باید کاملاً بسته شود تا وجود نشت از شیر سولنوییدی کنترل شود. اگر باز هم نشت زیاد بود، دشپات باید تعویض و یا بازسازی (توسط متخصص آگاه) گردد.

یکی دیگر از علل نوسان می‌تواند اصطکاک زیاد در دشپات باشد. در این صورت با بستن سوزن، می‌توان اثر اصطکاک را بر نوسانی شدن کاهش داد و واحد را وارد مدار کرد ولی پاسخ گاورنر کند و نامنظم خواهد بود. چنانچه پاسخ نامنظم فقط در یک جهت

(باز شدن یا بسته شدن دریچه‌ها) مشاهده شود، اشکال اصطکاک احتمالا مربوط به مکانیزم کابل جبرانی است. این اصطکاک ممکن است در قرقره‌ها، کابل جبرانی یا مفصل‌بندی متصل به آن باشد. علت دیگر اصطکاک می‌تواند شیر راهنما، دشیات، پین‌های لولایی، سرتویی، شیر اصلی و مکانیزم حرکت دریچه‌های تنظیمی باشد.

نوسانی شدن درحالتی که واحد به شبکه وصل می‌باشد، ایجاد نمی‌شود. هنگامی که واحد به شبکه متصل است عملا سرعت آن نمی‌تواند تغییر کند. در این حالت هرگونه نوسانی شدن نتیجه سیگنال نامناسب از سمت مولد با مغناطیس دایم (شایع‌ترین علت) و یا وجود مشکلی در سامانه هیدرولیکی است. یکی از علل نوسانی شدن، درحالتی که واحد به شبکه وصل می‌باشد، شکستگی یا صدمه دیدن پین محرک است. این امر باعث می‌شود که سرعت مولد با مغناطیس دایم در هر یک دور حرکت کمی تغییر کند و باعث شود که دریچه‌های تنظیمی بی‌جهت حرکت کند.

#### ب - عدم توانایی گاورنر برای رساندن واحد به سرعت نامی

عدم توانایی واحد برای رسیدن واحد به ۱۰۰ درصد سرعت نامی معمولا بعد از انجام تعمیرات اساسی روی گاورنر ممکن است رخ دهد. علت این امر معمولا درگاورنر نوع وودوارد مربوط به تنظیم نادرست میله سرعت دهنده و درگاورنر پلتون، ناشی از عدم تنظیم صحیح پیچ سرعت است. چنانچه با تنظیم کردن دو مورد ذکر شده باز هم سرعت واحد به ۱۰۰ درصد سرعت نامی نرسد، ممکن است علت آن سرتویی یا محدود کننده حرکت دریچه‌های تنظیمی باشد. چنانچه سرتویی صدمه دیده باشد، مثلا فنر آن شکسته باشد، ممکن است شیر راهنما روی سرعتی بالاتر یا پایین‌تر از سرعت معمول متمرکز شود. چنانچه محدود کننده حرکت دریچه، تنظیم نباشد، می‌تواند مانع باز شدن دریچه‌های تنظیمی تا وضعیت سرعت بدون بار شود. در این صورت باید برای تنظیم آن از متخصص آگاه استفاده و کاملا طبق دستورالعمل سازنده رفتار شود.

#### ج- عدم توانایی واحد در رسیدن به بار کامل

رایج‌ترین علت نرسیدن توان واحد به بار کامل، تنظیم نبودن محدود کننده حرکت دریچه است که باید مطابق دستورالعمل مجددا تنظیم گردد.

علت دیگری که ممکن است باعث شود واحد به بار کامل نرسد تنظیم نبودن سولنویید مربوط به توقف واحد است. در گاورنر نوع وودوارد، میله‌های مربوط به توقف واحد که روی شفت مربوط به محدودیت حرکت دریچه نیرو وارد می‌کند توسط مهره‌هایی تنظیم می‌شود که نشان می‌دهد در زمان توقف واحد، محدود کننده حرکت چه مسافتی را پیموده است. چنانچه این مهره‌ها خیلی بالا باشند، باعث می‌شود که دریچه‌های تنظیمی به‌طور کامل باز نشود.

#### د- گیر کردن دریچه‌های تنظیمی در ضمن حرکت

گیر کردن دریچه‌های تنظیمی معمولا نتیجه وجود اصطکاک زیاد در مفصل‌بندی مربوطه یا خود دریچه‌هاست و ارتباطی به عملکرد گاورنر ندارد. همچنین ممکن است اندازه سروموتورها در طراحی از حاشیه ایمنی لازم برخوردار نباشد.

### ۴-۳-۲- آزمایش و تنظیم دستگاه محافظ مکانیکی سرعت در گاورنرهای جدید

#### الف- شرح کلی عملکرد

محافظ سرعت در شرایط عادی در بالای محفظه یاتاقان توربین نصب می‌شوند و شامل دو قطعه می‌باشد:

- بخش دوران کننده (گریز از مرکز) که پاندول اطمینان نامیده می‌شود و روی شافت توربین نصب می‌شود.
- بخش ثابت، شیر رله نامیده می‌شود. اهرم بخش دوران کننده باعث تغییر وضعیت شیر رله می‌گردد. این شیر در مدار هیدرولیکی توقف واحد قرار دارد. دقت گردد این شیر با شیر رله مربوط به فرایند دو مرحله‌ای نمودن بستن دریچه‌های تنظیمی اشتباه نگردد.

#### پاندول اطمینان

پاندول اطمینان براساس این خاصیت کار می‌کند که با افزایش سرعت توربین، نیروی مومنتوم گریز از مرکز به نسبت مجذور سرعت دوران افزایش می‌یابد. زمانی که نیروی مومنتوم فتر بر نیروی مومنتوم گریز از مرکز غلبه می‌کند، وزنه پاندول اطمینان به سمت یک پیچ ثابت فشرده می‌شود.

#### شیر رله

نزدیک به وزنه پاندول اطمینان یک دسته قرار گرفته است که روی پیستون شیر رله عمل می‌کند. این پیستون مجهز به یک برآمدگی غلطکی می‌باشد، که دسته را در یک موقعیت ثابت نگاه می‌دارد. اگر پاندول اطمینان نشانه روی شود مطابق آنچه در بالا ذکر گردید، وزنه پاندول اطمینان دسته را از موقعیت ثابت به سمت بیرون می‌راند، لذا پیستون شیر رله به موقعیت دیگری حرکت می‌نماید و باعث توقف واحد می‌گردد. برای باز گرداندن شیر رله به وضعیت آزاد شده، شیر به یک اهرم مجهز می‌گردد. این اهرم می‌تواند برای آزمایش مدار توقف واحد در حالت بدون آب، و یا برای توقف دستی واحد مورد استفاده قرار گیرد.

#### ب- آزمایش و تنظیم دستگاه محافظ سرعت

پیش نیاز آزمایش دستگاه محافظ سرعت این است که توربین- ژنراتور آماده بهره‌برداری بوده و در حالت بدون بار دوران نماید و حالت کنترل سرعت نیز فعال باشد. روی ترمینال اپراتوری یک پارامتر کددار در منوی مربوطه برای آزمایش محافظ سرعت دیده می‌شود. برای جزئیات بیش‌تر در این مورد به دستورالعمل‌های سازنده مراجعه گردد.

اگر سرعت نشانه‌روی، هنگامی که دستگاه محافظ مکانیکی سرعت از وضعیت بهره‌برداری به وضعیت خاموش کننده واحد تغییر مکان می‌دهد، مطابق با مقادیر ذکر شده در لیست مقادیر تنظیمی نباشد، سوییچ مورد نظر می‌تواند به وسیله یک پیچ دوکی شکل که به این منظور در نظر گرفته شده است (Spindle) دوباره تنظیم گردد.

این پیچ به وسیله محور دوکی شکل تغییر وضعیت داده می‌شود که ابتدا باید در حالت تنظیم قرار گیرد، سپس محور دوکی شکل باید باز و بسته گردد تا نقطه نشانه روی (نقطه مرجع / تنظیم) افزایش یا کاهش یابد در این حالت پیچ باید محکم شود و آزمایش تکرار گردد.

**توجه:** اگر سرعت مشاهده شده در محدوده تolerانس  $\pm 2$  درصد مقدار تنظیمی قرار گیرد تنظیم مجدد ضروری نمی‌باشد. لازم به ذکر است که در گاورنرهای جدید علاوه بر دستگاه محافظ مکانیکی اضافه سرعت، تابع حفاظتی اضافه سرعت الکتریکی در کنترل‌کننده برنامه‌پذیر (PLC) گاورنر نیز به‌طور نرم‌افزاری تعریف می‌شود. این تابع بر اساس سیگنال آنالوگ سرعت ورودی به کنترل‌کننده و نقطه کار تعریف شده برای آن فعال می‌شود.

#### ۴-۴- بازرسی‌ها و نگهداری شیر اصلی ورودی نیروگاه

##### ۴-۴-۱- کلیات

در این قسمت از راهنما، توصیه‌های کلی در مورد بازرسی‌ها و نگهداری شیر اصلی ورودی توربین‌های آبی نیروگاه ارائه شده است. در نیروگاه‌های با واحدهای متوسط و بزرگ عمدتاً از شیرهای ورودی نوع پروانه‌ای استفاده می‌شود و در صورت ارتفاع بالا و بدهای متوسط، شیر ورودی از نوع کروی مورد استفاده قرار می‌گیرد، لذا در این قسمت، موارد عمومی مربوط به بازرسی و نگهداری شیرهای پروانه‌ای و کروی ارائه می‌شود.

##### ۴-۴-۲- بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین)

##### الف - بازرسی‌ها و کنترل‌های روزانه

طی هر شیفت کاری لازم است کنترل و بازرسی‌های عینی، حداقل در موارد ذیل، در مورد اجزای قابل دسترسی شیر ورودی و سامانه هیدرولیکی مربوط به آن، توسط بهره‌برداران انجام شود:

- بررسی وجود ارتعاشات و سروصدای غیرعادی
  - بررسی نشت روغن از لوله‌ها و شیرهای سامانه هیدرولیک (لوله‌های با قطر کم مربوط به مکانیسم باز و بستن شیرهای عموماً سوزنی مسی‌های کنارگذر و لوله‌های با قطر زیاد که مرتبط با سروموتورهای شیر ورودی می‌باشد)
  - بررسی نشت آب از لوله‌کشی‌ها و ملحقات شیر (لوله‌های سویچ فشار تفاضلی)
  - بررسی نشت آب از شیرهای اتوماتیک ورود و خروج هوا
  - کنترل سطح روغن در مخزن روغن و مخزن تحت فشار هوا/روغن
  - کنترل عملکرد لامپ‌های نشان‌دهنده روی تابلوی شیر و تابلوی کنترل سامانه هیدرولیکی مربوط به آن، تست لامپ‌ها و تعویض لامپ‌های سوخته
- ضمناً وضعیت کلید انتخاب‌گر کار پمپ روی تابلوی کنترل سامانه هیدرولیکی کنترل شود. معمولاً هر ۱۵ روز یک بار باید جای پمپ سرویس و پمپ رزرو در سامانه هیدرولیک شیر با تغییر وضعیت کلید انتخاب‌گر پمپ‌ها عوض شود.
- موارد زیر باید در هر شیفت کاری حداقل ۲ بار بازدید و برداشت شود:

- فشار آب در سمت محفظه حلزونی توربین

- فشار آب در پنستاک در قسمت بالادست شیر ورودی
- فشار روغن پمپ‌های هیدرولیکی
- فشار مخزن هوا/ روغن تحت فشار
- اختلاف فشار بین دو طرف شیر ورودی

#### ب- بازرسی‌های هفتگی

- بررسی و کنترل نشستی روغن از سروموتور هیدرولیک
- بررسی نشت آب از اطراف شیر و لوله‌های مرتبط به آن

#### ج- بازرسی‌های ماهانه

- کنترل تغذیه گریس به نقاطی از شیر و یاتاقان‌هایی که گریس‌کاری می‌شوند و رفع انسداد مسیر در صورت گرفتگی
- کنترل نشستی روغن از میل پیستون و هم‌چنین پکینگ انتهایی سروموتورهای محرک شیر
- کنترل و اندازه‌گیری نشستی آب از پکینگ محور شیر کروی و از آب‌بندهای شیر پروانه‌ای

#### د - بازرسی‌های سه ماهه

- کنترل وضعیت صافی‌ها و تمیزکاری آنها در صورت نیاز

#### ۴-۴-۳- برنامه نگهداری و تعمیرات شیر اصلی ورودی نیروگاه

علاوه بر فعالیت‌های مربوط به بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی روزانه، هفتگی و ماهانه، فعالیت‌های مربوط به نگهداری پیش‌گیرانه، آزمایش‌های مرتبط با نگهداری، بازرسی‌های دقیق تر که طی آن قسمت‌هایی از شیر ورودی دمونتاژ می‌شود و نیز بازرسی‌های همه‌جانبه و دمونتاژ به منظور تعمیرات اساسی باید با توجه به نوع شیر و شرایط بهره‌برداری از نیروگاه و استفاده از توصیه‌ها و دستورالعمل‌های سازنده انجام گیرد.

پیشنهادات کلی مربوط به بازرسی‌ها و نگهداری مربوط به شیرهای ورودی که می‌تواند به عنوان راهنما مورد استفاده کارکنان نیروگاه قرار گیرد، به شرح زیر است:

#### ۴-۴-۳-۱- بازرسی‌ها و نگهداری سالانه

##### الف - شیر اصلی ورودی

- اندازه‌گیری فشار سیال مربوط به مکانیزم آب‌بندی شیر (آب‌بند بالادست در مورد شیر کروی)
- کنترل عملکرد شیر تعویض جهت آب‌بند و سروموتور

- کنترل عملکرد صحیح «کلیدهای حدی» مربوط به وضعیت باز و بسته شیر و وضعیت قفل بودن سروموتورها، به‌وسیله صدای زنگ و سرویس آن
- بازرسی سامانه تغذیه گریس‌کاری به نقاط گریس‌کاری شونده و برطرف کردن انسداد در صورت بروز
- بررسی وضعیت سفت بودن کلیه پیچ‌های به‌کار رفته در شیر، فلانچ‌ها و اتصالات دیگر
- اندازه‌گیری فشار سیال مربوط به مکانیزم آب‌بندی شیر (آب‌بند بالادست در مورد شیر کروی)
- اندازه‌گیری مقدار آب نشتی از محل آب‌بند محور شیر و اصلاح آب‌بند در صورت وجود نشتی بالاتر از مقدار مجاز

#### ب - شیر مسیر کنارگذر (بای پاس)

- آزمایش عملکرد شیر بوبینی تعویض جهت، مربوط به شیرهای کنارگذر با مکانیزم هیدرولیکی
- کنترل عملکرد کلیدهای حدی وضعیت باز و بسته بودن شیرهای سامانه کنارگذر به‌وسیله صدای زنگ
- کنترل شل بودن پیچ‌های مربوط به اتصالات سامانه کنارگذر
- اندازه‌گیری نشتی آب از محل آب‌بند شیرهای کنارگذر و اصلاح آب‌بند در صورت وجود نشتی بالاتر از مقدار مجاز

#### ج - سروموتور شیر ورودی

- کنترل نشتی روغن از سروموتورهای اصلی شیر ورودی توربین و مقایسه آن با مقادیر مجاز

#### د - آزمایش‌ها و کنترل‌ها

- کنترل زمان باز و بسته شدن شیر ورودی
- کنترل زمان باز و بسته شدن شیرهای کنارگذر
- آزمایش عملکرد شیر اینترلاک (توسط پمپ مخصوص تست) و تنظیم شیر اینترلاک (در حداقل ۸۰ درصد فشار- استاتیک)
- کنترل عملکرد و اندازه‌گیری زمان‌های مربوط به توالی زمانی عملکرد شیر<sup>۱</sup>
- کنترل و تمیزکاری صافی‌ها و فیلترها و تعویض اجزای فیلتر سامانه روغن هیدرولیک (در صورت نیاز)

#### ه - سایر موارد

- اندازه‌گیری میزان نشتی آب و روغن از کلیه شیرها و لوله‌های مربوط به شیر اصلی و سامانه هیدرولیک آن
- کنترل شل بودن پیچ‌ها
- کنترل تکیه‌گاه‌های لوله‌ها از نظر احتمال شل بودن و یا صدمه دیدن آنها

- کنترل وضعیت فونداسیون شیر و انکربولت‌ها
- کنترل سوییچ‌های سطح روغن مربوط به سامپ روغن و تانک فشار روغن
- کنترل سوییچ‌های فشار روغن تانک فشار
- کنترل مکانیسم تزریق هوای فشرده تانک فشار و عملکرد دستی و اتوماتیک آن
- کنترل عملکرد الکتروپمپ‌های روغن واحد مولد قدر مستقر بر روی سامپ روغن
- کنترل شیرهای خلاص‌کننده الکتروپمپ‌ها مستقر بر روی سامپ روغن و تنظیم نقطه کار آن

#### ۴-۳-۲- بازرسی‌های دقیق و تعمیرات (برنامه‌ریزی نشده)

برای بازرسی‌های دقیق‌تر شیر اصلی ورودی، که طی آن اجزایی از شیر باید دمونتاز شود و نیز بازرسی‌های همه‌جانبه و تعمیرات اساسی، برنامه زمان‌بندی با دوره ثابتی را نمی‌توان توصیه نمود.

شرایط بهره‌برداری، تعداد زمان‌های بستن اضطراری شیر اصلی توربین (تحت جریان کامل آب) و کیفیت مواد و ساخت اجزای شیر در تعیین زمان بازرسی‌های دقیق و دوره تعویض آب‌بند (پکینگ)، رینگ آب‌بندی (برای شیر کروی) و سایر اجزای فرسوده شونده و نیز تهیه برنامه بازرسی همه‌جانبه و انجام تعمیرات اساسی موثرند.

موارد کلی درخصوص بازرسی‌های دقیق و تعمیرات فوق‌العاده به شرح زیر توصیه می‌شود:

#### الف - آب‌بند کف شیر ورودی

در صورتی که بعد از اندازه‌گیری نشستی آب، میزان آن از حد مجاز بیشتر باشد و با فشردگی بیشتر میزان نشستی تقلیل نیابد لازم است آب‌بند تعویض شود. دوره تعویض آب‌بند کف برای شیر کروی هر ۵ تا ۷ سال یک‌بار توصیه می‌شود.

#### ب- نشستی آب‌بند بالایی و آب‌بند پایینی

اندازه‌گیری نشستی آب‌بند بالا و پایین از طریق لوله تخلیه آب محفظه حلزونی باید انجام گیرد. چنان‌که نشستی مجاز اصلاح نشود، رینگ آب‌بندی شیر کروی و پکینگ مربوط به رینگ آب‌بندی باید تعویض شوند.

دوره تعویض این قطعات ۱۰ تا ۱۵ سال یک‌بار توصیه می‌شود.

#### ج- شیر تعویض جهت

عملکرد شیرهای بوبینی تعویض جهت (مربوط به مکانیسم هیدرولیکی عمل‌کننده شیر مسیرکنارگذر)، برای آب‌بندها و سروموتورها باید سالانه کنترل شود، پس از چند سال بهره‌برداری، این شیرها باید تعویض شوند.

دوره تعویض این شیرها ۱۵ الی ۲۰ سال یک‌بار توصیه می‌شود.

#### د- بازرسی همه‌جانبه داخل شیر

شیر اصلی باید از نظر وضعیت رنگ، شل بودن پیچ‌ها، کنترل سطح تماس آب‌بند (رینگ آب‌بندی و محل نشیمن در شیر کروی)، سطح داخلی از نظر صدمات بازرسی نمود. وضعیت دیسک شیر پروانه‌ای از نظر سطح آن، صفحات تقویت‌کننده و نواحی جوش

خورده یکسال بعد از اولین بهره‌برداری و بعد از آن هر ۵ الی ۷ سال یکبار باید بازرسی کامل شود و در صورت صدمات وارده، اقدامات اصلاحی و تعمیرات اساسی در مورد آن انجام گیرد.

#### ه - بازرسی همه‌جانبه شیر مسیر کنارگذر

وضعیت داخل شیر مسیرهای کنارگذر (معمولا از نوع سوزنی)، آب‌بندهای آن، عملکرد شیر تعویض جهت و قسمت‌های زانویی آن هر ۵ الی ۷ سال باید بازرسی شود. سطح تماس، محل نشیمن، میزان خوردگی سوزن، میزان نشتی آن باید کنترل شود. آب‌بند شیر هر ۵ الی ۷ سال باید تعویض شود. قسمت زانویی لوله‌ها در صورت خوردگی و کاهش ضخامت (بیش‌تر از ۲۰ درصد ضخامت طراحی شده)، باید تعویض شود. وضعیت کلیدهای حدی باید کنترل شود و در صورت نیاز تعویض گردد (حدود ۵ سال یکبار).

#### و - سروموتور شیر ورودی

بازرسی دقیق و همه‌جانبه سروموتور شیر ورودی از نظر نشتی از پکینگ کف سروموتور، وضعیت داخل از نظر فرسایش و صدمات وارده به داخل سیلندر و پیستون، نشت از پیستون، فشار سروموتور در هنگام باز و بسته شدن باید هر ۵ تا ۱۰ سال یکبار انجام شود. تعویض آب‌بند پایین هر ۵ تا ۷ سال یکبار در صورت نیاز و تعویض پوش‌های مربوط به سروموتور برای هر ۱۰ تا ۱۵ سال یکبار توصیه می‌شود.

#### ز - اجزای کنترل کننده

علاوه بر بازرسی سالانه و کنترل عملکرد صحیح سامانه کنترل، بازرسی دقیق از شیر کنترل باید انجام گیرد. شیر کنترل هر ۱۰ تا ۱۵ سال یکبار باید تعویض شود.

### ۴-۵- نگهداری و تعمیرات تجهیزات آبگیر نیروگاه

#### ۴-۵-۱- مقدمه

این بخش از راهنما، بازرسی‌های عمومی و کلیات مربوط به نگهداری و تعمیرات انواع دریچه‌ها و تجهیزات مورد استفاده در آبگیر نیروگاه را ارائه می‌دهد. در خصوص پنستاک‌ها و تونل‌های آبر نیروگاه این بخش از راهنما، پنستاک‌های فولادی و تونل‌های آبر با پوشش فولادی را مورد توجه قرار می‌دهد. برای نگهداری و تعمیرات مربوط به سازه آبگیر و پنستاک‌های بتنی به بخش ۴-۱۴ این راهنما مراجعه شود.

نگهداری و تعمیرات تجهیزات در شرایط عادی و اضطراری صورت می‌گیرد. بازرسی و نگهداری در شرایط عادی، طبق برنامه نگهداری و از پیش تعیین شده صورت می‌پذیرد. تناوب این بازرسی‌ها بسته به نوع تجهیز و موقعیت مکانی آن و با توجه به دستورالعمل‌های خاص طراحان و سازندگان هر یک از تجهیزات انجام می‌شود. در صورت هرگونه اشکال و یا رفتار غیرعادی تجهیزات، موارد به بخش خدمات مهندسی اطلاع داده می‌شود تا بازرسی‌های ویژه انجام گیرد. پس از بررسی



اشکالات و تجزیه و تحلیل داده‌ها، بخش مهندسی نظرات خود را برای انجام اقدامات اصلاحی به واحد تعمیرات منعکس می‌نماید.

بازرسی در شرایط اضطراری در اثر سوانح طبیعی مانند زلزله، سیل‌های مهم، و شرایط ویژه کارکرد برخی از تجهیزات ضرورت پیدا می‌کند. به عنوان مثال دریچه‌های سرویس آبگیر واحدهای بزرگ نیروگاهی، چنان‌که به صورت اضطراری فرمان بسته شدن سریع بگیرند، بعد از عملکرد، عموماً نیاز به بازرسی ویژه برای بررسی وضعیت آب‌بندها و چرخ‌ها دارند. همچنین شبکه‌های آشغال‌گیر پس از سیلاب‌های بزرگ به بازرسی‌های خارج از نوبت نیاز دارند.

بازرسی‌های ویژه در شرایط اضطراری توسط کارشناسان ذیصلاح و مجرب انجام می‌گیرد و در موارد خاص از مشاوره و همکاری سازندگان تجهیزات نیز استفاده می‌شود.

اولین بازرسی‌ها بلافاصله بعد از آبگیری مخزن انجام می‌شود و در این مرحله، تست‌های تر تجهیزات آبگیر صورت می‌گیرد و صحت عملکرد تجهیزات در شرایط واقعی سنجیده می‌شود. در این مرحله، تنظیمات مختلف برای چرخ‌های دریچه‌ها، آب‌بندها و تجهیزات کنترلی، موقعیت کلیدهای حدی وضعیت کاملاً باز و کاملاً بسته دریچه، کلید حدی موقعیت دریچه برای تعمیرات، کلید حدی موقعیت افتادگی دریچه از حالت کاملاً باز، وقتی در اثر نشستی روغن در مکانسیم هیدرولیک شیر نشستی وجود دارد، کلید حدی باز شدن دریچه در حد کم نسبت به وضعیت کاملاً بسته، بمنظور آبگیری تدریجی مجرای پایین دست، نقطه کار سویچ‌های فشار و سویچ‌های سطح و دمای روغن سامانه‌های بالابری هیدرولیکی دریچه، «اندیکاتور» مکانیکی دریچه، فشار روغن عملکرد سامانه‌های بالابری هیدرولیکی و سایر تنظیمات مربوط به دریچه‌ها انجام می‌شود. نتیجه تنظیمات در جداول و فرم‌های مربوط به راه‌اندازی اولیه تدوین می‌شود. این جداول مبنایی برای تنظیمات بعدی، پس از بازرسی‌ها، مانورها و تعمیرات اساسی تجهیزات خواهد بود.

#### ۴-۵-۲- فهرست کلی بازرسی و نگهداری تجهیزات آبگیر

##### ۴-۵-۲-۱- فهرست کلی بازرسی‌ها

بازرسی عادی دریچه‌ها، پنستاک‌ها و تجهیزات مرتبط با آبگیر نیروگاه به صورت ادواری و به طور کلی سالانه باید انجام شود. علاوه بر آن، بازدیدها و بررسی‌های «خارج از نوبت»<sup>۱</sup> به صورت فوق‌العاده (معمولاً بعد از هر پنج سال) باید انجام گیرد. بازرسی ویژه نیز پس از ایجاد شرایط اضطراری مانند سیل‌های مهم، زلزله و یا عملکرد اضطراری برخی از انواع دریچه‌های آبگیر و عملکرد مکرر شیرهای ورودی واحدهای بزرگ به صورت اضطراری، باید انجام شود.

برای انواع دریچه‌هایی که در آبگیر نیروگاه‌های آبی به کار می‌روند و پنستاک‌ها فهرست کلی بازرسی‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

## جدول ۴-۴- فهرست کلی بازرسی‌ها

## الف - پنستاک‌ها

عنوان بازرسی	سالانه	خارج از نوبت	ملاحظات
تکیه‌گاه‌ها	*	*	
اتصالات قابل انبساط	*	*	
سطوح خارجی	*	*	
سطوح داخلی	*	*	

## ب - دریچه‌ها

عنوان بازرسی	سالانه	خارج از نوبت	ملاحظات
بازرسی عمومی	*	*	برای انواع دریچه‌های آبگیر
آب‌بندها و نشیمن‌گاه آنها	*	*	برای انواع دریچه‌های آبگیر
قاب دریچه و مسیر حرکت آن	*	*	برای دریچه‌های با چرخ ثابت، قطاعی، کشویی، دریچه حلقوی قاب‌دار <sup>۱</sup>
مجموعه غلطک‌ها و چرخ‌ها	*	*	برای دریچه‌هایی با چرخ ثابت
لوله‌ها و بین‌های محور گردش	*	*	برای دریچه قطاعی
صفحه پوسته و قطعات سازه‌ای	*	*	برای انواع دریچه‌های آبگیر

## ج - بالابرها و دریچه‌ها

عنوان بازرسی	سالانه	خارج از نوبت	ملاحظات
بالابرمکانیکی و میله‌های رابط رزوه شده	*	*	
بالابرها و چرخ زنجیری	*	*	
جرتقیل‌ها و وینچ‌های ثابت	*	*	
بالابرها و هیدرولیکی	*	*	

## د - آزمایش بسته شدن دریچه‌ها

عنوان بازرسی	سالانه	خارج از نوبت	ملاحظات
آزمایش بسته شدن دریچه در شرایط تعادل فشار	*		
آزمایش بسته شدن اضطراری دریچه در شرایط جریان آب (عدم تعادل فشار دو طرف دریچه)	*	*	

## ه - سامانه لوله‌کشی تجهیزات کمکی

عنوان بازرسی	سالانه	خارج از نوبت	ملاحظات
لوله‌ها و اتصالات - سطوح خارجی	*		
لوله‌ها و اتصالات - سطوح داخلی		*	
شیرهای کنار گذر	*	*	
شیرهای کنترل و تنظیم فشار	*	*	

## ۴-۵-۲- شرح بازرسی‌ها و نگهداری پنستاک‌ها

## الف - تکیه‌گاه‌ها

## سالانه

- تکیه‌گاه‌های بتنی از نظر بروز ترک یا علایم حرکت طولی بازرسی شود (برای جزئیات به بخش ۴-۱۴ «نگهداری سازه‌ای و ساختمانی نیروگاه» مراجعه شود)
- تکیه‌گاه‌های کشویی (لغزنده) از نظر روغن کاری بازرسی و سطوح خارجی آن تمیز شود.
- از صحت و روانی سطوح لغزشی اطمینان حاصل گردد.

## ب - اتصالات قابل انبساط

## سالانه

- نشستی در محل آب‌بندها کنترل گردد و در صورت امکان اتصال محکم شود.
- سطوح لغزشی باید عاری از گرد و غبار و پوسته شدگی باشد. سطوح به اندازه کافی تمیز شود.

## خارج از نوبت

- آب‌بند قدیمی باز شود، نشیمن‌گاه آب‌بند و سطوح لغزشی تمیز گردد و آب‌بند جدید نصب گردد.

## ج - سطوح خارجی

## سالانه

- سطوح بازرسی شود. وضعیت رنگ و میزان خوردگی بررسی گردد.
- توجه خاصی به پرچ‌ها، پیچ‌ها و جوش‌ها مبذول شود.
- سطوح خورده شده یا پوسته شده با سندبلاست یا روش‌های قابل قبول دیگر آماده رنگ آمیزی مجدد شود و به‌وسیله رنگ مناسب پوشش داده شود.
- لوله‌های فولادی، در قسمت‌های بیرون از بتن، معمولاً دارای پوشش گالوانیزه و یا رنگ مناسب می‌باشد. برای ترمیم، این سطوح باید کاملاً تمیز و سندبلاست شوند و روی آنها با ضخامت کافی رنگ زده شود.
- نشستی از محل آب‌بند مسیرهای آدم‌رو، تخلیه‌کننده‌ها یا لوله‌های آب‌رسان کنترل شود.

## د - سطوح داخلی

## سالانه

- سطوح بازرسی شود و وضعیت رنگ، میزان خوردگی و خسارات ناشی از کاویتاسیون بررسی گردد.
- به اتصالات پرچ‌ها، جوش‌ها و پیچ‌ها توجه خاصی مبذول شود.
- شرایط تسمه‌های نگه‌دارنده و نشیمن‌گاه‌ها در محل اشعاب کنترل شود.

- سطوح خورده شده و یا صدمه دیده از نظر پوشش و رنگ، با کمک سندبلاست و یا سایر روش‌های قابل قبول آماده شده و به‌وسیله رنگ مناسب، پوشش داده شود.

#### خارج از نوبت

- سطوح داخلی که با لکه‌گیری و ترمیم موضعی قابل اصلاح نمی‌باشد، به طور کامل سندبلاست شده، سپس به طور کامل رنگ‌آمیزی شود.

### ۴-۲-۳- شرح بازرسی‌ها و نگهداری دریچه‌های آبگیر

#### الف - بازرسی عمومی (برای انواع دریچه‌های آبگیر شامل چرخ‌دار، قطاعی و کشویی)

##### سالانه

- کلیه قطعات و اجزای در معرض هوا و یا در دسترس، از نظر خوردگی، خرابی رنگ یا هر نوع صدمه دیگر بازرسی شود.
- پنستاک یا مجرای آب‌رسان اصلی، تخلیه و قسمت پایین دست دریچه راس بازرسی شود.
- در مواردی که دریچه محافظ موجود است، قسمت بالادست نیز بازرسی شود و اگر امکان دارد دریچه در کل مسیر عملکرد، حرکت داده شود.

#### خارج از نوبت

- استاپ‌لاگ‌ها یا دریچه‌های فرازبند نصب شود تا قسمت‌هایی از دریچه آبگیر (سرویس و اضطراری) که در حالت عادی قابل بازرسی نیستند کنترل گردد.
- در صورت ضرورت، دریچه از محل خود حرکت داده شود یا دمونتاژ گردد تا آب‌بندها و یا هدایت‌کننده‌های معیوب تعویض گردند.
- خرابی رنگ با سندبلاست و رنگ مجدد ترمیم شود و صدمات دیگر نیز برطرف گردد.

#### ب - آب‌بندها و نشیمن‌گاه آنها (برای انواع دریچه‌های آبگیر)

##### سالانه

- نشیمن‌های زیادتر از حد مجاز با تنظیم آب بند کنترل شود یا در صورت لزوم آب‌بند تعویض شود. عدم اصلاح به موقع آب‌بندهای معیوب و تداوم نشیمن‌های بالاتر از حد مجاز می‌تواند موجب بروز خسارات زیاد شود.
- در محل‌های قابل دسترسی، آب‌بندهای لاستیکی از نظر ترک یا دیگر علائم خرابی و آب‌بندهای برنزی از نظر استهلاک و فرسایش ناشی از پدیده کاویتاسیون یا ساییدگی بازرسی شود.
- کلیه قطعات و اجزای در معرض هوا و یا در دسترس، از نظر خوردگی، خرابی رنگ یا هر صدمه دیگر بازرسی شود.

#### خارج از نوبت

- مجرا از آب تخلیه شود، آب‌بندها، نگه‌دارنده آب‌بندها و پیچ‌ها از نظر فقدان یا خرابی کنترل گردد.
- جریان آب در آب‌بندهایی که تحت فشار آب عمل می‌کنند با بازدید از لوله‌های آب و خروجی‌های آنها بررسی شود.

- نشیمن گاه آب‌بندها، صفحات فولادی دیواره، نشیمن گاه دریچه و بتن مجاور از نظر استهلاک یا صدمات دیگر کنترل گردد.
- مستهلک شدن غیرمتعارف آب‌بندها و یا نشیمن گاه آنها که ناشی از عدم تنظیم آب بندها می‌باشد مورد توجه قرار گیرد.

### ج - قاب دریچه با چرخ‌های ثابت و مسیر حرکت آن

#### خارج از نوبت

- بازرسی کامل دریچه سرویس و اضطراری و مسیر حرکت آن، اغلب مستلزم نصب دریچه‌های فرازبند (دریچه راس) یا استاپ‌لاگ‌ها، استفاده از غواص یا یک وسیله قابل کنترل از راه دور در زیر آب (دوربین‌های متحرک قابل استفاده در زیر آب) می‌باشد.
- در مسیر حرکت غلطک‌ها یا چرخ‌ها، تغییر شکل، خوردگی و فقدان پیچ، یا گیره‌ها باید بررسی شود.
- در بازرسی دریچه، تغییر شکل، خوردگی و خسارت ناشی از کاویتاسیون و یا فقدان پیچ‌ها بررسی گردد.

### د - مجموعه چرخ‌ها و غلطک‌ها (برای دریچه‌های چرخ‌دار)

#### خارج از نوبت

- بیرون آوردن یا دمونتاز دریچه معمولاً برای بازرسی مجموعه غلطک و چرخ الزامی است. مجموعه غلطک از نظر صدمات وارده بر غلطک، پین‌ها یا میله‌های رابط، کنترل شود.
- غلطک‌ها و چرخ‌ها از نظر روانی حرکت، صاف شدن مقاطعی از آن یا دیگر علائمی که نشان از وجود لغزش به جای غلطش باشد، مورد بازرسی قرار گیرند.
- یاتاقان‌های ضد اصطکاک<sup>۱</sup> (از جمله انواع غلطکی این نوع یاتاقان‌ها) از نظر روانی، روغن کاری کافی و خوردگی بررسی شده و در صورت نیاز تعویض گردد.
- پوش‌های برنزی نیز از نظر وجود خش در سطوح تماسی یا روغن کاری مناسب کنترل شود.
- کاسه نمد یاتاقان‌ها در صورت مشاهده هر نوع علائم صدمه دیدگی تعویض گردد.
- یاتاقان‌های غلطکی نیز از نظر خش، خوردگی یا هر صدمه دیگر بازرسی شود. در یاتاقان‌های غلطکی با بوش خودروانکار، بعلا عکس‌العملی الکترولیتی گرافیت داخل بوش، بعد از مدتی خوردگی ایجاد می‌شود، در این صورت پوش‌ها با نوع غیر گرافیتی خود روانکار یا بوش برنزی ساده همراه با نوعی سامانه روغن کاری تعویض شود.

## ه - لولاها و پین‌های محور گردش (برای دریچه‌های قطاعی)

### سالانه

- شرایط عمومی لولاها و پین‌های محور گردش از نظر خم‌شدگی یا صدمات دیگر کنترل شود.
- بازرسی به منظور اطمینان از روغن‌کاری صحیح آنها صورت گیرد.
- بتن مجاور انکرها یا پین‌های محور گردش از نظر ترک یا خورد شدن بررسی گردد.

## و - قاب دریچه‌های کشویی و مسیر حرکت آنها

### سالانه

- در صورت وجود دسترسی، مسیر جریان از نظر فرسایش ناشی از کاویتاسیون، خوردگی یا دیگر صدمات کنترل گردد.
- محفظه دریچه از نظر ترک یا نشست آب‌بند بررسی شود.
- نشستی بیش از اندازه میله رابط دریچه و میله نشانگر موقعیت، بررسی و در صورت لزوم آب‌بندها محکم گردند.
- اگر محفظه دریچه دارای محل تخلیه در پایین محفظه می‌باشد گل و لای جمع شده در آن محل، تخلیه شود.

### بازدید خارج از نوبت

- دریچه دمونتاژ شده و از نظر ترک، خوردگی و فرسایش ناشی از کاویتاسیون یا صدمات دیگر بازرسی شود.
- داخل محفظه دریچه در صورت نیاز، سندبلاست شده و مجدداً رنگ زده شود.

## ز - بدنه دریچه، صفحه پوسته و قطعات سازه‌ای (برای انواع دریچه‌های مورد استفاده در سامانه آبگیر)

### سالانه

- نقاط قابل دسترسی از نظر خوردگی، فرسایش ناشی از کاویتاسیون، فقدان پیچ‌وپیچ یا هر صدمه دیگر بازدید شود.

### خارج از نوبت

- دریچه بیرون آورده شود یا آنکه دریچه‌های فرازبند نصب شود تا با تخلیه آب، بازرسی کل دریچه امکان‌پذیر باشد.
- پایین دریچه از نظر فرسایش ناشی از کاویتاسیون بازرسی گردد. در صورت لزوم با سندبلاست یا روش‌های قابل قبول دیگر، دریچه تمیز شده و رنگ آمیزی مجدد گردد.
- اعضای سازه‌ای از نظر ترک در جوش‌ها، فقدان و یا صدمه دیدن پیچ‌ها و پرچ‌ها یا صدمات دیگر بازرسی شود.

## ۴-۲-۵-۴ - بالابرها دریچه‌ها

### الف - بالابرها مکانیکی و میله‌های رابط رزوه شده

### سالانه

- جعبه دنده‌ها از نظر نشستی یا دیگر صدمات بازرسی شود.
- عدم هم محوری کوپلینگ موتور کنترل گردد.
- روغن جعبه دنده‌ها از نظر سرایت آب و سطح مناسب روغن بررسی شود.

- پوشش گریس چرخ‌دنده‌ها، میله‌های رابط و مهره‌های آنها از نظر گرد و غبار و آلودگی‌های دیگر بازدید گردد.
- چرخ‌دنده‌ها، میله‌های رابط و مهره‌های آنها از نظر استهلاک، پوسته شدگی یا دیگر صدمات بازرسی شوند.
- در گریس کاری یاتاقان‌ها و دیگر اعضای دارای گریس خور، از به کار بردن گریس اضافی که باعث جذب گرد و غبار شود و همچنین به کاسه نمد صدمه زند جلوگیری گردد.
- در زمان آزمایش عملکرد، سر و صدای غیرمتعارف و لرزش زیاد و غیرمعمول مورد بررسی قرار گیرد.

#### خارج از نوبت

- روغن جعبه دنده‌ها تخلیه و روغن جدید اضافه شود.
- پوشش گریس دنده‌ها و میله‌های رابط تمیز شوند و مجدداً با گریس جدید پوشیده شوند.
- در صورت امکان چرخ‌دنده دمونتاز گردد تا وضعیت دنده‌ها، یاتاقان‌ها یا دیگر اعضای غیر قابل دسترس برای اطمینان از عملکرد عادی، بازدید شود.

#### ب - بالابرهاى چرخ زنجیری

##### سالانه

- خوردگی و تغییر شکل لینک‌ها و پین‌ها بازرسی شود.
- دندانه‌های چرخ زنجیر بازدید گردد.
- از روغن مناسب برای روغن کاری زنجیرها استفاده شود.
- سطح روغن و احتمال اضافه شدن آب به روغن در جعبه دنده‌ها بررسی شود.
- پوشش گریس چرخ‌دنده‌ها از نظر گرد و غبار و شرایط کلی بازرسی شود.
- پولی‌ها، درام و یاتاقان‌های شافت چرخ‌دنده‌ها که گریس خور روی آنها تعبیه شده به میزان لازم گریس کاری شود (به طوری که مقدار آن بیش از اندازه نباشد و موجب خرابی کاسه نمدها نشود).
- چرخ‌دنده‌ها از نظر مستهلک شدن غیر متعارف یا علایم عدم هم محوری یا پوسته شدگی کنترل شود.
- کفشک‌ها و درام ترمز از نظر علایم بیش از حد گرم شدن یا صدمات دیگر بازرسی گردد.

#### خارج از نوبت

- روغن جعبه‌دنده‌ها تخلیه و روغن جدید جایگزین آن شود.
- پوشش گریس دنده‌ها تمیز شده و مجدداً با گریس تازه گریس کاری شود.
- دنده‌ها، یاتاقان‌ها و دیگر اجزا که به صورت عادی در دسترس نمی‌باشند دمونتاز شده و وضعیت کلی آنها بررسی شود.

#### ج - جرثقیل‌ها و وینچ‌های ثابت

##### سالانه

- سیم بکسل از نظر بریدگی، فرسودگی، ساییدگی، خوردگی، ضربه دیدگی یا لهیدگی بازرسی گردد.
- طناب، درام، پولی‌ها از نظر فرسایش مورد بازرسی قرار گیرد. در صورت امکان تمام طول سیم بکسل روغن کاری شود.

- سطح روغن و احتمال اضافه شدن آب به روغن در جعبه دنده‌ها بررسی گردد.
- پولی‌ها، درام و یاتاقان شافت دنده‌ها که دارای گریس خور می‌باشند گریس کاری شود.
- استهلاک غیر متعارف، پوسته شدگی سطح یا علایم عدم هم محوری دنده‌ها کنترل گردد.
- شرایط کفشک‌ها و درام ترمز از جهت بیش از اندازه گرم شدن یا دیگر صدمات بررسی شود.

#### خارج از نوبت

- روغن جعبه دنده‌ها تخلیه و روغن جدید جایگزین شود.
- پوشش گریس دنده‌ها تمیز و مجدداً با گریس تازه گریس کاری شود.

### د - بالابرهاى هیدرولیکی

#### سالانه

- کل سامانه هیدرولیک شامل لوله‌ها، شیرها و کاسه نمدها از نظر نشتی بازرسی شود.
- آب و گل و لای جمع شده در مخزن روغن و انتهای پایینی سیلندرهای هیدرولیک تخلیه شود.
- بعد از به کاراندازی سامانه به اندازه‌ای که روغن و مواد آلاینده کاملاً در هم مخلوط شده باشند، از روغن نمونه‌گیری شود.
- نمونه روغن از نظر مقدار آب، ویسکوزیته، اسیدیتته و آلاینده‌های جامد بررسی شود. بعد از آزمایش روغن، با توجه به نتایج آزمایش، در صورت ضرورت روغن تخلیه و تصفیه گردد و مخزن روغن با پارچه تمیز پاک گردد، در صورت کم بودن روغن، حجم آن به مقدار لازم اضافه شود تا سطح مناسب روغن در مخزن تامین گردد. توجه شود نوع روغن اضافه شده دقیقاً مشابه روغن اصلی (اولیه) و با ویسکوزیته یکسان باشد.
- فیلتر روغن تمیز یا تعویض گردد.
- نمایش‌گرها و سویچ‌های فشار کالیبره شود.
- تنظیم و عملکرد شیرهای فشارشکن کنترل شود.
- دریچه در شرایط تعادل فشار یک سیکل کامل باز و بسته شود، زمان لازم برای باز و بسته شدن کنترل گردد و دقت شود صدای غیرمعمول و یا ارتعاش اضافی در سامانه موجود نباشد. اگر به زمان باز و بسته شدن مقدار قابل توجهی اضافه شده باشد، علت‌یابی شود.
- وضعیت سطح میله پیستون از نظر زنگ‌زدگی، خراشیدگی یا دیگر شرایطی که می‌تواند در عملکرد سامانه تاثیر بگذارد یا باعث نشتی شود کنترل گردد.
- موقعیت نمایش‌گر پیستون بررسی شود و از وضعیت طناب، پولی‌ها، زنجیر، چرخ زنجیر و حرکت آنها اطمینان حاصل شود.

#### خارج از نوبت

- سرسیلندر برداشته شود. بدنه سیلندر از نظر خوردگی یا خراشیدگی بررسی شود.
- وضعیت میله پیستون و کوپلینگ آن کنترل گردد. از پوشش گریس ضد آب برای کوپلینگ‌های در معرض رطوبت یا زیر آب استفاده شود.



## ۴-۵-۲-۵- آزمایش بسته شدن دریچه‌ها

## الف - نکات اساسی

- آزمایش انسداد دریچه‌های آبگیر نیروگاه یا پایاب به صورت دوره‌ای لازم می‌باشد (با توجه به دستورالعمل‌های سازنده و یا مشاور بهره‌بردار)، تا نیاز به تعمیر آنها مشخص گردد. بعضی دریچه‌ها، در حالت تعادل فشار مورد آزمایش قرار می‌گیرند و بعضی دیگر که قابلیت بسته شدن اضطراری را در شرایط حداکثر جریان آب دارا می‌باشند، تحت فشار آزمایش می‌شوند.
- در شرایط اضطراری مثل عمل نکردن شیر ورودی توربین، دریچه‌های تنظیمی توربین، شکستگی در پنستاک، شکستگی پین‌های برشی مربوط به دریچه‌های تنظیمی توربین و یا عدم کنترل گاورنر روی دریچه‌های تنظیمی (به خصوص وقتی واحدها دارای شیر ورودی نیستند)، تنها دریچه محافظ می‌تواند جهت انسداد جریان استفاده گردد. منظور از این آزمایش، حصول اطمینان از عملکرد این دریچه‌ها در مواقع بهره‌برداری اضطراری می‌باشد.
- مراحل آزمایش باید به صورت صحیح دنبال گردد. اگر در مورد صحت مراحل آزمایش تردیدی وجود دارد یا دستورالعمل آزمایش برای دریچه خاصی در دسترس نباشد، لازم است پس از بررسی فنی و حصول اطمینان کافی از صحت عملیات، آزمایش آغاز شود.
- آزمایش انسداد اضطراری باید در برنامه نگهداری معمول تجهیزات گنجانده شود.

## ب - آزمایش بسته شدن دریچه‌ها در شرایط تعادل فشار (برای دریچه‌های سرویس و اضطراری آبگیر)

سالانه

- آزمایش بسته شدن دریچه تحت شرایط تعادل فشار و بدون جریان انجام گردد. مراحل آزمایش به دقت و براساس آنچه که در دستورالعمل هر دریچه اعلام شده است، انجام گیرد. دستورالعمل آزمایش باید مخصوص دریچه مورد آزمایش باشد و نه مورد مشابه آن.
- در صورت موجود نبودن دستورالعمل و یا عدم اطمینان، با سازنده و یا مشاور ذیربط تماس حاصل شود.

## ج - آزمایش بسته شدن اضطراری دریچه سرویس و اضطراری در شرایط جریان

با تناوب معمولاً ده ساله

- آزمایش بسته شدن دریچه تحت شرایط جریان کامل باید براساس دستورالعمل دریچه مربوطه انجام شود. دستورالعمل باید مخصوص دریچه مورد آزمایش باشد و نه مورد مشابه آن.
- در صورت موجود نبودن دستورالعمل یا عدم اطمینان، با سازنده دریچه و یا کارشناسان ذیربط تماس حاصل شود.

## ۴-۵-۲-۶- شرح بازرسی‌های سامانه لوله‌کشی تجهیزات کمکی دریچه‌ها

## الف - لوله‌ها و اتصالات آنها - سطوح خارجی

سالانه

- بازرسی چشمی از تمام رزوه‌ها، جوش‌ها و اتصالات فلنجی از نظر نشتی یا خوردگی انجام شود. در صورت نیاز لوله‌ها و اتصالات تعویض یا محکم شوند.

- تکیه‌گاه‌ها و سازه نگاه‌دارنده لوله‌ها کنترل گردند تا از تحمل بار وارده و محکم بودن آنها اطمینان حاصل گردد.
- پوشش رنگ از نظر ترک، پوسته شدگی یا دیگر مشکلات بررسی شود. خوردگی‌ها به وسیله برس سیمی، سندبلاست یا هر روش قابل قبول دیگر تمیز شده و مجدداً سطوح رنگ زده شود.

### ب - لوله‌ها و اتصالات آنها - سطوح داخلی

#### خارج از نوبت

- به صورت موضعی لوله‌کشی دمونتاژ شود یا به وسیله آزمایش‌های غیرمخرب شرایط سطوح داخلی معین گردد.
- ضخامت لوله اندازه‌گیری شود و با ضخامت اولیه آن مقایسه گردد.

### ج - شیرهای کنارگذر

#### سالانه

- کاسه نمد میله رابط شیر از نظر نشستی بررسی شود و در صورت لزوم اتصال نگاه‌دارنده محکم گردد.
- شیر در تمام محدوده کاریش آزمایش شود.
- درحالتی که شیر تحت فشار، کاملاً بسته باشد، در صورت وجود نشستی، صدای جریان عبوری شنیده می‌شود. در این حالت تصحیحات لازم انجام شود.
- میله رابط، نشیمن‌گاه مسدود کننده شیر و دیگر اعضای شیر با روغن مناسب روغن کاری شود.

#### خارج از نوبت

- بعد از دمونتاژ شیر، وضعیت بدنه، میله رابط و سطوح آب‌بند بررسی شود و تعمیرات لازم انجام شود.
- کاسه نمد قبلی میله رابط شیر بیرون آورده شده و کاسه نمد جدید نصب گردد.

### د - شیرهای کنترل و تنظیم فشار

#### سالانه

- عملکرد و تنظیمات شیرهای فشارشکن و تنظیم کننده جریان بررسی شود.

#### خارج از نوبت

- شیرها دمونتاژ شده و هرگونه پوسته شدگی یا پله‌ای شدن سطوح که مانع عملکرد عادی شیر می‌گردد برطرف شود.
- مجدداً شیر مونتاژ شده، عملکرد و تنظیمات آن کنترل گردد.

### ۴-۵-۳- فهرست تفصیلی بازرسی‌ها و نگهداری اجزای دریچه‌ها و تجهیزات سامانه آبیگیر نیروگاه

جداول (۴-۵) الی (۴-۹) فهرست تفصیلی بازرسی‌ها و نگهداری برای انواع دریچه‌ها و تجهیزات قابل استفاده در سامانه آبیگیر

نیروگاه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۵- فهرست بازرسی‌های عمومی انواع دریچه‌های آبگیر نیروگاه

عنوان بازرسی	سالانه	خارج از نوبت	ملاحظات
بازرسی چشمی کلیه قطعات	*		
حرکت دریچه در مسیر عملکرد	*		
جایگذاری دریچه	*	*	در مورد دریچه‌های فرازبند و استاپلاگ‌ها
هدایت کننده‌ها	*	*	
رنگ		*	
آب بندها	*	*	
نشیمن گاه آب بندها	*	*	
قاب دریچه و مسیر حرکت آن	*	*	
مسیر حرکت غلطک‌ها	*	*	در مورد دریچه‌های قطاعی و چرخ‌دار
چرخ‌ها و غلطک‌ها:		*	در مورد دریچه‌های قطاعی و چرخ‌دار
پین‌ها و میله‌های رابط	*		
سطوح بیرونی	*		
یاتاقان‌ها	*		
کاسه نمد	*		
لولاهای و پین‌های محور گردش	*	*	در مورد دریچه‌های قطاعی
صفحه پوسته و قطعات سازه‌ای	*	*	در مورد دریچه‌های قطاعی و چرخ‌دار

یادآوری:

این جدول موارد عمومی برای انواع دریچه‌هایی است که می‌تواند در سامانه آبگیر نیروگاه به کار رود. (با عطف توجه به توضیحات ذکر شده در ستون ملاحظات)

جدول ۴-۶ - برنامه بازرسی‌های دوره‌ای اجزای استاپلاگ

شرح اجزا	نوع بازرسی	دوره بازرسی (ماه)
۱- بدنه دریچه	- کنترل پوشش محافظ	۱۲
	- بازدید اتصالات جوشی از نظر ترک	۱۲
	- بازدید کلیه قسمت‌های بدنه از نظر تغییر فرم	۱۲
	- کنترل محکم بودن اتصالات پیچی	۱۲
۲- محل اتصال به تیر بالایر	- کنترل پوشش محافظ	۶
	- کنترل اتصالات جوشی از نظر ترک	۶
۳- آب‌بند	- کنترل آب‌بند از نظر پارگی یا هر نوع صدمه	۶
۴- غلطک‌ها (در صورت وجود)	- بازدید از نظر وجود خراش یا صدمه دیدن سطوح لغزشی	۶

جدول ۴-۷- برنامه بازرسی‌های دوره‌ای اجزای دریچه‌های چرخ‌دار

شرح اجزا	نوع بازرسی	دوره بازرسی (ماه)
۱- پدنه	- بازدید پوشش محافظ	۱۲
	- ترک در اتصالات جوشی	۱۲
	- تغییر شکل قطعات	۱۲
	- بازدید اتصالات پیچی	۱۲
۲- محل اتصال به بالابر	- بازدید پوشش محافظ	۶
	- ترک اتصالات جوشی	۶
	- اتصالات پیچی	۶
۳- چرخ‌ها	- سطح لغزشی	۶
	- هم‌راستایی	۶
	- فنرها	۱۲
۴- آب‌بندها	بازدید و تنظیم	۶
۵- غلطک‌ها	- خراش و صدمه دیدن سطوح لغزشی	۶
۶- وسیله نگه‌دارنده دریچه	- بازدید پوشش محافظ و تمیز بودن	۶
	- بازدید و اطمینان از محکم بودن اتصالات	۶

جدول ۴-۸- برنامه بازرسی‌های دوره‌ای اجزای دریچه‌های قطاعی

شرح اجزا	نوع بازرسی	دوره بازرسی (ماه)
۱- سازه فولادی	بازرسی خوردگی به صورت چشمی بازرسی پیچ‌ها از نظر «ترک» و پوشش محافظ	۱۲
۲- میله‌های مهارری با استحکام بالا <sup>۱</sup>	کنترل «ترک» پیچ‌های میل مهارها	۱۲
۳- جوش‌های سازه	بازرسی چشمی	۱۲
۴- آب بندها	بازرسی چشمی	۶
۵- محور چرخش <sup>۲</sup>	بازرسی چشمی	۱۲
۶- غلطک‌های جانبی	بازرسی چشمی	۱۲
۷- تکیه‌گاه سروموتور یا بالابر	بازرسی چشمی و روغن کاری	۱۲
۸- وسیله نگه‌دارنده دریچه <sup>۲</sup>	بازرسی چشمی	۱۲
	بازرسی عملکرد	۶
۹- نردبان‌ها، نرده‌ها و سکوها	بازدید اتصالات	۱۲

- 1- High Strength Anchors  
2- Gate Trunnions  
3- Dogging Device

جدول ۴-۹- فهرست بازرسی‌های عمومی بالابرها دریاچه‌ها

عنوان بازرسی	سالانه	خارج از نوبت	ملاحظات
۱- بالابرها مکانیکی با میله‌های رابط			
جعبه دنده	*		
سطح روغن			
نشستی			
کیفیت روغن			
گریس کاری چرخ‌دنده‌های منفرد	*		
میله‌های رابط و مهره‌ها	*		
۲- بالابرها چرخ زنجیری			
روغن کاری زنجیر	*		
جعبه دنده:	*	*	
سطح روغن			
نشستی			
کیفیت روغن			
خوردگی و تغییر شکل لینک‌ها و بین‌های زنجیر	*		
پوشش گریس چرخ زنجیر	*	*	
پولی‌ها	*		
درام	*		
یاتاقان‌ها	*	*	
کفشک و درام ترمز	*		
۳- چرثقیل‌ها و وینچ‌های ثابت			
طناب	*		
درام	*		
پولی‌ها	*		
جعبه دنده	*	*	
یاتاقان‌ها	*		
کفشک درام ترمز	*		
۴- بالابرها هیدرولیکی			
کل سامانه هیدرولیک:	*		و قبل از هر مانور
پمپ‌های روغن			
مخزن روغن			
سیلندرهای هیدرولیک			
فیلتر روغن و سویچ فشار تفاضلی گرفتگی فیلتر			
گیج‌ها			
سویچ‌های فشار زیاد و کم روغن برای زمان باز و بسته شدن			
شیرهای فشار شکن			
میله پیستون و کوپلینگ آن	*	*	و قبل از هر مانور
نمایش‌گر موقعیت پیستون و سویچ‌های حدی مربوط به موقعیت‌های مختلف دریاچه	*		و قبل از هر مانور
سرسیلندر	*	*	و قبل از هر مانور
کدکننده‌های گردان (shaft encoder) برای قرائت از راه دور میزان گشودگی دریاچه	*		و قبل از هر مانور
سویچ دمای روغن در واحد مولد قدرت هیدرولیکی	*		و قبل از هر مانور
سویچ سطح روغن در واحد مولد قدرت هیدرولیکی	*		و قبل از هر مانور
مکانیزم تحت فشار نگاه‌داشتن روغن هیدرولیک در حالت کاملاً بسته و سویچ فشار مربوطه	*		و قبل از هر مانور

#### ۴-۶- بازرسی‌ها و نگهداری تجهیزات سامانه‌های کمکی مکانیکی نیروگاه

##### ۴-۶-۱- بازرسی‌ها و کنترل‌های عادی روزانه

طی هر شیفت کاری لازم است بازرسی‌های عینی و کنترل وضعیت کارکرد تجهیزات مربوط به سامانه‌های کمکی واحدها توسط بهره‌برداران نیروگاه انجام گیرد. پارامترهای مربوط به مشخصات کارکرد و مقادیر وسایل اندازه‌گیری روی تابلوهای کنترل محلی و روی دستگاه‌ها باید کنترل و طبق رویه‌های تدوین شده برای بهره‌برداران ثبت شود.

##### الف - بازرسی‌های عادی روزانه تجهیزات سامانه آب خنک کننده نیروگاه

در شروع هر شیفت و یا قبل از استارت واحد، باید حداقل موارد زیر بازرسی و کنترل گردد:

- بررسی وجود نشت آب در لوله‌کشی
- کنترل و ثبت فشار در نشان دهنده‌ها
- کنترل عملکرد صافی‌ها از نظر سرو صدا و ارتعاش
- کنترل دستی دمای الکتروپمپ‌ها
- بررسی اختلاف فشار در کلیدهای نشان دهنده اختلاف فشار (Differential Pressure Indication Switch) مربوط به فیلترهای آب و فیلترهای روغن. این ادوات گرفتگی فیلترها را نشان می‌دهد.
- کنترل نشان دهنده‌های روی تابلوی کنترل پمپ‌ها
- کنترل سویچ‌های فشار مسیرهای مکش و خروجی الکتروپمپ‌ها

##### ب - بازرسی‌های عادی روزانه تجهیزات سامانه هوای فشرده

در شروع هر شیفت و یا قبل از استارت واحد، باید حداقل موارد زیر بازرسی و کنترل گردد:

- بررسی وجود نشت هوای فشرده در مخازن، لوله‌کشی‌ها و شیرها
- نشت روغن از کمپرسورها
- بررسی ارتعاشات و سر و صدای غیرعادی تجهیزات
- تخلیه آب درون مخازن هوای فشرده
- کنترل چراغ‌های روی تابلوها
- کنترل نشان دهنده‌های مقادیر پارامترها روی تابلوهای تجهیزات
- کنترل عدم مخلوط شدن آب و روغن در کمپرسورهایی که مجهز به کولر آب/هوا می‌باشد.
- کنترل سویچ‌های دمای زیاد هوای فشرده و سویچ دمای زیاد روغن و سویچ جریان حجمی آب خنک کننده در کمپرسورها
- کنترل ترانسمیترهای فشار هوای فشرده

## ۴-۶-۲- نگهداری اجزای سامانه‌های کمکی مکانیکی

## ۴-۶-۲-۱- لوله‌کشی سامانه‌های کمکی و شیرها

## ۴-۶-۲-۱-۱- مقدمه

لوله‌کشی سامانه‌های کمکی مکانیکی در نیروگاه شامل لوله‌های سامانه آب خنک کننده، سامانه روغن هیدرولیک و روانکاری، سامانه هوای فشرده، سامانه آب آشامیدنی، سامانه «دریناژ» و تخلیه آب واحدها و سامانه اطفای حریق می‌باشد. لوله‌های سامانه‌های روغن در بیش‌تر مواقع نیاز به نگهداری و هم‌چنین بر طرف کردن نشتی‌ها به صورت موردی دارد. اغلب لوله‌های آب سامانه‌های کمکی به دلیل خوردگی نیاز به نگهداری و سرانجام تعویض دارد. طول عمر شیرها و لوله‌های سامانه آبی تا اندازه زیادی به ترکیبات خورنده و مواد معدنی آب و ضربه‌های قوچ بستگی دارد.

تعیین وضعیت داخلی لوله‌های آب معمولاً مشکل است. اشکال در این لوله‌ها ممکن است ابتدا به صورت یک نشتی یا خراب شدن یک شیر و یا اجزا دیگر ظاهر شود. اگر چه وقوع نشتی یا خراب شدن یک شیر ممکن است دو اتفاق مجزا باشند ولی معمولاً نشانه‌ای از وضعیت کل سامانه می‌باشد. از طریق بازرسی کلی وضعیت یک سامانه لوله‌کشی، می‌توان برای نگهداری سامانه و تعویض اجزا آن برنامه‌ریزی نمود و مانع از توقف ناخواسته واحد شد. دمونتاژ قسمتی از سامانه لوله‌کشی می‌تواند وضعیت کل سامانه را به خوبی نشان دهد ولی احتمال خسارت دیدن شیرها و لوله‌کشی‌های دمونتاژ شده وجود دارد. آزمون‌های غیرمخرب از قبیل آزمون پرتونگاری<sup>۱</sup> (RT) یا آزمون فراصوتی<sup>۲</sup> (UT) می‌تواند برای تعیین وضعیت اتصالات جوشی یک سامانه لوله‌کشی مورد استفاده قرارگیرد. آزمون پرتونگاری ضخامت دیواره لوله را نمایش نمی‌دهد ولی معیاری برای تعیین مقدار افزایش تدریجی قطر داخلی لوله و در نتیجه میزان زنگ‌زدگی ارائه می‌دهد.

مقاومت لوله‌های سامانه هوای فشرده ممکن است در اثر رطوبت بیش از حد وارد شده به آنها کاهش یابد. ذرات ناشی از زنگ‌زدگی و پوسته‌ای شدن برای ابزار بادی خطرناک است و باعث چسبیدن پیستون به سیلندرهای بادی می‌شود. اگر وجود رطوبت در لوله‌های هوا مشکل‌زا باشد باید یک رطوبت‌گیر یا یک خشک‌کن هوا نصب شود.

اگر یک سامانه لوله‌کشی به دلیل مشکل خوردگی دچار خرابی زودرس شود، تعویض آن با لوله‌های غیرفلزی سودمند خواهد بود. از لوله‌های «فایبرگلاس» و PVC به خوبی می‌توان در محیط‌های خورنده استفاده نمود. قبل از انتخاب هر یک از این مواد، به محدوده دما و فشار کار آن باید کاملاً دقت شود. در صورت استفاده از لوله‌های "PVC" و فایبرگلاس، باید از دستورالعمل‌های نصب به دقت پیروی شود. تجهیزات لازم برای آویزان کردن این لوله‌ها و دستورالعمل‌های نصب اتصالات آنها با لوله‌های فولادی کاملاً متفاوت است. لوله‌های فایبرگلاس و پلاستیکی نباید برای سامانه هوای فشرده مورد استفاده قرار گیرد.

1 - Radiographic Test (RT)

2 - Ultrasonic Test (UT)

## ۴-۶-۲-۱-۲- دوره‌های بازرسی

## الف - لوله‌ها و اتصالات - سطوح خارجی

سالانه

- بازرسی عینی کلیه اتصالات پیچی، جوشی و لبه‌دار و کنترل از نظر نشتی و خوردگی
- تعویض یا سفت کردن اتصالات یا لوله‌ها در صورت نیاز
- کنترل آویزها و تکیه‌گاه‌های لوله‌ها برای اطمینان از تحمل بار و سفت بودن میل مهارهای آنها
- آزمون رنگ برای تشخیص ترک خوردگی، خط افتادگی یا صدمات دیگر
- برطرف کردن خوردگی به وسیله برس سیمی، شن پاشی و یا روش‌های قابل قبول دیگر و سپس رنگ‌آمیزی

## ب- لوله‌ها و اتصالات - سطوح داخلی

موردی (خارج از برنامه)

- تعیین وضعیت سطوح داخلی از طریق دمونتاز قسمتی از لوله‌کشی‌ها و یا به کمک یکی از روش‌های آزمون غیرمخرب
- اندازه‌گیری ضخامت دیواره لوله‌ها و مقایسه آن با ضخامت اولیه

## ج - شیرهای دروازه‌ای، شیرهای کروی، شیرهای تویی

سالانه

- کنترل آب‌بند محور شیر از نظر وجود نشتی و سفت کردن آب‌بند (کاسه نمد) آن در صورت نیاز
- چندین دفعه باز و بسته کردن شیر در تمام محدوده حرکت آن
- گوش دادن به صدای نشتی شیر در زمان بسته بودن و تحت فشار بودن شیر و رفع عیب در صورت نیاز
- روغن‌کاری محور شیرها، نشیمن‌گاه شیرهای تویی و دیگر اجزایی که نیاز به روغن‌کاری اختصاصی دارند.

موردی (خارج از برنامه)

- دمونتاز شیر و بازرسی وضعیت بدنه شیر، محور و سطوح آب‌بندها و رفع عیب در صورت نیاز
- برداشتن آب‌بند محور شیر به صورت کامل و نصب آب‌بند جدید

## د - شیر یک طرفه

موردی (خارج از برنامه)

- کنترل نشتی شیر در فشار کامل کاری
- دمونتاز و تعویض یا سنگ زنی مجدد نشیمن‌گاه شیر در صورت نیاز



### ه - شیرهای تنظیم فشار و شیرهای اطمینان

سالانه

- کنترل عملکرد و تنظیم شیرهای تنظیم فشار و شیرهای اطمینان
- کنترل عملکرد خط فرمان بسته شدن اضطراری شیرهای تنظیم فشار

موردی (خارج از برنامه)

- دمونتاژ شیر و برطرف کردن موانع عملکرد آن
- مونتاژ مجدد و کنترل عملکرد و انجام تنظیمات شیرها

جدول ۴-۱۰- فهرست کلی بازرسی‌های ادواری شیرها و لوله‌کشی سامانه‌های کمکی

ردیف	اجزا	سالانه	موردی* (خارج از برنامه)
۱	لوله‌ها و اتصالات - سطوح خارجی	●	
۲	لوله‌ها و اتصالات - سطوح داخلی		●
۳	شیرهای دروازه‌ای، کروی و تویی	●	●
۴	شیرهای یک طرفه		●
۵	شیرهای تنظیم فشار و شیرهای اطمینان	●	●

(\* تعمیرات فوق‌العاده‌ای که با دوره زمانی معمولاً ۵ ساله و یا بیش‌تر انجام می‌شود.

#### ۴-۲-۲-۶- پمپ‌ها

#### ۴-۲-۲-۱- مقدمه

پمپ‌ها به دو دسته اصلی دینامیکی و جابه‌جایی مثبت تقسیم‌بندی می‌شوند. این تقسیم‌بندی براساس شیوه اعمال حرکت و فشار به سیال از طریق پمپ انجام می‌گیرد.

#### الف - پمپ‌های دینامیکی

پمپ‌های دینامیکی مقدار حرکت سیال را به‌وسیله پره‌های با دور بالا افزایش می‌دهد. در حین عبور سیال از منافذ و گذرگاه‌ها، مقدار حرکت آن افزایش پیدا کرده و سپس سرعت زیاد آن با عبور از یک مقطع واگرا به افزایش فشار تبدیل می‌شود. پمپ‌های دینامیکی به دو گروه گریزازمرکز و ویژه، نظیر پمپ‌های دفع‌کننده و هیدرولیکی تفکیک می‌شوند. در میان انواع پمپ‌های دینامیکی، پمپ‌های گریزازمرکز موارد کاربرد فراوان‌تری دارد.

#### ب - پمپ‌های جابه‌جایی مثبت

در این پمپ‌ها سیال به‌وسیله چرخ‌دنده، پیستون یا اجزا دیگر به سمت مجرای تخلیه منتقل می‌شود. این پمپ‌ها به دو گروه رفت و برگشتی مانند پمپ‌های پیستونی و یا دیافراگمی و دورانی مانند پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای، پیچی و پره‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند. پمپ‌های رفت و برگشتی پیستونی یا تلمبه‌ای در مواردی که دبی ثابتی در فشارهای مختلف موردنیاز باشد، مناسب می‌باشند. این پمپ‌ها توانایی تامین فشارهای خیلی بالا را دارا می‌باشند ولی ظرفیت آنها محدود است.

پمپ‌های جابه‌جایی مثبت دوار در موارد گوناگونی کاربرد دارند. یکی از موارد کاربرد فراوان این نوع از پمپ‌ها در سامانه‌های هیدرولیکی می‌باشد.

#### ۴-۶-۲-۲-۲- دوره‌های بازرسی پمپ‌ها

#### الف - پره پمپ و محفظه آن

##### سالانه

- بازدید پره در صورت وجود دریچه بازدید
- کنترل نشستی محفظه پمپ از اتصالات آب‌بندی شده و سفت کردن یا تعویض واشرهای آب‌بند در صورت نیاز
- قرائت مقدار جریان مصرفی موتور در حداکثر ظرفیت پمپ: کاهش مقدار جریان نشان‌دهنده کاهش مقدار حجمی جریان پمپ بوده و انجام تعمیرات ضروری است.

##### موردی (خارج از برنامه)

- دمونتاژ پمپ در صورت کاهش ظرفیت یا فشار، افزایش ارتعاشات یا سایر علائم نشان‌دهنده وجود عیب در کارکرد پمپ (و یا در زمان معینی که از تجربه تعمیرات قبلی حاصل شده است)
- کنترل قطعات فرسوده و تعمیر یا تعویض آنها

#### ب - محور و کوپلینگ

##### هفتگی

- کنترل چشمی محور و کوپلینگ از نظر خروج از مرکز یا ارتعاشات بیش از حد
- کنترل سفت بودن پیچ‌های کوپلینگ و سایر اجزا حساس آن
- روغن‌کاری در صورت نیاز

##### سالانه

- کنترل خروج از مرکز محور به وسیله ساعت اندازه‌گیری یا میله‌های نزدیک شونده جانبی
- کنترل هم‌راستایی محور در صورت خروج از مرکز بیش از حد محور

#### ج- آب‌بند

##### هفتگی

- کنترل گرمای ایجاد شده و مقدار مجاز نشستی و سفت کردن آب‌بند در صورت نیاز

##### موردی (خارج از برنامه)

- بیرون آوردن آب‌بند قبلی و حلقه فانوسی و تمیز کردن کامل محفظه آب‌بندی
- کنترل غلاف آب‌بند از نظر سایش بیش از حد و تعمیر یا تعویض آن در صورت نیاز
- نصب آب‌بند جدید و حلقه‌های تنظیم به شکلی که درز آنها برهم منطبق نشود

#### د - آب‌بندهای مکانیکی الکتروپمپ‌های شناور در آب سامانه‌های زهکش

##### هفتگی

- کنترل نشستی آب در محفظه الکتروموتور و در محدوده مجاز قرار داشتن مقدار آن (آب‌بند مکانیکی که به صورت صحیح نصب شده باشد، به تمهیدات اندکی برای نگهداری نیاز خواهد داشت. وجود نشستی بیش از حد معمولاً نشانه رسیدن زمان تعویض آب‌بندها می‌باشد).
- کنترل نشستی آب در باکس ترمینال الکتروپمپ

#### ه - یاتاقان‌ها

##### هفتگی

- کنترل از نظر ارتعاشات و روغن کاری کافی.
- (قبل از خرابی کامل، ارتعاشات افزایش پیدا کرده و معمولاً موجب ایجاد صدای شدید می‌گردد. از آنجا که گاهی درک افزایش ارتعاشات یا صدا مشکل است، استفاده از برخی انواع سامانه‌های نشان‌دهنده ارتعاشات سودمند خواهد بود).
- در صورت بروز خرابی زودرس در پمپ، بررسی و تشخیص علت آن و رفع مشکل قبل از راه‌اندازی مجدد پمپ.
- (روغن کاری ناکافی یا بیش از اندازه، آلودگی روغن یا عدم هم‌راستایی یاتاقان با محور، برخی از علل خرابی زودرس یاتاقان می‌باشند).
- کنترل دمای یاتاقان‌ها و سنسورهای دمای نوع مقاومتی مربوطه

##### موردی (خارج از برنامه)

- دمونتاژ و بازرسی وضعیت یاتاقان
- تعمیر و یا تعویض در صورت لزوم

#### و - شیرهای اطمینان فشار

##### سالانه

- آزمایش تمام شیرهای اطمینان از نظر عملکرد و تنظیم مناسب (بر روی خط خروجی تمام پمپ‌های جابه‌جایی مثبت مانند پمپ‌های سامانه هیدرولیک و بالادست تمام شیرها و موانع محدود کننده جریان باید یک شیر اطمینان فشار نصب شده باشد. در بعضی از پمپ‌ها شیر اطمینان جزئی از سامانه پمپ محسوب می‌شود).

#### ز - دفع کننده آب با عملکرد مکشی توسط فشار آب سامانه (اداكتور)<sup>۱</sup>

##### موردی (خارج از برنامه)

- دمونتاژ و تمیز کردن و زدودن پوسیدگی و زنگ‌زدگی افشانک، بدنه دفع کننده و لوله‌کشی‌ها
- تعمیر یا تعویض افشانک در صورت وجود خوردگی یا کاویتاسیون

جدول ۴-۱۱- فهرست کلی بازرسی‌های ادواری پمپ‌ها

ردیف	اجزا	هفتگی	سالانه	موردی* (خارج از برنامه)
۱	پره پمپ و محفظه آن		•	•
۲	محور و کوپلینگ	•	•	
۳	آب‌بند	•		•
۴	آب‌بندهای مکانیکی	•		
۵	یاتاقان‌ها	•		•
۶	شیرهای اطمینان فشار		•	
۷	دفع کننده (اداكتور)			•

\*تعمیرات فوق‌العاده‌ای که با دوره زمانی معمولاً ۵ ساله و یا بیش‌تر انجام می‌شود.

#### ۴-۲-۳- کمپرسورهای هوا

#### ۴-۲-۳-۱- مقدمه

کمپرسورهای هوا از جمله تجهیزاتی می‌باشند که در نیروگاه‌های آبی و در کارگاه‌های تعمیرات آن مورد استفاده قرار می‌گیرند. انواع متنوعی از کمپرسورهای هوا موجود می‌باشد ولی دو نوع متداول‌تر آن کمپرسورهای رفت و برگشتی و کمپرسورهای دوار پیچشی می‌باشد.

#### الف - کمپرسورهای رفت و برگشتی

کمپرسورهای رفت و برگشتی که در اندازه‌ها و اشکال گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرند و در نیروگاه‌ها نسبت به سایر کمپرسورهای هوا بیش‌تر کاربرد دارند. کمپرسورهای رفت و برگشتی<sup>۱</sup> دارای کارایی مناسب بوده و شرایط کارکرد و نگهداری آنها نسبتاً ساده است. در مورد اغلب کمپرسورهای رفت و برگشتی امکان دمونتاژ کامل با حداقل قطعات و ابزار وجود دارد. تمام کمپرسورهای فشار بالای سامانه گاورنر و سامانه شیرهای ورودی از نوع رفت و برگشتی می‌باشد. این کمپرسورها معمولاً چند مرحله ای می‌باشد و خروجی هوای فشرده هر مرحله به سیستم سرمایه‌ش وارد می‌شود.

#### ب - کمپرسورهای دوار پیچشی<sup>۲</sup>

یک کمپرسور دوار پیچشی به وسیله دو روتور مارپیچی هوا را فشرده می‌نماید. با چرخش روتور و حرکت مارپیچ پیش رونده هوا فشرده می‌شود. روتور ممکن است روغن کاری شونده و یا خشک باشد. روتورهای خشک باید بصورت دوره‌ای گریس کاری شوند تا لقی‌ها در حد مناسب نگاه داشته شود. در کمپرسورهای روغن کاری شونده از روغن برای روانکاری و آب‌بندی روتور استفاده می‌شود و

1- Reciprocating Type Compressor

2- Screw Type Compressor

همچنین روغن باعث خنک شدن هوای فشرده شده می‌گردد. کمپرسورهای روغن‌کاری شونده نیاز به گریس‌کاری دوره‌ای ندارند چرا که روتور بدلیل وجود فیلم روغن اتصالی ندارد، ولی در این نوع کمپرسورها یک جداکننده هوا/روغن برای جداسازی روغن معلق در هوای فشرده خارج شده از کمپرسور موردنیاز می‌باشد.

کمپرسورهای دوار پیچی قطعات متحرک کم‌تری نسبت به کمپرسورهای رفت و برگشتی دارند و هوای با فشار یکنواخت و تقریباً بدون نوسان فشار را تامین می‌کنند. کمپرسورهای دوار معمولاً به صورت «مجموعه آماده»<sup>۱</sup> عرضه می‌شوند و تنها به منبع تغذیه الکتریکی و سامانه هوا متصل می‌شوند. این کمپرسورها به دلیل وجود ارتعاشات کم (برخلاف کمپرسورهای رفت و برگشتی) به فونداسیون حجیمی نیاز ندارند. همچنین به سادگی به یدک‌کش بسته می‌شود. کمپرسورهای قابل حمل از این نوع توسط موتور احتراق داخلی به کار می‌افتد.

ساختار کمپرسورهای دوار پیچشی به صورتی است که به تعمیرات کمی نیاز می‌باشد و این تعمیرات توسط کارکنان نیروگاه به سادگی قابل انجام است. تفرانس‌های سامانه فیلتراسیون روغن باید به صورت منطقی در حد بسیار دقیق حفظ شود تا روغن به اندازه کافی تمیز باشد. هوابند یک کمپرسور دوار پیچشی (مانند روتور و یا محفظه آن) یک قطعه «فروسوده شونده»<sup>۲</sup> (مانند رینگ‌های پیستون کمپرسورهای رفت و برگشتی) نیست. از آنجا که در کمپرسورهای دوار ساختمان قطعه هوابند از تفرانس بسیار دقیقی برخوردار است، در صورت بروز اشکال در قطعه هوابند باید این قطعه به طول کامل تعویض شود. کمپرسورهای فشار پایین از نوع دوار پیچشی می‌باشد.

### ج - لوازم جانبی کمپرسورها

عمده‌ترین لوازم جانبی کمپرسورها عبارتند از:

- فیلترهای هوای ورودی کمپرسور
- کولرها
- جداکننده هوا / آب
- تله آب
- خشک‌کننده
- شیرهای تنظیم فشار
- شیرهای اطمینان فشار
- مخازن ذخیره هوا
- سویچ‌های دمای زیاد هوای فشرده و نمایشگرهای مربوطه قبل و بعد از سامانه پس‌سرمایش
- سویچ فشار کم روغن

- سویچ فشار هوای فشرده
- شیرهای سلونویدی خلاص کننده کمپرسور
- سویچ دمای زیاد آب خنک کننده و سویچ جریان حجمی آب خنک کننده در کمپرسورهایی که با آب خنک می‌شود و مسیر آب دارای الکتروپمپ آب است.
- سویچ اختلاف فشار گرفتگی فیلتر روغن و سویچ خلاء گرفتگی فیلتر هوای ورودی
- ترموستات مسیر کولر روغن در زمان استارت

#### ۴-۶-۲-۳-۲- دوره‌های بازرسی اجزای عمومی کمپرسورها

##### الف - بدنه کمپرسور

###### سالانه

- کنترل فلزات از نظر خوردگی و ترک
- تمیزکاری و رنگ آمیزی در صورت نیاز

##### ب - فونداسیون کمپرسور

###### سالانه

- کنترل تراز فونداسیون
- کنترل بتن فونداسیون از نظر وجود ترک و آثار کندی

##### ج - سامانه محرک کمپرسور

###### هفتگی

- کنترل عدم لغزش تسمه V شکل، شل نبودن زنجیرها و بیش از اندازه نبودن خروج از مرکز کوپلینگ محور و ارتعاشات
- سمباده زنی یا سفت کردن تسمه V شکل در صورت نیاز
- سفت کردن و روغن کاری زنجیرها در صورت نیاز
- سفت کردن پیچ‌های کوپلینگ و روغن کاری آن در صورت نیاز

###### سالانه

- کنترل تسمه V شکل از نظر وجود علائم سایش و فرسودگی و تعویض تسمه در صورت نیاز
- کنترل زنجیر و چرخ زنجیر از نظر سایش یا پیچش و تعویض آنها در صورت لزوم
- کنترل خروج از مرکز کوپلینگ محور به وسیله ساعت اندازه‌گیری و در صورت بیش از حد بودن خروج از مرکز، کنترل هم‌راستایی محور

**د - سامانه خنک کننده**هفتگی

- کنترل جریان آب خنک کننده عبوری از کمپرسور و کولرها
- کنترل پره‌های کولر از نظر جمع شدن آلودگی‌ها در بین پره‌ها در کولرهایی که با هوا خنک کاری می‌شوند.

سالانه

- شستشو و تمیزکاری تمام خطوط لوله کشی آب و برطرف کرن تمام نشتی‌ها
- کنترل از نظر خوردگی و بازسازی سطحی و تمیزکاری در صورت نیاز
- تمیزکاری کامل پره‌های کولر در کمپرسورهایی که با هوا خنک می‌شوند

**ه - ورودی و صافی هوا**هفتگی

- کنترل وضعیت فیلتر (صافی) و ورودی هوا از نظر گرفتگی

ماهانه

- خارج نمودن فیلتر (صافی) هوا و تمیزکاری یا تعویض آن
- (دوره‌های تمیزکاری صافی بسته به موقعیت ورودی هوا متفاوت می‌باشد)

**و - لوله‌کشی‌ها و شیرها**سالانه

- تمیزکاری و رنگ آمیزی مجدد لوله‌ها در صورت نیاز
- جاگذاری و استقرار مجدد شیرها در صورت نیاز

**ز - سامانه پس سرمایه‌ی**موردی

- کنترل نشتی و جریان آب مورد نیاز
- دمونتاز و کنترل خوردگی‌های داخلی و بازسازی سطحی
- تمیزکاری در صورت نیاز

**ح - جدا کننده‌ها**موردی

- کنترل نشتی
- دمونتاز و کنترل خوردگی و بازسازی سطحی
- تمیزکاری در صورت نیاز

**ط - تله‌های آب**هفتگی

- کنترل عملکرد شیر تخلیه دستی

سالانه

- کنترل تله آب اتوماتیک از نظر وجود نشستی و عملکرد صحیح
- تمیزکاری صافی و کنترل خوردگی و یا بازسازی سطحی

**ی - خشک‌کن‌ها**سالانه

- تعویض اجزا موردنیاز در خشک‌کن‌های جاذب رطوبت
- کنترل عملکرد خشک‌کن‌های نوع سرد شونده و متخلخل و دستگاه اندازه‌گیری نقطه شبنم هوای فشرده

**ک - شیرهای تنظیم فشار**سالانه

- کنترل عملکرد و اندازه‌گیری فشار پایین دست شیر تنظیم فشار برای اطمینان از تامین فشار صحیح

**ل - شیرهای اطمینان فشار**سالانه

- کنترل تنظیم و عملکرد

**م - مخازن ذخیره هوا**هفتگی

- باز کردن شیر تخلیه آب مخزن تا آب با فشار از مخزن خارج شود
- کنترل نشستی

سالانه

- در صورت وجود درب بازرسی، باز کردن آن و تمیزکاری گردوخاک و گل‌ولای داخل مخزن
- بازرسی سطح داخلی مخزن از نظر خوردگی و صدمات محتمل دیگر و تعمیر آن در صورت لزوم
- بازرسی کامل سطح خارجی مخزن با توجه ویژه به اتصالات، شیارها و اتصالات انطباقی

موردی

- بازرسی کامل تمام مخازن ذخیره هوا مطابق با استانداردهای موجود (فاصله بین دوره‌های این بازرسی نباید از ۵ سال تجاوز نماید).



## ن - ابزار اندازه‌گیری

هفتگی

- کنترل عملکرد دستگاه اندازه‌گیری
- مشاهده عقربه‌وسيله اندازه‌گیری از نظر شل بودن یا بیرون آمدن آن
- درآوردن و کنترل کالیبراسیون و یا تعویض وسیله اندازه‌گیری در صورت عدم اطمینان به دقت وسیله اندازه‌گیری

سالانه

- پیاده کردن وسیله اندازه‌گیری و کالیبره نمودن آن
- انجام تمام تعمیرات لازم و یا تعویض با یک وسیله اندازه‌گیری نو در صورتی که قابل تعمیر نباشد.

## س- کلیدهای فشاری و حرارتی

ماهانه

- مشاهده قطع و وصل کلیدهای فشار در فشار صحیح
- کنترل تنظیمات کلیدهای حرارتی

سالانه

- کنترل و تمیزکاری کنتاکت‌های کلید
- کنترل کالیبراسیون کلید و نقاط انتخاب شده
- تمیزکاری و میزان کردن قطعات متحرک

ع - شیر خلاص‌کننده<sup>۱</sup>ماهانه

- کنترل عدم بارگذاری کمپرسور در زمان شروع به کار تا رسیدن به دور نامی و باربرداری هنگام رسیدن فشار به مقدار مناسب

سالانه

- بازرسی شیرها و خطوط لوله‌کشی هوا و کنترل شیرها از نظر جاگذاری مناسب
- جفت کردن شیرها در صورت نیاز
- آزمایش سیم‌پیچ از نظر از بین رفتن عایق‌کاری و یا شل بودن اتصالات

## ف - یاتاقان‌ها

هفتگی

- کنترل یاتاقان‌های ضد اصطکاکی از نظر ارتعاش بیش از حد و یا صدای غیرعادی و تعویض آن طبق برنامه در صورت نیاز

- کنترل روانکاری مناسب

#### موردی

- دمونتاژ کمپرسور و بازرسی وضعیت تمام یاتاقان‌های بوشی و بایستی شیاردار
- تعمیر یا تعویض در صورت لزوم

۴-۶-۲-۳-۳-۳- بازرسی‌های اضافی مخصوص کمپرسورهای رفت و برگشتی

#### **الف - روانکاری**

##### هفتگی

- کنترل پر بودن محفظه روغن یا گریس و مناسب بودن تراز روغن داخل محفظه میل لنگ
- تعویض روغن یا اضافه نمودن روغن سالم برای رساندن تراز روغن در محفظه میل لنگ یا مخزن روغن به حد مناسب
- کنترل میزان روغن تغذیه سیلندر
- ثبت تمام نشتی‌ها و تعمیر آنها در صورت زیاد بودن

##### سالانه

- تمیزکاری محفظه‌های روغن یا گریس و لوله‌کشی‌ها
- کنترل وضعیت روغن و تعویض آن در صورت لزوم
- برطرف کردن تمام نشتی‌ها

#### **ب - حلقه آب‌بندی**

##### هفتگی

- کنترل نشتی بیش از حد و خراشیدگی روی محور پیستون
- میزان کردن آب‌بند در صورت نیاز

##### سالانه

- تعویض آب بند در صورت نیاز

#### **ج - قطعه صلیبی شکل**

##### هفتگی

- در صورتی که قابل مشاهده باشد کنترل انطباق و روغن کاری

##### سالانه

- کنترل کفشک‌های یاتاقان از نظر خراشیدگی و سایش و انطباق آن با قطعه صلیبی شکل
- لایه‌گذاری کفشک‌ها در صورت نیاز برای حصول انطباق بهتر
- کنترل بوش و پین از نظر سایش و تعویض یا انطباق مجدد آن

**د - سیلندر**موردی

- کنترل دیواره سیلندر از نظر سایش و خراشیدگی
- اندازه‌گیری قطر داخلی سیلندر در مقاطع بالا، وسط و پایین در دو جهت عمود برهم
- ماشین‌کاری مجدد داخل سیلندر در صورتی که سیلندر از حالت گرد خارج شده باشد و یا قطر داخلی آن به بیش از مقدار مجاز افزایش یافته باشد.

**ه - پیستون**موردی

- کنترل پیستون از نظر سایش
- کنترل رواداری با میکرومتر
- بازدید رینگ‌های پیستون برای سفت بودن و انطباق
- تعویض در صورت لزوم
- کنترل صاف بودن پیستون و خراشیدگی یا سایش آن
- بازسازی یا تعویض در صورت نیاز

**و - شاتون**موردی (خارج از برنامه)

- کنترل از نظر پیچش یا خمش
- کنترل پیچ و مهره‌های یاتاقان از نظر صدمات احتمالی و تعویض آنها در صورت لزوم

**ز - شیرهای ورودی و شیرهای تخلیه**موردی (خارج از برنامه)

- بازرسی شیرها و محل نشیمن آنها از نظر خراشیدگی برای قرارگیری صحیح دیسک
  - تمیز کردن رسوب‌ها از داخل محل نشیمن‌گاه و صفحات شیر با دقت زیاد به طوری که سطوح خراشیده نشود.
  - صیقل‌کاری محل نشیمن شیرها در صورت وجود عیب
- (وجود رسوب در شیر نمایانگر ورود مواد آلوده، استفاده از روغن نامناسب یا بیش از اندازه و یا وجود نشستی از شیر یا واشر آب‌بندی آن می‌باشد).

## ۴-۶-۲-۳-۴- بازرسی‌های اضافی مخصوص کمپرسورهای دوار پیچشی

## الف - هوابند

موردی (خارج از برنامه)

- کنترل وضعیت روتور و یاتاقان‌ها
- تعویض در صورت فرسودگی یا در صورتی که بازده کمپرسور به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرده باشد.

## ب - مخزن ذخیره روغن و جداکننده

ماهانه

- تخلیه آب حاصل از میعان از قسمت انتهایی مخزن

سالانه

- کنترل وضعیت اجزا جدا کننده و سرویس یا تعویض آنها در صورت بیش از اندازه شدن روغن مصرفی

## ج - صافی روغن

سالانه

- تعویض یا تمیزکاری صافی روغن در صورت نیاز

موردی

- کوتاه مدت (بسته به شرایط کاری، مدت استفاده، نوع و توصیه‌های سازنده)

جدول ۴-۱۲ - فهرست کلی بازرسی‌های ادواری کمپرسورها

ردیف	اجزا	هفتگی	ماهانه	سالانه	موردی* (خارج از برنامه)
۱	فونداسیون کمپرسور			•	
۲	بدنه کمپرسور			•	
۳	محرک کمپرسور	•		•	
۴	سامانه خنک کننده	•		•	
۵	ورودی و صافی هوا	•	•		
۶	لوله کشی و شیرها			•	
۷	پس سرمایش (کولرها)				•
۸	جداکننده‌ها				•
۹	تله آب	•		•	
۱۰	خشک‌کن‌ها			•	
۱۱	شیرهای تنظیم فشار			•	
۱۲	شیرهای اطمینان			•	
۱۳	مخازن ذخیره هوا	•		•	•
۱۴	انزار اندازه‌گیری	•		•	
۱۵	کلیدهای فشاری و حرارتی		•	•	
۱۶	شیر تخلیه بار		•	•	
۱۷	یاتاقان‌ها	*			•
۱۸	روانکاری	•		•	
۱۹	حلقه آب‌بندی			•	•
۲۰	قطعه صلیبی شکل	•		•	
۲۱	سیلندر				•
۲۲	پیستون				•
۲۳	شاتون				•
۲۴	شیرهای ورودی و شیرهای تخلیه				•
۲۵	هوابند				•
۲۶	فیلترهای هوا	•	(**)	•	
۲۷	مخزن ذخیره روغن و جدا کننده	•		•	
۲۸	صافی روغن (**)	(**)	(**)	•	

(\* تعمیرات فوق‌العاده‌ای که با دوره زمانی معمولاً ۵ ساله و یا بیش‌تر انجام می‌شود.

(\*\*) تناوب زمانی بازرسی فیلترهای روغن با توجه به شرایط کاری، مدت استفاده از آن و طبق دستورالعمل سازنده و طراح

## ۴-۲-۶-۴- فیلترهای مربوط به سامانه‌های جانبی و کمکی مکانیکی نیروگاه

## ۴-۲-۶-۴-۱- فیلترهای آب

فیلترهای آب مورد استفاده در سامانه آب خنک‌کن و تامین آب مصرفی نیروگاه دارای انواع گوناگونی از جمله فیلتر ساده غیرمتحرک<sup>۱</sup>، فیلتر دوار<sup>۲</sup> همراه با مکانیسم معکوس شستشوی رسوبات و فیلتر دوبل<sup>۳</sup> می‌باشند.

## الف- فیلترهای ساده

## شرح کلی فیلترها

در این نوع فیلتر، قطعه صافی در داخل محفظه فیلتر نصب می‌شود و معمولاً سطح آن چند برابر مقطع جریان ورودی به فیلتر می‌باشد. برای جلوگیری از خوردگی محفظه فیلتر از پوشش‌های مناسب و مقاوم در برابر خوردگی استفاده می‌شود.

## نگهداری فیلترهای ساده

برای نگهداری این فیلترها و بازرسی داخلی و کنترل قطعات سبکی شکل باید مراحل زیر به ترتیب رعایت شود:

- قطع کردن ورودی و خروجی فیلتر و ایزوله کردن آن از بقیه اجزای سامانه
- باز کردن نازل هوا و آزاد کردن فشار داخلی فیلتر
- باز کردن شیر تخلیه فیلتر
- باز کردن درپوش فیلتر و برداشتن آب بند آن
- بیرون کشیدن اجزای فیلتر از داخل آن (نوع سبکی به صورت کشویی در داخل ریلی که بر روی کناره‌های محفظه قرار دارد، حرکت می‌کند).
- بیرون آوردن اجزای صافی فیلتر
- غوطه‌ور نمودن اجزای صافی در محلول تمیز کننده مناسب (طبق توصیه سازنده)
- تمیزکاری اجزای فیلتر به وسیله هوای فشرده از سمت خارج به سمت داخل صافی (در صورت نیاز می‌توان از برس‌های سیمی نیز استفاده نمود).
- تمیزکاری محفظه فیلتر همانند صافی‌های آن
- مونتاژ مجدد
- بازرسی چشمی آب‌بند درپوش فیلتر
- بستن درپوش فیلتر

---

1- Static Simplex Filter

2- Rotary Filter

3- Double Filter

- پر کردن فیلتر از طریق باز کردن تدریجی شیر ورودی و با دقت کامل (محفظه فیلتر باید به آرامی پر شود تا اجزای فیلتر در اثر سرعت زیاد جریان آسیب نبیند)
- بستن شیر نازل بعد از خروج مایع بدون حباب از نازل هوا
- راه‌اندازی و به‌کار گرفتن فیلتر در مدار بهره‌برداری عادی

### ب - فیلترهای دوار

#### شرح کلی

این فیلترها معمولاً دارای یک محفظه تحتانی می‌باشند که تمام اتصالات لوله‌ای به آن متصل می‌گردد. شیر با محرک الکتریکی تخلیه رسوبات با اتصال فلنجی به پوسته محفظه تحتانی متصل می‌گردد. همچنین معمولاً روی مقطع تحتانی محفظه فیلتر یک نشان‌دهنده و سویچ اختلاف فشار نصب می‌گردد. الکتروموتور، گیربکس، پیچ تخلیه هوا و شیر شستشو معمولاً بر روی پوشش محفظه فیلتر قرار می‌گیرند. شمع فیلتر و بازوی شستشوی آن در داخل محفظه قرار می‌گیرند.

یاتاقان لغزشی و پوش‌های بازوی شستشو دهنده می‌تواند از جنس پلاستیک ساخته شود و برای جلوگیری از نشت آلودگی‌ها باید آب بند باشد. درجه فیلتراسیون صافی معمولاً کمتر از ۵۰ میکرومتر می‌باشد.

آبی که باید صاف شود از طریق فلنج ورودی به داخل مقطع پایین محفظه وارد می‌شود. یک جریان جزئی از سیال صاف نشده از میان انشعاب مرکزی قطعه صافی به سمت نیمه بالایی فیلتر هدایت می‌شود و از قسمت بالا به شمع‌های فیلتر وارد می‌گردد. این بدان معنی است که جریان‌های سیال از میان شمع‌ها از دو انتهای آن از سمت داخل به خارج وجود دارد و بنابراین ذرات بزرگتر در داخل شمع‌های فیلتر باقی می‌ماند، سپس سیال تصفیه شده به قسمت خروجی فیلتر هدایت می‌شود.

#### نگهداری

نگهداری این نوع فیلتر شامل کنترل آب‌بندها، پوشش‌های ضد زنگ (رنگ، پوشش‌های مقاوم در برابر زنگ‌زدگی یا پوشش‌های لاستیکی) و تمیزکاری کامل با استفاده از پاک‌کننده‌های تحت فشار می‌باشد.

یاتاقان سامانه شستشوی معکوس و موتور گیربکس معمولاً به گریس‌کاری مجدد نیازی ندارند. زمان لازم برای گریس‌کاری موتور بعد از ۵۰۰۰ ساعت کارکرد موتور و در حدود ۶ سال کارکرد فیلتر است.

### ج - فیلتر دویل

#### شرح کلی

فیلتر دویل دارای دو محفظه می‌باشد، که هر یک دارای یک شیر تغییر دهنده متصل به ورودی و خروجی فیلتر می‌باشد. به‌طور معمول تنها یک محفظه فیلتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. محفظه رزرو از قسمت وسط به‌وسیله دو قطعه صفحه مانند مسدود شده

است. دو محفظه فیلتر به‌وسیله یک مسیر کنارگذر و یک شیر فلکه ساچمه‌ای<sup>۱</sup> به یکدیگر متصل می‌شوند. به طول معمول این شیر ساچمه‌ای باز بوده و هر دو محفظه فیلتر تحت فشار قرار می‌گیرند.

## نگهداری

- در هنگام بازرسی‌های دوره‌ای واشرهای آب بند<sup>۲</sup> باید تعویض شود.
- فیلتر دوبل باید از فشار تخلیه شده و کاملاً خالی شود. برای این منظور اتصالات تخلیه روی هر دو محفظه فیلتر و محفظه شیرها باید باز شود.
- پس از دمونتاژ فیلتر مطابق با دستورالعمل سازنده، تمامی قطعات داخلی رسوب زدایی شود.
- آب‌بند قاب قطعات صفحه‌ای، باید به صورت کامل بازرسی شود.
- در صورت آسیب‌دیدگی یا سختی غیر معمول باید آب‌بند قاب تعویض شود.

## ۴-۶-۲-۴-۲- فیلترهای هوا

### الف-انواع فیلترهای هوا

فیلترهای هوا به طول کلی به چهار نوع عمده تقسیم می‌شوند:

- نوع سلولی که صافی آن پس از کثیف شدن دور انداخته شده و یک صافی تمیز جایگزین آن می‌شود. این صافی به نوع دور انداختنی یا یک‌بار مصرف موسوم است. این نوع صافی‌ها از الیاف پنبه‌ای، مقوای مخصوص و پشم شیشه ساخته شده و در یک محفظه (قاب) کار گذاشته می‌شوند. این قاب‌ها خود در دستگاه‌های تهویه (مانند هواساز) قرار می‌گیرند و با عبور هوا از لابه‌لای الیاف این صافی‌ها، ذرات گرد و غبار جذب می‌گردد. وقتی صافی در اثر تجمع این ذرات کثیف شد، مقاومتش در مقابل جریان هوا افزایش یافته و به تدریج از حد مجاز تجاوز می‌نماید که در این هنگام باید آن را تعویض کرد. این نوع فیلترها در مواردی از جنس کاغذ، پشم فولاد و پشم برنز نیز ساخته می‌شود.
- نوع سلولی که صافی آن سلول به سلول قابل تمیز کردن و استفاده مجدد است. این فیلتر در انواع مختلفی ساخته می‌شود. نوع متداول آن یک توری فلزی است که داخل یک قاب فلزی قرار گرفته است و وقتی کثیف شد، آن را شسته و در یک روغن مناسب فرو می‌برند تا سطح آن چسبندگی خود را برای گرفتن ذرات معلق هوا باز یابد. یک نوع فیلتر سلولی نیز وجود دارد که قابل شستشو با آب است.
- نوع سوم به صورت مداوم تمیز شده و توسط وسایل مکانیکی گردو غبار جمع شده روی صافی آن زدوده می‌شود. از این فیلترها می‌توان نوع تسمه‌ای روغنی را نام برد. این نوع صافی به صورت تسمه‌ای ساخته می‌شود و به‌وسیله یک محور افقی که موتوری آن را می‌چرخاند، حرکت کرده و در پایین‌ترین نقطه گردش در حوضچه‌ای از روغن که در زیر دستگاه قرار دارد فرو می‌رود و در نتیجه هم شسته شده و هم به روغن آغشته می‌شود و در ادامه گردش از حوضچه بیرون آمده

1 - Ball Valve

2 - O-Ring



و مجددا آماده کار تصفیه هوا می‌شود. این حرکت گردشی ممکن است توسط یک الکتروموتور مجهز به ساعت زمان‌بندی (تایمر) انجام گیرد که در فاصله زمانی معین موتور را به حرکت در آورده و عمل شستشو و روغن‌کاری را تجدید می‌نماید. عمل شستشو به‌طور دستی نیز ممکن است قابل استارت باشد. هم‌چنین به‌طور اتوماتیک از طریق سویچ اختلاف فشار گرفتگی فیلتر استارت می‌شود.

- فیلتر الکترواستاتیک که در آن ذرات گرد و غبار توسط جریان الکتریکی باردار شده و به‌وسیله صفحاتی با بار الکتریکی مخالف جذب می‌شوند. صفحات جذب کننده ذرات گرد و غبار در فواصل زمانی معین با یک لایه روغن پوشیده می‌شوند تا اطمینان حاصل گردد که ذرات به این صفحات می‌چسبند. تمیز کردن این صفحات نیز در فواصل زمانی معین با استفاده از آب پرفشار انجام می‌گیرد.

### ب- دوره‌های تمیزکاری

فیلترهای صنعتی ظرفیت زیادی برای نگهداری ذرات دارند و برای مدتی طولانی مقدار نسبتاً ثابتی از جریان هوا را عبور می‌دهند. بعد از مدتی که فیلتر کثیف شد، مقاومت در برابر جریان هوا به سرعت افزایش می‌یابد. با بررسی شرایط کار در فصول مختلف سال، نرخ تجمع ذرات در فیلترها معلوم خواهد شد.

براساس این بررسی‌ها، باید برنامه‌ای منظم برای رسیدگی به فیلترها تدوین شود. با یک فشارسنج (مانومتر) می‌توان زمان رسیدگی به فیلترها را پیش‌بینی کرد. فشارسنج‌ها ممکن است به طول دایمی قبل و بعد از فیلترها نصب شوند و یا به صورت دستی و موقت برای اندازه‌گیری فشار در خروجی‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

### ج- روش تمیز کردن فیلترهای هوا

- فیلتریک‌بار مصرف در صورت کثیف شدن با فیلتر جدید تعویض می‌شود. از این‌رو باید فیلتریک‌بار همواره موجود باشد.  
- در بسیاری از موارد از دو ردیف فیلتر یک‌بار مصرف در سر راه جریان هوا استفاده می‌شود. می‌توان برای صرفه‌جویی در هزینه، فیلتر خروجی را به جای فیلتر ورودی (که بیش‌تر کثیف می‌شود) قرار داد و باز هم از آن استفاده کرد و به‌جای فیلتر خروجی فیلتر تازه گذاشت.

- در صورت کثیف شدن کاغذ فیلتر یک‌بار مصرف نوع کاغذی در اثر تجمع گرد و غبار، باید آن را تعویض نمود.  
- در نیروگاه‌هایی که از فیلتر روغنی قابل شستشو استفاده می‌شود معمولاً لوازم یدکی سلول‌ها و حوضچه روغن قبلاً تهیه شده و در دسترس می‌باشند.

- سلول‌های کثیف باید به طول کامل با یک محلول قلیایی قوی شسته و خشک شوند، سپس در حوضچه روغن غوطه‌ور شده و قبل از استفاده چند ساعت به حال خود گذاشته شوند. روغنی که برای این منظور به کار می‌رود از نوع مخصوصی است و باید از نوع مورد تایید کارخانه سازنده فیلتر تهیه شود.

**توجه:** از هیچ نوع روغن روانکاری برای پوشش دادن فیلترها نباید استفاده شود.

- فیلترهای قابل شستشو با آب باید به طول کامل طبق دستورالعمل کارخانه سازنده نگهداری شوند.

- در فیلترهای تسمه‌ای روغنی، باید لجن جمع شده در حوضچه روغن طبق برنامه تخلیه گردد، موتور آن به طول سالانه روغن کاری شده و زنجیر مربوط به محور محرک فیلتر در فواصل زمانی معین گریس کاری شود.
- روغن باید به میزان نیاز و تا آنجا که علامت راهنما نشان می‌دهد، اضافه شود. در این مورد فقط باید از روغنی که کارخانه سازنده فیلتر توصیه می‌کند استفاده شود.
- توجه:** هیچ‌گاه نباید به‌جای روغن کثیف شده از روغن روانکاری استفاده شود.
- فیلترهای تسمه‌ای باید حداقل ۱۲ ساعت قبل از روشن شدن فن شروع به گردش کند تا فیلتر فرصت کافی برای یک‌بار غوطه‌وری در حوضچه روغن را داشته باشد.
- فیلترهای تسمه‌ای روغنی را نباید در طول شب یا تعطیلات، از گردش باز داشت.
- فیلترهای الکترواستاتیک نیاز به تنظیم و نگهداری دقیق دارد. در این مورد دستورالعمل کارخانه سازنده باید دقیقاً اجرا شود.
- بدون آشنایی کامل با تمام پارامترهای موثر در عملکرد فیلتر نوع الکترواستاتیک نباید اقدام به تنظیم آن نمود.
- به تجهیزات حفاظتی از قبیل کلیدهای قطع و تنظیم دستی، تایمرها و رله‌های مربوط به باز کردن درب فیلترهای الکترواستاتیک، نباید دست زد. این وسایل برای حفاظت فیلتر در برابر برق فشار قوی که فیلتر با آن کار می‌کند، تعبیه شده‌اند.
- تمیز کردن فیلتر الکترواستاتیک بسیار حائز اهمیت است و معمولاً با آب تمیز می‌شود.

#### ۴-۶-۲-۳- فیلترهای روغن

##### الف - شرح کلی

در مدارهای گردش روغن عموماً از فیلترهای چند صفحه‌ای<sup>۱</sup> یا نم‌دی<sup>۲</sup> (نوع نصب شده در قاب یا نوع فشنگی) استفاده می‌شود. در فیلتر نوع چند صفحه‌ای یک اهرم برای چرخاندن متناوب صفحات و تمیز کردن آنها، وجود دارد.

##### ب- نگهداری فیلترها

فواصل زمانی تمیز کردن فیلترهای چند صفحه‌ای برحسب شرایط ویژه کاری آن متفاوت است و از این رو تنها از طریق بازدید مستقیم می‌توان تناوب زمانی تمیز کردن این فیلترها را تعیین نمود. در شروع کار، فیلترها باید به‌طور هفتگی بازرسی شوند و اهرم آنها چند بار چرخانده شود تا جرم‌ها از روی سطح صفحات فیلتر پاک و جمع‌آوری شوند. این اهرم‌ها را نباید با اعمال نیروی زیاد چرخاند، زیرا در این صورت صفحات صدمه دیده و فیلتر می‌شکند. تمیز کردن باید در فواصل زمانی مناسب انجام گیرد تا برای چرخاندن اهرم نیازی به اعمال زور نباشد. اگر فیلتری آنقدر کثیف شد که برای چرخاندن آن به اعمال نیروی زیاد نیاز باشد، باید آن را پیاده کرده و با دست تمیز نمود.

1 - Multiplate Type  
2 - Felt-on-Wire Frame

دوره‌های تمیزکاری فیلترهای روغن نوع نمدی به کار رفته در تجهیزات به شرایط کاری، دوره‌های تعویض و تصفیه روغن تجهیزات و جنس فیلتر بستگی دارد. با توجه به این شرایط و با استفاده از یک فشارسنج می‌توان زمان تمیزکاری این فیلترها و یا تعویض آنها را پیش‌بینی کرد. فشارسنج‌ها ممکن است به صورت دائمی قبل و بعد از فیلترهای صنعتی نصب شده باشند، در غیر این صورت یک روش برای پیش‌بینی زمان رسیدگی به فیلتر، استفاده از فشارسنج دستی و موقتی برای اندازه‌گیری فشار خروجی فیلتر می‌باشد.

#### ۴-۷- بازرسی‌ها و نگهداری جرثقیل سقفی نیروگاه

##### ۴-۷-۱- مقدمه

در این قسمت از راهنما توصیه‌ها و پیشنهادهای کلی مربوط به بازرسی‌ها و نگهداری جرثقیل اصلی سقفی نیروگاه ارائه شده است. پیشنهادهای ارائه شده در این قسمت از نظر کلی برای انواع دیگر جرثقیل‌ها، از جمله جرثقیل‌های الکتریکی دروازه‌ای که در مجموعه سد و نیروگاه ممکن است مورد استفاده قرار گیرند صادق است، لیکن در قسمت تفصیلی مربوط به اجزا، تاکید بر نگهداری جرثقیل‌های سقفی با سامانه برق‌رسان از نوع ریلی<sup>۱</sup> شده است.

جرثقیل سقفی اصلی نیروگاه پس از پایان عملیات نصب تجهیزات کلیه واحدها و شروع بهره‌برداری از نیروگاه عموماً به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد، به این دلیل از دید افراد بهره‌بردار و کارکنان نگهداری و تعمیرات بیرون است. لذا در دستورالعمل‌های نگهداری باید حتی‌الامکان بازرسی‌هایی با فواصل زمانی مناسب، به منظور پیشگیری از زوال اجزای آن، با توجه به موقعیت و شرایط بهره‌برداری نیروگاه، پیش‌بینی شود.

توصیه‌ها و ملاحظات مربوط به نگهداری جرثقیل در این قسمت از راهنما جنبه عمومی و کلی دارد. دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری سازنده جرثقیل، باید بیش‌ترین اطلاعات را در مورد چگونگی مراقبت از اجزا ویژه به کار رفته در جرثقیل و سامانه کنترل آن به دست دهد و توصیه‌های لازم را در مورد روغن کاری، فواصل زمانی برای سرویس‌های عادی، قطعات یدکی مورد نیاز و نحوه نگهداری و تعمیرات در برداشته باشد. مدارک فنی و دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات سازندگان همراه با تجربه عملی کارکنان آموزش دیده، لازمه بهره‌برداری ایمن و حفظ شرایط بهینه بهره‌برداری از جرثقیل نیروگاه خواهد بود.

هنگام تهیه برنامه نگهداری و تعیین زمان تعمیرات اساسی‌تر، توصیه‌های سازنده جرثقیل و پیشنهادات راهنمای حاضر باید به عنوان نقطه شروع کار در نظر گرفته شود. موقعیت نیروگاه، سطح رطوبت، شرایط بهره‌برداری از نیروگاه و تجربه پرسنل ذیربط بهره‌بردار باید هنگام تدوین برنامه نگهداری جرثقیل سقفی نیروگاه، مورد توجه مسئولین نیروگاه قرار گیرد.

#### ۴-۷-۲- برنامه بازرسی‌ها و نگهداری جرثقیل اصلی سقفی نیروگاه

##### ۴-۷-۲-۱- کلیات مربوط به دوره‌ی تناوب بازرسی‌های ادواری

الف - در اکثر نیروگاه‌های آبی جرثقیل اصلی سقفی دوران بهره‌برداری، قبل از نصب تجهیزات اصلی واحدها نصب می‌گردد و برای جابه‌جایی تجهیزات و نصب آنها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، به این ترتیب در مشخصات طراحی، رژیم کاری آن برای سرویس‌دهی مداوم پیش‌بینی می‌شود. با توجه به اینکه پس از تکمیل عملیات نصب، استفاده از جرثقیل سقفی به ندرت انجام می‌شود، بازرسی‌ها و سرویس‌های ادواری کوتاه مدت جرثقیل می‌تواند بسته به دفعات استفاده از جرثقیل اصلی و شرایط نیروگاه، توسط مسئولین نگهداری تغییر و با تناوب مناسب انجام پذیرد.

ب- قبل از هر راه‌اندازی، جرثقیل اصلی باید مورد بازرسی قرارگیرد. به این ترتیب آنچه در فهرست بازرسی‌های ادواری زیر به عنوان «روزانه» ذکر گردیده است، به عنوان بازرسی‌هایی تلقی می‌شود که جرثقیل در رژیم «استفاده مداوم» به آن نیاز دارد، یعنی استفاده روزانه به هنگام عملیات نصب، کارهای مربوط به توسعه نیروگاه و یا دوران تعمیرات اساسی واحدها، که طی آن ممکن است جرثقیل سقفی برای چندین روز متوالی برای جابه‌جایی اجزا سنگین مورد بهره‌برداری قرار گیرد. در دوره‌های عادی بهره‌برداری از نیروگاه که جرثقیل به صورت مداوم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، بازرسی‌های مشخص شده با عنوان «روزانه»، تنها باید قبل از شروع بهره‌برداری از جرثقیل در روز موردنظر، انجام گیرد.

##### ۴-۷-۲-۲- بازرسی‌های ادواری با دوره تناوب کوتاه

با توجه به موارد بند فوق برنامه بازرسی‌ها و نگهداری جرثقیل به شرح زیر توصیه می‌شود:

الف - بازرسی‌ها و کنترل‌های موردنیاز روزانه در شروع هر روز موردنظر برای استفاده از جرثقیل (و یا به صورت روزانه

در دوران استفاده همه روزه و مداوم)

- کنترل صحیح مکانیسم عملکرد (با استفاده از کنترل‌های اصلی)

- کنترل عملکرد صحیح کلیدهای حدی

- کنترل قلاب‌ها (اصلی و فرعی)

- کنترل عملکرد صحیح ترمزها

- بازدید زنجیرهای مربوط به بار و یا طناب‌های بالابری

- بازرسی پولی‌ها و سایر اجزا مربوط به حمل بار

**توجه:** در حالت بهره‌برداری عادی از نیروگاه که جرثقیل به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد بازرسی‌های روزانه فوق‌الذکر فقط در شروع روز موردنظر برای بهره‌برداری انجام می‌شود. در صورت استفاده نکردن جرثقیل اصلی برای مدت طولانی، بازرسی‌های فوق باید به صورت ماهانه و یا حداقل شش ماه یکبار انجام شود (بسته به دفعات بهره‌برداری).

ب - بازرسی‌ها و کنترل‌های ماهانه (در رژیم استفاده مداوم)

- بازدید از جعبه دنده (گیربکس)، کنترل سطح روغن (و اضافه کردن روغن در صورت نیاز)

- بازدید از یاتاقان‌ها و روغن کاری در صورت نیاز
- بازدید از چرخ‌ها (و گریس کاری در صورت نیاز)
- کنترل عملکرد تجهیزات سامانه الکترو هیدرولیک ترمزها و بازرسی لنت‌ها، تنظیم فنرها (و تعویض لنت‌ها در صورت نیاز) در بعضی از جرثقیل‌ها از ترمزهای بوبینی فتری برای نگه داشتن بار یا توقف کالسکه استفاده شده است.
- بازرسی کویلینگ‌ها و اتصالات
- آزمایش عملکرد دکمه‌های استارت و توقف اضطراری
- بازرسی کلی ریل‌ها و مسیر حرکت
- امتحان توقف کالسکه به هنگام رسیدن کالسکه به کلیدهای حدی انتهایی مسیر
- بازرسی کنترل کننده‌های اصلی و اطمینان از عملکرد صحیح آن

#### ۴-۷-۲-۳- بازرسی‌ها و برنامه نگهداری با دوره تناوب بلندتر

##### الف - بازرسی‌ها و نگهداری با دوره شش ماهه

- کلیه بازرسی‌های مندرج در فهرست‌های «روزانه» و «ماهانه» فوق‌الذکر، که عمدتاً برای بازرسی‌های عادی و سرویس‌های ادواری در رژیم کاری مداوم به کار می‌رود، باید در صورت استفاده نکردن از جرثقیل اصلی سقفی نیروگاه برای چند ماه متوالی، حداقل هر شش ماه یکبار انجام شود.
- علاوه بر موارد فوق‌الذکر، موارد زیر باید هر شش ماه یکبار انجام گیرد:
  - بازرسی و کنترل بلبرینگ‌ها و یاتاقان‌های لغزشی و غلطشی (مربوط به حرکت‌های با سرعت تند و کند)، تکیه‌گاه شفت‌ها و قسمت کوپلاژ محور گیربکس و موتور
  - بازرسی کلی ریل‌های برق‌رسان و کلکتورها و کنترل مقدار فشردگی جاروبک‌ها به ریل‌های برق‌رسان
  - کنترل محکم بودن اتصالات کابل‌های تغذیه‌کننده الکتریکی بالابرها، اصلی و کمکی و موتورهای کالسکه در محل اتصال به ترمینال‌ها و کلیدهای اصلی
  - نظافت و گردگیری تجهیزات مکانیکی و اجزای الکتریکی تابلوها
  - بازرسی کلی سامانه برق‌رسان کابل‌های تخت آویزان انعطاف‌پذیر کالسکه‌ها و بالابرها
  - بازرسی کلاچ‌های مغناطیسی سامانه‌های حرکت خزشی
  - کنترل عدم لرزش اجزای بالابر اصلی در حین کار

##### ب- بازرسی‌ها و نگهداری سالانه

- علاوه بر بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی و بازرسی‌های شش ماهه فوق، بازرسی‌های دقیق‌تر سالانه به شرح زیر توصیه می‌شود:
  - بررسی وضعیت پل و سایر اجزا سازه فلزی جرثقیل از نظر وضعیت اتصالات صلب تحت بار سازه جرثقیل و تیر بالابر مربوط به برداشتن روتور ژنراتور (بعد از برداشتن روتور ژنراتور، انجام این بازرسی به صورت فوق‌العاده تاکید می‌شود)
  - بازرسی دقیق ریل‌ها در کل طول مسیر

- بازرسی وضعیت ضربه‌گیرها
- بازرسی درام بالابر اصلی، قرقه‌ها و پولی‌ها از نظر صاف بودن سطح و شیارهای درام، میزان فرسایش سطح درام، وضعیت لبه‌ها و چرخش آزادانه
- بازرسی دقیق ترمزها در صورت استفاده از ترمزهای الکتروهیدرولیکی، لازم است سیلندر، پیستون، سوپاپ‌های کنترل و شیرهای سامانه ترمز کنترل شوند.
- آزمایش مقاومت عایقی موتور الکتریکی، بازدید از جاروبک‌های موتور و اندازه‌گیری جریان آن
- تمیز کردن و بازرسی عملکرد صحیح رله‌های حفاظتی فوق جریان موتورها
- آزمایش توقف جرثقیل و قطع شدن کلید اصلی در اثر عملکرد کلیدهای حدی در حالات مختلف
- کنترل دمای نقاط مختلف استاتور و یاتاقان‌های موتورهای الکتریکی در حال کار (با اسکن مادون قرمز)
- کنترل عملکرد صحیح سیگنال‌ها در مدار کنترل مربوط به مانورهای جرثقیل
- بازرسی و تمیز کردن تیغه‌های کلیدهای مدار شکن و کنتاکتورهای مدار قدرت
- کنترل عملکرد ترمز جریان ادی و «اکسایتر» مربوطه در بالابر اصلی
- کنترل وضعیت کابین
- نظافت و گردگیری تجهیزات الکتریکی داخل تابلوهای قدرت
- تمیز کردن اجزا حفاظتی و کنترلی
- کنترل اتصالات پیچی مربوط به وصل سیم زمین حفاظتی به بدنه تابلوها و اجزای جرثقیل
- کنترل عملکرد اینورترهای فرکانس مکانیسم حرکتی کالسکه و پل‌ها

### ج - بازرسی‌های دقیق همه‌جانبه (برنامه‌ریزی نشده و فوق‌العاده)، برای انجام تعمیرات اساسی

- بازرسی‌های فوق‌العاده (برنامه‌ریزی نشده)، در صورت مشاهده اشکال و یا صدمات وارده به اجزا مهم جرثقیل (مثل موتور، گیربکس و یاتاقان‌ها و یا نیاز به تعویض قطعات داخلی صدمه دیده و یا فرسوده شده آن انجام می‌شود. دوره انجام آن، معمولاً هر ۵ سال یا بیش‌تر می‌باشد.

### ۴-۲-۷-۴- شرح تفصیلی بازرسی‌ها و نگهداری اجزای مکانیکی

#### الف- طناب بالابری

- طناب بالابری باید قبل از هر بار به‌کارگیری برای حمل قطعات و نیز به صورت ماهانه بازدید شود. در صورت استفاده نشدن طولانی از جرثقیل نیز طناب‌ها و زنجیرها باید هر شش ماه یک‌بار، تمیز گردد، گریس و مواد زاید به جا مانده روی طناب‌ها پاک شود. طناب‌ها از نظر صدمات احتمالی، از جمله سایش خوردگی، تغییر شکل و پارگی رشته‌ها و یا گره خوردن و سایر موارد مشابه بازرسی شود.
- اگر تعداد رشته سیم‌های پاره شده در طول طناب از مقدار مجاز مشخص شده توسط شرکت سازنده بیش‌تر باشد، طناب باید تعویض گردد.

- استفاده از طناب‌های زنگ زده یا دارای خوردگی یا گره‌دار، با رشته‌های کشیده شده و صدمه دیده ممنوع می‌باشد.
- اپراتور جرثقیل باید مراقبت نماید که طناب بیرون از شیارهای درام بسته نشود. در صورت ایجاد این حالت اپراتور باید فوراً جرثقیل را از حالت کاری خارج و این مورد را تصحیح کند.
- در هنگام حمل بار در پایین‌ترین موقعیت آن، لازم است حداقل سه دور طناب روی درام باقی بماند. در زمان بازدید از طناب موارد زیر باید کنترل شود:
  - اتصال بین طناب و درام و محکم نمودن گیره‌ها
  - میزان سایش، خوردگی، تغییر شکل
  - اثرات حرارتی
  - شرایط روغن کاری طناب
  - قطر طناب
  - نوع و تعداد پارگی در طناب

#### مقادیر مجاز:

برای مقادیر مجاز مقدار سایش یا خوردگی و کاهش قطر طناب به کاتالوگ سازنده مراجعه شود.

#### **ب- پولی و درام**

به طور کلی موارد به شرح زیر باید مورد بازدید قرار گیرد:

- وضعیت سطوح شیارها و لبه‌ها
- سامانه روغن کاری
- چرخش آزادانه بر روی محورها
- اتصال یاتاقان‌ها و محورها

#### **ج - قلاب**

در مورد قلاب‌ها به طور کلی موارد زیر باید بررسی شود:

- استهلاک قلاب‌های بالابری
- اتصال قلاب به بلوک
- ترک، سایش و تغییر شکل

#### مقادیر مجاز

برای کنترل ترک، تغییر شکل و سایش قلاب به استاندارد "DIN 15405-part1" یا کاتالوگ سازنده مراجعه شود.

#### **د- ترمزهای نگه‌دارنده**

- ترمزها باید به صورت منظم قبل از هر بار استفاده از جرثقیل و حداقل هر شش ماه یک‌بار مورد بازدید قرار گیرد. در شرایط کاری مداوم جرثقیل نیز باید ترمزها قبل از هر بار آغاز به کار جرثقیل بازرسی و کنترل شود.

- هنگامی که ترمز برای تنظیم آزاد است، کفشک‌ها را باید به گونه‌ای تنظیم نمود که لنت ترمزها با درام ترمز تماس نداشته باشد و فاصله لنت و درام ترمز در دو سمت درام مساوی باشد. به وسیله «فیلر» فاصله بین لنت و درام ترمز اندازه‌گیری میشود. این فاصله به وسیله پیچ تنظیم تامین می‌گردد و مانع از به وجود آمدن کورس متفاوت کفشک‌ها می‌شود و همچنین فاصله مساوی بین کفشک‌ها و درام را تضمین می‌نماید. در حالت رها بودن ترمزها، فاصله کفشک‌ها تا درام ترمز مساوی است. در این حالت پیچ تنظیم باید به وسیله مهره مخصوص خود محکم شود تا از شل شدن پیچ در هنگام کار جلوگیری گردد.
- در هنگام کار ترمز تمامی سطح لنت آن باید روی درام ترمز فشرده شود. این مورد با چند بار عمل کردن و رها کردن ترمز و کنترل آن تضمین می‌گردد.
- خوردگی لنت ترمز در طول کفشک باید یکسان باشد؛ در غیر این صورت درام بیش از اندازه گرم می‌شود.
- در نزدیکی قطعات متحرک ترمز (مثل اهرم‌ها، کفشک‌ها و غیره) نباید هیچ مانعی وجود داشته باشد که مانع از حرکت کفشک‌ها شود.
- سطح درام ترمز همیشه باید تمیز و صاف باشد. در هنگامی که کفشک‌ها به حالت پله پله در می‌آیند علت را باید جستجو کرده و در جهت رفع آن اقدام نمود.

#### ه - ترمزهای الکتروهیدرولیک

امروزه در برخی از مکانیزم‌های بالابری از ترمزهای الکتروهیدرولیک استفاده می‌گردد، لذا لازم است در هنگام بازرسی این نوع ترمزها، موارد ذیل مورد توجه قرار گیرند:

- عدم وجود درگیری در مفصل‌ها
- تماس صحیح کفشک‌ها به دیسک ترمز
- عقب‌نشینی یکنواخت کفشک‌ها
- سایش لنت ترمز

#### مقادیر مجاز

- سایش لنت ترمز در حدی که پرچ‌ها شروع به سایش با دیسک ترمز نمایند، مجاز نمی‌باشد.
- چنانچه در دیسک ترمز فرورفتگی‌های حلقوی شکلی به عمق بیش‌تر از نیم میلی‌متر ایجاد شود باید سطح خارجی آن پرداخت شده و عملیات حرارتی انجام گردد.
- تنظیم ترمزها نیز بستگی به تنظیم فنرها و حرکت نرمال پیستون و عقب‌نشینی یکنواخت کفشک‌ها دارد. روش تنظیم ترمز در شناسنامه سازنده ذکر می‌شود.

#### و - یاتاقان‌ها

- در بازدید ماهانه از یاتاقان‌های غلطشی باید وضعیت آنها را از نظر قرارگیری در بدنه و محکم بودن درپوش‌ها، وضعیت آب بندها و صحت سامانه روغن‌کاری و وجود روغن کافی در یاتاقان‌ها بررسی نمود.



- هنگام سرویس فنی یاتاقان‌ها باید به شناسنامه فنی آنها که از طرف سازنده ارائه می‌گردد رجوع نمود. به خصوص باید دقت شود که بوش آنها بیش از اندازه فرسوده و خورده نشده و از جا بیرون نزده باشد.
- در بلبرینگ‌ها و یاتاقان‌های دو تکه، مراقبت لازم در مورد محکم بودن پیچ‌ها و مهره‌ها صورت گیرد.
- بلبرینگ‌ها از نظر در مرکز قرار گرفتن، لقی و خلاصی بیش از اندازه کنترل شوند. اگر خلاصی از حد مجاز بیش‌تر شود بلبرینگ‌ها باید تعویض گردند.

### ز - کوپلینگ‌ها

- بازرسی و نگهداری از کوپلینگ‌ها باید حداقل هر شش ماه یک‌بار انجام و موارد ذیل مورد توجه قرار گیرد:
- بازدید از پیچ‌های فلنج کوپلینگ‌ها (نوع صلب) از نظر شل شدگی و یا آسیب‌های دیگر
- بازدید از خارهای صدمه دیده کوپلینگ (نوع انعطاف‌پذیر)
- در جرتقیل‌ها به طور کلی از دو نوع کوپلینگ استفاده می‌شود:
  - کوپلینگ‌های فنری - انگشتی
  - کوپلینگ‌های دنده‌ای
- در هر دو نوع کوپلینگ باید هنگام بازدید محکم بودن اتصال نیم کوپلینگ‌ها و وضعیت کلیه قطعات آن کنترل شود. در کوپلینگ‌های فنری محکم بودن مهره‌های انگشتی بازرسی شود.
- کنترل فرسودگی پوش‌های لاستیکی و انگشتی انجام شود.
- پس از هر تعمیری که منجر به پیاده کردن مکانیزم گردد، هم محور بودن قطعات اتصال کنترل گردد.
- فاصله هوایی بین فلنج تمام کوپلینگ‌ها به وسیله «فیلر» اندازه‌گیری و کنترل گردد.

### ح - چرخ‌های حرکتی

- بازرسی و نگهداری چرخ‌ها باید حداقل شامل موارد زیر باشد:
- بازدید از سطح تماس چرخ باریل (که باید صاف و بدون صدمات مکانیکی یا سایشی غیرمتمعارف باشد)
- وجود روغن در یاتاقان‌ها
- اتصال چرخ‌ها به محور
- سایش و برخورد فلنج چرخ به دیواره ریل
- صدای اضافی و ارتعاش هر چرخ
- پوشیدگی در فلنج و سطوح چرخ‌ها
- سطح تماس چرخ با ریل

### ط - کوپلینگ خورشیدی<sup>۱</sup> برای حرکت‌های بسیار دقیق

از آنجایی که در هنگام نصب تجهیزات نیروگاه (به خصوص روتور ژنراتور) از سرعت بالابری بسیار پایینی باید استفاده نمود، در مکانیزم حرکتی برخی از جرثقیل‌های سقفی نیروگاه از سامانه حرکت میکرونی<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. در این مکانیزم با توجه به نسبت تبدیل دور بالا و فضای کم می‌توان از کوپلینگ‌های خورشیدی که دارای جعبه دنده خورشیدی می‌باشند، استفاده نمود. در بعضی از جرثقیل‌ها به جای کوپلینگ خورشیدی از کلاچ مغناطیسی مجهز به سویچ حدی نشان‌دهنده وضعیت آزاد و وضعیت درگیر کلاچ و کلکتور کلاچ استفاده می‌شود. لازم است در بازدهی‌های دوره‌ای (در صورت استفاده از این نوع مکانیزم)، موارد زیر در آنها مورد توجه قرارگیرد:

- وضعیت روغن کاری
- صدای درگیری غیرمتعارف
- هرگونه ترک در ریشه دنده
- هرگونه تماس لغزشی روی سطح دنده‌ها
- پوسیدگی

### ی - سازه فلزی

در بازدید از سازه‌های فلزی باید به موارد زیر توجه نمود:

- هیچ نقطه از آن دارای عیب مکانیکی، شکستگی، ترک در فلز اصلی و در اتصالات جوشکاری نباشد.
- پیچ و مهره شل نشده باشد. بازرسی کلیه اتصالات پیچ و مهره‌ای باید مطابق با شرایط و «تورک» ذکر شده در نقشه سازه جرثقیل و توسط «تورکم‌تر» انجام گیرد.
- در محورها و گوشواره‌ها فرسایش وجود نداشته باشد.
- وضعیت درز تکیه‌گاه‌ها و پل کنترل گردد.
- وضعیت اتصالات مفصلی کنترل شود.

### توجه:

- تجربه در بهره‌برداری از جرثقیل‌های نیروگاهی نشان می‌دهد که خرابی‌های اصلی در سازه‌ای فلزی جرثقیل‌ها ناشی از زنگ‌زدگی فلز و یا اعمال بار اضافی می‌باشد.
- زمانی که پیچ و مهره‌ای در سازه شل شده باشد (محل اتصال پل به تیراتصال)، پیدا کردن علت شل شدن اهمیت خاصی دارد، زیرا در غیر این صورت به محض محکم کردن پیچ و مهره‌ها عیب دوباره بازگشت نموده و مشکل ادامه می‌یابد.
- برای رفع معایب احتمالی و تعمیر سازه باید با نماینده شرکت سازنده و طراح مشورت شود.

1 - Planetary Gear Coupling

2 - Micro-Speed Drive

## ک - ریل

- در ابتدای هر نوبت استفاده از جرثقیل باید بازدید چشمی از مسیر کلی حرکت ریل انجام شود و وضعیت از نظر عدم وجود روغن و گریس و هر جسم خارجی بر روی سطح آن کنترل گردد.
- در بازرسی دقیق از ریل‌ها که به صورت سالانه انجام می‌شود، موارد زیر باید کنترل گردد:
  - محکم بودن ریل‌ها
  - میزان فرسایش
  - خوردگی
  - تغییر شکل در اثر اصطکاک چرخ‌ها بر روی ریل
  - ترک یا شکستگی در سطح فوقانی ریل
- محکم بودن تیرهای زیر خطوط جرثقیل به ستون‌ها
- فاصله (درزهای) واقع در محل اتصال ریل‌ها و تغییر مکان نسبی آنها
- سامانه اتصال به زمین ریل‌ها
- پایانه متوقف کننده<sup>۱</sup> حرکت جرثقیل روی ریل‌ها

## ل - ضربه گیرها

- بازرسی ضربه گیرها باید حداقل سالی یک‌بار انجام شود.
- در صورت هر نوع ترک و سایش حدی در ضربه گیر تعویض صورت گیرد.

## ۴-۷-۲-۵- ملاحظات مربوط به روغن کاری و گریس کاری مکانیزم‌های جرثقیل

روغن کاری و گریس کاری تاثیر مهمی بر روی کار مداوم و طول عمر قطعات جرثقیل دارد و وظایف زیر را در قبال مکانیزم‌ها و قطعات مختلف به عهده دارد:

- کاهش اصطکاک و سایش
- جلوگیری از زنگ‌زدگی
- جلوگیری از ایجاد گرد و خاک بر روی سطوح لغزنده
- پر نمودن درزها
- جلوگیری از ایجاد گرما در سایش سطح و غیره

در نقشه‌های پیوست دستورالعمل نگهداری جرثقیل باید قسمت‌هایی که نیاز به روغن کاری دارند و کیفیت (و نوع) روغن مشخص گردد. این اطلاعات و مشخصات باید توسط سازنده جرثقیل در دفترچه بهره‌برداری و نگهداری آورده شده و در اختیار دستگاه بهره‌بردار قرار گیرد.

### الف - روغن کاری ترمزها

تمامی قطعات متحرک جرثقیل بسته به رژیم کاری جرثقیل باید روغن کاری شود. در رژیم مداوم حداقل هفته‌ای یک‌بار باید روغن کاری انجام شود. در صورت استفاده نکردن از جرثقیل، روغن کاری پس از بازرسی‌های ادواری ماهانه در صورت نیاز باید انجام گیرد. بازرسی دقیق ترمزها نیز باید سالی یک‌بار انجام شود و کلیه قسمت‌های متحرک تمیز شده و گریس کاری گردد.

### ب - روغن کاری یاتاقان‌ها

- تمامی بلبرینگ‌ها باید حداقل هر شش ماه یک‌بار بازدید و در صورت ضرورت روغن کاری شوند.
- روغن بلبرینگ‌ها سالی یک‌بار باید تعویض شود. این عمل باید بعد از تمیز کردن آن توسط مواد شست‌شودهنده مناسب (نظیر «وارسال») و خشک کردن آن به‌وسیله هوای فشرده انجام شود.
- مقدار روغن نباید بیش‌تر از سه چهارم کل حجم محفظه بلبرینگ باشد.
- یاتاقان‌های لغزشی جرثقیل در صورت استفاده مداوم باید هر روز و در صورت استفاده موردی، به صورت موردی یا ماهانه روغن کاری شود.
- مقدار روغن باید به صورت چشمی با مشاهده بیرون آمدن روغن اضافی تعیین گردد. هم‌چنین این نوع یاتاقان‌ها نیز سالی یک‌بار باید به‌وسیله مواد مناسب، طبق دستورالعمل مربوطه تمیز شده و توسط هوای فشرده، خشک و مجدداً روغن کاری شود.

### ج - روغن کاری چرخ‌ها (روغن کاری یاتاقان‌ها)

(مشابه بند فوق)

### د - روغن کاری جعبه دنده‌ها

- کیفیت روغن: مراجعه شود به مشخصات روغن پیشنهاد شده توسط سازنده تجهیز
- مقدار روغن: مراجعه شود به کاتالوگ سازنده برای جعبه دنده
- استاندارد اولین تعویض روغن جعبه دنده باید بعد از ۲۵۰ تا ۳۰۰ ساعت کاری انجام شود.
- تعویض روغن برای بار دوم در جعبه دنده‌هایی که تحت شرایط عادی کاری می‌باشند بعد از ۵۰۰ تا ۸۰۰ ساعت کاری و در حالت کار غیر مداوم (برای جرثقیل‌های نصب، نیروگاه و غیره) هر دو سال یک‌بار انجام شود.
- در حالت کاری معمول، جعبه دنده‌ها نیاز به سرویس خاصی ندارند و فقط دمای یاتاقان‌ها و سطح روغن هر از چندگاه باید کنترل گردد.
- در هنگام کم بودن روغن، باید مقدار لازم اضافه گردد. البته ضروری است نوع روغن مطابق مشخصات سازنده تهیه شود.

- در هنگام تعمیرات اساسی باید جعبه دنده را دموتناژ و با مواد مناسب یا روغن تمیزکننده، شستشو داد.
- بازرسی کلیه قطعات باید انجام شود و قطعات فرسوده و مستهلک تعویض گردد (بلبرینگ‌ها)
- هنگامی که جعبه دنده برای مدت طولانی استفاده نشود، قسمت‌های داخلی باید در مقابل خوردگی محافظت شوند.

#### ۴-۷-۲-۶- شرح تفصیلی بازرسی‌ها و نگهداری تجهیزات الکتریکی جرثقیل

##### الف - آزمایش عملکرد صحیح دکمه‌های فشاری استارت و استاپ

برای این منظور باید کلید اصلی ورودی برق به برق‌رسان‌های جرثقیل و کلید مربوط به مدار تغذیه اصلی موتورها وصل شده و دسته کنترل کننده‌های اصلی روی صفر باشد. با فشار دکمه فشاری مربوط به روشن (استارت)، باید چراغ سیگنال مربوطه روشن شود (با فرض اینکه چراغ سالم است) اگر چراغ روشن نشد کلید اصلی برق ورودی جرثقیل قطع گردیده و دکمه فشاری از روی میز کنترل باز شود و به وسیله اهم متر کنترل شود. هنگام فشار دکمه فشاری مقاومت صفر و با برداشتن دست از روی دکمه مقاومت بی‌نهایت دیده می‌شود. اگر چنین بود دکمه سالم است و در غیر این صورت دکمه باید تعویض گردد. با فشار دکمه توقف باید چراغ سیگنال آن که با دکمه استارت روشن شده بود، خاموش گردیده و کنتاکتور اصلی مربوط به استارت قطع شود. در غیر این صورت باید ابتدا کلید اصلی مدارشکن برق ورودی به جرثقیل قطع شده و دکمه توقف از روی میز کنترل باز شود و به وسیله اهم متر بررسی شود که آیا دکمه توقف در حالت عادی مقاومت صفر و در حالت عملکرد مقاومت بی‌نهایت را نشان می‌دهد یا خیر. اگر چنین نیست دکمه توقف باید تعویض گردد.

##### ب- کنترل سالم بودن لامپ‌های سیگنال

عملکرد کلیه لامپ‌های سیگنال در مکانیزم‌های مختلف جرثقیل (و عملکرد لیمیت سویچ‌ها) باید در بازدیدهای میان مدت جرثقیل مورد توجه قرار گیرد. برای این منظور در حالت‌های حدی حرکت سامانه‌های مختلف جرثقیل و با عملکرد کلیدهای حدی مربوطه، باید چراغ سیگنال مخصوص آن سامانه روشن شود. در صورت عدم روشن شدن سیگنال مربوطه، باید علت پیدا شده و مرتفع گردد.

##### ج- بازدید از کنترل کننده‌های اصلی<sup>۱</sup>

ابتدا باید عملکرد صحیح کنترل کننده‌های اصلی با راه‌اندازی جرثقیل کنترل شود. آنگاه با خاموش کردن جرثقیل و باز کردن دسته کنترل از روی میز کنترل کلیه کنتاکت‌های آن کنترل شده و تمیز شوند. توجه شود که در کنتاکت‌ها آثار خوردگی، جرقه‌زنی و یا سوختگی نبوده و کنتاکت‌ها به راحتی اتصال یابند، در غیر این صورت کنتاکت‌ها تعمیر و یا تعویض گردند.

##### د- آزمایش قطع شدن برق به وسیله عملکرد کلیدهای حدی (لیمیت سویچ‌ها) و رله‌های اضافه بار

جرثقیل راه‌اندازی شده و مطابق دستورالعمل زیر عملکرد کلیدهای حدی کنترل شود. در هر حالت با عمل کردن هر یک از کلیدهای حدی، برق جرثقیل باید قطع شده، الکتروموتور آن خاموش گردیده و چراغ سیگنال مربوطه روی میز کنترل روشن شود:

- با بالا آوردن قلاب تا حد بالا، لیمیت سویچ بالابر عمل کرده چراغ آن روشن شود و موتور قطع کند.

- به صورت دستی لیمیت سویچ "Over Hoist" عمل کرده چراغ آن روشن شود و موتور قطع کند.
- با پایین آوردن قلاب تا حد پایین، لیمیت سویچ "Lower" عمل کرده چراغ آن روشن شود و موتور قطع کند.
- با حرکت پل تا حد نهایی سمت راست، لیمیت سویچ "Right" عمل کرده موتور حرکتی قطع شده و چراغ "Right" روشن شود.
- با حرکت پل تا حد نهایی سمت چپ، لیمیت سویچ "Left" عمل کرده موتور حرکتی قطع شده و چراغ "Left" روشن شود.
- با عمل کردن هر یک از لیمیت سویچ‌های "Forward" یا "Reverse" هر کالسکه، حرکت در آن جهت متوقف و چراغ سیگنال مربوطه روشن شود.
- در وضعیت "Tandem" دو جرثقیل یا وضعیتی که دو جرثقیل همزمان یک بار مشترک را جابجا می‌کند در صورت عملکرد هر یک از لیمیت سویچ‌های "Tandem Reverse"، "Hoist Tandem" و "Overhoist Tandem" برای هر کدام از کالسکه‌ها باید حرکت هر دو جرثقیل متوقف شده و چراغ سیگنال مربوطه روشن شود.
- با عملکرد لیمیت سویچ‌های حد بالا و حد پایین و لیمیت سویچ اضطراری بالابر کمکی جرثقیل، حرکت مربوطه متوقف و چراغ سیگنال مربوط به آن روشن شود.
- بعد از اتمام عملکرد کلیدهای حدی مدار مجدداً برقرار شده و کنترل شود که با «تریپ» دستی هر رله اضافه بار، کنتاکتور اصلی از مدار خارج می‌شود.

#### ه - اندازه‌گیری جریان عادی الکتروموتورها

جریان عادی کلیه الکتروموتورها حداقل شش ماه یکبار باید اندازه‌گیری شود. برای این منظور باید مدار فرمان هر موتور با دکمه استارت راه‌اندازی شده و جریان کار موتور از روی ترمینال مربوطه در تابلوهای برق به کمک آمپر متر چنگکی اندازه‌گیری شود. جریان کار موتور نباید از حداکثر جریان درج شده در مدارک فنی سازنده بیش‌تر باشد.

#### و - اندازه‌گیری مقاومت عایقی الکتروموتورهای جرثقیل

اندازه‌گیری مقاومت عایقی سیم‌پیچ الکتروموتورها به صورت سالانه با دستگاه اندازه‌گیری «مگر» باید انجام شود.

#### ز - کنترل دمای نقاط مختلف استاتور و یاتاقان‌های موتورهای الکتریکی در حال کار

دمای نقاط مختلف استاتور و یاتاقان‌های موتورهای الکتریکی باید کنترل گردد که بیش‌تر از حد مجاز نباشد (داغی موضعی). انجام این آزمایش با استفاده از اسکن مادون قرمز به صورت سالانه توصیه می‌شود.

#### ح - اندازه‌گیری مقاومت عایقی کابل‌های قدرت جرثقیل

توصیه می‌شود سالانه و نیز به صورت موردی (در صورت بروز شک نسبت به سالم بودن عایق‌بندی کابل‌های تغذیه موتورها)، این کابل‌ها ابتدا در کل مسیرشان از نظر وجود شکستگی در غلاف عایقی کابل، لهیدگی و یا بریدگی بازرسی شود. سپس به وسیله دستگاه تست «مگر»، مقاومت عایقی کابل‌های قدرت اندازه‌گیری شود. مقاومت عایقی این کابل‌ها (کابل‌های فشار ضعیف) نباید از  $0.5$  مگا اهم کم‌تر باشد.

### ۴-۷-۳- ملاحظات کلی در مورد تنظیمات مرتبط با فعالیت‌های نگهداری تجهیزات جرثقیل

#### ۴-۷-۳-۱- تنظیم مکانیزم‌ها

برای تنظیم قسمت‌ها و مکانیزم‌هایی که به صورت «یونیت» خریداری می‌شوند باید به دفترچه دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری سازنده رجوع شود. این بخش‌ها شامل الکتروموتور، ترمز، گیربکس و مواردی از این قبیل می‌باشد.

#### ۴-۷-۳-۲- کلیدهای حدی مربوط به حد بالا و حد پایین متصل به درام

قبل از نصب میکروسوییچ به محور درام کارهای زیر باید انجام شود:

ابتدا میکروسوییچ حد بالای قلاب تنظیم می‌شود و میل پیچ به قدری می‌پیچد تا مهره میکروسوییچ حد بالا را تحریک نماید (تحریک میکروسوییچ یا توسط اهم‌ترسنجیده می‌شود یا توسط صدایی که ایجاد می‌نماید).

- بعد از انجام اعمال فوق، پولی بلوک تا بالاترین حد خود بالا آورده می‌شود سپس کوپلینگ میکروسوییچ حد بالا و پایین بر روی شافت درام نصب می‌گردد، هم محوری آنها چک می‌شود و برای اطمینان از محل میکروسوییچ حد بالا، پولی بلوک پایین برده شده سپس دوباره بالا آورده می‌شود.

- جهت تنظیم لیمیت سویچ حد پایین، قلاب پولی بلوک پایین آورده می‌شود. در این موقعیت باید حداقل ۲ دور طناب در هر طرف درام باقی مانده باشد. سپس میکروسوییچ حد پایین در محل مناسب تثبیت می‌گردد. پس از تنظیم میکروسوییچ‌ها، پیچ‌ها محکم شده و مطابق با کارت روغن کاری، عمل روان‌سازی انجام می‌شود. سپس درپوش در محل خود قرار می‌گیرد.

#### ۴-۷-۳-۳- تنظیم کلیدهای حدی بالابری وابسته به «پولی بلوک»<sup>۱</sup> متحرک یا کلید حدی اضطراری

این لیمیت سویچ‌ها برای اطمینان از عدم ایجاد هر گونه تماس بین «پولی بلوک» متحرک و سازه جرثقیل به کار می‌رود. این لیمیت سویچ پس از قرار گرفتن درپوش «پولی بلوک»، بر روی سازه ترولی (کالسکه) نصب می‌گردد.

برای تنظیم آن، سیمی با طول مناسب که وزنه‌ای به آن آویزان است به اهرم لیمیت سویچ متصل می‌گردد. سپس قطعه رینگ شکل که سیم از داخل آن عبور کرده است به وزنه پیچ می‌شود. طول سیم باید به اندازه‌ای باشد که وقتی پولی بلوک به حد بالای خود می‌رسد لیمیت سویچ عمل نماید.

کلیدهای حدی فوق‌الذکر شامل میکروسوییچ، اهرم و سیمی است که از یک سمت به وزنه‌ای متصل شده باشد و از جهت دیگر به اهرم اتصال یافته باشد. زمانی که پولی بلوک بالا می‌آید، با وزنه تماس یافته و در نتیجه اهرم میکروسوییچ عمل می‌نماید. با پایین آمدن پولی بلوک، اهرم بدلیل وجود وزنه پایین آمده و فشار از روی میکروسوییچ حذف می‌گردد.

#### ۴-۳-۷-۴- میکروسویچ سامانه حرکتی پل

این قبیل میکروسویچ‌ها برای کنترل حرکت انتهایی جرثقیل استفاده می‌شود. این میکروسویچ‌ها بر روی کلگی‌ها نصب می‌شوند. اهرم‌هایی که آنها را تحریک می‌نمایند نیز بر روی تیر مسیر حرکت در فاصله مناسبی از دو متوقف کننده انتهایی قرار می‌گیرند. این «میکروسویچ» معمولاً از نوع صلیبی دو مرحله‌ای است به گونه‌ای که در مرحله اول سرعت پل کم می‌شود و در مرحله دوم پل متوقف می‌گردد. بدین صورت بار هرگز لنگر نمی‌اندازد.

#### ۴-۳-۷-۵- میکروسویچ‌های سامانه حرکتی کالسکه

حدود حرکت کالسکه توسط میکروسویچ‌ها تعیین می‌شوند. دو میکروسویچ بر روی پل نصب می‌شوند. کالسکه قادر است، حداکثر تا رسیدن به این میکروسویچ‌ها حرکت نماید. اهرم‌هایی که این میکروسویچ‌ها را تحریک می‌نمایند زیر سازه کالسکه تعبیه می‌شوند. این «میکروسویچ‌ها» نیز معمولاً دو مرحله‌ای صلیبی می‌باشد. برای اطمینان از عملکرد صحیح میکروسویچ‌ها، کالسکه را از هر دو جهت حرکت می‌دهند تا این میکروسویچ‌ها را تحریک نماید، در این صورت باید کالسکه فوراً توقف نماید.

#### ۴-۳-۷-۶- میکروسویچ کابین کنترل

روی درب ورودی کابین، میکروسویچ مخصوصی نصب شده است. هنگامی که این درب بازگردد میکروسویچ عمل می‌نماید و کنتاکتور اصلی جرثقیل قطع می‌شود.

#### ۴-۳-۷-۷- طناب پیچی درام

برای طناب پیچی درام، پولی بلوک‌های متحرک را بر روی ساپورت‌هایی روی زمین قرار می‌دهند. سپس به یک انتهای طناب، سیم نازکی را متصل می‌نمایند. ابتدا طناب از پولی‌ها عبور می‌نماید. پس از رسیدن به نقطه اتصال، طناب در آن نقطه به درام متصل می‌گردد و سر دیگر طناب به انتهای دیگر درام یا نقطه ثابت روی سازه اتصال می‌یابد. باید توجه نمود که پس از طناب پیچی، هیچ‌گونه تابی که باعث پیچش پولی متحرک گردد، دیده نشود. همچنین در طی طناب پیچی باید از رسیدن هر گونه صدمه و آسیبی به طناب جلوگیری شود. در هنگام کار مکانیزم بالابری و در زمان پایین‌دهی قلاب بدون بار، شل شدن طناب مجاز نمی‌باشد، زیرا تخلف از اصول درست طناب بندی بر روی درام می‌تواند منجر به افتادن طناب از روی درام و پارگی آن شود.



## ۴-۸- بازرسی‌ها و نگهداری ژنراتورهای آبی و سامانه تحریک

### ۴-۸-۱- کلیات

در این قسمت از راهنما توصیه‌هایی دربارهٔ بازرسی و نگهداری ژنراتور و نیز ملاحظات کلی و عمومی مربوط به تعمیرات ژنراتورهای سنکرون ارائه شده است.

بازرسی‌ها و نگهداری ژنراتور را برای سهولت می‌توان تحت عنوان نگهداری «زیربار» و «نگهداری در حالت توقف» دسته‌بندی کرد. نگهداری زیر بار عمدتاً شامل انجام «فعالیت‌های نظارتی»<sup>۱</sup> می‌شود. این فعالیت اهمیت بسیار زیادی در تشخیص سریع وضعیت ژنراتور دارد و اگر به درستی انجام نشود، منجر به صدمات پرهزینه خواهد شد.

در این قسمت از راهنما، ابتدا توصیه‌ها و پیشنهادات مربوط به بازرسی‌های عادی روزانه، هفتگی و ماهانه، شامل بازرسی‌های «زیر بار» و «حالت توقف» ارائه می‌شود.

در مورد نگهداری پیش‌گیرانه ژنراتور و دوره‌های بازرسی دقیق‌تر (که طی آن قسمت‌هایی از ژنراتور باید دمونتاژ شود) و نیز بازرسی‌های کامل و همه‌جانبه‌ای که برای انجام آن باید روتور برداشته شود، برنامه زمان‌بندی با دوره‌های ثابتی را نمی‌توان توصیه نمود. عوامل مختلفی در تعیین فواصل زمانی بین بازرسی‌های دقیق، انجام آزمایش‌های عملکرد مرتبط با نگهداری و بالاخره دوره‌های بازرسی همه‌جانبه و دمونتاژ کامل ماشین تاثیرگذارند.

چنان‌که در مقدمه‌ی این فصل از راهنما در مورد اتخاذ ترکیب مناسبی از روش‌های نگهداری پیش‌گیرانه و پیش‌گویانه ذکر گردید، استفاده از روش نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان دستگاه‌ها، مبتنی بر تحلیل داده‌ها و استفاده از مستندات مربوط به سوابق نگهداری و تعمیرات قبلی انجام شده، برای اکثر ژنراتورهای نیروگاه‌های جدید، که دارای ابزار دقیق‌های مناسب، تجهیزات گسترده نظارتی و سامانه‌های نوین جمع‌آوری و دسته‌بندی اطلاعات مربوط به عملکرد واحد می‌باشد، می‌تواند به کار گرفته شود.

### ۴-۸-۲- بازرسی‌ها و سرویس‌های عادی (روتین)

#### ۴-۸-۲-۱- بازرسی‌های عادی (روتین) ژنراتور

هدف از این بازرسی‌ها، بررسی چشمی ژنراتور به منظور اطمینان از صحت کارکرد آن می‌باشد. برای واحدهای بزرگ با سامانه تحریک استاتیک بازرسی‌ها به شرح زیر توصیه می‌شود:

#### الف - بازرسی‌های عادی روزانه (واحد در حال کار)

- بازرسی چشمی جاروبک‌های حلقه‌های لغزان (از نظر طول، ساییدگی و جرقه زدن) و صداهای غیرعادی (صداهای مربوط به خراشیدگی، جیرجیر)
- بازرسی چشمی فیلترهای هوای محفظه حلقه‌های لغزان یا محفظه کلکتور

- کنترل سطح روغن یاتاقان هادی فوقانی و یاتاقان وزنی (یا یاتاقان ترکیبی هادی و کف‌گرد)
- کنترل یاتاقان‌ها از نظر صداهای غیرعادی
- کنترل نمایش‌دهنده فشار تفاضلی گرفتگی فیلترهای دابل روغن یاتاقان‌های ژنراتور (یاتاقان هادی و یاتاقان ترکیبی)
- کنترل مقادیر کمیت‌های اندازه‌گیری شده توسط نشانگرهای نصب شده روی تابلوی محلی مخصوص دستگاه‌های اندازه‌گیری ژنراتور شامل:
  - درجه حرارت کفشک‌های یاتاقان‌های هادی و ترکیبی
  - درجه حرارت روغن یاتاقان‌های هادی ترکیبی در ظرف روغن و در خروجی مبدل‌های حرارتی روغن و مقدار جریان حجمی (بده) روغن
  - مقدار جریان حجمی و درجه حرارت آب خنک‌کننده کولرهای ژنراتور
  - میزان ارتعاشات قسمت گردان در محل یاتاقان‌های ژنراتور و توربین
  - میزان فاصله هوایی بین روتور و استاتور
- کنترل مقادیر کمیت‌های زیر از روی تابلوی کنترل محلی واحد شامل:
  - کنترل درجه حرارت‌های سیم‌پیچی‌های استاتور و روتور (حداکثر مقادیر)
  - کنترل درجه حرارت‌های هسته استاتور (حداکثر مقادیر)
  - کنترل درجه حرارت‌های دندان‌های هسته استاتور (حداکثر مقادیر)
  - کنترل درجه حرارت‌های هوای خنک‌شده خروجی کولرهای ژنراتور و دمای هوای داغ ورودی (حداکثر مقادیر)
  - کنترل درجه حرارت محفظه کلکتور

#### ب- بازرسی‌های عادی هفتگی (واحد در حال کار)

- کنترل سامانه روغن یاتاقان‌ها و لوله‌های روغن از نظر نشتی
- کنترل سامانه آب خنک‌کننده ژنراتور و کولرها از نظر نشتی و یا تعریق شدید روی کولرهای هوا/آب
- کنترل و آزمایش لامپ‌های روی تابلوهای کنترل محلی و «ترمینال باکس‌های» ژنراتور و تعویض لامپ‌های نمایش‌گر (در صورت نیاز و سوختن لامپ‌ها)
- کنترل فشار روغن روی سامانه روغن یاتاقان‌های ژنراتور
- کنترل عملکرد سامانه تخلیه بخار روغن یاتاقان‌ها (و کنترل نمایش عملکرد فن‌های تخلیه بخار توسط لامپ‌های روی تابلوی کنترل واحد)

#### ۴-۲-۲- کنترل‌ها و سرویس‌های عادی (هفتگی یا ماهانه)

اهم کنترل‌ها و سرویس‌های عادی ژنراتور (در حالت توقف واحد)، که بسته به مورد و شرایط بهره‌برداری، باید به صورت هفتگی یا ماهانه انجام شود به شرح زیر توصیه می‌شود:

- کنترل حلقه‌های لغزان و جاروبک‌ها و خارج کردن جاروبک‌هایی که بیش‌ترین ساییدگی و کم‌ترین طول را دارند، به منظور اندازه‌گیری و امتحان آنها (هفتگی)
- کنترل محکم بودن نگه‌دارنده جاروبک‌ها و اتصالات جاروبک‌ها (ترجیحا هفتگی) و تمیز کردن سطح آن و محفظه حلقه‌های لغزان و داخل شافت بالایی ژنراتور از غبار کربن، جرم‌ها و مواد زاید (در صورت نیاز)
- تعویض دوره‌ای قطب‌های مثبت و منفی ولتاژ تحریک، مطابق دستورالعمل سازنده
- کنترل سطح روغن یاتاقان‌ها در حالت توقف (هفتگی)
- بازرسی چشمی قسمت انتهایی سیم‌پیچی‌ها در دو طرف (طرف DE و طرف NDE) به صورت ماهانه
- کنترل عملکرد گرم‌کننده‌های سیم‌پیچی ژنراتور (هفتگی) و در هر دوره توقف واحد (واقع در پیت ژنراتور)
- کنترل وضعیت خط ترمزها (روی رینگ ترمز ژنراتور) و تمیز کردن محوطه زیر روتور از غبار ناشی از ساییدگی ترمز (در صورت نیاز) به صورت ماهانه
- کنترل فیلتر سامانه ترمز (تمیز کردن آن از گردوغبار در صورت نیاز)
- امتحان و روشن کردن الکتروموتور پمپ‌های جریان متناوب و جریان مستقیم سامانه تزریق روغن فشار بالا، برای اطمینان از صحت آن و تمیز کردن فیلتر روغن (در صورت نیاز)
- کنترل عملکرد صحیح فن‌ها و سامانه تخلیه بخار روغن یاتاقان‌ها و تخلیه آن و فیلتر الکترواستاتیک آن (در صورت نیاز)
- کنترل موردی بولت‌ها از نظر شل شدگی و یا گم شدگی
- کنترل وضعیت جاروبک انتقال جریان‌های سرگردان القا شده روی شافت (جاروبک زمین)
- کنترل عملکرد میکروسویچ‌های مربوط به بلوکه کردن عملکرد سامانه اطفای حریق CO<sub>2</sub> ژنراتور، در صورت باز کردن درهای ورود به محفظه (پیت) ژنراتور
- تمیز نمودن سطح باس‌بارهای عایق‌بندی شده مدار روتور (Field Leads)

#### ۴-۸-۳- برنامه نگهداری و آزمایش‌های ژنراتور

برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های مرتبط با نگهداری و تعمیرات ژنراتور، باتوجه به ملاحظات ذکر شده در بند (۴-۸-۱) این بخش از راهنما، براساس جمع‌بندی پیشنهادهای توصیه‌های سازندگان معتبر ژنراتور و نیز توصیه‌های مندرج در راهنماها و نشریات فنی معتبر در این زمینه در جدول شماره (۴-۱۳) ارائه شده است.

عناوین منابع استفاده شده در پیوست این راهنما آورده شده است.

برنامه نگهداری موثر، براساس شرایط بهره‌برداری و نتایج بازرسی‌ها و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده و مستندات مربوط به نگهداری‌های قبلی ژنراتور تهیه می‌شود.

عواملی که در تعیین زمان انجام بازرسی‌های دقیق و آزمایش‌های مرتبط با نگهداری و فعالیت‌های مربوط به تعمیرات موثرند عبارتند از:

### الف - تاثیرات و تنش‌های مربوط به بهره‌برداری عادی

- مدت بهره‌برداری در حالت‌های (Modes) مختلف (مثل حالت کنترل فرکانس شبکه)
- تعداد استارت و توقف‌ها و نوع فرمان‌های توقف صادر شده (توقف عادی، توقف اضطراری سریع، توقف اضطراری تاخیری)
- مدت زمان توقف‌های طولانی واحد (بیش‌تر از یک هفته)
- سرعت بارگیری و نرخ تغییر بار واحد حین بهره‌برداری

### ب - تاثیرات ناشی از فشار کاری در شرایط غیرعادی

- بروز حالت اتصال کوتاه در نزدیکی ژنراتور (تعداد بروز اتصال کوتاه و شدت جریان عبور کرده ناشی از این حالت)
- مدت و شدت کارکرد خارج از سنکرون ژنراتور (عملکرد آسنکرون)
- مدت کارکرد در شرایط بار نامتعادل
- تعداد دفعات حذف ناگهانی بار ژنراتور و بروز شرایط اضافه سرعت (و رسیدن به سرعت بحرانی)
- مدت کارکرد در شرایط اضافه ولتاژ
- مدت کارکرد در شرایط دمای اضافی
- کارکرد در شرایط آلودگی محیط
- وجود رطوبت اضافی در محیط
- تعداد فرمان‌های توقف اضطراری

جدول ۴-۱۳- برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های ژنراتور

ردیف	موضوع نگهداری و آزمایش‌ها	دوره های توصیه شده
۱	بازرسی‌های ادواری و نگهداری پیش‌گیرانه همه جانبه ژنراتور	هیچ دوره استاندارد شده و ثابتی برای فعالیت‌های پیش‌گیرانه ادواری توصیه نمی‌شود. برای هر ماشین خاص برحسب شرایط بهره‌برداری، دوره‌های بازرسی و نگهداری پیش‌گیرانه مشخص می‌شود.
۲	سیم‌پیچی استاتور - بازرسی کامل چشمی و فیزیکی	- بعد از اولین سال بهره‌برداری - حداکثر ۲/۵ سال بعد از بهره‌برداری اولیه - حداکثر ۵ سال بعد از بهره‌برداری اولیه - طی هر بار توقف طولانی مربوط به بازرسی کلی واحد، به طوری که فواصل بازرسی‌ها از ۵ سال تجاوز نکند
۳	هسته استاتور - بازرسی کامل چشمی و فیزیکی	یک‌سال، ۲/۵ سال و ۵ سال بعد از زمان بهره‌برداری اولیه، سپس طی هر بار توقف طولانی برای بازرسی‌های ژنراتور، به طوری که فاصله بازرسی‌های کامل از ۵ سال تجاوز نکند
۴	سیم‌پیچی استاتور - کنترل محکم بودن گوه‌ها و وضعیت مواد الاستیک پر کننده شیار (برای محکم کردن سیم‌پیچی در شیار) و اجزای نگه‌دارنده قسمت انتهایی میله‌های استاتور	- یک سال، ۲/۵ سال و ۵ سال بعد از اولین راه‌اندازی واحد کنترل شود. - بعد از ۵ سال هر زمان که روتور برای بازرسی و تعمیرات برداشته می‌شود، گوه‌ها کنترل و محکم شود. (به‌خصوص اگر ژنراتور ۲۰ تا ۲۵ سال بدون تعویض گوه‌ها، مورد بهره‌برداری قرار گرفته باشد).
۵	سیم‌پیچی استاتور - تست فشار قوی، با ولتاژ مستقیم (DC)	سه یا ۵ سال یک‌بار و طی هر توقف طولانی مربوط به بازرسی کامل و تعمیرات مهم واحد (مطابق استانداردهای مربوطه و دستورالعمل سازنده)
۶	سیم‌پیچی استاتور - اندازه‌گیری مقاومت عایقی، تعیین شاخص پلاریزاسیون (تست مگر)	- همراه با تست ولتاژ فشار قوی DC انجام شود - پس از هر بار توقف طولانی مدت واحد (حدود یک ماه)
۷	سیم‌پیچی استاتور - تست فشار قوی با ولتاژ متناوب (AC)	علاوه بر تست فشار قوی انجام شده در کارخانه و به عنوان تست پذیرش در زمان ساخت و یا تحویل. بعد از بهره‌برداری فقط در صورت انجام تعمیرات روی سیم‌پیچی، برای بررسی صحت و پیوستگی خاصیت عایقی انجام شود (مطابق ضوابط استانداردهای معتبر)
۸	سیم‌پیچی استاتور - اندازه‌گیری میزان تخلیه جری	- در طول ۵ سال اول (بعد از راه‌اندازی اولیه) تخلیه جزئی اندازه‌گیری شود و بعد از این دوره، هر ساله مقدار تخلیه جزئی و الگوی‌های مبتنی بر فاز وقوع تخلیه جزئی ثبت شود و در صورت مشاهده عیوب و تقلیل استحکام عایقی، منطما و در فواصل زمانی ۳ تا ۶ ماه یک‌بار تخلیه جزئی مجدداً اندازه‌گیری شود.
۹	سیم پیچی استاتور - اندازه‌گیری گاز اوزن	غیرروتین - هرگاه درمورد فرسودگی عایق کاری استاتور شک و ابهام وجود داشته باشد
۱۰	سیم‌پیچی استاتور - اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا)	غیر روتین - در کنار و همراه انجام سایر تست‌های ژنراتور برای بررسی وضعیت آن
۱۱	هسته استاتور - تست مغناطیسی هسته (تست شار مغناطیسی)	غیر روتین - قبل از انجام تعمیرات و سیم‌پیچی مجدد استاتور، و یا در صورتی که هسته صدمه دیده باشد (برای تشخیص مناطق و نقاط داغ هسته)
۱۲	روتور - بازرسی کامل چشمی	طی توقف‌های طولانی و بازرسی‌های همه‌جانبه و مهم واحد، به طوری که فواصل این بازرسی‌ها از ۵ سال تجاوز نکند.
۱۳	روتور - مقاومت عایقی سیم‌پیچی میدان تحریک (تست مگر)	- سالانه و بعد از انجام تعمیرات مهم - پس از توقف‌های طولانی مدت واحد (حدود یک‌ماه)
۱۴	روتور - تست افت ولتاژ بر روی هر کدام از قطب‌های سیم‌پیچی با ولتاژ AC	غیر روتین - در صورتی که فرسایش عایقی سیم‌پیچی روتور مورد شک باشد
۱۵	مقاومت عایقی یاتاقان هادی بالایی و یاتاقان تراست (یاتاقان وزنی، یاتاقان کف‌گرد)	سالانه - طبق دستورالعمل سازنده

#### ۴-۸-۴- توصیه‌های کلی در مورد نگهداری و تعمیرات ژنراتور

##### ۴-۸-۴-۱- ملاحظات عمومی

برخی از اجزای ژنراتورهای آبی، مثل جاروبک‌های رینگ کلکتور به مرور زمان ساییده می‌شوند و لازم است به صورت منظمی مورد بازرسی قرار گرفته و تنظیم گردند و بعد از مدتی کارکرد تعویض شوند. بازرسی چشمی روزانه در مورد کموتاتورهای تحریک‌کننده‌های گردان و حلقه‌های لغزان نیز باید انجام شود و گرد کرین روی کموتاتورها در فواصل زمانی کوتاه زدوده شود. در برخی اجزای دیگر، مثل کولرها و کانال‌های هدایت هوای هسته استاتور (به سمت شیارهای سیم‌پیچ استاتور)، گردوغبار و سایر مواد زاید جمع می‌شود که باید این اجزا مرتباً تمیز شوند. عایق‌کاری سیم‌پیچی‌ها نیز در معرض گردوغبار، مواد زاید و جرم‌های ناشی از ترکیب گردوغبار با بخار روغن و رطوبت قرار می‌گیرند و باید تمیز شوند، علاوه بر آن عایق‌کاری سیم‌پیچی‌ها به مرور زمان استهلاک پیدامی‌کند و نیاز به بازرسی و نگهداری دارند. اجزایی از ژنراتور نیز در معرض ارتعاش و تنش‌های مکانیکی و تنش‌های حاصل از تغییرات سریع بار و دما قرار می‌گیرند و با گذشت زمان ممکن است استحکام خود را از دست بدهند، مثلاً اجزای آنها شل شود (مثل ورق‌های استاتور) و یا در اجزایی ترک مشاهده شود. این اجزا نیز باید مورد بازرسی دقیق قرار گیرند و نگهداری شوند.

##### ۴-۸-۴-۲- دوره تناوب بازرسی‌ها

بسیاری از سازندگان و استفاده‌کنندگان اعتقاد دارند که ماشین‌های الکتریکی مهم گردان باید در پایان اولین سال بهره‌برداری به‌طور کامل دمونتاژ و مورد بازرسی همه‌جانبه قرار گیرند و بعد از آن، بازرسی‌های کامل و دمونتاژ می‌تواند در فواصل زمانی طولانی‌تری انجام شود (رجوع کنید به جدول ۴-۱۲)، در این صورت در دوره‌های کوتاه‌تر بعدی، به جای دمونتاژ کامل و برداشتن روتور، با انجام بازرسی‌های جزئی، بسیاری از موارد استهلاک و اشکالات جزئی مشخص خواهد شد و می‌توان به موقع و با صرف زمان نسبتاً کمی برای اصلاح این موارد اقدام نمود.

##### ۴-۸-۴-۳- بازرسی‌های جزئی

رینگ‌های لغزان، کموتاتورها و جاروبک‌ها را به سادگی می‌توان بازرسی نمود. در بعضی از ماشین‌ها با برداشتن پنجره‌هایی می‌توان بخشی از سیم‌پیچی استاتور، فن‌ها و فواصل هوایی را مشاهده نمود. برای بازرسی بیشتر، با برداشتن پوشش فوقانی محفظه ژنراتور و یک سری از صفحات پوشش دهنده سیم‌پیچی‌ها، دسترسی به قسمت‌های اتصالات سرهای سیم‌پیچ استاتور، رینگ‌های مدارهای موازی، فواصل هوایی، اتصالات سرسیم‌های کلاف‌های میدان تحریک و مدارهای اصلی (مربوط به جریان ورودی) تحریک و فن‌ها برقرار می‌شود. با برداشتن صفحات دیگر پوشش دهنده (کاورها)، دسترسی به ترمینال‌های فاز ژنراتور، ترانسفورماتورهای جریان و نیز پشت هسته استاتور و صفحات اتکایی برقرار می‌شود.

بازرسی دوره‌ای چشمی برای اجزای فوق‌الذکر ماشین ضروری است. در مورد رینگ‌های لغزان، کموتاتورها و جاروبک‌ها، دوره‌های بازرسی کوتاه‌تری مورد نیاز است. برای سایر اجزای ژنراتور بازرسی‌های سالانه پیشنهاد می‌شود.

#### ۴-۸-۲-۲-۴-۸-۴ - بازرسی کامل

بازرسی کامل را با برداشتن روتور می‌توان انجام داد. باید دقت زیادی در برداشتن روتور مبذول داشت تا از صدمه دیدن هسته و سیم‌پیچ استاتور، یاتاقان‌ها و اجزای دیگر جلوگیری شود. در این خصوص لازم است برای کارکنان نگهداری و بازرسان، دوره آموزشی در نظر گرفته شود تا حین مراحل برداشتن روتور، بازرسی‌ها و نگهداری، صدمه‌ای به ماشین وارد نیاید.

در زمان بازرسی کامل لازم است تمام اجزایی که برداشته می‌شود به دقت شناسایی و علامت‌گذاری شود تا در هنگام نصب مجدد، در جای اصلی قرار گیرد. مونتاژ مجدد باید همراه با توجه خاص به تمیزکاری همه اجزا باشد. برداشتن مواد زاید، محکم کردن همه اجزا در مجموعه‌های مختلف (شامل فن‌ها، کانال‌های هدایت هوا از سمت فن‌ها به طرف مجراهای عبور هوا در داخل هسته، صفحات پرس‌کننده، گوه‌ها) و قرار دادن کلیه قطعاتی که در زمان بازرسی و تعمیرات مورد اصلاح و یا استفاده قرار گرفته‌اند در جای مناسب خود، باید با دقت زیاد مورد توجه کارکنان نگهداری قرار گیرد.

#### ۴-۸-۴-۳-۴-۸-۴ - شرح تفصیلی بازرسی‌ها و نگهداری

##### ۴-۸-۴-۱-۳-۴-۸-۴ - استاتور

- بازرسی از سیم‌پیچ، سازه‌های نگه‌دارنده آن، گوه‌ها و اتصالات قسمت‌های بیرون از شیارهای هسته باید انجام شود. سیم‌پیچ‌های استاتور به منظور تعیین استهلاک حرارتی و الکتریکی و آسیب‌های ناشی از نیروها و تنش‌های مکانیکی باید از نزدیک مورد بازرسی قرار گیرند. تخریب ناشی از پدیده کرونا، روی قسمت‌های خارج از شیار کلاف‌های سیم‌پیچ از تغییر رنگ سطح عایق آنها قابل تشخیص است. در مواردی نوارهای حفاظتی خارجی ممکن است فرسوده شود. احتمال بروز چنین تخریب‌هایی به خصوص در محل‌هایی که قسمت‌های انتهایی (خارج از شیار) میله‌های استاتور، که دارای اختلاف پتانسیل بیش‌تری می‌باشند و در کنار هم قرار گرفته‌اند، بیش‌تر است. البته رنگ‌های نیمه‌هادی و نوارهایی که مقاومت خاص برای محدود کردن صدمات ناشی از پدیده کرونا دارند، برای قسمت‌های خارج از شیار کلاف‌ها به کار می‌روند. واریش‌ها و نوارهای هادی اغلب در ناحیه اتصالات و قسمت‌های خارج شیار به کار می‌رود. این قسمت‌ها نیز باید مورد توجه ویژه کارکنان نگهداری قرار گیرد.
- لازم است قسمت‌های خارج از شیار میله‌های سیم‌پیچ، به منظور پیدا کردن آثار ترک در نوارهای لایه خارجی عایق‌بندی کنترل شود. این قسمت‌ها باید با دست لمس شود و وضعیت عایق آن از نظر خشک بودن، استحکام و اسفنجی بودن آن بررسی گردد.
- تخریب قسمت‌های خارج از شیار میله‌های سیم‌پیچ‌ها باید از نظر تنش‌ها و شوک‌های ناشی از وقوع خطاهای اتصال کوتاه بازرسی و مورد توجه خاص قرار گیرد.
- همه کلاف‌های سرفاز، «جامپر»ها و قطعات رینگ‌های مدارهای موازی باید از نظر کرونا و شل بودن بازرسی شود. ضروری است گوه‌ها در شیارها به منظور کنترل استحکام، در هر سه جهت کنترل شود. گوه‌هایی که با ضربه زدن بر آن صدای فضای توخالی شنیده می‌شود باید علامت‌گذاری شود.

- لازم است تمام شیارها، کانال‌های عبور هوای مربوط به سامانه تهویه در هسته و قسمت‌های خارج از شیار کلاف‌های سیم‌پیچی، بمنظور پیدا کردن گرده‌هایی که ممکن است ناشی از شل بودن کلاف‌ها، مواد پرکننده کناری، گوه‌ها یا ورق‌های هسته باشد، کنترل گردد. گرده‌های قهوه‌ای رنگ نزدیک شیارهای گوه ممکن است اکسید آهن باشد، که ناشی از شل شدن گوه‌ها یا شل شدن ورق‌های هسته استاتور و از بین رفتن عایق لاک‌ی روی آن می‌باشد. گرده‌های ناشی از سایدگی سطح عایق سیم‌پیچی‌ها نیز عمدتاً در کانال‌های عبور هوای هسته استاتور جمع می‌شوند.
- نگهداری و تست قسمت‌های مختلف عایق کاری سیم‌پیچ استاتور: لازم است مواظبت به عمل آید تا سیم‌پیچ و سرهای انتهایی آن به طور مکانیکی محکم باشد. همه اتصالات شل، بلوک‌های نگه‌دارنده و گوه‌ها باید به ساپورت‌ها محکم شود. موادی که برای تعمیر عایق کاری سیم‌پیچی استاتور به کار می‌رود شامل وارنیش، نوارهای فیبر شیشه‌ای، صفحات ساخته شده از ترکیبات فنولیک‌های مسلح شده با میکا و مواد اپوکسی می‌باشد. لازم است این مواد از لحاظ ترکیب شیمیایی، کلاس دما و سایر مشخصات با مواد اصلی عایق به کار رفته توسط سازنده در ساخت عایق کاری سیم‌پیچی‌ها سازگار باشد. گوه‌گذاری مجدد شیارها باید همراه با استفاده از نوارهای اضافی (فیلرها)، برای قسمت‌هایی که مورد نیاز است، انجام شود به طوری که تمام کلاف‌ها در شیارها به طور شعاعی محکم شود و از ایجاد ارتعاش و جابه‌جایی محل میله‌های سیم‌پیچی در شیار جلوگیری به عمل آید. در مواردی می‌توان گوه‌هایی را که تا حدی به طور شعاعی شل شده است با به کار بردن لایه ضخیمی از وارنیش یا خمیر اپوکسی محکم نمود.
- گردوغبار باید با هوای فشرده برداشته شود. غالباً در مسیر عبور هوا در ژنراتور تعریق انجام می‌شود، لذا در زمان تمیز کردن کانال‌های هوا و زدودن گردوغبار با هوای فشرده و قبل از دمیدن هوا باید مطمئن شد که هوا عاری از رطوبت است. در این شرایط ممکن است استفاده از فیلتر یا رطوبت‌گیر موردنیاز باشد. سطوح خارجی عایق را به منظور برداشتن جرم‌ها و یا روغن چسبیده به آن می‌توان با دستمال تمیز نمود.
- برای نگهداری ماشین، انجام آزمایش‌های الکتریکی همزمان با بازرسی چشمی ضرورت دارد. برای درک درست از شرایط ماشین، بازرسی چشمی بدون انجام آزمایش‌ها و یا برعکس انجام آزمایش‌ها به تنهایی، کافی نیست. بازرسی چشمی همراه با آزمایش‌های لازم طبق دستورالعمل‌های مناسب، به نتیجه‌گیری صحیح در مورد وضعیت عایق کاری کمک می‌کند (رجوع کنید به بند ۴-۴-۸-۴ در مورد آزمایش‌های مرتبط با نگهداری ژنراتور).
- جایگزینی کلاف‌های مجزا یا نیم کلاف: جایگزینی کلاف‌های مجزا در بسیاری از ماشین‌ها توجیه‌پذیر است. موفقیت در این کار به این عوامل بستگی دارد: کلاف در داخل شیارها خیلی سفت و درگیر نباشد، عایق‌بندی آن خیلی خشک نشده باشد و فضای کافی در اطراف شیار استاتور برای شل کردن و آزاد کردن کلاف‌ها وجود داشته باشد. دسترسی برای آزاد کردن کلاف‌ها از طریق برداشتن یک یا چند عدد از قطب‌های روتور ایجاد می‌شود، اما در مواردی که تشخیص دقیق اشکالات به بررسی بیش‌تری نیاز دارد، روتور باید برداشته شود. در هر صورت لازم است دسترسی کافی به سطح استاتور برقرار شود تا از آسیب رسیدن به کلاف‌های دیگر جلوگیری شود. به منظور جایگزینی میله داخل شیار لازم است میله‌های واقع در قسمت جلوی میله موردنظر به آرامی به طرف جلو رانده شود. زیرا، در صورت رعایت نکردن احتیاط لازم هنگام تعویض میله‌های مذکور، احتمال دارد که به میله‌های جلوی آن آسیب وارد شود. بعد از آنکه کلاف معیوب با کلاف جدید جایگزین شد، کلاف‌های جلوی آن باید به جای اول خود برگردند و برخی از اتصالات سیم‌پیچ‌ها باید از نوساخته شود.



- تعویض اتصالات اصلی و نوترال با یکدیگر: در برخی از ژنراتورهای آبی اتصالات ترمینال‌های فاز و اتصالات ترمینال نقطه صفر ژنراتور به نحوی ساخته می‌شوند که با یکدیگر قابل تعویض باشد. عایق‌بندی دیواره زمین کلاف استاتور در نزدیکی ترمینال نوترال سیم‌پیچی تحت پایین‌ترین گرادیان دی‌الکتریک قرار می‌گیرد. بالاترین گرادیان (ولتاژ خط به زمین)، در نزدیکی ترمینال‌های اصلی (ترمینال فاز) سیم‌پیچی پدید می‌آید. هنگامی که از طریق آزمایش یا مشاهده چشمی، شروع تخریب عایق‌بندی هویدا می‌شود، معمولاً دوره‌ای پایانی منتهی به ترمینال‌های اصلی وضعیت بدتری نسبت به دوره‌ای منتهی به ترمینال نوترال دارند، چون قسمت منتهی به ترمینال اصلی تحت تنش دی‌الکتریک بیشتری قرار می‌گیرد، بنابراین ممکن است طول عمر سیم‌پیچ را از طریق تعویض اتصالات ترمینال‌های اصلی با ترمینال نوترال افزایش داد.

- هسته و قاب استاتور: سمت داخلی هسته استاتور (به سمت فاصله هوایی) باید از نظر وجود اتصالاتی بین ورق‌های هسته، آثار گرم شدن اضافی (مناطق داغ‌تر) در لبه‌های هسته و نیز آثار تنش‌های مکانیکی امتحان شود. هم‌چنین لازم است صفحات پرس‌کننده و اجزای سازه نگه‌دارنده هسته بازرسی و از نظر شل شدن و وجود نقاط داغ کنترل گردد. برای محکم کردن ورقه‌های شل شده و اصلاح آثار سوختگی بین ورقه‌ها می‌توان از چسب اپوکسی با ترکیب مناسب برای این‌گونه ترمیمات استفاده نمود. معبرهای هوا و اجزای نگه‌دارنده رینگ‌های مدارهای موازی سیم‌پیچ و اتصالات آن باید از نظر محکم بودن بازرسی شوند. پشت هسته (سمت محفظه ژنراتور) و نیز وضعیت بولت‌های مربوط به فونداسیون، صفحات تکیه‌گاه قاب استاتور و میله‌های مهار کننده این صفحات باید بازرسی گردد. تست مقاومت عایقی بولت‌های پرس‌کننده هسته استاتور هر سال انجام شود. سطح قسمت دندان‌های هسته استاتور در صورت خط افتادگی و آسیب دیدگی به روش الکترولیز و محلول اسیدفسفریک تمیز شود.

#### ۴-۸-۴-۲- روتور

لازم است از سیم‌پیچی و اتصالات بولتی سرهای سیم‌پیچی میدان و سیم‌پیچی میراکننده قطب‌ها بازدید به عمل آید و از نظر آثار شل‌شدگی و نیز آثار حرارت اضافی کنترل شوند. در مورد ژنراتورهای برق آبی (ماشین‌های با قطب برجسته) می‌توان سیم‌پیچی قطبی را که چند حلقه آن اتصال کوتاه شده است، به آسانی تعمیر نمود. از طریق تست اندازه‌گیری امپدانس مدار روتور و تست افت ولتاژ روی هر قطب می‌توان قطب آسیب دیده که بین دوره‌ای سیم‌پیچ میدان آن اتصال کوتاه شده است را پیدا نمود. تمیزکاری قطب‌ها و سطح سازه باید انجام شود و در صورت نیاز رنگ‌کاری اجزای سازه مجدداً انجام شود. در بعضی ژنراتورهای با شافت عمودی، قطب‌های روتور به رینگ حاشیه روتور قفل می‌شود. رینگ حاشیه روتور به وسیله اتصالاتی به محفظه عنکبوتی روتور مهار می‌گردد. البته در بعضی ژنراتورها رینگ حاشیه روتور، از طریق جمع کردن رینگ به وسیله عملیات گرم کردن و سپس تعویض گوه‌ها و سرد کردن به سازه عنکبوتی چسبیده می‌شود (shrink fit). این اتصالات ممکن است در اثر پدیده خستگی، معیوب شود. لذا باید به صورت دوره‌ای مورد آزمایش قرار گیرد. شکسته شدن یک یا تعدادی از این اتصالات، ممکن است منجر به تغییر وضعیت سازه حاشیه روتور و کشیده شدن قطب‌ها به سمت استاتور شود. برای کنترل درز بین سطح داخلی قطب با سازه حاشیه روتور از «فیلر»های خاص اندازه‌گیری باید استفاده کرد. در بازرسی‌های روتور این فواصل نیز باید کنترل شود.



جلوگیری شود. عایق‌بندی یاتاقان باید به طور سالانه به وسیله اهم‌تر و دستگاه «مگر» کنترل شود. اگر مقاومت عایق‌بندی کم‌تر از میزان مشخص شده توسط سازنده باشد، موارد باید بررسی و اقدام اصلاحی انجام شود.

#### ۴-۸-۳-۷- سامانه روغن‌کاری فشار بالا

سامانه روغن‌کاری فشار بالا نگهداری زیادی لازم ندارند، زیرا فقط در زمان استارت و توقف و برای دوره کوتاهی به کار می‌رود. اشکال رایج در این سامانه، مربوط به لوله‌های فشار بالای این سامانه است. این سامانه‌ها معمولاً به یک سویچ و ترانس‌میتور فشار مجهزند و در مواقعی که فشار روغن در حد لازم نیست آلارمی برای جلوگیری از استارت صادر می‌شود.

#### ۴-۸-۳-۸- تست روغن یاتاقان

آزمایش طیف نگار جذب اتمی برای تعیین میزان ذرات فلز در روغن روانکاری به کار می‌رود. نمونه‌برداری سالانه یا شش ماهه و آزمایش روغن معمولاً کفایت می‌کند. وجود آب در روغن نشانه نشت از محل کولر روغن است.

#### ۴-۸-۳-۹- هم‌راستا سازی و بالانس شافت و اجزای گردنده ژنراتور

هم‌راستا سازی شافت پایینی و بالایی روتور و تست اندازه‌گیری انحراف شافت در جهت شعاعی و محوری و بالانس جرمی اجزای گردنده، در زمان ساخت و مونتاژ ژنراتور در نیروگاه برای ژنراتورها انجام می‌شود. هنگامی که مونتاژ نهایی روتور در محل نیروگاه انجام می‌شود، تنظیمات اضافی در محل نصب انجام می‌شود و بالانس نهایی، با استفاده از وزنه‌هایی که محل‌های نصب آن روی سازه روتور پیش‌بینی شده است، انجام می‌گیرد.

بعد از بازرسی‌های کامل و یا انجام تعمیرات اساسی ماشین، که همراه با برداشتن روتور است، هم‌راستا سازی مجدد شافت و اندازه‌گیری دقیق میزان انحراف محور (خروج از محور) شافت، باید انجام گیرد. این کنترل باید یک بار برای مجموعه شافت بالایی و پایینی روتور و یک بار پس از کوپلاژ با محور توربین، انجام گیرد، به نحوی که گردش ماشین به طور رضایت‌بخشی بدون ارتعاش اضافی انجام شود. میزان مجاز انحراف محور شافت، توسط سازنده، در ازای هر نقطه اندازه‌گیری مشخص می‌شود.

#### ۴-۸-۳-۱۰- سامانه‌های خنک‌کننده

قبل از راه‌اندازی اولیه تست «هیدرواستاتیک» مدار آب خنک‌کننده سامانه خنک‌کن انجام می‌شود. بازدهی کولرهای هوا/آب به علت جمع شدن رسوب و دیگر مواد در لوله‌های کولر کاهش می‌یابد. اگر ترکیب آب به گونه‌ای باشد که باعث جمع شدن رسوبات در کولرها شود، لازم است تمیز کردن دوره‌ای در فواصل کوتاه‌تری انجام شود. اگر صافی‌هایی در قسمت ورودی آب تغذیه خنک‌کننده کولرها قرار دارد، لازم است این صافی‌ها به‌طور مرتب تمیز گردد. وجود جرم و یا لجن در کولر ژنراتور، باعث تنزل ظرفیت تبادل حرارتی کولر می‌شود و تقلیل قدرت عملکرد کولر، از طریق افزایش در اختلاف دمای میان آب و دمای هوای اطراف آن، برای یک میزان مفروض بار، آشکار می‌گردد.

باید لوله‌های کولر از نظر وجود رطوبت در سطح، در اثر نشت آب از کولر بازرسی گردد. جمع شدن رسوب و لای و لجن در لوله‌های کولر خوردگی را افزایش می‌دهد. این لوله‌ها پس از مدتی باید با لوله‌های جدید تعویض شوند.

در کولرهایی که مقدار حجمی آب (دبی) کم است، احتمال رسوب گرفتگی بیش تر می‌باشد. برای این کولرها لازم است به‌طور مرتب تمیزکاری داخل لوله‌ها با جریان سریع سیال مناسب (فلاشینگ)<sup>۱</sup>، طبق دستورالعمل‌های مربوطه انجام شود.

#### ۴-۸-۴-۱۱- جک‌ها و ترمزها

این اجزا عموماً نگهداری زیادی لازم ندارند. کفشک‌های ترمز مکانیکی ژنراتور باید از نظر ساییدگی سطح آن بازرسی شود. سامانه تامین هوای فشرده ترمز مکانیکی نیز باید از نظر نشت هوا و نیز روغن کاری پکینگ (آب بند) سیلندر، بازرسی شود.

#### ۴-۸-۴-۴- آزمایش‌های مرتبط با نگهداری ژنراتور

از طریق بازرسی‌های چشمی کامل و همه‌جانبه، اطلاعات زیادی در باره وضعیت ژنراتور به دست می‌آید. ساییدگی‌های مکانیکی در اجزا و استهلاک سطوح خارجی عایق‌بندی غالباً با آثار ظاهری نمایان می‌شود، لیکن آثار ظاهری نمایان شده در سطوح اجزا، برای قضاوت در مورد وضعیت برخی از اجزای ماشین کافی و قابل استناد نیستند. مثلاً برای ارزیابی وضعیت واقعی عایق کاری سیم‌پیچی، انجام تست‌های خاص بر روی این اجزا موردنیاز خواهد بود. به این ترتیب، در برنامه نگهداری ژنراتورها، انجام آزمایش‌ها در موارد زیر لازم به نظر می‌رسد:

الف- پس از ایجاد یک حالت غیرعادی (مثلاً افزایش غیرعادی درجه حرارت سیم‌پیچی)، بروز برخی از خطاها و عملکرد رله‌های حفاظتی به‌طوری که کارکرد صحیح ژنراتور مورد شک قرارگیرد، انجام تست‌های خاص مشخص می‌نماید که ماشین هنوز می‌تواند به کار ادامه دهد و یا اقدامات اصلاحی و تعمیر موردنیاز می‌باشد.

ب- برای روشن شدن رفتار ماشین در بلند مدت.

ج - برای پیش‌بینی احتمال بروز اشکالاتی در آینده که می‌تواند سرویس‌دهی ماشین را متوقف نماید.

اهم تست‌هایی که به عنوان تست‌های نگهداری و تست‌های تشخیص در مورد ژنراتورها می‌تواند انجام شود به شرح زیر است:

- تست مقاومت عایقی با ولتاژ مستقیم پایین، که در درجه اول مواردی مانند اتصال زمین سیم‌پیچی، رطوبت بالا و کثیف شدن عایق (تقلیل مقاومت عایقی) را نشان می‌دهد (تست مگر با ولتاژ ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ ولت DC).
- تست ولتاژ بالا، با اعمال ولتاژ مستقیم (DC) که مشخصات و اشکالاتی را که طی تست با ولتاژ پایین قابل تشخیص نیستند، را مشخص می‌نماید. سطح ولتاژ تست ۱/۷ برابر سطح ولتاژ تست ولتاژ بالا تحت فرکانس شبکه قدرت با اعمال ولتاژ متناوب است. این تست برای سیم‌پیچ کارکرده و بعد از تعمیرات با دامنه تقلیل یافته انجام می‌شود
- تست‌های اندازه‌گیری شاخص پلاریزاسیون سیم‌پیچ استاتور که برای به دست آوردن اطلاعاتی در مورد شرایط نسبی عایق انجام می‌شود. شاخص پلاریزاسیون برابر مقدار مقاومت عایقی در ۱۰ دقیقه تقسیم بر مقدار مقاومت عایقی در یک دقیقه است. این تست پیش‌نیاز تست ولتاژ بالای سیم‌پیچ می‌باشد.
- تست‌های «ولتاژ بالا تحت فرکانس شبکه قدرت با اعمال ولتاژ متناوب یا تست استحکام دی‌الکتریک» که برای اثبات توانایی سیم‌پیچ برای تحمل اضافه ولتاژ اعمال شده در زمان مشخص انجام می‌شود (تست با ولتاژ AC و دامنه

- 2Un+1، برای یک دقیقه). بدیهی است برای سیم‌پیچ کار کرده یا تعمیر شده، تست ولتاژ بالا باید با دامنه تقلیل یافته، مثلاً ۸۰ درصد تا ۶۰ درصد دامنه تست اصلی (که برابر 2Un+1 است) انجام شود.
- تست‌های اندازه‌گیری ضریب تلفات عایقی (تانژانت دلتا) و «تیپ آپ» عایق‌بندی که برای آشکارسازی رطوبت و حفره‌های خالی در عایق‌بندی به کار می‌رود و مقدار یونیزاسیون را نشان می‌دهد.
  - تست اندازه‌گیری تخلیه‌جزیی الکتریکی (دشارژ)، که عیوب عایقی از جمله طبله‌شدن عایق سیم‌پیچ، وجود فضای خالی بین لایه‌های قسمت دیواره زمین عایق و پدیده "Electrical tracking" در قسمت "overhang" را مشخص می‌نماید.
  - تست اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچی با جریان مستقیم، که برای آشکار ساختن اتصالات شل شده هادی و یا باز بودن مدار سیم‌پیچی به کار می‌رود.
  - تست‌های امپدانس سیم‌پیچی میدان تحریک روتور و افت ولتاژ روی هر قطب، که برای تشخیص اتصال کوتاه دو یا چند حلقه سیم‌پیچی روتور به کار می‌رود.
  - تست شار مغناطیسی استاتیک هسته استاتور، که معیوب شدن عایق بین ورق‌ها و محل آنها را در هسته نشان می‌دهد.
- پس از انجام تعمیرات اساسی، بسته به وسعت تعمیرات انجام شده در مورد روتور و یا استاتور، برخی از تست‌های فوق‌الذکر باید انجام شود. در این خصوص به دستورالعمل‌های خاص سازنده برای تعمیرات اساسی مراجعه شود. خطوط کلی کار در جدول شماره (۴-۱۳) این قسمت از راهنما آورده شده است.

#### ۴-۸-۵- برنامه نگهداری سامانه اطفای حریق با دی‌اکسیدکربن (CO<sub>2</sub>) برای ژنراتور

استفاده از سامانه دی‌اکسیدکربن (CO<sub>2</sub>) یکی از روش‌های متداول برای اطفای آتش سوزی سیم‌پیچی‌های ژنراتورهای آبی می‌باشد. این سامانه شامل مخزن‌ها یا سیلندرها، حاوی گاز دی‌اکسیدکربن، لوله‌کشی‌ها، شیرها و سامانه کنترل کننده الکتریکی مرتبط با آن می‌باشد. برنامه کلی نگهداری سامانه دی‌اکسیدکربن در جدول (۴-۱۴) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۴- برنامه نگهداری سامانه دی‌اکسیدکربن ژنراتور

ردیف	شرح بازرسی و آزمایش‌ها	دوره توصیه شده
۱	وزن کردن سیلندرها، گاز CO <sub>2</sub>	هر شش ماه یکبار
۲	بررسی مدارهای کنترل سامانه CO <sub>2</sub>	ماهانه
۳	کنترل عملکرد شیرهای سامانه	سالانه و بعد از رنگ‌آمیزی سامانه لوله‌کشی
۴	انجام آزمایش عملکرد کل سامانه CO <sub>2</sub>	سالانه
۵	آزمایش تخلیه سیلندرها و تست هیدروستاتیک	- ۱۲ سال یکبار - هر کدام از سیلندرهایی که طی پنج سال استفاده قبلی تست هیدروستاتیک در مورد آنها انجام نشده باشد، باید قبل از پر شدن مجدد تست هیدروستاتیک در مورد آنها انجام شود.
۶	بازرسی چشمی کامل و انجام تست عملکرد مدار اخطار تخلیه CO <sub>2</sub>	سالانه

**توجه:** گاز دی‌اکسیدکربن خطرناک است و تخلیه آن پس از انتشار در محیط پرهزینه می‌باشد. لازم است کارهای نگهداری و آزمایش با دقت زیادی انجام شود تا از تخلیه ناخواسته آن ممانعت شود.

## ۹-۴- نگهداری ترانسفورماتورهای نیروگاه

### ۹-۴-۱- بازرسی‌های ادواری و برنامه نگهداری ترانسفورماتورهای قدرت روغنی

#### ۹-۴-۱-۱- مقدمه

برنامه نگهداری ترانسفورماتور باید براساس بازرسی‌های منظم و همه‌جانبه انجام گیرد. این برنامه بازرسی، علاوه بر بازدیدهای چشمی و کنترل‌های روزانه و یا هفتگی می‌باشد که طی آن اطلاعات مربوط به سطح روغن، درجه حرارت سیم‌پیچی‌ها و وضعیت عمومی ترانسفورماتور مشاهده و یا ثبت می‌شود.

هرچند در نیروگاه‌های بزرگ، در اتاق کنترل مرکزی، سامانه نظارت از دور و جمع‌آوری اطلاعات، اطلاعات مربوط به وضعیت کار ترانسفورماتور را در اختیار بهره‌بردار قرار می‌دهد، با این حال کنترل از دور نمی‌تواند جای بازرسی‌های چشمی روزانه و هفتگی توسط بهره‌برداران نیروگاه و کنترل‌ها و بازرسی‌های دقیق و همه‌جانبه توسط افراد با صلاحیت گروه نگهداری را بگیرد.

#### ۹-۴-۱-۲- برنامه نگهداری ترانسفورماتورهای قدرت نوع روغنی

برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های مرتبط با نگهداری و تعمیرات ترانسفورماتورهای قدرت روغنی در جدول شماره (۴-۱۵) توصیه شده است.

### ۹-۴-۱-۳- شرح تفصیلی بازرسی‌ها و نگهداری ترانسفورماتورهای قدرت روغنی برای دوره‌های سالانه و یک ماه بعد از اولین بهره‌برداری

#### الف- موارد عمومی

لازم است یک بازرسی دقیق انجام گیرد. برگ‌های اطلاعات قبلی مربوط به پارامترها و کمیت‌های مربوط به ترانسفورماتور دقیقاً مطالعه شود. اگر درجه حرارت، فشار و سطح روغن در نشان‌دهنده‌ها، که در برگ‌های داده‌ها ثبت گردیده، علی‌رغم تغییر فصل و یا تغییرات بار تغییری نکرده باشد، حتماً مشکلی وجود دارد؛ یا نمایش‌گرها اشکال فنی دارند و یا برگ‌های مربوط به برداشت مقادیر فوق به درستی پر نشده است.

#### ب - تانک ترانسفورماتور

- تانک ترانسفورماتور از نظر وجود خوردگی زیاد و نشتی روغن کنترل گردد.
- به وضعیت فلنج‌ها و آب‌بندها (درمحل بوشینگ‌ها، شیرها و رادیاتورها) و قسمت تحتانی تانک توجه ویژه‌ای مبذول شود.
- وجود نشتی به قسمت نگهداری گزارش شود و در صورت مشاهده نشتی به نمایش‌گر سطح روغن توجه خاص مبذول گردد.
- نقاطی از تانک که خوردگی شدیدی دارند باید با برس سیمی تمیز و با رنگ ضد زنگ ترمیم شود.

جدول ۴-۱۵ - برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های ترانسفورماتورهای قدرت روغنی

ردیف	شرح بازرسی و آزمایش‌ها	دوره توصیه شده
۱	نگهداری‌های پیش‌گیرانه	- طبق توصیه‌های سازنده ترانسفورماتور
۲	بازرسی چشمی کلیه اجزا	- سالانه
۳	بازرسی کلی و آزمایش بوشینگ‌ها	- فصلی: بازرسی کلی - هر سه الی پنج سال یک بار: آزمایش
۴	کنترل سطح روغن بوشینگ‌ها	- هفتگی
۵	پاک کردن کامل بوشینگ‌ها	- سه الی پنج سال یکبار در محیط‌های با آلودگی عادی (کلاس متوسط) - سالانه: در محیط‌های با آلودگی زیاد
۶	آزمایش فشار قوی ترانسفورماتور و بوشینگ‌ها	- سه الی پنج سال یکبار (به طور کلی) - شش ماه الی یک سال: در صورت مشکوک بودن در مورد صحت کامل بوشینگ‌ها
۷	اسکن مادون قرمز از ترانسفورماتور و بوشینگ‌های آن	- سالانه - در صورت وجود شک در مورد صحت دستگاه
۸	آزمایش اندازه‌گیری مقاومت عایقی هسته نسبت به زمین	- در صورتی که آنالیز گازهای حل نشده نشان دهنده وجود گازهای ناشی از داغ شدن بیش از حد هسته و جرقه‌های داخلی در سیم‌پیچ ترانسفورماتور باشد
۹	اندازه‌گیری ولتاژ شکست یا استحکام دی‌الکتریک روغن، آنالیز گازهای حل شده و آزمایش فیزیکی و شیمیایی محتوای روغن	- هر شش ماه یکبار - در صورت وجود شک در کارکرد صحیح ترانسفورماتور
۱۰	آزمایش مقاومت عایقی سیم‌پیچی‌ها و هسته با دستگاه «مگر»	- سه الی پنج سال یکبار و در مواقعی که احتمال بروز اشکال وجود داشته باشد
۱۱	بازرسی کنترل و آزمایش فن‌های سامانه خنک کننده	- سالانه
۱۲	بازرسی و آزمایش عملکرد پمپ‌ها و موتورهای سامانه خنک کننده	- سالانه
۱۳	بازرسی کامل دستگاه مبدل حرارتی ترانسفورماتور	- سالانه
۱۴	بازرسی کامل مخزن انبساط روغن و دیافراگم آن	- هر سه الی پنج سال یکبار
۱۵	بازرسی و آزمایش دامسج‌های سطح فوقانی روغن و سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور	- بازرسی سالانه - انجام کالیبراسیون: هر سه الی پنج سال یکبار
۱۶	کنترل عملکرد نمایش‌گر سطح روغن	- هر سه الی پنج سال یکبار
۱۷	بازرسی و آزمایش ادوات تخفیف فشار اضافی داخل تانک ترانسفورماتور	- بازرسی و انجام آزمایش عملکرد: سالانه - کنترل نشتی‌های روغن: سه الی پنج سال یکبار
۱۸	بازرسی و کنترل عملکرد رله حفاظتی فشار اضافی	- بازرسی: سالانه - انجام آزمایش‌های صحت کار رله: هر سه الی پنج سال یکبار، طبق دستورالعمل‌های سازنده
۱۹	بازرسی و آزمایش عملکرد رله بوخه‌لتس	- سالانه
۲۰	بازرسی و نگهداری دستگاه تغییر «تپ» ترانسفورماتور	- سالانه
۲۱	انجام تست عملکرد سامانه حفاظت در مقابل آتش سوزی	- سالانه
۲۲	بازرسی از ریل‌ها و وضعیت فونداسیون ترانسفورماتور	- سه الی پنج سال یکبار
۲۳	بررسی و بازنگری مقادیر نامی ترانسفورماتور	- هر پنج سال یکبار
۲۴	آزمایش نسبت تبدیل در تپ‌های مختلف و گروه برداری	- سالانه
۲۵	تست مقاومت اهمی سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچ ثانویه در تپ‌های مختلف	- سالانه
۲۶	تست آنالیز پاسخ فرکانسی ترانسفورماتور جهت اطمینان از عدم از هم‌پاشیدگی کلاف‌های سیم‌پیچ در اثر عبور جریان اتصال کوتاه در بیرون ترانسفورماتور	- بعد از بروز خطای اتصال کوتاه شدید
۲۷	تست «المان» نشان دهنده سوراخ شدن کیسه هوای تانک ذخیره روغن	- سالانه
۲۸	کنترل ماده رطوبت‌گیر سیلیکاژل بینی هوای ترانسفورماتور	- سالانه

### ج- دماسنج سطح فوقانی روغن

وضعیت کلی دماسنج بررسی شود. این دماسنج‌ها معمولاً دارای یک عقربه اضافی می‌باشند که حداکثر درجه حرارت پدیدار شده بین دو بازرسی کلی را (طی سال یا از زمان باز گرداندن آن به نقطه مبداء) نشان می‌دهد. روند تغییرات دما، در برگ‌های اطلاعات قبلی بررسی و از صحت عملکرد آن اطمینان حاصل شود.

### د- دماسنج‌های سیم‌پیچی ترانسفورماتور

این دماسنج‌ها قرار است درجه حرارت گرم‌ترین نقاط سیم‌پیچی را (براساس آزمایش‌های انجام شده توزیع حرارتی در ترانسفورماتور، در زمان انجام آزمایش‌های پذیرش نهایی کارخانه‌ای و تنظیمات دماسنج)، نشان دهند. معمولاً در بهترین حالت، این ادوات در بالاترین مقدار بار نامی (منعکس در پلاک مقادیر نامی ترانسفورماتور)، درجه حرارت سیم‌پیچی را به دقت نشان می‌دهند (آن هم در صورتی که طی بهره‌برداری از کالیبراسیون خارج نشده باشند). به این ترتیب این نمایش‌گرها ممکن است در مواردی، نمایش دهنده مقدار واقعی درجه حرارت نقاط مختلف سیم‌پیچی نباشند و مقادیر درجه حرارت گرم‌ترین نقاط سیم‌پیچی مربوط به بارهای مختلف را به صورت شبیه‌سازی شده نشان دهند. به عبارت دیگر در بهترین حالت، می‌توانند نشان دهنده تخمین کلی از میزان درجه حرارت نقاط داغ سیم‌پیچی باشند، لذا اعداد نمایش داده شده به عنوان مقادیر دقیق، قابل اتکاء نیستند. این ادوات عمدتاً برای تعیین زمان افزایش سطح خنک‌سازی (فعال کردن مدار راه‌اندازی پمپ‌ها و فن‌های سامانه خنک‌کننده) و یا فعال کردن وسایل هشدار دهنده استفاده می‌شود. این ادوات یک بار در کارخانه کالیبره می‌شوند (براساس روش خاص سازنده) و معمولاً در محل نیروگاه قابل کالیبره کردن نیستند.

برخی از ترمومترها را می‌توان بدون کم کردن سطح روغن ترانسفورماتور باز کرد. در این مورد باید به دستورالعمل سازنده ترانسفورماتور مراجعه نمود.

### ه- بازرسی سامانه خنک‌کننده

(یک ماه بعد از بهره‌برداری اولیه و بعد به صورت سالانه)

#### فن‌ها

در هر بازدید از کلیدخانه و نیروگاه به فن‌های ترانسفورماتورها باید توجه شود. در روزهای گرم‌تر سال و هنگامی که بارگیری از ترانسفورماتور به حد ظرفیت آن می‌رسد، تمام فن‌ها باید روشن باشند. در غیر این صورت، عیب فن‌های متوقف شده باید سریعاً برطرف شود. مدار فرمان کارکرد فن‌ها در ازای درجه حرارت، باید کنترل و تنظیم شود. فن‌ها از نظر وجود صدای غیرمعمول یا ناقص آنها و وجود تیغه‌های شل شده باید کنترل شوند. معیوب بودن یا ناقص بودن آنها را می‌شود با اسکن مادون قرمز، در حالی که فن در حال کار است نیز تشخیص داد.



### سامانه پمپاژ روغن ترانسفورماتور

- اتصالات و لوله‌ها از نظر نشتی کنترل شوند.
- فرمان کنترل حرارتی الکتروپمپ‌های روغن امتحان شود. با بالا بردن دستی درجه حرارت تنظیم شده، پمپ‌ها باید روشن شوند. در بعضی ترانسفورماتورها الکتروپمپ‌ها به وسیله «تایمر» با برق‌دار شدن ترانسفورماتور روشن می‌گردند.
- با یک آمپرتر دقیق جریان موتور پمپ، برای هر سه فاز کنترل شود. بررسی شود آیا به دلیل استهلاک زیادی عایق، موتور بار اضافی می‌کشد یا خیر مقادیر اندازه‌گیری شده برای مقایسه با برداشت‌های بعدی ثبت و نگهداری شود.
- در صورتی که جریان موتور پمپ کم‌تر از حد معمول است، ممکن است نرخ جریان روغن به دلیل کم شده باشد. در این صورت باید تمام شیرها به دقت کنترل شود تا نسبت به باز بودن آنها اطمینان حاصل شود. اگر پروانه‌های پمپ به محور آن محکم نباشد، نرخ جریان روغن کاهش پیدا می‌کند. همچنین وجود لای و مواد زاید در خطوط جریان روغن نیز باعث کاهش نرخ جریان روغن می‌شود.
- در صورتی که جریان موتور پمپ بیش‌تر از حد معمول باشد، دلیل آن ممکن است وجود مانعی در راه چرخش پمپ باشد. سطح صدای پمپ کنترل شود. فرسودگی یاتاقان وزنی پمپ‌ها، چرخش پروانه پمپ‌ها را در محفظه با مشکل مواجه می‌سازد. صدای ناشی از برخورد پروانه با محفظه پمپ متمایز است و باید به آن توجه شود. در صورت شنیدن صدای خاص درون محفظه، باید با برداشتن موتور از داخل محفظه، لقی پروانه‌های پمپ کنترل شود و در صورت نیاز یاتاقان وزنی پمپ تعویض گردد. همچنین اگر میزان انحراف از محور در شافت بیش از حد و یا سطح صدا بالا باشد، یاتاقان‌های موتور نیز باید تعویض شود.
- تست رله کنترل فاز مدار تغذیه‌کننده الکتروپمپ‌ها شامل تابع‌های حفاظتی ولتاژ کم، ولتاژ زیاد، قطع شدن یک‌فاز و بهم خوردن توالی فازها چک شود.

### فلومتر مقدار حجمی جریان روغن

فلومتر در قسمت مسیر جریان روغن قرار می‌گیرد و ممکن است در سمت مکش یا سمت تخلیه پمپ روغن واقع شود. فلومترها معمولاً سرعت‌های کم روغن را نیز نشان می‌دهند (تا حدود ۱/۵ متر برثانیه). اگر روغن جریان نداشته باشد، با قرار گرفتن فلومتر در وضعیت خاموش پمپ، یک کنتاکت عمل کرده و اخطار مربوط به خاموش بودن پمپ روغن را فعال می‌کند. باید مدار کنترلی فلومتر مرتباً سالی یک بار کنترل شود و موقعیت صفر فلومتر و عملکرد مدار مربوط به آلامر حالت خاموشی پمپ روغن امتحان شود. در این حالت با باز کردن مدار موتور پمپ، وضعیتی که باید مدار فرمان آلامر را فعال نماید، کنترل شود. در این حالت باید موقعیت عقربه فلومتر کنترل، و از قرار گرفتن آن در وضعیت صفر جریان مایع، در حالت قطع مدار پمپ، اطمینان حاصل شود.

### کنترل وضعیت کارکرد پمپ

ممکن است از قسمت مکش پمپ، به دلیل محکم نبودن آب بندهای پمپ در قسمت ورودی، هوا مکیده شده و داخل جریان روغن شود. در مواردی ممکن است هوا از طریق پکینگ شیر واقع در سمت لوله‌های قسمت مکش هوا به داخل روغن نفوذ کند. این امر می‌تواند منجر به پدید آمدن حباب‌هایی در روغن ترانسفورماتور شده و باعث عملکرد رله بوخه‌لتس و یا دتکتور گاز شود. در این حالت آنالیز گازهای حل نشده افزایش غیر معمول میزان اکسیژن و نیتروژن را در روغن نشان خواهد داد. افزایش میزان اکسیژن و نیتروژن در روغن، می‌تواند ناشی از معیوب بودن آب‌بند اجزا دیگری از مدارهای سامانه خنک سازی روغن نیز باشد.

### بازرسی مبدل حرارتی روغن/آب

- بازرسی پمپ‌ها، طبق مفاد فوق‌الذکر انجام شود.
- لوله‌کشی‌ها و بدنه مبدل حرارتی از نظر هرگونه نشستی کنترل و در صورت وجود نشستی، اقدامات اصلاحی انجام گیرد.
- نتایج آخرین تست نمونه روغن از نظر میزان رطوبت و یا آب (نشستی از لوله‌های مبدل هوا/آب) کنترل شود. در صورتی که وضعیت آب‌بندهای اتصالات، فلنج‌ها و شیرها درست باشد، لازم است قسمت مبدل هوا/آب تحت آزمایش فشار قرار گیرد. نفوذ آب از طریق لوله‌های مبدل به داخل روغن ترانسفورماتور باعث خراب شدن ترانسفورماتور می‌شود.
- در مورد مبدل‌هایی که در آنها از لوله‌های دو جداره استفاده شده است، وضعیت مبدل از نظر ریزش روغن یا آب کنترل شود و برای رفع عیب دستورالعمل‌های سازنده به کار گرفته شود.
- «ترمو متر»ها و سویچ‌های دمای روغن در ورودی و خروجی مبدل‌های حرارتی و «ترمو متر»های دمای آب در ورودی و خروجی مبدل‌های حرارتی هر سال چک شود.
- «فلومتر» و سویچ مقدار جریانی حجمی کم آب خنک کننده مبدل‌ها چک شود.

### ۴-۱-۹-۴- برخی ملاحظات مربوط به نگهداری ترانسفورماتورهای روغنی

#### الف - نشستی

از تانک و رادیاتورها، به خصوص در محل اتصال تانک به اجزا الحاقی ممکن است نشست روغن مشاهده شود. برای رفع نشستی بدنه رادیاتور، باید رادیاتور باز گردد. جوشکاری تانک، برای رفع نشستی‌ها، در حالی که در تانک ترانسفورماتور روغن است باعث ایجاد گاز در روغن می‌شود. حتی‌الامکان باید جوشکاری، به خصوص هنگامی که نشستی زیاد است، پس از تخلیه روغن صورت گیرد. لازم است در صورتی که جوشکاری‌های جزئی درزهای تانک (بدون تخلیه روغن) صورت گرفته باشد، نمونه روغن برای تست ولتاژ شکست و آنالیز گازهای حل نشده (DGA) قبل از جوشکاری و ۲۴ ساعت بعد از برقرار کردن مجدد ترانسفورماتور انجام شود، تا تاثیر جوشکاری بر افزایش میزان گازهای حل نشده بررسی شود. به هر حال برای نشستی‌های زیاد، لازم است تانک از روغن تخلیه شود. اگر ولتاژ شکست یا همان استحکام دی‌الکتریک روغن کم باشد یا مقدار گازهای حل نشده زیاد باشد لازم است روغن ترانسفورماتور

تصفیه شود. فرایند تصفیه روغن شامل رطوبت‌زدایی از طریق گرم کردن روغن، جمع کردن ذرات جامد ریز و گاززدایی تحت خلاء می‌باشد.

توجه به نشت روغن از نظر نگهداری ترانسفورماتور و ملاحظات محیط زیست اهمیت زیادی دارد و باید برای رفع نشتی اقدام سریع انجام گیرد. کثیف شدن سطح تانک به دلیل نشتی و جمع شدن گرد و غبار روی سطح آن بر تبادل حرارت ترانسفورماتور با محیط اطراف تاثیر می‌گذارد. پرده‌های رادیاتور هم باید از نظر گرد و غبار با هوای فشرده تمیز شوند.

### ب - گرفتگی

یک ماه بعد از کارکرد ترانسفورماتور و متعاقباً هر یک سال یک‌بار، تانک ترانسفورماتور و رادیاتورها باید بازرسی چشمی شود و اسکن با دوربین مادون قرمز از آنها تهیه گردد. قسمت‌هایی از رادیاتورها که مسدود شده باشند از سایر قسمت‌ها خنک‌تر می‌باشند. با لمس کردن قسمت‌های مختلف رادیاتورها و لوله‌های ارتباطی بین تانک و اجزاکولر (مبدل و یا رادیاتور) نیز، گرفتگی‌های موضعی، که باعث خنک شدن نسبی این قسمت‌ها نسبت به سایر قسمت‌های مبدل و رادیاتور است، مشخص می‌شود. در رادیاتورها و مبدل‌های حرارتی روغن/آب، لجن و مواد رسوبی می‌تواند باعث مسدود شدن کامل یا موضعی لوله‌های آب شود. این لوله‌ها باید از نظر گرفتگی کنترل شوند.

در مورد رادیاتورهایی که با فلنج به تانک متصل شده‌اند و شیرهای مجزا کننده سر راه رادیاتورها قرار دارد، تمیز کردن رادیاتورها، بدون تخلیه روغن ترانسفورماتور قابل انجام است. برای رادیاتورهایی که مستقیماً به بدنه ترانسفورماتور متصل شده‌اند، در صورت گرفتگی رادیاتورها و ایجاد لجن، برای اقدامات اصلاحی، باید ابتدا روغن ترانسفورماتور تخلیه شود.

### ج - تجمع لای و مواد زاید

اگر درحالی‌که بار ثابت است، درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ ترانسفورماتور به آهستگی افزایش یابد، لازم است آزمایش نمونه روغن برای آنالیز گازهای حل نشده (DGA) به منظور اندازه‌گیری و برآورد رطوبت، اکسیژن و فشارهای داخلی انجام شود. ترکیب اکسیژن و رطوبت می‌تواند باعث ایجاد لای و مواد زاید شود و کم‌کم روی سیم‌پیچی و هسته تجمع نماید. این تجمع به مرور زمان باعث افزایش درجه حرارت ترانسفورماتور می‌شود. در این شرایط لازم است روغن تصفیه شود.

### د - شیرهای ارتباطی

در صورتی که در ترانسفورماتور از شیرهای مجزا کننده بین تانک و رادیاتور استفاده شده باشد، باید این شیرها کنترل و اطمینان حاصل شود که شیرها در قسمت بالا و پایین رادیاتور کاملاً باز هستند. اشکال یا شکستگی در داخل شیر ممکن است شیرها را به صورت جزئی یا کامل مسدود کند در حالی که در ظاهر باز به نظر برسند.

### ه - رسوبات معدنی آب

برای خنک کردن رادیاتورها و یا تانک ترانسفورماتور هرگز نباید از پاشش آب روی آنها استفاده کرد، مگر در شرایط کاملاً اضطراری، مثل آتش‌سوزی. مواد معدنی موجود در آب در حال بخار شدن آب روی رادیاتورها به صورت رسوب باقی می‌ماند و

پاک کردن آنها دشوار می‌باشد. این رسوبات باعث کاهش راندمان کار رادیاتورها و تبادل گرما با محیط خنک کننده می‌شود. در صورت گرم شدن زیاد، افزایش تعداد و یا ظرفیت فن‌های دمنده هوا، توصیه می‌شود. در صورتی که ترانسفورماتور داغ‌تر از حد معمول در بار عادی باشد، ولی عقربه نمایش‌گر سطح روغن، حد عادی را نشان دهد، انجام اسکن با دوربین مادون قرمز می‌تواند وضعیت داخلی ترانسفورماتور را مشخص‌تر کند. ممکن است سطح روغن کم و زیر محل لوله‌های فوقانی عبور روغن قرار داشته باشد، در این صورت روغن باید افزایش داده شود و نمایش‌گر سطح روغن بررسی و در صورت نیاز تعمیر شود.

#### ۴-۹-۲- بازرسی‌های ادواری و برنامه نگهداری ترانسفورماتورهای خشک

##### ۴-۹-۲-۱- مقدمه

ترانسفورماتورهای نوع خشک به صورت طبیعی و یا با دمیدن هوا توسط فن خنک می‌شوند و مایع عایقی در آنها به کار نمی‌رود. کاربرد اصلی آنها در نیروگاه‌ها به عنوان ترانسفورماتور تامین برق مصارف داخلی، ترانسفورماتور سامانه تحریک ژنراتور و ترانسفورماتور سامانه ترمز الکتریکی می‌باشد. در این ترانسفورماتورها سیم‌پیچ طرف ولتاژ بالا از نوع رزین ریخته‌گری شده است و سیم‌پیچ طرف ولتاژ پایین از نوع کلاف آغشته شده به رزین می‌باشد.

#### ۴-۹-۲-۲- برنامه نگهداری ترانسفورماتورهای نوع خشک

برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های مرتبط با نگهداری و تعمیرات ترانسفورماتورهای نوع خشک در جدول شماره (۴-۱۶) توصیه شده است:

جدول ۴-۱۶- برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های ترانسفورماتورهای نوع خشک

ردیف	شرح بازرسی و آزمایش	دوره توصیه شده
۱	اسکن مادون قرمز	سالانه
۲	کنترل عملکرد آلارم‌های درجه حرارت سیم‌پیچ و هسته	سالانه
۳	بازرسی چشمی کلیه اجزا	سالانه
۴	تمیزکاری کلی داخلی و بیرونی	سالانه
۵	کنترل عملکرد فن و مدارهای کنترل آن	سالانه
۶	تمیزکردن پره‌های فن و فیلترهای ورود هوا	سالانه
۷	آزمایش نسبت تبدیل و گروه برداری	۳ الی ۵ سال یک‌بار و در مواقعی که مشخصات مورد شک قرار گیرد
۸	آزمایش مقاومت عایقی سیم‌پیچ‌ها با دستگاه «مگر»	۳ الی ۵ سال یک‌بار و در مواقعی که احتمال بروز اشکال وجود داشته باشد
۹	بررسی مقادیر نامی ترانسفورماتور	۳ الی ۵ سال یک بار
۱۰	تست ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان	۳ الی ۵ سال

## ۴-۹-۲-۳- شرح تفصیلی بازرسی‌ها و نگهداری ترانسفورماتورهای خشک

## سالانه

- تحت شرایط بار نامی درجه حرارت نقاط مختلف ترانسفورماتور با دوربین مادون قرمز کنترل شود. اگر افزایش درجه حرارت نسبت به محیط اطراف نزدیک و یا بالاتر از مقدار منعکس در پلاک مقادیر نامی ترانسفورماتور بود، افزایش درجه حرارت برای حالت «اضافه بار» کنترل شود.
- عملکرد نمایش دهنده درجه حرارت و کنتاکت‌های سامانه آلارم افزایش درجه حرارت کنترل شود.
- سطوح محفظه ترانسفورماتور و فضای اتاق یا گالری ترانسفورماتور از نظر تجمع گرد و خاک و وجود جرم کنترل شود.
- برای بازرسی چشمی وسیع‌تر ترانسفورماتور بدون برق شود و پس از برداشتن درپوش محل‌های بازرسی، سطح سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور از نظر کیفی و جمع شدن جرم کنترل شود. تغییر رنگ عایق کاری سیم‌پیچی در اثر تخلیه‌های جزئی و یا آثار حرارت اضافی کنترل شود.
- قسمت‌های مکانیکی اتصالات و بست‌ها از نظر محکم بودن و آثار خوردگی کنترل شود.
- مقره‌ها و قطعات جداکننده عایقی داخل محفظه از نظر ترک خوردگی و یا شکستگی و نیز تجمع غبار و جرم کنترل شود.
- مدارهای فن و سایر موارد کنترلی آنها از نظر صحت عملکرد کنترل شود.
- تیغه‌های فن‌ها و فیلترهای محل ورود هوا به محفظه (در صورت وجود) از نظر آلودگی کنترل و در صورت نیاز پاک شود.
- در صورتی که ترانسفورماتور خشک عموماً در بار نزدیک به مقدار نامی کار می‌کند، لازم است هر سال افزایش درجه حرارت نسبت به محیط در حداکثر بار کنترل شود و میزان احتمالی پیر شدن عایق کاری بررسی شود.

## ۴-۹-۲-۴- بازرسی‌های اولیه در مورد ترانسفورماتوری که جدید و آماده کار است

- وقتی ترانسفورماتورهای جدیدی آماده کار می‌شود، ابتدا باید مدار فن‌ها و کنترل کننده‌های آن، به منظور اطمینان از صحت عملکرد آنها کنترل شود.
- پس از برقرار کردن و هنگامی که بارگذاری و درجه حرارت ترانسفورماتور به حالت پایدار رسید، باید درجه حرارت نقاط مختلف آن با دوربین مادون قرمز کنترل و بار و درجه حرارت آن با مقادیر مشخصات طراحی و مقادیر پلاک مشخصات نامی آن مقایسه شود. یک هفته پس از بهره‌برداری و کارکرد آن باید مجدداً کنترل‌های مربوط به افزایش درجه حرارت ترانسفورماتور تکرار شود.

## ۴-۹-۲-۵- سایر ملاحظات مربوط به نگهداری ترانسفورماتورهای خشک

- تجمع گرد و غبار روی سطح سیم‌پیچی از انتقال حرارت به میزان عادی جلوگیری می‌نماید و باعث افزایش درجه حرارت شده و عمر سیم‌پیچی را کاهش می‌دهد.
- برای تمیز کردن سطح عایق سیم‌پیچی ابتدا از مکنده برقی (جاروی برقی خلا) با فشار مکش مناسب استفاده شود، سپس از هوای فشرده کاملاً خشک شده با فشار مناسب برای برداشتن گرد و غبار باقی‌مانده استفاده گردد (فشار هوا نباید از ۱/۵ الی ۱/۷ بار بیش‌تر باشد).

- پس از تمیزکاری محل‌هایی از هادی و عایق‌بندی سیم‌پیچی که در اثر حرارت اضافی تغییر رنگ داده‌اند مشخص شود. در صورت مشاهده نقاط تغییر رنگ داده شده ابتدا باید اتصالات شل شده جستجو شود و در صورتی که اتصالات همگی محکم بود مسیرهای عبور هوای خنک کننده دقیقاً کنترل شود. بعد از برقرار کردن مجدد، ترانسفورماتور از نظر ایجاد شرایط اضافه‌بار کنترل شود.
- سطوح محفظه ترانسفورماتور و فضای اتاق یا گالری ترانسفورماتور از نظر تجمع گردو خاک و وجود جرم کنترل شود. کلیه اشیاء اضافی که نزدیک ترانسفورماتور قرار داده شده‌اند و مانع جریان یافتن مناسب هوا در اطراف ترانسفورماتور می‌گردد، برداشته شود و خنک‌سازی بیش‌تر ترانسفورماتورهای خشک، توسط جریان طبیعی هوا در اطراف محفظه آن انجام می‌شود.
- برای تمیز کردن گرد و غبار اطراف محفظه ابتدا از مکنده برقی استفاده و متعاقباً از هوای فشرده کاملاً خشک برای تمیز کردن سطوح کثیف شده محفظه و ملحقات ترانسفورماتور استفاده شود.
- فشار هوا باید کنترل شده باشد (حدود ۱/۵ الی ۱/۷ بار).
- برای انجام تمیزکاری محفظه و اطراف ترانسفورماتور باید ترانسفورماتور بدون برق شود، در صورتی که ترانسفورماتور و کلیه اجزای آن به‌طور کامل دارای حفاظ باشد، تمیزکاری سطح محفظه می‌تواند با رعایت موازین ایمنی، با دمیدن هوای خشک انجام گیرد.

#### ۳-۹-۴- ترانسفورماتورهای توزیع روغنی

##### ۱-۳-۹-۴- مقدمه

ترانسفورماتورهای توزیع برق با ولتاژ و ظرفیت نسبتاً کم به‌کار می‌روند. این ترانسفورماتورها عمدتاً به صورت کاهنده ولتاژ عمل می‌کنند. نوع روغنی ترانسفورماتورهای توزیع علاوه بر استفاده در شبکه‌های توزیع برق، در فضاهای بیرونی ایستگاه‌های تولید برق نیز برای تامین برق مصرفی تجهیزات کمکی نیروگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فضاهای داخلی نیروگاه‌ها و نیز در قسمت سرپوشیده برخی از پست‌ها و کلیدخانه‌ها نوع خشک ترانسفورماتورهای توزیع به منظور تامین برق مصرف داخلی نیروگاه و پست مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۲-۳-۹-۴- برنامه نگهداری ترانسفورماتورهای توزیع روغنی

برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های مرتبط با نگهداری ترانسفورماتورهای توزیع روغنی در جدول شماره (۴-۱۷) توصیه شده است:

جدول ۴-۱۷- برنامه کلی نگهداری ترانسفورماتورهای توزیع نوع روغنی

ردیف	شرح بازرسی و آزمایش	دوره توصیه شده
۱	آزمایش ولتاژ شکست نمونه روغن و بررسی میزان گازهای حل شده	شش ماه یکبار (و در موارد افزایش غیرعادی حرارت و یا هشدار رله بوخه‌لتس)
۲	اسکن مادون قرمز	سالانه
۳	تست ضریب ضریب تلفات عایقی سیم‌پیچ‌ها	۳ الی ۵ سال یک بار
۴	بررسی مقادیر نامی	حداقل هر ۵ سال یک بار
۵	تست نسبت تبدیل و گروه برداری	سالانه
۶	تست مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌ها در تپ‌های مختلف	سالانه
۷	تست مقاومت عایقی سیم‌پیچ‌ها	سالانه
۸	تست رله حفاظتی بوخه‌لتس	سالانه

#### ۴-۹-۴- ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری

##### ۴-۹-۴-۱- کلیات

ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری برای تبدیل سطح ولتاژ و جریان سامانه قدرت، به سطح پایین‌تر و ایمن برای تغذیه وسایل اندازه‌گیری، رله‌های حفاظتی و سایر تجهیزاتی که با ولتاژ و جریان کمی کار می‌کنند، به کار گرفته می‌شود. ولتاژ نامی خروجی ترانسفورماتورهای ولتاژ می‌تواند ۲۴۰ ولت، ۱۲۰ ولت، ۱۱۰ ولت و یا ۲۲۰ ولت متناوب باشد و جریان خروجی نامی ترانسفورماتورهای جریان عموماً ۵، ۲/۵ و یا ۱ آمپر می‌باشد. ترانسفورماتورهای ولتاژ، ممکن است بخشی از یک تجهیز دیگر باشد، مثل کاپاسیتورهای خازنی و یا در داخل محفظه برخی از کلیدهای قدرت ژنراتورها قرار گیرد. ترانسفورماتورهای جریان در کلیدخانه‌های فشار قوی عموماً به صورت مستقل روی تکیه‌گاه خود قرار دارد، ولی ممکن است در داخل بوشینگ ترانسفورماتورهای قدرت، ترانسفورماتورهای توزیع و کلیدهای قدرت نیز تعبیه شود.

در طول زمان ممکن است مقدار ولت آمپر مدار ثانویه ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری (به خصوص ترانسفورماتور جریان)، به دلیل افزایش وسایل اندازه‌گیری و یا حفاظتی مربوط به آن افزایش یابد و از حد نامی منعکس در پلاک مقادیر نامی تجاوز کند. در مورد ترانسفورماتورهای جریان، با افزودن تعداد بیش‌تری وسایل حفاظتی و یا اندازه‌گیری به مدار ثانویه آنها، ممکن است نقطه کار ترانسفورماتور در محدوده اشباع منحنی مشخصه قرار گیرد و در نتیجه کارکرد رله‌های الکتریکی حفاظتی مربوط به آنها مختل شود. البته کلاس ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده برای رله‌های حفاظتی با کلاس ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در مدارات اندازه‌گیری فرق دارد. برای اندازه‌گیری، دقت ترانسفورماتور اهمیت دارد و برای رله‌های حفاظتی محدوده کار.

با توجه به موارد فوق لازم است به منظور جلوگیری از ایجاد مشکل اضافه بار و ایجاد حالت اشباع، میزان ولت‌آمپر مدار ثانویه ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری به صورت متناوب کنترل و با مقدار نامی توان مدار ثانویه آن مقایسه شود. مدار ثانویه ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری بویژه ترانسفورماتورهای جریان هم‌چنین از نظر پیوستگی مدار، در ارتباط با مدار رله‌ها و سایر تجهیزات اندازه‌گیری تغذیه شونده توسط آن، کنترل شود. به خصوص پس از انجام کارهای اصلاحی و یا فعالیت‌های بازرسی و نگهداری روی تجهیزات، باید کنترل پیوستگی مدار ثانویه انجام شود. البته در مدار ثانویه ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری ولتاژ و برای تمام هسته‌های آن کلید «مینیاوری» بکار می‌رود ولی در مدار ثانویه ترانسفورماتورهای جریان کلیدی بکار نمی‌رود و از ترمینال‌های با پلیت اتصال کوتاه‌کننده استفاده می‌شود.

#### ۴-۹-۴-۲- برنامه نگهداری ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری

برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های مرتبط با نگهداری ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری در جدول شماره (۴-۱۸) توصیه شده است:

جدول ۴-۱۸- برنامه کلی نگهداری ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری

ردیف	شرح بازرسی و آزمایش	دوره توصیه شده
۱	بازرسی چشمی کلیه اجزا	سالانه
۲	اسکن مادون قرمز اتصالات «کلمپی» ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری فشار قوی	سالانه
۳	تست مقاومت عایقی برای تمام "core" ها بین سیم‌پیچ اولیه و زمین و سیم‌پیچ اولیه و تمام سیم‌پیچ‌های ثانویه	۵ سال یک بار
۴	اندازه‌گیری مقدار توان مدار ثانویه (Burden)	۵ سال یک بار (و بعد از انجام تغییرات در مدارهای مرتبط)
۵	بررسی مقادیر نامی تجهیزات	۵ سال یک بار
۶	آزمایش نسبت تبدیل و محاسبه مقدار خطا برای تمام هسته‌ها	۵ سال یکبار
۷	آزمایش تعیین نقطه زانویی (Knee Point) برای ترانسفورماتورهای جریان	۵ سال یکبار

#### ۴-۱۰- نگهداری کلیدهای قدرت ژنراتور

##### ۴-۱۰-۱- مقدمه

برنامه کلی نگهداری و آزمایش‌های کلید قدرت در این قسمت از راهنما، برای انواع کلید قدرت ژنراتور قابل استفاده در نیروگاه‌ها، یعنی کلیدهای قدرت با محیط خاموش کننده قوس الکتریکی از نوع خلا، نوع بادی و نوع گازی SF6 ارائه می‌شود.

##### ۴-۱۰-۲- برنامه بازرسی‌ها و نگهداری کلید قدرت

برنامه بازرسی‌ها و نگهداری کلیدهای قدرت ژنراتور، دوره انجام آزمایش‌های مرتبط با نگهداری و کارهای بازرسی دقیق و یا تعمیرات، طبق دستورالعمل‌های سازنده کلید و با توجه به شرایط واقعی بهره‌برداری نیروگاه، تعداد عملکرد عادی کلید (قطع تحت بار عادی) و تعداد عملکرد کلید در اثر فرمان‌های قطع مربوط به شرایط خطا و جریان‌های اتصال کوتاه (و نیز میزان جریان‌های اتصال کوتاه واقع شده) و سایر عوامل مرتبط با بهره‌برداری تدوین می‌شود.

بازرسی‌های چشمی عادی (روتین) نیز طی گشت‌های روزانه توسط بهره‌برداران نیروگاه انجام می‌شود. طی بازدیدهای عادی روزانه و هفتگی اطلاعات مربوط به وضعیت کلی کلید قدرت، از جمله فشار گاز SF6 (در کلیدهای نوع SF6)، فشار هوای مربوط به مکانیسم عملکرد کلید نوع بادی، نمایش‌گرهای دیگر مرتبط با وضعیت کلید توسط بهره‌بردار کنترل و ثبت می‌شود.

برنامه کلی نگهداری کلیدهای قدرت فشار متوسط به شرح جداول شماره (۴-۱۹) و (۴-۲۰) و (۴-۲۱) برای سه نوع کلید قدرت ژنراتور مورد استفاده در نیروگاه‌های آبی توصیه می‌شود.

اکثر فعالیت‌های مربوط به نگهداری و آزمایش‌های کلید قدرت (غیر از کنترل با دوربین مادون قرمز)، باید در حالی انجام گیرد که کلید قدرت از مدار خارج و بدون برق می‌باشد.



جدول ۴-۱۹- برنامه نگهداری کلید قدرت ۶۰۰ ولت تا ۱۵۰۰۰ ولت ژنراتور از نوع خلاء

ردیف	شرح بازرسی و آزمایش‌ها	دوره توصیه شده
۱	بازرسی دقیق چشمی و همه‌جانبه کلید شامل تمیزکاری اجزاء، تنظیم مکانیزم عملکرد، روغن‌کاری، سفت کردن پیچ‌ها و ترمینال‌های کابل‌ها و اتصال سیم زمین حفاظتی	- سالانه - (طبق دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده)
۲	نگهداری‌های پیش‌گیرانه	طبق دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده
۳	بررسی مقادیر قرائت‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری، کنترل عملکرد کلیدهای درجه حرارت و فشار، کالیبراسیون گیج‌های اندازه‌گیری فوق	- سالانه
۴	اندازه‌گیری مقاومت اهمی کنتاکت‌ها	- سالانه
۵	اندازه‌گیری زمان قطع و زمان وصل و یکبار قطع و وصل متوالی و اندازه‌گیری اختلاف زمان قطع (Discrepancy) فازهای مختلف (با آنالیزور حرکت)	- سالانه
۶	انجام تست فشار قوی	- ۵ سال یکبار
۷	تست اندازه‌گیری جریان الکتروموتور شارژ فنر مکانیسم عمل‌کننده کلید	- ۵ سال یکبار
۸	بررسی و کنترل مقادیر نامی تجهیزات	- ۵ سال یکبار
۹	تست کنتور تعداد کارکرد کلید (از روی Counter)	- هر دو هفته یک بار
۱۰	تست اندازه‌گیری زمان شارژ فنر مکانیسم عمل‌کننده	- ۵ سال یکبار
۱۱	تست انرژی ذخیره شده در فنر مکانیسم عمل‌کننده برای باز و بستن	- ۵ سال یکبار

جدول ۴-۲۰- برنامه نگهداری کلید قدرت ۶۰۰ ولت تا ۱۵۰۰۰ ولت ژنراتور از نوع بادی

ردیف	شرح بازرسی و آزمایش‌ها	دوره توصیه شده
۱	بازرسی دقیق و همه‌جانبه کلید شامل تمیزکاری اجزاء، تنظیم مکانیزم عملکرد	- یک الی سه سال یکبار
۲	نگهداری پیش‌گیرانه	طبق دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده
۳	تنظیمات مربوط به زمان «تریپ» فوق جریان و آزمایش آن	- سالانه و یا بعد از ۲۰۰۰ بار عملکرد کلید (در فاصله زمانی حداکثر سه سال)
۴	اندازه‌گیری مقاومت اهمی کنتاکت‌ها	- سالانه
۵	اندازه‌گیری زمان قطع و زمان وصل و یکبار قطع و وصل متوالی و اندازه‌گیری اختلاف زمان قطع فازهای مختلف (Discrepancy) (با آنالیزور حرکت)	- سالانه و یا بعد از ۲۰۰۰ بار عملکرد کلید
۶	انجام تست فشار قوی (بین فاز با فاز و بین فاز و زمین)	- ۳ الی شش سال یکبار
۷	اسکن با دوربین مادون قرمز	- سالانه
۸	بررسی و کنترل مقادیر نامی تجهیزات	- پنج سال یکبار

جدول ۴-۲۱- برنامه نگهداری کلید قدرت فشار متوسط ژنراتور از نوع SF6

ردیف	شرح بازرسی و آزمایش‌ها	دوره توصیه شده
۱	بازرسی‌های چشمی، عادی، دقیق و همه‌جانبه	- دو هفته یکبار (بازرسی‌های عادی) - سالانه: تمیزکاری اجزا، روغن‌کاری، سفت کردن پیچ و مهره‌ها و ترمینال‌های کابل - ۵ سال یکبار: بازرسی‌های چشمی همه‌جانبه (طبق دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده)
۲	نگهداری پیش‌گیرانه	طبق دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده
۳	بررسی مقادیر قرائت‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری سویچ فشار کم و زیاد گاز SF6 و مقایسه آنها با مقادیر عادی و تolerانس‌های مجاز	- هر دو هفته یکبار
۴	اندازه‌گیری مقاومت اهمی کنتاکت‌ها	- ۵ سال یکبار
۵	اندازه‌گیری زمان قطع و زمان وصل و یکبار قطع و وصل متوالی و اندازه‌گیری اختلاف زمان قطع فازهای مختلف (با آنالیزور حرکت)	- ۵ سال یکبار
۶	انجام تست فشار قوی و اندازه‌گیری ضریب توان	- ۵ سال یکبار
۷	اندازه‌گیری رطوبت در گاز (اندازه‌گیری نقطه شبنم)	- ۵ سال یکبار
۸	بررسی و کنترل مقادیر نامی تجهیزات	- ۵ سال یکبار
۹	اندازه‌گیری تعداد کارکرد (از روی Counter)	- هر دو هفته یکبار
۱۰	کنترل محکم بودن ترمینال‌ها، اهرم‌بندی‌ها، پیچ و مهره‌ها از نظر تنظیم و سفتی، تنظیم مکانیسم عملکرد	- ۵ سال یکبار (طبق دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده)
۱۱	دمونتاژ کلی، تعویض لاستیک‌ها و رینگ‌های هوابندی، تعویض کنتاکت‌ها، نازل‌ها و قطعات فرسوده شونده قسمت قطع‌کننده کلید قدرت	- ۱۰ تا ۱۵ سال یکبار یا بعد از ۴۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ عملکرد کلید (بسته به شدت جریان خطای قطع و استفاده از دستورالعمل‌های سازنده تناوب بازرسی‌ها و تعمیرات تعیین می‌شود)
۱۲	دمونتاژ و بازرسی کامل سکسیون‌های همراه کلید قدرت، شامل سکسیون فازها، سکسیون زمین و سکسیون اتصال کوتاه مربوط به سامانه ترمز الکتریکی ژنراتور	- ۱۵ سال یکبار یا بعد از ۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰ عملکرد کلید، با در نظر داشتن شرایط بهره‌برداری (طبق دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده)
۱۳	کنترل وضعیت رنگ، وضعیت فونداسیون، وضعیت سیم اتصال زمین	- ۵ سال یکبار (طبق دستورالعمل‌ها و توصیه‌های سازنده)
۱۴	تست اندازه‌گیری جریان الکتروموتورهای مکانیسم‌های عمل‌کننده سکسیون‌ها و سویچ‌های اتصال زمین و سویچ اتصال کوتاه‌کننده	- ۵ سال یکبار
۱۵	تست زمان کارکرد الکتروموتور شارژ فنر مکانیسم عمل‌کننده کلید قدرت	- ۵ سال یکبار
۱۶	تست اندازه‌گیری جریان الکتروموتور جریان مستقیم شارژ فنر	- ۵ سال یکبار
۱۷	تست اینترلاک‌های الکتریکی بین سکسیون‌ها و کلیدهای قدرت و سویچ‌های اتصال زمین	- ۵ سال یکبار

#### ۴-۱۱- نگهداری باتری‌ها و شارژرها

این قسمت از راهنما به بازرسی‌ها، سرویس‌های عادی و برنامه نگهداری و آزمایش‌های مرتبط با نگهداری باتری‌ها و شارژرهای سامانه تامین برق نیروگاه اختصاص دارد. در این قسمت از راهنما دو نوع معمول‌تر باتری‌هایی که با ظرفیت‌های نسبتاً بالا ساخته می‌شوند و برای کار در نیروگاه‌ها، به عنوان تامین‌کننده پشتیبان برق مستقیم تجهیزات اصلی نیروگاه به کار می‌روند، مطرح شده است، یعنی باتری‌های سرب-اسید تهویه شونده نوع تر (سرب-اسید معمولی) و باتری‌های سرب-اسید با سلول‌های کاملاً بسته.

#### ۴-۱۱-۱- نگهداری باتری‌های سرب- اسید معمولی (تهویه شونده)

##### ۴-۱۱-۱-۱- کلیات

باتری‌های سرب اسید با سلول‌های تهویه شونده (نوع تر)، قابلیت کارکرد در مجموعه‌های بزرگ و با ظرفیت بالاتری را نسبت به باتری‌های سرب- اسید از نوع «سلول‌های کاملاً بسته» (با الکترولیت ژله‌ای) دارند. قابلیت کارکرد این نوع باتری‌ها، به خصوص برای کاربرد با نرخ تخلیه زیاد و سریع، برای تغذیه مصرف‌کننده‌هایی که نیاز به مصرف کوتاه مدت و با نرخ جریان بالایی را دارند (مثل مکانیسم عمل‌کننده کلیدهای مدارشکن با قدرت قطع بالا و شارژ اولیه سامانه‌های تحریک ژنراتورهای بزرگ) مناسب‌تر از انواع دیگر باتری‌ها می‌باشد. از نظر تحمل افزایش درجه حرارت نیز، نسبت به باتری‌های از نوع «سلول کاملاً بسته»، پایداری بیشتری دارند. با وجود این، برای این نوع باتری‌ها تهویه اتاق باتری و تدابیر ایمنی افراد اهمیت ویژه‌ای دارد.

مهم‌ترین عامل برای نگهداری باتری‌ها، توجه به برنامه شارژ کردن آنها می‌باشد. یادداشت منظم شرایط فیزیکی و ثبت اطلاعات مربوط به کارکرد باتری، مشخص می‌نماید که برنامه شارژ کردن باتری‌ها تا چه حدی صحیح می‌باشد. قرائت‌های مختلف مربوط به وزن مخصوص الکترولیت (در زمان‌ها و درجه حرارت‌های مختلف) باید بر اساس یک درجه حرارت مبنا (۲۵ درجه سانتی‌گراد) اصلاح شوند و بعد مورد مقایسه قرار گیرند.

تهویه اتاق باید به نحوی باشد که بین سلول‌های ردیف‌های مختلف تفاوت درجه حرارت محسوس نباشد (تفاوت درجه حرارت حداکثر ۳ درجه باشد).

برنامه کلی نگهداری باتری‌های سرب - اسید معمولی (تهویه شونده) در جدول شماره (۴-۲۲) ارائه شده است. ملاحظات مربوط به نگهداری باتری‌ها، که در این قسمت از راهنما آورده شده است توصیه‌های عمومی می‌باشد. موارد اعلام شده در دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری سازنده، موقعیت و شرایط محیطی نیروگاه و شرایط بهره‌برداری باید اساس تدوین دستورالعمل خاص اندازه‌گیری‌ها و برنامه نگهداری باتری‌ها قرار داده شود.

#### ۴-۱۱-۲- شارژ باتری و اصلاح وزن مخصوص برحسب درجه حرارت

##### الف- شارژ اولیه

هر باتری نو و یا هر باتری که بیش از سه ماه در انبار مانده باشد در شروع بهره‌برداری مجدد باید شارژ شود. ولتاژ متعادل‌کننده<sup>۱</sup> (برای شارژ سریع) باید طبق توصیه سازنده باتری، برحسب مشخصات آن باشد. شارژ تا موقعی باید ادامه پیدا کند که از هر خانه (سلول) باتری<sup>۲</sup> به راحتی گاز متصاعد شود و وزن مخصوص اسید دیگر بالا نرود.

1- Equalizer Voltage

2- Battery Cell

### ب- سلول راهنما<sup>۱</sup>

پس از شارژ اولیه یا در اول هر سال یکی از سلول‌ها که اسید آن کم‌ترین وزن مخصوص را دارد و ولتاژ آن نیز پایین‌تر از بقیه است به عنوان سلول راهنما برای یک سال انتخاب می‌شود. این سلول برای قرائت پارامترهای مختلف به عنوان نماینده در نظر گرفته می‌شود. در هر سال یک سلول راهنمای جدید باید انتخاب گردد.

### ج- شارژ شناور<sup>۲</sup>

باتری‌ها باید به طور پیوسته و دائم در ولتاژ شارژ شناور توصیه شده توسط سازنده، شارژ شوند. ولتاژ ترمینال‌های اصلی مجموعه باتری باید به طور ماهانه به صورت دقیق اندازه‌گیری شده و با ولتاژ شارژر مقایسه گردد. در صورت نیاز ولتاژ شناور شارژر باید تنظیم شود (با ولت‌متر دقیق دیجیتال).

باتری هنگامی در حال شناوری (شارژ شناوری) گفته می‌شود که ولتاژ شارژ اندکی بالاتر از ولتاژ مدار باز باتری باشد. عملکرد باتری با روش شناوری بر اساس ولتاژ کلی اعمال شده به ترمینال‌های باتری می‌باشد. ولتاژ شناوری باید به صورت خیلی دقیق اعمال شود، در غیر این صورت باتری یا کم شارژ شده و یا اضافه شارژ خواهد داشت که در هر دو صورت عمر باتری کم شده و مشکلات مختلفی ایجاد خواهد کرد، لذا ولت‌متر خیلی دقیقی برای تنظیم ولتاژ شناوری باید مورد استفاده قرار گیرد. در ضمن ولتاژ مدار باز باتری از ولتاژ باتری در زمانی که زیر بار است بیشتر است، زیرا مقاومت داخلی باتری در حالت مدار باز اثر ندارد.

### د- شارژ متعادل کننده

هدف از شارژ متعادل کننده (شارژ سریع) کسب اطمینان در این مورد است که تمام صفحات مربوط به تمام سلول‌ها کاملاً شارژ شده باشند (با اندکی اضافه شارژ).

شارژ متعادل کننده نباید به طور مرتب انجام شود. فقط در صورتی که یکی از موارد زیر وجود داشته باشد باید اقدام به شارژ متعادل کننده گردد. قبل از شروع شارژ باید ولتاژ توصیه شده توسط سازنده برای نوع باتری موردنظر رعایت گردد و سطح الکترولیت در همه سلول‌ها حداکثر باشد:

- پس از تخلیه شدن سریع باتری
- چنانچه میزان کاهش وزن مخصوص (تصحیح شده برحسب درجه حرارت)، در هر یک از سلول‌ها نسبت به وزن مخصوص آن سلول در حالت شارژ کامل از ۰/۰۱ بیش‌تر باشد.
- چنانچه میزان کاهش ولتاژ هر سلول نسبت به متوسط ولتاژ سلول‌ها در زمان شناوری از ۰/۰۴ ولت تجاوز کند.
- اگر سطح الکترولیت در هر سلول به حداقل یا زیر این حد برسد، که در این صورت باید آن را تا سطح حداکثر با آب مقطر پر کرد و سپس شارژ متعادل کننده انجام شود تا وزن مخصوص به مقدار مجاز خود برسد.

- در صورتی که مقدار آب جایگزین بسیار کم باشد (که نشان دهنده کم بودن شارژ است).
  - به محض اینکه کلیه شرایط زیر برقرار شود، شارژ متعادل کننده باید متوقف گردد:
    - از کلیه سلول‌ها به صورت یکسان و آزادانه گاز خارج شود.
    - وزن مخصوص کلیه سلول‌های با ولتاژ پایین، دیگر بالا نرود. برای این کار باید در فاصله یک هشتم آخری دوره شارژ، دو قرائت انجام شود.
    - اختلاف ولتاژ مابین بالاترین سلول و پایین‌ترین سلول بیش‌تر از اختلاف آنها در شارژ اولیه نباشد.
- چنانچه در زمان موردنیاز، شارژ متعادل کننده انجام نشود، در کار باتری اختلال ایجاد خواهد شد و ظرفیت (آمپرساعت) سلول‌های ضعیف شدیداً کاهش می‌یابد و نهایتاً ممکن است به تخریب باتری منجر گردد.

جدول ۴-۲۲- برنامه نگهداری باتری‌های سرب-اسید نوع تر، با سلول‌های تهویه شونده (سرب-اسید معمولی)

ردیف	شرح بازرسی و یا آزمایش	در شروع اولین بهره‌برداری (باتری‌های نو)	در هر شیف‌ت	ماهانه	سه ماه یک‌بار	سالانه	۵ سال یک‌بار
۱	بازرسی چشمی			بازرسی‌های عمومی			
۲	اندازه‌گیری ولتاژ شناور دوسر باتری		قرائت ولت‌متر مربوطه روی تابلوی کنترل	ولتاژ کلی دوسر باتری با ولت‌متر دقیق دیجیتال		اندازه‌گیری با ولت‌متر دقیق دیجیتال و مقایسه آن با مقدار ولت‌متر تابلو	
۳	اندازه‌گیری ولتاژ شناور سلول‌ها			اندازه‌گیری برای سلول راهنما با ولت‌متر دقیق دیجیتال	برای تمام سلول‌ها با ولت‌متر دیجیتال		
۴	اندازه‌گیری وزن مخصوص الکترولیت			برای سلول راهنما	برای تمام سلول‌ها		
۵	اندازه‌گیری درجه حرارت			برای سلول راهنما	برای تمام سلول‌ها		
۶	اندازه‌گیری مقاومت اتصالات				برای تمام اتصالات		
۷	آزمایش‌های نهایی پذیرش و ظرفیت تخلیه		یک هفته پس از شروع کارکرد اولیه			سالانه، در صورتی که نتیجه آزمایش بعد از ۵ سال اول کم‌تر از ۹۰ درصد ظرفیت نامی باشد	انجام آزمایش ظرفیت تخلیه
۸	کنترل وسایل و تمهیدات ایمنی			کنترل دستکش، ماسک صورت، ابزار عایق، تسهیلات شست‌وشوی چشم			

چنانچه یک قسمت از باتری گرم‌تر از سایر قسمت‌ها باشد، سلول‌های مربوط به این قسمت دشارژ خودبخودی بیش‌تری دارند و ظرفیت آنها تدریجاً کم‌تر از سایر قسمت‌ها خواهد شد. از این رو باتری‌ها نباید در موقعیتی باشند که تحت تاثیر تابش اشعه آفتاب و یا هر نوع وسیله گرمای‌زای دیگر قرار گیرند.

**ه- نیروگاه‌های بدون بهره‌بردار محلی**

در نیروگاه‌های بدون بهره‌بردار محلی زمان شارژ متعادل کننده می‌تواند به صورت اتوماتیک توسط یک تایمر تنظیم شود. در این مورد باید توصیه سازنده رعایت گردد. تایمر باید شارژ متعادل کننده را قطع و شارژ شناور را مجدداً وصل کند. چنانچه از لحاظ زمان، توصیه‌ای از طرف سازنده نشده باشد، زمان معادل حدود ۳ ساعت تا ۲۴ ساعت می‌تواند به عنوان زمان شارژ مورد استفاده قرار گیرد.

**۴-۱۱-۱-۳- قرائت ولتاژ**

اندازه‌گیری و قرائت ولتاژ باید مطابق دستورالعمل صورت گیرد. توصیه‌های عمومی در این مورد به شرح زیر است:

**الف- در هر شیفت (برای نیروگاه‌های دارای بهره‌بردار) و یا در حین بازرسی‌های دوره‌ای (برای نیروگاه‌های بدون بهره‌بردار محلی):**

ولت‌متر روی تابلوی کنترل باید کنترل شود تا معلوم شود که آیا باتری در ولتاژ مناسب شارژ می‌شود یا خیر. در صورت لزوم ولتاژ شارژ باید تنظیم گردد.

**ب- در صورتی که «تپ»<sup>۱</sup> ترانسفورماتورهای قدرت و یا ترانسفورماتورهای مصرف داخلی عوض شود:**

در این موارد باید در صورت نیاز ولتاژ شارژ باتری تنظیم گردد. البته در بعضی از باتری شارژرها این کار به‌طور اتوماتیک به‌وسیله تنظیم کننده انجام می‌شود.

**ج- ضمن شارژ متعادل کننده**

درست قبل از پایان شارژ متعادل کننده، باید ولتاژ سلول‌ها (بالاترین و پایین‌ترین ولتاژ) با دقت حدود ۰/۰۱ ولت، با ولت‌متر دیجیتال دقیق، اندازه‌گیری شود. چنانچه اختلاف این دو ولتاژ از اختلاف ثبت شده هنگام شارژ اولیه بیش‌تر باشد، باید شارژ متعادل کننده ادامه یابد.

**د- ماهانه**

- در حالی که شارژر کار می‌کند، باید ولتاژ کلی دو سر ترمینال‌های باتری در حالت شارژ شناور با ولت‌متر دیجیتال دقیق اندازه‌گیری و در فرم مخصوص ثبت شود.
- ولتاژ شناور سلول راهنما باید با ولت‌متر دیجیتال دقیق کنترل و ثبت شود.

**ه- هر سه ماه یک‌بار**

ولتاژ شناور هر سلول باید با دقت حدود ۰/۰۱ ولت با ولت‌متر دیجیتال دقیق کنترل و ثبت شود. در پایان هر سال این قرائت‌ها باید برای تعیین سلول راهنما در سال بعد مورد استفاده قرار گیرد.

**توجه:** استفاده از ولت‌متر دقیق از نظر عمر باتری بسیار حائز اهمیت است. یک ولت‌متر دیجیتال با دقت حدود ۰/۰۱ ولت باید برای باتری‌های نیروگاه اختصاص یابد و حداقل هر سال یک‌بار کالیبره شود. این ولت‌متر باید با دقت زیاد مورد استفاده قرار گیرد. هرگز نباید از ولت‌متر عمومی و کارگاهی برای اندازه‌گیری ولتاژ باتری استفاده شود.

#### ۴-۱۱-۱-۴- قرائت وزن مخصوص

قرائت وزن مخصوص در باتری‌های سرب - اسید تهویه شونده باید به شرح زیر انجام گیرد:

##### الف- ماهانه

وزن مخصوص سلول راهنما باید اندازه‌گیری شود

##### ب- هر سه ماه یک‌بار

وزن مخصوص ۱۰ درصد تعداد کلی سلول‌ها باید اندازه‌گیری و ثبت شود. در هر فصل این مجموعه سلول (۱۰ درصد)، باید تغییر کند تا سلول‌های دیگری مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

##### ج- سالانه

وزن مخصوص کلیه سلول‌ها باید اندازه‌گیری و ثبت شود.

##### د- بعد از شارژ متعادل کننده

۱۵ دقیقه بعد از آنکه تبخیر شدید گاز از سلول‌های باتری متوقف شد، وزن مخصوص کلیه سلول‌ها باید اندازه‌گیری و ثبت گردد. چنانچه روند افزایش وزن مخصوص دو سلولی که کم‌ترین وزن مخصوص را دارند (و در یک هشتم آخر دوره شارژ اندازه‌گیری شده‌اند)، متوقف نشده باشد، باید شارژ متعادل کننده ادامه یابد.

**توجه:** کلیه قرائت‌ها باید براساس دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تصحیح و سپس ثبت گردد. پس از افزودن آب به یک سلول باتری نباید اندازه‌گیری وزن مخصوص انجام شود، زیرا چندین ساعت طول می‌کشد تا آب با الکترولیت به‌خوبی مخلوط شود.

#### ۴-۱۱-۱-۵- قرائت درجه حرارت (دما)

کلیه سلول‌های باتری باید تحت دمای محیط یکسانی باشد. تاثیر منابع ایجاد حرارت نظیر نور آفتاب، بخاری‌های دستی و غیره باید حذف شود تا درجه حرارت برخی از سلول‌های باتری تحت تاثیر این عوامل، جداگانه بالا نرود. قبل از اندازه‌گیری دمای سلول‌ها باید درجه حرارت محیط اندازه‌گیری و ثبت شود.

##### الف- ماهانه

درجه حرارت سلول راهنما باید ثبت شود.

**ب- هر ۳ ماه یکبار**

درجه حرارت ۱۰ درصد سلول‌ها ثبت شود. در هر فصل باید سلول‌های مورد اندازه‌گیری تغییر کند.

**ج- سالانه**

چنانچه دوربین مادون قرمز دقیق در دسترس باشد باید درجه حرارت اتصالات باتری در زمان بارگیری یا آزمون تخلیه (دشارژ)، حین عبور جریان، اندازه‌گیری شود. چنانچه یک یا چند اتصال شل یا کثیف باشد، درجه حرارت آنها بیش از سایر اتصالات خواهد بود.

**توجه:** برای اندازه‌گیری دما از یک دوربین دقیق مادون قرمز (IR) می‌توان استفاده کرد. لازم است کالیبراسیون این دوربین حداقل سالی یک بار چک شود. در صورت امکان بهتر است قرائت درجه حرارت سلول‌ها درست پس از انجام کالیبراسیون دوربین صورت گیرد. چنانچه تفاوت درجه حرارت سلول‌ها بیش از حدود ۳ درجه سانتی‌گراد (حدود ۵ درجه فارنهایت) باشد، علت آن می‌تواند تهویه نامناسب اتاق باتری باشد (باتری‌های واقع در ردیف‌های بالایی معمولاً کمی گرم‌تر هستند).

**۴-۱۱-۱-۶- قرائت مقاومت الکتریکی اتصال****الف - پس از نصب**

با استفاده از یک میکرو اهم‌متر دقیق، مقاومت هر یک از اتصال‌های بین باتری‌ها اندازه‌گیری و ثبت شود. این اندازه‌گیری به عنوان مقدار مرجع ثبت می‌شود. برای روش کار به استانداردهای معتبر از جمله از استاندارد IEEE 450-1995 مراجعه شود.

**ب- سالانه**

کنترل مقاومت اتصالات را باید مطابق بند الف (بالا) انجام داده و نتایج با مقدار مرجع (مقدار متناظر با بند الف) مقایسه گردد. چنانچه مقاومت هر اتصال بیش‌تر از ۲۰ درصد اضافه شده باشد، باید گریس غیرعایق به آن زده شود، اتصال آن محکم و مجدداً تست گردد و مقدار حاصله در فرم‌های مخصوص درج شود.

**۴-۱۱-۱-۷- بازدید چشمی**

بازدیدهای چشمی برای ارزیابی شرایط کلی باتری، اتاق باتری و تجهیزات ایمنی انجام می‌گیرد. این بازدید به طور کلی به شرح زیر است و به صورت ماهانه توصیه می‌شود:

تمیز بودن کلی باتری‌ها، سازه نگه‌دارنده باتری و اتاق باتری باید کنترل شود. نشی احتمالی الکترولیت و وجود ترک در سلول‌ها باید کنترل شود و در صورت نیاز اقدام لازم انجام گیرد. خوردگی ترمینال‌ها، اتصالات، سازه نگه‌دارنده و تابلوها باید بررسی شود. درجه حرارت محیط کنترل شده و اطمینان حاصل گردد که تجهیزات تهویه (فن‌ها، هواکش‌ها و مانند آن) کار می‌کند. سطح کلیه الکترولیت‌ها بررسی و در صورت نیاز تکمیل شود.



شرایط و آمادگی کلی تجهیزات ایمنی، دستکش‌ها، ماسک‌های صورت و غیره باید کنترل شود. یک گالن آب مقطر با برچسب مناسب باید در دسترس باشد. همچنین باید دستشویی و دوش در نزدیکی اتاق باتری‌ها در دسترس باشد. دستگاه کپسول آتش‌نشانی تست شده، مطابق برنامه پر شده و آماده به کار باشد. از ابزارها و وسایل عایق باید استفاده شود تا از اتصال کوتاه جلوگیری گردد. اسیدسنج باید از نظر تمیزی و نیز وجود ترک احتمالی در قسمت لاستیکی آن کنترل شود.

#### ۴-۱۱-۱-۸- سایر موارد مربوط به نگهداری

##### الف- تنظیم وزن مخصوص الکترولیت

اضافه یا کم کردن اسید در سلول‌ها باید تنها با رعایت دقیق دستورالعمل‌های سازنده برای هر نوع باتری انجام شود.

##### ب- درجه حرارت

درجه حرارت الکترولیت نباید از ۴۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر رود.

##### ج- نظافت

اتاق باتری یا کابینت مربوطه باید کاملاً تمیز بوده و بخوبی تهویه شود. کلیه سلول‌ها به ویژه بالای آنها باید تمیز، خشک و عاری از الکترولیت و زنگ باشد.

##### د- سررفتن الکترولیت

در هر اتاق باتری باید یک ظرف پر از محلول جوش شیرین در آب (و با برچسب) آماده باشد. الکترولیت سرریز شده باید با این محلول خنثی و با آب شسته شده و خشک شود. باید از ورود هرگونه محلول به سلول‌ها جلوگیری گردد. درپوش‌های تهویه سلول باید بسته و مجاری تهویه گاز آن باز باشد. واشرهای معیوب درپوش‌ها باید تعویض شود.

#### ۴-۱۱-۱-۹- آزمایش‌های نهایی پذیرش و آزمایش‌های مربوط به نگهداری

##### الف - حدود یک هفته بعد از اولین بهره‌برداری

در حدود یک هفته بعد از آنکه شارژ اولیه باتری انجام شد و ولتاژ و درجه حرارت به حالت تعادل رسید، آزمایش‌های پذیرش باتری انجام می‌شود. این تست‌ها ممکن است در کارخانه انجام شود و نتایج رسمی و تایید شده آن مورد استفاده قرار گیرد. لیکن نظر به اینکه ممکن است باتری مدتی در انبار مانده باشد، پس از شارژ اولیه در محل نصب، تست تخلیه، برای اطمینان از حصول ظرفیت مناسب می‌تواند انجام شود. این تست باید حداقل برای ۳ ساعت تخلیه انجام شود و حصول حداقل ۹۰ درصد ظرفیت نامی مجموعه باتری را نشان دهد. در مواردی، بسته به مشخصات فنی قرارداد، انجام تست تخلیه برای مدت ۸ ساعت، ترجیح داده می‌شود و طی این مدت حصول ۹۰ درصد ظرفیت نامی (مندرج در مشخصات) باید تضمین شود.

**ب- آزمایش تخلیه سالانه و یا ۵ ساله**

برای تخمین و پیش‌بینی زمان از کار افتادن و تعویض باتری‌ها، آزمایش تخلیه باتری باید حداقل هر ۵ سال یک بار انجام شود. در صورتی که در یک آزمایش، ظرفیت اندازه‌گیری شده به مقداری کم‌تر از ۹۰ درصد ظرفیت نامی رسیده باشد، لازم است آزمایش‌های تخلیه بعد از آن به صورت سالانه انجام شود تا زمان تعویض را بهتر بتوان معین نمود. انجام تست‌ها، باید طبق دستورالعمل سازنده انجام شود. همچنین نحوه انجام تست‌ها در بخش سوم از دستورالعمل "USBR FIST Volume 3-6" نیز آورده شده است، که در غیاب دستورالعمل سازنده می‌تواند ملاک کار قرار گیرد.

**۴-۱۱-۱-۱۰- ثبت نتایج بازرسی و اندازه‌گیری**

افت ظرفیت در طول زمان از تغییر در وزن مخصوص سلول‌ها مشخص می‌شود بنابراین نگهداری آمار دقیق ثبت شده در اتاق باتری بسیار اهمیت دارد. مقایسه قرائت‌های جدید با قرائت‌های قبلی از بسیاری از مشکلات احتمالی که ممکن است عمر شارژرها را کم کند جلوگیری خواهد کرد.

**۴-۱۱-۱-۱۱- خلاصه اشکالات مربوط به باتری‌ها****الف- متصاعد نشدن گاز از باتری**

متصاعد نشدن گاز از باتری در حین شارژ نشان دهنده آن است که مابین صفحات در داخل سلول، اتصال کوتاه برقرار شده است. یعنی به همان سرعتی که سلول شارژ می‌شود به‌طور داخلی تخلیه می‌گردد.

**ب- وزن مخصوص یا ولتاژ**

چنانچه وزن مخصوص یا ولتاژ در یک سلول کم‌تر از سلول‌های دیگر باشد، نشانه آن است که افت‌های داخلی زیادی وجود دارد و این امر می‌تواند ناشی از کافی نبودن شارژ آن در درازمدت باشد.

**ج- رنگ صفحات و رسوبات**

- ممکن است رنگ یا ظاهر صفحات یا رسوبات در یک سلول متفاوت با سلول‌های دیگر باشد، دلایل زیر می‌تواند مطرح باشد:
- وجود آثار و لکه‌های سولفات سفید سرب روی صفحات مثبت و یا منفی به دلیل بدون استفاده ماندن باتری و یا قرار گرفتن در حالت کم شارژ برای مدت طولانی.
  - رسوبات تیره رنگ آنتیموان روی قسمت‌هایی از صفحات منفی (معمولاً نزدیک ترمینال)، که علت آن می‌تواند شارژ شدن با نرخ بالا (خیلی سریع) و یا فرسوده بودن سلول (نزدیک شدن به پایان عمر کاری) باشد.
  - وجود یک لایه رسوب به رنگ سفید در قشر بالایی، که علت آن کم بودن شارژ سلول می‌باشد.
  - وجود رسوب به رنگ قهوه‌ای شفاف، که علت آن زیاد بودن سطح شارژ سلول می‌باشد.

**د- مشکلات مربوط به صفحات داخلی باتری**

چنانچه موارد تشریح شده در زیر به صورت وسیعی مشاهده شود، باید تست ظرفیت انجام تا مشخص گردد که لازم است فقط برخی از سلول‌ها تعویض گردد یا کل باتری.

- وجود ترک روی لبه شبکه صفحات مثبت
- نقاط «سولفاته» کم رنگ روی لبه‌های صفحات زیر ترک‌های ذکر شده در بند فوق
- وجود رسوبات زیاد در کف محفظه باتری
- وجود خزه یا سبز شدن بالای صفحات منفی

**ه- مصرف آب**

اگر سلول نیاز به آب زیاد دارد، علت آن نرخ شارژ (سرعت زیاد شارژ)، درجه حرارت بالا در حین کار و یا نشت آب از سلول است.

- اگر سلول به مقدار کمی آب نیاز دارد، علت شارژ ناکافی آن است.

**و- تغییر شکل صفحات**

تغییر شکل صفحات نشان دهنده آن است که به علت کم شارژ شدن یا زیاد بودن درجه حرارت حین کار، این صفحات زیادی سولفاته شده است.

**ز- عدم توانایی باتری در تامین آمپر ساعت نامی**

عدم توانایی باتری در تامین آمپر ساعت نامی نشان دهنده این است که باتری تخلیه شده، زیادی سولفاته شده یا ماده فعال صفحات مثبت کم شده است. سلول‌ها ممکن است فرسوده شده یا ماده فعال سطوح مثبت آن‌ها از بین رفته باشد.

**۴-۱۱-۱-۱۲- اقدامات لازم برای رفع اشکالات**

چنانچه سلولی مشکل داشته باشد، کل مجموعه باتری باید تحت شارژ متعادل کننده قرار گیرد و سپس وزن مخصوص هر کدام از سلول‌ها به‌طور جداگانه قرائت شود. چنانچه از همه سلول‌ها به‌طور یکسان گاز متصاعد شود و وزن مخصوص همه سلول‌ها نرمال باشد، تنها لازم است باتری شارژ شود، در غیر این صورت تمام چگالی‌های پایین باید ثبت گردد و شارژ اضافی داده شود. درجه حرارت کلیه سلول‌ها باید با دوربین مادون قرمز یا ترمومتر سنجیده و با درجه حرارت سایر سلول‌ها مقایسه گردد. سلول‌های سولفاته شده اگر اصلاح نشوند داغ‌تر شده و نهایتاً صدمه خواهند دید<sup>۱</sup>.

۱- برای اطلاعات و جزئیات بیشتر به استاندارد IEEE 450-1995 تحت عنوان "تست و تعویض باتری‌های سرب-اسید تهویه شونده" مراجعه شود

## ۴-۱۱-۲- باتری‌های سرب-اسید با «سلول‌های کاملاً بسته» (سلول ژله‌ای)

## ۴-۱۱-۲-۱- کلیات

باتری‌های سرب-اسید با «سلول‌های کاملاً بسته»، که به عنوان «سلول ژله‌ای» نیز شناخته می‌شوند، معمولاً به صورت بلوک‌های چند سلولی (مدولی) ساخته می‌شوند. محفظه این سلول‌ها، از مواد خاص پلاستیکی ساخته می‌شود و بازرسی از وضعیت صفحات باتری و وضعیت یا سطح الکترولیت میسر نیست. به این باتری‌ها، سلول‌های با الکترولیت جذبی نیز گفته می‌شود که تحت فشار مثبت عمل می‌کنند. گاز هیدروژن و اکسیژن این سلول‌ها خارج نمی‌شود، بلکه در درون محفظه مجدداً ترکیب می‌گردد. سلول‌ها به صورت کاملاً بسته می‌باشند و اندازه‌گیری وزن مخصوص الکترولیت در این نوع باتری‌ها مطرح نمی‌باشد. صفحات این نوع باتری‌ها عموماً با خمیر سرب-کلسیم شکل گرفته است و الکترولیت آن با ژل و یا جداری از جنس مواد فیبر شیشه احاطه می‌شود.

این نوع باتری‌ها، عمدتاً برای استفاده در سامانه‌های مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب، برای تامین برق متناوب غیرقابل قطع، سامانه مخابرات، روشنایی اضطراری و یا موارد دیگری به کار می‌رود که حین بهره‌برداری باعث تخلیه‌های ضربه‌ای و سریع نمی‌شوند. مصرف کننده‌هایی که هنگام عملکرد به طور متناوب باعث دشارژ سریع با میزان جریان افزایش‌دهی می‌شوند، باعث تقلیل بیش‌تر عمر باتری‌های سرب-اسید نوع تمام بسته می‌گردند.

در این نوع باتری‌ها کنترل درجه حرارت محیط بسیار مهم است و در محیطی که قرار دارند هوا باید به خوبی تهویه شود تا از افزایش درجه حرارت به صورت محلی جلوگیری شود. اختلاف درجه حرارت گرم‌ترین و سردترین سلول نباید بیش از ۳ درجه سانتی‌گراد باشد.

بهتر است درجه حرارت سلول‌ها در حد ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداشته شود. درجه حرارت هوای اتاق و محیط اطراف باتری‌ها بهتر است در حد ۲۲ درجه حفظ شود و گردش هوای اتاق به نحوی باشد که تفاوت درجه حرارت محیط اطراف باتری‌ها نیز زیاد نشود (به ۳ درجه سانتی‌گراد نرسد). تقلیل زیاد درجه حرارت محیط، باعث کاهش ظرفیت این نوع باتری می‌شود و افزایش درجه حرارت محیط تأثیر مهمی در کاهش عمر باتری می‌نماید. با افزایش درجه حرارت به میزان ۱۰ درجه سانتی‌گراد (نسبت به ۲۵ سانتی‌گراد که درجه حرارت عادی کار باتری‌ها است)، عمر این نوع باتری‌ها در حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. لذا در کاربرد این نوع باتری‌ها در نیروگاه باید دقت زیادی به عمل آید و شرایط کارکرد آنها دائماً تحت مراقبت قرار گیرد. این نوع باتری‌ها عموماً به صورت شارژ شده از کارخانه تحویل داده می‌شوند و عموماً به «شارژ سریع» اولیه نیاز ندارند. یکی از مزایای این باتری‌ها، عدم انتشار بخار اسید و گاز در محیط است، لذا در فضاهای محدود و یا زیرزمینی، استفاده از آن، با لحاظ سایر محدودیت‌هایی که در مورد این باتری‌ها بر شمرده شد، ممکن است توجیه‌پذیر باشد.

برنامه کلی نگهداری باتری‌های سرب-اسید با سلول‌های کاملاً بسته در جدول شماره (۴-۲۳) ارائه شده است. ملاحظات مربوط به نگهداری باتری‌ها که در این قسمت از راهنما آورده شده است جنبه کلی دارد. دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری سازنده باتری‌ها، موقعیت و شرایط بهره‌برداری، ملاک نهایی تدوین و تدقیق دستورالعمل نگهداری باتری‌ها خواهد بود.

جدول ۴-۲۳ - برنامه نگهداری باتری‌های سرب-اسید با سلول‌های کاملاً بسته (با الکترولیت ژله‌ای)

سالانه	شش ماه یکبار	سه ماه یکبار	ماهانه	در هر شیفت	از شروع اولین بهره‌برداری (باتری‌های نو)	شرح بازرسی و یا آزمایش	ردیف
			بازرسی‌های عمومی			بازرسی چشمی	۱
			ولتاژ کلی شناور دوسر باتری با ولت متر دقیق دیجیتال	قرانت ولت متر مربوطه روی تابلوی کنترل		اندازه‌گیری ولتاژ شناور دوسر باتری	۲
	برای تمام سلول‌ها با ولت متر دیجیتال		اندازه‌گیری برای سلول‌های راهنما با ولت متر دقیق دیجیتال		برای تمام سلول‌ها با ولت متر دیجیتال	اندازه‌گیری ولتاژ شناور سلول‌ها	۳
		برای تمام سلول‌ها			برای تمام سلول‌ها	اندازه‌گیری درجه حرارت	۴
برای تمام اتصالات		برای ۲۵ درصد از تمام سلول‌ها			برای تمام اتصالات بین سلول‌ها	اندازه‌گیری مقاومت اتصالات	۵
		برای تمام سلول‌ها			برای تمام سلول‌ها	اندازه‌گیری و محاسبه مقاومت داخلی سلول‌ها	۶
انجام آزمایش ظرفیت تخلیه (طبق دستورالعمل)	هر شش ماه یکبار در صورتی که نتیجه آزمایش بعد از سال اول کمتر از ۹۰ درصد ظرفیت نامی باشد				انجام آزمایش‌های پذیرش یک هفته بعد از راه‌اندازی اولیه	آزمایش‌های نهایی پذیرش شامل اندازه‌گیری ظرفیت تخلیه	۷
			کنترل دستکش، ماسک صورت، ابزار عایق، تسهیلات تست و شوی چشم			کنترل وسایل و تمهیدات ایمنی	۸

**۴-۱۱-۲-۲- شارژ شناور**

سلول‌های سرب-اسید نوع تمام بسته عموماً با ولتاژ ۲/۲۵ الی ۲/۳۰ ولت تحت شارژ شناور قرار می‌گیرند. این ولتاژ با درجه حرارت محیط تغییر می‌کند و برای مقدار دقیق آن باید به دستورالعمل سازنده در این مورد مراجعه شود. چنانچه میزان حرارت تولید شده در باتری بیش از حرارت دفع شده باشد، درجه حرارت باتری افزایش می‌یابد و در نتیجه جریان بیش‌تری برای نگهداری شارژ شناور موردنیاز است که به نوبه‌خود باعث افزایش درجه حرارت داخلی شده و درجه حرارت باتری را بالاتر می‌برد. این سیکل می‌تواند تکرار شده و درجه حرارت باتری از کنترل خارج شود که این امر منجر به خرابی کامل باتری می‌گردد. به همین دلیل، تهویه مناسب و کنترل درجه حرارت محیط برای این نوع باتری بسیار حیاتی است. وقتی که سلول به شارژ کامل نزدیک می‌شود ولتاژ باتری افزایش یافته و نزدیک به ولتاژ خروجی شارژر می‌گردد و جریان شارژ کاهش می‌یابد. باتری موقعی کاملاً شارژ است که جریان شارژ در مدت بالاتر از ۳ ساعت بیش از ۱۰ درصد تغییر نماید. در ابتدای عملیات شارژ متعادل‌کننده اگر بانک باتری به‌طور کامل تخلیه باشد جریان شارژکننده باتری خیلی زیاد است و لازم است با کاهش دادن ولتاژ شارژ این جریان را کنترل نمود و سپس به‌طور تدریجی ولتاژ شارژ را افزایش داد.

**توجه:** هیچ‌گاه نباید حداکثر ولتاژ شارژ از آنچه سازنده توصیه کرده است بیش‌تر شود.

**۴-۱۱-۲-۳- شارژ متعادل‌کننده**

سلول‌های تمام بسته معمولاً نیاز به شارژ متعادل‌کننده ندارند، مگر اینکه مقدار ولتاژ شناور قرائت شده کم‌تر از معمول باشد و یا شارژ سریع‌تر موردنیاز باشد. در هر صورت قبل از انجام شارژ متعادل‌کننده باید با سازنده مشورت شده و ولتاژ و مدت زمان شارژ سریعی که توسط سازنده تعیین می‌شود، دقیقاً مراعات گردد.

**۴-۱۱-۲-۴- شارژر**

شارژرهای این نوع سلول‌ها باید حداقل دو قابلیت داشته باشد:

- دارا بودن فیلتر الکتریکی اضافی برای حفاظت سلول در مقابل نوسانات جریان‌های متناوب، زیرا در اثر این نوسانات ممکن است درجه حرارت باتری بالا رفته و خراب شود.
- تعدیل درجه حرارت برای جلوگیری از ایجاد دمای فوق‌العاده بالا

هیچ‌گاه نباید شارژرهای مخصوص باتری سرب-اسید معمولی (الکترولیت مایع) برای این نوع باتری مورد استفاده قرار گیرد.

**۴-۱۱-۲-۵- نگهداری باتری**

برنامه نگهداری باتری که ذیلاً تشریح می‌شود برای افزایش عمر و عملکرد باتری قویاً توصیه می‌شود. در درجه اول توصیه‌های سازنده برای برنامه نگهداری باید رعایت شود. توصیه‌های استاندارد IEEE 1188-1996 نیز بدین منظور به عنوان یک مرجع معتبر می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

**۴-۱۱-۲-۶- بازرسی‌های چشمی**

لازم است این بازرسی‌ها به منظور ارزیابی شرایط کلی باتری‌ها، پایه‌های نگه‌دارنده آن، اتاق باتری و تجهیزات ایمنی انجام شود.

## - ماهانه

کنترل تمیز بودن باتری و اتاق باتری به طور کلی، کنترل نشت الکترولیت، کنترل خوردگی در ترمینال‌ها، خوردگی اتصالات، پایه‌ها و تابلوها، کنترل درجه حرارت محیط و اطمینان از عملکرد صحیح سامانه تهویه. کنترل وضعیت و در دسترس بودن تجهیزات ایمنی نظیر دستکش‌ها، ماسک صورت و غیره، وجود یک گالن محلول آب مقطر با برچسب لازم، کنترل تسهیلات شستشوی دست و صورت، کنترل کپسول‌های آتش‌نشانی مخصوص که آماده به کار بوده و تست شده باشند. برای این نوع باتری‌ها استفاده از گاز دی‌اکسیدکربن ( $CO_2$ ) به عنوان خاموش کننده آتش توصیه نمی‌شود، زیرا اثر خنک‌کنندگی بر باتری دارد. در دسترس بودن ابزار عایق و کفش عایق برای حفاظت و جلوگیری از اتصال کوتاه لازم است.

## ۴-۱۱-۲-۷- قرائت ولتاژ

برای افزایش عمر باتری وجود ولت‌متر دیجیتال دقیق حیاتی است. در یک ولتاژ شناور ثابت با افزایش درجه حرارت الکترولیت جریان شارژ افزایش می‌یابد و بنابراین سلول‌های با دمای بالاتر ولتاژ پایین‌تری خواهد داشت.

## الف- قرائت ولتاژ اولیه

۲۴ ساعت بعد از شارژ شناوری اولیه باتری، باید ولتاژ کلیه سلول‌ها اندازه‌گیری و یادداشت شود. سلول یا «مدول» با پایین‌ترین ولتاژ شناوری به عنوان سلول راهنما برای قرائت‌های بعدی انتخاب می‌شود. مقادیر قرائت شده ولتاژ باید در فرم مخصوص ثبت شود.

## ب- در هر شیف

ولت‌متر سر راه شارژر باید کنترل شود و در صورت نیاز ولتاژ شناور تنظیم گردد.

ج- زمانی که سرسیم‌ها<sup>۱</sup> عوض می‌شوند

وقتی که سرسیم‌ها در ترانسفورماتورهای قدرت و یا ترانسفورماتورهای مصرف داخلی عوض می‌شود، ولتاژ شناور در تابلوی شارژر باید کنترل شده و در صورت نیاز تنظیم گردد.

## د- ماهانه

- ولتاژ سلول راهنما با ولت‌متر دیجیتال دقیق کنترل شود.
- ولتاژ شناور کل باتری با ولت‌متر دیجیتال دقیق کنترل و یادداشت شود. این مقدار باید با ولتاژ مربوط به تابلو مقایسه و در صورت نیاز ولت‌متر تابلو تنظیم شود تا با مقدار ولت‌متر دیجیتال تطابق داشته باشد.

## ه- هر شش ماه

ولتاژ هر یک از سلول‌ها به طور جداگانه با ولت‌متر دیجیتال دقیق اندازه‌گیری و ثبت شود.

## ۴-۱۱-۲-۸- قرائت درجه حرارت

## الف- پس از نصب

بیست و چهار ساعت بعد از اعمال ولتاژ شناور و پایدار شدن دماها، درجه حرارت هر یک از سلول‌ها باید به طور جداگانه قرائت و در فرم مخصوص ثبت شود. از یک ترمومتر دقیق نوع مسطح باید استفاده شود و درجه حرارت قطب‌های منفی اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری دقیق برای افزایش عمر باتری ضروری است. این کار نباید ضمن تخلیه باتری انجام گیرد. ترمومتر نیز باید از نظر دقت سالی یک بار کنترل شود. همچنین برای اندازه‌گیری درجه حرارت باید از دوربین قرمز دقیق استفاده شود.

## ب- هر سه ماه یک بار

دمای هر سلول به طور جداگانه قرائت و در فرم مخصوص ثبت شود. این قرائت‌ها با مقادیر ثبت شده قبلی باید مقایسه گردد. سلول‌هایی که دمای بالاتری دارند عمدتاً کم‌ترین ولتاژ را نیز خواهند داشت.

## ۴-۱۱-۲-۹- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اتصالات

## الف- پس از نصب

مقاومت هر کدام از اتصالات بین قطب<sup>۱</sup> سلول و تسمه اتصال میانی باید اندازه‌گیری شده و در فرم مخصوص ثبت گردد. مقادیر مورد انتظار باید از سازنده باتری استعلام شود. اتصالاتی که مقاومت آنها ۲۰ درصد (یا بیشتر)، بالاتر از مقاومت توصیه شده توسط سازنده است، باید تمیز و سپس آچارکشی شده و با گریس ضد اکسیداسیون پوشانده شود. این مقادیر به عنوان مقادیر پایه در نظر گرفته می‌شود.

**توجه:** هیچ‌گاه نباید دو سر دستگاه اندازه‌گیری را درحالی‌که کلید آن روی اهم (ohm) قرار دارد به دو طرف سلول وصل نمود. در این صورت ولتاژ روی دو سر دستگاه اندازه‌گیری قرار می‌گیرد.

## ب- هر سه ماه یک بار

مقاومت ۲۵ درصد کلیه اتصالات مطابق بند الف فوق باید اندازه‌گیری شود و با قرائت‌های قبلی مقایسه گردد. نقاط اندازه‌گیری در هر فصل یک‌بار باید بچرخد. اتصالاتی که مقاومت آنها بیش از ۲۰ درصد افزایش یافته باشد باید تعمیر شود.

## ج - سالانه

مقاومت کلیه اتصالات مطابق بند الف اندازه‌گیری و با قرائت‌های قبلی مقایسه گردد. اتصالاتی که مقاومت آنها پس از ۲۰ درصد افزایش یافته باشد باید تعمیر شود.



**د - در طول تخلیه**

یکپارچگی اتصال را می‌توان توسط دوربین مادون قرمز دقیق کنترل نمود. درجه حرارت اتصالاتی که مقاومت بیش‌تر دارند، به طور محسوسی از بقیه بیش‌تر خواهد بود، لذا چنین اتصالاتی باید تعمیر شود.

**۴-۱۱-۲-۱۰- مقاومت داخلی**

اندازه‌گیری مقاومت داخلی می‌تواند وضعیت شارژ بودن باتری را به خوبی مشخص نماید. درمورد سلول‌های تمام بسته (ژله‌ای)، آزمایش مقاومت داخلی، جانشین اندازه‌گیری وزن مخصوص مایع الکترولیت سلول‌های معمولی (از نوع تر) می‌باشد. اندازه‌گیری مقاومت داخلی یک سلول و یا یک «مدول» دو حالت از اشکالات اساسی داخلی را نشان می‌دهد: یکی خشک شدن بیش از حد و دیگری خوردگی. مقادیر مورد انتظار برای این مقاومت توسط سازنده مشخص می‌گردد. این آزمایش نباید قبل از کنترل مقدار مقاومت اتصال بین سلول‌ها و تعمیر آنها (در صورت مناسب نبودن مقدار مقاومت)، انجام شود.

مقاومت داخلی به طرق زیر می‌تواند کنترل شود:

- درحالی‌که باتری کاملاً شارژ شده و به‌صورت شناور کار می‌کند ولتاژ و جریان سلول تحت آزمایش، کنترل و یادداشت شود.
- یک مصرف‌کننده معمولی به دو سر سلول وصل شود.
- مجدداً ولتاژ و جریان کنترل و ثبت شود.
- بعد از انجام مراحل فوق مقاومت داخلی را می‌توان با تقسیم کردن تغییر ولتاژ به تغییر جریان به دست آورد

**الف- پس از نصب باتری**

پس از اینکه باتری به‌صورت شناور به حالت تعادل رسید (طی یک تا سه روز)، میزان مقاومت داخلی روی هر سلول (یا مدول) باید اندازه‌گیری شود و نتایج روی فرم مخصوص ثبت شود تا به‌عنوان مبنای مقایسه برای اندازه‌گیری بعدی طی دوران بهره‌برداری مورد استفاده قرار گیرد.

**ب- هر سه ماه یک بار**

مقاومت داخلی هر سلول باید کنترل شود و نتیجه با مقادیر اولیه مقایسه گردد. تغییر مقاومت داخلی به میزان ۲۰ درصد یا بیش‌تر (نسبت به مقدار پایه) مهم است و باید مورد توجه قرارگیرد. در این صورت باید با سازنده باتری تماس گرفته و توصیه‌های سازنده در این مورد انجام شود.

**۴-۱۱-۲-۱۱- آزمایش‌های نگهداری و پذیرش****الف- پس از نصب**

یک هفته پس از اینکه باتری از نظر شارژ و درجه حرارت به حالت تعادل رسید، تست‌های پذیرش و ظرفیت تخلیه باید انجام شود. درجه حرارت کار باتری به میزان زیادی بر ظرفیت قابل حصول آن تاثیر می‌گذارد و در این مورد باید از ضریب تصحیح توصیه شده توسط سازنده استفاده شود. نتایج تست باید دقیقاً یادداشت شود، هم‌چنین مشخصات تجهیزاتی که ضمن تست مورد استفاده

قرار گرفته است باید دقیقاً یادداشت شود. این سوابق به عنوان مبنای مقایسه‌های بعدی ضمن آزمایش‌های دوران بهره‌برداری به کار خواهد رفت. هر قدر نرخ تخلیه باتری بیش‌تر باشد ظرفیت بانک باتری کم‌تر خواهد بود.

تست‌ها طبق دستورالعمل سازنده و یا در صورت در دسترس نبودن اطلاعات سازنده باید مطابق دستورالعمل‌های معتبر انجام شود [رجوع به مرجع‌های شماره ۲۰ و ۲۲].

#### ب- سالانه

تست ظرفیت تخلیه (دشارژ) باتری، باید مطابق بند الف فوق‌الذکر و با استفاده از همان تجهیزات انجام شود.

#### ج - هر شش ماه یک بار

چنانچه تست ظرفیت تخلیه (دشارژ) که به صورت سالانه انجام شده نشان دهد ظرفیت باتری زیر ۹۰ درصد مقدار اولیه آن می‌باشد، تست ظرفیت مطابق بند الف فوق‌الذکر باید متعاقباً هر شش ماه یک بار نیز انجام شود. چنانچه در یک مورد ظرفیت تخلیه زیر ۸۰ درصد مقدار نامی (اولیه) قرار گرفته باشد، باتری باید در اولین فرصت تعویض شود. همچنین برای بانک باتری سالم لازم است هر ۶ ماه یکبار بانک باتری به میزان ۴۰ درصد تخلیه گردد تا باتری از حالت خواب بیدار شود و سپس تحت شارژ متعادل‌کننده و شارژ شناور قرار گیرد.

#### د - تست‌های پیوستگی (غیر روتین)

تست‌های پیوستگی باتری به صورت غیر دوره‌ای، هر گاه که یکپارچگی باتری مورد شک و تردید باشد، باید انجام شود. سلول تمام بسته عموماً ممکن است در داخل به صورت مدار باز قرار گرفته و یکپارچگی سلول از دست برود. این اشکال از ظاهر باتری آشکار نمی‌گردد. یکی از روش‌های سریع برای کنترل این وضعیت این است که هر دو شارژر از مدار خارج شوند و ملاحظه شود که آیا باتری، بار متصل شده به آن را جواب می‌دهد یا خیر. روش دیگر این است که یک بار مصرفی جداگانه برای آزمایش روی باتری اعمال شود و کنترل شود که آیا باتری آن بار را تامین می‌کند یا خیر. برای جزئیات بیش‌تر برای موارد مربوط به پیوستگی داخلی و تداوم کار سلول‌های تمام بسته، باید به دستورالعمل سازنده مراجعه شود.

#### ۴-۱۱-۳- نگهداری شارژرها

شارژرها دو وظیفه مهم دارند: وظیفه اصلی شارژرها تامین برق جریان مستقیم سامانه نیروگاه و شارژ باتری‌ها است. وظیفه دوم شارژرها این است که در صورت نیاز جایگزین باتری شود.

شارژرها معمولاً به صورت دوتایی استفاده می‌شود. ظرفیت هر کدام برای تامین کل بار موردنیاز طراحی می‌شود. در نیروگاه برای هر مجموعه بانک باتری یک شارژر استفاده می‌شود. شارژر هر بانک باتری همیشه به‌طور پیوسته در مدار است و بار جریان مستقیم نیروگاه را تامین می‌نماید و همزمان کار شارژ بانک باتری را انجام می‌دهد. در صورت خراب شدن دستگاه شارژر یا قطع برق جریان متناوب ورودی آن، بار نیروگاه توسط بانک باتری پشتیبان تامین می‌گردد.

ظرفیت شارژر در عمر و عملکرد باتری بسیار اهمیت دارد. شارژر باید ظرفیت کافی داشته باشد تا به راحتی بتواند در هنگام شارژ از باتری گاز متصاعد کند. شارژرهای با ظرفیت کم، عمر باتری را کاهش می‌دهد. یک شارژر کوچک گرچه در ابتدا ارزان‌تر تهیه می‌شود ولی در درازمدت هزینه بیش‌تری را تحمیل خواهد کرد.

نگهداری پیش‌گیرانه شارژرها به نوع شارژر بستگی دارد. موارد کلی و عمومی به شرح زیر است:

#### الف- در هر شیفت

ولت‌مترهای تابلو شارژر باید چک شود تا اطمینان حاصل گردد که ولتاژ شارژر شناوری باتری صحیح است. همچنین ولتاژ بار جریان مستقیم نیروگاه و ولتاژ برق متناوب ورودی دستگاه شارژر نیز صحیح می‌باشد.

#### ب- هر سه ماه یکبار

اگر دو مجموعه شارژر و بانک باتری پشتیبان توامان تامین‌کننده بار جریان مستقیم نیروگاه است، یکبار یک دستگاه شارژر و بانک باتری متصل به آن قطع گردد و کنترل شود شارژر دیگر به تنهایی بار جریان مستقیم کل نیروگاه را تامین می‌کند و بالعکس.

#### ج- سالانه

- دقت ولت‌متر تابلوی شارژر باید به وسیله ولت‌متر دیجیتال کنترل شود
- اسکن با نور مادون قرمز برای اندازه‌گیری دما
- جزییات برنامه نگهداری پیش‌گیرانه، با توجه به نوع شارژر، براساس دستورالعمل‌های سازنده خواهد بود.

### ۴-۱۲- برنامه نگهداری تاسیسات کمکی الکتریکی

در این قسمت از راهنما، توصیه‌ها و پیشنهادات کلی در مورد بازرسی‌ها و نگهداری تاسیسات کمکی الکتریکی ارائه می‌شود.

#### ۴-۱۲-۱- برنامه نگهداری روشنایی اضطراری

برای ایمنی پرسنل نیروگاه وجود سامانه روشنایی اضطراری قابل اطمینان بخصوص در راهروها و پلکان‌های دسترسی و فضاهای اداری ضروری است. در بعضی نیروگاه‌ها روشنایی اضطراری و روشنایی عادی و اساسی برق متناوب باهم روشن است و با قطع برق مصرفی متناوب نیروگاه روشنایی اضطراری روشن می‌ماند.

برنامه کلی نگهداری سامانه روشنایی اضطراری به شرح جدول (۴-۲۴) توصیه می‌شود.

جدول ۴-۲۴- برنامه نگهداری سامانه روشنایی اضطراری

ردیف	شرح بازرسی و تست‌ها	دوره توصیه شده
۱	تست عملکرد	ماهانه (برای مدت ۳۰ ثانیه)
۲	تست عملکرد	سالانه (برای مدت یک ساعت و نیم)
۳	نگهداری پیش‌گیرانه	بر اساس دستورالعمل و توصیه‌های سازنده

#### ۴-۱۲-۲- برنامه نگهداری سامانه آشکارساز و اعلام حریق

این سامانه تجهیزات و یا منطقه‌هایی از نیروگاه را که دچار آتش‌سوزی شده‌اند، از طریق سنسورها و دتکتورهای خاص مربوط به هر فضا، نمایش می‌دهد و آتش‌سوزی را اعلام می‌نماید. عملکرد صحیح این سامانه و پاسخ‌گویی سریع دتکتورها به علایم اولیه آتش‌سوزی میزان صدمه به تجهیزات را به حداقل می‌رساند. بازرسی و نگهداری منظم این سامانه، به خصوص در فضاهایی که معمولاً بهره‌برداران حضور ندارند، بسیار اهمیت دارد.

برنامه کلی نگهداری این سامانه به شرح جدول (۴-۲۵) توصیه می‌شود.

جدول ۴-۲۵- برنامه نگهداری سامانه آشکارساز و اعلام حریق

ردیف	شرح بازرسی و تست‌ها	دوره توصیه شده
۱	بازدید چشمی دتکتورها و مدارهای کنترل (فیوزها، لامپ‌ها، LEDها و خطوط تغذیه برق)	- سالانه: برای فضاهایی که دارای بهره‌بردار می‌باشد - سه ماه یکبار: برای فضاهایی که معمولاً پرسنل بهره‌بردار حضور ندارد
۲	کنترل مدارها و تست عملکرد آن	- سالانه: برای فضاهایی که دارای بهره‌بردار می‌باشد - سه ماه یکبار: برای فضاهایی که معمولاً پرسنل بهره‌بردار حضور ندارد
۳	بازدید چشمی باتری‌ها (در صورت وجود باتری جداگانه برای سامانه اعلام حریق)	ماهانه
۴	تست تخلیه ۳۰ دقیق‌های باتری‌های نوع سرب-اسید و تست ولتاژ بار	ماهانه
۵	تست تخلیه ۳۰ دقیق‌های باتری‌های نوع نیکل-کادمیوم و تست ولتاژ بار	سالانه
۶	انجام سایر بازرسی‌ها و تست‌های مربوط به نگهداری پیش‌گیرانه عادی	طبق دستورالعمل و توصیه‌های سازنده

#### ۴-۱۲-۳- برنامه نگهداری فیوزها

فیوزها حفاظت خطوط تغذیه الکتریکی (تابلواها و تجهیزات) و مدارهای کنترل‌کننده را، از طریق قطع جریان آنها در صورت اضافه بار و یا ایجاد شرایط عیب در مدار، به عهده دارند.

عملکرد و یا اشکال فیوزها در برخی از موارد خود بخود مشخص می‌شود، به‌طور مثال کار نکردن دستگاه‌های اندازه‌گیری و نمایش‌گر و عملکرد یک مدار کنترل‌کننده می‌تواند نشان دهنده سوختن و یا باز شدن یک فیوز باشد. برخی از فیوزها که تغذیه مدارهای دستگاه‌های مهمی را به عهده دارند و باز شدن مدار آنها از طرف فیوز سر راهشان شرایط بحرانی در عملکرد نیروگاه ایجاد می‌کند و باید باز شدن و یا سوختن «المان» فیوز نمایش داده شود و یا قطع آن با آلارم همراه باشد. به هر حال در مورد اکثر فیوزها، عملکرد و قطع مدار آنها از دور قابل تشخیص نیست، لذا ضمن بازرسی‌های منظم باید وضعیت عملکرد و سالم بودن آنها بررسی شود.

ساده‌ترین راه، نگاه کردن به فیوز و دیدن نشانه حاکی از عملکرد آن روی فیوز می‌باشد. در مواردی نیاز به کنترل کردن وضعیت فیوز با استفاده از اهم‌تر می‌باشد، ولی این نحوه بازرسی، اگر با احتیاط انجام نشود، ممکن است به ایجاد اشکالی مهم‌تر و یا از مدار خارج کردن واحد یا بخشی از تجهیزات منجر شود.

برنامه نگهداری فیوزها به شرح جدول (۴-۲۶) توصیه می‌شود.

جدول ۴-۲۶- برنامه نگهداری فیوزها

ردیف	شرح بازرسی و تست‌ها	دوره توصیه شده
۱	بررسی مقادیر نامی (واقعی) تجهیزات	هر ۵ سال یکبار
۲	بازدید چشمی	۳ الی ۶ ماه یکبار
۳	برداشتن فیوز و کنترل دقیق‌تر	۳ الی ۶ سال یکبار
۴	آزمایش حرارتی با دستگاه مادون قرمز	سالانه

#### ۴-۱۲-۴- برنامه نگهداری اتصالات شبکه زمین

زمین کردن بدنه تجهیزات رکن اصلی در ایمنی و حفاظت کارکنان و تجهیزات در مقابل القای پتانسیل زیاد ناشی از اشکالات و عیوب الکتریکی ایجاد شده در تجهیزات، می‌باشد.

اتصالات شبکه زمین به بدنه تجهیزات ممکن است در اثر عوامل مختلفی مانند خوردگی، شل شدن اتصالات، ضربات و صدمات مکانیکی معیوب شود. هم‌چنین ضمن اضافه کردن تجهیزات و یا جابه‌جایی‌هایی که ضمن کارهای ساختمانی و نصب پیش می‌آید، ممکن است به اتصالات سیم زمین مربوط به بدنه برخی تجهیزات آسیب وارد شود، به این ترتیب یکپارچگی اتصال زمین تجهیزات باید به صورت منظم بازرسی و کنترل شود.

برنامه کلی نگهداری برای اتصالات زمین به شرح جدول (۴-۲۷) توصیه می‌شود.

جدول ۴-۲۷- برنامه نگهداری اتصالات سامانه زمین تجهیزات

ردیف	شرح بازرسی و تست‌ها	دوره توصیه شده
۱	بازرسی چشمی و سفت کردن اتصالات	سالانه

#### ۴-۱۲-۵- برنامه نگهداری دستگاه‌های اندازه‌گیری

دستگاه‌های اندازه‌گیری ابزاری برای نمایش و در مواردی برای ثبت مقادیر کمیت‌های الکتریکی و مکانیکی مربوط به تجهیزات نیروگاه، برای اطلاع بهره‌برداران از وضعیت کارکرد واحد و سامانه‌های جانبی و کمکی و مقادیر مربوط به تولید قدرت و انرژی می‌باشند. برخی از دستگاه‌های اندازه‌گیری مقادیر و اطلاعات را برای اتاق مرکزی نظارت و کنترل از دور نیروگاه و یا سایر مراکز کنترل، مثل مرکز کنترل منطقه‌ای و یا مرکز اصلی دیسپاچینگ شبکه ارسال می‌دارند.

کلاس دقت و صحت کارکرد دستگاه اندازه‌گیری (ترانسدیوسرها و کارت‌های آنالوگ ورودی مستقر در تابلوهای سیستم کنترل)، برای اطمینان از عملکرد صحیح سامانه‌های قدرت و سامانه‌های تامین آب در یک نیروگاه آبی اهمیت دارد.

برنامه کلی نگهداری سامانه اندازه‌گیری به شرح جدول (۴-۲۸) توصیه می‌شود.

جدول ۴-۲۸- برنامه نگهداری دستگاه‌های اندازه‌گیری

ردیف	شرح بازرسی و تست‌ها	دوره توصیه شده
۱	کالیبراسیون ابزار اندازه‌گیری و ثبت مقادیر	سالانه
۲	برنامه نگهداری پیش‌گیرانه	طبق دستورالعمل سازنده
۳	تطبیق مقدار مدار ثانویه ترانسفورماتورهای جریان و ترانسفورماتورهای ولتاژ با رنج خروجی ۴ الی ۲۰ میلی آمپر ترانسدیوسر و رنج تعریف شده در سیستم کنترل برای مقادیر جریان و ولتاژ مربوطه	سالانه

## ۴-۱۲-۶- موتورهای با قدرت کم‌تر از ۳۰۰ کیلووات

این‌گونه موتورها برای راه‌اندازی پمپ‌ها و شیرهای موتوری، بالابرها و یا مکانیسم عملکرد دریاچه‌ها در نیروگاه‌های آبی به کار می‌رود. این قبیل موتورها معمولاً از نوع موتورهای القایی می‌باشند و قدرت آنها کم‌تر از ۳۰۰ کیلووات است. موتورهای مربوط به تجهیزات و سامانه‌های با اهمیت نیروگاه باید به طور منظم تست شوند. اگر الکتروموتور القایی با توان خیلی کم‌تر از توان نامی یا درحالت اضافه بار کار کند، ضریب توان الکتروموتور کاهش می‌یابد.

برنامه کلی نگهداری موتورها به شرح جدول (۴-۲۹) توصیه می‌شود.

جدول ۴-۲۹- برنامه نگهداری موتورها (با قدرت کم‌تر از ۳۰۰ کیلووات)

ردیف	شرح بازرسی و تست‌ها	دوره توصیه شده
۱	تست مقاومت عایقی (تست مگر) سیم‌پیچ	سالانه
۲	تست اسکن مادون قرمز	سالانه
۳	انجام نگهداری پیش‌گیرانه	طبق دستورالعمل سازنده و شرایط واقعی بهره‌برداری
۴	تست مقاومت اهمی هر فاز سیم پیچ	سالانه
۵	اندازه‌گیری جریان لحظه استارت و جریان نقطه کار الکتروموتور	سالانه
۶	تست ترمومتر نوع ترمیستوری داخلی الکتروموتورهای با ظرفیت بالاتر از ۱۰ کیلو وات	سالانه
۷	تست هیتر ضد تعریق الکتروموتورهایی که به‌طور پیوسته کار نمی‌کند.	سالانه

## ۴-۱۲-۷- برنامه نگهداری رله‌ها و مدارهای حفاظتی

## ۴-۱۲-۷-۱- کلیات

هنگامی که کمیت‌های الکتریکی و مکانیکی مربوط به تجهیزات به مقادیر حدی و بحرانی نزدیک می‌شوند، رله‌های حفاظتی این مقادیر را، براساس تنظیمات قبلی تشخیص می‌دهند و چنان‌که این کمیت‌ها از مقادیر تنظیم شده و محدوده‌های مجاز خارج شوند فرمان قطع مدار مربوط به آن تجهیز و یا سامانه را (در با در نظر گرفتن تاخیر زمانی تعریف شده برای هر مقدار از کمیت)، صادر می‌کنند.

رله‌های حفاظتی باید به نحوی انتخاب و تنظیم شوند که فقط درحالتی که شرایط کارکرد تجهیزات غیرعادی است، طبق تنظیمات تعریف شده عمل کنند و در سایر موارد، عمل نمایند.

رله‌های حفاظتی الکتریکی، با توجه به تنظیماتی که حاصل بررسی شرایط عیب و مطالعات پخش بار در سامانه است، کالیبره می‌شوند. اولین تنظیمات رله‌های حفاظتی پس از نصب و راه‌اندازی اولیه تجهیزات انجام می‌شود، لیکن با توجه به اینکه پس از راه‌اندازی معمولاً تغییراتی در سامانه تولید و انتقال قدرت، از نظر افزایش و یا تغییر در تعداد و نوع ژنراتورها و خطوط انتقال شبکه حاصل می‌شود، با گذشت زمان تنظیمات قبلی رله‌های حفاظتی اعتبار خود را از دست می‌دهد و اگر در تنظیمات رله‌ها متناسب با شرایط تغییر یافته در شبکه، تجدیدنظر شود، یکپارچگی و هماهنگی کارکرد نیروگاه با سامانه تولید و انتقال مربوط به آن مخدوش می‌شود، هم‌چنین می‌تواند برای پرسنل بهره‌بردار خطرناک باشد، بنابراین لازم است مطالعات پخش بار سامانه و تعیین سطح قدرت اتصال کوتاه و جریان عیب، توسط قسمت مهندسی و مطالعات سامانه الکتریکی با توجه به داده‌های جدید مربوط به تولید، خطوط

انتقال و امیدانس ترانسفورماتورهای واقع در سامانه به‌طور مرتب انجام و در هماهنگی با نتایج این مطالعات، تنظیمات مربوط به رله‌های حفاظتی بازنگری شود.

در هر نیروگاه نیز برخی از رله‌های حفاظتی، به خاطر تغییرات در شرایط کارکرد داخل و یا خارج از نیروگاه نیاز به تنظیمات مجدد دارند که باید در هماهنگی با قسمت مهندسی و مطالعات سامانه انجام شود.

در نیروگاه‌های مختلف یک شبکه سراسری تولید و انتقال نیرو از انواع مختلف رله‌های حفاظتی استفاده شده است. این رله‌ها شامل انواع رله‌های الکترومکانیکی، رله‌های استاتیکی (با استفاده از ترانزیستورها، مدارهای الکترونیکی ساده و یا فشرده<sup>۱</sup>) و بالاخره انواع مدرن تر رله‌هایی که براساس استفاده از میکروپروسورها کار می‌کنند، می‌باشد. توصیه‌های مربوط به کالیبراسیون، نگهداری و تعمیرات این رله‌ها، بر حسب طراحی، ساخت و مشخصات هر گونه از آنها، متفاوت است.

### الف- کالیبراسیون

این فرآیند عموماً شامل خارج کردن رله از سرویس و انتقال آن به آزمایشگاه رله می‌باشد. با تزریق جریان و یا تزریق توام جریان و ولتاژ به رله (برحسب نوع و عملکرد رله) و بدست آوردن پاسخ رله به میزان جریان‌ها و ولتاژهای تزریق شده، با توجه به دستورالعمل‌های خاص سازنده رله، صحت تنظیمات توصیه شده کنترل می‌شود.

در مورد رله‌های الکترومکانیکی، کالیبراسیون رله باید در دوره‌های کوتاه‌تری انجام شود، زیرا به دلیل ماهیت رله و طراحی مکانیسم عملکرد این نوع رله‌ها، احتمال ساییدگی اجزا داخلی و خارج شدن از تنظیمات اولیه بیش‌تر است. کالیبراسیون رله‌های استاتیک در دوره‌های بلندتری توصیه می‌شود، چون در مورد این انواع، عوامل کم‌تری در خارج شدن از کالیبراسیون موثرند.

### ب- آزمایش عملکرد رله‌ها

با این آزمایش، عملکرد صحیح و پاسخ رله به تغییر در مقادیر کمیت‌های ورودی آن بررسی می‌شود، به‌طور مثال بررسی می‌شود که بسته شدن کنتاکت موردنظر در اثر تحریک رله، عملاً و طبق پیش‌بینی انجام شود. در مورد بسیاری از رله‌ها، آزمایش عملکرد، همزمان با کالیبراسیون انجام می‌گیرد و صحت عملکرد کنترل می‌شود، لیکن در برنامه نگهداری رله‌ها نیز باید آزمایش عملکرد به صورت منظم، گنجانده شود.

در یک سامانه حفاظتی، علاوه بر رله‌ها، مدارهای حفاظتی نیز وجود دارند و ممکن است پیوستگی و یکپارچگی مدارهای حفاظتی به دلایل مختلف، در زمان نصب و یا هنگام تغییر دادن برخی از «المان»ها در مدار، خرابی اتصالات و یا صدمات دیگر، مخدوش شود. در این صورت، نتیجه مطلوب در مورد حفاظت تجهیزات حاصل نمی‌شود. به این ترتیب آزمایش عملکرد مدارهای حفاظتی، برای بررسی پیوستگی مدارها موردنیاز است.

## ج - آزمایش عملکرد مدارهای حفاظتی

با این آزمایش، کل مسیر عبور فرمان «تریپ» حفاظتی، از رله تا کلید اتوماتیک قطع کننده مدار (یا تا محل هر تجهیز دیگر حفاظت کننده و هشداردهنده)، از نظر پیوستگی مدار (شامل سالم بودن کابل‌های ارتباطی، محکم بودن اتصالات در ترمینال‌ها و عملکرد صحیح سایر «المان»ها و اجزای واسط)، کنترل می‌شود.

## ۴-۱۲-۷-۲- برنامه کلی نگهداری رله‌ها و مدارهای حفاظتی

با توجه به بند (۴-۱۲-۷-۱)، برنامه کلی نگهداری رله‌های حفاظتی به شرح جدول (۴-۳۰) توصیه می‌شود:

جدول ۴-۳۰- برنامه نگهداری رله‌ها و مدارهای حفاظتی

ردیف	شرح بازرسی و تست‌ها	دوره توصیه شده
۱	انجام مطالعات بار و مطالعات مربوط به سطح قدرت اتصال کوتاه	هر ۵ سال یکبار
۲	کالیبراسیون رله‌های نوع الکترومکانیکی و انجام تست عملکرد آن	- در مرحله راه‌اندازی اولیه (Commissioning) و بعد از آن هر دو سال یکبار
۳	کالیبراسیون رله‌های نوع استاتیکی و انجام تست عملکرد آن	- در مرحله راه‌اندازی اولیه و (Commissioning) - یک سال بعد از (Commissioning) و بعد از آن هر ۵ سال یکبار
۴	کالیبراسیون رله‌های میکروپروسسوری و انجام تست عملکرد	- در مرحله راه‌اندازی اولیه (Commissioning) - یکسال بعد از (Commissioning) و بعد از آن هر ۸ الی ۱۰ سال یکبار
۵	آزمایش مدارهای حفاظتی	- سالانه
۶	کنترل روشن شدن چراغ قرمز رله «لاک‌اوت» (Lockout Relay) و صحت عملکرد مدار بوبین‌های «تریپ» کلیدهای قدرت	روزانه: طی فعالیت‌های روزانه گروه بهره‌بردار عملکرد صحیح این رله کنترل شود
۷	تمیز کردن رله‌های «لاک‌اوت» و روغن کاری آنها (برای رله‌های نوع الکترومکانیکی)	- ۵ سال یکبار

## ۴-۱۳- برنامه نگهداری تجهیزات حفاظتی کارکنان نیروگاه

## ۴-۱۳-۱- کلیات

تجهیزات حفاظتی، کارکنان را در مقابل خطرات پتانسیل الکتریکی حفاظت می‌کند. سالم بودن و یکپارچگی این تجهیزات بسیار اهمیت دارد، لذا باید مثل سایر تجهیزات نیروگاه برای بازرسی و نگهداری آنها برنامه‌ریزی شود.

## ۴-۱۳-۲- برنامه بازرسی تجهیزات حفاظتی کارکنان

برنامه کلی بازرسی برای تجهیزات حفاظتی کارکنان به شرح جدول (۴-۳۱) توصیه می‌شود.



جدول ۴-۳۱- برنامه بازرسی تجهیزات حفاظتی کارکنان

ردیف	شرح بازرسی و یا آزمایش	دوره توصیه شده	مرجع و استاندارد
۱	مقادیر نامی دستگاه‌ها بررسی شود	۵ سال یکبار	
۲	سالم بودن اتصال زمین - بازرسی چشمی	- سالانه و قبل از هر بار استفاده	NFPA 70E, 11-3.2
۳	تست افت ولتاژ (میلی‌ولتی) برای اتصال زمین ایمنی	- سالانه	NFPA 70E, 11-2
۴	بازرسی و تست میله عملیات تعمیرات تجهیزات تحت ولتاژ فشار قوی (Hot Stick)	- سالانه و قبل از هر بار استفاده	
۵	بازرسی چشمی به منظور کنترل سالم بودن دستکش‌ها، کاپشن‌ها و سایر وسایل ایمنی	- سالانه	طبق دستورالعمل سازنده

#### ۴-۱۴- نگهداری سازه‌ای و ساختمانی نیروگاه

##### ۴-۱۴-۱- دامنه کار

این قسمت از راهنما، شامل موارد اصلی و عمومی مربوط به بازرسی‌های برنامه‌ریزی شده و نگهداری ساختمان نیروگاه، فونداسیون‌ها و سازه‌های بتنی مربوط به نیروگاه، سازه آبگیر، مجاری آب‌رسان و پنستاک‌های بتنی می‌باشد. در این راهنما، موضوع اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به رفتارسنجی سازه نیروگاه، سازه آبگیر، پایداری مغار نیروگاه (در مورد نیروگاه زیرزمینی) و ابزار دقیق‌هایی که معمولاً برای رفتارنگاری به کار می‌رود و نیز برنامه قرائت دوره‌ای آنها مطرح می‌شود. ارائه روش‌های تحلیل مقادیر برداشت‌ها و منحنی‌ها (گراف‌ها) و نتایج حاصل از رفتارنگاری سازه‌ها خارج از محدوده کار این راهنما می‌باشد.

##### ۴-۱۴-۲- کلیات مربوط به انواع سازه‌ها و جانمایی ساختمان نیروگاه

##### ۴-۱۴-۲-۱- ساختمان نیروگاه

هر نیروگاه آبی از نظر طراحی منحصر به فرد است. طراحی ساختمان نیروگاه، به عوامل زیادی از جمله ارتفاع آب انرژی تولیدی نیروگاه، انتخاب نوع تجهیزات، تعداد واحدها و جانمایی آن، توپوگرافی محل، هیدرولوژی و نیز ژئولوژی ساختمان و روش‌های اجرایی انتخاب شده بستگی دارد.

از یک نظر ساختمان نیروگاه را به دو نوع اساسی می‌توان تقسیم کرد. اول، نیروگاه‌هایی که جزیی از ساختمان سد می‌باشند و از نظر سازه‌ای با سد یک ساختمان واحد را تشکیل می‌دهند. به این ترتیب سازه نیروگاه باید ارتفاع موثر آب (بار آبی) ایجاد شده در پشت خود را نگهدارد. این نیروگاه‌ها به عنوان «نیروگاه در مسیر جریان»، شناخته می‌شوند. دوم، نیروگاه‌هایی که ساختمان آنها با ساختمان سد (مخزنی و یا تنظیمی) یکی نیست و این نیروگاه‌ها به طور کلی در ردیف «نیروگاه خارج از مسیر جریان» شناخته می‌شود [رجوع شود به مرجع شماره ۴].

نیروگاه از نوع «در مسیر جریان» معمولاً به عنوان یک گزینه، می‌تواند در مواردی که ارتفاع آب سد از ۳۵ متر تجاوز نکند (و گاه تا ارتفاع آب ۵۰ متر)، مورد توجه قرار گیرد. در مواردی که بار آبی ایجاد شده از ۳۰ تا ۵۰ متر بیش‌تر باشد و یا علی‌رغم وجود بار آبی تا حد ۳۵ متر، مسیر رودخانه به حدی باریک باشد که نتوان نیروگاه را در بدنه سد قرار داد، نیروگاه را در پاشنه سد قرار می‌دهند، که

این حالت عمدتاً برای سدهای از نوع بتنی مطرح می‌باشد. در این گونه طرح‌ها، بررسی پایداری ساختمان نیروگاه از نظر لغزش و نیروی فشار آب رو به بالا (آپ لیفت) در طراحی، جایگاه خاصی دارد.

در نیروگاه «در مسیر جریان»، سازه آنگیر ممکن است جزئی از ساختمان نیروگاه باشد و مستقیماً در بالادست قسمت توربین (و یا شیر اصلی ورودی، در صورت وجود)، قرار می‌گیرد.

نیروگاه‌های «در مسیر جریان»، عمدتاً در سدهای تنظیمی، به کار گرفته می‌شوند.

نیروگاه‌های خارج از مسیر، در پایین سد، به صورت رو زمینی، زیرزمینی و یا نیمه زیرزمینی، احداث می‌شوند. در این نیروگاه‌ها، آنگیر سازه مجرای را تشکیل می‌دهد.

نیروگاه‌های آبی، سازه‌های پیچیده‌ای دارند که در معرض بارهای مختلف، شامل بارهای اجزای خود سازه، بارهای استاتیکی تجهیزات، فشار جانبی آب، فشار تماس خاک و بارهای دینامیکی گوناگون قرار می‌گیرد. این بارها ثابت نیستند و با تغییرات سریع در وضعیت کارکرد واحدها، مثل شرایط رفع ناگهانی بار و بسته شدن سریع دریچه‌های توربین، نیروهای اضافی و گذرا، به خصوص در محل تکیه‌گاه‌های بتنی واحدها، مجرای تخلیه آب توربین‌ها و مجرای بالادست دریچه‌های توربین (اثرات ضربه قوچ) وارد می‌شود. بسته به جانمایی نیروگاه، ارتفاع و طول مجاری آب، ممکن است اضافه کردن مخازن و یا «شافت‌های» فشارشکن (ضربه‌گیر)، در مسیر مجرای تخلیه آب و یا انتهای مجرای آب‌رسان و پنستاک، پس از بهینه کردن طراحی سازه نیروگاه، و مطالعات فنی اقتصادی نیروگاه موردنیاز باشد.

#### ۴-۱۴-۲- آنگیر نیروگاه

آنگیرها سازه‌های هیدرولیکی هستند که برای برداشت آب موردنیاز نیروگاه‌های برق آبی از مخزن سدها احداث می‌شوند. مبانی کلی برای طراحی، انتخاب تجهیزات و جانمایی سازه‌های آنگیر، با وجود تفاوت در شکل آنها، یکسان بوده و به شرح ذیل می‌باشد:

- سهولت و پیوستگی تامین آب موردنیاز نیروگاه در شرایط مختلف بهره‌برداری
- وجود کم‌ترین افت فشار در طول مسیر، از دهانه آنگیر تا نیروگاه
- قابلیت مسدودسازی آنگیر در مواقع اضطراری و یا هنگام بازرسی‌ها و تعمیرات، با استفاده از تجهیزات هیدرومکانیک مناسب (با توجه به جانمایی و ابعاد پروژه)
- بهینه کردن هزینه‌های اجرایی، بهره‌برداری و نگهداری آنگیر و تجهیزات آن
- یکسانی رفتار هیدرولیکی در کلیه شرایط بهره‌برداری
- جلوگیری از ورود اجسام شناور در آب مخزن به داخل آنگیر (پنستاک و توربین)، با نصب آشغال‌گیر در دهانه ورودی آنگیرها در بدنه سدها یا در مجاورت آنها ساخته می‌شوند و اشکال مختلف به شرح زیر دارند:

آبگیرهای واقع در بدنه سد: دهانه آبگیر نیروگاه‌های واقع در پای سد، معمولاً در بدنه سد استقرار می‌یابد. خصوصیت بارز چنین آبگیری، دهانه‌ی کاهنده<sup>۱</sup> است که مانند قیف از ورودی شروع و تا ابتدای پنستاک ادامه پیدا می‌کند. در این حالت شبکه آشغال‌گیر در عریض‌ترین قسمت دهانه سازه ورودی و در پیچه راس آبگیر در کم‌عرض‌ترین قسمت سازه آن نصب می‌شود.

آبگیرهای خارج از بدنه سد: این نوع آبگیرها عبارتند از سازه‌ای بتنی که در یکی از تکیه‌گاه‌های سد و یا در داخل مخزن ساخته می‌شوند. ورودی آبگیر دارای یک یا چند دهانه می‌باشد. از دهانه‌های آبگیر، آب به داخل تونل‌های تحت فشار اصلی و سپس به پنستاک‌ها هدایت می‌شود. دهانه‌های آبگیر نیروگاه به شبکه‌های آشغال‌گیر مجهز می‌باشد.

آبگیر برجی: در برخی از سدهای خاکی که دیواره‌های سد برای ساخت آبگیر مناسب نمی‌باشد و یا در بعضی از سدهای بتنی که بنا به ملاحظات مختلف استفاده از انواع دیگر آبگیر مناسب نیست، از آبگیر برجی استفاده می‌شود. این ملاحظات در مورد سدهای بتنی می‌تواند مربوط به بهینه‌سازی جانمایی کلی مجموعه سد و نیروگاه، ویژگی‌های ژئوتکنیکی ساختگاه، مشکلات حفاری در کنار تکیه‌گاه‌های سد و یا ضرورت تقلیل زمان بتن‌ریزی بدنه سد باشد. این نوع آبگیر شامل یک برج مجزا می‌باشد که در مخزن سد مستقر و سطح جانبی آن با آب احاطه شده است. دهانه‌های آبگیر در سطح جانبی برج قرار می‌گیرند. معمولاً برج آبگیر به وسیله یک پل به بدنه سد یا سازه‌های مجاور آن مرتبط می‌شود.

#### ۴-۱۴-۳- مجاری آبرسان و پنستاک‌ها

تونل‌های آبرسان و پنستاک‌های نیروگاه ممکن است از انواع سنگی با پوشش بتنی، سنگی با پوشش فولادی و یا به صورت بتنی باشند. پنستاک‌ها همچنین ممکن است در برخی نیروگاه‌های کوچک و متوسط در تمام یا بخشی از طول خود به صورت غیرمدفون (روکار) باشند. پنستاک‌های غیرمدفون، از لوله‌های فولادی واقع روی تکیه‌گاه‌های مخصوص فلزی، با فونداسیون بتنی که در طول شیب قرار گرفته‌اند، ساخته می‌شود.

در نیروگاه‌های خارج از مسیر رودخانه، که در کنار تکیه‌گاه‌ها و یا با فاصله از سد ساخته می‌شوند، آب نیروگاه عموماً از طریق پنستاک‌های مدفون و منشعب از تونل‌های آبرسان اصلی (که منتهی به یک سازه آبگیر مجزا از بدنه سد می‌باشد)، تامین می‌شود. پنستاک‌های مدفون عموماً در قسمتی از طول خود، از بتن مسلح ساخته می‌شود و در بخش انتهایی مسیر منتهی به نیروگاه، به پنستاک‌های فولادی تبدیل می‌شوند.

#### ۴-۱۴-۳- بازرسی‌ها و نگهداری ساختمان نیروگاه و آبگیر

##### ۴-۱۴-۳-۱- کلیات

بازرسی از ساختمان نیروگاه و آبگیر در شرایط عادی و اضطراری صورت می‌گیرد. بازرسی در شرایط اضطراری، در اثر سوانح طبیعی مانند زلزله، سیل‌های مهم و یا رفتار غیرعادی سازه ضرورت پیدا می‌کند. این بازرسی‌ها، بسته به مورد، طبق

برنامه خاص باید صورت گیرد. بازرسی ویژه در قسمت خدمات اجرایی بهره‌برداری، توسط کارشناسان ذیصلاح بهره‌برداری و در قسمت خدمات مهندسی بهره‌برداری، توسط کارشناسان مجرب (از کارکنان دفتر خدمات مهندسی) صورت می‌گیرد.

#### ۴-۱۴-۳-۲- بازرسی‌های ادواری و نگهداری سازه‌های بتنی

دوره‌های بازرسی سازه‌های بتنی، مجراهای آب‌بر، تکیه‌گاه‌ها و فونداسیون تجهیزات نیروگاه ممکن است از یک تا پنج سال متفاوت باشد، لیکن نباید از ۵ سال بیش‌تر شود. در مواردی بازرسی‌های ماهانه نیز توصیه می‌شود. عوامل اصلی که زمان بازرسی‌های بعدی را (با توجه به بررسی نتایج بازرسی‌های قبلی و مطالعه نمودارها و نتایج حاصل از قرائت ابزار دقیق‌ها و تحلیل آن) مشخص می‌کند، عبارتند از:

- قابلیت دسترسی قسمت‌های مختلف نیروگاه برای انجام بازرسی‌ها
- وضعیت کلی مجرای تحت فشار یا پنستاک
- نوع طراحی (ضرائب اطمینان) پنستاک‌ها و جانمایی آن
- وجود نگرانی‌های جدی در مورد وضعیت سازه (مسایل پایداری، نشست، ترک)
- وجود نگرانی‌های جدی در مورد ایمنی عمومی و تجهیزات
- نیاز به مستند کردن وضعیت پنستاک و مجرای آب‌رسان اصلی
- اهمیت زمان در تولید انرژی الکتریکی نیروگاه برای شبکه برق و یا تامین آب برای مصارف مختلف (آبیاری، شرب و حفظ محیط زیست)

با توجه به موارد فوق‌الذکر، توصیه‌های کلی برای حداقل بازرسی‌های موردنیاز، به شرح زیر است:

#### الف- بازرسی ماهانه

- بازدید چشمی کلی از وضعیت سازه نیروگاه، شفت‌های کابل، تونل‌های دسترسی
- بازدید کلی چشمی از وضعیت ظاهری عرشه سازه آبگیر
- بازدید کلی چشمی از سطح خارجی پنستاک‌های غیرمدفون از طریق قدم زدن در طول پنستاک. در صورتی که به علت طول زیاد و یا عوامل دیگر این کار عملی نباشد، حداقل سالی یک بار باید این بازرسی انجام شود.

#### ب- بازرسی‌های سالانه و با تناوب بیش‌تر

- بازرسی سالانه محل تکیه‌گاه قاب استاتور، از نظر وجود ترک در فونداسیون و محکم بودن بولت‌های مهارکننده صفحات اتکایی
- بازرسی سالانه فونداسیون و محل صفحات تکیه‌گاهی براکت پایینی برای یاتاقان مرکب (یاتاقان کف‌گرد)، از نظر وجود ترک و شکستگی

- بازرسی‌های سالانه فونداسیون تجهیزات و یا اجزایی از آنها، که بارهای دینامیکی به فونداسیون وارد می‌کنند، مانند کمپرسورهای هوا، دیزل ژنراتورها و تکیه‌گاه موتور پمپ‌های بزرگ از نظر شکستگی، وجود ترک
- بازدید از سطوح داخلی مجاری آبرسان، شفت‌های مربوط به تونل‌های تحت فشار و پنستاک‌ها به شرح زیر:
  - حداقل یک سال بعد از شروع بهره‌برداری
  - هر ۲ تا ۳ سال یک بار وضعیت پوشش بتنی یا پوشش فولادی پنستاک‌های مدفون و وضعیت منیفولدها مورد بازدید قرار گیرد
  - بازدید کلی و سراسری مجرای آبرسان و پنستاک حداقل هر ۵ سال یک بار انجام شود. وضعیت مجرا از نظر ترک، بیرون زدگی میلگردها، تخریب بتن از نظر کاویتاسیون، به خصوص در محل منیفولدها به دقت بررسی شود
  - بازدید از مجرای آب خروجی توربین‌ها به شرح زیر:
  - بازدید از وضعیت کلی مجرا، وضعیت پوشش بتنی و محل اتصال پوشش بتنی بالایی فولادی مخروطی یا زانویی درفت تیوب، حداقل یک سال بعد از شروع بهره‌برداری
  - در هر فرصتی که طی سال به دلیل توقف طولانی تخلیه آب واحد امکان بازرسی از مجرای تخلیه آب توربین و یا قسمتی از آن وجود داشته باشد
  - بازدید کلی و سرتاسری مجرای تخلیه، حداقل هر ۵ سال یک بار، از نظر ترک، شکستگی بتن و آثار کاویتاسیون

#### ۴-۱۴-۴- ملاحظات کلی مربوط به نگهداری

##### ۴-۱۴-۱- فونداسیون‌ها و تکیه‌گاه‌ها

- قسمت غیر مدفون پنستاک‌های فولادی، در مقطع ورودی یا مقطع خروج از تونل‌های آبرسان باید مورد بازرسی دقیق قرار گیرد. در این محل‌ها که نقطه مشترک با لبه‌ی بتن نگاه‌دارنده است، ممکن است نشانه‌هایی از زنگ‌زدگی و یا تمرکز تنش موضعی وجود داشته باشد.
- اجزایی از پنستاک‌های فولادی که مرتبط با تکیه‌گاه بتنی می‌باشد، باید از نظر خوردگی، با روش‌های غیرمخرب تست شود.
- با استفاده از رادیوگرافی می‌توان خوردگی مابین پوسته فلزی پنستاک و تکیه‌گاه‌های بتنی را ارزیابی کرد. فیلم رادیوگرافی باید بین فولاد و بتن قرار گیرد و چشمه<sup>۱</sup> رادیوگرافی باید زیر سمت دیگر پنستاک قرار گیرد. هم‌چنین پنستاک باید از آب خالی شود، چه در غیر این صورت زمان تابش اشعه بسیار زیاد خواهد شد.
- بسیار اتفاق می‌افتد که رشد علف‌های هرز و تغییر محیط نزدیک به پنستاک‌ها بر پنستاک و فونداسیون مربوطه اثر می‌گذارد. این امر می‌تواند زهکشی آب اطراف را با مشکل مواجه کند، شیب‌های خاکی یا سنگی حرکت کرده یا نشست

کنند. تونل یا پنستاک جمع‌آوری شود. فونداسیون تجهیزات نصب شده در بیرون (فونداسیون تجهیزات کلیدخانه، دکل‌های برق و فونداسیون پنستاک‌های غیر مدفون) باید از نظر خرابی و جابه‌جایی ارزیابی شود. جابه‌جایی فونداسیون می‌تواند تنش سازه‌ای زیادی را در طول پنستاک موجب شود. به عنوان مثال ممکن است به جوش‌های اتصال تنش بیش از حد وارد شده و موجب صدمه دیدن آنها شود.

#### ۴-۱۴-۲- اجزای خاکی و سنگی تحت کشش

در صورت امکان قسمت‌هایی از میل مهارهای خاک و سنگ (قسمت بیرونی)، باید بازدید شود. میل مهارهای فلزی در طول زمان ممکن است زنگ بزند، در صورت زنگ‌زدگی زیاد تست بار یا بازرسی قسمت خارجی پیچ‌ها لازم می‌باشد. در ساختارهای خاکی و برخی ساختارهای ضعیف سنگی میل مهارهای تحت بار ثابت ممکن است خزش پیدا کرده و باعث حرکت فونداسیون شود. برای بررسی تغییرات بار قابل تحمل به‌وسیله میل مهارها نسبت به زمان ساخت و تایید ظرفیت طراحی شده آن، قسمت‌های آزاد و غیردرگیر میل مهارها باید تست کششی شود.

#### ۴-۱۴-۳- بلوک‌های فشاری و میله مهارهای بتنی

برای ارزیابی وضعیت میل مهارهای بتن و بلوک‌های فشاری آزمایش‌های غیرمخرب زیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

تکنیک‌های اندازه‌گیری مستقیم: با استفاده از این تکنیک‌ها مقاومت فشاری بتن و یا موقعیت آرماتورهای فولادی در داخل بتن مشخص می‌گردد. در دستگاه‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری بتن انرژی اعمال شده به سطح بتن با مقاومت فشاری ارتباط داده می‌شود.

مهم‌ترین این روش‌ها عبارت است از:

- تکنیک چکش اشمیت<sup>۱</sup>
  - تکنیک سرتویی ویندسور<sup>۲</sup>
  - تعیین کننده موقعیت آرماتور (مغناطیسی)
  - تکنیک‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم
- مهم‌ترین تکنیک‌های اندازه‌گیری غیر مستقیم عبارتند از:
- تکنیک صوتی / لرزه سنجی
  - تکنیک نفوذ امواج رادار در زمین
  - تکنیک مقاومت الکتریکی

1- Schmidt Hammer

2- Windsor Probe

## ۴-۱۴-۴- آزمایش‌های مخرب

چنانچه در مورد کیفیت بتن، شک و تردید وجود داشته باشد ممکن است نیاز به انجام آزمایش‌های مخرب برای گردآوری اطلاعات بیش‌تر باشد. مغزه‌های بتنی از نقاط مشخصی به عنوان نمونه گرفته می‌شود و روی این مغزه‌ها آزمایش‌های مقاومتی صورت می‌گیرد و یا توسط دستگاه پتروگراف تست می‌شود. دستگاه پتروگراف با آنالیز میکروسکوپی و تست‌های شیمیایی مختلف، مقدار حفره‌های موجود در بتن سخت شده را مشخص می‌کند، این دستگاه می‌تواند مقدار سیمان را تخمین بزند یا مواد آلوده کننده‌ای را که در زمان احداث سازه در آن موجود بوده است، مشخص کند. دستگاه پتروگراف پارامترهای کلی مربوط به نسبت آب به سیمان، درجه جذب آب سیمان، صدمه ناشی از یخ زدگی اولیه یا پدیده‌های مشابه را روشن می‌کند.

## ۴-۱۴-۵- ملاحظات ژئوتکنیکی

شواهد مربوط به شکست فونداسیون یا جابه‌جایی شیب، نیاز به بررسی‌های تفصیلی ژئوتکنیکی دارد تا ماهیت مساله روشن شده و راه‌های ممکن مشخص گردد. این بررسی‌های تفصیلی ممکن است نیاز به نمونه‌گیری و تست‌های آزمایشگاهی روی خاک یا سنگ، نقشه‌برداری ژئوفیزیک و یا نصب ابزار دقیق داشته باشد. حرکت‌های لغزشی قدیمی یا نشست معمولاً نیاز به کنترل دراز مدت شرایط دارد تا حد و حدود تغییر شکل‌ها مشخص گردد. در این موارد نیز استفاده از ابزار دقیق می‌تواند برای کنترل دقیق‌تر به‌کار گرفته شود.

تشخیص صحیح پایداری شیب در نزدیکی ساختمان نیروگاه، پنتاک، و یا سازه آبگیر معمولاً نیاز به مشخص کردن حجم توده لغزشی و سرعت جابه‌جایی دارد. برای ارزیابی این مساله عمدتاً از شیب‌سنج استفاده می‌شود. از آنجا که داده‌های شیب‌سنج دارای طبیعت سه بعدی می‌باشد، تفسیر نتایج آن کار آسانی نیست و تنها افراد متخصص و کارآزموده می‌توانند این داده را تحلیل و تفسیر کنند. با استفاده از «اکستنسومتر»، چرخش سنج و نقشه‌برداری نیز می‌توان جابه‌جایی شیب را تحت نظر گرفت. با توجه به اینکه سطح آب زیرزمینی اثر مهمی بر لغزش دارد، در توده تحت لغزش، پیژومترهایی نصب می‌شود تا سطح پیژومتریک تحت کنترل باشد. ابزار دقیق ژئوتکنیک به‌طور منظم باید مورد بازدید قرار گیرند. فاصله زمانی مابین دو قرائت بستگی به سرعت تغییرات پدیده‌های فیزیکی و درجه اهمیت یکپارچگی شیب‌های واقع در کنار نیروگاه و پنتاک برپایداری آن و تجهیزات مستقر در نزدیکی آن (کلیدخانه، خطوط انتقال و سایر تاسیسات) دارد.

معمولاً برای اکثر خاک‌ها، روند نشست سازه‌ها بلافاصله بعد از ساخت در حداکثر بوده و تدریجاً در طول زمان کاهش می‌یابد. در مواردی که روند نشست سازه ثابت نمی‌ماند و در طول زمان افزایش می‌یابد ارزیابی شرایط فونداسیون ضرورت دارد تا علت آن روشن شود.

جابه‌جایی شیب در صورتی که در طول زمان شتاب گیرد اغلب نشانه بروز شرایطی مخاطره‌آمیز و تخریب در ابعاد وسیع است. چنین شیب‌هایی ممکن است در اطراف ساختمان نیروگاه، مشرف به کلیدخانه فشار قوی، در پیشانی مشرف به سازه‌های آبگیر (واقع در کنار تکیه‌گاه‌های سد) و یا در زیر فونداسیون پنتاک‌های غیرمدفون و یا در مسیر پنتاک‌های

مدفون باشد. در بسیاری موارد افزایش تعداد ابزار دقیق، برای رفتارسنجی دقیق تر شیب‌ها و کم کردن فواصل قرائت آنها ضرورت می‌یابد.

#### ۴-۱۴-۵- آبیگری مجدد مجرای تحت فشار نیروگاه و پنستاک‌ها بعد از تعمیرات و بازسازی

##### الف - ملاحظات و معیارها

در صورتی که در دوران بهره‌برداری، پس از بازرسی‌های همه‌جانبه از مجرای تحت فشار و پنستاک، به دلیل تخریب بتن و صدمات وارده به پوشش تونل‌ها محل مقسم‌ها در سهراهی یا «منیفولد»ها، بازسازی و تعمیرات اساسی قسمتی از مجرا و پنستاک انجام شده باشد، هم‌چنین در صورتی که مجراهای آبرسان نیروگاه برای مدت نسبتاً طولانی خالی مانده باشد زهکشی سنگ اطراف آن شرایطی را ایجاد می‌کند که لازم است آبیگری مجدد مجرای تحت فشار و پنستاک به صورت تدریجی انجام گیرد، لذا سرعت پر کردن مجدد باید کم‌تر از معیارهای آبیگری در موارد عادی باشد. این امر به خصوص در مورد نیروگاه‌های با واحدهای بزرگ با ارتفاع موثر بالا (نیروگاه‌های فشار بالا) اهمیت زیادی دارد.

به طور کلی رعایت موارد زیر در آبیگری مجرای تحت فشار بعد از تعمیرات اساسی و بازسازی توصیه می‌شود:

- معیار کلی پیشنهادی<sup>۱</sup> برای محدوده سرعت پر کردن پنستاک‌های مورب و شافت‌های مجاری آب‌بر نیروگاه برای آبیگری اولیه و بعد از بازسازی و تعمیرات ۶ تا ۱۵ متر ارتفاع آب در ساعت است که با توجه به ساختار سنگ و ضریب اطمینان در طراحی پوشش مجرای تحت فشار، مقادیر پایین‌تر از محدوده فوق باید لحاظ شود [مرجع شماره ۳۳].
- قبل از اقدام به آبیگری، گزارش‌های مربوط به آبیگری اولیه و آبیگری‌های بعدی از نظر هرگونه حادثه یا شرایط غیرعادی بررسی شود.
- قبل از آبیگری بازرسی قدم به قدم از قسمت بیرونی (قسمت غیرمدفون) و قسمت‌های داخلی به عمل آید تا اطمینان حاصل شود که کلیه درب‌های آدمرو بسته است، شیرهای کنترل هوا به درستی کار می‌کند و شیرهای تخلیه آب پنستاک (دریناز) بسته است.
- پس از اینکه سامانه تحت فشار قرار گرفت و قبل از راه‌اندازی واحدها باید از کل سامانه بازرسی به عمل آید و هر نوع شرایط غیرعادی (مانند خروج غیرمعمول آب از بدنه و افت فشار غیرطبیعی) بررسی و در صورت نیاز آبیگری متوقف و اشکالات برطرف شود.
- بعد از آنکه پنستاک کاملاً پر شد باید برای مدت ۲۴ ساعت به صورت پر باقی بماند و بعد از آن اقدام به گشودن مجاری جهت راه‌اندازی واحدهای نیروگاه شود. در طول این ۲۴ ساعت باید به صورت متناوب از سامانه بازرسی شود تا در صورت وجود هر گونه مشکل به سرعت اقدامات لازم جهت رفع آن به عمل آید.



- در مورد پنستاک‌هایی که مدفون می‌باشند و تحت فشار قرار دارند باید دریچه‌ها یا شیرهای مربوطه بسته شوند و افت فشار در پنستاک بررسی گردد تا اطمینان حاصل شود که نشت آب از بدنه پنستاک وجود ندارد.
- پس از انجام کنترل‌های لازم فرم مجوز آماده بودن سامانه آبیگیر برای راه‌اندازی واحد توسط مهندس مسئول بهره‌برداری امضا می‌شود.

#### ب- آزمایش‌های لازم پس از آبیگیری مجدد

- پس از آبیگیری مجدد مجرای تحت فشار و پنستاک‌های بازسازی شده و قبل از شروع مجدد بهره‌برداری عادی از واحد باید آزمایش حذف ناگهانی بار به شرح زیر انجام و در هر مرحله افزایش فشار در پنستاک اندازه‌گیری و با مقادیر طراحی مقایسه گردد:
- آزمایش حذف بار در ۲۵ درصد توان اسمی
  - آزمایش حذف بار در ۵۰ درصد توان اسمی
  - آزمایش حذف بار در ۷۵ درصد توان اسمی
  - آزمایش حذف بار در ۱۰۰ درصد توان اسمی

#### ج - اندازه‌گیری افت فشار در پنستاک و مجاری تحت فشار

اندازه‌گیری افت فشار در زمان بهره‌برداری عادی هر ۲ سال یک‌بار و پس از بازسازی و یا تغییر قسمتی از مجرای آب‌بر باید به کمک یکی از روش‌هایی که تمهیدات مربوط به آن روی سامانه وجود دارد (روش آکوستیک، روش ترمودینامیک، روش مغناطیسی، روش وینترکنندی و ...) انجام و مقادیر بدست آمده با مقادیر اولیه مقایسه گردد و در صورت لزوم اقدامات لازم برای کاهش افت فشار برنامه‌ریزی شود.

#### د - تخلیه پنستاک‌ها

تخلیه پنستاک‌ها باید به صورت کنترل شده و به آهستگی انجام شود و دقت گردد تا اختلاف فشار ناگهانی ایجاد نشود. آب محبوس شده در پوسته خارجی می‌تواند باعث شکستن سنگ و یا بتن شود. پنستاک‌ها و تونل‌ها مجهز به شیرهای مناسب برای کنترل هوا می‌باشد که در هنگام تخلیه آب مجرا، هوا را به میزان لازم وارد سامانه می‌سازد و از ایجاد خلا جلوگیری می‌کند. در مورد پنستاک‌های مورب، سرعت تخلیه نباید از ۳۰ متر تغییر ارتفاع آب در ساعت بیشتر باشد و یا به میزانی باشد که نرخ عبور هوا از شیر کنترل هوای پنستاک از ۵۰ درصد ظرفیت نامی عبور هوا از شیر (بده نامی تخلیه هوای شیر) بیشتر گردد، هر کدام از این نرخ‌ها که کم‌تر باشد، معیار کلی برای حداکثر نرخ تخلیه پنستاک مورب محسوب خواهد شد.

برای پنستاک‌ها و تونل‌های آب‌بر افقی، نرخ تخلیه نباید از محدوده ۳ تا ۲۰ متر ارتفاع آب در ساعت بیشتر شود، که بسته به ساختار سنگ و ضریب اطمینان طراحی پوشش داخلی پنستاک و مجرای تحت فشار، مقادیر پایینی محدوده فوق باید لحاظ گردد.

#### ۴-۱۴-۶- ابزاربندی و رفتارنگاری در نیروگاه‌های آبی

##### ۴-۱۴-۶-۱- کلیات

در برنامه نگهداری از نیروگاه اطلاع از وضعیت پایداری سازه نیروگاه، شیروانی‌های مشرف به نیروگاه، پایداری مغار (درحالتی که نیروگاه از نوع زیرزمینی باشد)، وضعیت فشار آب در اطراف نیروگاه و وضعیت زهکش‌ها اهمیت بسیار دارد. این اطلاعات با مشاهده چشمی و یا به کمک لوازم اندازه‌گیری دقیق (ابزاردقیق) انجام می‌گیرد. در اکثر موارد به دلیل قابل مشاهده نبودن اثرات و میزان پارامترهای مربوط به نشست، کرنش، فشار و ... استفاده از ابزار دقیق موردنیاز می‌باشد.

اهداف رفتارسنجی به‌طور کلی به شرح زیر است:

- تایید و بررسی فرضیات طراحی، پیش‌بینی رفتار سازه در ضمن ساخت
- آگاهی از تغییراتی که ضمن ساخت یا بهره‌برداری ضریب ناامنی را بالا می‌برد.
- مشاهده و آگاهی از رفتارهای ناهم‌ساز با معیارهای طراحی
- تأمین اطلاعات از وضع موجود، بررسی میزان صحت تئوری‌ها، بررسی میزان صحت روش‌های تحلیلی و اندازه‌گیری مقادیر واقعی تغییراتی از قبیل تراوش، نشست‌ها و حرکات جانبی
- تضمین تداوم سلامت سازه در طول بهره‌برداری براساس اطلاعات دریافتی از عملکرد سازه

##### ۴-۱۴-۶-۲- پارامترهای اندازه‌گیری

پارامترهایی که اندازه‌گیری آنها در یک نیروگاه آبی به منظور رفتارسنجی موردنیاز می‌باشد، بسته به جانمایی و شرایط ساختگاه نیروگاه، متفاوت است. پارامترهایی که ممکن است در نیروگاه‌ها برای رفتارسنجی موردنیاز باشد، به شرح زیر است:

- اندازه‌گیری جابه‌جایی‌های مربوط به سازه نیروگاه
  - اندازه‌گیری جابه‌جایی سنگ دیواره و سقف مغار نیروگاه (در طرح زیرزمینی)
  - اندازه‌گیری حرکات شیروانی‌های سنگی یا خاکی مشرف به ساختمان نیروگاه
  - وضعیت تغییر شکل سنگ پی
  - اندازه‌گیری میزان جابه‌جایی درزه‌های ساختمانی در بتن و یا ترک‌ها ایجاد شده در بتن یا سنگ
  - اندازه‌گیری میزان آب‌های زهکشی و نشستی اطراف نیروگاه
  - اندازه‌گیری سطح پیرومتریک آب‌های زیرزمینی در اطراف نیروگاه
  - اندازه‌گیری میزان فشار برکنش (رو به بالا- آپلیفت) زیرسازه نیروگاه و سازه‌های جانبی
  - اندازه‌گیری میزان کرنش در بتن، سنگ و غیره
  - اندازه‌گیری شتاب زلزله
- ممکن است در یک نیروگاه آبی به تمام اندازه‌گیری‌های فوق نیازی نباشد و تنها تعدادی از این پارامترها بسته به نوع سازه، ارتباط آن با سایر سازه‌های آبی و سد، شرایط ژئوتکنیکی پی و ... نیاز به اندازه‌گیری داشته باشند.

#### ۴-۱۴-۶-۳- ابزار اندازه‌گیری برای رفتارنگاری

هر پارامتر را می‌توان با روش‌ها و ابزارهای متفاوتی اندازه‌گیری کرد. انتخاب نوع ابزار اندازه‌گیری، به دقت و حساسیت موردنظر، متناظر با اهمیت ناحیه تحت کنترل، بستگی دارد. برای اندازه‌گیری اکثر پارامترها ابزار اندازه‌گیری مشخصی وجود دارد که باید میزان دقت، حساسیت و کیفیت آن مطابق نظر یک کارشناس مجرب، برای هر یک از زمینه‌های کاربردی تعیین و انتخاب شود. برخی از ابزار دقیق‌های مورد استفاده در رفتارسنجی سازه‌های آبی به شرح زیر است:

اکستنسومتر، نیروسنج، سلول فشار، متر همگرایی، شیب‌سنج (انحراف‌سنج)، کرنش‌سنج، درزسنج، پیزومتر، وسیله اندازه‌گیری فشار آب برخاستی (رو به بالا)، بده‌سنج یاویر، شبکه میکروژئودزی

#### ۴-۱۴-۶-۴- دستورالعمل و برنامه قرائت

عموما هر ابزاری برای قرائت دارای دستگاه قرائت مخصوص می‌باشد که از نوع مکانیکی یا الکتریکی و یا ترکیبی از آنها است. سالم بودن و کالیبره بودن دستگاه قرائت بایستی کنترل شود.

برنامه قرائت هر ابزار با توجه به شرایط و زمان‌های مختلف متفاوت می‌باشد. دوره زمانی قرائت ابزارهایی که در نیروگاه‌های زیرزمینی برای پایداری دیوار و سقف استفاده می‌شوند در زمان حفاری، طول زمان ساخت و در زمان بهره‌برداری متفاوت است و در شرایط خاص ممکن است ابزاری که در محل ویژه‌ای قرار داده شده است، به صورت جداگانه دارای برنامه قرائت خاص باشد. یکی از نکات دیگر که در برنامه قرائت باید رعایت شود این است که در مورد هر ابزار در صورت تغییر زیاد در عامل اصلی تغییرات، بلافاصله قرائت انجام گیرد. مثلا در صورت افزایش یا کاهش ناگهانی سطح آب دریاچه، بلافاصله بدون توجه به برنامه قرائت، باید پیزومترها، فلومترها، گیج‌های اندازه‌گیری فشار برکنش (آپ لیفت) کنترل و قرائت شوند.

برنامه قرائت متداول برای برخی از ابزار دقیق‌های مورد استفاده در نیروگاه‌ها به شرح زیر است:

اکستنسومتر: این ابزار توسط گیج‌های مکانیکی طول‌سنج قرائت می‌شوند. در صورت وجود ترانسدمیوسر، قرائت توسط دستگاه الکترونیکی نیز انجام می‌شود. دستورالعمل قرائت این ابزار برای شرایط مختلف متفاوت است. در زمان حفاری و روزهای اولیه نصب، روزانه و حتی در فواصل زمانی کمتر (چند ساعته) ممکن است قرائت شوند. پس از کاهش روند جابه‌جایی‌ها، به صورت هفتگی و سپس ماهانه قرائت می‌شوند. در ابتدای آبیگیری که ممکن است در اثر افزایش تراز آب و اشباع شدن سنگ‌ها احتمال بروز شرایط پیش‌بینی نشده وجود داشته باشد، به صورت روزانه و در ادامه، در صورتی که تغییرات ثابت شده و یا روند آن کاهش پیدا کرده باشد به صورت هفتگی و یا ماهانه قرائت انجام می‌گیرد. لذا برنامه قرائت را آهنگ تغییرات مشخص می‌کند.

نیروسنج: این ابزار اگر هیدرولیکی باشد توسط گیج فشاری که به آن بسته شده است قرائت می‌شود و اگر الکتریکی باشد با دستگاه قرائت کننده دیگری قرائت می‌شود. برنامه قرائت این ابزار همانند اکستنسومتر می‌باشد تا بتوان جابه‌جایی‌هایی را که اکستنسومتر نشان می‌دهد با تغییر بار روی انکرهای کناری آن مقایسه نمود.

متر همگرایی: این ابزار توسط متر دقیقی اندازه‌گیری می‌شود. برنامه قرائت با متر دقیق بستگی به میزان و روند جابه‌جایی‌ها دارد. لذا برنامه قرائت می‌تواند روزانه، هفتگی و حتی ماهانه نیز باشد.

سلول فشار: سلول فشار اگر هیدرولیکی باشد با گیج فشاری که بر روی آن نصب می‌گردد قرائت می‌شود و اگر دارای مبدل الکتریکی باشد، توسط دستگاه مخصوص به آن قرائت انجام می‌گیرد. در اکثر مواقع سلول فشار قابل دسترس نیست، لذا از نوع

الکتريکی آن باید استفاده شود. برنامه قرائت این ابزار در دوره بهره‌برداری می‌تواند هفتگی باشد و در مواقعی که نیروگاه در حال کار است برای کنترل تنش‌های وارده به سازه نیروگاه، پوشش تونل‌های تحت فشار و تنش‌های وارد شده به پی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

انحراف‌سنج: این ابزار توسط سوندی که به داخل گمانه انحراف‌سنجی ارسال می‌گردد قرائت می‌گردد. برنامه قرائت این ابزار هم تابع روند جابه‌جایی می‌باشد ولی به صورت عادی برای شیروانی‌های سنگی و خاکی به صورت ماهانه و برای بدنه سدهای خاکی، در زمان آبیگری روزانه و پس از آن هفتگی می‌باشد. اطلاعات این ابزار عموماً در دستگاه ذخیره اطلاعات آن جمع و در کامپیوتر تخلیه می‌شود و توسط نرم‌افزاری مخصوص، نمودار آن ترسیم می‌گردد.

کرنش‌سنج: این ابزار به صورت الکتريکی قرائت می‌شوند، قرائت آن می‌تواند بصورت دستی انجام گیرد یا به کمک دستگاه ثابت. قرائت این ابزار که تغییرات را با فاصله زمانی کوتاه ثبت می‌کند، میزان کرنش و تنش لحظه‌ای وارد شده به بتن و سازه‌های فولادی نیروگاه را (در صورت نیاز)، ثبت می‌کند. می‌توان در صورت نیاز به صورت هفتگی یا ماهانه اطلاعات ثابت را برای بررسی و آنالیز در کامپیوتر وارد نمود.

پیزومترها: پیزومترها اگر از نوع لوله‌ای «کاساگرانده» باشد، در صورت آرتزین بودن توسط گیج فشاری که روی آن نصب می‌گردد، قرائت می‌شود و در صورت آرتزین نبودن با دستگاه اندازه‌گیری، سطح آب مشخص می‌شود. اگر پیزومتر از نوع الکتريکی باشد توسط دستگاه قرائت انجام می‌شود. برنامه قرائت این ابزار در زمان آبیگری اولیه روزانه و سپس در صورت نرمال بودن تغییرات آن هفتگی انجام می‌شود. در زمان‌هایی که تراز آب دریاچه به هر دلیل تغییرات ناگهانی داشته باشد می‌بایست قرائت این ابزار بدون توجه به برنامه قبلی، انجام شود.

آپلیفت سنج‌ها: این ابزار عموماً مکانیکی می‌باشد و توسط گیج فشاری که بر روی آن متصل شده است قرائت می‌شود. این ابزار در زمان آبیگری اولیه روزانه و سپس هفتگی قرائت می‌شود. در زمان سیلاب و یا حالت‌هایی که تراز آب دریاچه به صورت ناگهانی بالا و پایین می‌شود، باید قرائت شود.

بده‌سنج‌ها (ویرها): برای اندازه‌گیری بده آب‌های زهکش و یا نشتی عموماً از حوضچه و سرریزهایی با هندسه مشخص استفاده می‌شود یا حتی می‌توان با ظرف مدرج هم این کار را انجام داد. برنامه قرائت در زمان آبیگری اولیه روزانه و سپس هفتگی می‌باشد و با تغییرات سطح آب دریاچه و در زمان‌های بارندگی که سطح آب زیرزمینی تغییر می‌کند باید کنترل و قرائت شوند. برای بررسی بهتر نتایج اندازه‌گیری و ارزیابی عملکرد پرده آب‌بند و زهکش‌ها بهتر است ابزارهایی همانند پیزومترها، آپلیفت سنج‌ها و بده‌سنج‌ها با همدیگر قرائت و تجزیه و تحلیل شوند، زیرا تغییرات در یکی از آنها می‌تواند توسط نتیجه حاصل از ابزار دیگر، تایید یا رد گردد.

شتاب‌نگارها: شتاب‌نگارها عموماً دارای ثباتی هستند که لحظه به لحظه وضعیت ارتعاشات را ثبت می‌کند (و یا در حافظه قسمت الکترونیکی خود ذخیره می‌نماید) و به صورت دوره‌ای اطلاعات آن را می‌توان تخلیه و پردازش نمود. علاوه بر آن پس از وقوع هر زلزله القایی یا طبیعی بلافاصله باید قرائت انجام گیرد.

شبکه میکروژئودزی: برای قرائت این شبکه از دوربین‌های نقشه‌برداری بسیار دقیق و روش‌های نقشه‌برداری کم خطا (روش متقاطع) استفاده می‌شود و علاوه بر آن در این روش کلیه پارامترهای جوی و غیره تاثیرگذار در قرائت منظور و تصحیحات آن انجام می‌گیرد.

نتایج اندازه‌گیری شتاب ارتعاشات و زلزله در طبقات پایین نیروگاه، عموماً برای مقایسه با نتایج ثبت شده در شتاب‌نگارهای مختلف نصب شده در تاج و گالری‌های سد، به عنوان نقطه مرجع مستقل (در صورت مستقل بودن سازه نیروگاه نسبت به سد)، به کار می‌رود.

ابزار دقیق‌ها باید مرتباً با توجه به استانداردهای معتبر کالیبره شوند. این کالیبراسیون به ویژه برای نظارت طولانی مدت بر جابه‌جایی‌ها اهمیت دارد. برای هر تحلیل مقایسه دو قرائت متوالی بسیار حائز اهمیت است و داده‌ها باید دقیق و قابل اتکاء باشند.

#### ۴-۱۴-۷- ملاحظات کلی مربوط به ترمیم و تعمیر قسمت‌های بتنی ساختمان و آبگیر نیروگاه

##### ۴-۱۴-۷-۱- کلیات

قسمت‌های بتنی ساختمان نیروگاه به طور منظم و سایر قسمت‌های بتنی مربوط به سازه‌های آبگیر، پایاب و شفت‌ها و پنستاک‌ها نیز در هر فرصتی، که با توجه به موقعیت آنها و شرایط بهره‌برداری، امکان‌پذیر باشد، باید بازرسی شوند. تکنسین‌های واحد نگهداری ساختمان، با بازرسی‌های دوره‌ای و یا فوق‌العاده و تشخیص به موقع اشکالات می‌توانند با همکاری گروه مهندسی ساختمان نیاز به ترمیم و اصلاحات در بتن را بررسی و وسعت و حجم کارهای اصلاحی را ارزیابی نمایند.

به این ترتیب با برنامه‌ریزی و تدارک‌های لازم برای انجام به موقع کارهای اجرایی مربوط به تعمیر بتن، از انجام اقدامات اصلاحی پرهزینه‌تر در آینده پیشگیری خواهد شد. ترمیمات و تعمیرات پیش‌گیرانه بتن، می‌تواند از صرف هزینه‌هایی که گاه ده‌ها برابر هزینه تعمیرات پیش‌گیرانه است، جلوگیری نماید.

صدمات نسبتاً جزئی، اگر سریعاً ترمیم نشود، منجر به تعمیرات اساسی بتن می‌شود و حتی ممکن است در مورد برخی از سازه‌ها، جایگزینی قسمتی از سازه بتنی موجود با سازه جدید الزامی شود.

تجربه نشان داده است که در شرایط آب و هوای سرد و یخبندان، نواحی مشخصی از قسمت فوقانی سازه بتنی، نسبت به سایر قسمت‌های آن آسیب‌پذیرتر است. این نواحی عموماً سطوح واقع در ۶۰ سانتیمتری قسمت بالای سازه فوقانی، ستون‌ها، دیوارهای جان‌پناه<sup>۱</sup> می‌باشد. همچنین سطوح در تماس با پاشش و یا جت آب، و نیز سطوح سازه آبگیر که در تماس با آب مخزن قرار دارد، در صورتی که سطح آب مخزن در شرایط آب و هوای سرد و یخبندان، به صورت متناوب تغییر کند، این سطوح بیش‌تر آسیب خواهد دید.

با انجام ترمیمات پیش‌گیرانه، مانند عایق‌سازی بتن در مقابل نفوذ هوا، به وسیله ترکیبات آب‌بندی بتن، دوام این سطوح افزایش می‌یابد و مدت زمان بیش‌تری در شرایط ترمیم‌پذیر باقی می‌ماند.

انتخاب نوع پوشش حفاظتی مناسب برای بتن، تا اندازه قابل توجهی به ارزیابی درست از محیط و شرایط آب و هوا بستگی دارد. پوشش‌ها و ترکیب‌های آب‌بندی که برای ایجاد حفاظت در شرایط آب و هوایی خشک، مناسب می‌باشند، ممکن است در شرایطی که تماس با آب زیاد است، (ستون‌ها و دیوارهای در تماس یا داخل آب)، کارایی نداشته باشند.

به این ترتیب در صورتی که عملیات بتن‌ریزی به نحو صحیحی انجام گرفته باشد و از مواد مناسبی، متناسب با شرایط محل اجرا و شرایط عملکرد سازه استفاده شده باشد، در شرایط عادی بهره‌برداری، با دوام خواهد بود.

واژه‌های ترمیم و تعمیر بتن در این بخش از راهنما، در مورد کارهای مختلف نگهداری و تعمیرات بتن (از اقدامات اصلاحی جزئی تا جایگزینی و بازسازی اساسی)، به کار رفته است. اقدامات اصلاحی می‌تواند شامل مواد جزئی مانند ترمیم سوراخ‌های به جا مانده از پیچ‌های نگهدارنده قالب و یا ترمیم هوازگی‌های طبیعی باشد و یا در مورد صدمات شدید ناشی از انرژی آب و تخریب سازه بتنی، کندگی ناشی از پدیده کاویتاسیون (در مجراهای آب‌بر با پوشش بتنی)، مورد نیاز شود. برای هر نوع از اشکالات و صدمات، باید از دستورالعمل خاص تعمیر بتن استفاده نمود. این دستورالعمل‌ها مراحل مختلف فرآیند عملیات تعمیر و یا ترمیم را تشریح می‌کنند. تجربه ثابت کرده است که حذف و یا بی‌توجهی به هر یک از مراحل فرآیند تعمیرات در دستورالعمل‌ها، عدم استفاده از تکنسین‌ها و کارگران ماهر و مواد و مصالح مناسب به کیفیت و عملکرد بتن در آینده خسارت وارد می‌نماید و در نهایت ممکن است تخریب سازه و خسارت‌های مالی قابل توجهی را در پی داشته باشد.

در این بخش از راهنما به موارد عمومی و ضروری که در فرآیند تعمیر و ترمیمات بتن برای تامین کیفیت مناسب کار باید مورد توجه قرار گیرد، به صورت موجز اشاره شده است.

برای جزییات بیش‌تر به استاندارد تعمیر بتن، به شرح زیر یا منابع معتبر دیگر در این زمینه مراجعه شود:

USBR Pub. No. M-47: Revision 1996, Standard Specification for Repair of Concrete, (Published by United States Bureau of Reclamation).

مرجع فوق‌الذکر برای اکثر کارهای مربوط به تعمیرات بتن، به خصوص در مورد صدمات وارده بر بتن در سازه‌های مورد استفاده در تاسیسات آبی و سدها، دستورالعمل‌های تعمیر و نمونه‌های کاربردی ارائه داده است.

#### ۴-۱۴-۷-۲- موارد عمومی و ضروری برای تامین کیفیت مناسب بتن

عوامل عمده تاثیر گذار بر فرآیند ترمیم بتن به شرح زیر است:

#### الف - مهارت عوامل اجرایی

ترمیم عیوب و صدمات وارد شده بر بتن بسته به وسعت و نوع کار، توسط کارکنان گروه نگهداری و تعمیرات ساختمان تشکیلات بهره‌برداری کننده و یا پیمانکار ساختمانی انجام می‌شود. در این موارد باید از عوامل اجرایی ماهر استفاده شود. کار ترمیم باید به صورت بادوام، غیرمشهود و با چسبندگی خوب به سطوح بتنی موجود انجام گیرد. نظر به اینکه ترمیمات بتن عمدتاً به صورت دستی انجام می‌شود، آموزش جزییات دستورالعمل ترمیم بتن و علل بروز عیوب به تکنسین‌ها و سرکارگران ماهر، بسیار اهمیت دارد. کارگران ماهر باید جنبه‌های حساس تعمیر سطوح بتنی را بشناسند. باید بازرسی و مراقبت‌های ویژه بر کار صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که استانداردها و مهارت‌های لازم برای ترمیم فراهم شده است. به خصوص در مواردی که از مواد اپوکسی، پلی‌اورتان و یا سایر مواد «رزینی» برای تعمیر بتن استفاده می‌شود، به‌کارگیری پرسنل ماهر و واجد شرایط بدین منظور اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند.

### ب - رعایت دستورالعمل ترمیم بتن

ترمیمات بتن و نگهداری آن در شرایط ترمیم‌پذیر در صورتی امکان‌پذیر است که روش صحیحی انتخاب شود و اجرای فنی و دقیقی به دنبال داشته باشد. ترمیم با روش نادرست و استفاده از کارگرانی که مهارت کافی در این زمینه ندارند، موجب پایین آمدن کیفیت بتن ترمیم شده می‌گردد. لازم است دستورالعمل تعمیر توسط تکنسین‌ها و کارگران ماهر اجرا شود تا موفقیت و ضریب اطمینان کار بالا باشد.

انجام ترمیمات بر روی سازه‌های بتنی جدید و قدیم پس از تشخیص علل عیب و ارزیابی آن باید تا حد ممکن سریع انجام شود. در مورد ترمیم بتن سازه‌های جدید، باید قسمت‌های ترمیم شده بیش‌ترین چسبندگی را با بتن اصلی پیدا کند و از نظر کیفیت و دوام مشابه سازه اصلی عمل نماید، این امر به شرطی تحقق می‌یابد که بلافاصله پس از بتن‌ریزی و جدا کردن قالب، خراشیدن بتن جدید در ناحیه معیوب و کار ترمیم در حالی که بتن کاملاً تازه است انجام شود. به همین دلیل باید ترمیمات سازه‌های بتنی جدید ظرف ۲۴ ساعت پس از برداشتن قالب تکمیل شود.

قبل از شروع به ترمیم بتن، روش ترمیم، مصالح و مواد مورد استفاده باید توسط یک بازرس با صلاحیت تایید شود. کار ترمیم به صورت موثر و در قسمت تخریب شده یا معیوب سازه‌های بتنی قدیمی، در صورتی قابل اطمینان و با دوام است که تمام قسمت‌های تخریب شده یا معیوب و مناطق تا حدی آسیب دیده اطراف آنها، به صورت کامل برداشته شود و سپس مطابق با دستورالعمل تایید شده یا استاندارد معتبر بتن‌ریزی صورت گیرد. هم‌چنین در مورد کافی بودن میلگردها اطمینان حاصل شود. در صورت نیاز زهکشی موثر نیز باید انجام گیرد. به این ترتیب، انجام این عملیات بدون در اختیار داشتن مدت زمان کافی، افراد ماهر و امکانات لازم نباید تقبل و شروع شود. البته می‌توان تنها همان مقدار از کار را که امکان اجرای صحیح آن وجود دارد انجام داد، یا کار را به تعویق انداخت، لیکن مدت تعویق نباید به اندازه‌ای باشد که موجب تخریب‌های اضافی شود. در هر صورت ترمیمات بتن باید در حداقل زمان ممکن انجام شود.

### ج- مواد و مصالح مورد استفاده در ترمیم بتن

مواد و مصالح مورد استفاده در ترمیم بتن باید دارای کیفیت بالا، تازگی نسبی باشد و مشخصات فنی موردنیاز برای کاربرد موردنظر را تامین نماید.

گزارش‌های قسمت سنگ شکن و یا گزارش آزمون‌های آزمایشگاهی مصالح باید توسط سازنده و یا تامین کننده مصالح ارائه شود تا کیفیت و مناسب بودن مصالح را محرز نماید. به عنوان حداقل، گواهی نامه معتبر کیفیت که نشان دهنده مشخصات مواد باشد باید توسط تامین کننده مصالح ارائه شود. نظر به اینکه برداشتن مجدد و جابه‌جایی مصالحی که کیفیت و مشخصات شناخته شده‌ای ندارند، در صورت کاربرد در عملیات ترمیمی پرهزینه است، مواد و مصالح انتخاب شده برای کارهای ترمیمی باید مطابق با توصیه‌های سازنده تهیه و با روش‌های تایید شده مورد استفاده قرار گیرد. مخلوط کردن مصالح، نسبت مواد در مخلوط و جابه‌جایی آن باید مطابق با بالاترین استانداردها باشد.

#### ۴-۱۴-۷-۳- کلیات مراحل ترمیم بتن

به‌طور کلی برای اقدامات مربوط به ترمیم بتن در سازه‌های بتنی و ساختمان‌ها مراحل زیر توصیه می‌شود. با توجه به اهمیت سازه و موقعیت و شدت خرابی‌ها تمام یا تعدادی از این مراحل باید بررسی و مورد عمل قرار گیرد:

- تعیین علت بروز عیب در بتن
- ارزیابی وسعت خرابی
- ارزیابی ضرورت انجام اقدامات اصلاحی و ترمیم بتن
- انتخاب روش ترمیم
- آماده‌سازی بتن قدیمی برای انجام ترمیمات
- اجرای ترمیم با روش مناسب
- آب‌پاشی (خنک‌کاری) صحیح بتن ترمیم شده

#### الف- تعیین علت آسیب‌دیدگی بتن

اولین و عموماً مهم‌ترین مرحله در اقدام به ترمیم بتن صدمه دیده یا تخریب شده، تعیین علت اصلی بروز صدمات می‌باشد. اگر علت اصلی صدمات وارد شده به بتن مشخص و رفع نشده باشد و یا اگر علت آن به درستی مشخص نگردد، احتمال بروز عیوب مشابه در بتن ترمیمی نیز وجود خواهد داشت. در چنین شرایطی هزینه و تلاش به‌کار رفته به هدر خواهد رفت و پس از آن، انجام ترمیمات اضافی و معمولاً بسیار پرهزینه‌تری الزامی خواهد بود.

اگر صدمه اصلی ناشی از یک واقعه ناگهانی مانند برخورد یک شناور به پایه پل (و یا پایه سازه)، زلزله و یا بارگذاری ناگهانی و بیش از حد معمول روی سازه باشد، علت صدمه مشخص می‌باشد. در این‌گونه موارد، احتمال تکرار مجدد واقعه بعید به نظر می‌رسد. چنانچه علت بروز صدمات تکرار شونده باشد، باید علاج بخشی لازم صورت گرفته و انتخاب مصالح و روش ترمیم متناسب با آن انجام گیرد و سازه را در برابر صدمات احتمالی آینده مقاوم نماید (به‌طور مثال، ایجاد ترک یا خمش در تیرها و ستون‌های بلند زیر ریلی جرثقیل‌های سقفی با ظرفیت بالا و یا کندگی پوشش بتنی مجاری آب‌بر و نواحی مانیفولد پمپ‌خانه‌های بتنی به دلیل کاویتاسیون و ضربات هیدرودینامیکی). بررسی علل وقوع صدمات تجربه شده نشان می‌دهد که بیش‌تر صدمات، ماهیت تکرار شونده داشته‌اند.

بین علل بروز صدمات و نشانه‌ها و علائم آسیب‌دیدگی بتن باید تفاوت قائل شد. به‌عنوان مثال، در رویداد برخورد شناور به پایه پل، ترک‌های به وجود آمده نشانه‌های وقوع برخورد هستند. درحالی‌که انجماد آب و ذوب شدن یخ موجب تخریب بتن شود، دلیل ریشه‌ای و اصلی بروز صدمات ممکن است استفاده از مخلوط بتن با کیفیت پایین، مثلاً با دانه‌بندی ریز و آلوده به مواد زاید و یا وجود دانه‌های خیلی درشت در آن باشد. وجود ترک‌ها و پوسته پوسته شدن بتن نشان دهنده کم دوام بودن بتن می‌باشد. استفاده از روش‌های ترمیم پرهزینه در مورد بتنی که در اصل با کیفیت پایین بوده است، معمولاً از نظر اقتصادی قابل توجیه نمی‌باشد.



### ب - ارزیابی وسعت صدمات وارده بر بتن

هدف این بررسی، تعیین حجم بتن آسیب دیده و چگونگی تحت تاثیر قرار گرفتن سازه توسط صدمات وارد شده می‌باشد (مدت زمان، وسعت، عمق و تعیین قسمتی از سازه که از نظر معیوب بودن مورد شک می‌باشد). این ارزیابی شامل پیش‌بینی سرعت وقوع صدمات و مقدار پیشرفت احتمالی آن در آینده نیز می‌باشد.

آثار برخی از صدمات مثل خرابی‌های ناشی از یخ‌زدن و ذوب شدن متناوب، بیرون زدن سولفات و واکنش قلیایی شبیه یکدیگر به نظر می‌رسد ولی اهمیت و شدت تاثیر برخی از این انواع، یعنی صدمات ناشی از واکنش قلیایی و بیرون زدن سولفات‌ها بیش‌تر می‌باشد. ترمیمات کافی می‌تواند صدمات ناشی از یخ‌زدن و ذوب شدن متناوب را کاهش دهد و یا بر طرف نماید، لیکن برای کاهش صدمات ناشی از واکنش قلیایی و بیرون زدن سولفات روش تایید شده‌ای وجود ندارد و در واقع این اشکالات را با ترمیمات معمولی نمی‌توان برطرف کرد و عموماً به انجام تعمیرات اساسی در سازه منجر می‌شود.

تکنیک مورد استفاده برای تعیین وسعت صدمات عموماً روش عمق‌یابی در بتن آسیب دیده و نواحی سالم اطراف آن به‌وسیله چکش زنی می‌باشد. اجرای این تکنیک ساده به‌وسیله تکنسین‌های ماهر، توأم با بازرسی چشمی کامل، در بسیاری از موارد اطلاعات موردنیاز را در خصوص وسعت آسیب‌دیدگی بتن به دست می‌دهد. در مواردی که احتمال لایه لایه شدن بتن یا ناپیوستگی آن وجود دارد، باید به خاطر داشت که ممکن است لایه‌های عمیق یا لایه‌هایی که جدایش کمی دارند همیشه در مقابل چکش زدن صدای طبل مانند و یا توخالی نداشته باشند. وجود چنین عیوبی را می‌توان با قرار دادن یک دست بر روی سطح بتن، در مجاورت محل اعمال ضربات چکش و یا قرار دادن ذرات شن بر روی سطوح مجاور محل اعمال ضربات چکش و انجام یک بازرسی چشمی کامل تشخیص داد. اگر ارتعاشات بتن به‌وسیله دست حس شود و یا ذرات شن در اثر ضربات چکش، پرشی (حتی به میزان کم) داشته باشند، این وضعیت نشان دهنده آسیب‌دیدگی بتن است.

### ج - ارزیابی ضرورت انجام ترمیم

همه صدمات وارد شده به سازه بتنی نیاز به ترمیم فوری ندارد. قبل از تصمیم به انجام ترمیمات موارد زیادی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. بدیهی است انجام ترمیمات و تعمیرات در صورتی که صدمات وارده ایمنی یا عملکرد مطمئن سازه را در معرض خطر قرار دهد، ضروری می‌باشد. هم‌چنین تعمیرات در صورتی باید انجام شود که وسعت آسیب‌های وارد شده یا سرعت پیشرفت آن، قابلیت ترمیم‌پذیری سازه بتنی را در آینده کاهش دهد.

با اینکه غالب خرابی‌ها در بتن به آرامی پیشرفت می‌نماید ولی در صورتی که زود تشخیص داده شوند، معمولاً امکان استفاده از چند راه حل مختلف برای اصلاح وجود دارد و با استفاده از دستورالعمل‌های مناسب ترمیم و تعمیرات، از سرعت توسعه آسیب‌ها جلوگیری خواهد شد. با بازرسی‌های منظم و ارزیابی مشاهدات، نیاز به انجام ترمیمات و یا تعمیرات وسیع‌تر، قابل پیش‌بینی خواهد بود و در این صورت، امکان برنامه‌ریزی کار و تامین بودجه برای پرداخت هزینه آن وجود خواهد داشت.

برخی از انواع صدمات وارده به سازه بتنی جدی نیست و می‌توان آن را نادیده گرفت. ترک‌های ناشی از انقباض بتن در هنگام خشک شدن و صدمات ناشی از یخ‌زدن و ذوب شدن متناوب بر روی سطح پایین دست سد در بسیاری از سدهای قدیمی از این جمله می‌باشند. هر چند که این نوع آسیب‌ها ظاهر خوبی ندارد ولی انجام ترمیمات روی آنها تنها از نظر آراستن ظاهر بتن ممکن است مطرح باشد. برعکس ترک‌های ساختمانی ناشی از نشست فونداسیون و صدمات ناشی از یخ‌زدن و ذوب شدن متناوب بر روی

دیوارهای آبیگیر یا کف سازه سرریز، معمولاً نیاز به ترمیم دارد. این ترمیمات ممکن است فوریت نداشته باشد ولی در اولین فرصت ممکن باید انجام شود.

#### د - انتخاب روش ترمیم بتن

هر چند که در فرآیند ترمیم بتن، برای انتخاب نوع مصالح و روش ترمیم معمولاً باید تسریع شود، لیکن در صورت کافی نبودن اطلاعات در مورد علل عیب و ارزیابی تبعات آن، انتخاب روش مناسب، اقتصادی و موفقیت‌آمیز بسیار مشکل خواهد بود. پس از کامل شدن سه مرحله اول فرآیند ترمیم که قبلاً اشاره شد، یا بعد از تکمیل مطالعه تفصیلی شرایط موجود بتن، انتخاب مصالح و روش صحیح ترمیمات آسان خواهد شد. این مراحل باید در دوره زمانی که انجام ترمیمات بر روی سازه امکان‌پذیر است صورت گیرد. اطلاعات دریافت شده به همراه داده‌های مربوط به حجم و وسعت قسمتی که تعمیرات باید بر روی آن صورت گیرد، معمولاً مشخص می‌کند که کدامیک از انواع مصالح و مواد استاندارد شده ترمیم بتن باید مورد استفاده قرار گیرد. همچنین این اطلاعات مشخص می‌کند که در چه مواردی استفاده از مصالح استاندارد برای تعمیر کفایت می‌کند و در چه صورتی باید از مصالح ویژه استفاده شود.

#### ه - آماده‌سازی بتن قدیمی برای تعمیر

اولین قدم در انجام ترمیمات پایدار بتن، آماده‌سازی بتن قدیمی برای ترمیم است. برداشتن کلیه قسمت‌های تخریب شده و نامناسب بتن کهنه قبل از جایگزینی و اجرای بتن جدید، ضروری است، زیرا در غیر این صورت کیفیت کار ترمیم کاهش خواهد یافت. مراحل آماده‌سازی بتن برای ترمیم شامل برش اطراف منطقه آسیب دیده با اره بتن، برداشتن بتن معیوب، تقویت شبکه میلگردها در قسمت معیوب و حفظ و نگهداری ناحیه آماده شده برای ترمیم در شرایط تمیز و محافظت آن در مقابل صدمات احتمالی می‌باشد.

#### و - عمل‌آوری مناسب بتن ترمیم کننده

کلیه مواد ترمیمی استاندارد بتن، به استثنا برخی از سامانه‌های «رزینی»، نیاز به روش‌های عمل‌آوری مناسب مخلوط دارند. عمل‌آوری معمولاً آخرین مرحله فرآیند ترمیم است. عمل‌آوری نادرست یا ناکافی موجب اتلاف سرمایه می‌شود و در بهترین حالت عمر قسمت‌های ترمیم شده را کاهش می‌دهد لیکن در بسیاری از موارد نیز برداشتن و ترمیم مجدد بتن اجتناب‌ناپذیر است. هزینه انجام این کار معمولاً بیش از هزینه ترمیم اولیه با عمل‌آوری مناسب می‌باشد. الزامات عمل‌آوری برای ۱۵ نوع استاندارد از مواد ترمیمی در فصل چهارم از استاندارد Standard Specification for Repair of Concrete, No.M-47-Revision 1996 تشریح گردیده است.

#### ز - روش‌های مناسب اجرایی

برای اجرای عملیات ترمیم و تعمیر بتن روش‌ها و مصالح استاندارد وجود دارد که در استاندارد فوق‌الذکر (USBR M-47) مشخص شده است. هر یک از انواع مواد اشاره شده، نیاز به در نظر گرفتن الزامات خاص، برای اجرای مطلوب کارهای ترمیمی دارد. اطلاعات بیش‌تر در این مورد در فصل چهارم استاندارد USBR M-47 آورده شده است.

#### ۴-۱۵ - نگهداری آسانسورهای الکتریکی نیروگاه

نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه شامل بازرسی‌های منظم، نظافت، تنظیمات، روانکاری، آزمایش، تعمیر و تعویض قطعات (در صورت نیاز)، برای کار ایمن آسانسورهای الکتریکی نیروگاه اهمیت دارد. جزئیات مربوط به دوره‌های سرویس و برنامه تعمیرات توسط سازنده (و یا پیمانکار تعمیرات آسانسور)، مشخص می‌شود. این دوره‌ها به عوامل متعددی از جمله نوع استفاده (برای حمل افراد و یا انواع تجهیزات) و شرایط محیطی بستگی دارد. با توجه به اینکه نیروگاه‌های آبی عموماً در نقاط دور افتاده قرار دارند، لذا در برنامه‌ریزی بازرسی‌های عادی آسانسور، این عامل و مدت زمان لازم برای دسترسی اضطراری به پیمانکار باید مورد توجه قرار گیرد. تعمیرات موردی باید توسط کارکنان آموزش دیده و دارای مجوز انجام شود و تعمیرات اساسی و آزمایش‌های آسانسور نیز باید توسط نماینده سازنده و یا پیمانکار مخصوص تعمیرات آسانسور و یا با نظارت و هدایت او انجام شود.

برنامه بازرسی‌های ادواری و نگهداری برای آسانسورهای نیروگاه آبی به طور کلی به شرح زیر توصیه می‌شود:

##### الف - بازرسی هفتگی

- بازرسی کلی چشمی از قطعات متحرک سامانه بالابر شامل ریل‌ها، لولاها، کلیدهای انتخاب‌گر (سلکتورها) و در صورت نیاز روغن‌کاری آنها
- بازرسی کلی کابین آسانسور از نظر عملکرد صحیح سامانه بازکننده درب‌ها، هم‌سطح بودن کف آسانسور با کف هر ایستگاه
- کنترل حرکت آسانسور از نظر ورود هرگونه صدای غیرعادی در کابین و مسیر حرکت آن، وجود خزش زیاد (حرکت خودبه‌خودی)
- بازرسی کنترل‌کننده‌های حرکتی کابین، چراغ‌ها، زنگ‌های کابین و اعلام ایستگاه
- در بازرسی‌های هفتگی، قسمت‌های زیر باید تمیزکاری شود:
  - سلول‌های فتوالکتریک مخصوص باز شدن درب‌ها
  - کف کابین و آستانه درب‌ها
  - سقف کابین
  - لامپ‌ها و سنسورهای کنترل‌کننده بالایی کابین
  - اتاق ماشین آسانسور

##### ب - بازرسی ماهانه

- کنترل و تنظیم سامانه عملکرد درب کابین، روغن‌کاری غلتک‌ها، آویزه‌ها، اهرم‌بندی، مفصل‌ها و غیره، کنترل و تنظیم لقی درب‌ها، لنگ‌های خارج از مرکز، یاتاقان بازوهای محرک در، کابل‌ها، کلاچ‌ها، زنجیرها و تسمه‌ها، محکم کردن نقاط اتصال سامانه محرک درب‌ها.
- بازرسی روغن گیربکس
  - بازرسی چرخ دنده‌ها
  - کنترل عملکرد سامانه هشدار دهنده و تلفن مربوط به کابین و تعمیر سامانه هشدار دهنده در صورت نیاز

- کنترل عملکرد کلیدهای حدی و کلیدهای اطمینان، در مسیر حرکت کابین
- بازرسی و کنترل ترمز اضافه سرعت
- کنترل روشنایی اضطراری کابین
- بازرسی موتور، ذغال‌های موتور، سیم‌پیچ‌ها (سیم‌پیچ میدان و آرمیچر)، کموتاتورها، اجزا گردنده، کابل‌های خروجی
- کنترل سامانه تهویه و گرمکن کابین
- کنترل عملکرد سامانه آتش‌نشانی و اعلام حریق به صورت شبیه‌سازی
- روغن کاری قطعات متحرک
- تمیز کاری اجزا به شرح زیر:
- کنتاکتورها (با مایع مخصوص)
  - وسایل کنترل کننده
  - اجزای کلید انتخاب‌گر (کلید سلکتور)
  - کنتاکت‌های کلیدهای گردان و چاقویی
  - تمیز کردن شافت آسانسور

### ج- بازرسی سه ماهه (فصلی)

- بازرسی موتور، رله‌های فرمان و کنتاکت‌های آن (از نظر جرم و غبار)
- کنترل وضعیت رزیستورها و مجموعه‌های مونتاژی
- بازرسی کلیدهای کنترل کننده سرعت درب
- کنترل قسمت بالای کابین و مسیر حرکت آن از نظر شل بودن درپوش‌ها، تیغه‌ها و اجزای دیگر
- بازرسی کابل‌های حرکتی از نظر صدمه دیدگی
- بازرسی طناب «وزنه تعادل» از نظر فرسایش و نیاز به روغن کاری
- بازدید بست‌ها و قرقره‌های کابل
- کنترل و تمیز کاری کنتاکت‌های کلید درب
- کنترل حرکت کابین، هم سطح بودن کف آسانسورها با کف ایستگاه و تنظیم آن در صورت لزوم

### د - بازرسی شش ماهه

- بازرسی و بازدید کامل قسمت‌های زیر:
- داخل کابین شامل:
  - دستگاه باز کردن مجدد درب، کلیدهای حدی بالایی، تجهیزات کنترل و عملکرد، محل نشیمن کف کابین، روشنایی، سیگنال اضطراری کابین، باز و بسته شدن درب‌ها، خروج اضطراری، تهویه، پلانفرم، برق اضطراری، درجه دقت توقف کابین و نشان دهنده وضعیت درب

- محل اتاقک ماشین‌آلات شامل: دسترسی، روشنایی، فضای کاری، تهویه، لوله‌کشی، سیم‌کشی، کانال‌ها، شماره و برچسب‌ها، موتورها، ترمزها، کلید اصلی، بست کابل‌ها، وسیله جلوگیری از شل شدگی طناب
- بالای کابین شامل: کلید حدی بالایی، لقی وزنه تعادل، قرقره‌ها، کلید مربوط به پارگی کابل، زنجیر و یا تسمه تجهیزات هم سطح کننده، لوله‌های مربوط به سیم‌کشی، کانال‌ها، پنجره‌ها، کابل‌های حرکتی، قاب کابین، ریل‌های راهنما، بست کابل‌ها و کابل‌های جبرانی

#### ه - بازرسی سالانه

علاوه بر مواردی که در برنامه بازرسی‌های شش ماهه ذکر شده، انجام موارد زیر در پایان دوره‌های یک ساله نیز ضروری است.

- تمیزکاری ریل‌های راهنما با حلال مناسب
- تجدید رنگ ضد زنگ قسمت‌های فلزی نگه‌دارنده ریل‌ها
- تمیزکاری کابل مسیر حرکت بالابر
- تمیز کردن گرد و خاک از کنترل کننده‌ها و رله‌ها توسط دستگاه مکش هوا
- سرویس ترانسفورماتورهای مدار کنترل و اندازه‌گیری ولتاژ خروجی آنها
- سرویس کلید اصلی تغذیه تابلوی برق آسانسور
- روغن‌کاری قسمت‌های متحرک کلید انتخاب‌گر (سلکتور)
- باز کردن موتور درب آسانسور و سرویس کامل آن
- کنترل و تنظیم رله‌های اضافه بار
- آزمایش سامانه روشنایی کابین
- بازرسی محل اتصالات کابل‌های موتور و کابل‌های تابلوی کنترل و محکم کردن آنها در صورت نیاز



# فصل ۵

---

---

## آموزش و توصیه‌های ایمنی





## ۵-۱- آموزش

### ۵-۱-۱- کلیات

هدف از اجرای برنامه آموزشی، ایجاد و توسعه یک تشکیلات بهره‌برداری توانا و پویا است، به طوری که علاوه بر بهره‌برداری عادی از تجهیزات، در شرایط غیرعادی و اضطراری نیز با حداقل تاخیر، اقدامات اصلاحی لازم را تشخیص و به انجام رساند. خصوصیت ویژه طرح‌های برق‌آبی این است که هر پروژه منحصر به فرد می‌باشد، اگر چه این پروژه‌ها براساس اصول علمی و تجربیات اساسی مشترکی طراحی، ساخته و راه‌اندازی می‌شوند، اشراف کلی به این اصول برای شروع راه‌اندازی و بهره‌برداری یک نیروگاه جدید کافی نمی‌باشد؛ به این ترتیب، حتی اگر کارکنان قبلاً در نیروگاه دیگری خوب آموزش دیده باشند، برنامه آموزش تکمیلی نیز، بسته به سطح تکنولوژی تجهیزات به کار رفته در نیروگاه جدید، باید اجرا شود.

در مورد نیروگاه‌های جدیدی که کارکنان آن را فارغ‌التحصیلان جدید دانشگاه‌ها و مدارس فنی، با دانش و صلاحیت تئوری و فنی مناسب تشکیل می‌دهد، آموزش بهره‌برداری و نگهداری برق‌آبی، برای کسب صلاحیت و تطبیق آنان با شرایط و نیازهای کار در داخل تشکیلات بهره‌برداری ضروری است. برنامه آموزشی باید با هدف درک کامل کارکنان جدید از سامانه‌ها و تجهیزات مربوط به آنها برنامه‌ریزی شود.

با توجه به اینکه در نیروگاه‌های برق‌آبی جدید و سامانه‌های کنترل‌کننده آن استفاده از کامپیوتر کاربرد هر چه بیشتر پیدا می‌کند، برای کارآیی بیشتر تشکیلات الزاما باید از پرسنل باتجربه در کامپیوتر استفاده شود.

برنامه مدرن‌سازی نیروگاه‌ها و کاربرد تکنولوژی‌های جدید در نیروگاه‌ها، تغییرات مهمی در روش‌های بهره‌برداری از آن پدید آورده است. از طرفی این تغییرات باعث افزایش پیچیدگی سامانه‌ها و مدارهای کنترلی آنها شده است. با تاکید بیشتر بر بهره‌برداری در حالت اتوماتیک و کنترل واحدها از اتاق کنترل مرکزی نیروگاه و یا از راه دور (در نیروگاه‌های بدون بهره‌بردار محلی)، تماس مستقیم بهره‌بردار با تجهیزات و آشنایی عملی بهره‌برداران با نحوه کارکرد تجهیزات در حال کاهش است، این امر می‌تواند در مواردی احتمال به کارگیری ناصحیح تجهیزات را افزایش دهد. به این ترتیب برنامه‌های آموزشی خاص برای آشنایی با تجهیزات مدرن‌تر و اصول کار آنها، انجام تنظیمات مجدد آنها، برحسب تغییرات شرایط بهره‌برداری باید به عنوان برنامه‌های آموزشی ویژه مورد توجه قرارگیرد.

واحدها و تجهیزات کمکی مربوط به آنها همیشه در شرایط عادی مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرند، لذا در برنامه آموزشی بهره‌برداران، موارد آموزشی مربوط به مواجه شدن با شرایط غیرعادی در کارکرد واحدها و تاسیسات جانبی و کمکی باید گنجانده شود.

شناخت همه‌جانبه بهره‌برداران هر نیروگاه در مورد نحوه کارکرد واحدها و تجهیزات ویژه آن می‌تواند هنگام وقوع شرایط غیرعادی و پیش‌بینی نشده کارساز باشد.

با اعمال یک برنامه آموزشی پیوسته، بهره‌برداران با دانش و شناخت قبلی در مورد انواع شرایط غیرعادی می‌توانند به سرعت و به صورت موثرتری در زمان وقوع این شرایط تصمیم‌گیری و به موقع اقدام نمایند.

## ۵-۱-۲- شرایط کیفی کارکنان نیروگاه و برنامه‌های آموزشی

### الف - موارد عمومی

برنامه آموزشی به طور کلی باید حاوی اطلاعات کافی درخصوص تئوری‌های فنی مرتبط با کار نیروگاه باشد، به طوری که کارآموزان و کارکنان جدید، اصول بهره‌برداری واحدهای بزرگ برق آبی را درک کنند و آموزش عملی حین کار نیز در سطحی باشد که بهره‌برداران و کارکنان بتوانند به نحو موثر وظایف خود را در نیروگاه انجام دهند.

آموزش‌های تئوری و عملی به طور کلی برای سه رده از کارکنان در سازمان بهره‌برداری و نگهداری برگزار می‌شود که عبارتند از مهندس مسئول شیفت، تکنسین اتاق کنترل و اپراتور نیروگاه.

مدیر امور تولید و یا کمیته آموزش مجموعه نیروگاه و تاسیسات آبی، نیازهای آموزشی و طول دوره آموزشی را برای هر رده، با توجه به سطح دانش و تجارب قبلی فنی و شرح وظایف هر فرد مشخص می‌کنند. به این ترتیب لازم است سطح صلاحیت کارکنان مورد بررسی قرار گیرد و براساس آن سطح آموزش مورد نیاز تعیین شود.

یک فهرست کنترل (چک لیست) آموزش نیز باید در پرونده آموزشی کارکنان در نیروگاه وجود داشته باشد و در مورد هر یک از کارکنان مشخص شود که چه دوره‌هایی را گذرانده‌اند تا اطمینان حاصل شود که هر یک از آنها شرایط احراز را برای انجام مسئولیت محوله، با موفقیت در دوره آموزشی برگزار شده، کسب کرده‌اند.

مدیر امور تولید (یا کمیته آموزش) رویه‌هایی را برای آموزش و ارتقا کارکنان تدوین می‌نمایند که مشخص نماید در چه صورت و پس از طی چه دوره‌هایی از آموزش هر کارآموز بهره‌برداری و نگهداری قادر است وظایف مشخصی را به صورت مستقل (بدون نظارت مستقیم سرپرست) انجام دهد و براساس آن اعلام می‌دارند که یک بهره‌بردار چه زمانی به سطح کافی صلاحیت برای بهره‌برداری، بدون نظارت مستقیم، رسیده است.

مسئول بهره‌برداری (و یا کمیته آموزش) تعیین می‌کند که چه کسی صلاحیت هدایت کارآموزان را حین بهره‌برداری دارد.

### ب - شرح وظایف کارکنان بهره‌برداری و نگهداری

وظایف سه رده از کارکنان در سازمان بهره‌برداری و نگهداری، یعنی مهندس مسئول شیفت، تکنسین اتاق کنترل و اپراتور نیروگاه به شرح زیر است و نیازهای آموزشی با توجه به وظایف هر رده و سطح صلاحیت موجود هر فرد تعیین می‌شود.

#### مهندس مسئول شیفت

مهندس مسئول شیفت زیر نظر مهندس مسئول بهره‌برداری (یا مدیر تولید) انجام وظیفه می‌نماید و اهم وظایف وی به شرح زیر است:

- مسئول بهره‌برداری ایمن و موثر نیروگاه در طول شیفت می‌باشد.
- نظارت و تقسیم وظایف افراد را در طول شیفت برعهده دارد.
- مسئولیت دریافت و انجام دستورات سرپرست یا مدیریت نیروگاه را برعهده دارد.
- مسئولیت توجیه، راهنمایی و آموزش افراد تحت سرپرستی را براساس دستورالعمل‌های صادره بر عهده دارد.

- عهده‌دار صدور دستورالعمل کلیدزنی پیش از صدور مجوز کار طبق مقررات (در صورتی که مهندس مسئول بهره‌برداری این دستورالعمل را صادر نکرده باشد)، می‌باشد.
- نظارت بر عملیات بهره‌برداری راه، برای حصول اطمینان از اینکه عملیات کلیدزنی و بهره‌برداری به نحو مناسبی انجام شده است، به عهده دارد.
- صدور مجوز کار و یا دستور آزمایش براساس مقررات
- نظارت بر کار براساس برنامه عادی نگهداری نیروگاه و تجهیزات
- روشن و خاموش کردن واحدها طبق مجوز مدیریت
- حفظ و نگهداری پرونده‌ها و سوابق دستورالعمل‌ها، صورتجلسات و غیره به نحو مطلوب
- نظارت بر ایمنی کارکنان و تهیه گزارش وقایع خطرناک و حوادث
- گزارش شفاهی و تهیه گزارش کتبی در مورد اشکالاتی که اتفاق افتاده است
- صدور دستورالعمل‌ها و بخشنامه‌ها
- بررسی اشکالات اتفاق افتاده برای تجهیزات به منظور رفع عیب و یا تقاضای کمک در اسرع وقت (با توجه به دستورالعمل‌های موجود)
- مطلع نمودن شیفت بعدی (در هنگام تغییر شیفت) در مورد وضعیت موجود بهره‌برداری، دستورات، مجوزهای کار صادر شده و سایر مواردی که دانستن آنها برای بهره‌برداری نیروگاه ضروری است.
- نگهداری سوابق مربوط به بهره‌برداری، عیوب، کلیدزنی، سطح آب مخزن، شرایط هیدرولوژی و غیره
- سرپرستی عملکرد تصفیه‌خانه آب و سایر تاسیسات نیروگاه و انجام بازرسی‌های منظم از کلیه تجهیزات نیروگاه
- انجام سایر دستورات و وظایف محوله

### تکنسین اتاق کنترل

- تکنسین اتاق کنترل زیر نظر مهندس مسئول شیفت انجام وظیفه می‌نماید و اهم وظایف وی عبارت است از:
- کنترل توان اکتیو و راکتیو، ولتاژ، جریان، درجه حرارت و غیره براساس تنظیمات و مقادیر حدی تعریف شده برای این کمیت‌ها
  - به کار انداختن، سنکرون کردن، روشن و خاموش کردن توربین - ژنراتور در مواقع لازم
  - به حالت عادی برگرداندن عملکرد تجهیزات، با استفاده از روش‌های پذیرفته شده و ایمن کلیدزنی، در صورت بروز اشکال و اغتشاش در سامانه و شرایط غیرعادی کارکرد تجهیزات
  - پایش (مونیتورینگ) و ثبت مقادیر کمیت‌های قابل اندازه‌گیری دستگاه‌های اتاق کنترل در مواقع لازم
  - انجام کلیه عملیات بهره‌برداری و کلیدزنی‌هایی که از اتاق کنترل قابل انجام است
  - پایش و گزارش هشدارها (آلارم‌ها)، تریپ‌ها، اشکالات و موارد غیرعادی مشاهده شده
  - کنترل و ثبت علائم و هشدارها
  - ثبت موارد اشکال و وضعیت‌های خاص در دفتر وقایع روزانه اتاق کنترل

- انجام سایر وظایف و دستورات محوله

### اپراتور نیروگاه

اپراتور نیروگاه زیر نظر مهندس مسئول شیفت انجام وظیفه می‌نماید و اهم وظایف وی عبارت است از :

- کنترل و بازرسی کلی وضعیت نیروگاه، براساس دستورالعمل بازرسی‌های روزانه و برداشت قرائت‌های دستگاه‌ها، وسایل اندازه‌گیری و غیره، به خصوص قرائت پارامترهایی که از روی مونیتورهای تابلوهای کنترل واحد یا کنترل مرکزی قابل رؤیت نمی‌باشد.
- روغن کاری، تمیز کردن، تنظیم و انجام کارهای جزئی نگهداری دستگاه‌ها و تجهیزات به نحوی که در برنامه عادی نگهداری ذکر شده است و یا بر طبق دستور مهندس مسئول شیفت
- همکاری با مهندس مسئول شیفت و تکنسین اتاق کنترل در عملیات راه‌اندازی و کلیدزنی (سوییچینگ) برای اجزایی که نمی‌توان آنها را از داخل اتاق کنترل راه‌اندازی کرد و همچنین رفع عیب وسایل و تجهیزات
- همکاری با مهندس مسئول شیفت در انجام وظایف عملیاتی که خارج از اتاق کنترل مرکزی است
- گزارش مشاهدات غیرعادی، اشکالات و غیره به مهندس مسئول شیفت
- ثبت موارد در دفتر وقایع روزانه نیروگاه
- انجام سایر وظایف و دستورات محوله

### ج - سطح صلاحیت کارکنان

- به طور کلی صلاحیت کارکنان نیروگاه را می‌توان از نظر قابلیت‌ها و نحوه انجام وظایف به ۵ رده (به ترتیب از بالاترین سطح صلاحیت تا سطوح پایین‌تر)، به شرح زیر تقسیم نمود:
- سطح ۵- شاغل می‌تواند وظیفه محوله را با سرعتی بهتر از حد سرعت و کیفیت مورد قبول و با ابتکار و قابلیت تطبیق (با شرایط مختلف بهره‌برداری) انجام دهد. شاغل می‌تواند بقیه کارکنان را در انجام وظیفه رهبری کند
- سطح ۴- شاغل می‌تواند وظیفه محوله را با سرعتی بهتر از سرعت و کیفیت مورد قبول انجام دهد و در زمینه‌های خاصی از کار، برای رفع مشکلات ابتکار و قابلیت نشان دهد
- سطح ۳- شاغل می‌تواند وظیفه محوله را بدون کمک و نظارت، با سرعت و کیفیتی بهتر از آنچه مورد قبول است، انجام دهد.
- سطح ۲- شاغل می‌تواند وظیفه محوله را بدون کمک و نظارت انجام دهد
- سطح ۱- شاغل می‌تواند وظیفه محوله را به‌نحو رضایت‌بخش انجام دهد، اما به نظارت و نیز کمک‌های موردی نیاز دارد.

### د - درجه اختیار و شرایط احراز کارکنان

- در پیوست ۶ این راهنما فهرست تفصیلی‌تر شرح وظایف کارکنان و سرپرست بهره‌برداری نیروگاه، همراه با درجه اختیار هر رده از کارکنان، برای وظایف مختلف تعریف شده، ارائه شده است.
- در ذیل جدول مربوط به شرح تفصیلی وظایف و اختیارات، شرایط احراز کارکنان نیز برای تصدی پست‌های مرتبط با بهره‌برداری نیروگاه در نظر گرفته شده است.

### ۵-۱-۳- عناوین برنامه‌های آموزشی

کلیه دوره‌های آموزشی برای هر یک از رده‌ها و گروه‌ها به صورت ویژه طراحی می‌شود. برنامه آموزشی از بخش تئوری و عملی تشکیل می‌شود.

#### ۵-۱-۳-۱- آموزش تئوری

##### ۵-۱-۳-۱-۱- ملاحظات عمومی

دوره‌های آموزش تئوری برای کارکنانی که در آن شرکت می‌نمایند پایه‌ای فراهم می‌کند تا فرد بتواند مهارت‌های خود را در موضوعات فنی و تئوری ارتقا دهد. برنامه آموزش تئوری باید در بخش‌های مختلف به نحوی تنظیم شود که هر قسمت با تکنولوژی تجهیزات به کار رفته در نیروگاه‌های آبی مرتبط باشد.

معمولا دوره‌های آموزش تئوری در یک مرکز آموزشی کاربردی ارائه می‌شود. این مراکز آموزشی باید به تجهیزات لازم برای شبیه‌سازی و تحلیل حالت‌های مختلف بهره‌برداری مجهز باشند و با برخی از مراکز تولید در زمینه آموزش‌های تکمیلی همکاری نمایند.

دوره‌های آموزشی تئوری باید شامل مقاطعی باشد که نوآموزان ضمن بازدید از نیروگاه‌ها به صورت ملموس با تجهیزات نیروگاه آشنا شوند. این روش برای درک بیش‌تر از تئوری‌ها و مبانی کارکرد تجهیزات موثر است.

#### ۵-۱-۳-۲- مقدمات دوره‌ی آموزش تئوری

دوره با یک بخش مقدماتی آغاز می‌شود که در آن مریبان و اساتید و سایر افراد مسئول در دوره آموزشی مروری مختصر در مورد دوره ارائه می‌کنند. مقدمه باید بتواند تصویر کلی از دوره آموزشی را به کارکنان و کارآموزان ارائه کند. در برنامه مقدماتی موارد زیر باید گنجانده شود:

اطلاعاتی در باره تشکیلات مرکز آموزش، معرفی موقعیت کلی قسمت‌های مختلف نیروگاه، بازدیدهای آموزشی از طبقات نیروگاه، کلیدخانه و سد

- بازدید از کارگاه‌های مکانیک و برق و انبارهای مهم تجهیزات

- اطلاعات کلی در باره مقررات ایمنی باید ارائه شود

قسمت‌هایی از نیروگاه که در برنامه مقدماتی دوره آموزش تئوری باید به خصوص مورد توجه و تاکید قرار گیرد عبارتند از:

- پنستاک، توربین و شیرهای اصلی ورودی نیروگاه (کروی و پروانه‌ای)

- ژنراتور و ترانسفورماتور اصلی

- کلیدخانه و خطوط ارتباطی بین خروجی نیروگاه تا کلیدخانه

## ۵-۱-۳-۱-۳- عناوین دوره‌های آموزش تئوری

## الف - ریاضیات

این دوره برای آشنایی با مبانی ریاضیات و به منظور کمک به ارتقا سطح مهارت‌های کارکنان و کارآموزان جدید و آمادگی آنها، برای درک بهتر مسایل عملی مرتبط با این مبانی، می‌باشد.

## ب - علوم مهندسی

علوم مهندسی یکی از راه‌های استفاده از تئوری‌های ریاضی در عمل و به صورت کاربردی می‌باشد. در این دوره آموزشی باید مثال‌های عملی استفاده از این علم در تولید قدرت الکتریکی و کارکرد تجهیزات ارائه شود.

## ج - تئوری‌های الکتریسیته

آموختن تئوری‌های الکتریکی وسیله‌ای برای به کارگیری دانش فنی و ریاضیات برای انجام بهتر فعالیت‌های عملی کارکنان و کارآموزان در شرایط کاری واقعی تجهیزات مرتبط با حوزه کاری آنان می‌باشد. مفاد آموزشی این دوره با این هدف تنظیم می‌شود.

## د - ماشین‌ها و تجهیزات الکتریکی

این قسمت از آموزش، جزئیات مربوط به تجهیزات الکتریکی و چگونگی عملکرد آنها را در نیروگاه برق‌آبی تشریح می‌کند و کلیاتی در مورد نحوه نگهداری و سرویس آنها ارائه می‌دهد.

عناوین اصلی بخش‌های مختلف این دوره آموزشی به شرح زیر توصیه می‌شود:

- ژنراتورها و الکتروموتورهای جریان مستقیم (سنت، سری، کمپوند نقصانی و کمپوند اضافی)
- ژنراتورها و الکتروموتورهای جریان متناوب (آسنکرون القایی، سنکرون و یونیورسال)
- ترانسفورماتورهای قدرت
- رآکتورها
- کلیدهای قدرت
- باتری‌ها
- ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری
- رله‌های حفاظتی

## ه - توربین‌های آبی و ملحقات آن

این قسمت از آموزش، کارکرد اجزای مختلف مربوط به انواع توربین‌ها را در نیروگاه آبی تشریح می‌کند. در این دوره آموزشی موارد مربوط به نگهداری و سرویس‌های مربوط به توربین نیز در سطح کلی مطرح می‌شود.

عناوین اصلی بخش‌های مختلف این دوره شامل انواع توربین‌های آبی، شرح کلی ساختمان آنها، عوامل سایش و کاویتاسیون اجزا توربین آبی، اجزا مکانیکی گاورنر توربین و اصول کلی کار توربین‌ها می‌باشد.

**و - نقشه‌های مهندسی**

درک نقشه‌های فنی، علایم و نمادهای به کار رفته در آنها توسط کارکنان، به نحوی که بتوانند نقشه‌ها و دیاگرام‌های تجهیزات و ارتباط مدارها و اجزا آنها را با یکدیگر تشخیص و ردیابی نمایند، ضرورت دارد. این آموزش باید تا حدی باشد که برای بهره‌برداران، امکان انجام سرویس‌ها و تعمیرات جزئی تابلوها و مدارهای ارتباطی آنها امکان‌پذیر شود.

**ز - مهندسی مکانیک و تکنولوژی قطعات ماشین**

در این دوره اطلاعات کلی و مختصری در مورد مولفه‌ها و اجزای بکار رفته در طراحی مکانیکی تجهیزات گنجانده می‌شود تا کارآموزان و تکنسین‌ها را در درک بیش‌تر نحوه کار و ارتباط اجزا یک مجموعه با یکدیگر یاری دهد. این اجزا عمدتاً عبارتند از انواع بولت‌ها، مهره‌ها و واشرها- پین‌ها- محور، کوپلینگ و کلاچ‌ها، انواع یاتاقان‌ها و کاربرد آنها، چرخ دنده‌ها، زنجیرها و طناب‌ها، لوله‌ها، شیرها و انواع فنرها

**ح - مهندسی مواد**

در این دوره اهمیت انواع مختلف مواد به کار رفته در ساخت تجهیزات اعم از فلزی و غیرفلزی و مواد عایق کننده تشریح و توضیحاتی در مورد چگونگی تاثیر متقابل آنها بر یکدیگر ارائه می‌شود. در مورد آزمایش‌های غیر مخرب روی مواد نیز توضیحات کلی ارائه می‌شود.

**ط - تجهیزات و سامانه‌های کمکی**

تجهیزات کمکی قسمت مهمی از کل سامانه نیروگاه را تشکیل می‌دهد که باید برای ایجاد شرایط ایمن و مطمئن واحدها به صورت صحیحی کار کنند. این دوره آموزشی از بخش‌های اصلی زیر تشکیل می‌شود:

- سرویس‌های کمکی عمومی شامل :

- تامین برق از شبکه محلی
- روشنایی
- تهویه مطبوع
- تهویه فضا‌های نیروگاه
- تامین آب نیروگاه
- سامانه فاضلاب

• سامانه تخلیه آب‌های نشستی و زهکشی

- سامانه‌های کمکی جنبی برای بهره‌برداری از واحدها، شامل:

- سامانه روغن گاورنر
- سامانه روغن روانکاری
- سامانه آب خنک‌کننده

- سامانه هوای فشرده
- سامانه توزیع برق مصرفی تجهیزات و سامانه‌های کمکی نیروگاه
- تجهیزات کمکی برای نگهداری واحدها و سایر تجهیزات نیروگاه شامل:
  - جرثقیل‌ها و بالابرها
  - سامانه تخلیه آب واحدها
  - تجهیزات تصفیه روغن
- پمپ‌های سیالات شامل:
  - پمپ‌های یک طرفه و دو طرفه پیستونی و پلانجری
  - پمپ‌های گریز از مرکز (سانتریفوژ)
  - منحنی‌های مشخصه کار پمپ‌ها
  - کلیات نگهداری پمپ‌ها
- فن‌ها، شامل:
  - ساختمان مکانیکی فن‌ها
  - فن‌های با جریان هوای محوری
  - فن‌های با جریان هوای شعاعی
  - مشخصات کارکرد و بهره‌برداری فن‌ها
- کمپرسورها (اصول کار)
  - انبساط و فشرده کردن گازها
  - کمپرسورهای تک مرحله‌ای نوع دوار پیچشی
  - کمپرسورهای چند مرحله‌ای نوع رفت و برگشتی
  - اصول سرماسازها (برای کولرها) و تهویه مطبوع
  - پمپ‌های خلا

#### ی - رنگ‌ها و لاک‌ها

بخش مهمی از نگهداری، اختصاص به حفاظت سطوح در مقابل خوردگی و فرسایش دارد. این قسمت از آموزش به موضوع حفاظت سطوح می‌پردازد و شامل موارد زیر است:

- حفاظت سطوح فلزی
- رنگ‌آمیزی آهن و فولاد
- سطوح حفاظت شده با روی و گالوانیزه شده
- انواع رنگ‌ها



**ک - تکنولوژی کارگاه ماشین ابزار**

از نظر نگهداری و تعمیرات لازم است کارکنان نیروگاه، اطلاعات پایه و مقدماتی در مورد تکنولوژی کارگاه ماشین ابزار داشته باشند. این قسمت از دوره آموزشی شامل موارد زیر می‌باشد:

- کارگاه ماشین
- ماشین‌های دریل
- ماشین‌های سنگ‌زنی
- تجهیزات جوش کاری
- مونتاژ کاری
- اصول کار با دستگاه تراش
- ابزار دستی

**ل- الزامات ایمنی، اطفای حریق و کمک‌های اولیه**

این قسمت از آموزش در کار بهره‌برداری اهمیت زیادی دارد. آموزش‌های لازم در این خصوص باید به صورت پیوسته ارائه گردد.

- ایمنی و حفاظت صنعتی
  - ایمنی صنعتی
  - حوادث غیر مکانیکی
  - حوادث مکانیکی
  - حوادث الکتریکی
- قواعد ایمنی الکتریکی در نیروگاه‌ها
  - کلیات
  - فضاهای تجهیزات الکتریکی
  - کار بر روی تجهیزات فشار قوی
  - حوادث خطرناک
  - مغایرت با دستورالعمل‌ها
- اطفای حریق و کاربرد تجهیزات اطفای حریق
- کمک‌های اولیه

**۵-۱-۳-۴- بازدیدهای مربوط به دوره آموزش تئوری**

حین آموزش تئوری، باید مقاطعی به معرفی و نمایش کارکرد واقعی تجهیزات و سامانه‌ها در نیروگاه اختصاص داده شود، که این مقاطع قسمت مهم آموزش تئوری را تشکیل می‌دهد. این معرفی و بازدیدها برای واحدها، سامانه‌های جانبی آنها، سامانه‌های کمکی بهره‌برداری و سامانه‌های کمکی مربوط به نگهداری و سامانه‌های کمکی عمومی نیروگاه را شامل می‌شود. طی این بازدیدها، انواع

شیرهای به کار رفته در مجموعه نیروگاه، اجزا و اصول کار انواع پمپ‌ها، کمپرسورها، رله‌های مختلف مورد استفاده در نیروگاه سامانه‌های تخلیه آب واحدها، پر کردن درفت تیوب و پنستاک و سامانه‌های آب خنک‌کننده و سامانه‌های روانکاری معرفی و کارکرد آنها تا حد امکان نمایش داده می‌شود.

در هنگام معرفی و نمایش عملکرد تجهیزات اصلی و سامانه‌های جانبی و کمکی مسئله اصلی در دسترس بودن تجهیزات و سامانه‌ها می‌باشد و به هماهنگی‌های خاصی، با توجه به الزامات کار واحدها، نیاز دارد. در این موارد ممکن است به جای مراحل متعدد بازدید و معرفی، در بین دوره‌های آموزشی، برنامه نمایش عملی کارکرد تجهیزات به دوره‌ای که واحدها و تجهیزات برای این شرایط آمادگی دارند موکول شود.

#### ۵-۱-۳-۱-۵ - برنامه امتحان کارآموزان

در پایان هر دوره آموزش تئوری باید برای کارآموزان امتحان برگزار شود. در پایان دوره آموزش هر گروه یک امتحان نهایی و عملی نیز به عمل می‌آید.

#### ۵-۱-۳-۲-۱-۵ - آموزش‌های عملی

#### ۵-۱-۳-۱-۵ - ملاحظات عمومی

هدف از آموزش عملی آشنایی کارآموزان و کارکنان با تجهیزات مربوط به حوزه کارشان به منظور ایجاد درک کافی از عملکرد تجهیزات می‌باشد. این آموزش‌های عملی به شرح زیر دسته‌بندی می‌شود:

- آشنایی با جانمایی نیروگاه، سامانه‌ها و اجزا آن
- اطلاع از دانش و مهارت‌هایی که برای یک بهره‌بردار نیروگاه لازم است
- توانایی در انجام فعالیت‌های مرتبط با بهره‌برداری و بازرسی و نگهداری عادی تجهیزات نیروگاه
- آگاهی در مورد اصول ایمنی برای کارکنان در محیط صنعتی
- توانایی انتقال اطلاعات به همکاران و سرپرستان با دقت کامل
- توانایی در تشخیص شرایط عادی و شرایط غیرعادی و قابلیت و حد تحمل کارکرد تجهیزات در شرایط مذکور
- توانایی در قبول و انجام وظایف و یا دستورات مستقیم مسئول ذیربط

#### ۵-۱-۳-۲-۲-۱-۵ - تجربیات آزمایشگاهی و کارگاهی

آموزش عملی شامل تمرینات آزمایشگاهی نیز می‌شود. این تمرینات شامل آموزش‌های عملی مرتبط با وظایف افراد در زمینه تکنولوژی برق و الکترونیک، مکانیک، هیدرولیک و ماشین ابزار می‌باشد. به تمام کارآموزان و کارکنان باید در زمینه آزمایشگاهی آموزش داده شود، لیکن این آموزش‌ها باید متناسب با درجه صلاحیت و رده‌کاری آنها تنظیم شود:

- الف - تجربیات آزمایشگاهی در زمینه مکانیک
- ب - کارگاه مکانیک (شامل تمریناتی در زمینه مهندسی مکانیک)
- ج - کارهای مربوط به آزمایشگاه هیدرولیک

د - آزمایشگاه الکترونیک

ه - کارگاه برق

#### ۵-۱-۳-۲-۳- دوره‌های خاص عملی و کاربردی

علاوه بر دوره‌های آموزش تئوری و عملی، که برای کارآموزان و کارکنان جدیدتر نیروگاه اجرا می‌شود، لازم است دوره‌های آموزش خاص و کاربردی در زمینه‌های مختلف نیز، برای حفظ سطح مهارت، ارتقای مهارت‌ها و روز آمد نمودن دانش کارکنان نیروگاه در مرحله عملیاتی به اجرا گذاشته شود. برای کارکنان کلیدی نیروگاه نیز لازم است دوره‌هایی با مدت طولانی‌تر، در زمینه‌هایی که فن‌آوری‌های جدیدتر به کار گرفته شده است، در نظر گرفته شود.

عناوین اصلی برنامه‌های آموزشی، که عمدتاً دوره‌های کوتاه مدت عملی را شامل می‌شود، به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- ایمنی الکتریکی
- ایمنی کارکنان
- اطفای حریق
- کمک‌های اولیه
- آموزش مقابله با حوادث طبیعی
- حفظ محیط زیست

#### آموزش در ارتباط با نگهداری و تعمیرات تجهیزات مکانیکی شامل:

- بازرسی تجهیزات و سامانه‌های مکانیکی نیروگاه (شامل توربین‌ها، گاورنر، جرثقیل‌ها، کمپرسورها، پمپ‌ها و یاتاقان‌ها) و آسانسورها
- جوشکاری: جوش با قوس الکتریکی
- جوشکاری: جوش دادن لوله‌های از جنس فولاد زنگ نزن و جوش کاری قطعات از جنس آلومینیوم
- تراشکاری و فرز کاری (سطح A)
- تراشکاری (سطح B)
- حفاظت در مقابل زنگ‌زدگی و رنگ‌آمیزی
- روغنکاری و انواع روغن‌ها

#### آموزش در ارتباط با نگهداری و تعمیرات تجهیزات الکتریکی شامل:

- بازرسی ژنراتور و سامانه تحریک
- بازرسی سامانه‌های تهویه مطبوع
- اتصال کابل‌های قدرت
- اتصال کابل‌های فیبر نوری
- قرائت دیاگرام‌ها و نقشه‌های الکتریکی و مکانیکی

- آموزش عملی در ارتباط با بهره‌برداری نیروگاه
- آموزش سامانه کنترل و حفاظت نیروگاه

#### آموزش در مورد خطوط انتقال فشار قوی نیروگاه شامل:

- بازرسی برج‌ها و فونداسیون‌ها
- بازرسی مقره‌ها و یراق‌آلات
- بازرسی هادی‌ها و یراق‌آلات مربوطه
- بازرسی سیم‌های اتصال زمین سیم‌ها
- فلسفه زمین کردن الکتریکی
- اندازه‌گیری مقاومت زمین
- تعویض و تعمیر سیم‌های هادی و سیم‌های محافظ هوایی
- تعویض مجموعه مقره‌ها

#### ۵-۱-۴- آموزش مدیریت

این دوره در مورد نحوه رهبری کردن گروه است به طوری که مسئول هر قسمت یا گروه بتواند مستقلاً در حوزه کاری خود تصمیم‌گیری نماید

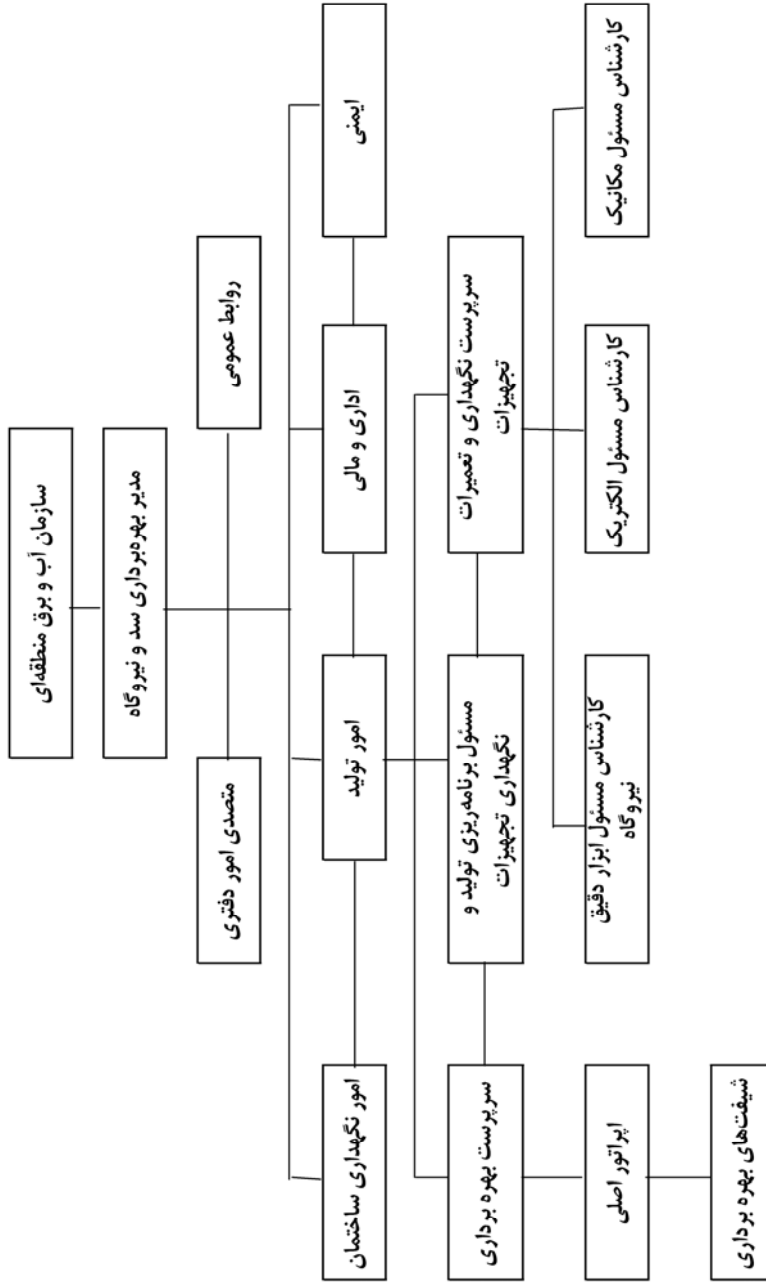
#### ۵-۱-۵- سازمان و تشکیلات بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات

در این قسمت سه نمودار، به عنوان نمونه، برای سازمان و تشکیلات بهره‌برداری و نگهداری تاسیسات آبی با هدف اصلی تامین انرژی الکتریکی به شرح زیر ارائه شده است:

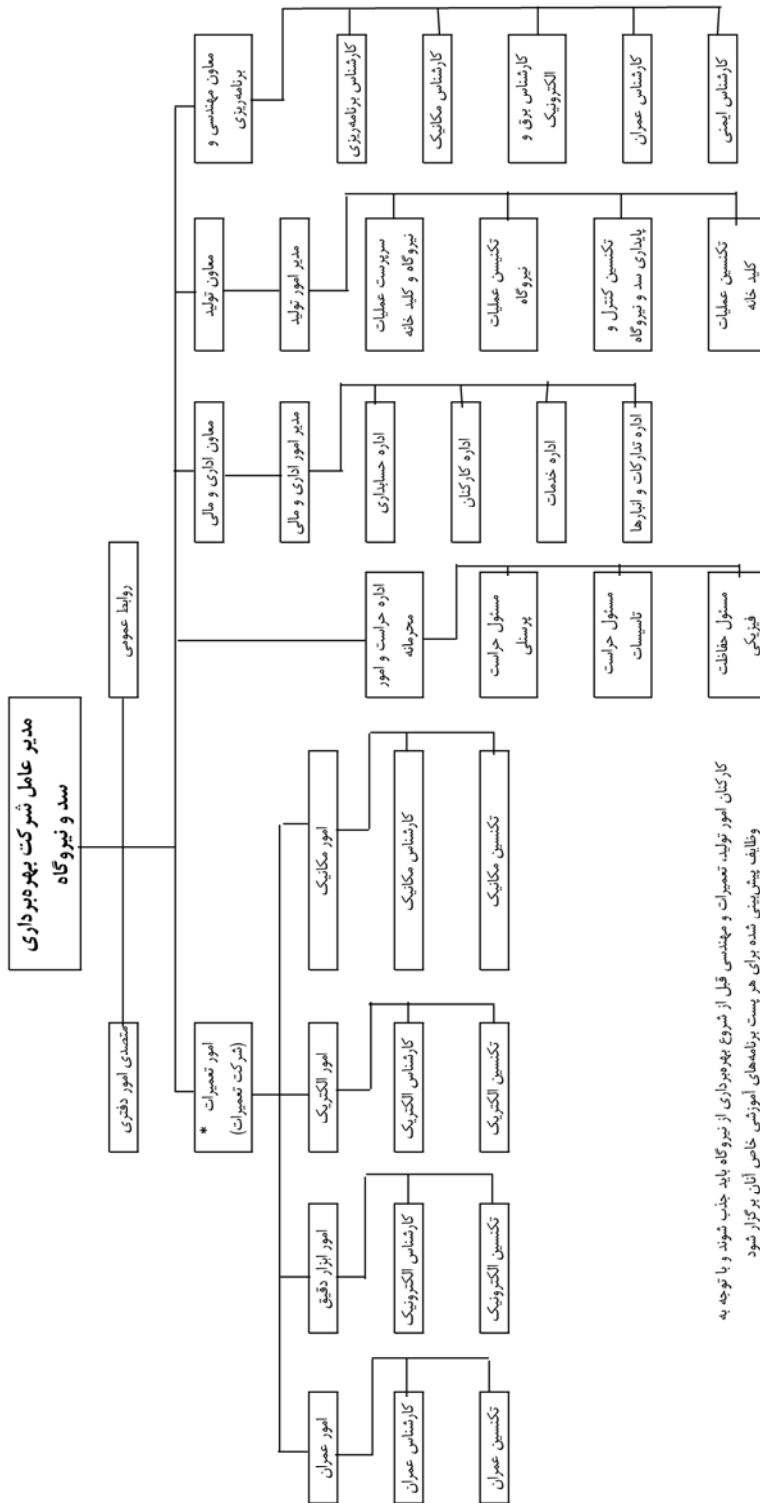
نمودار (۱-۵)، افراد اصلی چارت تشکیلات<sup>۱</sup> کارکنان مربوط به بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات را نشان می‌دهد، این نمودار برای نیروگاه برق آبی با ظرفیت کل حداکثر تا ۱۰۰ مگاوات (نیروگاهی شامل واحدهایی با ظرفیت متوسط) ارائه شده است. در این نمونه فرض بر این است که بنابر ضرورت، تعمیرات اساسی توربین، ژنراتور و برخی از تجهیزات اصلی پیچیده با دعوت از نیروهای متخصص یک شرکت تعمیراتی، انجام خواهد شد و این نیروها، جزو کارکنان دائمی تشکیلات بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات نمی‌باشند.

نمودار (۲-۵)، سازمان و تشکیلات تاسیسات تولید انرژی برق آبی با نیروگاهی با واحدهای بزرگ (هر واحد با ظرفیت حداقل ۱۰۰ مگاوات) با ظرفیت کل نصب شده تا ۱۰۰۰ مگاوات را به عنوان نمونه نشان می‌دهد.

نمودار (۳-۵)، سازمان و تشکیلات تاسیسات تولید انرژی برق آبی، با نیروگاهی شامل واحدهای بزرگ و با ظرفیت کل نصب شده تا ۲۰۰۰ مگاوات را به عنوان نمونه، نشان می‌دهند.



نمودار ۵-۱- افراد اصلی چارت تشکیلاتی برای یک نیروگاه بزرگ با واحدهای کوچک و متوسط با ظرفیت کل حداکثر ۱۰۰ مگاوات

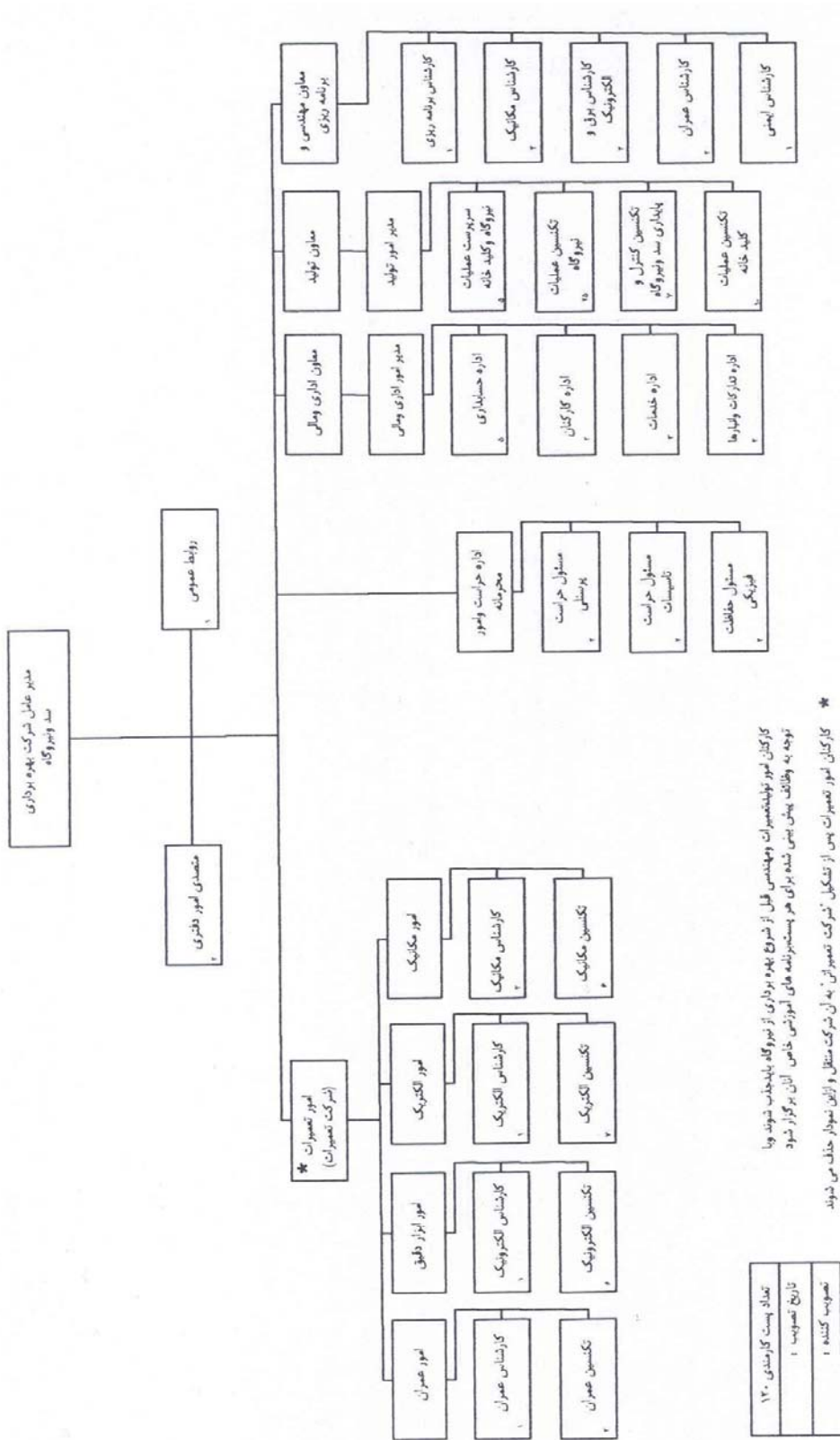


\* کارکنان امور تعمیرات پس از تشکیل "شرکت تعمیراتی" به آن شرکت منتقل و از این نمودار حذف می‌شوند

کارکنان امور تولید، تعمیرات و مهندسی قبل از شروع بهره‌برداری از نیروگاه باید جذب شوند و با توجه به وظایف پیش‌بینی شده برای هر پست برنامه‌های آموزشی خاص آنان برگزار شود

**نمودار ۲-۵- نمونه چارت سازمانی برای تأسیسات نیروگاه برق آبی با واحدهای بزرگ با ظرفیت نصب تا ۱۰۰۰ مگاوات**

تعداد پست کارشناسی ۱۰۰
تاریخ تصویب :
تصویب کننده :



نمودار ۳-۵- نمونه چارت سازمانی برای تأسیسات نیروگاه برق آبی با واحدهای بزرگ با ظرفیت نصب تا ۲۰۰۰ مگاوات

## ۵-۲- توصیه‌های ایمنی در نیروگاه آبی

### ۵-۲-۱- کلیات

این بخش از راهنما، توصیه‌های ایمنی برای کارکنان بهره‌بردار و کلیات مربوط به تامین شرایط ایمن برای کارکرد تجهیزات را مورد توجه قرار می‌دهد.

در طراحی و ساخت تجهیزات نیروگاه، با به کارگیری سامانه‌های حفاظتی الکتریکی و مکانیکی در نیروگاه، ملاحظات ایمنی در نظر گرفته می‌شود، به گونه‌ای که منابع خطر به حداقل رسانده شود و میزان ریسک به هنگام بهره‌برداری کاهش یابد. به موازات تمهیدات حفاظتی و سامانه‌های پیش‌بینی شده برای اعلام و دفع حریق و نیز نصب هشدار دهنده‌ها در مورد حوادث و بلایای پیش‌بینی نشده، لازم است دوره‌های آموزشی پیوسته برای بهره‌برداران و کارکنان تعمیرات در خصوص ملاحظات ایمنی برگزار شود، تا از بروز حوادث به هنگام کار در زمان بهره‌برداری، تعمیر تجهیزات و جابه‌جایی قطعات و مواد مصرفی قابل اشتغال جلوگیری شود. برای رویارویی با شرایط اضطراری در نیروگاه و تاسیسات آبی از قبیل آتش‌سوزی، سیل، تخلیه گاز دی‌اکسیدکربن و حوادث پیش‌بینی نشده، گروه‌های امدادی ویژه که آموزش‌های خاص برای مقابله با حوادث را دیده‌اند، زیر نظر مسئول هماهنگ کننده عملیات در شرایط اضطراری وارد عمل می‌شوند. با این حال برای کلیه بهره‌برداران و کارکنان نیروگاه دوره‌های آموزشی درخصوص شرایط پیش‌بینی نشده و نیز شرایط اضطراری باید برگزار شود تا با اشراف به رویه‌ها و ملاحظات خاص ایمنی در این شرایط، حفاظت کارکنان تامین و خسارات ناشی از شرایط اضطراری به حداقل رسانده شود. حفاظت از جان و سلامتی کارکنان از وظایف قانونی مدیریت نیروگاه است. هم‌چنین هر کدام از مسئولین امورها، قسمت‌ها و مسئولین شیفت در مورد حفظ ایمنی کارکنان تحت سرپرستی خود مسئول می‌باشند.

هدف از اجرای برنامه آموزشی، ایجاد و توسعه یک تشکیلات بهره‌برداری توانا و پویا است، به طوری که علاوه بر هنگام بهره‌برداری از نیروگاه، در سایر اوقات و شرایط نیز منابعی که بالقوه خطر آفرین هستند شناسایی شده و از نظر اقدامات ایمنی مورد توجه خاص قرار گیرند.

عوامل اصلی که معمولاً در ایجاد حوادث کار موثرند عبارتند از:

- کمبود و یا نبود وسایل و تسهیلات حفاظتی مناسب
- کمبود یا نبود تجربه کارکنان در زمینه شناسایی منابع خطر آفرین مرتبط با تجهیزات و عدم رعایت رویه‌های مربوط به تعمیرات و جابه‌جایی تجهیزات و مواد
- خطاهای بهره‌بردار
- سهل‌انگاری در اجرای وظایف محوله و عدم رعایت دستورالعمل‌های مربوط به کار با تجهیزات
- متناسب نبودن لباس با نوع کار

### ۵-۲-۲- برنامه اقدامات ایمنی

برنامه اقدامات ایمنی به طور کلی موارد زیر را شامل شود:

- پیش‌بینی تسهیلات حفاظتی لازم برای بهره‌برداری و تدوین رویه‌های لازم برای کنترل عملکرد آن



- تدوین دستورالعمل‌های ایمنی مربوط به روش‌های مناسب کار که از طرف ارگان‌های مسئول ایمنی و یا مؤسسات حرفه‌ای تهیه شده است
- آگاه نمودن بهره‌برداران و کارکنان نیروگاه از قواعد و روش‌های ایمنی که از طرف سازندگان تجهیزات توصیه شده، با ارسال نسخه‌ای از صفحات خاص دستورالعمل‌های سازندگان و یا نصب اعلان‌های حاوی نکات مهم مربوط به ایمنی آن تجهیز در محل کار آنان
- برگزاری برنامه آموزش ایمنی درخصوص رفتار صحیح کارکنان در زمینه ایمنی
- بررسی روش‌های بهره‌برداری و انجام کارهای تعمیراتی از نظر ایمنی
- برگزاری دوره آموزشی درمورد رویارویی باحوادث ضمن کار و مواجه شدن با شرایط غیرعادی کارکرد تجهیزات
- انجام تمرینات دوره‌ای، حداقل سالی یک‌بار، با ایجاد شرایط اضطراری ساختگی، به خصوص در زمینه حریق، تخلیه دی اکسیدکربن و یا سیل، به منظور آموزش عملی کارکنان

### ۵-۲-۳- دستورالعمل‌های ایمنی

دستورالعمل‌های ایمنی بطور کلی باید مراحل کاری و موارد زیر را شامل شود:

- بهره‌برداری
- نگهداری و رفع نواقص جزئی
- استفاده از ابزار و تجهیزات
- جابه‌جایی لوله‌ها و شلنگ‌های تحت فشار آب، روغن و هوا
- فعالیت‌های بازرسی و تعمیراتی، شامل تعمیرات اساسی و استفاده از جرثقیل‌ها
- حمل و نقل مواد قابل اشتغال، مواد خطرناک و آلوده‌کننده محیط زیست
- استفاده از وسایل حفاظت فردی
- رویه‌های حفاظت در مقابل حریق و آتش‌نشانی
- رویه‌های مربوط به تخلیه نیروگاه در شرایط اضطراری

### ۵-۲-۴- پوشش حفاظتی کارکنان

هنگام تعمیرات، جابه‌جایی تجهیزات و مواد، وسایل حفاظتی فردی به شرح زیر باید مورد استفاده قرار گیرد:

- دستکش ایمنی به هنگام تعمیرات
- کلاه ایمنی، در مواردی که خطر صدمه دیدن سر افراد وجود دارد
- عینک حفاظتی، لباس مخصوص حفاظتی سرتاسری و محافظ دست به هنگام جابه‌جایی مواد شیمیایی و خطرناک، تمیزکاری با حلال‌های مختلف و همینطور مواد اسیدی و بازی (چنان‌که استفاده از وسایل حفاظتی فردی، برای وظایف محوله خاص به بهره‌بردار و یا کارکنان تعمیراتی اجباری باشد، باید آموزش خاص در مورد خطرات پیش رو و طرز استفاده صحیح از آن وسایل داده شود)

### ۵-۲-۵- نشان کردن با رنگ‌های ایمنی (هشداردهنده)

برای آگاه کردن کارکنان در مورد نقاط خطرناک و نیز جلب توجه آنها به وسایل ایمنی (شامل حفاظها، موانع برخورد با قطعات الکتریکی، کلیدهای اضطراری و مانند آن) قویا توصیه می‌شود که این موارد و محل‌ها با رنگ‌های ایمنی هشداردهنده مشخص گردند.

### ۵-۲-۶- وسایل حفاظتی برای کار ایمن افراد

#### الف- حفاظ‌های مربوط به تجهیزات

حفاظ‌ها، درپوش‌ها و موانعی که برای تجهیزات و اجزا آنها قبل از شروع بهره‌برداری پیش‌بینی شده است و کارکرد ایمن کارکنان را تضمین می‌کند باید به صورت سالم و دست نخورده باقی بماند. این وسایل حفاظتی شامل موانع برخورد با محور یا سایر قطعات گردنده، درپوش روی کویلینگ‌ها، ریل‌ها و حفاظ آنها، موانع برخورد با قطعات الکتریکی و حفاظ ریل‌های تحت ولتاژ جرتقیل‌های سقفی و جان‌پناه پله‌ها و مانند آن می‌باشد. چنان‌که این وسایل صدمه دیده و یا به هنگام تعمیر تجهیزات مربوطه موقتا برداشته شده باشند، باید مجددا و قبل از بهره‌برداری مجدد از تجهیزات استفاده از مکان‌های مربوط به آنها به حالت اول برگردانده شود.

#### ب - محافظت کارکنان در مقابل صدا

انتشار صدا در نیروگاه‌های آبی به ویژه در واحدهای با هد زیاد، می‌تواند در درازمدت باعث تقلیل شنوایی کارکنان ذریبط شود. بهره‌برداران نیروگاه باید «سطح صدا» را به ویژه در مورد تجهیزات و مکان‌های زیر مشخص نموده و اقدامات لازم را برای جلوگیری از خطرات احتمالی انجام دهند:

- کمپرسورها، گیربکس‌ها
- لوله‌های مکش و درب آنها
- محفظه‌های حلزونی غیرمدفون
- موتورها و پمپ‌ها
- ژنراتورها

چنانچه سطح صدا از حدود ۸۵ دسی بل تجاوز کند استفاده از گوشی ضروری خواهد بود.

### ۵-۲-۷- ملاحظات کلی ایمنی هنگام بهره‌برداری نیروگاه

در شروع بهره‌برداری از واحد، به خصوص هنگامی که واحد برای مدتی برای بازرسی‌ها و یا تعمیرات متوقف بوده است موارد زیر از نظر ایمنی باید کنترل شود:

#### الف- آمادگی برای شروع بهره‌برداری

- فقط در صورتی بهره‌برداری از نیروگاه مجاز است که وسایل حفاظتی مناسب از جمله سامانه اطفاء حریق در دسترس و آماده استفاده باشد
- حفاظ‌ها و تمهیدات ایمنی که قبلا برای عملیات تعمیرات و جابه‌جایی باز شده است باید مجددا نصب گردد

- قبل از بستن دریچه‌های آدم رو باید کنترل شود که هیچ‌کس در داخل تجهیز مربوطه نیست
- مسیرهای عبور و حمل و نقل باید عاری از موانع باشد. سطوح لغزنده که خطر سرخوردن را ایجاد می‌کند باید تمیز شود.
- ابزار و مواد و همچنین گریس، روغن و یا آب‌های نشتی روی سطوح و مسیرهای حمل و نقل باید تمیز شود.
- قبل از راه‌اندازی تجهیزات و سامانه کنترل باید اشخاص غیرمرتبط با بهره‌برداری محل را ترک کنند.

#### ب- شروع به کار واحدهای نیروگاه

- افرادی که مسئول راه‌اندازی واحدها می‌باشند باید اطمینان حاصل کنند که هیچ‌کس در معرض خطر نمی‌باشد. مکان‌های در معرض خطر نیز باید کنترل گردد.

#### ج- توقف اضطراری واحد

- در صورت وجود خطر بالقوه با فشار دادن دکمه توقف اضطراری باید نیروگاه خاموش شود. عکس‌العمل سریع در مواقع اضطراری می‌تواند جان انسان‌ها را نجات دهد.
- هر کدام از کارکنان باید در مورد عملکرد و موقعیت کلیدهای توقف اضطراری آگاهی و آموزش لازم را داشته باشند.
- عملیات مربوط به توقف اضطراری واحد باید به طور منظم با شبیه‌سازی، کنترل شود تا از عملکرد این سامانه در مواقع اضطراری اطمینان حاصل شود.

#### د- ملاحظات ایمنی حین کار واحدها

- بهره‌برداران باید موارد زیر را مرتباً در نظر گرفته و رعایت نمایند:
- علامت‌های مشخص رنگی برای نقاط خطرآفرین
- مطالب هشدار دهنده که روی تابلوها نوشته شده است
- خودداری و جلوگیری از برداشتن وسایل حفاظتی، موانع و تابلوهای هشدار دهنده
- در محدوده واحدها ورود به هیچ محوطه‌ای غیر از راه‌ها و پلکان‌های در نظر گرفته شده برای این منظور، مجاز نیست.
- همچنین بالا رفتن و عبور از موانع به صورت غیرعادی ممنوع می‌باشد
- از نزدیک شدن دست‌ها به قطعات متحرک و چرخنده باید پرهیز شود
- از نزدیک شدن به قطعات متحرک و نوسان کننده مانند سروموتورها، بازوهای دریچه‌های تنظیمی، وزنه متقابل شیر اصلی ورودی توربین خودداری شود، زیرا حرکت غیرقابل پیش‌بینی این قطعات می‌تواند خطر آفرین باشد
- در هنگام جابه‌جایی لوله‌های قابل انعطاف (شلنگ‌ها) و یا کابل‌ها در نزدیک دستگاه‌های در حال کار باید دقت زیاد به عمل آید. شلنگ ممکن است به راحتی به محورها و کویلینگ‌ها گیر کند
- از پوشیدن لباس‌های گشاد خودداری شود. شافت‌های چرخان خطر کشیده شدن قسمتی از لباس به داخل و گیر کردن آن را ایجاد می‌کند
- هیچ‌گاه نباید دست‌ها را بین قطعات چرخنده و حفاظ‌های مربوط به آنها قرار داد

- از نزدیک شدن دست‌ها به تسمه‌ها و زنجیرها باید خودداری شود
- در محدوده محورهای متحرک و کوپلینگ موتور باید دقت شود که حفاظ‌های مربوطه برداشته نشود

#### ه- کار با دستگاه‌های در حال کار

- در قسمت‌هایی از نیروگاه که قسمت‌های چرخنده و متحرک واقع شده‌اند فقط در صورتی باید کارکرد که عملیات غیرقابل اجتناب باشد و سلامت کارکنان در خطر نباشد
- از لباس‌های مناسب و چسبان استفاده شود. پوشیدن لباس‌های گشاد ممکن است خطر آفرین شود
- با توجه به نوع کار باید کارکنان از کفش ایمنی، کلاه ایمنی، دستکش، گوشی، طناب و سایر تجهیزات مشابه استفاده کنند
- عبور از معابر باریک فقط در صورتی که کار کاملاً جنبه اضطراری داشته باشد مجاز می‌باشد
- قطعات متحرک و چرخنده در حین کار نباید جابه‌جا شوند
- روی ریل‌ها و یا وسایل حفاظتی نباید راه رفت
- در داخل مناطق پرخطر نباید خم شد
- زیر قطعات چرخنده نباید به صورت خزشی حرکت کرد
- مابین قطعات متحرک نباید قدم زد

#### ۵-۲-۸- ملاحظات کلی ایمنی حین انجام تعمیرات در زمان توقف واحد

- هنگام انجام کارهای بازرسی، اصلاحی و تعمیرات تجهیزات مختلف موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:
- شروع به کار بازرسی دقیق به منظور رفع نواقص فقط باید در زمان‌هایی انجام شود که دستگاه خاموش شده، منبع تغذیه آن (مثل برق و هوای فشرده) قطع گردیده است و امکان حرکت اتفاقی آن نیز موجود نمی‌باشد. در صورت لزوم باید قسمت‌های متحرک قفل شوند.
- در صورتی که انجام کارهای بازرسی و تعمیراتی نیاز به وسایل کمکی مانند داربست و یا وسایل مشابه آن داشته باشد، باید طراحی این وسایل به صورت کاملاً مطمئن باشد و از قطعات محافظ برای جلوگیری از واژگون شدن آنها استفاده شود. در صورت استفاده از سکوی تعمیراتی لوله‌مکش، این سکو باید به طور کامل نصب و محکم شود.
- قبل از باز کردن لوله‌ها و سایر تجهیزات مرتبط با روغن، آب و هوا باید فشار سامانه تخلیه گردد. جابه‌جایی مخازن تحت فشار که در مکان ثابتی مستقر می‌باشند فقط در حالت بدون فشار مجاز می‌باشد
- برای جابه‌جایی قطعات دستگاه‌ها فقط از نقاط تعلیق مجاز، که توسط سازنده پیش‌بینی شده باید استفاده شود.
- محفظه‌های پاناقان و قطعات دیگری که از مرکز ثقل خود آویزان نمی‌شوند باید هنگام حمل و نقل کاملاً محکم نگهداشته شوند
- پیچ‌های مخصوص مونتاژ و قلاب‌ها از نظر خوردگی و صدمات مکانیکی باید کنترل شوند

- قبل از اقدام به بلند کردن هر نوع بار باید اطمینان حاصل شود که مجموعه سامانه بالابری (قلاب‌ها، طناب‌ها و اجزا مانند آن) برای بار موردنظر مناسب است. زاویه تعلیق نیز باید طبق دستورالعمل‌های جابه‌جایی هر تجهیز انتخاب شود
- بهتر است روی طناب‌ها، تسمه‌ها و سایر وسایل بالابری برچسب ظرفیت نصب شود
- وسایل بالابری (نظیر طناب‌ها، تسمه‌ها و غیره) باید از نظر فرسایش و وجود نقاط ضعیف روی آنها کنترل شود
- ایستادن و عبور از زیر بارهایی که توسط بالابر بلند شده مطلقاً ممنوع می‌باشد
- در هنگام انجام رنگ‌آمیزی تجهیزات باید تهویه کافی برای حفاظت پرسنل موجود باشد و دستورالعمل‌های سازنده برای کاربرد مواد رنگی در این رابطه کاملاً رعایت شود
- برای کارهای جوش کاری و سنگ‌زنی باید از سطح مطمئن استفاده شود، تهویه و نور مناسب باشد و از لوازم تنفسی مناسب استفاده شود. برای کارهای جوش کاری وسیع بهتر است یک نفر به تنهایی کار نکند. همچنین لازم است سامانه ولتاژ پایین یا ترانسفورماتور ایمنی به کار گرفته شود
- در هنگام استفاده از جک‌های کِشنده و سایر تجهیزات نصب برای یاتاقان‌ها و تجهیزات مشابه ممکن است قطعات به طور ناگهانی شل شده و با نیرو و سرعت زیاد ایجاد خطر نماید، برای جلوگیری از این امر باید از مهارها و متوقف‌کننده‌های مناسب استفاده شود
- شلنگ‌های سامانه‌های هیدرولیک، هوای فشرده و سیلندرهای تحت فشار، وسایل بالابرنده (جک) باید مرتباً از نظر صدمات، فرسایش و پیری چک شوند. ترکیدن یک شلنگ تحت فشار ممکن است منجر به حوادث و صدمات غیرقابل جبران گردد
- مخازن تحت فشار موجود در نیروگاه باید مطابق دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری مرتباً کنترل گردند
- در هنگام مونتاژ مجدد قطعات باید دقت زیادی شود که کلیه اتصالات با تورک مناسب سفت شود. برای عملکرد بدون خطر تجهیزات، این کار بسیار مهم است
- بعد از نصب و مونتاژ قطعات، باید قسمت‌هایی از پلکان‌ها، نرده‌ها و موانعی که قبلاً برداشته شده است به طور کامل در جای خود قرار گیرد. همچنین کلیه وسایل حفاظتی که برداشته شده باید مجدداً نصب گردد
- در صورت استفاده از قطعات یدکی به هنگام تعمیر تجهیزات باید ابتدا مطمئن شد که قطعه یدکی در انبار در شرایط مساعدی نگهداری شده است. همچنین ضروری است که قطعات یدکی برای اجزا مهم از سازنده اصلی خریداری شده و یا کیفیت مشابه و تایید شده داشته باشد. رعایت این موارد باعث می‌شود کارکرد ایمنی تجهیزات به دلیل به کارگیری قطعات یدکی نامناسب با خطر مواجه نشود

#### ۵-۲-۹- حفاظت در برابر «استارت» ناخواسته

- واحدهای که خاموش شده است باید در برابر «استارت» اتفاقی و ناخواسته حفاظت شود تا انجام کارهای بازرسی، تعمیرات پیش‌گیرانه و تعمیرات موردی با خطر مواجه نشود.
- کلیدها و سایر اجزای مربوط به راه‌اندازی واحد که در هنگام بازرسی و نگهداری نباید تحریک و یا فعال شوند، باید به طریق مناسبی حفاظت شود (مثلاً از طریق قفل مکانیکی یا قفل اطمینان).

علاوه بر موارد کلی فوق‌الذکر، کارهای حفاظتی و ایمنی زیر نیز باید انجام شود:

- برای توربین‌های با ارتفاع (هد) متوسط و بالا
  - بستن شیر اصلی ورودی توربین
  - قفل کردن مکانیکی شیر مطابق دستورالعمل سازنده
- برای توربین‌های با هد پایین
  - بستن شیر اصلی ورودی که واحد فاقد شیر ورودی اصلی باشد موارد زیر انجام شود:
  - بستن و قفل کردن دریچه‌های تنظیمی طبق دستورالعمل
  - بستن دریچه یا شیر موجود در قسمت راس آبیگیر (در صورت وجود)
- برای موتورهای ثابت کلید اصلی باید قفل شود.
- در مورد محرک‌های هیدرولیکی، باید مدار تغذیه روغن به نحو مناسبی قطع شود.
- در مورد مخازن تحت فشار، شیر دستی اصلی آن بسته شود.
- در مورد سامانه‌هایی که با آب تحت فشار کار می‌کند شیر دستی اصلی باید بسته شود.

#### ۵-۲-۱۰- ایمنی کارکنان در صورت کارکرد غیرعادی تجهیزات

بروز شرایط غیرعادی در تجهیزات معمولاً برای کارکنان نیروگاه خطرناک نیست مگر اینکه لازم شود، بازرسی و یا کار اصلاحی در مورد تجهیزاتی که در حال کارند انجام شود. بهره‌برداران باید همیشه توسط مسئول بهره‌برداری هدایت شوند که در چه صورتی می‌توانند در شرایط غیرعادی روی تجهیزات در حال بهره‌برداری کار اصلاحی انجام دهند. هنگامی که شرایط غیرعادی در حالی پیش آمده است که کارکنان روی تجهیزات کار می‌کنند مسئول بهره‌برداری باید در این حالت اول مطمئن شود که تمام کارکنان در وضعیت ایمن هستند و بعد برای برگرداندن تجهیزات به وضعیت عادی اقدام کنند. اگر برای عملیات اصلاحی به کارکنان گروه تعمیرات نیاز باشد، مهندس مسئول بهره‌برداری باید مطمئن شود که کار کردن روی تجهیز موردنظر ایمن است و قبل از شروع کار اصلاحی شرایط ایمنی برقرار شده است و چنان‌که بهره‌برداری در شرایط غیرعادی احتمال خطر برای کارکنان در برداشته باشد ایمنی افراد باید نسبت به هر اقدام اصلاحی در اولویت قرار گیرد.

#### ۵-۲-۱۱- ایمنی افراد هنگام اطفای حریق به وسیله گاز دی‌اکسیدکربن

این قسمت شامل دستورالعمل‌هایی برای ایمنی افراد هنگام رفع خطر آتش با تخلیه گاز دی‌اکسیدکربن (CO<sub>2</sub>) می‌باشد و فعالیت‌های توصیه شده به هنگام وقوع خطر را ارائه می‌نماید.

در بسیاری از نیروگاه‌ها برای حفاظت ژنراتور در برابر آتش‌سوزی و جلوگیری از توسعه آتش از سامانه تخلیه گاز دی‌اکسیدکربن استفاده می‌شود. معمولاً دی‌اکسیدکربن در فضای داخلی محفظه ژنراتور تخلیه می‌شود، لیکن این گاز از طریق بازشدگی‌های محفظه، به فضاهای بیرون محفظه سرایت می‌کند و به دلیل سنگین‌تر بودن دی‌اکسیدکربن از هوا در ترازهای پایین‌تر نیروگاه قرار می‌گیرد.

تجمع گاز دی‌اکسیدکربن در فضا برای انسان مهلک است و در صورت تخلیه آن به خاطر حفاظت تجهیزات، شرایط خطرناکی را برای کارگران و افرادی که در اتاقک توربین یا سایر مناطق و طبقات واقع در ترازهای پایین‌تر نیروگاه کار می‌کنند، ایجاد می‌نماید.

بنابراین به محض تخلیه دی‌اکسیدکربن افراد باید به سرعت از این مناطق تخلیه شوند. اقدامات ذیل، به عنوان حداقل کارهای لازم برای ایمنی افراد در هنگام تخلیه دی‌اکسیدکربن، توصیه می‌شود:

- سامانه‌های هشدار دهنده برای ضرورت تخلیه کارکنان و بازدیدکنندگان باید در محل‌های در معرض خطر نصب شود. در برخی از فضاها این سامانه می‌تواند با سامانه‌های هشدار دهنده تخلیه افراد برای سایر موارد خطرناک و شرایط اضطراری در نیروگاه ادغام شود، ولی حتما باید سامانه هشدار در اثر تخلیه گاز دی‌اکسیدکربن نیز فعال گردد.
- اخطارهای صوتی و چراغ‌های گردان باید همراه با هم در مناطق پر سروصدا مانند اتاقک توربین مورد استفاده قرار گیرد. اخطارهای صوتی تخلیه مناطق در معرض خطر گاز دی‌اکسیدکربن، باید به صورت مستقل و واضح بوده و از انواع دیگر اخطارهای صوتی قابل تشخیص باشد.
- کارکنان نیروگاه باید از ضرورت تخلیه مناطق خطر به هنگام وقوع تخلیه دی‌اکسیدکربن آگاه شوند و مطابق با دستورالعمل‌های تدوین شده برای تخلیه مناطق، آموزش داده شوند.
- به بازدیدکنندگان از نیروگاه نیز باید در مورد انواع آلام‌ها و تشخیص آنها از یکدیگر و نحوه تخلیه مناطق در مواقع اضطراری آگاهی داده شود.
- نیروگاه باید از نظر مسیرهای خروج و علائم مشخص کننده مناطق ایمن از سایر مناطق، برای این وضعیت خاص، بررسی شود تا از نظر ایمنی افراد الزامات و شرایط لازم را برآورده نماید.
- سامانه‌های اخطار دهنده بعد از عملکرد سامانه حفاظتی دی‌اکسید کربن ژنراتور باید به صورت منظم آزمایش شود و هم‌زمان نیز تمرینات مربوط به تخلیه افراد در این وضعیت اضطراری انجام شود
- رویه‌های موجود در نیروگاه و دستورالعمل‌های بهره‌برداری واحدها در شرایط اضطراری باید از نظر کفایت آنها در شرایط تخلیه گاز دی‌اکسید کربن مورد بررسی و تجدیدنظر قرار گیرد.

### ۵-۲-۱۲- تخلیه نیروگاه در شرایط اضطراری

برای ایجاد آمادگی رویارویی با شرایط اضطراری نیروگاه، لازم است تمرینات دوره‌ای برای تخلیه نیروگاه از کارکنان در قبال هشدار وقوع حریق و یا حوادث و مصیبت‌های پیش‌بینی نشده مثل سیلاب برگزار شود. در این موارد مسیرهای فرار و محل جمع شدن افراد باید کاملاً مشخص باشد و دستورالعمل سرشماری افراد نیز برای این شرایط به کار گرفته شود. در این تمرینات کلیه کارکنانی که در تیم خدمات اضطراری درگیر نیستند نیروگاه را ترک می‌کنند و افرادی که برای رویارویی با شرایط اضطراری آموزش دیده‌اند به انجام وظایف تعریف شده می‌پردازند.

علاوه بر موارد فوق، باید دستورالعمل مربوط به اطلاع رسانی به تمام گروه‌ها و تشکیلات مسئول خدمات اضطراری و نهادهای امنیتی تدوین شده باشد.

بطور کلی سازماندهی، تمهیدات و وظایف مختلف در ارتباط با برنامه تخلیه اضطراری شامل موارد زیر می‌شود:

- مشخص نمودن مسئول هماهنگ کننده عملیات تخلیه اضطراری
- وجود نمایش‌گرهای اعلام آتش‌سوزی (که برای نواحی معین و تعریف شده قبلی، به تعداد کافی پیش‌بینی شده باشد)

- وجود نمایش‌گرهای مربوط به حالت سیلابی (که به تعداد کافی برای اکثر سامانه‌های هیدرولیکی و تجهیزات هیدرومکانیکی نیروگاه پیش‌بینی شده باشد)
- وسیله اعلام حوادث و شرایط فاجعه بار ملی، در ارتباط با نهادهای حکومتی در صورت حمله خارجی، اغتشاش‌های سیاسی، خرابه کاری و آشوب‌های داخلی و محلی
- وجود اعلان‌ها و پوستره‌های مختلف حاوی دستورالعمل‌ها و اختارها در مورد انواع بلایا و شرایط اضطراری در نواحی حساس نیروگاه
- مسیرهای فرار که باید کاملاً مشخص شده باشد و با چراغ‌هایی که از طریق سامانه برق اضطراری نیروگاه و ترجیحاً با باتری پیش‌بینی شده در خود چراغ کار می‌کند، روشن شده باشد
- وجود چراغ در مدخل مسیرهای خروج، که از طریق سامانه برق اضطراری نیروگاه روشن می‌ماند و ترجیحاً توسط باتری پیش‌بینی شده در داخل خود چراغ کار می‌کند
- دستور تخلیه کارکنان از نواحی خطرناک و اجازه ورود افراد تحت مدیریت تشکیلات خدمات اضطراری به داخل نیروگاه
- مشخص کردن محل (یا محل‌های) جمع کردن افراد، در خارج از ناحیه تحت نظر
- سرشماری افراد
- انتقال افراد از محل‌های تجمع به محل امن
- امتحان و تست منظم از کارکنان، به منظور اطمینان از آشنایی آنان با رویه‌ها و دستورالعمل‌های شرایط اضطراری
- انجام تمرینات دوره‌ای، با ایجاد شرایط اضطراری ساختگی، به منظور آموزش عملی کارکنان



# پیوست ۱

---

---

**فهرست کنترل تجهیزات بعد از هر**

**تعمیر و قبل از راه اندازی**



در این قسمت، جداول حاوی فهرست کنترل تجهیزات اصلی (توربین و ژنراتور)، بعد از انجام تعمیرات اساسی واحد آورده شده است. پس از انجام تعمیرات اساسی بر روی توربین ژنراتور، که عموماً مستلزم تخلیه آب واحد و یا برداشتن روتور می‌باشد، بسته به وسعت کار تعمیراتی انجام شده روی واحدها، باید بازرسی نهایی واحد انجام شود. در مواردی (بسته به نوع کار تعمیراتی انجام شده)، ممکن است لازم باشد، تست‌هایی نیز قبل از قرار دادن واحد در مدار تولید تجاری، بر روی آن انجام گیرد.

پاره‌ای از بازرسی‌ها و کنترل‌ها قاعدتاً ضمن انجام تعمیرات بر روی هر قسمت از توربین و ژنراتور انجام می‌شود، با وجود این، نظر به اینکه عدم کنترل این موارد می‌تواند صدماتی را به واحد وارد کند، باید قبل از راه‌اندازی واحد کنترل مجدد انجام شود.

در جداول پیوست، فهرست کنترل تجهیزات مربوط به واحد، بازرسی‌های نهایی و نیز اندازه‌گیری‌ها و آزمایش‌هایی که بسته به نوع تعمیرات اساسی انجام شده، به منظور اطمینان از انجام صحیح تعمیرات ممکن است موردنیاز باشد، آورده شده است.

جدول پ. ۱-۱- فهرست کنترل (چک لیست) برای ژنراتورهای آبی پس از انجام تعمیرات اساسی (Overhaul)

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۱	اندازه‌گیری مقاومت عایقی بولت‌های پرس کننده هسته استاتور قبل از تست شار استاتیک و بعد از پرس کردن نهایی (در صورتی که در زمان تعمیرات اساسی هسته استاتور مجدداً ورقه چینی شده باشد).		
۲	تست مجدد شار استاتیک برای هسته استاتور (Static flux or induction test) در صورتی که هسته در زمان تعمیرات اساسی ماشین مجدداً ورقه چینی شده باشد)		
۳	اندازه‌گیری شعاع هسته ورقه چینی شده (کنترل ابعادی استوانه داخلی هسته بعد از ورقه چینی مجدد)		
۴	در صورتی که در زمان تعمیرات اساسی ژنراتور بخشی از سیم‌پیچی استاتور با قرار دادن میله‌های جدید تعویض گردد لازم است تست‌های فهرست شده در زیر انجام گیرد: - اندازه‌گیری مقاومت عایقی بین هر فاز و زمین - اندازه‌گیری مقاومت عایقی بین سه فاز و زمینی - اندازه‌گیری شاخص پلاریزاسیون برای هر فاز (این شاخص برای عایق‌بندی کلاس F لازم است از ۲ بیش‌تر باشد) - تست ولتاژ بالای سیم‌پیچ استاتور برای هر فاز (طبق دستورالعمل مربوطه) - تست اندازه‌گیری "Dissipation Factor" برای هر فاز به زمین (تانژانت دلتا) - تست اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ استاتور		
۵	در صورتی که در زمان تعمیرات اساسی ماشین سیم‌پیچ استاتور مجدداً به طور کامل سیم‌پیچی گردد، لازم است دماسنج‌های مقاومتی (نوع RTD) شیارهای سیم‌پیچ نیز تعویض گردد. در این صورت تست مقدار مقاومت دماسنج‌های جدید مجدداً انجام می‌شود.		
۶	در صورتی که یک یا تعداد کمی از میله‌های سیم‌پیچ به دلیل عیوب فاز به زمین و یا فاز به فاز نیاز به تعویض باشد در این صورت بعد از تعویض تست‌های زیر انجام می‌شود: - تست اندازه‌گیری مقاومت عایقی - تست ولتاژ بالا با ولتاژ مستقیم (DC)		

## ادامه جدول پ.۱-۱- فهرست کنترل (چک لیست) برای ژنراتورهای آبی پس از انجام تعمیرات اساسی (Overhaul)

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۷	در صورتی که در زمان تعمیرات اساسی ژنراتور یک یا تعدادی از قطب‌های روتور تعویض گردد، لازم است تست‌های فهرست شده زیر مجدداً برای سیم‌پیچ روتور انجام شود: - تست اندازه‌گیری مقاومت عایقی سیم‌پیچ روتور - تست ولتاژ بالای سیم‌پیچ روتور (ولتاژ تست = ۱۰ برابر ولتاژ نامی تحریک + ۵۰۰ ولت که مجموع نباید از ۲۵۰۰ ولت بیش‌تر گردد) - اندازه‌گیری امپدانس سیم‌پیچ روتور - اندازه‌گیری مقاومت اهمی سیم‌پیچ روتور		
۸	در صورتی که در زمان تعمیرات اساسی (مثلاً بعد از یک دوره بهره‌برداری ۵ تا ۱۰ سال)، بلند کردن روتور و مجموعه براکت پایینی جهت دمونتاز کردن توربین لازم باشد، پس از نصب مجدد مجموعه براکت پایینی باید تست و بازرسی‌های زیر انجام شود. (در صورتی که طراحی با استفاده از براکت پایینی انجام شده باشد): - کنترل مرکزیت براکت پایینی نسبت به محور شافت توربین - ارتفاع و یا تراز نصب براکت پایینی نسبت به تراز شافت توربین		
۹	برای بلند کردن روتور در زمان تعمیرات اساسی نیاز به برداشتن مجموعه براکت بالایی می‌باشد، در این صورت بعد از نصب مجدد براکت بالایی کنترل مرکزیت براکت نسبت به شافت ژنراتور به عمل آید.		
۱۰	اگر یاتاقان راهنمای بالایی ژنراتور برای تعمیر دمونتاز گردد و مجدداً نصب شود لازم است تست‌های فهرست شده زیر انجام شود: - تنظیم میزان لقی بین هر کدام از سگمنت‌های یاتاقان و قسمت گردان یاتاقان (Bearing Runner) با استفاده از گوه‌های پشت سگمنت‌ها - تست اندازه‌گیری مقاومت عایقی یاتاقان راهنمای بالایی بین قسمت گردان و زمین، در صورتی که یک غلاف گردان عایقی قسمت گردان را احاطه کرده باشد. اگر قسمت گردان یاتاقان به شافت بالایی ژنراتور با عملیات حرارتی "Shrink Fit" گردد، اندازه‌گیری فوق‌الذکر قبل و پس از عملیات حرارتی "Shrinkage" انجام شود.		
۱۱	اگر مجموعه کلکتور شامل رینگ‌های لغزان و نگهدارنده جاروبک‌ها و "Field Leads" ها در زمان تعمیر دمونتاز گردد و سپس مجدداً نصب شود، تست اندازه‌گیری مقاومت عایقی رینگ‌های لغزان و کنترل موقعیت نگهدارنده جاروبک‌ها نسبت به رینگ‌های لغزان مجدداً انجام شود.		
۱۲	اگر هر کدام از کولرهای آب/هوای ژنراتور و یا هر کدام از شیرهای خط لوله تغذیه کننده آب خنک‌کننده و خط برگشتی یا اتصالات فلنجی تعویض گردد، لازم است تست فشار استاتیک یا تست نشستی کل مجموعه تاسیسات خنک‌کننده ژنراتور انجام شود.		
۱۳	اگر هر کدام از کولرهای آب/روغن تاسیسات روغن یاتاقان‌ها و یا اتصالات فلنجی آن تعویض گردد، لازم است تست فشار هیدرواستاتیک مجموعه تاسیسات روغن (Oil Plant) مربوط به یاتاقان انجام شود.		
۱۴	در صورت تعویض لوله‌کشی تاسیسات روغن یاتاقان‌ها لازم است عملیات اسیدشویی اسپول‌های ساخته شده و شستشوی مجموعه لوله‌کشی آن انجام و نهایتاً تست فشار مجموعه مجدداً انجام شود.		

ادامه جدول پ. ۱-۱ - فهرست کنترل (چک لیست) برای ژنراتورهای آبی پس از انجام تعمیرات اساسی (Overhaul)

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۱۵	در صورت تعمیرات بر روی سامانه ترمزهای مکانیکی و جک‌های هیدرولیکی لازم است تست فشار هیدرواستاتیک مجموعه دوباره انجام شود.		
۱۶	اگر در زمان تعمیرات اساسی روتور ماشین از پیت خارج شود، پس از نصب مجدد تست اندازه‌گیری فاصله هوایی بین قطب‌های روتور و استاتور مجدداً انجام شود.		
۱۷	اگر در زمان تعمیرات اساسی ژنراتور کولینگ فلنج قسمت مرکزی روتور به فلنج شفت پایینی ژنراتور و کولینگ فلنج شفت پایینی ژنراتور و فلنج شفت توربین باز گردد، لازم است پس از کولینگ مجدد تست انحراف محور (Run out) و اندازه‌گیری انحراف فلنج‌های گردان در جهات شعاعی و محوری در موقع چرخش قسمت گردان مجدداً انجام شود.		
۱۸	در صورت تعویض هر کدام از الکتروپمپ‌های تغذیه کننده روغن یاتاقان‌ها و یا سامانه تزریق روغن فشار بالا و سربندی مجدد کابل‌های فیدر برق و کنترل لازم است تست‌های فهرست شده زیر انجام شود: - مقاومت عایقی الکتروپمپ جدید - تست صحت جهت چرخش پمپ		
۱۹	در صورت تعویض کولرهای روغن/آب تاسیسات روغن یاتاقان‌ها لازم است تست حرارتی (Bearing Heat Run) شامل اندازه‌گیری دمای کفشک‌های یاتاقان‌های راهنما و یاتاقان تکیه‌گاهی، دمای روغن گرم شده (قبل از کولر) و روغن خنک شده (بعد از کولر)، دمای آب خنک‌کننده تغذیه کننده و آب برگشتی کولرها بعد از چندین ساعت چرخش واحد و رسیدن به حالت ماندگار، انجام شود.		
۲۰	در صورت تعویض تمامی کولرهای آب/هوای ژنراتور لازم است علاوه بر تست‌های ذکر شده در بند ۱۲ این چک لیست، تست "Electrical Heat Run" که شامل اندازه‌گیری دمای هسته استاتور، سیم‌پیچ استاتور و دمای روتور در بار نامی می‌باشد، مجدداً انجام شود		
۲۱	در صورت تعویض هر کدام از ترانس‌های جریان (CT) های ترمینال‌های ژنراتور (طرف خط و طرف نقطه صفر سیم‌پیچ استاتور)، لازم است تست‌های زیر انجام شود: - مقاومت عایقی CT - پلارینه - تست پیوستگی مدار ثانویه CT - بازرسی اتصال ترانسفورماتور جریان به استراکچر		

## ادامه جدول پ. ۱-۱- فهرست کنترل (چک لیست) برای ژنراتورهای آبی پس از انجام تعمیرات اساسی (Overhaul)

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۲۲	<p>در صورت تعویض هرکدام از ابزار دقیق‌های ژنراتور شامل سنسورها و ترانسدیوسرها و میکروسویچ‌ها لازم است تست‌های لیست شده زیر انجام شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- کالیبراسیون و کنترل تنظیمات (Setting) کنتاکت‌های ابزار دقیق‌های نوع سویچ</li> <li>- تست سیگنال‌های مربوطه (سیگنال کنترل، آلام، نمایش و یا تریپ) به تابلوی کنترل محلی</li> <li>- تست عملکرد (Function) مدار کنترل مرتبط با این ابزار دقیق‌ها</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ابزار دقیق‌ها عموماً شامل ابزارهای لیست شده زیر است:</li> <li>• ارتعاش سنج‌ها برای یاتاقان‌ها در جهت x و y</li> <li>• آشکارسازهای آلودگی آب در روغن یاتاقان‌ها</li> <li>• سطح سنج روغن در ظرف روغن یاتاقان‌ها</li> <li>• فلومترهای روغن سامانه روغن یاتاقان‌ها</li> <li>• فشارسنج‌های تفاضلی فیلترهای روغن سامانه روغن یاتاقان‌ها</li> <li>• فشار سنج سامانه تزریق روغن فشار بالا</li> <li>• فشارسنج روغن تاسیسات روغن یاتاقان‌هایی که دارای پمپ‌های روغن می‌باشد</li> <li>• لیمیت سویچ‌های مربوط به ترمزهای مکانیکی و لیمیت سویچ‌های جک زدن روتور</li> <li>• فلومترهای آب خنک‌کننده کولرهای هوا/آب و فلومتر آب خنک‌کننده تاسیسات روغن یاتاقان‌ها</li> <li>• میکروسویچ‌های درب‌های پیت ژنراتور</li> </ul>		
۲۳	<p>در صورت دمونتاژ اجزا گردان ماشین در زمان تعمیرات اساسی ژنراتور ممکن است «بالانسینگ جرمی» قسمت گردان ماشین به هم خورده باشد. لذا لازم است تست اولین چرخش (First Run) که شامل اندازه‌گیری ارتعاشات (مطلق و نسبی) بر روی کفشک‌های یاتاقان‌های راهنمای بالایی و پایینی و کفشک‌های یاتاقان تکیه‌گاهی است، مجدداً انجام شود.</p>		
۲۴	<p>در صورت تعویض هر کدام از تابلوهای کنترل ژنراتور لازم است تست‌های زیر انجام شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- سیم‌بندی خارجی تابلو براساس دیاگرام‌های اتصالات کابل‌ها</li> <li>- تست سیگنال‌های ورودی و خروجی آنالوگ و دیجیتال مرتبط با تابلو</li> <li>- تست عملکرد (Function) مدارهای کنترل مرتبط با این تابلو</li> </ul>		
۲۵	<p>بعد از هر تعمیر اساسی ژنراتور و قبل از آنکه ماشین مجدداً برای بهره‌برداری در مدار قرار گیرد، علاوه بر تست‌های فوق‌الذکر بازرسی‌های ظاهری به شرح فهرست زیر انجام شود:</p>		
۱-۲۵	<p><u>سیم پیچ استاتور:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- بازرسی ظاهری برای پیدا کردن هر نوع آسیب‌دیدگی مکانیکی، آلودگی و کثیف بودن سیم‌پیچ‌ها</li> <li>- کنترل پر بودن تمام کپ‌های سرهای پایینی و بالایی سیم‌پیچ (با اپوکسی مخصوص)</li> <li>- کنترل شل نبودن هیچ کدام از میله‌های سیم‌پیچ به وسیله چکش پلاستیکی</li> <li>- کنترل تمیز بودن فن‌های روتور و کاورهای سیم‌پیچ و کانال‌های هدایت هوا (Air Baffle) از گرد و غبار و مواد خارجی</li> <li>- کنترل محکم بودن اتصال "Air Baffle" ها به انگشت‌های صفحات پرس کننده هسته استاتور</li> </ul>		

ادامه جدول پ. ۱-۱-۱- فهرست کنترل (چک لیست) برای ژنراتورهای آبی پس از انجام تعمیرات اساسی (Overhaul)

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۲-۲۵	<p>روتور:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- کنترل تورک بولت‌های اتصال دهنده فن‌ها به روتور</li> <li>- کنترل تورک بولت‌های اتصال دهنده بازوهای سازه عنکبوتی روتور به قسمت مرکزی</li> <li>- کنترل ظاهری اتصالات سیم‌پیچ میرا کننده روتور (Damper)</li> <li>- کنترل وارنیش روتور با رنگ عایق کننده</li> <li>- کنترل تمیز بودن و رنگ عایق قطعات عایق کننده سیم‌پیچ</li> <li>- کنترل واشرهای قفل کننده تمامی اتصالات بولتی سیم‌پیچ</li> <li>- کنترل ظاهری "Field Leads" ها بین رینگ‌های لغزان و قطب روتور به لحاظ تمیز بودن و وارنیش عایقی</li> <li>- روتور به لحاظ تمیز بودن و وارنیش عایقی</li> </ul>		
۳-۲۵	<p>سامانه آب خنک‌کننده:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- بازرسی ظاهری کولرهای هوا/آب از نظر عدم وجود خوردگی و صدمات مکانیکی و تمیز بودن</li> <li>- بازرسی اتصال بین کولرهای آب/هوا به قاب استاتور</li> <li>- کنترل شیرهای هواگیری و قسمت تخلیه تمام کولرها</li> <li>- کنترل ساپورت لوله‌های آب خنک‌کننده</li> <li>- تست عملکرد (Function) هر کدام از شیرها موتوری سامانه آب خنک‌کننده</li> </ul>		
۴-۲۵	<p>تاسیسات روغن یاتاقان‌ها:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- کنترل ظاهری فیلترهای روغن از نظر عدم وجود گردو خاک و خوردگی و آسیب‌دیدگی و نیز محکم بودن فیلترها، کنترل رنگ و هواگیری</li> <li>- کنترل ظاهری کولرهای روغن/آب از لحاظ عدم وجود خوردگی و آسیب‌دیدگی و نیز کنترل محکم بودن کولرها و رنگ کولرها</li> <li>- کنترل ظاهری سامانه بازیافت بخار روغن یاتاقان‌ها شامل فن، فیلتر الکترواستاتیک و استخراج کننده روغن و تانک مربوطه</li> <li>- کنترل ظاهری سامانه اطفای حریق CO2 ژنراتور شامل کنترل نازل‌ها در اطراف پیت ژنراتور و کنترل لوله کشی این سامانه و تکیه‌گاه‌های آن و کنترل "Seal" بودن بازشوهای پیت ژنراتور</li> </ul>		
۵-۲۵	<p>زمین کردن تجهیزات:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- کنترل اتصال فریم الکتروموتورها، لوله‌های آب و روغن و لوله های گاز CO2، بدنه تابلوها، شمش اتصال زمین داخل تابلوها، سازه نگهدارنده گرم‌کن‌ها (هیترها)، قاب استاتور، سینی کابل‌های برق و سایر اجزا فلزی به شبکه اتصال زمین (از طریق رایزرهای پیش‌بینی شده مرتبط با شبکه مدفون زمین نیروگاه)</li> </ul>		

جدول پ.۱-۲- فهرست کنترل اجزا توربین و شیر ورودی اصلی (قسمت مکانیکی)، پس از انجام تعمیرات اساسی

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۱	تست مجدد هیدرواستاتیک لوله‌ها		
۲	تست مجدد شستشوی (Flushing) لوله‌ها		
۳	کنترل تکیه‌گاه لوله‌ها و شیرها		
۴	تست تمیز بودن پمپ دریناژ درپوش فوقانی توربین و مسدود نبودن ورودی پمپ		
۵	تست تمیز بودن آب‌بند شافت		
۶	تست تمیز بودن فیلترهای دایروی مخصوص آب‌بند محور (Hydrocyclone) و ساپورت آن		
۷	کنترل شیر سلونویدی مربوط به آب‌بند لاستیکی شافت توربین		
۸	تست لاستیک آب‌بند شافت توربین از لحاظ پارگی و نشستی		
۹	کنترل و بازرسی فلنج لوله‌های پیژومتریک توربین		
۱۰	کنترل تمیز بودن داخل محفظه حلزونی		
۱۱	کنترل درز جوش‌های محفظه حلزونی از لحاظ خوردگی و کنترل وضعیت سطح داخلی محفظه حلزونی		
۱۲	کنترل بسته بودن درب آدمرو محفظه حلزونی و واشر آن (بعد از بازدید داخل محفظه)		
۱۳	تست نشستی روغن سروموتورهای توربین		
۱۴	کنترل عدم آسیب‌دیدگی سطح پیستون سروموتور توربین		
۱۵	تست رفت و برگشت پیستون سروموتور (حرکت آرام و بدون مانع)		
۱۶	کنترل محکم بودن اتصال لوله‌ها به سروموتورها و واشرهای مربوطه		
۱۷	تست و کنترل ابزار دقیق اندازه‌گیری جابه‌جایی میله سروموتور		
۱۸	کنترل تمیز بودن سطح شافت توربین		
۱۹	کنترل تورک پیچ‌های اتصال شافت توربین به چرخ توربین		
۲۰	اندازه‌گیری لقی مابین لبه بالایی دریچه‌های تنظیمی با کلاک بالایی توربین		
۲۱	اندازه‌گیری لقی بین دماغه (پنجه) هر پره دریچه تنظیمی با دم (پاشنه) پره دریچه مجاور		
۲۲	اندازه‌گیری لقی بین لبه پایینی دریچه‌های تنظیمی توربین و رینگ تحتانی توربین		
۲۳	اندازه‌گیری خروج از مرکز (off-set) بین درپوش فوقانی و چرخ توربین		
۲۴	اندازه‌گیری لقی مابین شافت توربین و یاتاقان راهنمای توربین		
۲۵	هنگامی که تمام موارد فهرست کنترلی به شرح فوق انجام گردید و درست قبل از راه‌اندازی واحد باید بازرسی‌های نهایی انجام شود. اهم موارد به شرح زیر است:		
۱-۲۵	بازرسی چشمی محفظه (پیت) توربین و محفظه حلزونی انجام و این فضاها از نظر جا گذاشتن ابزار، پیچ، مهره و غیره کاملاً کنترل شود		



ادامه جدول پ. ۱-۲- فهرست کنترل اجزا توربین و شیر ورودی اصلی (قسمت مکانیکی)، پس از انجام تعمیرات اساسی

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۲-۲۵	سطح روغن یاتاقان‌ها کنترل شود و اطمینان حاصل شود که شیر باز و نمایش سطح روغن از دقت کافی برخوردار است		
۳-۲۵	دبی و فشار روغن خنک‌کننده یاتاقان کنترل شود		
۴-۲۵	سامانه تغذیه آب خنک‌کننده محفظه آب بندی کنترل شود		
۵-۲۵	فاصله‌های هوایی بین قطعات ثابت و چرخنده کنترل شود		
۶-۲۵	آب‌بندی درپوش بالایی توربین کنترل شود		
۷-۲۵	- کنترل نشستی آب: اتصالات رزوه‌ای و فلنجی خطوط مختلف آب باید با دبی کامل، از نظر وجود نشستی کنترل شود		
۸-۲۵	- کنترل نشستی روغن: لوله‌کشی سامانه روغن‌کاری و محل اتصال لوله‌های روغن یاتاقان باید از نظر وجود نشستی کنترل شود		
۲۶	شیر اصلی ورودی توربین پس از انجام تعمیرات اساسی روی شیر پروانه‌ای و قبل از پر کردن پنستاک موارد زیر باید کنترل گردد: - کنترل لقی مابین آب‌بند اصلی دیسک و محل تماس آن روی بدنه شیر - کنترل کورس و زمان مانور شیرهای کنارگذر - مانور شیر با کنترل دستی، این کار باید با احتیاط کامل و به صورت تدریجی صورت گیرد و در صورت مشاهده هرگونه پدیده غیرعادی یا برخورد قطعات متحرک با یکدیگر باید عملیات فوراً متوقف گردد. - باز و بسته شدن سروموتور هیدرولیکی به طور کامل (Full Strock) - آزمایش عملکرد سامانه مولد فشار روغن - ثبت فشار کار سامانه روغن - اندازه‌گیری زمان باز و بسته شدن شیر در حالت خشک و مقایسه آن با مقادیر اولیه برداشت زمان راه‌اندازی اولیه - بازرسی کامل مجاری آب‌بر و جمع‌آوری هرگونه مواد و اشیاء خارجی از داخل آن		
۲۷	بعد از انجام کنترل‌های فوق‌الذکر و قبل از پر کردن مجرای آب‌بر (پنستاک) موارد زیر باید انجام شود: - حصول اطمینان از بسته بودن شیرهای کنارگذر (by-pass) - حصول اطمینان از بسته بودن شیر اصلی و قفل بودن آن		
۲۸	قبل از راه‌اندازی کامل شیر پروانه‌ای، مجرای آب (تونل و پنستاک) باید طبق دستورالعمل‌های موجود (مشاور و سازنده پنستاک)، آبیگری شود. پس از آبیگری پنستاک، لازم است موارد زیر کنترل شود: - بسته بودن درب آدم روی محفظه حلزونی - وضعیت آب‌بند اصلی شیر - وضعیت اتصال (یا اتصال‌های) انبساطی شیر - محکم بودن فلانچ شیرهای کنارگذر - اندازه‌گیری و ثبت مقدار جابه‌جایی بدنه شیر پروانه‌ای - اندازه‌گیری تغییر وضعیت (انبساط) مربوط به اتصال انبساطی		

ادامه جدول پ. ۱-۲- فهرست کنترل اجزا توربین و شیر ورودی اصلی (قسمت مکانیکی)، پس از انجام تعمیرات اساسی

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۲۹	پس از پر شدن بالادست شیر پروانه‌ای، باید از طریق سامانه کنارگذر تعادل فشار در دو طرف شیر برقرار شده و موارد زیر کنترل گردد. (در آب ساکن): - زمان باز و بسته شدن شیر - فشار روغن سامانه		
۳۰	با توجه به اینکه قبل از وارد شدن مجدد واحد به مدار تولید تجاری، پس از تعمیرات اساسی باید تست‌های حذف بار در بارهای ۲۵ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد قدرت نامی واحد انجام شود، در هنگام انجام این تست‌ها، موارد زیر در رابطه با شیر اصلی باید کنترل گردد: - ارتعاشات بدنه شیر - مقدار انبساط در اتصال انبساطی - جابه‌جایی بدنه شیر - فشار روغن سامانه - عدم نشست از اتصال انبساطی		

جدول پ. ۱-۳- فهرست کنترل مکانیکی (چک لیست) برای گاورنر پس از انجام تعمیرات اساسی

ردیف	بازرسی / آزمایش	تایید	ملاحظات
۱	بازدید آب‌بند بودن درب آدم‌رو و واشر مخزن روغن		
۲	کنترل رنگ حفاظتی پمپ‌های روغن مخزن روغن		
۳	کنترل تکیه‌گاه‌های لوله‌های هیدرولیک		
۵	کنترل اتصال لوله‌های هیدرولیک به پمپ‌های روغن		
۶	کنترل تمیز بودن پمپ‌های روغن		
۷	کنترل سطح داخلی مخزن روغن از لحاظ خوردگی و وجود ذرات خارجی		
۸	کنترل شیرهای هیدرولیک و اتصال آنها به لوله‌ها و تکیه‌گاه آنها		
۹	کنترل محکم بودن اتصالات و تمیز بودن کولرهای روغن گاورنر		
۱۰	کنترل تمیز بودن فیلترهای روغن		
۱۱	کنترل بسته بودن درب آدم‌رو و مخزن تحت فشار روغن گاورنر و واشر مربوط به آن		
۱۲	کنترل لوله‌های هیدرولیک مخزن تحت فشار روغن به لحاظ ساپورت‌ها		
۱۳	کنترل محکم بودن سایر اتصالات در سامانه هیدرولیک گاورنر		
۱۴	کنترل سطح داخلی مخزن تحت فشار روغن گاورنر از لحاظ خوردگی و وجود ذرات خارجی		

جدول پ.۱-۴ - فهرست کنترل کلید ژنراتور بعد از تعمیرات اساسی

ملاحظات	تایید	بازرسی / آزمایش	ردیف
		<p>در صورتی که مکانیزم عمل کننده ذخیره انرژی توسط شارژ فنر کلید تعویض گردد، لازم است مجدداً تست‌های عملکرد به شرح زیر انجام شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- اندازه‌گیری زمان باز شدن کلید با تریپ کویل‌ها (شیرهای کمکی تبدیل کننده فرمان الکتریکی به فرمان هیدرولیکی)</li> <li>- اندازه‌گیری زمان بسته شدن کلید با کویل‌های مخصوص بسته شدن</li> <li>- اندازه‌گیری زمان باز و بسته شدن متوالی</li> <li>- اندازه‌گیری جریان الکتروپمپ مدار هیدرولیکی شارژ کننده فنر</li> <li>- تست مقدار ذخیره شارژ فنر در صورت از بین رفتن برق مستقیم (DC)</li> <li>- تست جهت چرخش الکتروپمپ</li> <li>- تست زمان کار الکتروپمپ برای شارژ شدن فنر</li> </ul>	۱



# پیوست ۲

---

---

## فهرست معادل کلمات و اصطلاحات



## به ترتیب حروف الفبای فارسی

در این پیوست معادل انگلیسی کلمات و اصطلاحات به کار رفته در مورد اجزا تجهیزات نیروگاهی و عملکرد آن و واژگان و مفاهیم مرتبط با موضوع بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه آورده شده است:

Shaft Packing – Shaft Seal	آب‌بند محور
Power Station "Central Control Room" (CCR)	اتاق کنترل مرکزی نیروگاه
Expansion Joint	اتصال انبساطی
Sacrificial Component	اجزای فرسوده شونده
Three-Part Communications	ارتباط سه مرحله‌ای (از انواع ارتباط‌های مخابراتی)
Disolved Gas Analysis (DGA)	آزمایش گازهای حل نشده (در نمونه روغن ترانسفورماتور)
Maintenance Testing	آزمایش‌های مرتبط با نگهداری (برای تجهیزات)
Diagnostic Testing	آزمایش‌های تشخیصی
Thermal Aging (for Insulation)	استهلاک حرارتی (برای عایق‌بندی سیم‌پیچی ژنراتور)
Infrared Scanning (IR)	اسکن مادون قرمز
Sprinklers	افشانک‌های آب
Initial Start up	اولین راه اندازی واحد
Loading Within Ratings	بارگذاری در محدوده مقادیر نامی
Non-Essential Loads	بارهای غیر اصلی
Cracking	باز نمودن جزئی دریچه
Ordinary Inspection	بازرسی‌های عادی
Bearing Pads	بالشتک یاتاقان‌ها – کفشک یاتاقان
Shaft Runout Reading	برداشت تلرانس شعاعی محور – قرائت میزان انحراف از مرکز محور
Not – Scheduled	برنامه‌ریزی نشده – خارج از نوبت- فوق‌العاده (در مورد برنامه نگهداری)
Thrust Block	بلوک فشاری
Operation	بهره‌برداری
Nameplate/ Rating Plate	پلاک مقادیر نامی (برای تجهیزات مختلف)
Jocky Pump	پمپ کوچک (در سامانه هیدرولیک گاورنر)- پمپ جاک
Shear Pin	پین‌های برشی (در مورد دریچه‌های تنظیمی و سامانه تحرک آن)
Local Control Panel	تابلوی کنترل محلی
Unit Control Board (UCB)	تابلوی کنترل واحد
Signal de-coupling	تجزیه کننده علایم

Slave Devices/Slave Equipment	تجهیزات تابع
Ancillary Systems	تجهیزات جانبی
Field Flashing	تحریک اولیه (برای سامانه تحریک ژنراتور)
Eddy Current Brake	ترمز جریان ادی
Dashpot	تعدیل کننده هیدرولیکی – دشیپات
Base Load Power	توان پایه (تولید توان قسمت پایه منحنی مصرف روزانه)
Shut Down or Emergency Stop	توقف اضطراری
Rapid Shut Down/ Emergency Shut Down	توقف اضطراری سریع
Delayed Shut Down	توقف اضطراری کند یا تاخیری
Normal Stop	توقف عادی
Synchronous Compensator	جبران کننده سنکرون (از حالت‌های کارکرد واحد)
Overhead Traveling Crane	جرثقیل از نوع سقفی
Turbine Runner	چرخ توربین
Steady State	حالت ماندگار
Standby Mode	حالت آماده به کار واحد
Standstill Mode	حالت توقف کامل واحد
Generation Mode	حالت تولید
Spinning Reserve Mode	حالت ذخیره گردان (از حالت‌های کارکرد واحد برای اصلاح فرکانس شبکه)
Underexcited	حالت زیر تحریک (حالت کارکرد ژنراتور برای تعدیل ضریب توان شبکه)
Line Charging Mode	حالت شارژ کردن خط
Overexcited	حالت فوق تحریک (حالت کارکرد ژنراتور برای تعدیل ضریب توان شبکه)
Power Control Mode	حالت کنترل توان
Speed Control Mode	حالت کنترل سرعت
Rolling Mode	حالت گردش مکانیکی (برای واحدهای نیروگاه)
Hunting	حالت ناپایدار – حالت نوسانی (در سامانه الکتریکی و یا در گاورنر)
Operating Modes	حالت‌های بهره‌برداری
Load Rejection	حذف ناگهانی بار (از روی ژنراتور)
Creep	حرکت خزشی
Breaker Failure Protection	حفاظت در مقابل بروز اشکال در کلید قدرت
Packing Gland	حلقه آب‌بند



Proportional Control Loop	حلقه کنترل تناسبی
Lantern Ring	حلقه‌های آب‌بندی فانوسی شکل
Shaft Run out (for Unit Shaft)	خروج از محور شافت واحد (انحراف از محور شافت)
Counter Bored	خزینه کاری
Deflection	خمش
Boring Bar	داخل تراش
Mandoors	درب‌های آدم رو
Head Cover (for Turbine)	درپوش فوقانی (برای توربین)
Speed Droop	دروپ سرعت
Frequency Droop	دروپ فرکانس
Bulkhead Gate	دریچه فرازبند
Fixed -Wheel Gate	دریچه با چرخ ثابت
Ring - Follower Gate	دریچه حلقوی قابداری
Top -Seal Radial Gate	دریچه قطاعی با آب بند فوقانی
Emergency Gate	دریچه محافظ یا اضطراری
Roller Gate	دریچه‌های غلطک‌دار
Slide Gate	دریچه‌های کشویی
Manual	دستی
Resistance Temperature Detector (RTD)	دماسنج نوع مقاومتی
Grouting	دوغاب ریزی
Bi-Plane Disk	دیسک از نوع دو صفحه‌ای (در مورد نوع دیسک شیرهای پروانه‌ای)
Spinning Reserve	ذخیره گردان
Black Start	راه‌اندازی در حالت خاموشی کامل نیروگاه (راه‌اندازی سیاه)
Reverse Power Relay	رله توان معکوس
Horizontal Sweep	رویش افقی
Operating Procedures	رویه‌های بهره‌برداری
Rotor Rim	رینگ حاشیه روتور
Circuit Breaker Closing Time	زمان بسته شدن کلید قدرت
Permanent Magnet Generator (PMG)	ژنراتور با مغناطیس دائم
Speed Signal Generator (SSG)	ژنراتور سیگنال سرعت

Dial Indicator	ساعت اندازه‌گیری
Taps	سرسیم‌ها (در انشعاب‌های سیم‌پیچی‌های ترانسفورماتور)
Runaway Speed	سرعت فرار - سرعت خارج از کنترل
Battery Cell	سلول باتری
Pilot Cell	سلول راهنما (در مورد باتری‌ها به کار می‌رود)
Sealed Cells	سلول‌های کاملاً بسته (در مورد باتری‌ها)
Vented Cells	سلول‌های نوع تهویه شونده (در مورد باتری‌ها)
Grouting Hole	سوراخ تزریق بتن
Distributed Control System (DCS)	سامانه کنترل توزیع شده
Redundant Control System	سامانه کنترلی با پشتیبانی مضاعف
Main Protection (Primary Protection)	سامانه‌های حفاظت اصلی
Back-up Protection (Secondary Protection)	سامانه‌های حفاظت پشتیبان
Amortisseur or Damping Windings	سیم‌پیچ‌های مستهلک کننده ( دمپر )
Damper Winding	سیم‌پیچی مستهلک کننده
Float Charge	شارژ شناور ( در مورد باتری‌ها )
Normal Operating Condition	شرایط بهره‌برداری عادی
Stable Operating Condition	شرایط پایدار بهره‌برداری
Contingency Operating Condition	شرایط پیش‌بینی نشده بهره‌برداری
Abnormal Operating Condition/Unusual Operating Condition	شرایط کارکرد غیرعادی
Contracting Nozzles	شیپوره‌های انقباضی
Safety Valve	شیر اطمینان
Butterfly Valve	شیر پروانه‌ای
Three- way Ball Valve	شیر سه طرفه ساچمه‌ای
Ball Valve	شیر فلکه ساچمه‌ای
Spherical Valve	شیر کروی
Closure Valves	شیرهای ورودی از نوع مسدود کننده
Gain Factor	ضریب تقویت
Lagging Power Factor	ضریب توان پس فاز
Rotor Rim	طوقه دور سازه مرکزی نگهدارنده روتور (رینگ حاشیه روتور)
Rail Runway	طول مسیر حرکت روی ریل (برای جرثقیل‌ها)

Slave Device	عضو تابع
Rotating Runner (for Bearing)	عضو چرخنده یاتاقان تراست
Full Gate Operation	عملکرد توربین با دریچه‌های تنظیمی کاملاً باز
Bearing Liner	غلاف یاتاقان
Ultrasonic	فراصوتی
Delayed Trip	فرمان تریپ کند یا تاخیری
Fast Trip	فرمان قطع سریع (از طرف رله‌های حفاظتی)
Monitoring Activities	فعالیت‌های نظارتی
Rotary Filter	فیلتر دوار
Double Filter	فیلتر دوبر
Static Simplex Filter	فیلتر غیرمتحرک
Multiplate Type Filters	فیلترهای چندصفحه‌ای
Felt-on-Wire Frame	فیلترهای نمدی
Complete Loss of Excitation	قطع جریان تحریک ژنراتور در حال کار
Black out	قطع کامل شبکه الکتریکی
Load Rejection	قطع ناگهانی بار - حذف ناگهانی بار
Restoring Cable	کابل جبرانی (در سامانه گاورنر مکانیکی)
Tandem Operation (for the Crane Hoists)	کارکرد توأم وسنکرون چند عدد از بالابرهای یک جرثقیل
Trolley	کالسکه
Load Shedding	کاهش بار - تقلیل بار شبکه (به هنگام ایجاد اختلال در پارامترهای شبکه)
Preload	به منظور پایداری ساختن شبکه
Stationary Shoes	کشش اولیه (در مورد بولت‌ها)
Load - Break Switch	کلید قابل قطع زیر بار
Air Blast Circuit Breaker	کلید قدرت نوع بادی
Draw out Switchgear	کلیدهای تابلویی از نوع کشویی
Limit Switches	کلیدهای حدی
Automatic Generation Control (AGC)	کنترل اتوماتیک بار تولیدی واحد (از دور)
Offsite Control	کنترل خارج از محل
Master Controller	کنترل کننده اصلی

Programmable Logic Controller(PLC)	کنترل کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی
Joint Control	کنترل یکپارچه (در مورد کنترل اتوماتیک واحدهای یک نیروگاه)
Static Checks	کنترل‌های قبل از به کار انداختن سامانه‌ها
Speed-no-load	گردش بدون بار واحد (از حالت های کارکرد واحد)
Countertorque	گشتاور مخالف
Bearing Clearance	لقی یا تاقان
Salient Pole Machine	ماشین قطب برجسته
Package	مجموعه آماده - بسته (پکیج)
Packing Box	محفظه آب‌بند
Spiral Case	محفظه حلزونی
Gate Trunnions	محور چرخش (برای دریچه قطاعی)
System Control Center (SCC)	مرکز کنترل سامانه
Area Operating Center (AOC)	مرکز کنترل منطقه‌ای
Operations Head , Operations Supervisor	مسئول بهره‌برداری - سرپرست بهره‌برداری
Designer's Operating Criteria	معیارهای طراحی شده برای بهره‌برداری تجهیزات
Micro Speed Drive	مکانیسم حرکت میکرونی (در مورد بالابر جرثقیل‌های نیروگاه)
Rough Zone	مناطق رزنانسی (در مورد منحنی مشخصه کارکرد توربین آبی)
Redundent Power Supply	منبع تغذیه اضافی (مضاعف)
Uninterruptible Power Supply (UPS)	منبع تغذیه مطمئن برق (منبع غیر قابل قطع)
Capability Curve (for Generator)	منحنی قابلیت کاری (برای ژنراتور)
Saturation Curves	منحنی‌های اشباع (برای ژنراتور)
Die Penetrant	مواد نافذ
Differential Expansion	میزان انبساط متفاوت
Inside Micrometer	میکرومتر داخل سنج
Probe	میله کاوشگر - نوعی حسگر - پروب
Rough Zone	ناحیه ناهموار (در مورد منحنی مشخصه کارکرد توربین آبی)
Short Circuit Ratio	نسبت اتصال کوتاه (از پارامترهای مربوط به ژنراتور)
Response Ratio (for Excitation System)	نسبت پاسخ سامانه تحریک ژنراتور
Leakage	نشستی
Seepage	نشستی ناشی از نفوذ آب

Set Point = SP	نقاط تنظیم - نقاط مرجع
Load Set Points	نقاط تنظیم بار
Maintenance	نگهداری
Predictive Maintenance	نگهداری پیش‌گویانه
Preventive Maintenance	نگهداری پیش‌گیرانه
Breakdown Maintenance	نگهداری در زمان خرابی دستگاه
Routine Maintenance	نگهداری عادی
Power Swing	نوسان قدرت (در شبکه الکتریکی)
Hydraulic Thrust	نیروی محوری ناشی از عبور آب
Human-Machine Interface=HMI	واسطه انسان - ماشین
O-Ring	واشرهای آب‌بند
Counter Weight	وزنه متقابل
Dogging Device	وسيله نگهدارنده دریچه
Equalizer Voltage	ولتاژ متعادل کننده (در مورد بهره‌برداری از باتری‌های نیروگاه)
Self Lubricating Bearing	یاتاقان خودروان‌ساز
Thrust Bearing	یاتاقان کفگرد - یاتاقان وزنی - یاتاقان تراست
Guide Bearing	یاتاقان هادی - یاتاقان راهنما

### به ترتیب حروف الفبای انگلیسی

در این پیوست معادل انگلیسی کلمات و اصطلاحات به کار رفته در مورد اجزا تجهیزات نیروگاهی و عملکرد آن و واژگان و مفاهیم مرتبط با موضوع بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه آورده شده است:

Abnormal Operating Condition/Unusual Operating Condition	شرایط کارکرد غیرعادی
Air Blast Circuit Breaker	کلید قدرت نوع بادی
Amortisseur or Damping Windings	سیم‌پیچ‌های مستهلک کننده (دمپر)
Ancillary Systems	تجهیزات جانبی
Area Operating Center (AOC)	مرکز کنترل منطقه‌ای
Automatic Generation Control (AGC)	کنترل اتوماتیک بار تولیدی واحد (از دور)
Back-up Protection (Secondary Protection)	سامانه‌های حفاظت پشتیبان
Ball Valve	شیر فلکه ساچمه‌ای
Base Load Power	توان پایه (تولید توان قسمت پایه منحنی مصرف روزانه)
Battery Cell	سلول باتری

Bearing Clearance	لقی یاتاقان
Bearing Liner	غلاف یاتاقان
Bearing Pads	بالشتک یاتاقان‌ها – کفشک یاتاقان
Bi-Plane Disk	دیسک از نوع دو صفحه‌ای (در مورد نوع دیسک شیرهای پروانه‌ای)
Black out	قطع کامل شبکه الکتریکی
Black Start	راه‌اندازی در حالت خاموشی کامل نیروگاه (راه‌اندازی سیاه)
Boring Bar	داخل تراش
Breakdown Maintenance	نگهداری در زمان خرابی دستگاه
Breaker Failure Protection	حفاظت در مقابل بروز اشکال در کلید قدرت
Bulkhead Gate	دریچه فرازبند
Butterfly Valve	شیر پروانه‌ای
Capability Curve (for Generator)	منحنی قابلیت کاری (برای ژنراتور)
Circuit Breaker Closing Time	زمان بسته شدن کلید قدرت
Closure Valves	شیرهای ورودی از نوع مسدود کننده
Complete Loss of Excitation	قطع جریان تحریک ژنراتور در حال کار
Contingency Operating Condition	شرایط پیش‌بینی نشده بهره‌برداری
Contracting Nozzles	شیپوره‌های انقباضی
Counter Bored	خزینه کاری
Counter Weight	وزنه متقابل
Countertorque	گشتاور مخالف
Cracking	باز نمودن جزیی دریچه
Creep	حرکت خزشی
Damper Winding	سیم‌پیچی مستهلک کننده
Dashpot	تعدیل کننده هیدرولیکی – دشپات
Deflection	خمش
Delayed Shut Down	توقف اضطراری کند یا تاخیری
Delayed Trip	فرمان تریپ کند یا تاخیری
Designer's Operating Criteria	معیارهای طراحی شده برای بهره‌برداری تجهیزات
Diagnostic Testing	آزمایش‌های تشخیصی
Dial Indicator	ساعت اندازه‌گیری

Die Penetrant	مواد نافذ
Differential Expansion	میزان انبساط متفاوت
Disolved Gas Analysis (DGA)	آزمایش گازهای حل نشده (در نمونه روغن ترانسفورماتور)
Distributed Control System (DCS)	سامانه کنترل توزیع شده
Dogging Device	وسیله نگهدارنده دریچه
Double Filter	فیلتر دابل
Draw out Switchgear	کلیدهای تابلویی از نوع کشویی
Eddy Current Brake	ترمز جریان ادی
Emergency Gate	دریچه محافظ یا اضطراری
Equalizer Voltage	ولتاژ متعادل کننده (در مورد بهره‌برداری از باتری‌های نیروگاه)
Expansion Joint	اتصال انبساطی
Fast Trip	فرمان قطع سریع (از طرف رله‌های حفاظتی)
Felt-on-Wire Frame	فیلترهای نمدی
Field Flashing	تحریک اولیه (برای سامانه تحریک ژنراتور)
Fixed -Wheel Gate	دریچه با چرخ ثابت
Float Charge	شارژ شناور (در مورد باتری‌ها)
Frequency Droop	دروپ فرکانس
Full Gate Operation	عملکرد توربین با دریچه‌های تنظیمی کاملاً باز
Gain Factor	ضریب تقویت
Gate Trunnions	محور چرخش (برای دریچه قطاعی)
Generation Mode	حالت تولید
Grouting	دوغاب ریزی
Grouting Hole	سوراخ تزریق بتن
Guide Bearing	یاتاقان هادی - یاتاقان راهنما
Head Cover (for Turbine)	درپوش فوقانی (برای توربین)
Horizontal Sweep	روبش افقی
Human-Machine Interface=HMI	واسطه انسان - ماشین
Hunting	حالت ناپایدار - حالت نوسانی (در سامانه الکتریکی و یا در گاورنر)
Hydraulic Thrust	نیروی محوری ناشی از عبور آب
Infrared Scanning (IR)	اسکن مادون قرمز

Initial Start up	اولین راه اندازی واحد
Inside Micrometer	میکرومتر داخل سنج
Jocky Pump	پمپ کوچک (در سامانه هیدرولیک گاورنر) - پمپ جاک
Joint Control	کنترل یکپارچه (در مورد کنترل اتوماتیک واحدهای یک نیروگاه)
Lagging Power Factor	ضریب توان پس فاز
Lantern Ring	حلقه‌های آب‌بندی فانوسی شکل
Limit Switches	کلیدهای حدی
Line Charging Mode	حالت شارژ کردن خط
Load - Break Switch	کلید قابل قطع زیر بار
Load Rejection	حذف ناگهانی بار (از روی ژنراتور)
Load Rejection	قطع ناگهانی بار - حذف ناگهانی بار
Load Set Points	نقاط تنظیم بار
Load Shedding	کاهش بار - تقلیل بار شبکه (به هنگام ایجاد اختلال در پارامترهای شبکه) به منظور پایدار ساختن شبکه
Loading Within Ratings	بارگذاری در محدوده مقادیر نامی
Local Control Panel	تابلوی کنترل محلی
Main Protection (Primary Protection)	سامانه‌های حفاظت اصلی
Maintenance	نگهداری
Maintenance Testing	آزمایش‌های مرتبط با نگهداری (برای تجهیزات)
Mandoors	درب‌های آدم رو
Manual	دستی
Master Controller	کنترل کننده اصلی
Micro Speed Drive	مکانیسم حرکت میکرونی (در مورد بالابر جرثقیل‌های نیروگاه)
Monitoring Activities	فعالیت‌های نظارتی
Multiplate Type Filters	فیلترهای چندصفحه‌ای
Nameplate/ Rating Plate	پلاک مقادیر نامی (برای تجهیزات مختلف)
Non-Essential Loads	بارهای غیر اصلی
Normal Operating Condition	شرایط بهره‌برداری عادی
Normal Stop	توقف عادی
Not - Scheduled	برنامه‌ریزی نشده - خارج از نوبت - فوق‌العاده (در مورد برنامه نگهداری)



Offsite Control	کنترل خارج از محل
Operating Modes	حالت‌های بهره‌برداری
Operating Procedures	رویه‌های بهره‌برداری
Operation	بهره‌برداری
Operations Head , Operations Supervisor	مسئول بهره‌برداری - سرپرست بهره‌برداری
Ordinary Inspection	بازرسی‌های عادی
O-Ring	واشرهای آب‌بند
Overexcited	حالت فوق تحریک (حالت کارکرد ژنراتور برای تعدیل ضریب توان شبکه)
Overhead Traveling Crane	جرثقیل از نوع سقفی
Package	مجموعه آماده - بسته (پکیج)
Packing Box	محفظه آب‌بند
Packing Gland	حلقه آب‌بند
Permanent Magnet Generator (PMG)	ژنراتور با مغناطیس دائم
Pilot Cell	سلول راهنما (در مورد باتری‌ها به کار می‌رود)
Power Control Mode	حالت کنترل توان
Power Station "Central Control Room" (CCR)	اتاق کنترل مرکزی نیروگاه
Power Swing	نوسان قدرت (در شبکه الکتریکی)
Predictive Maintenance	نگهداری پیش‌گویانه
Preload	کشش اولیه (در مورد بولت‌ها)
Preventive Maintenance	نگهداری پیش‌گیرانه
Probe	میله کاوشگر - نوعی حسگر - پروب
Programmable Logic Controller(PLC)	کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی
Proportional Control Loop	حلقه کنترل تناسبی
Rail Runway	طول مسیر حرکت روی ریل (برای جرثقیل‌ها)
Rapid Shut Down/ Emergency Shut Down	توقف اضطراری سریع
Redundant Control System	سامانه کنترلی با پشتیبانی مضاعف
Redundent Power Supply	منبع تغذیه اضافی (مضاعف)
Resistance Temperature Detector (RTD)	دماسنج نوع مقاومتی
Response Ratio (for Excitation System)	نسبت پاسخ سامانه تحریک ژنراتور
Restoring Cable	کابل جبرانی (در سامانه گاورنر مکانیکی)

Reverse Power Relay	رله توان معکوس
Ring - Follower Gate	دریچه حلقوی قاب‌دار
Roller Gate	دریچه‌های غلطک‌دار
Rolling Mode	حالت گردش مکانیکی (برای واحدهای نیروگاه)
Rotary Filter	فیلتر دوار
Rotating Runner (for Thrust Bearing)	عضو چرخنده یاتاقان تراست
Rotor Rim	طوقه دور سازه مرکزی نگهدارنده روتور (رینگ حاشیه روتور)
Rough Zone	مناطق رزنانسی (در مورد منحنی مشخصه کارکرد توربین آبی)
Rough Zone	ناحیه ناهموار (در مورد منحنی مشخصه کارکرد توربین آبی)
Routine Maintenance	نگهداری عادی
Runaway Speed	سرعت فرار - سرعت خارج از کنترل
Sacrificial Component	اجزا فرسوده شونده
Safety Valve	شیر اطمینان
Salient Pole Machine	ماشین قطب برجسته
Saturation Curves	منحنی‌های اشباع (برای ژنراتور)
Sealed Cells	سلول‌های کاملاً بسته (در مورد باتری‌ها)
Self Lubricating Bearing	یاتاقان خودروان‌ساز
Set Point = SP	نقاط تنظیم - نقاط مرجع
Shaft Packing - Shaft Seal	آب‌بند محور
Shaft Runout Reading	برداشت تolerانس شعاعی محور - قرائت میزان انحراف از مرکز محور
Shaft Runout (for unit shaft)	خروج از محور شافت واحد (انحراف از محور شافت)
Shear Pin	پین‌های برشی (در مورد دریچه‌های تنظیمی و سامانه تحرک آن)
Short Circuit Ratio	نسبت اتصال کوتاه (از پارامترهای مربوط به ژنراتور)
Shut Down or Emergency Stop	توقف اضطراری
Signal de-coupling	تجزیه کننده علائم
Slave Device	عضو تابع
Slave Devices/Slave Equipment	تجهیزات تابع
Slide Gate	دریچه‌های کشویی
Speed Control Mode	حالت کنترل سرعت
Speed Droop	دروپ سرعت

Speed Signal Generator (SSG)	ژنراتور سیگنال سرعت
Speed-no-load	گردش بدون بار واحد (از حالت های کارکرد واحد)
Spherical Valve	شیر کروی
Spinning Reserve Mode	حالت ذخیره گردان (از حالت های کارکرد واحد)
Spinning Reserve	ذخیره گردان
Spiral Case	محفظه حلزونی
Sprinklers	افشانک های آب (در سامانه اطفای حریق تجهیزات)
Stable Operating Condition	شرایط پایدار بهره برداری
Standby Mode	حالت آماده به کار واحد
Standstill Mode	حالت توقف کامل واحد
Static Checks	کنترل های قبل از به کار انداختن سامانه ها
Static Simplex Filter	فیلتر غیرمتحرک
Stationary Shoes	کفشک های ثابت
Steady State	حالت ماندگار
Synchronous Compensator	جبران کننده سنکرون (حالت کارکرد واحد برای اصلاح ضریب توان شبکه)
Synchronous Condenser	جبران کننده سنکرون (حالت کارکرد واحد برای اصلاح ضریب توان شبکه)
System Control Center (SCC)	مرکز کنترل سامانه
Tandem Operation (for the Crane Hoists)	کارکرد توأم وسنکرون چند عدد از بالابرها یک جرثقیل
Taps	سرسیم ها (در انشعاب های سیم پیچی های ترانسفورماتور)
Thermal Aging (for Insulation)	استهلاک حرارتی (برای عایق بندی سیم پیچی ژنراتور)
Three- way Ball Valve	شیر سه طرفه ساچمه ای
Three-Part Communications	ارتباط سه مرحله ای (از انواع ارتباط های مخابراتی)
Thrust Bearing	یاتاقان کفگرد- یاتاقان وزنی- یاتاقان تراست
Thrust Block	بلوک فشاری
Top -Seal Radial Gate	دریچه قطاعی با آب بند فوقانی
Trolley	کالسکه
Turbine Runner	چرخ توربین
Ultrasonic	فراصوتی
Underexcited	حالت زیر تحریک
Uninterruptible Power Supply (UPS)	منبع تغذیه مطمئن برق (منبع غیر قابل قطع)

Unit Control Board (UCB)

تابلوی کنترل واحد

Vented Cells

سلول‌های نوع تهویه شونده (در مورد باتری‌ها)

# پیوست ۳ (اطلاعاتی)

---

---

رواداری‌ها و معیارهای پیشنهادی

برای انجام تنظیمات مجدد مکانیکی

اجزای واحدهای برق آبی با محور

عمودی



جدول زیر حاوی رواداری‌ها<sup>۱</sup>، مقادیر و معیارهای پیشنهادی به هنگام تنظیم اجزای مکانیکی، پس از کارهای تعمیراتی مربوط به واحدهای برق آبی با محور عمودی می‌باشد. استفاده از این مقادیر و معیارها تنها در صورتی برای مونتاژ مجدد، پس از تعمیرات اساسی توصیه می‌شود که رواداری‌ها و مقادیر موردنظر سازنده اصلی تجهیزات در دسترس نباشد. همچنین قبل از استفاده از این مقادیر حتی‌الامکان باید سعی شود با سازنده اصلی مشورت شود.

معیارهای توصیه شده در جدول زیر توسط دفتر عمران ایالات متحده آمریکا "U.S. Bureau of Reclamation" در نشریه فنی

زیر ارائه شده است:

USBR: Facilities Instructions, Standards and Techniques (FIST) Volume 2-7 "Maintenance Overhaul Procedures for Hydroelectric Units", Appendix C- "Tolerances for Hydrounit Assembly".

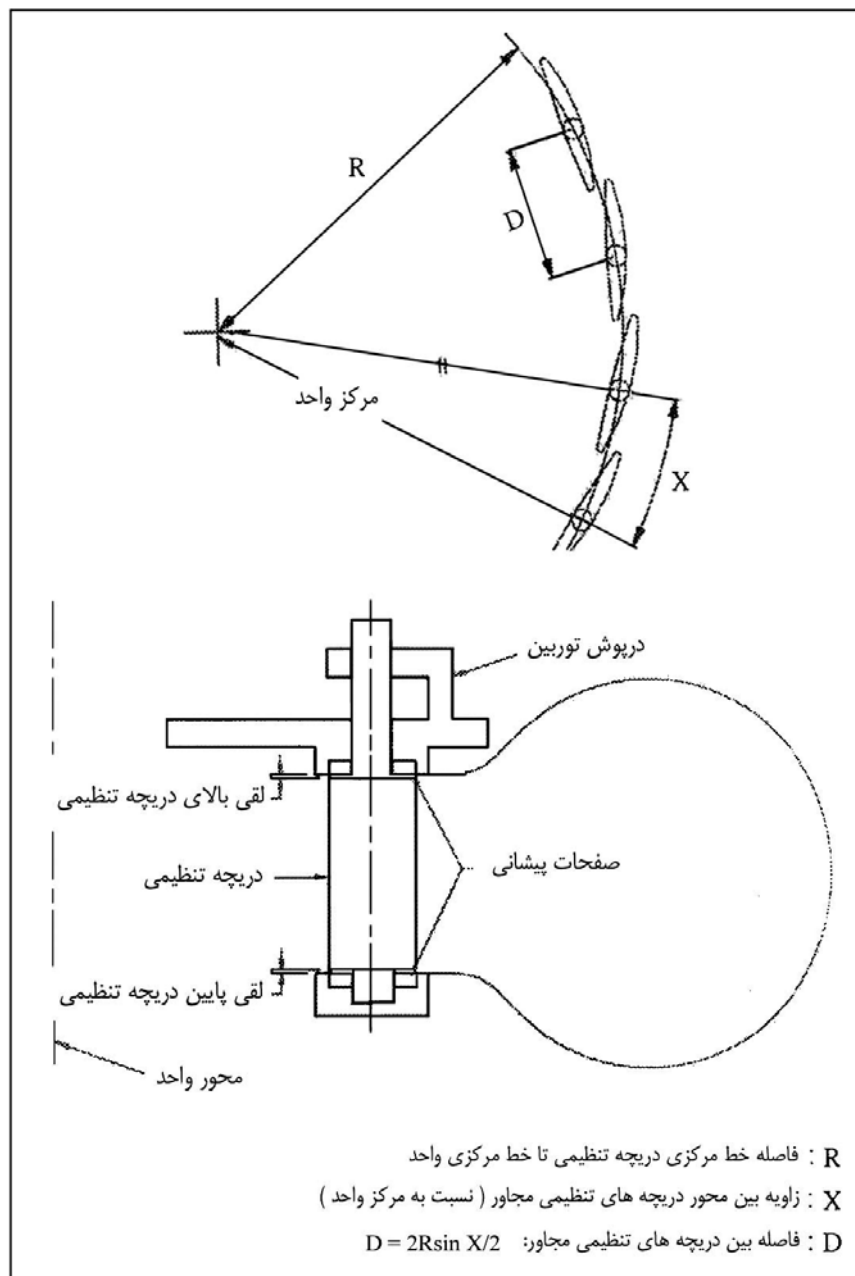
جدول پ.۳-۱- رواداری‌های پیشنهادی<sup>(\*)</sup> برای مونتاژ مجدد واحدهای برق آبی (واحدهای با محور عمودی)

شرح عنوان رواداری‌ها و تنظیمات	مقادیر توصیه شده (رواداری یا تنظیمات)
فاصله هوایی استاتور <sup>۲</sup>	$\pm 5\%$ درصد فاصله هوایی نامی طراحی
هم‌مرکز بودن <sup>۳</sup> استاتور نسبت به یاتاقان راهنمای توربین	$\pm 5\%$ درصد فاصله هوایی نامی طراحی
هم‌مرکز بودن یاتاقان راهنمای بالای ژنراتور (نسبت به یاتاقان راهنمای توربین و یاتاقان راهنمای پایین ژنراتور)	$\pm 20\%$ درصد رواداری قطری یاتاقان
هم‌مرکز بودن یاتاقان راهنمای پایین ژنراتور (نسبت به یاتاقان راهنمای توربین و یاتاقان راهنمای بالای ژنراتور)	$\pm 20\%$ درصد رواداری قطری یاتاقان
هم‌مرکز بودن رینگ‌های آب‌بندی (نسبت به یاتاقان راهنمای توربین و نسبت به یکدیگر)	$\pm 10\%$ درصد رواداری قطری رینگ آب‌بندی
دایروی بودن استاتور	$\pm 5\%$ درصد فاصله هوایی نامی طراحی
دایروی بودن روتور	$\pm 5\%$ درصد فاصله هوایی نامی طراحی
قائم بودن استاتور (نسبت به خط شاقولی)	$\pm 5\%$ درصد فاصله هوایی نامی طراحی
قائم بودن روتور (نسبت به شفت ژنراتور)	$\pm 5\%$ درصد فاصله هوایی نامی طراحی
میزان لنگی دورانی <sup>۴</sup> استاتیک محور (قطر مدار)	$0.05$ میلیمتر ضرب در طول شفت از محل یاتاقان کف‌گرد تا محل نقطه اندازه‌گیری لنگی دورانی تقسیم بر قطر چرخ کف‌گرد، اندازه‌ها برحسب میلیمتر
میزان شاقولی بودن مرکز لنگی دورانی محور (فاصله محور واقعی دوران با خط شاقولی)	$0.00025$ ضرب در طول شفت از بالاترین نقطه قرائت شاقولی تا پایین‌ترین نقطه قرائت شاقولی
فاصله بین دریچه تنظیمی تا مرکز واحد (طول R در شکل پیوست)	$\pm 0.002 \times R$
فاصله بین دریچه‌های تنظیمی (طول D در شکل پیوست)	$\pm 0.001 \times D$
شاقولی بودن دریچه‌های تنظیمی	$20\%$ حداقل لقی قطری بوش دریچه‌های تنظیمی
توازی صفحات پیشانی (رجوع به شکل پیوست)	$20\%$ جمع لقی (بالا + پایین) دریچه تنظیمی
تراز بودن صفحات پیشانی (رجوع به شکل پیوست)	$20\%$ جمع لقی (بالا + پایین) دریچه تنظیمی

(\*) - رواداری‌های فوق در صورتی پیشنهاد می‌شود که رواداری‌های سازنده اصلی تجهیزات در دسترس نباشد. قبل از به کارگیری این معیارها با سازنده تجهیزات مشورت شود.

- جدول فوق بر پایه جدول رواداری‌های توصیه شده توسط دفتر عمران ایالات متحده آمریکا "U.S. Bureau of Reclamation" برای واحدهای آبی با محور عمودی تدوین گردیده است.

- 1- Tolerances
- 2- Stator Air Gap
- 3- Concentricity
- 4- Static Shaft Runout



شکل پ.۳-۱- آرایش دریچه‌های تنظیمی



# پیوست ۴ (اطلاعاتی)

---

---

نمونه فرم گزارش بازرسی مکانیکی

واحدهای آبی



صفحه یک: اندازه‌گیری فواصل هوایی (Gap) و میزان لنگی دورانی محور

پروژه ..... نیروگاه ..... شماره واحد..... تاریخ:.....

فاصله هوایی دریچه‌های تنظیمی

فاصله هوایی بین دریچه‌های تنظیمی در حالت بسته و تحت فشار			فاصله هوایی بین صفحات پیشانی و دریچه‌های تنظیمی			فاصله هوایی بین دریچه‌های تنظیمی در حالت بسته و تحت فشار			فاصله هوایی بین صفحات پیشانی و دریچه‌های تنظیمی		
پایین	وسط	بالا	پایین	بالا	دریچه	پایین	وسط	بالا	پایین	بالا	دریچه
					۱۳						۱
					۱۴						۲
					۱۵						۳
					۱۶						۴
					۱۷						۵
					۱۸						۶
					۱۹						۷
					۲۰						۸
					۲۱						۹
					۲۲						۱۰
					۲۳						۱۱
					۲۴						۱۲

فاصله هوایی یاتاقان و رینگ سایشی

موقعیت قرائت انجام شده				قرائت
غرب	شرق	جنوب	شمال	
				فاصله هوایی ژنراتور اصلی
				فاصله هوایی محرک (Excitor)
				یاتاقان راهنمای بالای ژنراتور
				یاتاقان راهنمای پایین ژنراتور
				یاتاقان راهنمای توربین
				رینگ سایشی بالایی
				رینگ سایشی پایینی

لنگی دورانی محور

حداکثر مقدار لنگی دورانی		مقدار لنگی دورانی در بار حداکثر		یاتاقان
بار (MW)	مقدار لنگی	شرق/غرب	شمال/جنوب	
				یاتاقان راهنمای بالای ژنراتور
				یاتاقان راهنمای پایین ژنراتور
				یاتاقان راهنمای توربین

## نمونه فرم گزارش بازرسی مکانیکی واحدهای آبی

### صفحه دو: بازرسی‌های عمومی

نوع رنگ و وضعیت سطوح رنگ آمیزی شده یادداشت شود. سطوح بدون رنگ از نظر خوردگی، سایش، خط خوردگی و صدمات دیگر کنترل شود. عملکرد پمپ‌ها و سایر تجهیزات چک شود. هرگونه تعمیرات انجام شده مستند گردد. اگر در این بازرسی موردی کنترل نمی‌شود تاریخ بازرسی قبلی آن یادداشت شود.

#### لوله آب‌بر:

- .....: سطوح داخلی:
- .....: سطوح خارج از بتن، اتصالات انبساطی:
- .....: محفظه حلزونی:
- .....: لوله مکش:
- .....: درب‌های دسترسی لوله مکش و محفظه حلزونی:

#### چرخ توربین

- .....: نوع، سازنده و وزن کل مفتول‌های استفاده شده برای جوش کاری:
- سطح تقریبی محدوده تعمیر شده

#### دریچه‌های تنظیمی

- بدنه دریچه: .....
- محورها، بوش‌ها و آب‌بندی‌های دریچه: .....
- اهرم‌بندی و حلقه عملکرد دریچه‌ها: .....
- میزان فشردگی دریچه‌ها، اندازه‌گیری شده در سروموتورها: - سروموتور راست: ..... (میلی‌متر)
- سروموتور چپ: ..... (میلی‌متر)

.....: آب‌بندهای مکانیکی محور اصلی:

#### سامانه روانکاری

- نام، سازنده و لزجت روغن: .....
- نام، سازنده و دریچه‌گریس: .....
- تست آزمایشگاهی روغن: .....

- پمپ‌های روغن‌ی AC و DC: .....
- سامانه روغن کاری فشار بالای یا تاقان کف‌گرد: .....
- کولرهای روغن: .....
- سامانه گریس کاری در بچه‌های تنظیمی: .....

..... ترمزهای واحد:

..... وضعیت مکانیکی روتور:

..... کولرهای هوا/آب ژنراتور:

نام بازرسی:



# پیوست ۵ (اطلاعاتی)

---

---

میزان کردن درجه‌های تنظیمی

توربین پس از مونتاژ مجدد





## میزان کردن دریچه‌های تنظیمی توربین، پس از مونتاژ مجدد<sup>۱</sup>

### (اطلاعاتی)

پس از انجام تعمیرات اساسی توربین و طی عملیات مونتاژ مجدد، لازم است تنظیمات مربوط به دریچه‌های تنظیمی توربین دقیقاً انجام شود به نحوی که فاصله بین پاشنه (دم)<sup>۲</sup> و پنجه (دماغه)<sup>۳</sup> دریچه‌های مجاور یکنواخت باشد (در ازای درصد گشودگی معین) و در حالت بسته نیز دریچه‌های مجاور به حالت آب‌بندی کامل در تماس با یکدیگر قرارگیرند تا نیروی وارده از طرف سروموتورها به صورت یکنواخت روی دریچه‌ها توزیع شود. برای اینگونه تنظیمات معمولاً در مکانیزم اهرم‌بندی مربوط به محور دریچه‌ها پیچ‌هایی با قابلیت تنظیم طولی<sup>۴</sup> و یا پیچ‌های خارج از مرکز<sup>۵</sup>، به منظور تنظیم هر دریچه پیش‌بینی می‌شود.

برای انجام تنظیمات اولیه دریچه‌ها معمولاً از یک بالابر جغجغه‌ای<sup>۶</sup> به همراه طناب‌بندی مناسب (با استفاده از سیم بکسل) استفاده می‌شود. برای جلوگیری از بارگذاری بیش از حد روی طناب‌ها و یا بالابر باید فرایند تنظیمات با احتیاط کامل انجام شود، ظرفیت زنجیرها و طناب‌های مورد استفاده از ظرفیت بالابر بیش‌تر بوده و بالابر مجهز به نشان‌دهنده میزان بارگذاری باشد.

پس از جاگذاری دریچه‌ها و درپوش توربین و قبل از متصل نمودن اهرم‌بندی بین محور دریچه‌های تنظیمی و رینگ عملکرد، باید یک سیم بکسل به دور محیط بیرونی مجموعه دریچه‌های تنظیمی پیچیده شده و دو سر آن به بالابر متصل گردد. با اعمال نیرو توسط بالابر طناب کشیده شده و کشش طناب باعث بسته شدن دریچه‌های تنظیمی می‌شود. در وضعیتی که طناب‌ها سفت و تحت کشش هستند، پیچ‌های قابل تنظیم (یا پیچ‌های خارج از مرکز) میزان می‌شود و سپس مکانیزم اهرم‌بندی نصب می‌گردد.

در بسیاری از موارد پس از شل کردن طناب‌ها، بین دریچه‌ها فاصله (Gap) ایجاد می‌شود. در صورت ایجاد فاصله بین برخی از دریچه‌ها، ابتدا باید مقدار این فاصله از بالا تا پایین دریچه‌ها کنترل شود.

اگر دریچه‌ها در قسمت بالا بطور کامل با یکدیگر تماس داشته ولی در قسمت پایین فاصله داشته باشند و یا برعکس این حالت برقرار باشد، سطح آب‌بندی دریچه با محور آن موازی نبوده و یا خود دریچه‌ها با یکدیگر موازی نیستند که در این صورت برای واحد مونتاژ شده رفع این اشکالات ساده نخواهد بود. در صورت وجود فاصله مقدار آن باید با مقادیر مجاز و قابل قبول مقایسه شود.

مقدار قابل قبول فاصله ایجاد شده بین دریچه‌ها به مشخصات توربین و تعداد دریچه‌های دارای "Gap" بستگی دارد. برای یک توربین با هد بالا باید تolerانس بسته‌تری نسبت به توربین با هد پایین‌تر در نظر گرفته شود. فشار وارده از طرف سروموتورها می‌تواند تا حدی این فواصل را کم‌تر کند، لیکن این امر می‌تواند باعث توزیع غیر یکنواخت بار بر روی دریچه‌ها شده و یا - در صورت تشدید فشار - منجر به شکست بعضی از پین‌های برشی شود.

چنانچه میزان "Gap" موجود از بالا تا پایین دریچه‌ها یکنواخت باشد، برای اصلاح ابتدا باید تمام اهرم‌بندی دریچه‌ها باز و ارتباط آن با رینگ عملکرد قطع شود تا آن دریچه‌ها بتوانند بطور مستقل حرکت کنند، سپس یک دریچه بعنوان دریچه مبنا انتخاب شده و

1- Reference: USBR FIST Volume 2-4 Appendix D: "Wicket Gates Adjustment Procedures"

2- Heel

3- Toe

4- Turnbuckles

5- Eccentrics

6- Ratcheting Hoist

مقدار کمی باز می‌شود (کم‌تر از ۰/۵ میلیمتر). متعاقباً باید پاشنه یا پنجه دریچه بعدی (بسته به شکل هندسی دریچه تنظیمی)، به‌صورتی تنظیم شود که با دریچه مبنا تماس پیدا کند. هر یک از دریچه‌های بعدی نیز به همین شکل تنظیم می‌شوند تا زمانیکه تنها یک فاصله بین آخرین دریچه و دریچه مبنا و یا بین آخرین دریچه و دریچه مجاور آن باقی بماند. این فاصله (بسته به محل آن) با بستن دریچه مبنا، یا بستن آخرین دریچه، از بین رفته و سپس تنظیم بقیه دریچه‌ها به توالی تکرار می‌شود تا زمانیکه هیچ فاصله‌ای وجود نداشته باشد.

نصب ساعت‌های اندازه‌گیری روی بازوی دریچه‌ها می‌تواند فرآیند تنظیمات را ساده‌تر نماید. در زمان تنظیم دریچه‌ها، ساعت‌های اندازه‌گیری می‌توانند برای تعیین لحظه تماس دریچه‌ها، مورد استفاده قرار گیرد، بدون اینکه به وجود شخصی در سمحفظه حلزونی، برای اعلام زمان وقوع تماس دریچه‌ها، نیازی باشد. ساعت اندازه‌گیری، حرکت دریچه ثابت شده را، درست وقتی که با دریچه در حال تنظیم تماس می‌یابد، نشان می‌دهد.

ذیلاً دو دستورالعمل برای میزان کردن دریچه‌های تنظیمی تشریح شده است. انتخاب هر یک از این دستورالعمل‌ها بستگی به شکل هندسی دریچه تنظیمی دارد. فاصله نقاط تماس یا سطوح آب‌بندی دریچه‌ها تا محور دریچه باید از روی نقشه‌های سازنده دریچه تنظیمی توربین استخراج شود. در شکل یک پیوست دو نمونه طرح تیپ دریچه‌های تنظیمی نشان داده شده است (نمونه‌های نوع الف و ب). در دریچه تنظیمی نوع «الف» (شکل پ. ۵-۱) فاصل نقطه تماس پاشنه تا محور دریچه بیش‌تر از فاصله نقطه تماس پنجه تا محور دریچه می‌باشد. در دریچه تنظیمی نوع «ب» (شکل پ. ۵-۱) عکس این حالت صادق است. به دلیل این اختلاف هر گونه جابه‌جایی در پاشنه موجب جابه‌جایی بیش‌تر یا کم‌تر در پنجه می‌شود. بطور مثال در دریچه نوع «الف» جابه‌جایی پنجه معادل جابه‌جایی پاشنه می‌باشد. در واقع هر گونه جابه‌جایی پنجه در نقطه پاشنه تقویت می‌شود. هنگام تنظیم دریچه‌های تنظیمی با هندسه شبیه نوع «الف» باید تنظیمات از نقطه پاشنه شروع شود و در خلاف جهت چرخش رانر ادامه یابد. میزان کردن دریچه‌های تنظیمی با هندسه مشابه نوع «ب» (شکل پ. ۵-۱) باید از نقطه پنجه شروع شود و در جهت چرخش رانر ادامه یابد.

به این ترتیب، براساس روش‌های فوق‌الذکر، مقدار جابه‌جایی هر دریچه در فرایند تنظیمات تابعی از مقدار جابه‌جایی اولین دریچه تنظیم شده (دریچه مبنا)، خواهد بود و با پیشرفت فرایند تنظیم، مقدار لازم برای جابه‌جایی هر دریچه، نسبت به دریچه ماقبل آن، بطور تدریجی کاهش می‌یابد. برای مثال اگر نقطه پاشنه دریچه نوع «الف» به مقدار ۰/۲۵ میلیمتر جابجا شود و تنظیم دریچه‌ها در خلاف جهت چرخش رانر ادامه یابد، مقدار جابه‌جایی پنجه بیستمین دریچه (یا آخرین دریچه)، در حدود ۰/۰۰۵ میلیمتر خواهد بود. لیکن اگر برای همین دریچه (نوع الف) تنظیمات در جهت چرخش رانر انجام شود، در ازای یک جابه‌جایی ۰/۲۵ میلی‌متری برای نقطه پنجه دریچه مبنا، جابه‌جایی نقطه پاشنه بیستمین دریچه (یا آخرین دریچه)، به مقدار ۱۶ میلیمتر خواهد رسید. لذا تشخیص نوع دریچه و جهت حرکت برای میزان کردن دریچه‌های متوالی در فرایند تنظیم، بسیار اهمیت دارد و مراجعه به نقشه‌های سازنده توربین و تشخیص نوع دریچه مبنای کار در انتخاب جهت حرکت در فرایند تنظیمات خواهد بود.

در زمان بررسی نقشه سازنده، برای تشخیص نوع دریچه تنظیمی (نوع الف یا ب) باید توجه داشت که فاصله نقاط تماس از محور دریچه اندازه‌گیری شود، یعنی کل فاصله لبه پنجه یا لبه پاشنه از محور ملاک کار قرار نگیرد (رجوع به شکل یک، در مورد نمایش نقاط تماس).

فرایند تنظیمات دریچه‌ها برای دو حالت فوق‌الذکر، با توجه به شکل‌های (پ. ۵-۱)، (پ. ۵-۲) و (پ. ۵-۳) پیوست به شرح زیر

خلاصه می‌شود:

### دریچه تنظیمی نوع «الف»

(فاصله نقطه تماس پاشنه تا محور دریچه بزرگتر از فاصله نقطه تماس پنجه تا محور دریچه می‌باشد: شکل‌های پ.۵-۱-الف و پ.۵-۲).

۱- کلیه تنظیمات دریچه‌ها باید در حالتی که توربین بدون آب است انجام شود. سروموتور و اهرم بندی مانور دریچه‌ها باید با فشار کامل، موقعیت صفر دریچه (Squeeze) را ایجاد نماید.

۲- مخزن روغن تحت فشار گاورنر باید تدریجا از هوا خالی شود تا فشار سروموتور به صفر برسد.

۳- کلیه اهرم‌بندی‌های دریچه‌ها باید باز شود تا دریچه بتواند آزادانه حرکت کنند.

۴- یکی از دریچه‌ها باید بعنوان دریچه مبنا (Master) انتخاب و کمی باز شود (کمتر از ۰/۵ میلی‌متر).

۵- با حرکت در جهت خلاف جهت چرخش رانر، دومین دریچه بعد از دریچه مبنا (دریچه شماره ۳ در شکل پ.۵-۲) باید اندکی باز شود. به این ترتیب می‌توان دریچه مجاور دریچه مبنا را (دریچه شماره ۲) حرکت داد. این دریچه باید به اندازه‌ای حرکت داده شود که پاشنه آن با پنجه دریچه مبنا تماس حاصل کند. باید توجه شود که در این حالت دریچه مبنا در وضعیت تنظیم شده قبلی باقی بماند و حرکتی نکند.

۶- تنظیم دریچه‌های بعدی باید بصورت متوالی و در جهت خلاف گردش رانر ادامه یابد و هر دریچه به نحوی تنظیم شود که پاشنه آن با پنجه دریچه قبلی تماس پیدا کند. در اغلب موارد برای تنظیم یک دریچه لازم است دریچه بعد از آن مقداری باز شود تا دریچه مورد نظر برای تنظیم را بتوان حرکت داد.

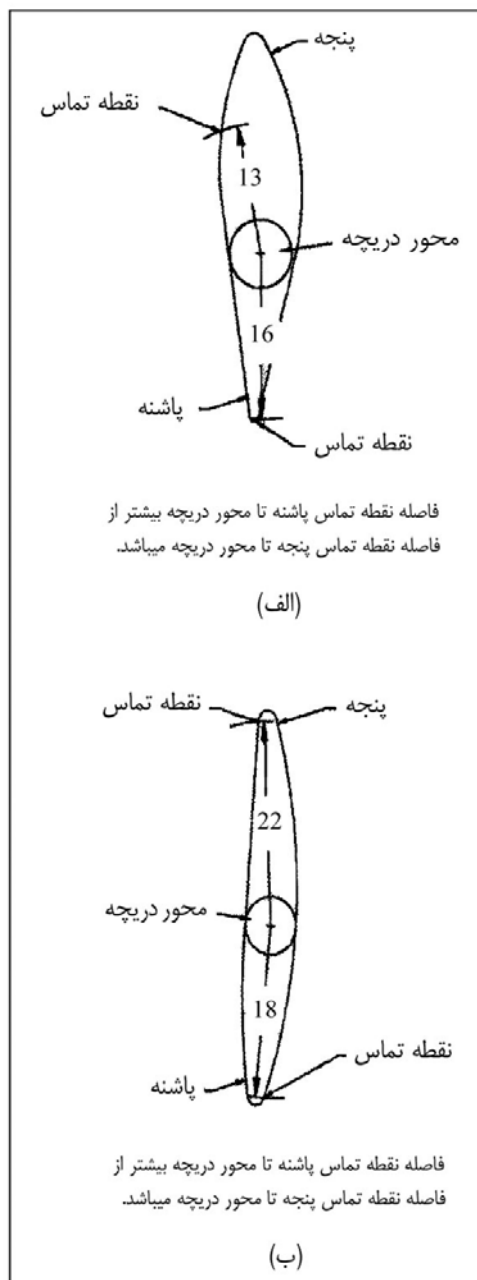
۷- پس از یک دور کامل تنظیم دریچه‌های متوالی به شرح فوق قاعدتا نباید هیچ فاصله‌ای بین دریچه‌ها وجود داشته باشد، به غیر از فاصله بین پاشنه دریچه مبنا (دریچه یک در مثال شکل پ.۵-۲) و پنجه آخرین دریچه تنظیم شده [و یا فاصله بین پاشنه دریچه آخر (شماره ۲۰) با پنجه دریچه مجاور (شماره ۱۹)]. در این حالت دریچه بعد از دریچه مبنا باید کمی باز شود تا دریچه مبنا اجازه حرکت یابد. سپس دریچه مبنا باید حرکت داده شود تا پاشنه آن با پنجه آخرین دریچه تنظیم شده (دریچه شماره ۲۰ در مثال شکل پ.۵-۲) برخورد کند. سپس مرحله ۶ تکرار گردد تا زمانیکه فاصله (Gap) مابین کلیه دریچه‌ها در محدوده مجاز قرار گیرد.

۸- ابتدا باید اطمینان حاصل شود که سروموتور هنوز در موقعیت صفر دریچه است و در صورت لزوم حرکت داده شود تا به این وضعیت برسد. سپس به دور محیط بیرونی دریچه‌ها سیم بکسل پیچیده شده و با بالا بردن جفجه‌ای تحت کشش قرار گیرد تا در موقع اتصال اهرم‌بندی به دریچه‌های تنظیمی، این دریچه‌ها را نگهدارد. در ادامه باید اهرم‌بندی دریچه‌های تنظیمی متصل شده و این مکانیزم برای ثابت نگهداشتن دریچه‌ها در موقعیت موردنظر تنظیم گردد. پس از متصل نمودن تمام اهرم‌ها باید بکسل جدا شده و مجددا سامانه محرکه دریچه‌ها تحت فشار قرار گیرد و دریچه‌ها با کورس کامل چند بار حرکت داده شده و مجددا فواصل بین آنها کنترل گردد.

### دریچه تنظیمی نوع «ب»

(فاصله نقطه تماس پنجه تا محور دریچه بیش‌تر از فاصله نقطه تماس پاشنه تا محور دریچه می‌باشد: شکل‌های پ.۵-۱-ب و پ.۵-۳).

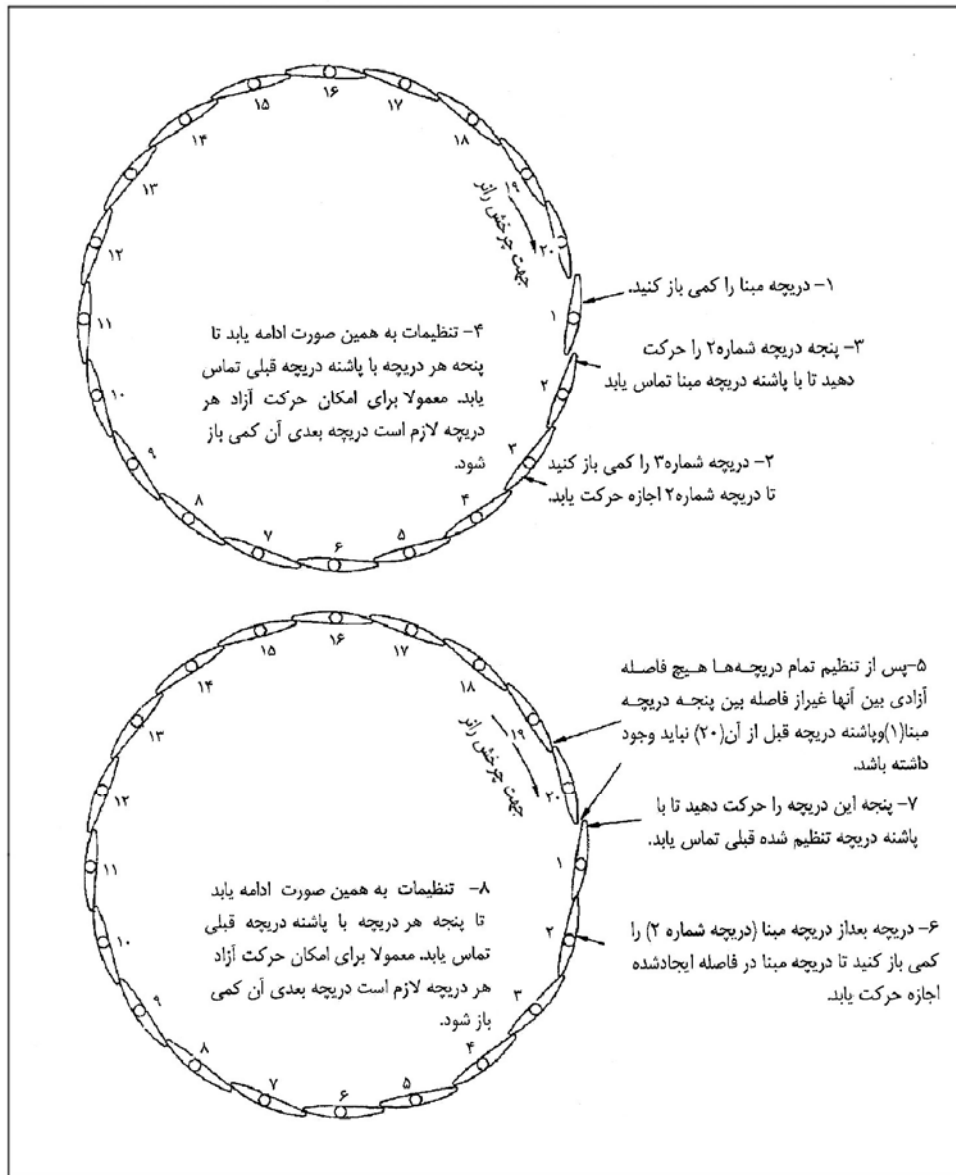
- ۱- کلیه تنظیمات دریچه‌ها باید در حالتی که توربین بدون آب است انجام شود. سروموتور و اهرم‌بندی مانور دریچه‌ها باید با فشار کامل، موقعیت صفر دریچه (Squeeze) را ایجاد نماید.
- ۲- مخزن روغن تحت فشار گاورنر باید از هوا خالی شود. نشاندهنده سروموتور باید موقعیت صفر دریچه را نشان دهد.
- ۳- کلیه اهرم‌بندی‌های دریچه‌ها باید باز شود تا دریچه‌ها بتوانند آزادانه حرکت کنند.
- ۴- یکی از دریچه‌ها باید بعنوان دریچه مینا انتخاب و کمی باز شود (کم‌تر از ۰/۵ میلیمتر).
- ۵- با حرکت در جهت چرخش رانر، دومین دریچه بعد از دریچه مینا (دریچه شماره ۳ در شکل پ. ۵-۳) باید اندکی باز شود. به این ترتیب می‌توان دریچه مجاور دریچه مینا را (دریچه شماره ۲) حرکت داد. این دریچه باید به اندازه‌ای حرکت داده شود تا پنجه آن با پاشنه دریچه مینا تماس حاصل کند. باید توجه شود که در این حالت دریچه مینا در حالت تنظیم شده باقی بماند و حرکتی نکند.
- ۶- تنظیم دریچه‌های بعدی باید بصورت متوالی و در جهت گردش رانر ادامه یابد و هر دریچه به نحوی تنظیم شود که پنجه آن با پاشنه دریچه قبلی تماس پیدا کند. در اغلب موارد برای تنظیم یک دریچه لازم است دریچه بعد از آن مقداری باز شود تا دریچه مورد نظر برای تنظیم را بتوان حرکت داد.
- ۷- پس از یک دور کامل تنظیم دریچه‌های متوالی به شرح فوق، قاعدتا نباید هیچ فاصله‌ای بین دریچه‌ها وجود داشته باشد به غیر از فاصله بین پنجه دریچه مینا (دریچه ۱ در مثال شکل پ. ۵-۳) و پاشنه آخرین دریچه تنظیم شده [و یا فاصله بین پنجه آخرین دریچه (شماره ۲۰) و پاشنه دریچه مجاور آن (شماره ۱۹)]. در این حالت دریچه بعد از دریچه مینا را باید کمی باز کرد تا دریچه مینا امکان حرکت داشته باشد. سپس دریچه مینا باید مجدداً حرکت داده شود تا پنجه آن با پاشنه آخرین دریچه (شماره ۲۰) تماس پیدا کند. سپس مرحله ۶ تکرار گردد تا زمانیکه فاصله (Gap) مابین کلیه دریچه‌ها در محدوده مجاز قرار گیرد.
- ۸- باید اطمینان حاصل شود که سروموتور هنوز در موقعیت صفر دریچه است و در صورت لزوم حرکت داده شود تا به این وضعیت برسد. سپس به دور محیط بیرونی دریچه‌ها سیم بکسل پیچیده شود و با بالابر جغجغه‌ای تحت کشش قرار گیرد تا موقع اتصال اهرم‌بندی به دریچه‌های تنظیمی این دریچه‌ها را نگهدارد. باید توجه زیادی شود که بار بیش از حد روی بالابر یا طناب اعمال نشود. ظرفیت طناب‌های مورد استفاده باید از ظرفیت بالابر بیش‌تر بوده و همچنین بالابر مجهز به نشاندهنده میزان بارگذاری باشد. در ادامه باید اهرم‌بندی دریچه‌های تنظیمی متصل شده و این مکانیزم برای ثابت نگه‌داشتن دریچه‌ها در موقعیت موردنظر تنظیم گردد. پس از متصل نمودن تمام اهرم‌ها، باید سیم بکسل جدا شده و مجدداً سامانه تحت فشار قرار گیرد و دریچه‌ها با کورس کامل چند بار حرکت داده شده و مجدداً فواصل بین آنها کنترل گردد.



شکل پ.۵-۱- دریچه‌های تنظیمی



شکل پ.۵-۲- دستورالعمل میزان کردن دریچه‌های تنظیمی نوع الف



شکل پ. ۵-۳- دستورالعمل میزان کردن دریچه‌های تنظیمی نوع ب





# پیوست ۶

---

---

شرح وظایف، درجه اختیار و شرایط

احراز سرپرست و کارکنان

بهره‌برداری نیروگاه



در این قسمت ۴ جدول حاوی شرح تفصیلی وظایف سرپرست بهره‌برداری نیروگاه و سه رده اصلی از کارکنان بهره‌برداری، همراه با درجه اختیار آنان برای انجام وظایف تعریف شده، ارائه شده است.  
در قسمت پایین هر جدول، شرایط احراز کارکنان نیز برای تصدی پست‌های مرتبط با بهره‌برداری نیروگاه آبی در نظر گرفته شده است.

جدول پ.۶-۱- شرح وظایف و اختیارات سرپرست بهره‌برداری نیروگاه

درجه اختیار	۱- شرح وظایف و اختیارات سرپرست بهره‌برداری نیروگاه
۱	برقراری تماس با دیسپاچینگ ملی و دیسپاچینگ محلی به منظور ایجاد هماهنگی‌های لازم در بهره‌برداری نیروگاه
۱	بررسی ارقام محاسبه شده تولید انرژی و مقادیر آبی و ارقام دستگاه‌های سنجش
۱	نظارت بر حسن انجام بررسی‌های لازم از تاسیسات
۱	نظارت موثر بر تولید انرژی به لحاظ کمیت و کیفیت
۱	نظارت و ارائه رهنمودهای لازم جهت انجام کلیه عملیات‌های مربوط به تجهیزات نیروگاه و کلیدخانه در شرایط عادی و اضطراری
۱	تصویب درخواست‌های خروج دستگاه‌ها جهت انجام تعمیرات و غیره
۱	نظارت بر استفاده صحیح و به موقع از فرم‌های حفاظتی به منظور رعایت کامل اصول ایمنی
۱	تصویب گزارش نقص دستگاه‌ها و پیگیری رفع نواقص از طریق دفتر نظارت و پشتیبانی فنی
۱	تهیه و تدوین دستورالعمل‌های عملیاتی نیروگاه و کلیدخانه
۱	تهیه و تنظیم برنامه کار، بصورت شیفت‌های کاری در یک دوره یک‌ماهه
۱	تعیین و ترکیب افراد در شیفت‌های کاری، با توجه به شناخت مجموعه کارکنان بهره‌برداری
۱	نظارت بر کار افراد تحت سرپرستی به منظور اجرای مقررات نوبت‌کاری
۱	تهیه و تنظیم برنامه آموزشی مناسب علمی و عملی کارکنان بهره‌برداری و نظارت مستمر بر اجرای آن
۱	مطالعه و بررسی دفتر گزارش روزانه و تهیه و ارسال گزارش حوادث و اتفاقات پیش آمده به مسئولین ذیصلاح
۱	تصویب نقشه‌های عملیاتی و نظارت بر نصب علایم نقشه‌ای
۱	تهیه گزارش اشکالات عمده دستگاه‌ها و تجهیزات همراه با ارائه پیشنهادات اصلاحی
۱	تشکیل جلسات توجیهی با رؤسا و مسئولین بهره‌بردار نیروگاه و کلیدخانه به منظور ایجاد هماهنگی
۱	بررسی دستورالعمل‌های دریافتی درخصوص تولید مقادیر انرژی و کنترل آب و ابلاغ آن به روسای نوبت‌کاری
۱	تجزیه و تحلیل وقایع اتفاق افتاده در سامانه‌های بهره‌برداری نیروگاه و کلیدخانه و ارائه راه‌حل‌های مناسب
۱	همکاری و مبادله اطلاعات با دفتر نظارت و پشتیبانی فنی به منظور هماهنگی در امور جاری
۱	انجام سایر امور محوله
۱	رعایت کلیه روش‌های اجرایی و دستورالعمل‌های ایمنی و بهداشتی مرتبط با آن
<b>تعریف درجه اختیار:</b>	
۱- اختیار کامل دارد.	
۲- اختیار پس از هماهنگی با مافوق حاصل می‌شود.	
۳- برابر دستور و راهنمایی انجام می‌دهد.	
۴- پیشنهاد می‌نماید ولی تا ابلاغ دستور اقدام نمی‌کند.	
<b>شرایط احراز سرپرست بهره‌برداری نیروگاه:</b>	
۱- کارشناس مهندس برق یا مکانیک	
۲- حداقل ۱۰ سال تجربه کار در نیروگاه برق آبی	

## جدول پ.۶-۲- شرح وظایف و اختیارات مهندس مسوول شیفت بهره‌برداری نیروگاه

درجه اختیار	۲- شرح وظایف و اختیارات مهندس مسوول شیفت بهره‌برداری نیروگاه
۱	تحويل نوبت کاری و برقراری تماس با دیسپاچینگ ملی و منطقه‌ای جهت هماهنگی لازم
۱	برقراری تماس با مسوول کلیدخانه به منظور هماهنگی در انجام عملیات‌ها و کلیدزنی
۱	سرپرستی سایر کارکنان در طول نوبت کاری
۱	نظارت و یا انجام عملیات‌های لازم مربوط به تولید انرژی و کنترل آب در شرایط عادی و اضطراری
۱	بررسی فرم‌های گزارش نقص دستگاه‌ها و ارجاع آن به مدیر بهره‌برداری جهت تصویب
۱	نظارت بر محاسبه و ثبت مقادیر آب و انرژی
۲	تصویب انجام کارها بر روی دستگاه‌های جانبی نیروگاه به منظور تعمیرات و غیره
۱	نظارت بر انجام امور ایمنی به منظور ایمن ساختن محیط کار جهت اجرای صحیح مسایل ایمنی
۱	بررسی و صدور ضمانت‌نامه‌های حفاظتی بر روی دستگاه‌ها جهت انجام کار
۱	ثبت گزارشات روزانه در دفتر گزارشات و تهیه گزارش جامع از حوادث پیش آمده
۲	به اجرا در آوردن برنامه آموزش عملی کارکنان
۲	ایجاد موقعیت‌های مناسب جهت از سرویس خارج نمودن دستگاه‌ها به منظور کارهای تعمیراتی و غیره
۱	تهیه گزارش وقایع مهم روزانه و ارائه به مدیر بهره‌برداری
۱	دریافت فرم درخواست صدور اجازه کاربر روی دستگاه‌ها و تجهیزات از بخش نظارت فنی و پشتیبانی و تصویب نهایی آن
۱	تایید حسن اجرای بازرسی‌های روزانه و هفتگی دستگاه‌ها و تجهیزات
۳	انجام سایر امور محوله و مرتبط
۱	رعایت کلیه روش‌های اجرایی و دستورالعمل‌های ایمنی و بهداشتی مرتبط با آن
<b>تعریف درجه اختیار:</b>	
۱- اختیار کامل دارد.	
۲- اختیار پس از هماهنگی با مافوق حاصل می‌شود.	
۳- برابر دستور و راهنمایی انجام می‌دهد.	
۴- پیشنهاد می‌نماید ولی تا ابلاغ دستور اقدام نمی‌کند.	
<b>شرایط احراز مهندس مسوول شیفت بهره‌برداری:</b>	
۱- کارشناس مهندس برق یا مکانیک	
۲- حداقل ۵ سال تجربه کار در نیروگاه برق‌آبی	

جدول پ.۶-۳- شرح وظایف و اختیارات بهره‌بردار اصلی اتاق کنترل نیروگاه

درجه اختیار	۳- شرح وظایف و اختیارات بهره‌بردار اصلی اتاق کنترل نیروگاه
۱	انجام وظایف و مسوولیت‌های رییس نوبت‌کاری و کارشناس مسوول بهره‌برداری در هنگام عدم حضور آنان در اتاق فرمان
۲	برقراری تماس با مرکز کنترل دیسپاچینگ ملی و منطقه‌ای به منظور تبادل اطلاعات
۲	آموزش عملی به کارآموزان جدیدالاستخدام طبق برنامه تعیین شده
۱	انجام بررسی محاسبات آب و انرژی نیروگاه
۱	انجام بازدیدهای لازم از تجهیزات اصلی و وابسته نیروگاه به طور روزانه
۱	تهیه گزارش نقص و ارسال به رییس نوبت‌کاری جهت تصویب
۱	تهیه و انجام دستورالعمل‌های عملیاتی بر روی تجهیزات نیروگاه
۱	تهیه انواع فرم‌های حفاظتی مورد استفاده در نیروگاه
۱	به کارگیری مقررات ایمنی به منظور تامین حفاظت فردی و تجهیزات نیروگاه
۱	ثبت ارقام ساعتی دستگاه‌های سنجشی
۲	انجام مراحل راه اندازی واحدها و سایر تجهیزات کمکی نیروگاه از نقاط مختلف طبق دستورالعمل
۲	انجام مراحل سنکرون واحد از نقاط مختلف تعیین شده
۳	در صورت لزوم انجام سایر وظایف محوله
۱	رعایت کلیه روش‌های اجرایی و دستورالعمل‌های ایمنی و بهداشتی مرتبط با آن
<b>تعریف درجه اختیار:</b>	
۱- اختیار کامل دارد.	
۲- اختیار پس از هماهنگی با مافوق حاصل می‌شود.	
۳- برابر دستور و راهنمایی انجام می‌دهد.	
۴- پیشنهاد می‌نماید ولی تا ابلاغ دستور اقدام نمی‌کند.	
<b>شرایط احراز بهره‌بردار اصلی اتاق کنترل نیروگاه:</b>	
۱- کاردانی در رشته‌های برق یا مکانیک	
۲- حداقل ۴ سال تجربه کار در نیروگاه برق‌آبی	

## جدول پ.۶-۴- شرح وظایف و اختیارات اپراتور نیروگاه

درجه اختیار	۴- شرح وظایف و اختیارات اپراتور نیروگاه
۱	انجام بازرسی‌های ساعتی، روزانه و هفتگی از نیروگاه و تجهیزات وابسته
۱	تهیه گزارش نقص
۱	ثبت ارقام ساعتی دستگاه‌های سنجشی
۱	انجام محاسبات آب و انرژی
۱	تهیه و انجام دستورالعمل‌های عملیاتی بر روی تجهیزات نیروگاه
۱	تهیه انواع فرم‌های ضمانتی و ارجاع آن جهت بررسی به رییس نوبت‌کاری و یا تکنسین مسوول
۲	انجام مانور جهت راه اندازی تجهیزات کمکی نیروگاه
۱	به کارگیری مقررات ایمنی به منظور تامین حفاظت فردی و تجهیزات نیروگاه
۲	انجام عملیات مربوط به راه اندازی و سنکرون واحد از نقاط مختلف تعیین شده
۲	انجام سایر وظایف محوله و مرتبط
۱	رعایت کلیه روش‌های اجرایی و دستورالعمل‌های ایمنی و بهداشتی مرتبط با آن
<b>تعریف درجه اختیار:</b>	
۱- اختیار کامل دارد.	
۲- اختیار پس از هماهنگی با مافوق حاصل می‌شود.	
۳- برابر دستور و راهنمایی انجام می‌دهد.	
۴- پیشنهاد می‌نماید ولی تا ابلاغ دستور اقدام نمی‌کند.	
<b>شرایط احراز اپراتور نیروگاه:</b>	
۱- دیپلم رشته‌های ریاضی فیزیک، هنرستان در رشته‌های برق یا مکانیک	
۲- حداقل ۲ سال تجربه کار در نیروگاه برق‌آبی	

## منابع و مراجع

- ۱- تولید، بهره‌برداری و کنترل در سامانه‌های قدرت، تألیف پروفیسور آل.ج. وود و پروفیسور بوریس اف. ولن‌برگ، ترجمه حسین سیفی : ۱۳۷۱، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- سامانه‌های قدرت الکتریکی، تألیف احد کاظمی: بهمن ماه ۱۳۷۴، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۳- تولید و بهره‌برداری، تألیف مسعود سلطانی: انتشارات دانشگاه تهران
- ۴- تأسیسات برق‌آبی، تألیف I.I.Ilynik : ترجمه مهدی مردی ، انتشارات دانشکده صنعت آب و برق
- ۵- نحوه کارکرد و بهره‌برداری از نیروگاه آبی کلان، تألیف حسن صفری شبستری: شهریور ماه ۱۳۷۰، امور برق وزارت نیرو
- ۶- گزارش‌های بازرسی تجهیزات هیدرومکانیک سدهای دز، شهیدعباسپور و درودزن، تهیه شده توسط شرکت مهندسی مشاور مه‌باب قدس (مربوط به طرح کنترل پایداری سدهای کشور)، گزارش‌های سال‌های ۷۰ الی ۷۴
- ۷- فهرست بازرسی‌ها و برنامه نگهداری عادی تجهیزات نیروگاه سد دز
- ۸- برنامه نگهداری توربین و جرثقیل اصلی نیروگاه سد درودزن: ۱۳۶۹ ، شرکت مهندسی مشاور مه‌باب قدس

**References (Guides, Instructions, Standards, Manuals and Technical Reports)**

- 9- IEEE 492 : 1999, Guide for Operation and Maintenance of Hydro-Generators
- 10- IEEE 1248: 1998, Guide for Commissioning of Electrical Systems in Hydroelectric Power Plants
- 11- ANSI/IEEE 1010 : 1995, Guide for Control of Hydroelectric Power Plants
- 12- ANSI/IEEE 1020 : 1998, Guide for Control of Small Hydroelectric Plants
- 13- IEC Standard 545: 1997, Guide for Commissioning, Operation and Maintenance of Hydraulic Turbines
- 14- Installation, Operation & Maintenance for Excitation System  
(Manual of Excitation System)  
Prepared by Elin Co. - Document No. 3517281  
(for KIII HPP Project)
- 15- Voith Hydro-Electro Manual for Electro-Hydraulic Governor  
Prepared by Elin Co.  
(for Governor System used for Karkheh & Karun III HPP Projects)
- 16- USBR<sup>1</sup> – FIST<sup>2</sup> Volume 2-3 : July 2002, Mechanical Governors for Hydroelectric Units
- 17- USBR – FIST Volume 2-5 : August 1989, Turbine Repair
- 18- USBR – FIST Volume 2-7 : July 1994, Mechanical Overhaul Procedures for Hydro-electric Units

---

1 - United States Department of the Interior Bureau of Reclamation (USBR)

2- Facilities Instructions, Standards and Techniques (FIST)

- 19- Overhead Crane Handbook:  
Editor : WM.M.Weaver Whiting Corporation - Harvey, Illinois
- 20- USBR – FIST Volume 3-6 : June 1998, Storage Batteries Maintenance and Principles
- 21- IEC 896-1:1987, Stationary Lead-Acid Batteries, General Requirements & Method of Test  
Part 1: Vented Types
- 22- IEC 896-2 :1995, Stationary Lead-Acid Batteries, General Requirements & Method of Test  
Part 2: Valve Regulated Types
- 23- IEEE 450 : 1995, Recommendation Practice for Maintenance ,Testing, and Replacement  
of Large Lead Storage Batteries for Generating Stations and Substations (ANSI)
- 24- USBR – FIST Volume 2-8 : August 2000, Inspection of Steel Penstocks and Pressure  
Conduits
- 25- USBR – FIST Volume 2-10 : October 2004, Maintenance, Inspection and Testing of  
Electric and Hydraulic Elevators
- 26- USBR – FIST Volume 3-1 : December 1991, Testing Solid Insulation of Electrical  
Equipment
- 27- USBR – FIST Volume 3-16 : December 1999, Maintenance of Power Circuit Breakers
- 28- USBR – FIST Volume 3-30 : October 2000, Transformer Maintenance
- 29- USBR–FIST Volume 4-1A: March 1998, Maintenance Scheduling for Mechanical  
Equipment
- 30- USBR–FIST Volume 4-1B : April 2001, Maintenance Scheduling for Electrical  
Equipment
- 31- USBR – FIST Volume 5-12 : May 2005, Personal Safety with CO2 Discharge
- 32- USBR– Pub . M-47: 1996, "Standard Specification for Repair of Concrete"
- 33- American Society and Civil Engineering (ASCE): Manuals and Reports on Engineering  
Practice, No. 79: "Steel Penstocks".
- 34- International Energy Agency (IEA) Technical Report : May 2000 ,  
Structure of Operation and Maintenance Training Programs
- 35- Preventive Maintenance for Hydro-Power Plants  
Chapter 8 : Hydro Turbines  
Chapter 9 : Hydro Generators  
Prepared By : Hitachi Co.
- 36- USBR–FIST Volume 1-12 : March 2003, Abnormal Operations Generic Technical  
Guidelines for Power Stations Hydroelectric Units
- 37- USBR–FIST Volume 1-11 : December 2002, Conduct of Power Operations



## خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی-فنی، در قالب آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال های اخیر در سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> قابل دستیابی می باشد.

دفتر نظام فنی اجرایی

**Islamic Republic of Iran**  
**Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision**

# **A Guideline for Operation and Maintenance of Hydroelectric Power Plant**

**No. 526**

Office of Deputy for Strategic Supervision

Bureau of Technical Execution System

<http://tec.mporg.ir>

Ministry of Energy

Bureau of Engineering and Technical  
Criteria for Water and Wastewater

<http://seso.moe.org.ir>

**2010**



## این نشریه

این نشریه با عنوان «راهنمای بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های آبی سدهای بزرگ» شامل توصیه‌ها و معیارهای عمومی برای بهره‌برداری و نگهداری از عمده‌ترین تجهیزاتی است که کاربردشان در اکثر نیروگاه‌های آبی عمومیت دارد. در این راهنما نکات اصلی، که باید در تهیه برنامه خاص نگهداری تجهیزات مختلف نیروگاه مد نظر قرار گیرد، با بهره‌گیری از استانداردهای بین‌المللی و تجارب موجود، آورده شده است؛ لذا نکات اصلی و توصیه‌های کلی مندرج در این راهنما باید به همراه مدارک فنی و دستورالعمل‌های خاص سازندگان تجهیزات هر نیروگاه و تجارب عملی بهره‌برداری، ملاک کار برای تهیه برنامه نگهداری تجهیزات به کار رفته در آن نیروگاه خاص قرار داده شود.