

مشخصات فنی عمومی و اجرایی  
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال  
سیستم تغذیه داخلی LVDC در  
پست های فشار قوی (جلد دوم)  
نشریه شماره ۲-۴۳۲

وزارت نیرو - شرکت توانیر  
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق  
[www.tavanir.org.ir](http://www.tavanir.org.ir)

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور  
معاونت نظارت راهبردی  
دفتر نظام فنی اجرایی  
<http://tec.mporg.ir>



جمهوری اسلامی ایران

**مشخصات فنی عمومی و اجرایی**  
**پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال**  
**سیستم تغذیه داخلی (LVDC)**  
**در پست های فشارقوی**  
نشریه شماره ۲-۴۳۲

وزارت نیرو - شرکت توانیر  
طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق  
[www.tavanir.ir](http://www.tavanir.ir)

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور  
معاونت نظارت راهبردی  
دفتر نظام فنی اجرایی  
<http://tec.mporg.ir>





بسمه تعالی

ریاست جمهوری  
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

شماره:	۱۰۰/۱۹۵۷۳
تاریخ:	۱۳۸۷/۳/۴

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع:

مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال - سیستم تغذیه داخلی LVDC در پست‌های فشار قوی (جلد اول) و (جلد دوم)

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۴۳۲ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال - سیستم تغذیه داخلی LVDC در پست‌های فشار قوی (جلد اول) و (جلد دوم)» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند 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.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله ارسال کنند.

امیرمنصور برقی

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور



# 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 دستورالعمل 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 می‌شود.

**نشانی برای مکاتبه:** تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه  
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

سازمان مرکزی - تهران ۱۱۴۹۹۴۳۱۴۱ - خیابان صفی علی شاه

<http://tec.mporg.ir>





## بسمه تعالی

### پیشگفتار

در اجرای ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور و به منظور تعمیم استانداردهای صنعت برق و ایجاد هماهنگی و یکنواختی در طراحی و اجرای پروژه‌های مربوط به تولید، انتقال و توزیع نیروی برق، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور (معاونت نظارت راهبردی - دفتر نظام فنی اجرایی) با همکاری وزارت نیرو - شرکت توانیر در قالب طرح «ضوابط و معیارهای فنی صنعت برق» اقدام به تهیه مجموعه کاملی از استانداردهای مورد لزوم نموده است.

نشریه حاضر با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - سیستم تغذیه داخلی (LVDC) در پست‌های فشار قوی - جلد دوم» در بر گیرنده مباحث مربوط به بررسی، شناخت، و معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم تغذیه جریان مستقیم داخلی پست‌های فشار قوی در سطح ولتاژهای ۶۳ تا ۴۰۰ کیلو ولت می باشد. در این مشخصات فنی همچنین دستورالعمل نگهداری از سیستم نامبرده و آزمون‌های استاندارد لازم برای شارژرها، باتری‌ها و تابلوهای مربوط نیز ارائه شده است.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از کوشش‌های دست‌اندرکاران به ثمر رسیدن این نشریه و همچنین سازمان‌ها و شرکت‌های مهندسی مشاور که با اظهارنظرهای سازنده خود این معاونت را در جهت غنا بخشیدن به آن یاری نموده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نموده و توفیق روزافزون آنان را از درگاه ایزد یکتا آرزومند است

**معاون نظارت راهبردی**

**۱۳۸۷**



مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال - سیستم تغذیه  
داخلی LVDC در پست های فشار قوی - نشریه شماره ۲- ۴۳۲

**تهیه کننده**

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسين مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسين بهزاد کیوانی، سید مهدی سیف، بهرنگ مافی، شهرام کاظمی، آقای دکتر عارف درودی و خانم مهندس طاهره نوری تهیه و تدوین شده است و توسط آقای اسماعیل زارعی مورد ویراستاری قرار گرفته است.

**کمیته فنی**

این نشریه همچنین در کمیته فنی طرح با مشارکت مجری و مشاور طرح و نمایندگان شرکت های مهندسی مشاور تحت پوشش وزارت نیرو به شرح زیر بررسی، اصلاح و تصویب شده است.

وزارت نیرو - سازمان توانیر - مجری طرح	آقای مهندس جمال بیانی
شرکت مشانیر	آقای مهندس رحمت الله اکرم
سازمان توسعه برق ایران	آقای مهندس بهمن الله مرادی
شرکت مشانیر	آقای مهندس عنایت الله جمشیدی
مهندسين مشاور نیرو	آقای دکتر عارف درودی
پژوهشگاه نیرو	آقای مهندس حمید رضایی
شرکت مشانیر	آقای مهندس مسعود سعیدی
پژوهشگاه نیرو	آقای مهندس محمد رضا شریعتی
مهندسين مشاور قدس نیرو	آقای مهندس علی اصغر کسائیان
مهندسين مشاور نیرو	خانم مهندس طاهره نوری
پژوهشگاه نیرو	خانم مهندس مریم ودیهتی
وزارت نیرو - سازمان توانیر - دبیر کمیته فنی طرح	آقای مهندس احسان الله زمانی

مسئولیت کنترل و بررسی نشریه در راستای اهداف دفتر نظام فنی اجرائی به عهده آقایان مهندسين پرویز سیداحمدی و محمدرضا طلاکوب بوده است.



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول - بررسی و شناخت سیستم تغذیه جریان مستقیم (LVDC)

۳	.....	۱-۱- کلیات
۴	.....	۲-۱- شارژر
۵	.....	۳-۱- باتری
۵	.....	۱-۳-۱- انواع باتریهای مورد استفاده در پستها
۵	.....	۱-۱-۳-۱- باتریهای اسید سربی ساکن
۵	.....	۲-۱-۳-۱- باتریهای نیکل-کادمیوم
۵	.....	۳-۱-۳-۱- مزایای باتری نیکل کادمیوم نسبت به باتری اسید-سربی
۵	.....	۴-۱-۳-۱- معایب باتریهای نیکل کادمیوم نسبت به باتریهای اسید-سربی
۶	.....	۲-۳-۱- سلولهای اسید-سربی
۶	.....	۱-۲-۳-۱- سلول پلانته
۷	.....	۲-۲-۳-۱- سلول خمیری
۸	.....	۳-۲-۳-۱- سلولهای لوله‌ای
۹	.....	۴-۲-۳-۱- سلولهای با درجه تنظیم‌شونده (VRLA)
۱۱	.....	۳-۳-۱- انواع شارژر باتری
۱۱	.....	۱-۳-۳-۱- شارژر شناور
۱۱	.....	۴-۱- تابلوی توزیع جریان مستقیم (LVDC)
۱۲	.....	۵-۱- طبقه‌بندی بارها از نظر مدت زمان تغذیه توسط باتری
۱۲	.....	۱-۵-۱- بارهای پیوسته
۱۲	.....	۲-۵-۱- بارهای ناپیوسته
۱۳	.....	۳-۵-۱- بارهای لحظه‌ای
۱۳	.....	۶-۱- طبقه‌بندی بارها از نظر مشخص بودن زمان ورود و خروج
۱۳	.....	۱-۶-۱- بارهای معین
۱۴	.....	۲-۶-۱- بارهای تصادفی
۱۴	.....	۳-۶-۱- مثال مربوط به نمودار دوره کار باتری
۱۵	.....	۷-۱- تعاریف
۱۵	.....	۱-۷-۱- باتری‌ها

۱۵	..... ظرفیت باتری ۱-۱-۷-۱
۱۵	..... ولتاژ نامی سلول ۲-۱-۷-۱
۱۵	..... ولتاژ نامی باتری ۳-۱-۷-۱
۱۵	..... ولتاژ نهایی تخلیه ۴-۱-۷-۱
۱۵	..... جریان دوره کار باتری ۵-۱-۷-۱
۱۶	..... دوره زمانی ۶-۱-۷-۱
۱۶	..... عملکرد تماماً شناور ۷-۱-۷-۱
۱۶	..... ولتاژ گازسازی ۸-۱-۷-۱
۱۶	..... اندازه سلول ۹-۱-۷-۱
۱۶	..... باتری نوع بلوک واحد ۱۰-۱-۷-۱
۱۶	..... سلول نوع روباز ۱۱-۱-۷-۱
۱۶	..... سلول اسید-سربی با دریچه تنظیم‌شونده ۱۲-۱-۷-۱
۱۷	..... فرآیند باز ترکیب اکسیژن ۱۳-۱-۷-۱
۱۷	..... بازدهی فرآیند باز ترکیب اکسیژن ۱۴-۱-۷-۱
۱۷	..... نمودار دوره کار باتری ۱۵-۱-۷-۱
۱۷	..... شارژر ۲-۷-۱
۱۷	..... شارژ سریع ۱-۲-۷-۱
۱۷	..... شارژ اولیه ۲-۲-۷-۱
۱۷	..... شارژ متعادل‌کننده ۳-۲-۷-۱
۱۷	..... شارژ شناور ۴-۲-۷-۱
۱۷	..... یکسوساز ۵-۲-۷-۱
۱۸	..... حداکثر جریان پیوسته شارژر ۶-۲-۷-۱
۱۸	..... تنظیم ولتاژ ۷-۲-۷-۱
۱۸	..... ریپل ولتاژ ۸-۲-۷-۱
۱۸	..... تابلو ۳-۷-۱
۱۸	..... تابلوی LVDC ۱-۳-۷-۱
۱۸	..... ولتاژ عملکرد نامی ۲-۳-۷-۱
۱۸	..... ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه نامی ۳-۳-۷-۱
۱۸	..... ولتاژ عایقی نامی ۴-۳-۷-۱
۱۸	..... تابلوهای نوع TTA ۵-۳-۷-۱
۱۹	..... تابلوهای نوع PTTA ۶-۳-۷-۱

## فصل دوم - معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم (LVDC)

۲۳	۱-۲-۱- اصول کلی طراحی سیستم تغذیه LVDC .....
۲۳	۱-۱-۲- ولتاژهای سیستم تغذیه LVDC .....
۲۳	۲-۱-۲- مشخصات باتری .....
۲۴	۳-۱-۲- مشخصات شارژر .....
۲۴	۴-۱-۲- مشخصات تابلوی توزیع LVDC .....
۲۴	۵-۱-۲- مشخصات اتاق باتری .....
۲۴	۲-۲- روش قدم به قدم طراحی سیستم تغذیه LVDC .....
۲۴	۱-۲-۲- انتخاب ولتاژهای سیستم تغذیه LVDC .....
۲۵	۲-۲-۲- انتخاب مشخصات باتری .....
۲۵	۱-۲-۲-۲- انتخاب نوع باتری .....
۲۵	۲-۲-۲-۲- مشخص کردن ظرفیت و تعداد سلولهای باتری .....
۲۷	۳-۲-۲-۲- ضرائب تصحیح .....
۲۹	۴-۲-۲-۲- نمودار دوره کار باتری .....
۳۱	۵-۲-۲-۲- تعیین ظرفیت باتری .....
۳۱	۶-۲-۲-۲- ضریب نامی ظرفیت .....
۳۲	۷-۲-۲-۲- اعمال بارهای تصادفی در محاسبات تعیین ظرفیت باتری .....
۳۳	۸-۲-۲-۲- جدول محاسبه ظرفیت باتری .....
۳۶	۹-۲-۲-۲- جریان مجاز اتصال کوتاه در باتریها .....
۳۶	۱۰-۲-۲-۲- محاسبات منحنی ولتاژ- زمان سلول .....
۳۹	۳-۲- انتخاب شارژر .....
۳۹	۱-۳-۲- جریان نامی خروجی .....
۴۱	۲-۳-۲- درصد تنظیم ولتاژ .....
۴۱	۳-۳-۲- درصد ریپل خروجی .....
۴۱	۴-۲- تابلوی توزیع dc .....
۴۲	۱-۴-۲- انتخاب فیوز .....
۴۲	۲-۴-۲- انتخاب کلیدها .....
۴۴	۳-۴-۲- انتخاب شینه .....
۴۸	۴-۴-۲- سیستم حفاظتی .....
۴۸	۱-۴-۴-۲- حفاظت اضافه ولتاژ و کاهش ولتاژ .....
۴۸	۲-۴-۴-۲- رله اتصال زمین .....

۴۸	..... ۵-۲- نقشه تک خطی سیستم تغذیه جریان مستقیم
۵۲	..... ۶-۲- مشخصات اتاق باتری
۵۲	..... ۱-۶-۲- تهویه اتاق باتری
۵۲	..... ۱-۱-۶-۲- سلول‌های روباز
۵۲	..... ۲-۱-۶-۲- سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده
۵۳	..... ۳-۱-۶-۲- ملزومات تهویه
۵۳	..... ۲-۶-۲- حجم اتاق باتری
۵۶	..... ۷-۲- تغذیه dc در سیستم‌های دارای اتوماسیون (DCS)
۵۶	..... ۱-۷-۲- ساختار سیستم اتوماسیون پست
۵۶	..... ۲-۷-۲- منبع تغذیه کمکی
۵۷	..... ۸-۲- نمونه طراحی
۵۷	..... ۱-۸-۲- انتخاب ولتاژ
۵۸	..... ۲-۸-۲- انتخاب باتری
۵۸	..... ۱-۲-۸-۲- انتخاب نوع باتری
۵۸	..... ۲-۲-۸-۲- ظرفیت و تعداد سلولهای باتری
۶۰	..... ۳-۸-۲- انتخاب شارژر
۶۱	..... ۴-۸-۲- حجم اتاق باتری
۶۱	..... ۵-۸-۲- تهویه اتاق باتری

### فصل سوم - آزمون‌های لازم برای شارژرها

۶۵	..... ۱-۳- کلیات
۶۵	..... ۲-۳- شرایط آزمون
۶۵	..... ۱-۲-۳- شرایط الکتریکی
۶۵	..... ۳-۳- آزمونهای نوعی
۶۵	..... ۱-۳-۳- آزمون عایقی
۶۶	..... ۲-۳-۳- آزمون کم باری و آزمون عملکرد
۶۶	..... ۱-۲-۳-۳- آزمون کم باری
۶۷	..... ۲-۲-۳-۳- آزمون عملکرد
۶۷	..... ۳-۳-۳- آزمون جریان نامی
۶۷	..... ۴-۳-۳- تعیین تلفات توان برای تجهیزات شارژر
۶۸	..... ۵-۳-۳- آزمون افزایش دما



۶۹	..... ۳-۳-۶- بازمینی تجهیزات کمکی
۶۹	..... ۳-۳-۷- بازمینی مشخصه‌های سیستم کنترلی
۶۹	..... ۳-۳-۸- بازمینی وسایل حفاظتی
۶۹	..... ۳-۴-۴- آزمونهای جاری
۶۹	..... ۳-۴-۱- آزمون عایقی
۶۹	..... ۳-۴-۲- آزمون کم باری و آزمون عملکرد
۷۰	..... ۳-۴-۳- بازمینی تجهیزات کمکی
۷۰	..... ۳-۴-۴- بازمینی مشخصه‌های سیستم کنترل
۷۰	..... ۳-۴-۵- بازمینی وسایل حفاظتی
۷۰	..... ۳-۵-۵- آزمونهای ویژه (اختیاری)
۷۰	..... ۳-۵-۱- اندازه‌گیری ضریب قدرت
۷۰	..... ۳-۵-۲- اندازه‌گیری تنظیم ولتاژ داخلی
۷۰	..... ۳-۵-۳- آزمون مصونیت
۷۱	..... ۳-۵-۴- آزمون قابلیت تحمل اضافه جریان
۷۱	..... ۳-۵-۵- آزمون تداخل فرکانسهای رادیویی تولید شده و نویزهای هدایتی
۷۱	..... ۳-۵-۶- نویز قابل شنود
۷۲	..... ۳-۵-۷- اندازه‌گیری ریپل ولتاژ و جریان
۷۲	..... ۳-۵-۸- آزمونهای اضافی دیگر

#### فصل چهارم - آزمونهای لازم برای باتری‌ها

۷۵	..... ۴-۱- شرایط آزمون
۷۵	..... ۴-۱-۱- آماده سازی سلول و باتری برای آزمون
۷۵	..... ۴-۱-۲- دقت دستگاههای اندازه‌گیری
۷۵	..... ۴-۱-۲-۱- وسایل اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی
۷۶	..... ۴-۱-۲-۲- اندازه‌گیری دما
۷۶	..... ۴-۱-۲-۳- اندازه‌گیری غلظت الکترولیت
۷۶	..... ۴-۱-۲-۴- اندازه‌گیری زمان
۷۶	..... ۴-۲- آزمونهای باتری
۷۶	..... ۴-۲-۱- آزمون ظرفیت
۷۸	..... ۴-۲-۲- آزمون صحت عملکرد باتری در حالت شارژ شناور
۷۹	..... ۴-۲-۳- آزمون پایداری باتری در دوره شارژ- دشارژ

۸۰ ..... ۴-۲-۴- آزمون نگهداری شارژ

۸۰ ..... ۴-۲-۵- آزمون جریان اتصال کوتاه و مقاومت داخلی

### فصل پنجم - آزمونهای لازم برای تابلوهای (LVDC)

۸۵ ..... ۵-۱-۱- شرایط آزمون

۸۵ ..... ۵-۲-۱- آزمونهای نوعی

۸۵ ..... ۵-۲-۱- آزمون تأیید حدود مجاز افزایش درجه حرارت

۸۵ ..... ۵-۲-۱-۱- کلیات

۸۵ ..... ۵-۲-۱-۲- روش آزمون افزایش درجه حرارت با عبور جریان از کلیه تجهیزات

۸۶ ..... ۵-۲-۱-۳- روش آزمون افزایش درجه حرارت با استفاده از مقاومتهای گرمایی

۸۷ ..... ۵-۲-۱-۴- اندازه‌گیری دما

۸۷ ..... ۵-۲-۱-۵- دمای محیط

۸۷ ..... ۵-۲-۱-۶- نتیجه‌گیری از آزمون

۸۸ ..... ۵-۲-۲- آزمون تأیید مشخصه‌های عایقی

۸۸ ..... ۵-۲-۲-۱- کلیات

۸۹ ..... ۵-۲-۲-۲- روش اعمال ولتاژ آزمون و مقدار آن

۹۰ ..... ۵-۲-۲-۳- آزمون تحمل در برابر موج ضربه

۹۱ ..... ۵-۲-۳- تأیید کارایی مدار محافظ

۹۱ ..... ۵-۲-۴- آزمون تأیید فواصل عایقی و فواصل خزشی

۹۱ ..... ۵-۲-۵- آزمون تأیید عملکرد مکانیکی

۹۲ ..... ۵-۲-۶- آزمون تأیید درجه حفاظت

۹۲ ..... ۵-۳- آزمونهای جاری

۹۲ ..... ۵-۳-۱- بازرسی تابلو شامل بازبینی سیم‌کشی و در صورت لزوم آزمون عملکرد الکتریکی

۹۲ ..... ۵-۳-۲- آزمون عایقی

۹۳ ..... ۵-۳-۲-۱- کلیات

۹۳ ..... ۵-۳-۲-۲- مقدار ولتاژ آزمون، نحوه اعمال و مدت زمان آن

۹۳ ..... ۵-۳-۲-۳- نتیجه‌گیری از آزمون

۹۳ ..... ۵-۳-۳- بازبینی درجات حفاظتی و پیوستگی الکتریکی مدار حفاظتی

۹۴ ..... ۵-۳-۴- تأیید مقاومت عایقی

۹۵ ..... ۵-۱: شرایط عادی سرویس‌دهی تابلو

## فصل ششم - دستورالعمل نگهداری از سیستم (LVDC)

۹۹	..... بازدیدهای دوره‌ای	۱-۶
۹۹	..... بازدیدهای روزانه	۱-۱-۶
۹۹	..... بازدید هفتگی	۲-۱-۶
۱۰۰	..... بازدید ماهیانه	۳-۱-۶
۱۰۰	..... بازدیدهای ویژه	۴-۱-۶
۱۰۰	..... سرویس‌های دوره‌ای	۲-۶
۱۰۰	..... سرویس دوره‌ای باتری	۱-۲-۶
۱۰۱	..... سرویس دوره‌ای شارژر	۲-۲-۶
۱۰۲	..... سرویس دوره‌ای تابلوی LVDC	۳-۲-۶
۱۰۲	..... نگهداری باتری و اقدامات تصحیح‌کننده	۳-۶
۱۰۲	..... مشکلات مربوط به باتری و سلول	۱-۳-۶
۱۰۳	..... شارژ متعادل‌کننده	۲-۳-۶
۱۰۳	..... ملزومات تعویض باتری	۴-۶
۱۰۹	..... منابع و مراجع	



# فصل ۱

## بررسی و شناخت سیستم تغذیه جریان مستقیم (LVDC)





## مقدمه

در این فصل، ابتدا توضیحاتی کلی درباره سیستم LVDC<sup>1</sup> ارائه و سپس با تقسیم‌بندی این سیستم به سه بخش کلی باتری، منبع تغذیه (یا شارژر) و تابلوی dc، توضیحاتی جهت شناخت هر یک از این بخشها ارائه می‌گردد. تعاریف کلیدی در انتهای فصل آورده شده است.

## ۱-۱- کلیات

در پستهای فشارقوی، بارهای dc عبارتند از: تغذیه موتورهای dc، روشنایی اضطراری، بارهای مربوط به سیستمهای حفاظت، اندازه‌گیری، کنترل، مخابرات و انتقال اطلاعات به مرکز (اسکادا). برای تغذیه این نوع بارها، از سیستم تغذیه جریان مستقیم یا LVDC استفاده می‌شود. قسمتی از بارهای dc فوق می‌بایستی بدون هیچگونه وقفه‌ای تأمین شوند (مانند سیستمهای حفاظت و کنترل و ...).

در شرایط کار عادی، انرژی مورد نیاز بارهای dc از طریق سیستم یکسوساز تأمین می‌گردد. اما در شرایطی که منبع تغذیه جریان مستقیم نتواند بارهای dc را تأمین نماید، باتریها این وظیفه را انجام می‌دهند.

مدت زمانی که بعلت بی‌برق شدن پست فشارقوی یا شبکه، سیستم تغذیه جریان مستقیم به طور کامل از سرویس خارج می‌شود، معمولاً هشت ساعت در نظر گرفته می‌شود. پس از این مدت و برق دار شدن سیستم تغذیه فشار ضعیف با ولتاژ مناسب، سیستم تغذیه فشار ضعیف می‌بایستی به منظور تغذیه بدون وقفه بارهای dc در خاموشی محتمل بعدی توانایی لازم را داشته باشد.

همانطور که اشاره شد، در شرایط کار عادی تأمین توان بارهای dc توسط منبع تغذیه و از طریق یکسوساز انجام می‌گیرد. اما چنانچه بارهای لحظه‌ای مانند بوبین‌های قطع و وصل کلیدهای قدرت، وارد مدار شوند ممکن است مجموع بارهای dc موجود از ظرفیت شارژر بیشتر شده و لازم است این اضافه بارها نیز توسط باتریها تأمین گردند. بنابراین حتی در شرایط کار عادی پست هم ممکن است باتریها به تدریج تخلیه شوند. لذا باید در زمانهای مناسب، باتریها تحت شارژ قرار گیرند (حتی وقتی در شارژ کامل می‌باشند). بنابراین در شرایط کار عادی، باتری و شارژر به یکدیگر و به بارهای dc متصل هستند. در این حالت، شارژر وظیفه تأمین بارهای dc و شارژ باتری را بعهده دارد.

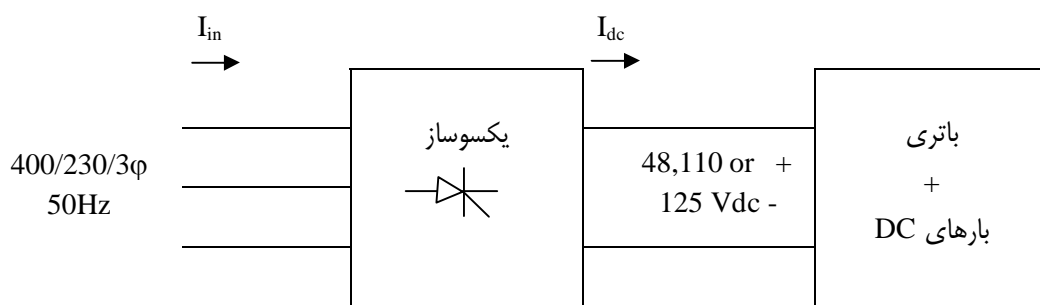
برای حفاظت، اندازه‌گیری و کنترل بارهای dc از طریق باتری و شارژر از تابلوی dc استفاده می‌شود. این تابلو مجموعه‌ای از کلیدها، فیوزها، لوازم اندازه‌گیری و نشان‌دهنده‌ها است که کار شارژر و باتری را تحت کنترل قرار می‌دهد.

با توجه به توضیحات ارائه شده سیستم تغذیه جریان مستقیم یا LVDC یک پست را می‌توان به سه بخش کلی تقسیم‌بندی نمود:

- منبع تغذیه (شارژر)
- باتری
- تابلوی dc

## ۱-۲- شارژر

شارژرها به منظور تبدیل جریان ac به dc از طریق یکسوساز<sup>۱</sup>، جهت شارژ باتری و تأمین بارهای dc در شرایط کار عادی پست بکار می‌روند. شارژرهای مورد استفاده در پست‌های فشار قوی غالباً یکسوسازهای تریستوری می‌باشند (شکل ۱-۱). در برخی سیستمها ممکن است طراحی بصورتی باشد که باتری برای تعمیر از سیستم جدا شود و تحت این شرایط، شارژر باید قادر باشد بدون اینکه به باتری متصل باشد، بارهای dc را به تنهایی تأمین کند. انتظار می‌رود که انتظام ولتاژ<sup>۲</sup> و ریپل<sup>۳</sup> خروجی در این حالت افزایش یابد. بنابراین باید حداکثر مقدار مجاز برای تغییرات ولتاژ و ریپل خروجی شارژر مشخص شود.



شکل ۱-۱: شمای کلی شارژر مورد استفاده در سیستم LVDC

معمولاً برای پستهای ۶۳ کیلوولت، یک شارژر و یک مجموعه باتری، برای پستهای ۱۳۲ و ۲۳۰ کیلوولت، دو شارژر و یک مجموعه باتری و برای پستهای ۴۰۰ کیلوولت، دو شارژر و دو مجموعه باتری در نظر گرفته می‌شود. برخی اوقات برای پستهای ۲۳۰ کیلوولت دارای اهمیت بالا (مانند پستهای نیروگاهی و...) از دو شارژر و دو مجموعه باتری نیز استفاده می‌شود. چنانچه شارژر دوم در نظر گرفته شود در مواردی که به هر علت دستگاه اول از سرویس خارج گردد، سیستم قادر است کار خود را ادامه دهد. نحوه اتصال هر دو شارژر به سیستم کاملاً یکسان بوده و هر دو دارای یک درجه اهمیت هستند و باید هر یک به تنهایی بتوانند کل نیاز پست را تأمین نمایند.

برای هر نوع پست فشارقوی و بسته به نوع اهمیت آن از هر یک از طرحهای فوق می‌توان استفاده کرد. در مواردی که پست مورد نظر، از لحاظ راههای ارتباطی و دسترسی سریع به پست به منظور رفع نقص شارژر یا حمل دستگاه شارژر یدکی مشکلی نداشته باشد، می‌توان از سیستم تک شارژری نیز استفاده نمود. اما در مواردی که راههای دسترسی نامناسب است و رفع نقص شارژر و یا جایگزین نمودن آن با شارژر یدکی به سرعت امکان‌پذیر نباشد باید از سیستم دو شارژری استفاده شود.

شارژرها دارای یک مدار محدودکننده جریان هستند که در حالت اضافه بار، نقش حفاظت از شارژر را بعهده دارد. در حالت اضافه بار، ولتاژ خروجی شارژر کاهش یافته که این امر باعث می‌شود بارهای اضافی توسط باتریها تغذیه گردند.

1. Rectifier  
2. Voltage regulation  
3. Ripple



### ۱-۳- باتری

در پستهای فشارقوی وقتی همه منابع تغذیه قطع باشند، برای تامین بارهای dc از مجموعه باتریها استفاده می‌شود. ولتاژ نامی مجموعه باتری‌ها به ولتاژ نامی بار و حدود مجاز تغییرات ولتاژ بارهای مختلف بستگی دارد. ظرفیت باتری نیز به توان بارهای مختلف، طول زمان استفاده از آنها و شرایط کاری و محیطی وابسته است. برای طراحی یک سیستم LVDC، ابتدا باید با توجه به شرایط موجود، نوع باتری مورد استفاده را تعیین کرد.

#### ۱-۳-۱- انواع باتریهای مورد استفاده در پستها

انواع باتریهای مورد استفاده عبارتند از:

##### ۱-۳-۱-۱- باتریهای اسید سربی ساکن

الکتروود این باتریها از نوع سرب و ترکیبات سرب و الکتروولیت آنها اسید سولفوریک رقیق است.

##### ۱-۳-۱-۲- باتریهای نیکل - کادمیوم

این باتریها از الکتروودهایی با جنس ترکیبات نیکل بعنوان الکتروود مثبت و کادمیوم بعنوان الکتروود منفی و محلول هیدروکسید پتاسیم رقیق بعنوان الکتروولیت تشکیل شده‌اند.

##### ۱-۳-۱-۳- مزایای باتری نیکل کادمیوم نسبت به باتری اسید - سربی

- استقامت مکانیکی بالاتر (دوام بیشتر در مقابل تنش‌های مکانیکی و الکتریکی)
- نگهداری آسانتر
- عمر بیشتر
- فضای مورد نیاز کمتر جهت نصب
- وزن کمتر

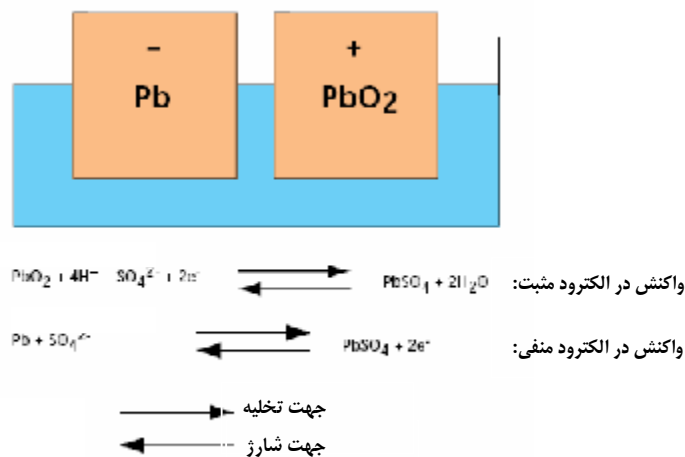
##### ۱-۳-۱-۴- معایب باتریهای نیکل کادمیوم نسبت به باتریهای اسید - سربی

- ولتاژ کمتر هر سلول
- افزایش ولتاژ در زمان شارژ تا ۵۰ درصد
- افت ولتاژ در حالت دشارژ تا ۲۰ درصد
- راندمان آن حدود ۷۵ درصد برحسب آمپر ساعت و ۵۰ تا ۶۰ درصد برحسب وات ساعت می‌باشد. بنابراین مصرف جریان شارژ قابل ملاحظه‌ای دارند.
- مصرف بیشتر آب مقطر
- الکتروولیت آنها باید هر چند سال عوض شود

- قیمت بالاتر
  - حساس به درجه حرارت‌های بالا
- با توجه به مزایا و معایب ذکر شده، باتریهای اسید-سربی برای پست‌های فشارقوی مناسب‌تر بوده و عموماً از این نوع باتری‌ها در پست‌ها استفاده می‌شود.

### ۱-۳-۲- سلولهای اسید-سربی

واکنش شیمیایی در سلول‌های اسید-سربی در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. در هنگام شارژ، مواد فعال سلول (سرب، دی‌اکسیدسرب و اسید سولفوریک) به آب و سولفات سرب تبدیل می‌شوند و در وضعیت دشارژ مجدداً مواد فعال از سولفات سرب پدید می‌آید.



شکل ۱-۲: واکنش انجام شده در سلول‌های اسید-سربی

در ادامه انواع سلول‌های اسید-سربی بررسی می‌شوند.

### ۱-۳-۲-۱- سلول پلانته<sup>۱</sup>

به صفحه مثبتی اطلاق می‌گردد که از سرب خالص ساخته شده و به دلیل شکل ظاهری رادیاتوری آن، مساحت سطح تماس سرب خالص با الکترولیت افزایش یافته است. صفحه سربی ممکن است توسط یک قاب آنتیموان نگهداری شود. در موقع شارژ، دی‌اکسید سرب روی صفحه خالص تشکیل می‌گردد. در مدت استفاده مقداری از این اکسید سرب از بین می‌رود ولی تا سرب خالص در صفحه وجود دارد، اکسید نیز تولید شده و ظرفیت کامل سلول حفظ خواهد گردید. یکی از خواص مهم این نوع سلولها این است که ظرفیت کامل خود را تا آخر عمر حفظ می‌کنند.

ضخامت صفحه مثبت بین ۸ الی ۱۰ میلی‌متر است. صفحات منفی از شبکه‌های پر شده از خمیر پودر سرب تشکیل شده است. این خمیر روی سطح مشبک پرس شده و پس از خشک شدن تشکیل صفحه می‌دهد. مواد فعال را بعداً به حالت کاملاً شارژ شده که

1. Plante

اصطلاحاً شکل دادن<sup>۱</sup> می‌نامند درمی‌آورند. بعد از مراحل شکل دادن، خمیر تبدیل به سرب اسفنجی یا کریستالهای ریز شده که باعث ازدیاد سطح الکتروود در گردش الکتروولیت می‌گردد.

شکل دادن صفحات روشی است که مواد فعال صفحات مثبت و منفی را قبل از نصب در سلول به حالت شارژ شده تبدیل می‌نماید. در این روش الکتروولیز با کنترل درجه حرارت و کنترل ترکیب الکتروولیت با آمپر پایین انجام می‌شود و بعد از آن صفحات خشک شده و آماده نصب می‌گردند.

جداکننده‌ها صفحاتی با منافذ ریز هستند که غیرهادی بوده و مابین صفحات مثبت و منفی قرار می‌گیرند تا مانع از اتصال صفحات گردند. بعلاوه در نگهداشتن مواد فعال و جلوگیری از ریزش آنها موثر می‌باشند. جداکننده‌ها معمولاً از جنس پلاستیکهای مصنوعی می‌باشند.

### خواص سلول پلانته :

- ظرفیت این سلول به شرط اعمال شارژ نگهداری در ۵ تا ۱۰ سال اول به دلیل ساخته شدن اکسید سرب افزایش یافته و بعد از ۵ تا ۱۰ سال که اضافه ظرفیت حدود ۱۰ درصد می‌گردد، پیرشدن سلول آغاز می‌شود. در هر حال تا زمان وجود سرب خالص و ساخته شدن اکسید سرب، کاهش ظرفیت تا آخر عمر بوجود نمی‌آید.
- عمر متوسط سلول پلانته در نواحی معتدل ۲۵ تا ۳۰ سال و در نواحی گرمسیر حدود ۲۰ سال تخمین زده می‌شود.
- مرگ ناگهانی برای این نوع سلول وجود نداشته و پایان عمر آن از مقدار رسوب در پایین سلول قابل تخمین است.
- در درجه حرارتهای بالا عملکرد آن از انواع دیگر سلولها بهتر بوده و دوام لازم را دارد.
- برای شارژ و دشارژ عمیق و مکرر مناسب نبوده زیرا هر سیکل شارژ باعث ریزش اکسید سرب قطب منفی و نهایتاً کاهش عمر آن می‌گردد.
- دارای حجم زیاد و وزن نسبتاً سنگین می‌باشد.
- رنگ قهوه‌ای شکلاتی صفحه مثبت و خاکستری صفحه منفی نمایانگر وضعیت سلول از لحاظ سلامتی و شارژ بودن آن است.

### ۱-۳-۲- سلول خمیری<sup>۲</sup>

به صفحه مثبتی اطلاق می‌گردد که بصورت یک صفحه مشبک خمیری از آلیاژ سرب است. صفحه مشبک یا از جنس آلیاژ سرب آنتیموان و یا سرب کلسیم جهت تقویت در برابر نرمی سرب می‌باشد. مواد به روش "شکل دادن" در شبکه‌ها جاسازی می‌شوند.

### خواص سلول خمیری :

- به مرور زمان مواد فعال سلول از بین رفته و ظرفیت آن رو به کاهش می‌گذارد. تشکیل سولفات سرب، کم شدن چسبندگی مواد فعال به شبکه و خورده شدن سرب، هدایت جریان بین خمیر و شبکه را کم می‌کند و در پایان عمر ظرفیت سلول به ۸۰ درصد می‌رسد.
- عمر متوسط آن حدود ۱۵ سال تخمین زده می‌شود.
- نوع سرب کلسیم در درجه حرارت‌های بالا در معرض خورده شدن شبکه صفحات می‌باشد.
- سلول خمیری نوع سرب آنتیموان سیکل شارژ و دشارژ بهتری نسبت به سلول پلانته دارد. این مشخصه بدلیل صفحات جداکننده‌ای است که مواد فعال را نگه می‌دارد. سلول خمیری سرب کلسیم از لحاظ سیکل شارژ و دشارژ نامناسبتر از سلول خمیری سرب آنتیموان و سلول پلانته است. علت آن وجود آلیاژ کلسیم بوده که باعث رشد رسوب روی صفحه مثبت شده و این خود باعث تاب خوردن، شکسته شدن و یا اتصال کوتاه صفحات می‌گردد.

### ۱-۳-۲-۳- سلولهای لوله‌ای<sup>۱</sup>

صفحه مثبت از یکسری لوله‌های عمودی تشکیل شده که در وسط آنها میله‌های سربی با آلیاژ آنتیموان قرار گرفته‌اند و مواد فعال پودر اکسید سرب روی این میله‌ها را پوشانده است. لوله‌ها از جنس فیبر بافته و پلاستیک‌های منفذدار ساخته شده و بعنوان پوشش، میله سربی و پودر اکسید سرب استفاده می‌گردد. این نوع صفحات مثبت به تنش مکانیکی مقاوم بوده و مواد فعال را خوب نگه می‌دارند.

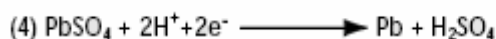
### خواص سلولهای لوله‌ای :

- عمر این سلول بستگی به مقدار مواد فعال آن دارد. به مرور زمان این مواد از بین رفته و ظرفیت نیز به تدریج رو به کاهش می‌رود. به دلیل تشکیل عایق سولفات سرب مابین میله سربی و مواد فعال، هدایت به تدریج کم شده و ظرفیت در آخر عمر به ۸۰ درصد می‌رسد.
- عمر متوسط این سلولها حدود ۱۵ سال تخمین زده می‌شود.
- نسبت به سلولهای دیگر به دلیل مقاومت زیاد داخلی، آمپردهی بالای خوبی ندارد.
- تعداد دفعات شارژ و دشارژ بیشتری را نسبت به انواع سلولهای دیگر می‌توانند تحمل کند.
- سیکلهای شارژ و دشارژ عمیق‌تری را بعلا محفوظ بودن مواد فعال، در داخل لوله‌ها به خوبی تحمل می‌کند.
- مقاومت خوب در برابر تنش‌های مکانیکی

## ۱-۳-۲-۴- سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده (VRLA)

هنگامیکه یک سلول اسید-سربی روباز شارژ می‌شود، الکترولیز آب باعث تولید اکسیژن در الکتروود مثبت و هیدروژن در الکتروود منفی شود (معادله ۱ در شکل ۱-۳). در نتیجه به مرور زمان سلول آب خود را از دست می‌دهد و می‌بایستی در بازه‌های زمانی مناسب به آن آب اضافه گردد. اکسیژن در قطب مثبت قبل از هیدروژن در قطب منفی بوجود می‌آید.

در سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده، اکسیژن از مسیرهایی به قطب منفی هدایت می‌گردد و در این قطب با سرب واکنش نشان می‌دهد و اکسید سرب پدید می‌آید (معادله ۲ در شکل ۱-۳). اکسید سرب تولید شده با اسید سولفوریک ترکیب شده و سولفات سرب و آب بوجود می‌آید (معادله ۳ در شکل ۱-۳). در نهایت در قطب منفی واکنشی به صورت معادله ۴ شکل ۱-۳ انجام پذیرد. ملاحظه می‌شود در این فرآیند آب مصرف شده مجدداً به سلول باز می‌گردد. این فرآیند را فرآیند باز ترکیب اکسیژن می‌نامند. در هنگامی که سلول تحت شارژ شناور یا اضافه شارژ قرار می‌گیرد تولید گاز هیدروژن باعث می‌شود فشار داخلی سلول بالا رود. این افزایش فشار بوسیله یک دریچه قابل تنظیم کنترل می‌شود. علت نامگذاری این سلول‌ها نیز همین مسئله است. در حالت کلی چنانچه فشار از حد مشخصی بالاتر رود این دریچه باز شده و باعث خروج گازهایی می‌شود که در فرآیند باز ترکیب اکسیژن شرکت نکرده‌اند. در عین حال این دریچه مانع ورود هوا به داخل سلول می‌شود.



شکل ۱-۳: واکنش‌های انجام شده در سلول با دریچه تنظیم‌شونده

الکتروولیت در سلول با دریچه تنظیم‌شونده شبه جامد است و حرکتی ندارد. همین مسئله باعث می‌شود حتی در صورت خرابی سلول، نشی الکتروولیت وجود نداشته و امکان به کارگیری سلول در موقعیتی غیر از وضعیت تراز با زمین وجود داشته باشد. همانطور که ذکر شد این نوع سلول با ترکیب اکسیژن، آب از دست رفته را مجدداً تأمین می‌کند و نیازی به افزودن آب ندارد.

سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده در دو نوع متفاوت ساخته می‌شوند. در نوع الکتروولیت چسبنده<sup>۱</sup> الکتروولیت با افزودن سیلیس ( $SiO_2$ ) در داخل ظرف سلول ثابت می‌شود. اکسیژن از طریق شکاف‌های بسیار کوچکی از قطب مثبت به قطب منفی فرستاده می‌شود. این نوع سلول‌ها حساسیت کمتری نسبت به دما دارند و در کاربردهایی که نیاز به شارژ و دشارژ طولانی دارند می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند.

در نوع الکتروولیت جذبی<sup>۲</sup>، الکتروولیت بوسیله یک غشاء شیشه‌ای جذب می‌شود. در این نوع سلول جداکننده‌هایی از جنس پشم شیشه بین صفحات تخت قرار می‌گیرند و در الکتروولیت غوطه‌ور می‌گردند. این نوع باتری‌ها چگالی توان بالایی دارند و در کاربردهایی که نیاز به جریان بالا دارند می‌تواند مورد استفاده قرار گیرند.

1. Gelled electrolyte  
2. Absorbed electrolyte

سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده نسبت به سلول‌های روباز دارای مزایای زیر هستند:

- نگهداری آسان‌تر
- قرارگیری در حالتی غیر از تراز با زمین در برخی کاربردها
- چگالی انرژی بالاتر و در نتیجه جاگیری کمتر
- پراکندن گاز در مقیاس کمتر در نتیجه از نظر زیست محیطی بهتر عمل می‌کنند.
- معایب این نوع سلول‌ها نسبت به سلول‌های روباز به قرار زیر است:
- حساسیت نسبت به دماهای بالا و احتمال بروز رانش حرارتی
- لزوم استفاده از شارژر پیچیده‌تر جهت شارژ آن

### - رانش حرارتی<sup>۱</sup>

در صورتیکه سلول با دریچه تنظیم‌شونده در هنگام شارژ شناور یا اضافه شارژ عمل کند و فرآیند باز ترکیب اکسیژن به صورت کامل در جریان باشد، در شبکه هیچ واکنش شیمیایی مؤثری انجام نمی‌پذیرد و تقریباً تمامی انرژی اضافه شارژ به گرما تبدیل می‌گردد. چنانچه طراحی سیستم تهویه و شرایط محیطی به گونه‌ای باشد که گرمای تولید شده پراکنده گردد تعادل حرارتی بوجود می‌آید و مشکلی از نظر رانش گرمایی وجود ندارد. با این حال چنانچه واکنش باز ترکیب اکسیژن باعث شود نرخ تولید گرما از نرخ پراکندگی آن بیشتر گردد، دمای باتری بالا می‌رود و برای نگهداشتن ولتاژ شارژ شناور، جریان بیشتری مورد نیاز است. جریان اضافی تأمین شده توسط شارژر خود باعث تشدید واکنش باز ترکیب و در نهایت تولید گرمای بیشتر و بالارفتن بیشتر دما می‌شود. واکنش‌های انجام شده در صفحات مثبت و منفی نیز باعث شتاب در فرآیند خشک شدن و نهایتاً ذوب باتری می‌شود. رانش حرارتی در دماهای محیطی بالاتر و نیز مواقعی که شارژر درست عمل نمی‌کند تشدید می‌گردد. احتمال وقوع رانش حرارتی در شرایطی که سیستم تهویه به نحو مطلوب عمل می‌کند و نیز هنگامیکه جریان و ولتاژ خروجی شارژر محدود شده است (شارژر از نوع شارژر جبران شده با دما باشد) به حداقل می‌رسد.

### - خشک‌شدگی<sup>۲</sup>

سلولهای با دریچه تنظیم‌شونده برای داشتن ظرفیت بهینه و نیز انجام مناسب فرآیند باز ترکیب اکسیژن می‌بایستی در شرایط توازن دقیق بین الکترولیت و ماده فعال به کار گرفته شوند. چنانچه ناخالصی‌هایی که می‌توانند با اکسیژن ترکیب شوند در سلول وجود نداشته باشد و نیز نرخ خوردگی شبکه مثبت به صورت غیرطبیعی بالا نباشد، در طول فرآیند الکترولیز، آب بسیار کمی مصرف می‌شود. چنانچه آب مصرف شود، مقاومت داخلی سلول بالا می‌رود و کارایی باتری در طول دوره‌ی دشارژ کاهش می‌یابد. علاوه بر این خوردگی شبکه مثبت و مصرف آب با افزایش دما، بیشتر می‌شود. چنانچه ولتاژ اعمالی به باتری از ولتاژ شناور توصیه شده بیشتر گردد مصرف آب در طول فرآیند الکترولیز بیشتر خواهد شد. در دماهای بالا دلیل دیگری که باعث خشک‌شدگی می‌شود از دست دادن آب

1. Thermal runaway  
2. Dry-out

از طریق دیواره‌های محفظه در طی فرآیندی موسوم به انتشار<sup>۱</sup> است. از دست دادن آب از طریق دیواره‌های محفظه به شدت بستگی به نوع ماده به کار رفته در جدارهٔ محفظه، ضخامت دیواره، دمای عملکرد و رطوبت نسبی محیط اطراف دارد.

### ۱-۳-۳- انواع شارژ باتری

باتری‌ها پس از اتمام مرحله راه‌اندازی نیاز به انواع شارژهای زیر دارند (دستورالعمل سازنده در مورد شارژ باتری نسبت به موارد ذیل در اولویت قرار دارند):

#### ۱-۳-۳-۱- شارژ شناور<sup>۲</sup>

پس از انجام عملیات راه‌اندازی یا پس از هر مرحله شارژ سریع<sup>۳</sup>، می‌بایست باتری را تا زمان دشارژ بعدی در حالت شارژ شناور قرار داد. به این منظور باتری را با جریانی معین و ولتاژی برابر ۱۱۰ تا ۱۱۵ درصد ولتاژ نامی شارژ می‌نمایند. شارژر همزمان به بارها و باتری متصل است. در این حالت شارژر علاوه بر تامین کل بار باید تخلیه باتریها که در اثر بارهای لحظه‌ای انجام گرفته است را جبران کند.

#### - شارژ سریع

چنانچه کل ظرفیت باتری مورد استفاده قرار گیرد (دشارژ شود) به منظور بازیابی سریع باتری از این نوع شارژ استفاده می‌شود. در این حالت ولتاژ اعمالی به باتری از شارژر اولیه کمتر است.

#### - شارژ متعادل‌کننده<sup>۴</sup>

تحت شرایطی نظیر کمتر شدن ولتاژ هر سلول از حداقل مجاز ولتاژ سلول، کمتر شدن غلظت اسید از حد مشخص شده توسط سازنده و ... توصیه می‌شود باتریها به روش شارژ متعادل‌کننده شارژ گردند.

#### - شارژ اولیه<sup>۵</sup>

در هنگام راه‌اندازی باتری نصب شده از این نوع شارژ استفاده می‌شود و در این حالت شارژر، باتری را تا وضعیت شارژ کامل شارژ می‌نماید. شارژ اولیه، ولتاژ اعمالی به باتری از شارژ شناور و شارژ سریع بیشتر است.

### ۱-۴- تابلوی توزیع جریان مستقیم (LVDC)

ارتباط شارژر به بار و به باتری از طریق کابل و جعبه فیوز و کلیدهای قدرت برقرار می‌شود. تابلوی LVDC مجموعه‌ای از کلیدها، فیوزها، سوئیچها، ترمینالها و نشان‌دهنده‌ها را در برمی‌گیرد که وظیفه دریافت توان از باتری و شارژر و تامین بار dc تجهیزات

1. Diffusion
2. Float charging
3. Boost charging
4. Equalizing charge
5. Initial charge

را بعهدده دارد. عموماً این تابلو به صورت دو قسمت جداگانه طراحی می‌گردد تا قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری عملیاتی را افزایش دهد. بدین ترتیب وقوع اتصالی در یک فیذر توزیع dc و یا انجام تعمیرات و نگهداری بر روی آنها باعث قطعی بی‌مورد فیذرهای سالم نخواهد شد.

## ۱-۵-۱- طبقه‌بندی بارها از نظر مدت زمان تغذیه توسط باتری

طراحی سیستم LVDC به انتخاب نوع باتری و در نتیجه به نمودار دوره کار باتری مرتبط است و برای انتخاب نوع باتری باید بارهای dc مورد نیاز تعیین گردند. به همین منظور بارهای مجزایی که در حین دوره عملکرد باتری، تأمین می‌شوند برحسب مدت زمان حضور در مدار به دو دسته کلی بارهای پیوسته و بارهای ناپیوسته تقسیم می‌شوند. بارهای ناپیوسته‌ای که به مدت یک دقیقه یا کمتر در سیستم وارد شده و از طریق باتری تغذیه می‌گردند بارهای لحظه‌ای نامیده می‌شوند.

### ۱-۵-۱-۱- بارهای پیوسته

بارهای پیوسته شامل بارهایی هستند که در شرایط عادی توسط شارژر تغذیه شده و در کل دوره شارژ باتری در مدار هستند. این بارها شامل موارد زیر می‌باشند:

- تغذیه مدارات جریان مستقیم داخلی سیستم‌های حفاظت مانند: رله‌ها
- تغذیه مدارات جریان مستقیم سیستم‌های اندازه‌گیری مانند کنتورهای استاتیکی، ترانس‌دیوسرها، ...
- تغذیه مدارات جریان مستقیم سیستم‌های ثابت، ثابت واقعه، ثابت خطا
- تغذیه مدارات جریان مستقیم سیستم‌های کنترلی مانند رله تنظیم ولتاژ و رله کنترل توان راکتیو
- روشنایی
- موتورهای که به صورت پیوسته در مدار هستند.
- لامپ‌های نشان‌دهنده
- مبدل‌ها (نظیر اینورترها)
- بوبین‌هایی که به طور پیوسته برقرار هستند.
- سیستم آلارم
- سیستم‌های مخابراتی

این بارها باید در صورت بروز اشکال و قطع برق، توسط باتری حداقل به مدت ۸ ساعت تأمین گردند.

### ۱-۵-۱-۲- بارهای ناپیوسته

بارهای ناپیوسته در قسمتی از دوره دشارژ باتری وارد مدار می‌شوند. این بارها در هر زمان از دوره دشارژ باتری وارد مدار می‌شوند و ممکن است تا انتهای دوره کار باتری هم در مدار باشند و یا ممکن است توسط اپراتور یا بطور اتوماتیک بعد از مدتی از مدار خارج شوند. بارهای ناپیوسته عبارتند از:

- پمپ‌های اضطراری



- موتورهای با اهمیت بالا در سیستم تهویه
  - سیستم‌های اعلام و اطفاء حریق
- این بارها در صورت قطع برق تا زمان راه‌اندازی ژنراتور اضطراری، باید تا ۲ ساعت تامین شوند.

### ۱-۵-۳- بارهای لحظه‌ای

بارهای لحظه‌ای، بارهایی هستند که برای مدت زمان یک دقیقه یا کمتر وارد مدار می‌شوند. اگرچه ممکن است طول مدت زمانی که بارهای لحظه‌ای وارد مدار می‌شوند بسیار کوتاه و حتی کسری از ثانیه باشد ولی بطور کلی این زمان برابر یک دقیقه در نظر گرفته می‌شود.

وقتی چند بار لحظه‌ای در مدت زمان کمتر از یک دقیقه به مدار می‌آیند، اگر ترتیب خاصی برای ورود بارهای لحظه‌ای به مدار وجود نداشته باشد باید چنین فرض شود که در بدترین حالت مجموع بارهای موجود برای کل یک دقیقه در مدار بوده است. از طرف دیگر، اگر بتوان ترتیب خاصی را برای ورود این بارها به مدار در نظر گرفت، فرض می‌شود ماکزیمم بار لحظه‌ای موجود، در طول این یک دقیقه در مدار بوده است. بارهای لحظه‌ای شامل موارد زیر می‌باشند :

- بارهای لحظه‌ای ناشی از عملکرد کلیدهای قدرت و سکسیونرها (عملکردهای سویچ‌گیر) که زمان عملکرد کمتر از یک دقیقه دارند.
- عملکرد کلیدهای جداکننده
- جریان راه‌اندازی موتورها
- جریانهای هجومی

بارهای ذکر شده در بندهای فوق همه بارهای موجود در یک پست را شامل نمی‌شوند. بارهایی که معمولاً توسط باتری تغذیه می‌شوند به سه دسته توان ثابت، مقاومت ثابت و جریان ثابت طبقه‌بندی می‌شوند. با اینحال برای محاسبه ظرفیت باتری بارها به صورت جریان ثابت یا توان ثابت در نظر گرفته می‌شوند. طراح می‌بایستی تجهیزات موجود را برای اطمینان از اینکه تمام بارهای dc و تغییراتشان در محاسبات لحاظ شوند به دقت بررسی کند.

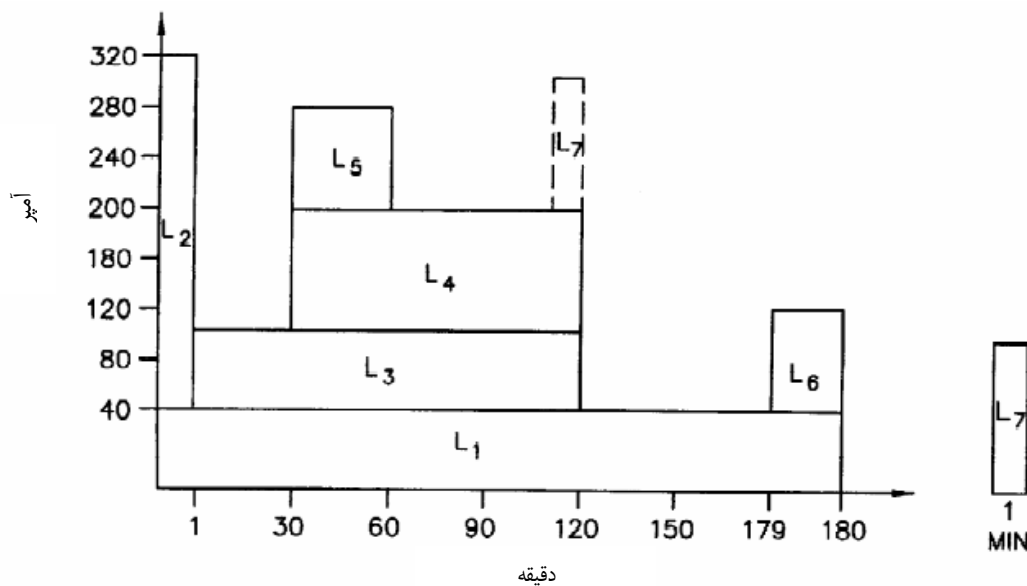
### ۱-۶-۱- طبقه‌بندی بارها از نظر مشخص بودن زمان ورود و خروج

#### ۱-۶-۱-۱- بارهای معین<sup>۱</sup>

بارهایی که زمان ورود و خروج آنها مشخص است باتوجه به این زمانها در نمودار رسم می‌شوند. چنانچه زمان ورود بار مشخص باشد اما زمان خروج مشخص نباشد، فرض می‌شود بار تا انتهای دوره کار باتری تغذیه می‌شود.

۱-۶-۲- بارهای تصادفی<sup>۱</sup>

بارهایی که به صورت نامشخص ممکن است وارد مدار شوند، به منظور در نظر گرفتن بدترین حالت برای باتری در بحرانی‌ترین زمان دوره کار باتری رسم می‌شوند. این بارها ممکن است از نوع بارهای ناپیوسته یا لحظه‌ای باشند. به منظور تعیین بحرانی‌ترین زمان لازم است قبل از در نظر گرفتن بارهای تصادفی ظرفیت باتری تعیین شود و قسمتی از دوره کار باتری که ظرفیت باتری را کنترل می‌کند مشخص شود. سپس بارهای تصادفی در زمان بحرانی مشخص شده قرار داده می‌شود (همانند شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱: مثالی از نمودار دوره کار باتری (قسمت کنترل‌کننده دوره کاری باتری در ۱۲۰ دقیقه اول است)

## ۱-۶-۳- مثال مربوط به نمودار دوره کار باتری

شکل ۴-۱ نمودار دوره کار باتری را که شامل بارهای فرضی زیر می‌شود نشان می‌دهد:

L1: بار ۴۰ آمپر به مدت ۳ ساعت \_ بار پیوسته

L2: بار ۲۸۰ آمپر به مدت ۱ دقیقه \_ بار لحظه‌ای (این بار معادل جریان راه‌اندازی ۵ ثانیه‌ای بار است)

L3: بار ۶۰ آمپر از دقیقه ۱ تا دقیقه ۱۲۰ \_ بار غیر پیوسته

L4: بار ۱۰۰ آمپر از دقیقه ۳۰ تا دقیقه ۱۲۰ \_ بار غیر پیوسته

L5: بار ۸۰ آمپر از دقیقه ۳۰ تا دقیقه ۶۰ \_ بار غیر پیوسته

L6: بار ۸۰ آمپر در دقیقه آخر \_ بار لحظه‌ای (در واقع این بار ترکیبی است از سه بار ۴۰ آمپر به مدت ۵ ثانیه، ۸۰ آمپر برای

۱۰ ثانیه بعدی و ۳۰ آمپر برای ۲۰ ثانیه بعد)

L7: بار ۱۰۰ آمپر به مدت ۱ دقیقه - بار تصادفی (در واقع این بار معادل ۴ بار لحظه‌ای ۲۵ آمپر است که در هر زمانی در طول دوره کاری ممکن است وارد مدار شوند. برای در نظر گرفتن بدترین حالت فرض می‌شود این بارها به صورت همزمان وارد مدار شوند).

در مواقعی که دوره کاری باتری شامل بارهای جریان ثابت و توان ثابت است، تبدیل مقادیر بارهای با توان ثابت به مقادیر معادل جریان ثابت محاسبات تعیین ظرفیت باتری را ساده‌تر می‌کند.

## ۷-۱- تعاریف

### ۱-۷-۱- باتری‌ها

#### ۱-۱-۷-۱- ظرفیت باتری<sup>۱</sup>

ظرفیت باتری، برابر با ظرفیت یک سلول است که توسط سازنده مشخص می‌شود و عبارت است از ظرفیت تخلیه سلول در چگالی نامی و درجه حرارت نامی الکترولیت، برای مدت زمان مشخص ( $T_n$ ) و جریان نامی ( $I_n$ ) بطوری که ولتاژ نهایی پس از تخلیه از مقدار مشخصی ( $U_f$ ) کمتر نباشد.

#### ۲-۱-۷-۱- ولتاژ نامی سلول<sup>۲</sup>

ولتاژ نامی یک سلول، مقدار ثابتی است که برای باتری سرب - اسیدی برابر ۲ ولت و برای باتریهای نیکل - کادمیوم برابر با ۱/۲ ولت است.

#### ۳-۱-۷-۱- ولتاژ نامی باتری

ولتاژ نامی باتری برابر با ولتاژ نامی هر سلول ضربدر تعداد سلولهای سری موجود در باتری می‌باشد.

#### ۴-۱-۷-۱- ولتاژ نهایی تخلیه<sup>۳</sup> ( $U_f$ )

ولتاژ نهایی تخلیه مقداری است که ولتاژ باتری به ازاء جریان تخلیه مشخص، نباید از آن مقدار کمتر شود. ولتاژ نهایی تخلیه به منظور مشخص کردن ظرفیت نامی باتری بکار برده می‌شود.

#### ۵-۱-۷-۱- جریان دوره کار باتری

مقدار جریان باری است که باتری در طول یک دوره زمانی مشخص تأمین می‌نماید. این جریان بار لزوماً در طول دوره زمانی مذکور ثابت نبوده و ممکن است در زمانهای مختلف، تغییر کند.

---

1. Battery rating  
2. Rated cell voltage  
3. Final discharge voltage

## ۱-۷-۱-۶- دوره زمانی

محدوده زمانی از عمر کاری باتری که به منظور محاسبات تعیین مشخصات باتری، جریان در طی آن ثابت فرض می‌شود.

۱-۷-۱-۷- عملکرد تماماً شناور<sup>۱</sup>

عملکرد یک سیستم تغذیه جریان مستقیم متشکل از باتری، باتری شارژر و مصرف‌کننده‌ها که تماماً بصورت موازی متصل شده‌اند و شارژر، تامین‌کننده بار مصرفی جریان مستقیم بعلاوه جریان لازم جهت نگهداری شارژ باتری می‌باشد (در این وضعیت فقط در صورتیکه بار از ظرفیت خروجی باتری شارژر بیشتر شود از باتری جریان کشیده می‌شود).

۱-۷-۱-۸- ولتاژ گازسازی<sup>۲</sup>

ولتاژ گازسازی مقدار ولتاژ شارژی است که در ولتاژ بیش از آن گاز در باتری ظاهر می‌شود. در باتریهای اسید- سرب این مقدار برابر است با ۲/۴ تا ۲/۴۵ ولت به ازاء هر سلول و در باتریهای نیکل - کادمیوم این مقدار از ۱/۵۵ تا ۱/۶ ولت به ازاء هر سلول است.

## ۱-۷-۱-۹- اندازه سلول

اندازه سلول عبارت است از ظرفیت نامی سلول یا تعداد صفحات مثبت موجود در آن.

۱-۷-۱-۱۰- باتری نوع بلوک واحد<sup>۳</sup>

واحدهای این نوع باتری هر کدام از چند سلول تشکیل شده و ولتاژ خروجی هر واحد مجموع ولتاژ سلول‌های تشکیل دهنده آن است. در این نوع باتری دسترسی به اتصالات بین سلولی امکان‌پذیر نیست.

۱-۷-۱-۱۱- سلول نوع روباز<sup>۴</sup>

سلولی است که در آن محصولات ایجاد شده از فرآیند الکترولیز (اکسیژن و هیدروژن) و فرآیند تبخیر (آب) از سلول خارج و وارد هوای آزاد می‌گردند.

۱-۷-۱-۱۲- سلول اسید - سربی با دریچه تنظیم‌شونده (VRLA)<sup>۵</sup>

سلول اسید- سربی که مجهز به دریچه‌ای برای کنترل فشار داخلی سلول است. چنانچه فشار داخلی سلول نسبت به فشار اتمسفر از مقدار مشخصی بیشتر شود دریچه باز می‌شود. سلول‌های نوع VRLA باعث باز ترکیب اکسیژن تولید شده در فرآیند شیمیایی داخلی و مهار تولید تدریجی هیدروژن می‌شود. با این شرایط مصرف آب سلول بسیار ناچیز می‌شود.

- 
1. Full float operation
  2. Gassing voltage
  3. Monobloc battery
  4. Vented cell
  5. Valve - regulated lead - acid

### ۱-۷-۱-۱۳- فرآیند باز ترکیب اکسیژن<sup>۱</sup>

فرآیندی که در طی آن اکسیژن در صفحات مثبت تولید و در نهایت در صفحات منفی با یونهای هیدروژن ترکیب می‌شود. در طی این واکنش آب تولید می‌شود. در این فرآیند، شکل‌گیری و پراکنده شدن گاز هیدروژن نیز محدود خواهد شد.

### ۱-۷-۱-۱۴- بازدهی فرآیند باز ترکیب اکسیژن

نسبت مقدار اکسیژن که در صفحات منفی تبدیل به آب می‌شود به کل مقدار تولیدی اکسیژن در صفحات مثبت.

### ۱-۷-۱-۱۵- نمودار دوره کار باتری

نموداری است که بارهای تغذیه شده توسط باتری را در هر لحظه از زمان در طول دوره کار باتری نشان می‌دهد. این نمودار به تحلیل مناسب دوره کار باتری کمک می‌کند. برای رسم این نمودار می‌بایستی تمام بارها (بیان شده به صورت توان یا جریان) و زمانهای پیش‌بینی شده ورود و خروج آنها به صورت جدولی داده شده باشد. ملزومات بازه زمانی دوره کار باتری با توجه به پست تعیین می‌شود.

### ۱-۷-۲- شارژر

#### ۱-۷-۲-۱- شارژ سریع

شارژر در زمان کوتاه و با جریان بالا.

#### ۱-۷-۲-۲- شارژ اولیه

شارژر راه‌اندازی پس از نصب باتری و به منظور قراردادن باتری در وضعیت شارژ کامل.

#### ۱-۷-۲-۳- شارژ متعادل‌کننده

شارژر ویژه به منظور اطمینان از شارژ شدن کامل سلولهای باتری.

#### ۱-۷-۲-۴- شارژ شناور

شارژر پیوسته به منظور جبران تخلیه داخلی باتری و نگهداشتن باتری در وضعیت شارژ کامل. در این حالت شارژر و باتری هر دو به بار متصل هستند.

#### ۱-۷-۲-۵- یکسوساز

مجموعه‌ای از اجزاء الکترونیکی کنترل‌شونده که ولتاژ ac را به dc تبدیل می‌نماید.

## ۱-۷-۲-۶- حد اکثر جریان پیوسته شارژر

ماکزیمم جریان خروجی شارژر جهت تامین کل بارهای dc پست و جریان شارژر مورد نیاز باتری می‌باشد. این جریان پس از محاسبه، از بین مقادیر استاندارد زیر انتخاب می‌گردد (مقادیر بر حسب آمپر هستند):

۴۰، ۵۰، ۶۳، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۱۵، ۴۰۰، ۵۰۰

## ۱-۷-۲-۷- تنظیم ولتاژ

اختلاف بین ولتاژ dc بی باری و ولتاژ dc در جریان dc نامی با زاویه تأخیر برابر (بدون در نظر گرفتن اثر تشبیت ولتاژ).

## ۱-۷-۲-۸- ریپل ولتاژ

مؤلفه‌های متناوب یک ولتاژ یکسو شده که از داخل یکسوکننده نشأت می‌گیرد.

## ۱-۷-۳- تابلو

## ۱-۷-۳-۱- تابلوی LVDC

به مجموعه تجهیزات بکار گرفته شده جهت تغذیه بار و انجام تبدیلهای مورد نیاز بین شارژر، باتری و ... گفته می‌شود.

۱-۷-۳-۲- ولتاژ عملکرد نامی ( $U_e$ )<sup>۱</sup>

مقدار ولتاژی که تابلو برای عملکرد در آن ولتاژ طراحی و ساخته شده است.

۱-۷-۳-۳- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه نامی ( $U_{imp}$ )<sup>۲</sup>

بالاترین مقدار ولتاژ پیک که مدار تابلو می‌تواند در شرایط آزمون و با فواصل هوایی تعیین شده، بدون اینکه هیچ خطایی در آن رخ دهد، تحمل کند.

۱-۷-۳-۴- ولتاژ عایقی نامی ( $U_i$ )<sup>۳</sup>

عبارت است از مقدار ولتاژ مربوط به آزمون عایقی باتوجه به فواصل خزشی تعیین شده برای تابلو.

۱-۷-۳-۵- تابلوهای نوع TTA<sup>۴</sup>

تابلوی فشار ضعیفی که تحت آزمون نوعی قرار گرفته است و بدون هیچ خطایی، عملکرد مطلوب مورد نظر را برآورده می‌سازد.

---

1. Rated operational voltage  
2. Rated impulse withstand voltage  
3. Rated insulation voltage  
4. Type – tested assembly

۱-۷-۳-۶-۱- تابلوهای نوع PTTA<sup>۱</sup>

تابلویی فشار ضعیفی که یک آرایش مشخص از تجهیزات آن مورد آزمون نوعی قرار گرفته است. در صورتی که تجهیزات تابلو به طرق دیگری آرایش یابند، آزمون نوعی بر روی تابلو انجام نمی‌گیرد، بلکه نتایج آزمون به روشهای دیگر از جمله محاسبات و براساس نتایج بدست آمده آزمون نوعی بر روی آرایشی که آنرا با موفقیت پشت سر گذاشته است، بدست می‌آید.

---

1. Partially type – tested assembly

# فصل ۲

## معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم (LVDC)

---

---

---



## مقدمه

با توجه به اهمیت سیستم تغذیه جریان مستقیم در تامین بدون وقفه بارهای ضروری dc پستهای فشارقوی، دقت در طراحی و انتخاب صحیح این سیستم ضرورت دارد. تامین بدون وقفه بارهای ضروری سیستم منوط به طراحی و انتخاب صحیح هر یک از اجزاء سیستم تغذیه جریان مستقیم می‌باشد. انتخاب صحیح اندازه و نوع باتریها، انتخاب مناسب باتری شارژر و نیز طراحی دقیق تابلوی توزیع dc، مستلزم داشتن اطلاعات کافی از انواع بارهای dc موجود و مدت زمان نیاز به آنها می‌باشد. در این فصل، اصول طراحی و انتخاب مشخصه‌های اجزاء سیستم LVDC تشریح می‌گردد.

## ۲-۱- اصول کلی طراحی سیستم تغذیه LVDC

### ۲-۱-۱- ولتاژهای سیستم تغذیه LVDC

معمولاً در پستها از دو سیستم تغذیه LVDC با ولتاژهای متفاوت استفاده می‌شود. ولتاژ ۴۸ ولت مستقیم، جهت تغذیه سیستم مخابرات و اسکادا و ولتاژهای ۱۱۰ و ۱۲۵ ولت مستقیم، جهت تغذیه بارهای dc پست (شامل رله‌ها، دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترلی، بوبین قطع و وصل بریکرها و ...) به کار می‌رود.

### ۲-۱-۲- مشخصات باتری

باتوجه به ولتاژ نامی انتخاب شده برای سیستم LVDC و براساس نوع سلول، تعداد سلولهای باتری که باید با هم سری شوند تا ولتاژ مورد نیاز dc را تامین کنند، محاسبه می‌شود. در این حالت ظرفیت هر باتری نیز برابر با ظرفیت یک سلول خواهد بود که تابعی از مشخصات سلول مانند ابعاد و تعداد صفحات آن سلول است. در صورتیکه سلولهایی با ظرفیت کافی وجود نداشته باشد دو یا چند زنجیره از تعداد مساوی سلول با یکدیگر بصورت موازی می‌توانند قرار گیرند تا ظرفیت مناسب بدست آید. در این حالت ظرفیت باتری مجموع ظرفیت رشته‌های موازی خواهد بود. به هر حال با توجه به ایجاد جریانهای گردشی در حالت موازی کردن باتری‌ها، بهتر است تا آنجا که مقدور است از این عمل اجتناب نمود.

باتری باید توانایی تغذیه بارهای dc در شرایط زیر را داشته باشند :

- وقتی بار dc از حداکثر ظرفیت شارژر بیشتر شود.
- وقتی خروجی شارژر قطع شود.
- وقتی منبع تغذیه کمکی ac از دست برود.

بدترین حالت مربوط به شرایط اشاره شده می‌بایستی در نظر گرفته شود. در اثر از سرویس خارج شدن منبع تغذیه کمکی ac یا قطع خروجی شارژر، باتری وارد عمل می‌شود. با بازگشت به سرویس منبع تغذیه کمکی ac، بازگشت مجدد خروجی شارژر یا قطع بارهای باتری، دوره کاری آن پایان می‌یابد.

### ۲-۱-۳- مشخصات شارژر

براساس مقدار، نوع و طبقه‌بندی بارهای dc پست، ظرفیت و نوع باتری‌ها، مشخصات نامی شارژر شامل تعداد فاز ورودی، مقادیر نامی ترانس تغذیه یکسوساز، ولتاژ ورودی یکسوساز، ظرفیت و مشخصات کامل الکتریکی شارژر مشخص می‌شود.

### ۲-۱-۴- مشخصات تابلوی توزیع LVDC

در یک سیستم LVDC بارهای dc از طریق تابلوهای توزیع dc، قدرت موردنیاز خود را از باتری و شارژر دریافت می‌کنند. تابلوی توزیع dc از یکسری ابزار جهت کنترل و حفاظت هریک از فیدرهای ورودی و خروجی تشکیل شده است که با توجه به نیاز پست مورد نظر طراحی و انتخاب می‌گردد.

### ۲-۱-۵- مشخصات اتاق باتری

براساس محاسبات تعداد باتریها و ظرفیت و نوع آنها و دیگر تجهیزات درون اتاق باتری، حجم اتاق باتری و نحوه تهویه مناسب آن محاسبه می‌شود.

### ۲-۲- روش قدم به قدم طراحی سیستم تغذیه LVDC

#### ۲-۲-۱- انتخاب ولتاژهای سیستم تغذیه LVDC

انتخاب ولتاژ مناسب جهت سیستم تغذیه LVDC برای پست‌های فشار قوی بعنوان اولین قدم در طراحی این سیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پایین بودن ولتاژ سیستم dc باعث می‌شود که جریان لازم برای تجهیزات زیاد شده و افت ولتاژ در سیستم‌های ارتباط دهنده افزایش یابد.

بالا بودن ولتاژ سیستم dc نیز مشکلاتی در پی خواهد داشت. بالابودن ولتاژ سیستم dc تعداد باتری مورد نیاز بیشتری را می‌طلبد و همچنین عایق‌های موجود در سیستم نیز می‌بایستی قوی‌تر انتخاب گردد. همچنین بالابودن ولتاژ سیستم dc باعث کاهش ایمنی کارکنان بهره‌برداری و تعمیراتی پست می‌گردد.

گوناگونی در ولتاژ سیستم تغذیه باعث بروز مشکلاتی در توسعه پستها و احداث پستهای جدید با تجهیزات موجود و در دسترس خواهد شد. بمنظور جلوگیری از تنوع در سطح ولتاژ تجهیزات حفاظت، کنترل و اندازه‌گیری برای پستهای فشار قوی، ولتاژهای ۱۱۰ و ۱۲۵ ولت برای پست‌های فشار قوی جدید پیشنهاد می‌شود.

برای سیستم‌های مخابراتی (PLC و میکروویو) و پاره‌ای از سیستم‌های حفاظتی ولتاژ ۴۸ ولت به کار می‌رود. این سیستم تغذیه، کاملاً مستقل از سیستم تغذیه مستقیم پست می‌باشد. نحوه محاسبات این سیستم مشابه سیستم تغذیه مستقیم پست است.

حداکثر و حداقل ولتاژ مجاز باتری نیز پارامترهای مهمی هستند که در تعیین ظرفیت و تعداد سلول‌های باتری بکار می‌روند. این مقادیر بصورت زیر محاسبه می‌گردند:

$$۱۵\% - \text{ولتاژ نامی باتری} = \text{حداقل ولتاژ مجاز باتری}$$

$$۱۰\% + \text{ولتاژ نامی باتری} = \text{حداکثر ولتاژ مجاز باتری}$$

مقدار ولتاژی که به مصرف کننده تحویل داده می‌شود نیز نباید از حد مجاز خود پائین تر باشد. لذا باید حداکثر افت ولتاژ مجاز در مسیر سیستم LVDC تا مصرف کننده با توجه به رابطه زیر محاسبه گردد:

$$\text{ولتاژ نامی باتری} = \text{حداکثر افت ولتاژ مجاز} \times \frac{3}{5}\%$$

### ۲-۲-۲- انتخاب مشخصات باتری

جهت انتخاب مشخصات باتری، موارد زیر باید تعیین گردد:

- نوع باتری
- تعداد سلول و ظرفیت
- مشخصات اتاق باتری

### ۲-۲-۲-۱- انتخاب نوع باتری

انواع اصلی باتریهایی که در پست‌های فشار قوی مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- باتریهای اسید - سربی
- باتریهای نیکل - کادمیوم

با توجه به مزایا و معایب باتریها، باتریهای اسید - سربی برای استفاده در پستهای فشار قوی پیشنهاد می‌شود. در انتخاب سلول موارد ذیل نیز می‌بایستی مدنظر قرار گیرند:

- مشخصات فیزیکی نظیر ابعاد و وزن سلول‌ها، ماده محفظه نگهدارنده الکترولیت، اتصالات بین سلول‌ها و ترمینال‌های سلول
- عمر در نظر گرفته شده در طراحی برای تأسیسات و عمر مورد انتظار برای سلول
- تناوب و میزان تخلیه سلول
- دمای محیطی (در دماهای محیطی بالا عمر باتری پایین می‌آید)
- مشخصه شارژ سلول
- ملزومات نگهداری
- ملزومات جهت قرارگیری سلول نسبت به سطح زمین (برای سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده)
- ملزومات در نظر گرفته شده برای تهویه (برای سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده)
- مشخصه رفتار سلول در مقابل زلزله

### ۲-۲-۲-۲- مشخص کردن ظرفیت و تعداد سلولهای باتری

در تعیین اندازه باتری (تعداد سلولها و ظرفیت آنها) عوامل زیر دخالت دارند:

- حداکثر ولتاژ سیستم

- حداقل ولتاژ سیستم
- نمودار دوره کار باتری
- جریان مجاز اتصال کوتاه
- ضریب تصحیح حرارتی
- ضریب اطمینان طراحی
- ضریب تصحیح پیری

همچنانکه قبلاً اشاره گردید، یک باتری از تعدادی سلول سری تشکیل شده است. در این حالت ولتاژ یک سلول ضربدر تعداد سلولهای موجود سری شده برابر با ولتاژ باتری خواهد بود. ظرفیت یک باتری برابر با ظرفیت یک سلول واحد است. ظرفیت هر سلول، بستگی به ابعاد و مساحت صفحات سلول دارد.

شرایطی که باتری تحت آن کار می‌نماید در ظرفیت مؤثر و واقعی آن مؤثر است. از جمله این شرایط می‌توان به موارد ذیل اشاره

کرد:

- کاهش درجه حرارت باعث کاهش ظرفیت قابل استفاده می‌شود.
- ظرفیت با افزایش جریان بارگیری پایین می‌آید.
- پارامتر حداقل ولتاژ در هر زمان در طول تخلیه باتری باعث محدود شدن آمپر ساعت باتری می‌شود.

### تعیین تعداد سلولهای باتری :

حداکثر و حداقل ولتاژ مجاز سیستم، تعداد سلولهای باتری را تعیین می‌کند. عموماً برای یک سطح ولتاژ خاص از تعداد مشخصی سلول استفاده می‌شود (مثلاً ۲۴۰ سلول برای ۴۸ ولت و ۶۰ سلول برای ۱۲۵ ولت).

با این حال ممکن است انحراف کمی از این تعداد مشخص به منظور انطباق بهتر ولتاژ خروجی باتری با بازه تغییر ولتاژ سیستم مطلوب باشد. باید توجه داشت که گسترده بودن بازه تغییر ولتاژ مجاز سیستم (باتوجه به محدودیت تغییر ولتاژ تغذیه بارها) باعث انتخاب بهینه باتری از نظر اقتصادی خواهد شد. علاوه بر این استفاده از بیشترین تعداد سلول باعث می‌شود پارامتر حداقل ولتاژ سلول به کمترین مقدار خود برسد و بنابراین ظرفیت انتخابی برای دوره کاری باتری کمینه می‌شود.

در ابتدا باتوجه به رابطه (۱-۲) تعداد سلولهای لازم بدست می‌آید:

$$(۱-۲) \quad \text{حداکثر ولتاژ مجاز سیستم (ناشی از محدودیت اضافه ولتاژ بار)} \\ \text{تعداد سلولها} = \frac{\text{ولتاژ شارژ سلولها}}{\text{حداکثر ولتاژ مجاز سیستم (ناشی از محدودیت اضافه ولتاژ بار)}}$$

در سلولهای با دریچه تنظیم شونده از آنجا که ولتاژ شارژ شناور نسبت به سلولهای روباز بالاتر است، برای محدوده ولتاژ سیستم مشابه و باتوجه به رابطه فوق تعداد سلول کمتری انتخاب می‌گردد. مقدار مجاز حداقل ولتاژ سلول از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$(۲-۲) \quad \text{حداقل ولتاژ سلولها} = \frac{\text{حداقل ولتاژ باتری}}{\text{تعداد سلولها}}$$

حداقل ولتاژ باتری برابر حداقل ولتاژ سیستم بعلاوه افت ولتاژ در طول کابل فرض می‌شود.

در مواردی که ولتاژ مجاز سیستم بازه گسترده تری دارد (بویژه هنگامیکه به زمانهای تخلیه طولانی نیاز است) حداقل ولتاژ سلول که بوسیله سازنده و برای یک دوره تخلیه مشخص ذکر می شود عامل تعیین کننده در تعیین تعداد سلول مورد نیاز است. همانطور که در رابطه ۲-۲ ملاحظه می شود با کاهش تعداد سلول ها می توان مانع کمتر شدن حداقل ولتاژ سلول از حد مشخص شده توسط سازنده شد. حداقل ولتاژ سلول در محاسبات تعیین ظرفیت باتری بکار می رود.

چنانچه ولتاژ شارژ شناور در بیشترین حد مجاز که توسط سازنده اعلام می گردد تنظیم شود، نیازی به شارژ متعادل کننده که معمولاً در بازه های مشخص زمانی بر روی باتری انجام می شود نخواهد بود. از طرفی ولتاژ شناور می بایستی بیشترین ولتاژ سیستم سازگار باشد. ولتاژ شناور بالاتر باعث کاهش تعداد سلول ها و افزایش ظرفیت سلول مورد نیاز برای یک دوره کاری مشخص خواهد شد (مطابق رابطه ۲-۱).

در صورتیکه تعداد سلول محاسبه شده عدد صحیح نباشد، می بایستی این عدد را گرد کرده و سپس ولتاژ حداقل سلول، ولتاژ شناور، ولتاژ متعادل کننده محاسبه شده و قابل قبول بودن آنها بررسی گردد.

### ۲-۲-۲-۳- ضرائب تصحیح

در نظر گرفتن عواملی نظیر کاهش دما و یا فرسودگی باتری در کاهش ظرفیت، با استفاده از ضرایبی در محاسبات اعمال می شود که در ادامه به آنها اشاره می شود.

#### ضریب تصحیح درجه حرارت :

ظرفیت باتری از دمای عملکرد آن تأثیر می پذیرد. دمای استاندارد برای ظرفیت نامی سلول  $25^{\circ}\text{C}$  ( $77^{\circ}\text{F}$ ) است. چنانچه کمترین دمای مورد انتظار الکترولیت از  $25^{\circ}\text{C}$  کمتر باشد، ظرفیت سلول را می بایستی به منظور در اختیار داشتن ظرفیت مطلوب در کمترین دمای مورد انتظار، بیشتر انتخاب کرد. چنانچه کمترین دمای مورد انتظار الکترولیت از  $25^{\circ}\text{C}$  بیشتر باشد بهتر این است که ظرفیت سلول را باتوجه به دمای  $25^{\circ}\text{C}$  محاسبه کرد و ظرفیت اضافی را به عنوان حاشیه اطمینانی در کل طراحی در نظر گرفت. جدول ۱-۲ ضرائب تصحیح ظرفیت سلول را برای سلول های اسید-سربی روباز با غلظت اسید ۱/۲۵ نشان می دهد. برای دماهایی که در جدول ۱-۲ ذکر نشده اند، با استفاده از درون یابی ضریب تصحیح مناسب محاسبه می شود. برای سلول های نوع با دریچه تنظیم شونده ضریب تصحیح دمای مناسب با نظر سازنده تعیین می شود.

جدول ۲-۱: تصحیح ظرفیت سلول با توجه به دمای الکترولیت

دمای الکترولیت		ضریب تصحیح
(° F)	(° C)	
۲۵	-۳/۹	۱/۵۲۰
۳۰	-۱/۱	۱/۴۳۰
۳۵	۱/۷	۱/۳۵۰
۴۰	۴/۴	۱/۳۰۰
۴۵	۷/۲	۱/۲۵۰
۵۰	۱۰/۰	۱/۱۹۰
۵۵	۱۲/۸	۱/۱۵۰
۶۰	۱۵/۶	۱/۱۱۰
۶۵	۱۸/۳	۱/۰۸۰
۶۶	۱۸/۹	۱/۰۷۲
۶۷	۱۹/۴	۱/۰۶۴
۶۸	۲۰/۰	۱/۰۵۶
۶۹	۲۰/۶	۱/۰۴۸
۷۰	۲۱/۱	۱/۰۴۰
۷۱	۲۱/۷	۱/۰۳۴
۷۲	۲۲/۲	۱/۰۲۹
۷۳	۲۲/۸	۱/۰۲۳
۷۴	۲۳/۴	۱/۰۱۷
۷۵	۲۳/۹	۱/۰۱۱
۷۶	۲۴/۵	۱/۰۰۶
۷۷	۲۵/۰	۱/۰۰۰

دمای الکترولیت		ضریب تصحیح
(° F)	(° C)	
۷۸	۲۵/۶	۰/۹۹۴
۷۹	۲۶/۱	۰/۹۸۷
۸۰	۲۶/۷	۰/۹۸۰
۸۱	۲۷/۲	۰/۹۷۶
۸۲	۲۷/۸	۰/۹۷۲
۸۳	۲۸/۳	۰/۹۶۸
۸۴	۲۸/۹	۰/۹۶۴
۸۵	۲۹/۴	۰/۹۶۰
۸۶	۳۰/۰	۰/۹۵۶
۸۷	۳۰/۶	۰/۹۵۲
۸۸	۳۱/۱	۰/۹۴۸
۸۹	۳۱/۶	۰/۹۴۴
۹۰	۳۲/۲	۰/۹۴۰
۹۵	۳۵/۰	۰/۹۳۰
۱۰۰	۳۷/۸	۰/۹۱۰
۱۰۵	۴۰/۶	۰/۸۹۰
۱۱۰	۴۳/۳	۰/۸۸۰
۱۱۵	۴۶/۱	۰/۸۷۰
۱۲۰	۴۸/۹	۰/۸۶۰
۱۲۵	۵۱/۷	۰/۸۵۰

**توجه:** جدول فوق برای سلول‌های اسید-سربی روبات با غلظت اسید ۱/۲۱۵ تنظیم شده است. با اینحال این جدول برای سلول‌هایی که غلظت اسید در آنها تا ۱/۳ است نیز می‌تواند مورد استفاده واقع گردد. برای طرح‌های دیگر سلول می‌بایستی به سازنده مراجعه کرد.

### ضریب اطمینان طراحی

در طراحی باید یک حاشیه اطمینان برای ظرفیت منظور گردد تا اتفاقات پیش‌بینی نشده سیستم dc، بهره‌برداری غیر بهینه از باتری به دلیل نگهداری نامناسب و یا تخلیه نابهنگام را پاسخگو باشد. ضریب اطمینان طراحی را می‌توان حدود ۱/۱ تا ۱/۱۵ در نظر گرفت. در صورتی که نرخ رشد بارها متفاوت باشد، باید نرخ رشد هر یک از بارها در زمان داده شده اعمال و سپس سیکل کار نهایی را بدست آورد.

ظرفیت محاسبه شده سلول برای کاربرد خاص، ممکن است با ظرفیت سلول موجود در بازار مطابقت نداشته باشد، لذا روش معمول تر این است که ظرفیت بالاتر را برای سلول انتخاب می‌کنند و ظرفیت اضافی را بعنوان حاشیه اطمینان در نظر می‌گیرند.

### ضریب تصحیح پیری

معمولاً باتری‌های اسید-سربی در مدت عمر مفیدشان ظرفیت نسبتاً پایداری دارند. با اینحال در اواخر عمر با شتاب بالایی ظرفیت خود را از دست می‌دهند. نقطه‌ی زانوی منحنی عمر بر حسب ظرفیت این نوع باتری‌ها تقریباً در ۸۰٪ ظرفیت نامی قرار دارد. استاندارد IEEE شماره ۴۵۰ به این علت که پس از رسیدن ظرفیت باتری به ۸۰٪ مقدار نامی خود، تا پایان عمر مفید باتری مدت زمان کوتاهی وجود دارد، توصیه می‌کند هنگامیکه ظرفیت واقعی باتری به زیر ۸۰٪ ظرفیت نامی خود رسید، باتری تعویض شود. بنابراین برای اطمینان از اینکه باتری در مدت عمر مفید خود قادر به تغذیه بارهائی است که برای آن طراحی و تعیین ظرفیت شده است، ظرفیت باتری می‌بایستی حداقل ۱۲۵٪ (معادل ضریب پیری ۱/۲۵) ظرفیتی باشد که انتظار می‌رود در آن ظرفیت و در پایان عمر مفید باتری، بارها بصورت مناسب تغذیه شوند.

در برخی موارد، استثنائاتی نیز وجود دارد. برای مثال برخی سازنده‌ها برای باتری‌های روباز با صفحات پلانته، پلانته تغییر یافته یا گرد، در مورد زمان تعویض باتری این توصیه را دارند که هنگامی باید باتری تعویض شود که ظرفیت اندازه‌گیری شده کمتر از ظرفیت نامی شود (ضریب پیری ۱/۱۰). این نوع باتری‌ها از ظرفیت نسبتاً ثابتی در طول عمر مفید خود برخوردار هستند.

### ظرفیت اولیه

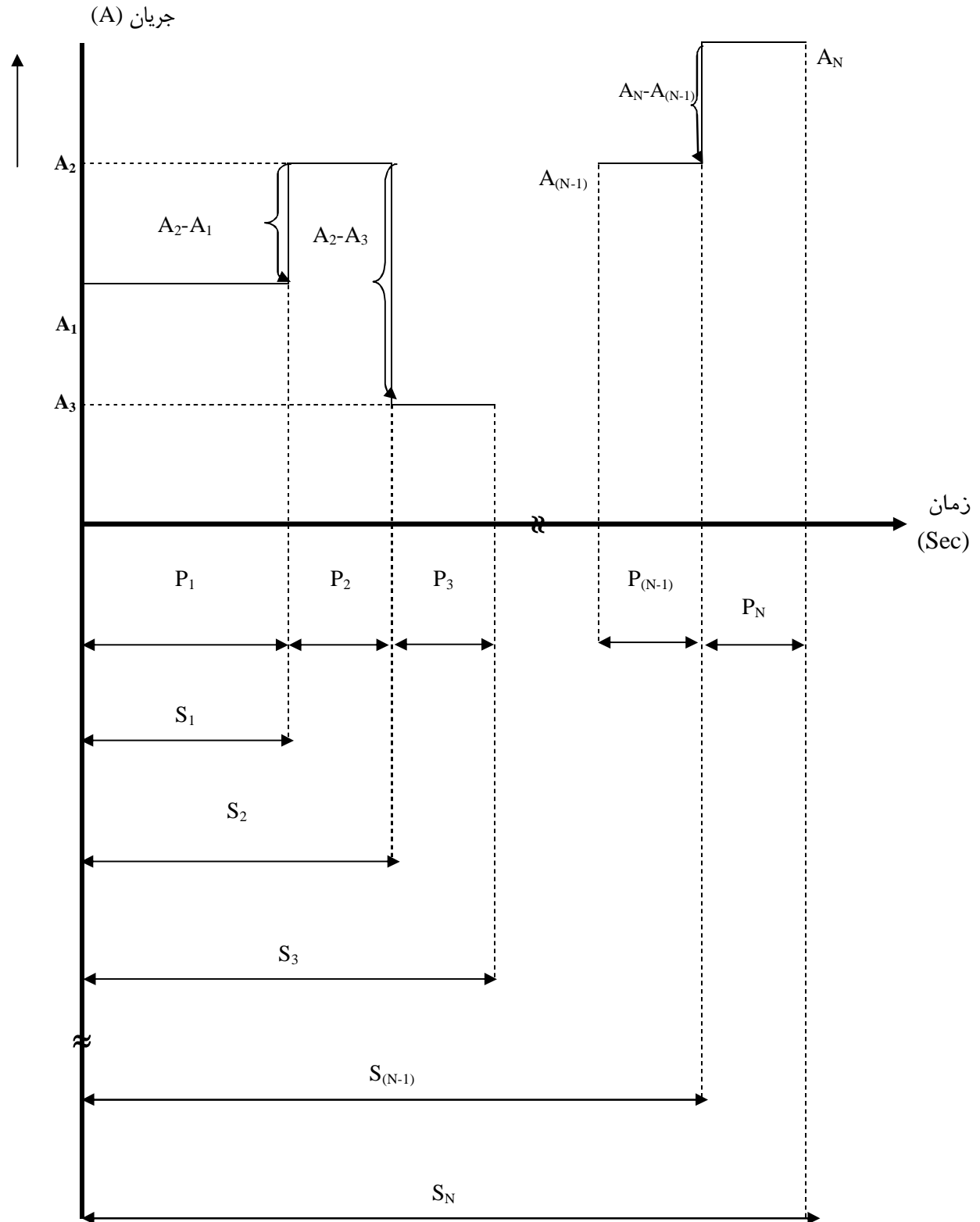
در هنگام تحویل باتری، ممکن است ظرفیت باتری کمتر از ظرفیت اولیه باشد. ظرفیت اولیه ممکن است در حد ۹۰ درصد ظرفیت نامی باشد که پس از چند بار شارژ و دشارژ در شرایط عادی کار یا بعد از چند سال بهره‌برداری تحت شارژ شناور به ظرفیت نامی خواهد رسید. اگر ۲۵ درصد ظرفیت اضافه برای جبران پیری در نظر گرفته شده باشد، آنگاه لزومی ندارد باتری در هنگام تحویل ظرفیت نامی خود را داشته باشد. زیرا ظرفیت موجود در یک باتری نو، در حالت عادی بالاتر از ملزومات مربوط به دوره‌ی کاری باتری است.

در صورتیکه از ضریب پیری یک استفاده شود، طراح می‌بایستی از اینکه ظرفیت اولیه باتری در اندازه ۱۰۰٪ ظرفیت نامی است اطمینان حاصل کند. با لحاظ شدن حاشیه مناسب در محاسبات مربوط به تعیین ظرفیت باتری نیز می‌توان از مناسب بودن ظرفیت در هنگام آغاز به کار باتری اطمینان حاصل کرد.

### ۲-۲-۲-۴- نمودار دوره کار باتری

برای تعیین ظرفیت باتری می‌بایستی نمودار دوره‌ی کاری آن مشخص شود. نمودار دوره‌ی کاری، مقدار جریان موردنیاز بارهای dc را بر حسب مدت زمان حضور آنها در مدار نشان می‌دهد. این نمودار با توجه به انواع بارها و با داشتن زمان ورود و خروج آنها رسم می‌شود. علاوه بر نمودار، می‌توان داده‌ها را بصورت جدولی مرتب کرد. تمام بارهایی که زمان ورود و خروج آنها به دوره‌ی کاری مشخص است، روی نمودار رسم می‌شوند. شکل (۲-۱)، نمودار یک دوره‌ی کاری نمونه را نشان می‌دهد. اگر زمان ورود بارها معلوم باشد ولی زمان خروج آن نامعین باشد فرض می‌شود که بار تا انتهای دوره وجود دارد. بارهای تصادفی باید در بحرانی‌ترین زمان در دوره قرار گیرند تا بدترین حالت، شبیه‌سازی شود. برای تعیین بحرانی‌ترین زمان در دوره‌ی کاری ابتدا اندازه‌ی باتری را بدون بارهای تصادفی تعیین می‌کنند و سپس قسمتی از دوره‌ی کاری را که اندازه‌ی باتری را کنترل می‌کند، شناسایی کرده و آنگاه بارهای تصادفی را در انتهای قسمت شناسایی شده اعمال می‌نمایند.

برای روشنایی اضطراری، نباید مدت زمان بیش از دو ساعت در نظر گرفته شود (زیرا ظرفیت باتری بیش از حد بزرگ می‌شود). از جمله بارهای تصادفی می‌توان حفاظت شینه یا هر سیستم حفاظتی دیگر را که منجر به قطع بیشترین تعداد از کلیدهای قدرت می‌شود، در نظر گرفت و مسلماً باید در بحرانی‌ترین زمان در دوره کاری باتری قرار گیرد.



شکل ۱-۲: نمودار دوره کاری در حالت کلی



## ۲-۲-۵- تعیین ظرفیت باتری

- به طور کلی، با توجه به نمودار کاری، ظرفیت سلول به طریق زیر محاسبه می‌گردد:
- در قدم اول، ظرفیت سلول به نحوی محاسبه می‌گردد که بتواند جریان مصرفی مورد نیاز را در طول اولین بخش دوره کاری تأمین نماید.
  - در قدم بعد، ظرفیت سلول براساس تداوم جریان قسمت اول ( $A_1$ ) تا انتهای بخش دوم دوره کاری و تفاوت جریان  $A_2-A_1$  در طول بخش دوم دوره کاری، محاسبه می‌گردد.
  - به ازای هر بخش دوره کاری، ظرفیت سلول محاسبه می‌گردد. این رویه مبتنی بر تکرار تا زمانی که تمامی بخش‌های دوره کاری در محاسبات لحاظ شوند ادامه می‌یابد.
  - ظرفیت  $F_S$  در مورد هر بخش مانند  $S$  (که در آن  $S$  می‌تواند عدد صحیح از 1 تا  $N$  باشد)، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_S = \sum_{P=1}^{P=S} \frac{A_P - A_{(P-1)}}{C_t} \quad (3-2)$$

که در آن:

$S$ : تعداد بخشهای دوره کاری

$F_S$ : ظرفیت نامی مورد نیاز برای هر بخش، برحسب آمپر ساعت، وات ساعت یا تعداد صفحات مثبت (بسته به اینکه از چه  $C_t$  ای استفاده شود)

$C_t$ : ضریب نامی ظرفیت برای یک سلول، در مدت  $t$  دقیقه تخلیه و در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، تا زمانی که ولتاژ سلول به حداقل مقدار مجاز خود برسد.

$t$ : زمان برحسب دقیقه از شروع پریود  $P$  تا انتهای بخش  $S$

$A_P$ : جریان مورد نیاز پریود  $P$

$P$ : پریود مورد مطالعه

**نکته:** اگر جریان پریود  $P+1$  بیشتر از جریان پریود  $P$  باشد، آنگاه بخش  $S=P+1$  به سلول بزرگتری نسبت به بخش  $S=P$  نیاز دارد. در نتیجه محاسبات مربوط به بخش  $S=P$  می‌تواند حذف شود.

## ۲-۲-۶- ضریب نامی ظرفیت

ضریب  $C_t$  را می‌توان به دو صورت در محاسبه اندازه سلول وارد نمود ( $K_t, R_t$ ):

$R_t$ : میزان آمپری است که هر صفحه مثبت در طول  $t$  دقیقه می‌تواند در درجه حرارت  $25$  درجه سانتیگراد تا یک حداقل ولتاژ

سلول معین، تأمین نماید. در نتیجه  $C_t = R_t$  است و داریم:

$$F = \max_{s=1}^{s=N} \max_{s=1}^{s=N} F_S = \max_{s=1}^{s=N} \max_{s=1}^{s=N} \sum_{P=1}^{P=S} \frac{A_P - A_{(P-1)}}{R_t} \quad (4-2)$$

$F$  = اندازه سلول (تعداد صفحات مثبت) =

$K_t$ :  $K_t$  برابر است با نسبت آمپر ساعت نامی یک سلول به آمپری که در آن سلول می‌تواند در مدت  $t$  دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد تا رسیدن به یک حداقل ولتاژ سلول معین، تأمین نماید. در نتیجه  $C_t = \frac{1}{K_t}$  و رابطه شماره (۲-۳) را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$F = \text{اندازه سلول (آمپر ساعت)} = \max_{s=1}^{s=N} F_s = \max_{s=1}^{s=N} \sum_{P=1}^{P=s} [A_P - A_{(P-1)}] K_t \quad (۵-۲)$$

مقادیر  $R_t$ ,  $K_t$  توسط سازنده باتری داده می‌شود. نمونه‌ای از این مقادیر در منحنی شکل (۲-۲) آمده است.

**نکته ۱:**  $R_t$  و  $\frac{1}{K_t}$  با هم برابر نمی‌باشند زیرا واحدهای متفاوتی دارند اما با یکدیگر متناسب هستند.

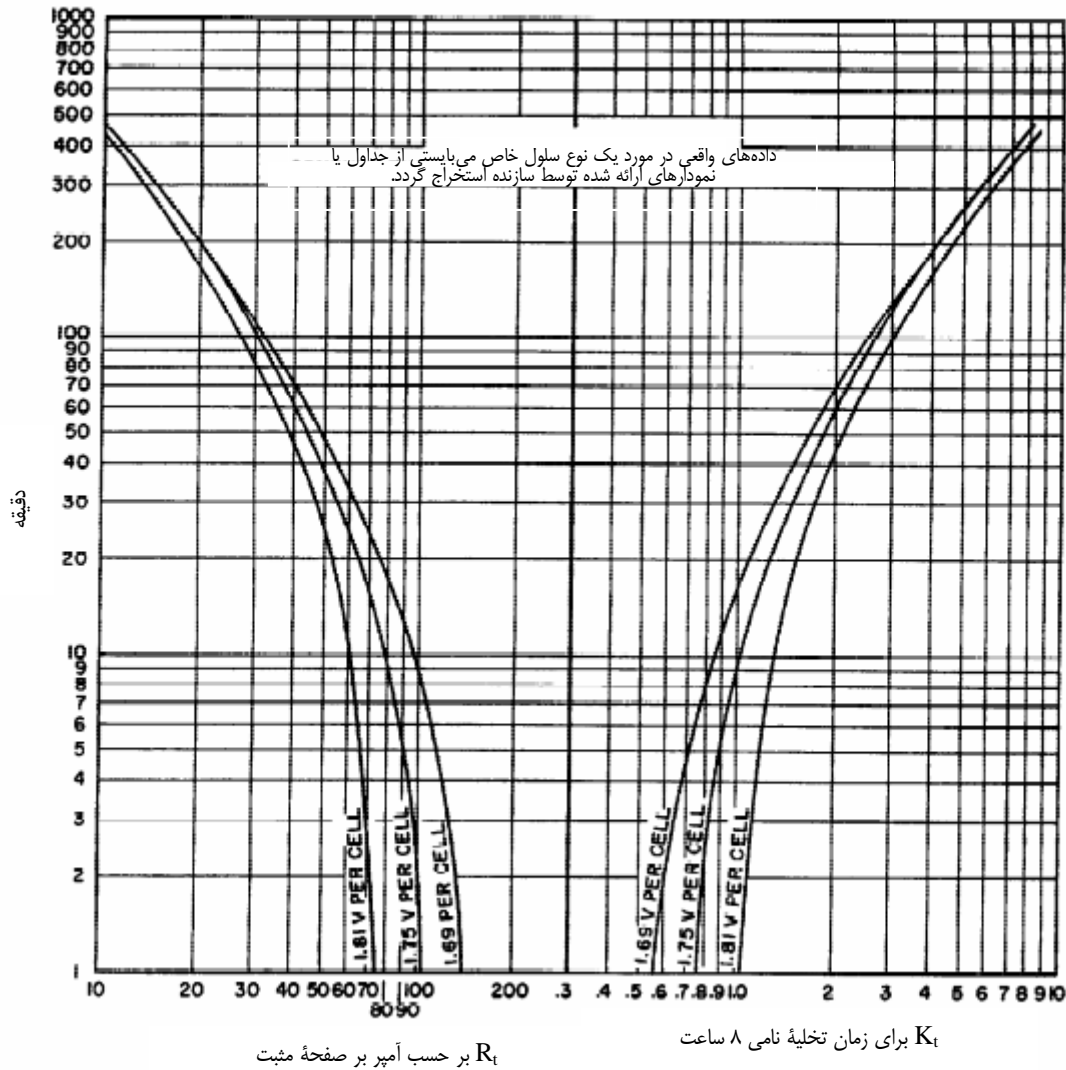
**نکته ۲:** وقتی از ضریب  $R_t$  (آمپر بر هر صفحه مثبت) استفاده می‌شود رابطه محاسبه ظرفیت سلول، ظرفیت سلول را بر حسب تعداد صفحات مثبت بیان می‌کند. در مدارک سازندگان باتری، ظرفیت سلول به صورت تعداد کل صفحات مثبت و منفی آورده می‌شود. تعداد کل صفحات بر حسب تعداد صفحات مثبت از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{دوبرابر تعداد صفحات مثبت} + ۱ = \text{کل تعداد صفحات سلول} \quad (۶-۲)$$

**نکته ۳:** در اولین مرحله تخلیه، افت ولتاژی در پایانه‌های باتری ظاهر می‌شود که پس از آن ولتاژ به مقدار مناسب خود بازیابی می‌شود. طراح می‌بایستی از لحاظ شدن این مسئله در مقادیر ضریب نامی ظرفیت که توسط سازنده ارائه شده است اطمینان حاصل کند.

## ۲-۲-۲-۷- اعمال بارهای تصادفی در محاسبات تعیین ظرفیت باتری

هنگامیکه بارهای تصادفی در دوره کاری باتری در نظر گرفته می‌شوند، در ابتدا می‌بایستی محاسبات تعیین ظرفیت بدون در نظر گرفتن این بارها انجام پذیرد و سپس ظرفیت مورد نیاز برای بارهای تصادفی به مقدار بدست آمده اضافه شود.

شکل ۲-۲: منحنی مربوط به ضرایب  $K_t$ ,  $R_t$ 

### ۲-۲-۲-۸- جدول محاسبه ظرفیت باتری

این جدول به گونه‌ای طراحی شده است تا روش‌های اشاره شده فوق به آسانی و به صورت دستی قابل انجام باشد. برای استفاده از جدول می‌بایستی به روش زیر اقدام نمود:

- اطلاعات لازم در قسمت بالایی جدول و در سطر اول پر می‌گردد. این اطلاعات شامل پائین‌ترین درجه حرارت پیش‌بینی شده، حداقل ولتاژ سلول (که از تقسیم حداقل ولتاژ باتری بر تعداد سلول‌ها حاصل می‌شود)، کارخانه سازنده و نوع سلول می‌باشد.
- بارها بر حسب آمپر و مدت زمان حضور آنها بر حسب دقیقه در ستون‌های ۲ و ۴ پر می‌شود.
- ستون سوم تغییر بار است که مقادیر تغییر بار بر حسب آمپر و با علامت مثبت یا منفی قرار می‌گیرد.
- ستون پنجم، زمان شروع هر پریود تا انتهای هر بخش محاسبه و درج می‌گردد.

- ستون ششم، مربوط به ضرایب ظرفیت است ( $R_t$  و  $K_t$  که با توجه به مدارک ارائه شده از طرف سازنده مشخص می‌گردد) که برای زمان‌های تخلیه محاسبه شده در ستون ۵ مشخص و ثبت می‌گردد.
- اندازه هر سلول برحسب آمپر ساعت در هر پرپود با استفاده از روابط (۲-۴) یا (۲-۵) برحسب اینکه ضریب ظرفیت  $R_t$  یا  $K_t$  باشد، محاسبه و در ستون ۷ درج می‌شود. مقدار بدست آمده بسته به علامت در ستون مقادیر مثبت یا منفی قرار داده می‌شود.
- جمع کل آمپرساعت‌ها محاسبه شده و در ستون ۷ درج می‌شود.
- آخرین ردیف جدول به بارهای تصادفی اختصاص دارد.
- برای محاسبه ظرفیت خام باتری، بزرگترین آمپر ساعت محاسبه شده در ستون ۷ با بارهای تصادفی جمع می‌شود و در پایین جدول در قسمت مشخص شده ثبت می‌شود.
- ضریب تصحیح با توجه به دمای مشخص شده در بالای جدول و داده‌های سازنده تعیین شده و در قسمت مربوطه در پایین جدول درج می‌شود.
- ضریب اطمینان طراحی و ضریب تصحیح پیری در پایین جدول نوشته می‌شود و با ضرب ضرائب در ظرفیت خام بدست آمده از قسمت قبلی ظرفیت باتری محاسبه می‌شود.
- چنانچه ظرفیت بدست آمده در واحد آمپرساعت باشد و با ظرفیت‌های موجود باتری‌های سازنده انطباق نداشته باشد، ظرفیت سلول موجود بزرگتر انتخاب می‌شود. چنانچه ظرفیت بدست آمده در واحد تعداد صفحات مثبت باشد و این مقدار قسمت اعشاری نیز داشته باشد، بایستی به عدد صحیح بعدی گرد شود. نتیجه نهائی در قسمت مربوطه در انتهای جدول درج می‌شود.
- باتوجه به کاتالوگ سازنده و ظرفیت نهائی نوع سلول مشخص شده و در قسمت مربوطه در انتهای جدول ثبت می‌شود.

جدول ۲-۲: جدول محاسبه ظرفیت باتری

نوع سلول =		کارخانه سازنده سلول =		حداقل ولتاژ سلول (ولت) =		پایین ترین درجه حرارت پیش بینی شده (درجه سانتیگراد) =	
دوره	بار (آمپر)	تغییر بار (آمپر)	مدت زمان حضور بار درمدار (دقیقه)	زمان خروج بار (دقیقه)	ضریب $K_t/R_t$	اندازه سلول (آمپر ساعت)	
						مقادیر مثبت	مقادیر منفی
قسمت اول: فقط اولین دوره - اگر $A_2$ از $A_1$ بزرگتر است به قسمت دوم بروید							
۱	$A_1 =$	$A_1 - 0 =$	$M_1 =$	$T = M_1 =$			
قسمت دوم: فقط دو دوره اول - اگر $A_3$ از $A_2$ بزرگتر است به قسمت سوم بروید							
۱	$A_1 =$	$A_1 - 0 =$	$M_1 =$	$T = M_1 + M_2 =$			
۲	$A_2 =$	$A_2 - A_1 =$	$M_2 =$	$T - M_2 =$			
جمع جزئی							
جمع کل							
قسمت سوم: فقط سه دوره اول - اگر $A_4$ از $A_3$ بزرگتر است به قسمت چهارم بروید							
۱	$A_1 =$	$A_1 - 0 =$	$M_1 =$	$T = M_1 + \dots + M_3 =$			
۲	$A_2 =$	$A_2 - A_1 =$	$M_2 =$	$T = M_2 + M_3 =$			
۳	$A_3 =$	$A_3 - A_2 =$	$M_3 =$	$T = M_3 =$			
جمع جزئی							
جمع کل							
قسمت چهارم: فقط چهار دوره اول - اگر $A_5$ از $A_4$ بزرگتر است به قسمت پنجم بروید							
۱	$A_1 =$	$A_1 - 0 =$	$M_1 =$	$T = M_1 + \dots + M_4 =$			
۲	$A_2 =$	$A_2 - A_1 =$	$M_2 =$	$T = M_2 + \dots + M_4 =$			
۳	$A_3 =$	$A_3 - A_2 =$	$M_3 =$	$T = M_3 + M_4 =$			
۴	$A_4 =$	$A_4 - A_3 =$	$M_4 =$	$T = M_4 =$			
جمع جزئی							
جمع کل							
قسمت پنجم: فقط پنج دوره اول - اگر $A_6$ از $A_5$ بزرگتر است به قسمت ششم بروید							
۱	$A_1 =$	$A_1 - 0 =$	$M_1 =$	$T = M_1 + \dots + M_5 =$			
۲	$A_2 =$	$A_2 - A_1 =$	$M_2 =$	$T = M_2 + \dots + M_5 =$			
۳	$A_3 =$	$A_3 - A_2 =$	$M_3 =$	$T = M_3 + \dots + M_5 =$			
۴	$A_4 =$	$A_4 - A_3 =$	$M_4 =$	$T = M_4 + M_5 =$			
۵	$A_5 =$	$A_5 - A_4 =$	$M_5 =$	$T = M_5 =$			
جمع جزئی							
جمع کل							
قسمت ششم: فقط شش دوره اول - اگر $A_7$ از $A_6$ بزرگتر است به قسمت هفتم بروید							
۱	$A_1 =$	$A_1 - 0 =$	$M_1 =$	$T = M_1 + \dots + M_6 =$			
۲	$A_2 =$	$A_2 - A_1 =$	$M_2 =$	$T = M_2 + \dots + M_6 =$			
۳	$A_3 =$	$A_3 - A_2 =$	$M_3 =$	$T = M_3 + \dots + M_6 =$			
۴	$A_4 =$	$A_4 - A_3 =$	$M_4 =$	$T = M_4 + \dots + M_6 =$			
۵	$A_5 =$	$A_5 - A_4 =$	$M_5 =$	$T = M_5 + M_6 =$			
۶	$A_6 =$	$A_6 - A_5 =$	$M_6 =$	$T = M_6 =$			
جمع جزئی							
جمع کل							
<b>بار تصادفی</b>							
R	$AR =$	$AR - 0 =$	$MR =$	$T = MR =$			
ماکزیمم ظرفیت محاسبه شده: ..... + بار تصادفی: ..... = ظرفیت خام (تصحیح نشده): ..... ظرفیت خام: ..... × ضریب تصحیح درجه حرارت: ..... × ضریب اطمینان طراحی: ..... × ضریب معادل پیری: ..... = ظرفیت نهایی محاسبه شده: ..... - چنانچه ظرفیت سلول از ظرفیت سلول استاندارد بیشتر باشد، ظرفیت سلول استاندارد بزرگتر بعدی انتخاب می شود.							
ظرفیت نهایی						$\frac{\text{صفحات مثبت}}{\text{آمپر ساعت}}$ سلول مورد نیاز .....	

### ۲-۲-۲-۹- جریان مجاز اتصال کوتاه در باتریها

جریان اتصال کوتاهی که یک باتری از خود عبور می‌دهد بستگی به کل مقاومت مسیر اتصال کوتاه دارد. مقاومت کل از دو بخش عمده زیر تشکیل شده است:

- مقاومت داخلی باتری
- مقاومت مدار خارجی

مقاومت داخلی باتری برابر است با مجموع مقاومت‌های سلولها بعلاوه مقاومت اتصالاتی بین سلولها. مقاومت داخلی سلول مقدار متغیری است که بطور ویژه تحت تأثیر فاکتورهای زیادی از قبیل درجه حرارت، عمر باتری و وضعیت شارژ سلول است. مقاومت مدار خارجی نیز مجموع مقاومت‌های اجزاء مختلف از جمله کابل‌های اتصال دهنده و مقاومت خطا می‌باشد.

ولتاژ موثری که جریان اتصال کوتاه را ایجاد می‌کند به خصوصیات اسید در رابطه با مواد فعال در صفحات سلول بستگی دارد. بنابراین، در محاسبه ماکزیمم جریان اتصال کوتاه باید مقدار نامی ولتاژ وارد گردد.

مقاومت داخلی سلولهای باتریهای مختلف را سازندگان ارائه می‌نمایند. با در نظر گرفتن تعداد سلولهای باتری و ظرفیت سلولها که تعیین کننده مقاومت داخلی خواهند بود، سطح اتصال کوتاه بدست می‌آید.

دستگاههای شارژر بعلت محدودیت جریان عبوری که سازندگان معمولاً در سیستم کنترل آنها پیش بینی می‌کنند در تعیین سطح اتصال کوتاه تجهیزات نقش با اهمیتی ایفا نمی‌نمایند (معمولاً جریان شارژر در حین اتصال کوتاه به دلیل عملکرد محدودکننده جریان از ۱۵۰٪ جریان نامی آن تجاوز نمی‌کند).

### ۲-۲-۲-۱۰- محاسبات منحنی ولتاژ- زمان سلول

روال محاسبات تعیین ظرفیت باتری که در قسمت قبل به آن اشاره شد تضمین می‌کند که برای دوره کاری مشخص شده و ظرفیت سلول انتخاب شده، متوسط ولتاژ سلول در بازه دوره کاری از مقدار حداقل تعیین شده کمتر نمی‌شود. بنابراین از آنجاییکه ولتاژ باتری در طول زمان تخلیه بالاتر از حداقل ولتاژ مجاز است در محاسبات معمول نیازی به محاسبه ولتاژ ترمینال نیست. چنانچه به عللی مقدار ولتاژ ترمینال در نقاط مختلف دوره کاری باتری مورد نیاز باشد با توجه به دوره کاری باتری و منحنی‌های مشخصه نوعی تخلیه که سازنده ارائه می‌کند همچنان که در ادامه اشاره می‌شود منحنی ولتاژ- زمان سلول بدست می‌آید.

#### رویه محاسبات مربوط به منحنی ولتاژ- زمان سلول

دو نوع منحنی مشخصه تخلیه که عموماً برای این منظور مورد استفاده واقع می‌شوند عبارتند از: منحنی S و منحنی پروانه‌ای. نمونه‌ای از این منحنی‌ها در شکل‌های ۲-۳ و ۲-۴ آمده است.

روش محاسبه ولتاژ در زمانهای مختلف مربوط به دوره کاری یک رویه مبتنی بر تکرار است و به صورت زیر می‌باشد:

(الف) در نظر گرفتن یک ظرفیت مشخص که در طول هر پریود از سلول خارج می‌شود.

(ب) مشخص کردن جریان تخلیه در زمانی که ولتاژ در آن محاسبه می‌شود.

(ج) محاسبه ولتاژ سلول در زمانهای مختلف دوره کاری باتوجه به مقادیر بدست آمده در قسمت‌های فوق و منحنی مشخصه

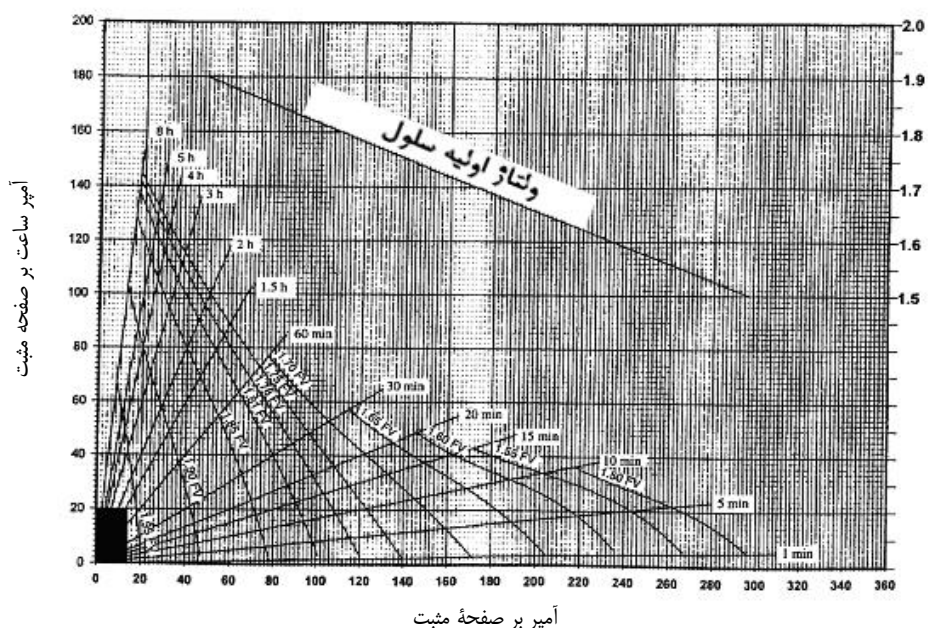
نوعی که توسط سازنده ارائه می‌شود.

در نهایت منحنی ولتاژ- زمان برای کل دوره کاری رسم می‌شود. برای تعیین ولتاژ قبل و بعد از لحظه تغییر پله‌ای در نرخ تخلیه، محاسبه بر پایه مقادیر نرخ تخلیه قبل و بعد از لحظه مورد نظر و نیز ثابت فرض کردن آمپرساعت تجمعی محاسبه شده در آن لحظه انجام می‌پذیرد. ولتاژ ترمینال باتری در زمانهای مختلف دوره کاری با ضرب ولتاژ متوسط سلول در تعداد سلولهای متصل شده به صورت سری بدست می‌آید.

در صورتیکه دمای کار  $25^{\circ}\text{C}$  نباشد یا ظرفیت باتری از ظرفیت نامی کمتر باشد، جریان در طول دوره کاری و در هر پریود می‌بایستی در ضرائب تصحیحی که در تعیین ظرفیت باتری استفاده می‌شود ضرب شود. مشابهاً اگر شاخص کارائی سلول (برحسب آمپر بر صفحه مثبت) برای ظرفیت‌های مختلف یک سلول مشخص ثابت نباشد، جریان برای هر پریود در طول دوره کاری می‌بایستی باتوجه به ضرائب تصحیح مناسب که توسط سازنده باتری ارائه می‌شود محاسبه شود.

### تعیین منحنی ولتاژ- زمان سلول با استفاده از منحنی‌های پروانه‌ای

در شکل ۲-۳ نمونه‌ای از منحنی‌های پروانه‌ای آورده شده است. چنانچه ولتاژ سلول در زمان مشخصی مطلوب باشد با در نظر گرفتن نمودار دوره کار باتری مقدار آمپرساعت به صورت تجمعی تا آن زمان محاسبه شده و باتوجه به تعداد صفحات مثبت مقادیر  $\frac{\text{آمپرساعت تجمعی}}{\text{تعداد صفحات مثبت}}$  و نیز  $\frac{\text{آمپر در لحظه مورد نظر}}{\text{تعداد صفحات مثبت}}$  محاسبه شده و با تقاطع این دو مقدار روی نمودار شکل ۲-۳ ولتاژ سلول محاسبه می‌شود. در محاسبه ولتاژ سلول ممکن است از درونیایی استفاده شود. همچنین باید توجه داشت برای تعیین ولتاژ اولیه تخلیه می‌توان باتوجه به مقدار  $\frac{\text{آمپر در لحظه ابتدایی}}{\text{تعداد صفحات مثبت}}$  ولتاژ اولیه را از منحنی که در شکل ۲-۳ مشخص شده است بدست آورد.



شکل ۲-۳: منحنی‌های مشخصه تخلیه نوع پروانه‌ای

### تعیین منحنی ولتاژ- زمان سلول با استفاده از منحنی‌های S

در شکل ۲-۴ نمونه‌ای از منحنی‌های S آورده شده است. در ابتدا جریان در نمودار دوره کار باتری با احتساب ضرائب پیری، دما و اطمینان تصحیح می‌شود. سپس برای بدست آوردن ولتاژ سلول در زمان مشخص باتوجه به نمودار دوره کاری روال زیر می‌بایستی طی شود:

الف- باتوجه به مقدار  $\frac{\text{آمپر در لحظه مورد نظر}}{\text{تعداد صفحات مثبت}}$  و نیز منحنی زمان رسیدن به ولتاژ نهائی در شکل ۲-۴، مقدار زمان رسیدن به ولتاژ نهائی از محور عمودی سمت چپ خوانده می‌شود. سپس ظرفیت تخلیه به صورت حاصلضرب زیر تعیین می‌شود:

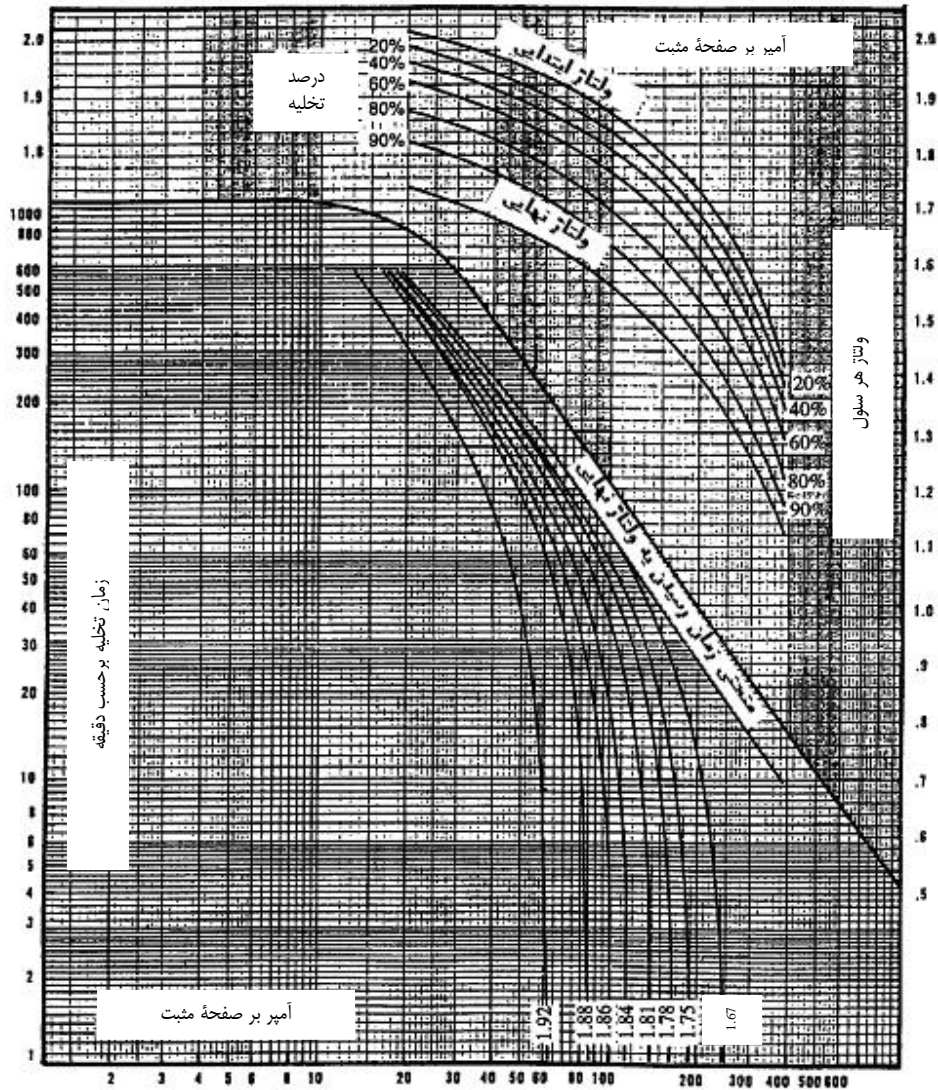
$$\text{زمان رسیدن به ولتاژ نهائی} \times \frac{\text{آمپر در لحظه مورد نظر}}{\text{تعداد صفحات مثبت}} = \text{ظرفیت تخلیه} \quad (۷-۲)$$

ب- با محاسبه ظرفیت تخلیه، درصد تخلیه با توجه به مقدار ظرفیت تجمعی تا لحظه مورد نظر (که در اینجا در واحد آمپر دقیقه بیان می‌شود) بدست می‌آید:

$$\text{درصد تخلیه} = \frac{\text{ظرفیت تخلیه}}{\text{تعداد صفحات مثبت / آمپر دقیقه تجمعی تا لحظه مورد نظر}} \times ۱۰۰\% \quad (۸-۲)$$

ج- با در اختیار داشتن مقدار درصد تخلیه و نیز مقدار  $\frac{\text{آمپر در لحظه مورد نظر}}{\text{تعداد صفحات مثبت}}$  ولتاژ هر سلول باتوجه به شکل ۲-۴ و مقادیر محور عمودی سمت راست محاسبه می‌شود.





شکل ۲-۴: منحنی‌های مشخصه تخلیه نوع S

### ۲-۳- انتخاب شارژر

برای انتخاب شارژر، پارامترهای زیر باید مشخص شود.

- ولتاژ ac ورودی
- ولتاژ dc خروجی
- جریان نامی خروجی
- تنظیم ولتاژ
- درصد ریپل خروجی

- در پست‌های فشار قوی، ولتاژ ac ورودی شارژر ۴۰۰ ولت و ولتاژ dc خروجی آن برابر با ولتاژ انتخاب شده جهت سیستم LVDC (۱۱۰ یا ۱۲۵ ولت) انتخاب می‌گردد. در صورت وجود سیستم تغذیه ۴۸۷dc، ولتاژ خروجی شارژر این سیستم نیز ۴۸ ولت خواهد بود. در هنگام انتخاب شارژر برای باتری‌های با درجه تنظیم‌شونده (VRLA) به نکات زیر می‌بایستی توجه داشت:
- اضافه شارژ به علت ساختار بسته این نوع باتری باعث خشک‌شدگی آن می‌گردد و ظرفیت و کارایی باتری را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرفی چنانچه در هنگام اعمال شارژ شناور به باتری، ولتاژ اعمالی کمتر از ولتاژ شارژ شناور مناسب باشد لایه‌ای از سولفات در قطب مثبت ایجاد می‌شود که شارژهای بعدی را تحت تاثیر قرار خواهد داد. خوردگی زود هنگام صفحات باتری نیز از عواقب اعمال ولتاژی کمتر از ولتاژ مناسب در حالت شارژ شناور می‌باشد. در این حالت نیز کارایی و ظرفیت سلول کمتر می‌شود. بنابراین شارژر می‌بایستی قادر به محدودسازی ولتاژ اعمالی به باتری باشد.
  - از آنجا که سلولهای با درجه تنظیم‌شونده نسبت به تغییرات درجه حرارت حساس هستند، شارژر می‌تواند متناسب با افزایش یا کاهش دما، ولتاژ اعمال شده به باتری را در حد مناسب نگهدارد. این شارژرها به شارژرهای جبران شده با دما<sup>۱</sup> موسوم هستند.

## ۲-۳-۱- جریان نامی خروجی

- بدلیل اینکه پاسخ زمانی شارژر نسبت به باتری با تاخیر بیشتری همراه است، بارهای لحظه‌ای توسط باتری پاسخ داده می‌شود و شارژر وظیفه شارژ مجدد باتری را بعهده دارد. بنابراین شارژر در حالت کار عادی کلیه نیازهای بارهای dc پست را بایستی تأمین نماید و تنها بارهای لحظه‌ای از طریق باتری تأمین می‌گردد. به طور کلی:
- در حالت عادی، شارژر می‌بایستی کل بار dc پست را تأمین نموده و علاوه بر جریان شارژ شناور باتری را نیز تأمین کند.
  - در حالت کار پس از یک خاموشی بلند مدت در پست، شارژر بایستی علاوه بر تأمین کل بار dc پست، جریان شارژ مورد نیاز باتری را که در مدت خاموشی تخلیه شده است تأمین نماید.
- از آنجا که شرایط متناظر با حالت دوم شرایط سنگین‌تری را بر شارژر تحمیل می‌نماید، بنابراین حداکثر جریان شارژر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A = \left( \frac{AH \times K_C}{T} + I_L \right) \times \frac{1}{K_1} \times \frac{1}{K_2} \quad (9-2)$$

A: جریان نامی شارژر

AH: آمپرساعت باتری

T: مدت زمان دشارژ

$I_L$ : جریان بارهای پیوسته

$K_1$ : ضریب تصحیح درجه حرارت

$K_2$ : ضریب تصحیح ارتفاع

$K_C$ : ضریب اطمینان که می‌تواند برابر ۱/۱ در نظر گرفته شود.

1. Temperature compensated chargers

ضرایب  $K_1$  و  $K_2$  برای درجه حرارت ۴۰ درجه سانتیگراد و ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا ۱ فرض می‌شود. برای درجه حرارت و ارتفاع‌های متفاوت باید از مشخصات شارژر،  $K_1$  و  $K_2$  استخراج و در رابطه بالا بکار گرفته شود.

### ۲-۳-۲- درصد تنظیم ولتاژ

زمانیکه ولتاژ نامی و فرکانس منبع تغذیه و نیز اندازه بار در محدوده مجاز خود تغییر می‌کنند، درصد تنظیم ولتاژ در شارژرهای مورد استفاده در سیستم LVDC پست‌های فشار قوی در هنگام عملکرد شارژر شناور نمی‌بایستی از ۰/۵ درصد بیشتر باشد. همچنین درصد تنظیم ولتاژ در هنگام عملکرد شارژر متعادل کننده نباید از ۱ درصد بیشتر باشد. درصد تنظیم ولتاژ در اثر تغییرات دمائی نیز نمی‌بایستی از ۰/۵ درصد بیشتر باشند (در صورتیکه شارژر از نوع جبران شده با دما باشد برآوردن بند اخیر الزام‌آور نیست).

### ۲-۳-۳- درصد ریپل خروجی

یکی از عوامل مورد نیاز در طراحی و انتخاب شارژر، درصد ریپل خروجی می‌باشد. ریپل خروجی برای شارژرهای مورد استفاده در سیستم‌های تغذیه dc پست‌های فشار قوی در صورت استفاده از فیلتر باید حداکثر ۱۰۰mV و در حالت عدم استفاده از فیلتر حداکثر ۲٪ باشد. ریپل خروجی در سیستم‌های تغذیه ۴۸Vdc در صورت استفاده از فیلتر باید حداکثر ۳۰mV و در حالت عدم استفاده از فیلتر حداکثر ۱٪ باشد.

### ۲-۴-۲- تابلوی توزیع dc

در طراحی سیستم LVDC برحسب تعداد فیدرهای خروجی و سطح ولتاژ پست ممکن است یک تابلو یا بیشتر مورد استفاده قرار گیرد.

طراحی و نحوه اتصال شارژرها، باتریها و تابلوهای توزیع dc، کلیدها و فیدرهای ورودی در پستهای فشارقوی باید بگونه‌ای باشد که هر شارژر بتواند بارهای مربوط به شارژر خارج از مدار را نیز تامین نماید و باتری آن را شارژ نماید و امکان انتخاب هر شارژر میسر بوده و در زمان خارج از مدار بودن یکی از شارژرها، شارژر دیگر بتواند به بار و باتریها متصل گردد. ولتاژ سیستم در حین تغییر وضعیت از یک شارژر به شارژر دیگر نمی‌بایستی به صورت لحظه‌ای قطع گردد.

در صورتیکه دو شارژر و یک مجموعه باتری موجود است می‌توان اتصال مجموعه باتری با شارژرها را با استفاده از کلید LBS<sup>۱</sup> برقرار کرد. سه حالت کاری برای کلید LBS تعریف می‌گردد: باتری در حالت اول به شارژر ۱، در حالت دوم و در زمان کوتاهی به طور همزمان به شارژر ۱ و ۲ و در حالت سوم به شارژر ۲ متصل است.

فیدرهای خروجی به شینه تقسیم شده توسط کلید متصل می‌گردند و باتریها و شارژرها توسط سیستم کلیدزنی مناسب با هم موازی می‌شوند تا حالت‌های شارژر شناور و شارژر سریع را عملی کنند. معمولاً باتری توسط کلید فیوز به شارژر متصل می‌گردد و مجموعه باتری و شارژر توسط کلید MCCB به شینه متصل می‌شود. تامین بار در حالت‌های زیر امکان‌پذیر است:

- هر مجموعه باتری و باتری شارژر یک بخش از شینه (نیمی از فیدرهای خروجی) را تامین می‌کند (کلید تقسیم شینه باز است).

1. Load break switch

- یک مجموعه باتری و باتری شارژر تمام شینه (کل فیدهای خروجی) را تامین می‌کند (کلید تقسیم شینه بسته است و مجموعه باتری و شارژر دیگر خارج از سرویس دهی است). در نتیجه این حالت قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری سیستم افزایش می‌یابد.

## ۲-۴-۱- انتخاب فیوز

در شرایط اضافه بار عملکرد فیوز در مدارات ac و dc مشابه است. اما در صورت وقوع اتصال کوتاه و پس از شروع ذوب شدن فیوز، به این دلیل که در مدار dc جریان پیوسته است (بر خلاف مدار ac که عبور از صفر جریان به خاموشی قوس کمک می‌کند) تا زمانی که افت ولتاژ قوس ایجاد شده در فیوز کمتر از ولتاژ سیستم است قوس خاموش نمی‌شود. برای انتخاب فیوز در سیستم LVDC می‌بایستی موارد ذیل در نظر گرفته شود:

- فیوز برای مدار dc طراحی شده باشد.
- ولتاژ نامی فیوز می‌بایستی مساوی یا بزرگتر از حداکثر ولتاژ سیستم باشد (معمولاً ولتاژ شارژ متعادل‌کننده باتری بیشترین ولتاژ سیستم است).
- بیشترین جریان خطای dc می‌بایستی تعیین گردد. فیوزهای محدودکننده جریان ac که برای استفاده در مدار dc نیز طراحی گردیده‌اند رفتار بهتری در مقابل جریان اتصال کوتاه زیاد از خود نشان می‌دهند.
- هنگامیکه در سیستم LVDC که ثابت زمانی آن از  $2/5\text{ms}$  کمتر است اتصال کوتاهی رخ دهد نرخ افزایش جریان مشابه حالت ac است و فیوز در زمانی مشابه با مدار ac معادل، اتصال کوتاه را برطرف می‌کند. با این حال وقتی ثابت زمانی افزایش پیدا می‌کند (بویژه وقتی از  $9\text{ms}$  بیشتر می‌شود) نرخ افزایش جریان اتصال کوتاه کم شده و فیوز در یک فرآیند آدیاباتیکی (بی دررو) عمل نمی‌کند و انرژی وارد شده به فیوز می‌تواند به صورت گرما خارج گردد. ممکن است در این حالت یکی از پل‌های فیوز باز شود که خود باعث افزایش مقاومت فیوز و کم شدن جریان می‌گردد. چنانچه فیوز برای ثابت زمانی بالا طراحی نشده باشد در حالت اخیر فیوز و تجهیزات تحت حفاظت آسیب خواهند دید. در نتیجه در هنگام انتخاب فیوز در صورت لزوم باید به اندازه ثابت زمانی مدار توجه شود.

## ۲-۴-۲- انتخاب کلیدها

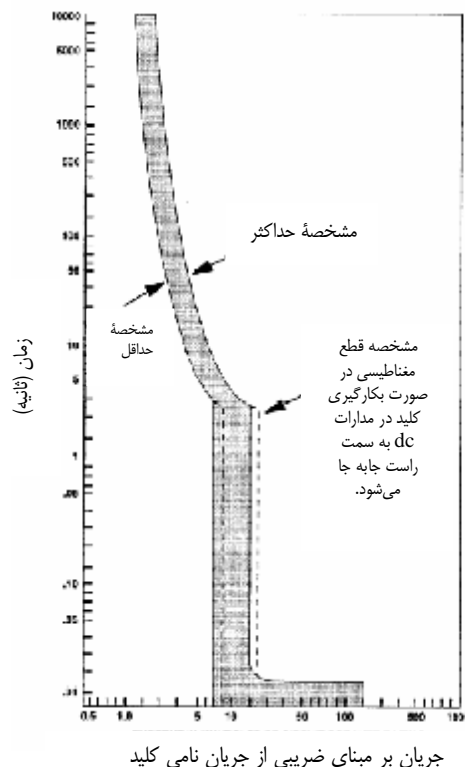
هر یک از فیدهای ورودی باید توسط MCCB<sup>۱</sup> کنترل و حفاظت گردند. مقادیر نامی این کلیدها باید به حدی باشد تا سیستم LVDC را در مقابل خطائی که در ترمینال‌های خروجی رخ می‌دهد حفاظت نماید. همچنین تنظیم جریان قطع MCCB باید به میزانی باشد تا وقوع خطا را در دورترین نقطه از ترمینال را حس کرده و چنانچه حفاظت‌های فیدر خطا را قطع نکنند، آن را قطع نماید. در مورد فیدهای خروجی برای فیدهای مصارف حفاظتی و کنترلی می‌بایستی از MCCB استفاده شود. برای سایر فیدها، در صورتیکه سطح اتصال کوتاه در حد مناسبی باشد، می‌توان از کلیدهای نوع MCB<sup>۲</sup> نیز استفاده نمود. باید توجه کرد که عملکرد کلیدهای MCCB در مدارات dc در مقایسه با مدارات ac در حالت وقوع اتصال کوتاه متفاوت است.

1. Molded case circuit breaker  
2. Miniature circuit breaker

در ناحیه گذرای مشخصه MCCB، قسمت مغناطیسی MCCB در حالت ac بصورت ناپایدار و لغزشی<sup>۱</sup> عمل می‌کند. در حالت dc عمل جذب به صورت دفعی و پایدار انجام می‌پذیرد.

در ناحیه عملکرد آنی MCCB از آنجا که عملکرد قسمت مغناطیسی متناسب با مقدار توان دوم جریان لحظه‌ای است سازندگان اختلاف عملکرد بین حالت dc و ac را با مشخص کردن ضریب بزرگنمایی جریان بین ۱/۱ تا ۱/۴ برای جابجائی ناحیه گذرا و عملکرد آنی نشان می‌دهند.

خاطر نشان می‌شود از آنجا که عملکرد بی‌متال حرارتی MCCB متناسب با توان دوم جریان موثر در حالت ac و دامنه جریان پیوسته در حالت dc است، در ناحیه اضافه بار مشخصه MCCB، تفاوت خاصی از نظر عملکرد بین حالت ac و dc وجود ندارد. مطالب بیان شده در شکل (۲-۵) به وضوح مشاهده می‌شود.



شکل ۲-۵: مشخصه کلید MCCB در حالت‌های ac و dc

برای انتخاب MCCB در سیستم LVDC موارد ذیل می‌بایستی مدنظر قرار گیرد:

- کلید برای استفاده در مدارات dc طراحی شده باشد.
- ولتاژ نامی و ولتاژ ماکزیمم کلید مشخص شده باشد. در صورت مشخص نبودن یکی از این ولتاژها، ولتاژ نامی و ماکزیمم با یکدیگر برابر فرض شود.
- برای مداراتی که نرخ افزایش جریان اتصال کوتاه در آنها کند است می‌بایستی در انتخاب کلید ثابت زمانی مدار در نظر گرفته شود.

- چند پل از کلید نمی‌بایستی به صورت موازی بسته شوند.
- منحنی مشخصه مربوط به عملکرد ac، معمولاً توسط سازندگان ارائه می‌شود. برای به کارگیری این منحنی در حالت dc، می‌بایستی از ضرایبی که توسط سازندگان ارائه می‌گردد استفاده نمود.
- با اتصال پل‌های کلید به صورت سری قوس بین پل‌ها تقسیم می‌شود و سریعتر خاموش می‌شود (به عنوان مثال کلید سه پلی که یک پل آن به قطب منفی و دو پل آن به صورت سری به قطب مثبت اتصال یافته است).
- کلیدهای MCB و MCCB برای سیستم جریان مستقیم می‌بایستی از نوع دوپل یا سه پل و ترجیحاً دارای قابلیت تنظیم اضافه‌جریان و اتصال کوتاه باشند. علاوه بر این موارد این کلیدها باید مجهز به کنتاکتهای کمکی نیز باشند.

### ۲-۴-۳- انتخاب شینه

شینه‌های مورد استفاده در تابلوی توزیع LVDC، عموماً از جنس مس می‌باشند. برای انتخاب سطح مقطع شینه باید دو پارامتر جریان نامی و جریان اتصال کوتاه در نظر گرفته شود. جریان نامی شینه بستگی به بارهای متصل به سیستم LVDC دارد. تعداد فیدهای خروجی برحسب نوع بارهای مورد نیاز تعیین می‌شود.

شینه مورد استفاده در تابلو می‌بایستی در برابر اتصال کوتاه در مدار سیستم LVDC در مدت زمان مشخص تحمل لازم را داشته باشد. جریان اتصال کوتاه از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$I_{sc} = \frac{\text{حداکثر ولتاژ مجاز شارژر}}{\text{(مقاومت مدار خارجی + مقاومت داخلی باتری)}} \quad (2-4)$$

خصوصیات مس مورد استفاده در شینه‌ها مطابق جدول (۲-۳) و (۲-۴) می‌باشد.

جدول ۲-۳: مشخصه‌های مهم هادی مس

نوع ماده	چگالی (g/mm <sup>3</sup> )	رسانایی در ۲۰°C (m/Ω.mm <sup>2</sup> )	رسانایی در ۶۰°C (m/Ω.mm <sup>2</sup> )	چگالی جریان در حداکثر دما (A/mm <sup>2</sup> )
مس E-Cu	۸/۹	۵۶	۳۵	۱۵۴

جدول ۲-۴: مشخصه‌های استاندارد مسی مورد استفاده در شینه‌ها

سختی برنیل <sup>۳</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	استقامت تسلیم <sup>۲</sup> در ۰/۲ درصد افزایش طول		مدول الاستیسیته (مدول یانگ) (N/mm <sup>2</sup> )	استقامت کششی نامی <sup>۱</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	جنس و کد شناسایی
	R <sub>p</sub> 0.2 حداقل (N/mm <sup>2</sup> )	R' <sub>p</sub> 0.2 حداکثر (N/mm <sup>2</sup> )			
۷۰۰-۹۵۰	۲۰۰	۲۹۰	۱۱ × ۱۰۴	۲۵۰	E-Cu F25
۸۰۰-۱۰۵۰	۲۵۰	۳۶۰	۱۱ × ۱۰۴	۳۰۰	E-CuF30
۹۵۰-۱۱۵۰	۳۳۰	۴۰۰	۱۱ × ۱۰۴	۳۷۰	E-CuF37

شکل سطح مقطع نه تنها بر روی استقامت پیچشی شینه مؤثر است بلکه روی ظرفیت باردهی شینه نیز اثرگذار می‌باشد. به هنگام استفاده از شینه در جریان مستقیم به علت عدم وجود اثر پوستی، تنها تحمل حرارتی شینه عامل مهم در انتخاب شکل سطح مقطع شینه در آن جریان می‌باشد. برای تابلوی LVDC پستهای فشار قوی اکثراً از شینه مسی تخت استفاده می‌شود.

حداکثر دمای پیوسته برای شینه‌هایی که اتصالات آن با پیچ بوده و اکسید نشده یا روغن کاری نشده باشند حدوداً  $120^{\circ}\text{C}$  و در صورتیکه آبکاری نقره و یا شبیه به آن شده باشد این دما را می‌توان تا  $160^{\circ}\text{C}$  در نظر گرفت. جدول (۲-۵) مشخصات باردهی شینه‌های مسی تخت را در ماکزیمم درجه حرارت مجاز  $65^{\circ}\text{C}$  نشان می‌دهد. در محاسبه مقادیر این جدول، دمای محیط  $35^{\circ}\text{C}$  در نظر گرفته شده است. فاصله بین دو شینه که به طور عمودی و از پهنا کنار هم قرار گرفته‌اند برابر ضخامت شینه است.

به هر حال با توجه به اینکه نوسانات درجه حرارت در حین کار باعث انبساط یا انقباض طول شینه شده و نهایتاً می‌تواند به تدریج در مقره شینه‌ها ایجاد شکستگی نماید، بهتر است که ماکزیمم درجه حرارت در نظر گرفته شده در شینه‌ها در بدترین حالت از  $85^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد بیشتر نگردد. در حالت اتصال کوتاه نیز دمای هادی مسی نباید از  $200^{\circ}\text{C}$  تجاوز کند.

1. Rated tensile strength  
2. Yield point  
3. Brinell hardness

جدول ۲-۵: ظرفیت باردهی شینه‌های مسی

پهنا × ضخامت (mm×mm)	سطح مقطع (mm <sup>2</sup> )	وزن (kg/m)	جنس ماده	جریان پیوسته مستقیم (آمپر) ماکزیمم درجه حرارت مجاز ۶۵°C			
				تعداد هادی رنگ شده		تعداد هادی لخت	
۱۲ × ۵	۵۹/۵	۰/۵۲۹	E-CuF37	۲۰۳	۳۴۵	۱۷۷	۳۱۲
۱۲ × ۱۰	۱۱۹/۵	۱/۰۶۳	E-CuF37	۳۲۶	۶۰۵	۲۸۵	۵۵۳
۲۰ × ۵	۹۹/۱	۰/۸۸۲	E-CuF37	۳۲۰	۵۶۲	۲۷۴	۵۰۲
۲۰ × ۱۰	۱۹۹	۱/۷۷	E-CuF30	۴۹۹	۹۳۲	۴۲۸	۸۳۲
۳۰ × ۵	۱۴۹	۱/۳۳	E-CuF37	۴۴۸	۷۶۶	۳۸۰	۶۷۶
۳۰ × ۱۰	۲۹۹	۲/۶۶	E-CuF30	۶۸۳	۱۲۳۰	۵۷۹	۱۰۸۰
۴۰ × ۵	۱۹۹	۱/۷۷	E-CuF37	۵۷۶	۹۶۶	۴۸۴	۸۴۸
۴۰ × ۱۰	۳۹۹	۳/۵۵	E-CuF30	۸۶۵	۱۵۳۰	۷۲۸	۱۳۵۰
۵۰ × ۵	۲۴۹	۲/۲۲	E-CuF37	۷۰۳	۱۱۷۰	۵۸۸	۱۰۲۰
۵۰ × ۱۰	۴۹۹	۴/۴۴	E-CuF30	۱۰۵۰	۱۸۳۰	۸۷۵	۱۶۱۰
۶۰ × ۵	۲۹۹	۲/۶۶	E-CuF30	۸۳۶	۱۳۷۰	۶۹۶	۱۱۹۰
۶۰ × ۱۰	۵۹۹	۵/۳۳	E-CuF30	۱۲۳۰	۲۱۳۰	۱۰۲۰	۱۸۷۰
۸۰ × ۵	۳۹۹	۳/۵۵	E-CuF30	۱۰۹۰	۱۷۷۰	۹۰۲	۱۵۳۰
۸۰ × ۱۰	۷۹۹	۷/۱۱	E-CuF30	۱۵۹۰	۲۷۳۰	۱۳۱۰	۲۳۸۰
۱۰۰ × ۵	۴۹۹	۴/۴۴	E-CuF30	۱۳۴۰	۲۱۶	۱۱۱۰	۱۸۱۰
۱۰۰ × ۱۰	۹۸۸	۸/۸۹	E-CuF30	۱۹۴۰	۳۳۱۰	۱۶۰۰	۲۸۹۰
۱۲۰ × ۱۰	۱۲۰۰	۱۰/۷	E-CuF30	۲۳۰۰	۳۹۰۰	۱۸۹۰	۳۳۹۰

۱. مواد E-Cu و سایر مواد مطابق استاندارد DIN 40500 Sheet3 می‌باشند و لبه شینه‌های تخت مطابق استاندارد DIN 46433 گرد شده است.

۲. وزن باتوجه به چگالی  $\frac{g}{mm^3}$  ۸/۹ حساب شده است.

در صورتیکه درجه حرارت محیط و ارتفاع محل پست با شرایط استاندارد ذکر شده متفاوت باشد، جریان‌های مندرج در جدول باید

بصورت زیر تصحیح گردند:

$$I = I_{table} \times K_1 \times K_2 \quad (۱۱-۲)$$

**ضریب تصحیح ارتفاع (K<sub>۱</sub>):**

جریان محاسبه شده باید برای ارتفاع بیش از مقدار استاندارد (۱۰۰۰ متر) بوسیله ضریب K<sub>۱</sub> تصحیح گردد. این ضریب از جدول

(۶-۲) بدست می‌آید.

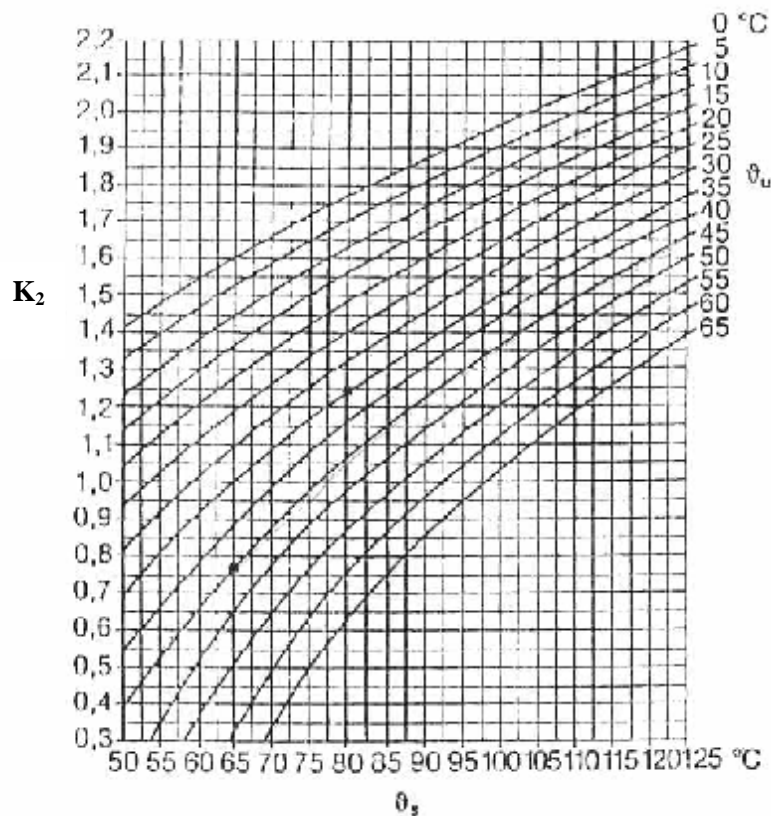


جدول ۲-۶: ضریب تصحیح جریان برحسب ارتفاع

ارتفاع بالاتر از سطح دریا	ضریب تصحیح $K_1$
۱۰۰۰	۱
۲۰۰۰	۰/۹۹
۳۰۰۰	۰/۹۶
۴۰۰۰	۰/۹

ضریب تصحیح درجه حرارت محیط ( $K_2$ ):

این ضریب باتوجه به نمودار رسم شده در شکل (۲-۶) بدست می‌آید. در این شکل  $V_u$  دمای محیط و  $V_s$  دمای هادی است. بعنوان مثال اگر دمای محیط برابر  $45^{\circ}C$  و حداکثر دمای شینه برابر  $65^{\circ}C$  باشد، ضریب  $K_2$  برابر  $0/77$  می‌گردد.



شکل ۲-۶: نمودار ضریب تصحیح جریان برحسب دما

## ۲-۴-۴- سیستم حفاظتی

### ۲-۴-۴-۱- حفاظت اضافه ولتاژ و کاهش ولتاژ

اضافه ولتاژ و کاهش ولتاژ بر روی باتری تاثیر مخربی بر جای می‌گذارد. چنانچه باتری اسید-سربی به صورت مستمر در معرض کاهش ولتاژ قرار گیرد ممکن است صفحات آن به شدت سولفاته شده و امکان برگشت آن وجود نداشته باشد. سولفاته شدن باتری باعث کاهش شدید ظرفیت آن خواهد شد. چنانچه ولتاژ شارژکننده در حالت شارژ شناور به زیر ولتاژی که برای شارژ شناور باتری توصیه شده است برسد، جریان شارژکننده برای جبران تلفات داخلی کافی نخواهد بود و در نهایت موجب کاهش ظرفیت باتری می‌شود.

اضافه ولتاژ مستمر روی باتری باعث می‌شود عمر باتری کم شود و در سلولهای با دریچه تنظیم‌شونده باعث ایجاد شتاب در فرآیند خشک شدن، افزایش ناگهانی درجه حرارت و در نهایت رانش حرارتی می‌گردد.

با توجه به توضیحات فوق و اینکه ولتاژ بارهای تغذیه شونده از سیستم تغذیه جریان مستقیم نمی‌بایستی از حدود مشخصی کمتر یا بیشتر باشد، یک سیستم حفاظت در مقابل کاهش ولتاژ و یک سیستم حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ برای سیستم باید در نظر گرفته شود. معمولاً هر دو این سیستمها در یک مجموعه بعنوان رله ولتاژ فراهم آمده و در صورت کاهش و یا افزایش ولتاژ، سیستم هشدار، اپراتور را از وضعیت پیش آمده مطلع خواهد ساخت.

### ۲-۴-۴-۲- رله اتصال زمین

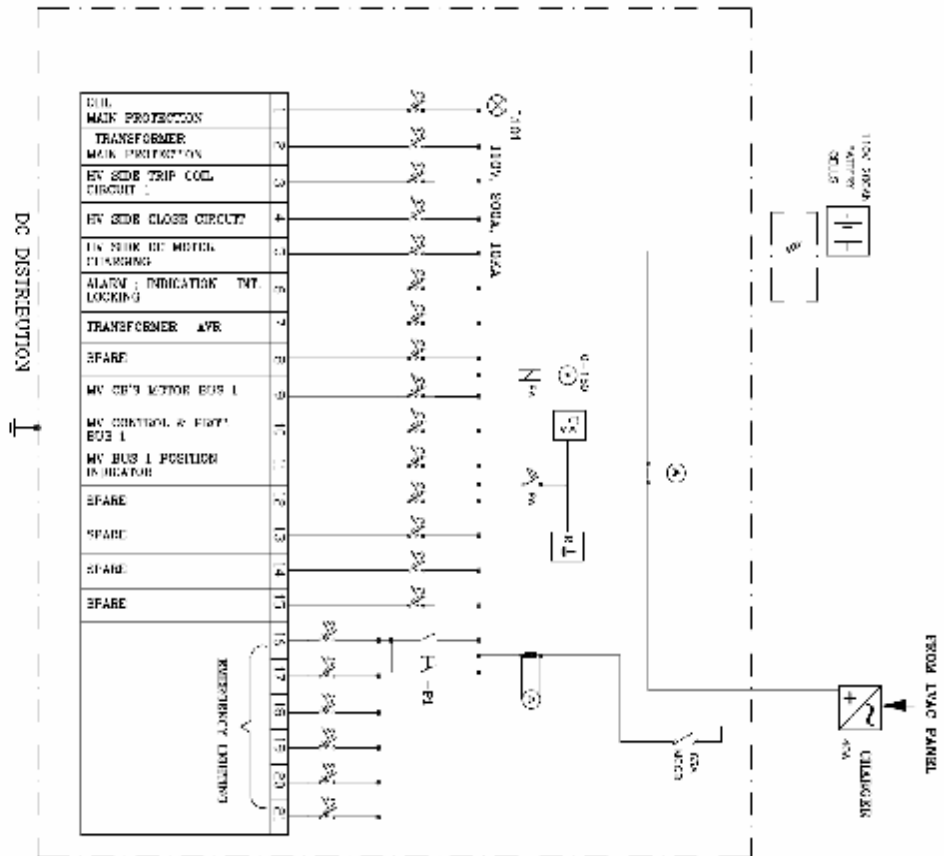
ایجاد اتصال بین یکی از قطبها و زمین در سیستمهای dc زمین نشده عملکرد سیستم را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. در عین حال چنانچه بین یکی از قطبها و زمین اتصالی با مقاومت پایین بوجود آید، در صورت وقوع اتصال زمین دیگر در سیستم، ممکن است اختلال قابل توجهی در عملکرد سیستم بوجود آید (برای مثال برقدار یا بی‌برق شدن بوبین کنتاکتورها). رله اتصال زمین به کار گرفته شده در سیستمهای dc زمین نشده بر مبنای اندازه‌گیری مقاومت عمل می‌کند. به منظور تنظیم این رله، حداقل جریان راه‌اندازی<sup>۱</sup> و حداکثر جریان قطع<sup>۲</sup> بوبینها و تجهیزات dc موجود بررسی می‌شود و مقاومت آستانه رله بر مبنای حساس‌ترین بار انتخاب می‌گردد. توضیحات بیشتر در این زمینه در ضمیمه<sup>۳</sup> C مرجع [۴] آمده است.

## ۲-۵- نقشه تک خطی<sup>۳</sup> سیستم تغذیه جریان مستقیم

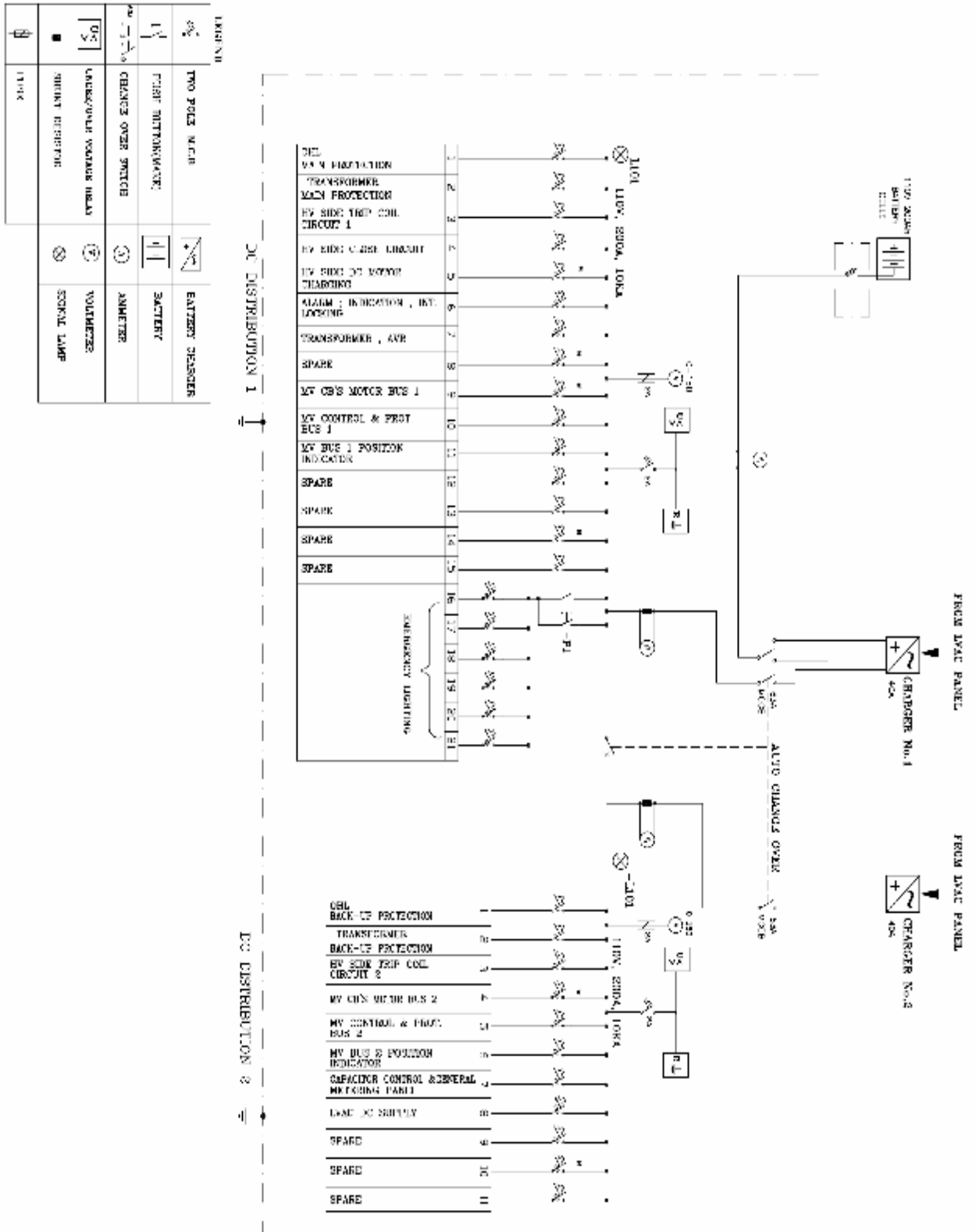
نمونه‌هایی از نقشه‌های تک خطی سیستم LVDC در حالتهای یک شارژر- یک باتری (شکل ۲-۷)، دو شارژر- یک باتری (شکل ۲-۸) و دو شارژر- دو باتری (شکل ۲-۹) در ادامه آورده شده است.

1. Pickup current  
2. Drop out current  
3. Single diagram

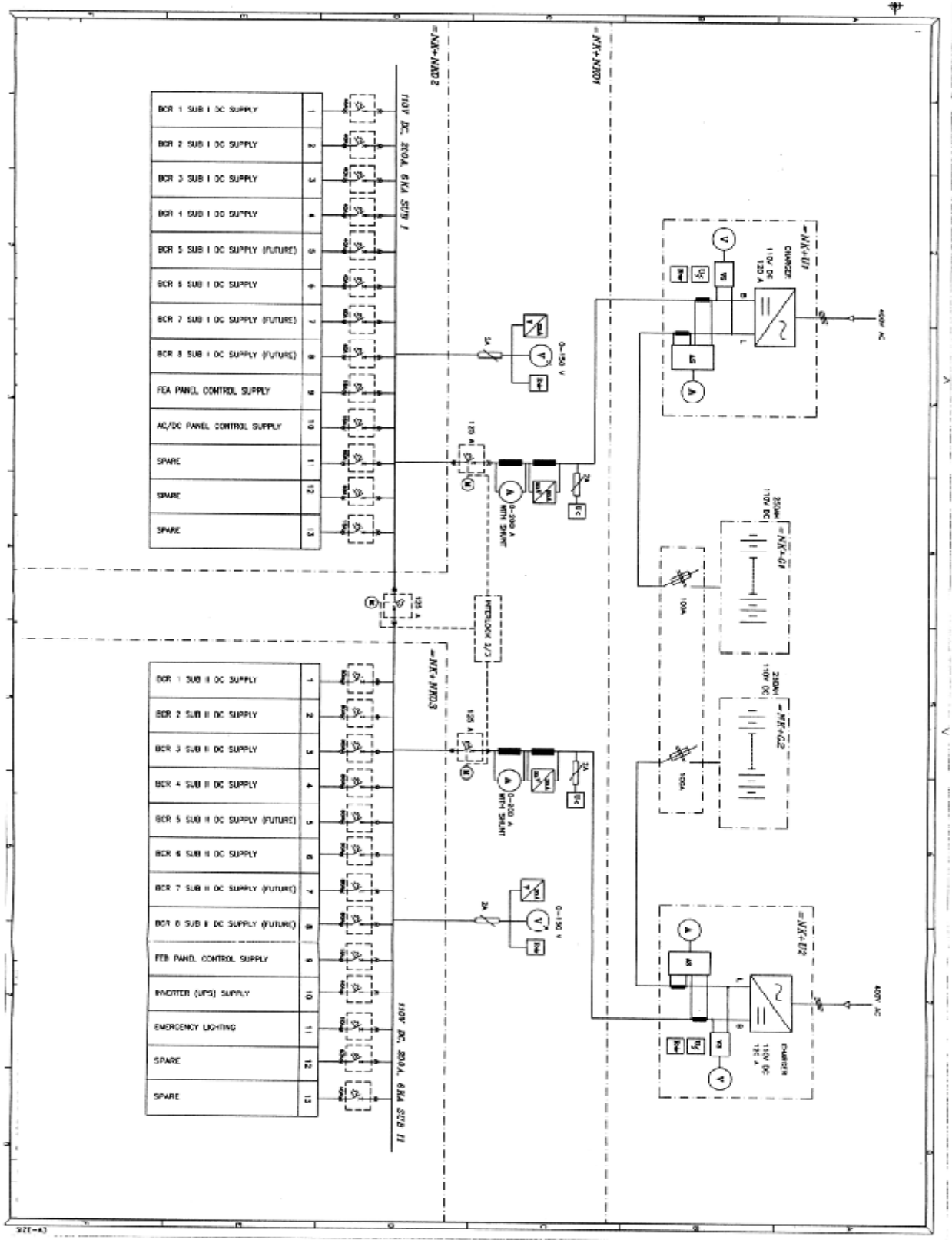
FUNCTION	SYMBOL	DESCRIPTION	SYMBOL	DESCRIPTION
TWO POLE VCB		BATTERY CHARGERS		BATTERY CHARGERS
PUSH INTERRUPTER		BATTERY		BATTERY
CHARGER OVER SWITCH		AMMETER		AMMETER
OVERVOLTAGE SWITCH		VOLTAHGE		VOLTAHGE
SHORT RESISTOR		SIGNAL LED		SIGNAL LED
SOLE				



شکل ۷-۲: دیاگرام تک خطی سیستم LVDC - یک منبع تغذیه و یک بلوک باتری



شکل ۸-۲: دیاگرام یک خطی سیستم LVDC - دو منبع تغذیه و یک بلوک باتری



شکل ۲-۹: دیاگرام تک خطی سیستم LVDC دو منبع تغذیه و دو بلوک باتری

## ۶-۲- مشخصات اتاق باتری

### ۶-۲-۱- تهویه اتاق باتری

در مرحله شارژ و اضافه شارژ سلول، گازهایی از سلول‌های باتری متصاعد می‌شوند که نتیجه الکترولیز آب بوسیله جریان شارژکننده است. گازهای تولید شده اکسیژن و هیدروژن هستند و هنگامیکه به هوای اطراف نفوذ می‌کنند چنانچه غلظت هیدروژن از ۴ درصد بیشتر شود ترکیب قابل انفجاری ایجاد می‌کنند. تحت شرایط استاندارد فشار و دما، تزریق ظرفیت ۱ آمپرساعت به باتری، باعث تجزیه آب به ۰/۴۲۵ لیتر هیدروژن و ۰/۲۱ لیتر اکسیژن می‌گردد. یک ساعت پس از قطع شارژ، تولید گازها متوقف می‌شود. در طول شارژ تولید گاز هیدروژن بسیار کم است.

### ۶-۲-۱-۱- سلول‌های روباز

این نوع سلول‌ها در کلیه حالات شارژ، گاز هیدروژن را به طور پیوسته وارد هوای اطراف می‌کنند و بنابراین نسبت به سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده ملزومات تهویه بالاتری دارند.

### ۶-۲-۱-۲- سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده

#### تهویه به منظور کنترل دما

فرآیند باز ترکیب اکسیژن در سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده در حالت شارژ شناور باعث ایجاد گرما می‌گردد. دمای نقطه کار این سلول‌ها در دمایی بالاتر از دمای اطراف قرار دارد. چنانچه سیستم تهویه به نحو مطلوبی طراحی شده باشد این افزایش دما اندک است. از طرفی چنانچه دمای محیط از دمای بهینه کار باتری کمتر باشد ظرفیت و کارایی باتری تحت تاثیر قرار می‌گیرد (در این حالت ظرفیت باتری کمتر می‌شود). دمای محیط می‌بایستی به نحوی تنظیم گردد که کارایی و ظرفیت باتری تحت تاثیر قرار نگیرد. علاوه بر این چنانچه دمای محیط بالا باشد امکان ایجاد رانش حرارتی در باتری قوت می‌یابد (کلیه باتری‌ها نسبت به پدیده رانش حرارتی آسیب‌پذیر هستند اما سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده حساسیت بیشتری نسبت به این مسئله دارند).

#### تهویه به منظور کنترل گاز هیدروژن

تولید گاز هیدروژن در این سلول‌ها هنگامیکه سیکل باز ترکیب اکسیژن به طور کامل انجام می‌شود نسبتاً کم است. چنانچه فشار داخلی سلول از فشار تنظیم شده دریچه بیشتر شود دریچه باز و گاز هیدروژن به محیط اطراف نفوذ می‌کند. تولید گاز هیدروژن در وضعیت‌های کاری مختلف باتری متفاوت است. در وضعیت‌های مدار باز، تخلیه و شروع شارژ مجدد، تولید گاز حداقل، در وضعیت اعمال شارژ شناور، تولید گاز نسبتاً کم، در وضعیت‌های اعمال شارژ متعادل‌کننده و پایان شارژ مجدد، تولید گاز نسبتاً زیاد و در وضعیت اضافه شارژ، تولید گاز حداکثر است. در صورت بروز برخی اشکالات وضعیتی نظیر اضافه شارژ، این سلول‌ها می‌توانند

هیدروژن را با نرخ  $1/27 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$  در یک سلول، برای یک آمپر در دمای  $20^\circ C$  و فشار استاندارد تولید کنند.

دمای بالا نیز می‌تواند باعث افزایش تولید هیدروژن گردد.

## ۲-۶-۱-۳- ملزومات تهویه

هدف از تهویه محل باتری نگهداشتن غلظت هیدروژن زیر مقدار ۴٪ است. تهویه می‌تواند به صورت طبیعی یا از طریق فن باشد. حداقل نرخ جریان هوای تهویه محل باتری از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$Q = v \cdot g \cdot s \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_{\text{rt}} \cdot 10^{-3} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] \quad (۲-۲)$$

در این رابطه:

Q: سرعت جریان هوا

$$v: \text{پارامتر رقیق بودن هیدروژن} = \frac{۱۰\% - ۴\%}{۴\%} = ۲۴$$

$$q: \text{مقدار هیدروژن تولید شده برابر} \frac{\text{m}^3}{\text{Ah}} = ۰/۴۲ \times ۱۰^{-۳}$$

s: ضریب اطمینان

n: تعداد سلول‌ها

$$I_{\text{gas}}: \text{جریان تولیدکننده گاز برحسب} \frac{\text{mA}}{\text{Ah}(\text{rated})}$$

$C_{\text{rt}}$ : ظرفیت در نرخ تخلیه نامی ۱۰ ساعت و  $U_f = ۱/۸ \text{ V}/\text{cell}$  است.

با توجه به اینکه  $v \times q \times s = ۰/۰۵ \frac{\text{m}^3}{\text{Ah}}$  می‌گردد، جریان هوای تهویه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = 0.05 \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_{\text{rt}} \cdot 10^{-3} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \quad (۳-۲)$$

جریان تولیدکننده گاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I_{\text{gas}} = \frac{I_{\text{float}}}{I_{\text{boost}}} \times f_g \times f_s \left( \frac{\text{mA}}{\text{Ah}} \right) \quad (۱۴-۲)$$

در این رابطه:

$I_{\text{float}}$ : جریان شارژر شناور تحت شرایط شارژ کامل و ولتاژ شارژ شناور مشخص شده

$I_{\text{boost}}$ : جریان شارژ سریع تحت شرایط شارژ کامل و ولتاژ شارژ سریع مشخص شده

$f_g$ : ضریب متعاضد شدن گاز متناسب با تولید هیدروژن در شرایط شارژ کامل و

$f_s$ : ضریب اطمینان برای لحاظ کردن پیری باتری و معیوب شدن برخی سلول‌ها می‌باشد.

در صورتیکه جریان گازسازی توسط سازنده مشخص نشده باشد مقادیر جدول ۲-۷ می‌تواند مورد استفاده واقع گردد. ولتاژ شارژ شناور و سریع با تغییر غلظت اسید تغییر می‌کنند. مقادیر جریانهای شارژ شناور و سریع با دما افزایش می‌یابند. در جدول ۲-۷ افزایش دما تا  $40^{\circ}\text{C}$  در نظر گرفته شده است.

جدول ۲-۷: جریان گازسازی

سلول‌های روباز (آنتی‌مون کمتر از ۳٪)	سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده	
۱	۰/۲	ضریب متعادل شدن گاز ( $f_g$ )
۵	۵	ضریب اطمینان ( $f_s$ )
۲/۲۳	۲/۲۷	ولتاژ شارژ شناور
۱	۱	جریان شارژ شناور نامی $\frac{\text{mA}}{\text{Ah}}$
۵	۱	جریان گازسازی بعد از شارژ شناور $\frac{\text{mA}}{\text{Ah}}$
۲/۴	۲/۴	ولتاژ شارژ سریع
۴	۸	جریان شارژ سریع $\frac{\text{mA}}{\text{Ah}}$
۲۰	۸	جریان گازسازی برای شارژ سریع $\frac{\text{mA}}{\text{Ah}}$

## تهویه طبیعی

در ابتدا می‌بایستی امکان انجام تهویه به صورت طبیعی بررسی گردد. برای این منظور سطح مقطع دریچه ورود و خروج هوا از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$A = 28Q$$

$$(۲-۱۵)$$

در این رابطه:

$$Q: \text{سرعت جریان هوا برحسب } \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

A: سطح آزاد دریچه‌های ورودی و خروجی برحسب  $\text{cm}^2$  است.

در این محاسبه سرعت هوا  $0/1 \text{ m/s}$  در نظر گرفته شده است.

دریچه‌های ورودی و خروجی باید در مکانهایی قرار داده شود که بهترین شرایط برای جابجائی هوا پدید آید. برای مثال می‌توان

دریچه‌ها را در دیوارهای مقابل یا در صورت قرار داشتن دریچه‌ها در یک دیوار رعایت حداقل ۲ متر فاصله بین دریچه‌ها قرار داد.



## تهویه اجباری

هنگامیکه جریان هوای لازم بوسیله تهویه طبیعی نمی‌تواند ایجاد گردد، از تهویه اجباری استفاده می‌گردد. شارژر می‌تواند اینترلاکی با سیستم تهویه اجباری داشته باشد. در صورت استفاده از سیستم تهویه اجباری فن مورد استفاده می‌بایستی از نوع ضدانفجار باشد.

## ۲-۶-۲- حجم اتاق باتری

حجم اتاق باتری براساس حجم هیدروژن متصاعد شده، در باتریهای اسید-سربی محاسبه می‌شود.

مشخصات لازم جهت محاسبه حجم اتاق باتری عبارتند از:

- ظرفیت باتری به آمپر ساعت
- حداکثر جریان تزریقی به باتری پس از شارژ کامل
- مقدار گاز هیدروژن تولیدی یک باتری

باید دقت نمود که باتری‌های تغذیه ۴۸ Vdc نیز می‌بایستی در محاسبات اتاق باتری در نظر گرفته شود.

هر سلول باتری اسید - سربی به ازاء یک آمپر جریان در یک ساعت، معادل ۰/۴۲ لیتر هیدروژن تولید می‌کند. مقدار ماکزیمم مجاز گاز هیدروژن در اتاق باتری که برای تنفس مضر نبوده و قابل اشتعال نباشد، سه درصد حجم اتاق باتری است. حجم اتاق باتری باید به گونه‌ای باشد که اگر به مدت ۳۶ ساعت فن تهویه خراب شود، مقدار گاز هیدروژن به حد بحرانی نرسد.

با توجه به اینکه هیدروژن از هوا سبکتر است و این امر باعث بالا رفتن غلظت هیدروژن در قسمتهای فوقانی اتاق باتری می‌گردد، فن‌ها باید در بالاترین قسمت نصب شوند.

هیدروژن تولید شده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V = n \times I_g \times 0.00045 \text{ m}^3 \quad (۲-۱۶)$$

در این رابطه:

V: حجم گاز هیدروژن تولید شده در یک ساعت

n: تعداد سلول و

$I_g$ : جریان گازسازی بر حسب آمپر است.

$I_g$  برای سلول‌های روباز، جریان گذرنده از سلول در حالت شارژ سریع است که توسط سازنده اعلام می‌گردد. برای سلول‌های با دریچه تنظیم‌شونده این جریان معادل جریانی است که در طی آزمون تولید گاز در حالت اضافه شارژ بدست می‌آید و توسط سازنده اعلام می‌گردد. در صورتیکه هیچ مطلبی توسط سازنده اعلام نشده باشد می‌توان از داده‌های جدول ۲-۷ استفاده کرد.

حجم فضای مناسب لازم باتوجه به توضیحات فوق بدست می‌آید. برای محاسبه حجم اتاق باتری، مقدار فضای مناسب بدست

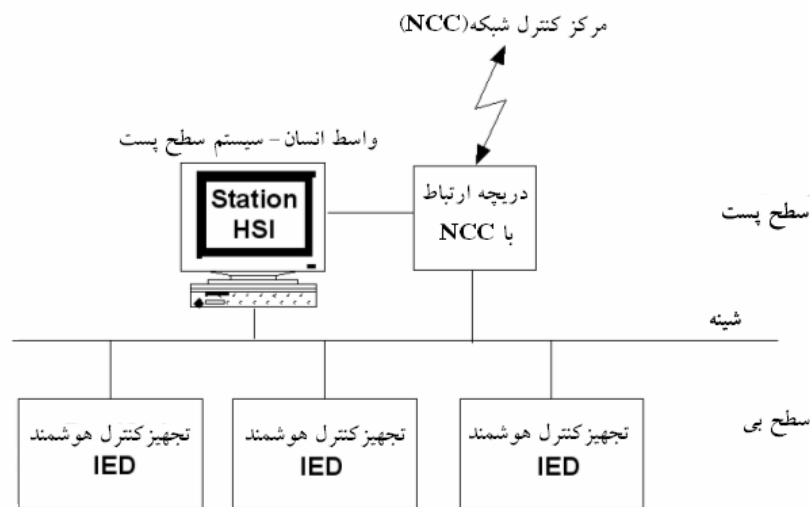
آمده با حجم اشغال شده توسط سلول‌ها و سایر وسایل داخل اتاق جمع می‌گردد.

## ۷-۲- تغذیه dc در سیستم‌های دارای اتوماسیون (DCS)

### ۷-۲-۱- ساختار سیستم اتوماسیون پست

یک سیستم اتوماسیون دارای ساختار سلسله مراتبی بوده و دارای دو سطح عملکرد است: سطح پست و سطح بی. کل پست از طریق سطح پست، کنترل می‌شود در حالی که خطوط، ترانسفورماتورها، فیدرها، شینه و ... از طریق سطح بی، کنترل و نظارت می‌شوند.

در واقع به واحدهای کنترل و نظارت و حفاظت یک خط، یک ترانسفورماتور و ... سطح بی اطلاق می‌شود. معماری سیستم باید به گونه‌ای باشد که دارای دسترس پذیری بالا بوده و توابع مربوط به سطوح سلسله مراتب پایین تر در قسمتهای مختلف سیستم کنترل به طور مستمر به کار ادامه دهند، حتی اگر دستگاههای سطوح بالاتر یا قسمتهای دیگر در همان سلسله مراتب عمل نکنند. اعمال کنترلی باید شفاف باشد بطوریکه از عملکرد یک کلید در آن واحد از طریق چند سطح کنترل جلوگیری کند. در واقع اولویت‌های تقدم سیستم کنترل به گونه‌ای است که در آن واحد بیش از یک سطح کنترلی (کنترل مرکز، کنترل پست، کنترل بی) نتواند یک کلید را تحریک کند. حق تقدم همیشه از سطح کنترلی پایین به بالا می‌باشد. شکل (۲-۱۰) ساختار سلسله مراتبی این سیستم را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۰: بلوک دیاگرام ساختار سلسله مراتبی سیستم اتوماسیون پست

### ۷-۲-۲- منبع تغذیه کمکی

برای سیستم اتوماسیون پست معمولاً از هر دو منبع تغذیه ac و dc استفاده می‌شود. منبع تغذیه ac برای تجهیز واسط انسان-سیستم<sup>۱</sup> بکار برده می‌شود. چون دستگاههایی مانند کامپیوتر، چاپگر و صفحه نمایش دارای منبع تغذیه ac هستند برای تهیه یک منبع تغذیه ac با قابلیت اطمینان بالا، در حالت معمول از یک اینورتر که از سیستم LVDC تغذیه می‌شود، استفاده می‌شود. هنگام

بروز وقفه در ولتاژ ac اینورتر یک سوئیچ انتقال استاتیکی، تغذیه را به ولتاژ ac محلی پست منتقل می‌کند. برای تعدیل ضریب اعوجاج هارمونیکی اینورتر، دستگاههای واسط انسان-سیستم سطح پست از طریق ترانس ایزوله‌کننده به یک فیلتر متصل می‌شوند. ترمینال‌های کنترل و حفاظت را می‌توان از طریق باتری سطح پست (باتوجه به توان مصرفی آنها) تغذیه کرد. دیاگرام تک خطی سیستم LVDC در شکل (۲-۱۰) مربوط به یک پست با سیستم اتوماسیون است. در این دیاگرام فیدرهای مربوط به تغذیه اتاق‌های کنترل سطح بی (BCR)<sup>۱</sup> و نیز فیدر اینورتر که برای تغذیه دستگاه‌های نظیر کامپیوتر و چاپگر اتاق کنترل است ملاحظه می‌شود.

## ۲-۸-۱- نمونه طراحی

چنانچه لازم باشد برای یک پست ۲۳۰/۶۳ کیلوولت باتوجه به بارهای نشان داده شده در جدول (۲-۸) و حداقل درجه حرارت پیش‌بینی شده برای الکترولیت معادل ۱۸/۳ درجه سانتیگراد، سیستم LVDC طراحی گردد، بصورت زیر اقدام می‌گردد.

جدول ۲-۸: بارهای وارده به سیستم LVDC

نوع بار	توان بار (W)	جریان (A)	زمان ورود بار
۱- بار پیوسته : شرایط عادی	۱۶۱۲/۹	۱۲/۹	دائم
آلارم‌ها	۱۴۰	۱/۱۲	دائم
رله‌های کمکی برای آلارم‌ها	۲۰	۰/۱۶	دائم
۲- بارهای ناپیوسته : روشنائی اضطراری	۲۲۰۰	۱۷/۶	سه ساعت اولیه دوره
آلارم‌ها	۲۸۰	۲/۲۴	در ساعت هفتم دوره
رله‌های کمکی برای آلارم‌ها	۴۰	۰/۳۲	در ساعت هفتم دوره
۳- بارهای لحظه‌ای : عمل کردن رله‌های کمکی	۶۱/۲	۰/۴۹	۱ دقیقه پایانی
باز شدن کلیدهای فشار قوی	۴۰۵۰	۳۲/۴	۱ دقیقه پایانی

## ۲-۸-۱-۱- انتخاب ولتاژ

مطابق بند ۲-۲-۱، ولتاژ dc برای طراحی سیستم LVDC مورد نظر ۱۲۵ ولت در نظر گرفته می‌شود. به این ترتیب حداکثر و حداقل ولتاژ مجاز سیستم عبارتند از :

$$V_{\max} = 125 \times 1/1 = 137/5 \text{ V}$$

$$V_{\min} = 125 \times 0/85 = 106/25 \text{ V}$$

حداکثر ولتاژ مجاز

حداقل ولتاژ مجاز:

## ۲-۸-۲- انتخاب باتری

## ۲-۸-۲-۱- انتخاب نوع باتری

مطابق توضیحات بند ۲-۲-۲-۱ باتری سیستم LVDC مورد نظر را از نوع اسید- سربی انتخاب می‌گردد. ولتاژ شارژر سلول‌ها باتوجه به نوع باتری اسید - سربی انتخابی به قرار زیر است:

$$V_{\text{charge}} = 2/3 \quad \text{ولت}$$

$$V_{\text{min}} = 1/8 \quad \text{ولت}$$

## ۲-۲-۸-۲- ظرفیت و تعداد سلولهای باتری

## تعداد سلولهای باتری :

برای محاسبه تعداد سلول‌های باتری با توجه به رابطه (۲-۲) و (۱-۲) داریم :

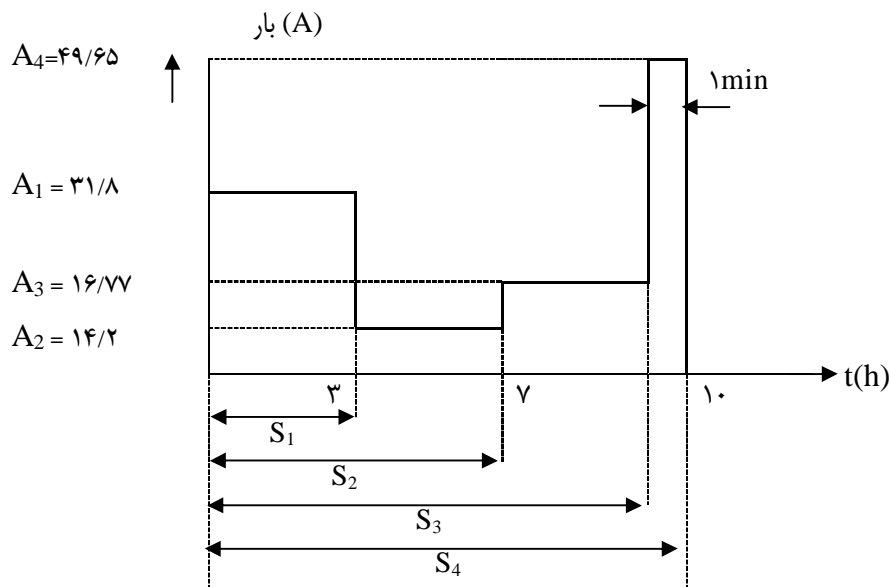
$$\text{حداکثر تعداد سلولها} = \frac{137.5}{2.3} = 60$$

$$\text{حداقل ولتاژ سلول} = \frac{106.25}{60} = 1/77 \text{ V}$$

ملاحظه می‌شود حداقل ولتاژ سلول از حداقل ولتاژ مجاز سلول کمتر است. در نتیجه تعداد سلول به ۵۹ کاهش داده می‌شود. در این حالت حداقل ولتاژ سلول  $1/801 \text{ V}$  محاسبه می‌شود که از حداقل مجاز بیشتر می‌شود. حداقل ولتاژ سلول برای محاسبات مربوط به ظرفیت باتری  $1/8 \text{ V}$  در نظر گرفته می‌شود.

## ظرفیت باتری :

باتوجه به جدول بارها نمودار دوره کار باتری را بصورت شکل (۲-۱۱) رسم می‌گردد و سپس با توجه به نمودار کاری، جدول تعیین اندازه باتری مطابق جدول (۲-۸) تکمیل می‌شود.



شکل ۲-۱۱: نمودار دوره کار باتری برای نمونه طراحی

جدول ۲-۹: جدول محاسبه ظرفیت باتری با استفاده از ضریب  $K_1$

XYZ = نوع سلول    ABC = کارخانه سازنده سلول $V = 1/8$ حد اقل ولتاژ سلول $18/3 \text{ } ^\circ\text{C}$ پایین ترین درجه حرارت پیش بینی شده							
دوره	بار (آمپر)	تغییر بار (آمپر)	مدت زمان حضور بار در مدار (دقیقه)	زمان خروج بار (دقیقه)	ضریب	اندازه سلول (آمپرساعت)	
						مقادیر مثبت	مقادیر منفی
قسمت اول: فقط اولین دوره - اگر A2 از A1 بزرگتر است به قسمت دوم بروید							
۱	$A1 = 31/8$	$A1 - 0 = 31/8$	$M1 = 180$	$T = M1 = 180$	۴/۲	۱۳۳/۶	
قسمت دوم: فقط دو دوره اول - اگر A3 از A2 بزرگتر است به قسمت سوم بروید							
۱	$A1 =$	$A1 - 0 =$	$M1 =$	$T = M1 + M2 =$			
۲	$A2 =$	$A2 - A1 =$	$M2 =$	$T - M2 =$			
جمع جزئی							
جمع کل							
قسمت سوم: فقط سه دوره اول - اگر A4 از A3 بزرگتر است به قسمت چهارم بروید							
۱	$A1 = 31/8$	$A1 - 0 = 31/8$	$M1 = 180$	$T = M1 + .. + M3 = 600$	۱۰/۱	۳۲۱/۲	
۲	$A2 = 14/2$	$A2 - 1 = -17/6$	$M2 = 240$	$T = M2 + M3 = 420$	۸/۵		-۱۴۹/۶
۳	$A3 = 16/8$	$A3 - A2 = 3/6$	$M3 = 180$	$T = M3 = 180$	۴/۲	۱۵/۱۲	
جمع جزئی						۳۳۶/۳	-۱۴۹/۶
جمع کل						۱۸۶/۷	
قسمت چهارم: فقط چهار دوره اول - اگر A5 از A4 بزرگتر است به قسمت پنجم بروید							
۱	$A1 = 31/8$	$A1 - 0 = 31/8$	$M1 = 180$	$T = M1 + .. + M4 = 601$	۱۰/۱	۳۲۱/۲	
۲	$A2 = 14/2$	$A2 - A1 = -17/6$	$M2 = 240$	$T = M2 + .. + M4 = 421$	۸/۵		-۱۴۹/۶
۳	$A3 = 16/77$	$A3 - A2 = 3/6$	$M3 = 180$	$T = M3 + M4 = 181$	۴/۲	۱۵/۱۲	
۴	$A4 = 49/65$	$A4 - 3 = 32/89$	$M4 = 1$	$T = M4 = 1$	۱	۳۲/۸۹	
جمع جزئی						۳۶۹/۲	-۱۴۹/۶
جمع کل						۲۱۹/۶	
<b>بار تصادفی</b>							
R	$AR =$	$AR - 0 =$	$MR =$	$T = MR =$			
<p>ماکزیمم ظرفیت محاسبه شده: <math>219/6 +</math> بار تصادفی: <math>0 =</math> ظرفیت خام (تصحیح نشده): <math>219/6</math></p> <p>ظرفیت خام: <math>219/6</math>، ضریب تصحیح درجه حرارت: <math>1/08</math>، ضریب اطمینان طراحی: <math>1/15</math>، ضریب تصحیح پیری: <math>1/25</math>، ظرفیت نهائی محاسبه شده: <math>340/9</math></p> <p>چنانچه ظرفیت سلول از ظرفیت سلول استاندارد بیشتر باشد، ظرفیت سلول استاندارد بزرگتر بعدی انتخاب می شود.</p> <p>ظرفیت نهائی: <math>350</math> آمپرساعت      سلول مورد نیاز: XYZ</p>							

باتوجه به این جدول :

ظرفیت نهایی انتخاب شده برای باتری ۳۵۰ Ah انتخاب می‌گردد.

در مثال فوق ضریب تصحیح درجه حرارت باتوجه به جدول ۱-۲ برابر ۱/۰۸ و ضریب تصحیح پیری باتوجه به توضیحات داده شده در بند ۳-۲-۲-۲ برابر ۱/۲۵ انتخاب گردیده است.

### ۳-۲-۸-۲- جریان مجاز اتصال کوتاه در باتری

جریان عبوری از باتری ناشی از وقوع اتصال کوتاه بین قطب‌ها در شینه تابلو LVDC باتوجه به مقادیر زیر محاسبه می‌گردد.

الف- مقاومت باتری :

مقاومت باتری برای باتری اسید-سربی انتخاب شده و با استفاده از اطلاعات سازنده، معادل  $0.5 \text{ m}\Omega/\text{cell}$  در نظر گرفته می‌شود.

ب- مقاومت مدار خارجی :

مقاومت مدار خارجی باتوجه به کابل انتخاب شده محاسبه می‌گردد.

مقاومت (mΩ)	سطح مقطع کابل (mm <sup>2</sup> )	مسافت (m)	مقصد	مبدأ
۱۳/۸۹۶	۲ × ۵۰	۱۵	شارژر	باتری
۴/۶۳۲	۲ × ۵۰	۵	تابلوی توزیع dc	شارژر
۱۸/۵۳				

$$m\Omega = 48/0.3 = (18/53) \text{ مجموع مقاومت مدار خارجی } + (0.5 \times 59) \text{ مقاومت داخلی باتری} = \text{مقاومت کل}$$

در نتیجه جریان اتصال کوتاه مطابق رابطه (۱۰-۲) برابر است با :

$$I = \frac{137.5}{48.03 \times 10^3} = 2862.8 \text{ A}$$

### ۳-۲-۸-۲- انتخاب شارژر

ولتاژ ac ورودی: ۴۰۰ V

ولتاژ dc خروجی: ۱۲۵ V

جریان نامی خروجی : باتوجه به رابطه (۹-۲) و اینکه جریان بار پیوسته ۴/۲ A است، داریم :

$$I = \left( \frac{350 \times 1.1}{10} + 14.2 \right) \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{1} \approx 52.7 \text{ A}$$

بنابراین جریان نامی خروجی استاندارد مناسب، معادل ۶۳ A انتخاب می‌گردد.

ریپل خروجی شارژر باید حداکثر ۲ درصد و درصد تنظیم ولتاژ آن باید حداکثر ۰/۵ درصد باشد.

## ۲-۸-۴- حجم اتاق باتری

$0.42 \text{ Lit} = \text{مقدار هیدروژن متصاعد شده یک سلول به ازاء عبور یک آمپر در عرض یک ساعت}$

$59 = \text{تعداد باتری اسید سربی } 125 \text{ ولتی}$

جریان گازسازی باتوجه به جدول ۷-۲ مقدار  $7A = 350 \text{ Ah} \times 20 \frac{\text{mA}}{\text{Ah}}$  بدست می‌آید. مطابق رابطه ۲-۱۶ حجم هیدروژن

متصاعدشده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{حجم هیدروژن متصاعد شده در یک ساعت} = 59 \times 7 \times 0.42 = 185/9 \text{ Lit}$$

حجم لازم برای نگهداشتن تراکم هیدروژن در حد ۳٪ پس از گذشت ۳۶ ساعت از قطع سیستم تهویه برابر است با:

$$\text{حجم لازم} = \frac{36 \times 185/9}{0.3} = 22/31 \times 10^3 \text{ Lit}$$

در صورتیکه حجم باتری و لوازم دیگر در اتاق باتری  $3 \text{ m}^3$  باشد حداقل حجم اتاق باتری مطابق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{حداقل حجم لازم اتاق باتری} = 3 + 22/31 = 25/831 \text{ m}^3$$

## ۲-۸-۵- تهویه اتاق باتری

باتوجه به رابطه (۲-۱۳) داریم:

$$Q = 0.05 \times 59 \times 20 \times 350 \times 10^{-3} = 20650 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 20650 \text{ Lit/h}$$

چنانچه از تهویه طبیعی استفاده شود، مطابق رابطه (۲-۱۵) سطح دریچه‌های ورودی و خروجی مطابق رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$A = 28 \times 20650 \times 10^{-3} = 578/2 \text{ cm}^2$$

## فصل ۲

آزمونهای لازم

برای شارژرها



### مقدمه

در این فصل آزمونهای لازم برای شارژرهای مورد استفاده در سیستم LVDC پستهای فشار قوی ارائه می‌گردد. این آزمونها شامل آزمونهای نوعی، آزمونهای جاری و آزمونهای ویژه (اختیاری) است.

### ۳-۱- کلیات

در این بخش سعی شده تا مطالب طوری تنظیم شوند که آزمون مجموعه شارژر محدود به انجام آزمونهای کارخانه‌ای شوند که روی هر یک از یکسوکننده‌ها به طور جداگانه انجام می‌گیرد.

شارژرهای کوچکتر که اجزاء مختلف آنها بطور یکپارچه جهت نصب در محل فرستاده می‌شود، باید قبل از حمل از کارخانه مطابق دستورالعمل حاضر مورد آزمون واقع شوند.

هریک از آزمونهای نوعی را می‌توان در فاصله‌های زمانی معین روی تعداد مشخصی از نمونه‌ها انجام داد تا کیفیت دستگاهها تأیید شود.

در آزمونهای شارژرها، در صورت سهولت، یکسوسازها و سایر تجهیزات می‌توانند جداگانه مورد آزمایش قرار گیرند.

ولتاژ آزمون در آزمون عایقی می‌تواند dc یا با نظر سازنده ac با فرکانسی در محدوده بین ۱۵ تا ۱۰۰ هرتز باشد. در سایر آزمونها فرکانس منبع ac، در فرکانس نامی تنظیم می‌شود.

اگر خریدار یا نماینده آن بخواهد در محل آزمون حضور داشته باشد، باید در درخواست خود قید کند. در صورت توافق، می‌توان در قرارداد قید کرد که سازنده گزارشی از آزمونهای انجام شده بر روی محصولات را ارائه دهد.

سازنده می‌تواند آزمونهای نوعی را به آزمونهای ارجاع دهد که بر روی محصول مشابه انجام پذیرفته است. شرایط انجام این آزمونها می‌بایستی به گونه‌ای باشند که حداقل ملزومات قرارداد یا دستورالعمل حاضر را برآورده سازد.

### ۳-۲- شرایط آزمون

#### ۳-۲-۱- شرایط الکتریکی

آزمونها باید تحت شرایط الکتریکی یکسان با شرایط واقعی عملکرد، انجام گیرند. در صورتی که چنین شرایطی امکان‌پذیر نباشد، شارژرها باید تحت شرایطی مورد آزمون قرار گیرند، که تحت آن شرایط، عملکرد مشخص شده را برآورده سازند.

#### ۳-۳- آزمونهای نوعی

##### ۳-۳-۱- آزمون عایقی

آزمون عایقی به منظور بازرسی سلامت عایق، بر روی مجموعه کامل شارژر انجام می‌گیرد. این آزمون می‌تواند بنا به انتخاب سازنده به صورت متناوب یا مستقیم انجام گیرد. در زمان انجام آزمون می‌بایستی موارد زیر در نظر گرفته شود:

- ترمینال‌های اصلی شارژر که شامل ترمینال‌های آند، کاتد و گیت کلیه یکسوکننده‌های نیمه هادی می‌شود می‌بایستی در حین آزمون به یکدیگر متصل شوند.
  - مدارات چاپی باید در حین این آزمون از شارژر جدا یا با مدل مناسبی جایگزین شود. تجهیزات کمکی که ولتاژ بواسطه آنها می‌تواند در هنگام وقوع یک خطای عایقی به بخش‌های قابل دسترسی که به بدنه متصل نیستند منتقل شود یا اینکه از سمت ولتاژ بالاتر به طرف ولتاژ پایین‌تر انتقال پیدا کند، نمی‌بایستی در حین انجام آزمون از شارژر جدا شوند (برای مثال ترانسفورماتورهای کمکی، دستگاه‌های اندازه‌گیری، ترانسفورماتورهای پالس و ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری که تنش عایقی روی آنها معادل با مدار اصلی است).
  - مقاومت‌های اتصال زمین، در صورت وجود، می‌بایستی در طول انجام آزمون‌های عایقی قطع شوند.
  - ادوات کمکی که اتصال فلزی با مدار اصلی ندارد (بعنوان مثال دستگاه‌های کنترل سیستم و موتور فن‌ها) باید در حین آزمون عایقی به بدنه اتصال یابند. در طول این آزمون، واحدهایی که بدنه آنها از مواد عایقی تشکیل شده است باید با فویل‌های فلزی پوشانده شوند. در طول انجام آزمون‌ها این فویل‌ها پتانسیل بدنه را دارند و به جای بدنه می‌توانند مورد استفاده واقع گردند. چنانچه بدنه آنقدر بزرگ باشد که پوشش کامل آن با فویل امکان‌پذیر نباشد، تنها نقاطی بوسیله فویل پوشش داده می‌شوند که از نظر حفاظتی حساس باشند.
  - انجام آزمون‌های عایقی به غیر از آزمون‌های بیان شده در این بند تنها در صورتی قابل انجام است که در سفارش خریدار مشخص شده باشد.
- ولتاژ آزمون متناوب باید برابر ۲۰۰۰ ولت بوده و با فرکانسی کمتر یا مساوی ۱۰۰ هرتز و به مدت یک دقیقه اعمال گردد. این ولتاژ باید به طور پیوسته و در مدت زمانی حداقل برابر ۱۰ ثانیه یا بیشتر به مقدار نهایی خود رسیده و به شارژر اعمال شود. روش دیگر افزایش پله‌ای ولتاژ با ولتاژ شروع ۱۰۰۰ ولت است. در این حالت افزایش هر پله باید برابر ۱۰۰ ولت باشد.
- اگر اعمال ولتاژ متناوب به دلیل وجود فیلترهای EMC که به آسانی قابل جدا کردن نیستند امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از آزمون جریان مستقیم که در آن دامنه ولتاژ برابر با مقدار پیک ولتاژ آزمون متناوب است استفاده کرد.
- اگر هرگونه شکست یا تخلیه الکتریکی اتفاق بیفتد یا اگر جریان نشتی در حالت آزمون dc از مقدار مشخص شده تجاوز کند، آزمون موفقیت آمیز نخواهد بود.
- یک دقیقه بعد از آزمون، مقاومت عایقی باید با اعمال یک ولتاژ مستقیم به میزان حداقل ۱۰۰ ولت اندازه‌گیری شود. مقاومت عایقی نباید کمتر از یک مگا اهم باشد.

### ۳-۳-۲- آزمون کم باری و آزمون عملکرد

#### ۳-۳-۲-۱- آزمون کم باری

- آزمون کم باری به منظور بازبینی هماهنگی بین قطعات مدار الکتریکی، سیستم خنک سازی و مدار اصلی انجام می‌گیرد. عملکرد دستگاه باید تحت مقادیر نامی، حداکثر و حداقل ولتاژ ورودی مورد بازبینی واقع گردد. اگر از قطعات سری نیمه هادی در یک بازوی یکسوساز استفاده شود، تقسیم ولتاژی که روی قطعات سری رخ می‌دهد می‌بایستی مورد بازبینی قرار گیرد.

در صورت اتصال موازی قطعات نیمه‌هادی در یک بازو، باید مشارکت کلیه قطعات در عبور جریان مورد بازبینی قرار گیرد. ولتاژ اعمالی در این بازبینی می‌تواند از ولتاژ نامی کمتر باشد.

### ۳-۲-۳-۲- آزمون عملکرد

بار آزمون مطابق روشی که در مدارک اثبات عملکرد دستگاه ارائه شده است، انتخاب می‌گردد. هماهنگی عملکرد بین وسایل کنترلی، کمکی، دستگاههای حفاظتی و مدار اصلی می‌بایستی از طریق آزمون تایید گردد. این امر بسته به نوع دستگاه می‌تواند به روشهای متفاوت انجام گیرد.

### ۳-۳-۳- آزمون جریان نامی

این آزمون به منظور بازبینی عملکرد مناسب دستگاه در جریان نامی انجام می‌گیرد. ترمینال‌های dc باید بطور مستقیم یا توسط یک سلف اتصال کوتاه شوند. در این حالت به ترمینالهای ac ولتاژ متناوبی با دامنه کافی، برای عبور حداقل جریان مستقیم پیوسته نامی، اعمال می‌گردد. در طول این آزمون سیستم کنترل و تجهیزات جانبی باید با منبع تغذیه جداگانه و در ولتاژ نامی تغذیه گردند. در این حالت نیز تقسیم جریان در قطعات موازی باید بازبینی شود. در صورت سهولت، آزمون جریان می‌تواند با آزمون بار کامل در ولتاژ متناوب نامی جایگزین گردد.

### ۳-۳-۴- تعیین تلفات توان برای تجهیزات شارژر

تلفات توان می‌تواند با انجام محاسبات براساس مقادیر اندازه‌گیری شده و یا از طریق اندازه‌گیری مستقیم تعیین گردد. هنگامی که نتوان اندازه‌گیری تلفات را تحت شرایط عملی سرویس دهی (بارنامی) انجام داد، می‌توان تلفات شارژر را در حین یک آزمون کم باری (حداقل بار ممکن) و یک آزمون اتصال کوتاه اندازه‌گیری نمود. در این صورت تلفات کل شارژر برابر با مجموع تلفات کم باری و تلفات اتصال کوتاه بدست آمده از این آزمونها خواهد بود. روش فوق تحت شرایط و فرضیات زیر قابل انجام است:

- تلفات در نیمه هادیهای تحت سرویس دهی (دیود، تریستور، ...) ناشی از تلفات کلیدزنی جریان حالت قطع<sup>۱</sup> و جریان برگشتی<sup>۲</sup> به طور معمول قابل صرفنظر کردن باشد.
- افت ولتاژ مستقیم در نیمه هادیها بتواند به صورت جمع یک مؤلفه ثابت و یک مؤلفه مقاومتی که نسبت مستقیم با جریان دارد، در نظر گرفته شود.
- تلفات در حین سرویس دهی ناشی از جریان هدایت مستقیم<sup>۳</sup>، معادل با تلفات جریان مستقیمی به همان دامنه و با شکل موج مربعی در بازوهای شارژر (در شرایط چند فازه) در نظر گرفته شود.
- سلف‌های اشباع شونده و غیراشباع شونده که در داخل مجموعه شارژر قرار دارند و جریان فاز نیمه هادی یا جریان‌های مدار شارژر از آنها عبور می‌کنند، نیز می‌توانند در این آزمون به کار گرفته شوند. سلف‌های اشباع شونده می‌بایستی به گونه‌ای تنظیم گردد که همانند حالت عملکرد عادی با اعمال ولتاژ نامی در سمت ac، ولتاژ و جریان مستقیم در سمت dc ایجاد گردد.

1. Off- state current  
2. Reverse current  
3. Forward Current

- برای بارهایی که مقدار راندمان در آنها مشخص شده است، راندمان را می‌توان با اندازه‌گیری توان ورودی و خروجی یا با آزمون‌های تلفات تفکیکی<sup>۱</sup> تعیین کرد.
- برای بارهایی که ضریب تبدیل<sup>۲</sup> آن مشخص شده است، این ضریب را می‌توان با اندازه‌گیری توان ac و dc خروجی تعیین کرد.
- افزایش تلفات توان ناشی از اعوجاج ولتاژ یا افزایش بار در اینجا در نظر گرفته نمی‌شود.  
روش برقراری اتصالات آزمون و انجام آن در استاندارد IEC شماره ۱-۲-۶۰۱۴۶ آمده است.
- آزمون می‌تواند در دمای عادی محیط که در پیشنهاد سازنده قید شده انجام گیرد. اندازه‌گیری تلفات باید هنگامی که جریان مستقیم نامی در سمت dc جاری است و همه اجزاء شارژر به دمای پایدار رسیده‌اند انجام گیرد.
- وقتی که تلفات توان ترانسفورماتور نیز جزء تلفات شارژر به حساب می‌آید، تلفات بار باید نسبت به یک درجه حرارت مرجع تصحیح شود که برابر با افزایش دمای مجاز بعلاوه ۲۰ درجه سانتیگراد است (کلاسهای عایقی A , B). به ازای هر درجه سانتیگراد که دمای ترانسفورماتور در حین اندازه‌گیری، در زیر مقدار مرجع قرار دارد، باید مقدار تلفات شارژر به اندازه ۰/۰۱۲ پریونیت افزایش یابد. دمای ترانسفورماتور برابر با دمای متوسط سیم پیچهای آن در نظر گرفته می‌شود.

### ۳-۳-۵- آزمون افزایش دما

- افزایش دمای شارژر باید تحت بدترین شرایط خنک‌کنندگی انجام گیرد. اگر آزمون در دمایی پایین‌تر از مقدار حداکثر مشخص شده انجام گیرد، تصحیحات لازم با توجه به دمای آزمون می‌بایستی انجام شود. آزمون افزایش دما به مدار اصلی محدود نمی‌شود. در صورت امکان آزمون افزایش دما می‌بایستی تحت شرایط بار نامی انجام شود. در سایر حالات آزمون را می‌توان مطابق بند ۳-۳-۳ و با افزودن افزایش دمای ناشی از تلفات کلیدزنی انجام داد.
- افزایش دما باید در یک نقطه مشخص اندازه‌گیری شود. نتیجه این آزمون در بازبینی طراحی سیستم خنک‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- چنانچه شارژر برای کار در شرایط بار ناپیوسته طراحی شده باشد، امپدانس حرارتی گذرا باید برای اجزاء مدار اصلی و برای سیستم خنک‌کننده اندازه‌گیری شود. این آزمون می‌بایستی برای قطعاتی که در بالاترین درجه حرارت کار می‌کنند، انجام شود.
- افزایش دما در یک نقطه مشخص روی قطعات نیمه هادی باید ثبت شود.
- افزایش دمای پیوندی مجازی<sup>۳</sup> قطعات نیمه هادی می‌بایستی محاسبه شود. با اندازه‌گیری دما در این آزمون باید نشان داده شود که در هنگام تغذیه بار نامی توسط مجموعه شارژر، دمای پیوندی قطعات نیمه هادی از ماکزیمم دمای پیوندی مجازی بیشتر نمی‌شود. تقسیم جریان بین ادوات نیمه هادی که به صورت موازی به یکدیگر متصل گردیده‌اند می‌بایستی در نظر گرفته شود.

---

1. Segregated Loss Tests  
2. Conversion factor  
3. Virtual junction temperature

### ۳-۳-۶- بازبینی تجهیزات کمکی

عملکرد کلیه تجهیزات و وسایل کمکی می‌بایستی مورد بازبینی قرار گیرد. در صورت امکان، این بازبینی می‌تواند در تلفیق با آزمون کم باری انجام گیرد.

### ۳-۳-۷- بازبینی مشخصه‌های سیستم کنترلی

بازبینی عملکرد سیستم کنترلی تحت تمام شرایط باری که در عمل ممکن است ایجاد شود امکان‌پذیر نیست. با این حال توصیه می‌شود در صورت امکان تجهیزات راه‌انداز<sup>۱</sup> در شرایط بارگذاری واقعی مورد بازبینی واقع گردند. چنانچه به دلیل نظرات سازنده این امکان فراهم نباشد، بازبینی پس از نصب و با توافق خریدار و سازنده می‌تواند انجام پذیرد. در صورت امکان بازبینی سیستم کنترلی می‌تواند یک بار تحت شرایط بارگذاری که در بند ۳-۳-۲ و یک بار تحت شرایط بارگذاری که در بند ۳-۳-۳ اشاره شد انجام گیرد. در هر دو حالت ویژگیهای دینامیکی و حالت پایدار سیستم کنترلی می‌بایستی مورد بازبینی قرار گیرد. همچنین عملکرد مناسب تجهیزات کنترلی هنگامیکه ولتاژ منبع تغذیه ac در بازه مجاز خود تغییر می‌کند می‌بایستی مورد بازبینی واقع گردد.

### ۳-۳-۸- بازبینی وسایل حفاظتی

بازبینی وسایل حفاظتی بایستی تا حد امکان، بدون اینکه به اجزاء دستگاه، باتوجه به مقادیر نامی آنها، تنش وارد شود انجام گیرد. باتوجه به گوناگونی و تنوعی که در انتخاب وسایل حفاظتی وجود دارد، هیچ قانون کلی خاصی به منظور بازبینی این وسایل وجود ندارد. با این حال اگر تجهیزات کنترلی شارژر را در مقابل اضافه‌بارهای ناشی از جریان محافظت می‌کنند، قابلیت سیستم کنترلی در این زمینه می‌بایستی بازبینی شود. چنانچه حفاظت فیوزی مورد بازبینی واقع شود، روش بازبینی به همراه شرایط لازم برای آزمون باید به طور جداگانه مشخص شوند.

### ۳-۴-۱- آزمونهای جاری

#### ۳-۴-۱- آزمون عایقی

روش آزمون مطابق آزمون نوعی مربوطه بوده با این تفاوت که مدت زمان اعمال ولتاژ آزمون برابر یک ثانیه خواهد بود و علاوه بر آن افزایش تدریجی ولتاژ می‌تواند حذف گردد. اندازه‌گیری مقاومت عایقی نیز در این آزمون ضرورتی ندارد.

#### ۳-۴-۲- آزمون کم باری و آزمون عملکرد

روش آزمون مطابق آزمون نوعی مربوطه می‌باشد. با این حال در آزمون جاری کم باری تنها اعمال ولتاژ نامی به ورودی کافی خواهد بود.

**۳-۴-۳- بازبینی تجهیزات کمکی**

این آزمون همانند آزمون نوعی که در بند ۳-۳-۶ به آن اشاره شد، انجام می‌گردد.

**۳-۴-۴- بازبینی مشخصه‌های سیستم کنترل**

این آزمون مطابق آزمون نوعی که در بند ۳-۳-۷ به آن اشاره شد، انجام می‌پذیرد.

**۳-۴-۵- بازبینی وسایل حفاظتی**

روش آزمون مطابق آزمون نوعی است که در بند ۳-۳-۸ به آن اشاره گردید. با این حال بازبینی برای تجهیزاتی مانند فیوز که بازبینی عملکرد آنها توام با خرابی آنهاست انجام نمی‌گیرد.

**۳-۵-۵- آزمونهای ویژه (اختیاری)**

این آزمونها اختیاری بوده و می‌بایستی در قرارداد مورد توافق قرار گیرد.

**۳-۵-۱- اندازه‌گیری ضریب قدرت**

در صورت نیاز به اندازه‌گیری ضریب قدرت، این ضریب باید با استفاده از رابطه ضریب قدرت کلی ( $\lambda$ ) تعیین شود.  $\lambda$  برابر است با:

$$\lambda = \frac{\text{توان اکتیو (W)}}{\text{توان ظاهر (VA)}} \quad (۳-۷)$$

**۳-۵-۲- اندازه‌گیری تنظیم ولتاژ داخلی<sup>۱</sup>**

شارژر می‌بایستی با ولتاژ متناوب نامی تغذیه شود. جریان کنترل ترانس‌دیوسر، زاویه آتش و ... باید در یک مقدار مشخص تنظیم شوند و در این حالت ولتاژ dc و جریان مستقیم در سمت dc در حالتیکه جریان dc متغیر است اندازه‌گیری شوند.

**۳-۵-۳- آزمون مصونیت**

سطح مصونیت شارژر، بیان‌کننده حد اغتشاشات الکتریکی است که شارژر می‌تواند عملکردهای لازم، کار مداوم یا عدم آسیب‌دیدگی را تا آن سطح اغتشاش داشته باشد.

سطح مصونیت عملیاتی<sup>۲</sup> (F) ترکیب کلیه سطوح اغتشاشات مختلف الکتریکی است که در این سطح، شارژر قادر است بدون از دست دادن عملکرد مطلوب به کار خود ادامه دهد.

1. Inherent voltage regulation  
2. Functional immunity level

سطح مصونیت وقفه در سرویس<sup>۱</sup> (T) ترکیب کلیه سطوح محدودکننده اغتشاشات الکتریکی است که در این سطح، شارژر قادر است بدون وقفه به کار خود ادامه دهد. تجهیزات حفاظتی در این سطح اغتشاش عمل نمی‌کنند.

سطح مصونیت وقفه در سرویس یکی از دو حالت زیر را شامل می‌شود:

- در صورتیکه اغتشاش از حد مشخص شده بیشتر باشد در سرویس وقفه ایجاد می‌شود و شارژر به صورت خودکار راه‌اندازی خواهد شد.

- در صورتیکه اغتشاش از حد مشخص شده بیشتر باشد، در سرویس وقفه ایجاد خواهد شد و راه‌اندازی مجدد به صورت خودکار نمی‌باشد (در این حالت به تنظیم دستی به منظور راه‌اندازی مجدد از طریق تعویض فیوز، ریست کردن کلید اتوماتیک و ... لازم است).

سطح مصونیت تخریبی<sup>۲</sup> (D) ترکیب کلیه سطوح محدودکننده اغتشاشات مختلف الکتریکی است که در این سطح، شارژر قادر است بدون از کار افتادن دائمی به کار خود ادامه دهد.

آزمون مصونیت باید تا حد امکان مطابق با شرایط الکتریکی کاری شارژر مشخص شده انجام گیرد. علاوه بر خط اصلی سطح مصونیت سیمهای ورودی نیز می‌تواند مورد آزمون واقع گردد.

### ۳-۵-۴- آزمون قابلیت تحمل اضافه جریان

آزمون قابلیت تحمل اضافه جریان، یک آزمون بار است. عملکرد شارژر در مقابل اضافه جریان با اعمال اضافه جریان کوتاه مدت یا توالی جریان راه‌اندازی بار واقعی در بازه زمانی مشخص شده مورد آزمون واقع می‌شود. این مقادیر مشخص باید ثبت شوند. چنانچه این آزمون یک آزمون نوعی کارخانه‌ای است، می‌بایستی در مقادیر نامی جریان انجام گیرد.

### ۳-۵-۵- آزمون تداخل فرکانسهای رادیویی تولید شده و نویزهای هدایتی

نیازهای مربوط به میزان تداخل فرکانسهای رادیویی و نویزهای هدایتی می‌تواند تحت مشخصه‌های جداگانه‌ای اعلام گردد و سپس باید برای بارهای واقعی مشخص گردد. میزان تداخل مربوط به مجموعه کامل شارژر ممکن است با میزان تداخل هر یک از واحدهای عملیاتی متفاوت باشد.

### ۳-۵-۶- نویز قابل شنود

روند آزمون و محدوده مجاز نویز قابل شنود باید بطور جداگانه مشخص شود.

نویز قابل شنود مجموعه کامل شارژر، می‌تواند با نویز قابل شنود حاصل از واحدهای فعال مجزا تفاوت داشته باشد. شرایط محل آزمون که باعث بروز تشدید پدیده‌هایی نظیر تشدید یا بازتاب امواج صوتی می‌شود، سبب بروز اختلاف بین نتایج حاصل از محاسبه و اندازه‌گیری شده می‌شود.

1. Tripping immunity level  
2. Damage immunity level

### ۳-۵-۷- اندازه‌گیری ریپل ولتاژ و جریان

مقادیر سوار شده ولتاژ و جریان ac روی مقادیر خروجی شارژر، ولتاژ نویز یا جریان نویز در سمت dc، در صورت لزوم باید بطور جداگانه مشخص شود.

**نکته:** عدم تعادل ac و ریپل dc خروجی یا ورودی دستگاه می‌بایستی در نظر گرفته شود.

### ۳-۵-۸- آزمون‌های اضافی دیگر

مشخصه‌ها و روند آزمون‌های اضافی دیگر، در صورت لزوم می‌بایستی بطور جداگانه مشخص شود. برخی از این آزمون‌ها عبارتند از: آزمون ارتعاش<sup>۱</sup>، آزمون شوک، آزمون محیطی و آزمون رانش.



## آزمونهای لازم برای باتریها



## مقدمه

تعیین نیازهای عمومی و خصوصیات اصلی آزمونهای مختلف بر روی باتریهای اسید-سربی روباز مورد استفاده در پستهای فشارقوی در این فصل مورد مطالعه واقع می‌شود.

## ۴-۱- شرایط آزمون

### ۴-۱-۱- آماده سازی سلول و باتری برای آزمون

موارد زیر در مورد آماده‌سازی سلولها جهت آزمون باید رعایت گردد :

- سلولها و باتریها باید مطابق با دستورالعمل سازنده تحت شرایط سرویس دهی قرار گیرند.
- همه آزمونها باید روی باتری یا سلول جدید که کاملاً شارژ شده، انجام گیرد.
- وضعیت کاملاً شارژ شده باتری یا سلول هنگامی تشخیص داده می‌شود که یکی از شرایط زیر برآورده شده باشد:
  - در طول شارژ با جریان ثابت، ولتاژ پایانه و غلظت الکترولیت در محدوده دقت دستگاههای اندازه‌گیری و در بازه زمانی دو ساعت تغییری نداشته باشند. تغییرات درجه حرارت الکترولیت نیز می‌بایستی به حساب آورده شود.
  - در طول شارژ با ولتاژ ثابت، جریان عبوری از باتری یا سلول و غلظت الکترولیت در محدوده موقت دستگاههای اندازه‌گیری و در بازه زمانی دو ساعت تغییری نداشته باشد. تغییرات درجه حرارت الکترولیت نیز در صورتیکه توسط سازنده مطلب دیگری عنوان نشده باشد می‌بایستی به حساب آورده شود.
- الکترولیت هر سلول باید در ماکزیمم سطح خود تنظیم شده و غلظت الکترولیت در محدوده تعیین شده توسط سازنده قرار گیرد.
- خلوص آب و الکترولیت باید مطابق آنچه سازنده مشخص کرده است، باشد.

### ۴-۱-۲- دقت دستگاههای اندازه‌گیری

#### ۴-۱-۲-۱- وسایل اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی

دستگاههایی که استفاده می‌شود باید قادر به اندازه‌گیری ولتاژ و جریان باشند. کالیبراسیون این دستگاهها و نیز روشهای اندازه‌گیری باید به گونه‌ای باشند که دقت تعیین شده برای هر آزمون برآورده شود. در مورد دستگاههای آنالوگ، قرائتها در یک سوم آخر سیکل انجام گیرد.

#### اندازه‌گیری ولتاژ:

دستگاههای بکار رفته برای اندازه‌گیری ولتاژ باید دارای کلاس دقت معادل یا بهتر از ۰/۵ باشد. مقاومت ولت‌متر بکار رفته باید حداقل  $1 \text{ k}\Omega/\text{V}$  باشد.

**اندازه‌گیری جریان:**

دستگاه‌های بکار رفته برای اندازه‌گیری جریان باید دارای کلاس دقت معادل یا بهتر از ۰/۵ باشد.

**۴-۱-۲-۲- اندازه‌گیری دما**

دماسنج مورد استفاده برای اندازه‌گیری دما می‌بایستی رنج اندازه‌گیری مناسب داشته باشد، به طوریکه درجات آن بزرگتر از  $1^{\circ}\text{C}$  نباشد. دقت دماسنج مورد استفاده می‌بایستی حداقل  $0.5^{\circ}\text{C}$  باشد.

**۴-۱-۲-۳- اندازه‌گیری غلظت الکترولیت**

برای اندازه‌گیری غلظت الکترولیت، درجه بندی هیدرومتر یا وسیله مورد استفاده باید به گونه‌ای باشد که فاصله درجات تقسیم‌بندی بیش از  $5\text{ kg/m}^3$  نباشد. دقت دستگاه باید حداقل  $5\text{ kg/m}^3$  باشد.

**۴-۱-۲-۴- اندازه‌گیری زمان**

دقت دستگاه اندازه‌گیری زمان باید حداقل  $1\% \pm$  باشد.

**۴-۲- آزمون‌های باتری**

آزمون‌های نوعی می‌تواند در سه سری مطابق جدول (۴-۱) انجام پذیرد. در هر سری استفاده از حداقل ۶ سلول یا بلوک واحد توصیه می‌شود.

جدول ۴-۱: آزمون‌های نوعی لازم برای باتری‌ها

سری			آزمون
۳	۲	۱	
×	×	×	آزمون ظرفیت
×			آزمون صحت باتری در عملکرد شناور
	×		آزمون صحت باتری در دوره‌های شارژ _ دشارژ
		×	آزمون نگهداری شارژ
		×	آزمون اتصال کوتاه و مقاومت داخلی

**۴-۱-۲-۱- آزمون ظرفیت**

سلول‌ها یا باتری باید مطابق بخش ۴-۱-۱ آماده شوند. بمنظور سهولت در اندازه‌گیری درجه حرارت باتری، برای باتری‌هایی که ۱۰۰ سلول یا کمتر دارند، از هر ۶ سلول یک سلول نمونه انتخاب می‌شود و اگر تعداد سلول‌های باتری بیش از ۱۰۰ سلول باشد، از هر ده سلول یک سلول نمونه انتخاب می‌گردد. دمای متوسط سلول‌های نمونه انتخاب شده بعنوان درجه حرارت متوسط باتری در نظر گرفته می‌شوند.

درجه حرارت هر سلول نمونه باید بلافاصله قبل از آزمون تخلیه خوانده شود. هریک از درجه حرارت‌های قرائت شده باید بین ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد باشد. درجه حرارت محیط باید بین ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد ثابت نگهداشته شود.

**نکته:** تا حد امکان درجه حرارت میانگین اولیه سلولها و درجه حرارت محیط باید نزدیک به درجه حرارت مرجع باشد.

در بازه زمانی ۱ تا ۲۴ ساعت بعد از اتمام شارژ، باید سلولها با جریان  $I_{\pi}$  دشارژ شوند. این جریان، جریان عبوری از سلول با ظرفیت نامی  $C_{\pi}$  در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد است که در بازه زمانی  $t$  تا رسیدن سلول به ولتاژ نهایی  $U_f$  از سلول کشیده می‌شود.

$$I_{\pi} = \frac{C_{\pi}}{t} \quad (۱-۴)$$

در رابطه فوق  $C_{\pi}$  ظرفیت نامی سلول و  $t$  زمان تخلیه است. مقادیری که برای  $t$  توصیه می‌شوند عبارتند از:

۲۴۰h, ۲۰h, ۱۰h, ۸h, ۵h, ۳h, ۲h, ۱h, ۰/۵h

مقادیر بین ۳h تا ۱۰h ارجح است. ولتاژ نهایی برای هر سلول ۱/۸V در نظر گرفته می‌شود، مگر توافق دیگری بین سازنده و خریدار انجام گرفته باشد. برای زمانهای تخلیه غیر از مورد فوق مقدار توصیه شده  $U_f$  بوسیله سازنده مشخص خواهد شد.

جریان باید در بازه  $\pm 1\%$  از مقدار اولیه در طول مدت زمان شارژ ثابت نگهداشته شود. ممکن است در حین شارژ نیاز به تنظیم به صورت دستی باشد. در حین این کار، جریان دشارژ باید بین  $\pm 5\%$  درصد مقدار مشخص شده باشد.

ولتاژ بین ترمینالهای سلولها یا باید بصورت اتوماتیک نسبت به زمان ثبت شود و یا از روی ولت‌متر خوانده شود. قرائت توسط

ولت‌متر باید حداقل در ۲۵٪، ۵۰٪ و ۸۰٪ زمان دشارژ ( $t = \frac{C_{\pi}}{I_{\pi}}$ ) و در بازه‌های مناسب زمانی برای تشخیص ولتاژ نهایی دشارژ

( $U_f$ ) انجام گیرد.

هنگامی که ولتاژ به مقدار  $n.U_f$  ولت رسید (که در آن  $n$  برابر با تعداد سلولهاست) باید دشارژ قطع شود. ضمناً زمان دشارژ باید

ثبت شود.

چنانچه آزمون نوعی کیفیت بر روی سلول‌های تکی انجام پذیرد، ولتاژ تخلیه با استفاده از اتصالات بین سلولی اندازه‌گیری

می‌شود.

محدودیت‌های اضافی برای ولتاژ سلول می‌تواند با موافقت بین سازنده و خریدار برقرار شود.

ظرفیت تصحیح نشده  $C$ ، در میانگین درجه حرارت اولیه  $t_0$ ، با استفاده از حاصلضرب جریان دشارژ (بر حسب آمپر) و زمان دشارژ

(بر حسب ساعت) محاسبه می‌شود. اگر میانگین درجه حرارت اولیه متفاوت با درجه حرارت مرجع باشد، برای بدست آوردن

ظرفیت واقعی در درجه حرارت مرجع ( $C_a$ )، باید ظرفیت اندازه‌گیری شده ( $C$ ) توسط معادله زیر تصحیح نمود:

$$C_a = \frac{C}{1 + \lambda(t - t_0)} \quad (Ah) \quad (۲-۴)$$

که در آن  $t_0$  برابر دمای مرجع بوده و ضریب  $\lambda$  باید در حدود ۰/۰۰۶ در نظر گرفته شود. در غیر اینصورت باید توسط سازنده

مشخص گردد.

سلول یا باتری باید مطابق بخش ۴-۱ دوباره شارژ شود. باتری مورد آزمون که مکرراً شارژ و دشارژ می‌شود در صورتیکه مطلبی بین سازنده و خریدار مورد توافق قرار نگرفته باشد می‌بایستی حداقل نیازهای زیر را برآورده سازد:

$$C_a = 0.95 C_{rt} \quad \text{در سیکل اول}$$

$$C_a = C_{rt} \quad \text{در سیکل پنجم یا قبل از آن}$$

#### ۴-۲-۲-۴- آزمون صحت عملکرد باتری در حالت شارژ شناور

این آزمون باید روی یک مجموعه سلول (حداقل ۶ سلول) یا باتری کامل که آزمون ظرفیت را مطابق با آنچه گفته شد، پشت سر گذاشته باشد و ظرفیت  $C_a$  آن حداقل برابر با  $C_{rt}$  باشد، انجام گیرد.

سطوح بالایی سلول‌ها باید در طول آزمون تمیز و خشک نگهداشته شود. سلول‌ها باید در درجه حرارتی بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداشته شود و میانگین دما باید تا حد امکان به دمای مرجع نزدیک باشد.

سلول‌های مورد آزمون باید تحت شارژ شناور در ولتاژ  $V_{flo}$  که توسط سازنده در محدوده  $(0.1 \pm 2/14 \times n)$  تا  $2/5$  ولت مشخص شده است، قرار گیرند.  $n$  تعداد سلول‌های باتری می‌باشد.

ولتاژ اولیه هر سلول (ولتاژ بین ترمینال‌ها) یا باتری باید اندازه‌گیری و ثبت گردد.

باتری‌ها در طول این آزمون می‌بایستی شرایط زیر را برآورده سازند:

- غلظت الکترولیت می‌بایستی در محدوده مشخص شده توسط سازنده قرار داشته باشد.
- ولتاژ سلول‌ها به صورت مجزا می‌بایستی در محدوده مشخص شده قرار داشته باشد (در حالتیکه باتری به حالت بلوک‌های واحد ساخته می‌شود و امکان دسترسی به اتصالات بین سلولی نیست، ولتاژ بلوک واحد می‌بایستی معیار قرار گیرد).
- پس از یک دوره ۶ ماهه، ظرفیت واقعی ( $C_a$ ) که توسط آزمون ظرفیت تعیین می‌شود بایستی حداقل برابر  $C_{rt}$  باشد.
- پس از یک دوره ۶ ماهه، نمی‌بایستی حجم الکترولیت از دست رفته از ۵۰ درصد حجم الکترولیت بین نشاندهنده‌های حداقل و حداکثر کمتر شود.

بعد از گذشت ۳ ماه، ولتاژ و غلظت الکترولیت هر یک از سلول‌ها باید اندازه‌گیری و ثبت شود. همچنین سطح الکترولیت در همه سلول‌ها می‌بایستی ثبت گردد.

بعد از یک دوره ۶ ماهه که باتری تحت عملکرد شناور بود، باید سلول‌های باتری مطابق بخش قبل تحت آزمون ظرفیت قرار گیرند.

در صورتیکه در طول ۲ قرائت متوالی موارد ذیل مشاهده گردد، معیوب بودن سلول محرز می‌گردد:

- تغییرات ولتاژ از مقدار توصیه شده توسط سازنده بیشتر گردد.
  - تغییرات غلظت الکترولیت بیشتر از مقدار مشخص شده توسط سازنده باشد.
- چنانچه معیوب بودن سلولی اثبات گردد، پس از اعمال شارژ متعادل کننده به سلول (باتوجه به دستورالعمل سازنده) و اینکه سلول ولتاژ و غلظت اولیه خود را بدست آورد، سلول می‌بایستی مجدداً مورد آزمون واقع گردد.

در آزمونهای نوعی کیفیت در طول بازه ۶ ماهه نایستی معیوب بودن هیچ سلولی اثبات گردد. برای آزمونهای طولانی‌تر، سلول‌های معیوب ممکن است توسط سازنده تعویض گردد و آزمون برای یک دوره ۶ ماهه ادامه پیدا کند. در طول دوره ۶ ماهه دوم معیوب بودن هیچکدام از سلول‌ها نایستی اثبات گردد.

#### ۴-۲-۳- آزمون پایداری باتری در دوره شارژ - دشارژ

پایداری باتری به حفظ عملکرد مناسب باتری تحت شرایط مشخص و در بازه زمانی کوتاه اطلاق می‌گردد. در این آزمون حداقل می‌بایستی ۵۰ بار شارژ و تخلیه بر روی دو واحد قبل از اینکه ظرفیت  $C_a$  از مقدار  $C_{10}$  کمتر شود انجام پذیرد ( $C_{10}$  ظرفیت نامی در نرخ تخلیه ۱۰h است). ممکن است سازنده حد ظرفیت را  $C_{10}$  ۰/۸ در نظر بگیرد. هنگام انجام آزمون ظرفیت بر روی سلول‌ها، ظرفیت  $C_a$  حداقل باید برابر با ظرفیت  $C_{10}$  باشد. در طول آزمون، باید سلولها در درجه حرارت ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداشته شوند. میانگین دما باید هرچه نزدیکتر به درجه حرارت مرجع باشد. سلول‌های تحت آزمون باید دوره‌های متوالی را که هر دو شامل موارد زیر است، پشت سر بگذارند:

الف- در جریان  $I=2I_{10}$  که در محدوده  $\pm 1$  درصد ثابت نگهداشته شده است به مدت ۳ ساعت تخلیه گردد.  $I_{10}$  برابر است با:

$$I_{10} = \frac{C_{10}}{10h} \quad (A) \quad (3-4)$$

ب- بلافاصله بعد از تخلیه، به مدت ۲۱ ساعت در ولتاژ  $2/4 \pm 0/1$  ولت بر هر سلول شارژ گردد. در آغاز شارژ، جریان به  $I_{max}=2I_{10}$  محدود شود (مگر اینکه سازنده دستورالعمل دیگری را ذکر کند).

رویه فوق معادل انجام یک سیکل در هر روز می‌باشد.

اگر سطح الکترولیت به حداقل مقدار رسیده باشد، باید به سلول‌ها آب تصفیه شده اضافه گردد.

نرخ آزمون باید یک سیکل در روز باشد. بعد از طی ۵۰ سیکل سلول‌ها باید آزمون ظرفیت را مطابق بخش آزمون ظرفیت بگذارند و ظرفیت واقعی تصحیح شده در دمای مرجع ( $C_a$ ) می‌بایستی ثبت شود.

سلول‌ها می‌بایستی مجدداً ۵۰ سیکل دیگر را پشت سر بگذارند. تا زمانی که ظرفیت واقعی باتری ( $C_a$ ) به زیر حد ظرفیت مشخص شده نرسیده باشد این رویه تکرار می‌شود.

هنگامی که چگونگی عملکرد باتری بر حسب تعداد سیکلی که ظرفیت واقعی باتری ( $C_a$ ) به  $C_{10}$  ۰/۸ می‌رسد بیان می‌گردد مقادیر  $C_a$  می‌بایستی بر حسب تعداد سیکل‌های ۵۰ تایی رسم گردد. حاشیه پایداری باتری در هر سطح از ظرفیت واقعی از تقاطع مقدار  $C_{10}$  ۰/۸ با این منحنی بدست خواهد آمد.

#### ۴-۲-۴- آزمون نگهداری شارژ

بعد از گذراندن آزمون ظرفیت نامی مطابق با بخش ۴-۲-۱ و بدست آمدن ظرفیت  $C_a$  که حداقل برابر با ظرفیت نامی  $C_{It}$  می‌باشد، سلول‌ها باید مطابق بخش آماده‌سازی (۴-۱-۱)، مجدداً آماده شوند. سطح بالایی سلولها<sup>۱</sup> باید در طول آزمون تمیز و خشک نگهداشته شود.

سلولها باید بدون اتصال به مدار برای یک دوره ۹۰ روزه قادر به نگهداری شارژ باشند. در طول این زمان، میانگین دمای الکترولیت باید در  $2 \pm 20$  درجه سانتیگراد ثابت نگهداشته شود. بیشترین دمای الکترولیت نباید از ۲۵ درجه بیشتر و کمترین دمای الکترولیت نباید از ۱۵ درجه کمتر باشد.

بعد از طی یک دوره ۹۰ روزه نگهداری شارژ بدون اتصال به مدار، سلول‌ها باید آزمون ظرفیت را مطابق بخش ۴-۲-۱ بگذارند. ظرفیت اندازه‌گیری شده باید مطابق معادله (۴-۲) جهت بدست آوردن  $C'_a$  تصحیح شود. ظرفیت حفظ نشده یعنی  $C_R$ ، برحسب درصد برابر است با :

$$C_R = \frac{C'_a}{C_a} \times 100 \quad (\%) \quad (4-4)$$

حداقل مقدار  $C_R$  باید مطابق استاندارد ساخت یا برابر با مقدار تعیین شده توسط سازنده باشد.

#### ۴-۲-۵- آزمون جریان اتصال کوتاه و مقاومت داخلی

اطلاعات مربوط به جریان اتصال کوتاه و مقاومت داخلی در محاسبات مربوط به تعیین اندازه تجهیزات حفاظتی کاربرد دارد. این اطلاعات در صورت درخواست خریدار می‌بایستی توسط سازنده ارائه شود.

آزمون تعیین جریان اتصال کوتاه و مقاومت داخلی می‌بایستی روی حداقل سه سلول پس از گذراندن آزمون ظرفیت انجام گیرد. ظرفیت واقعی تصحیح شده ( $C_a$ ) می‌بایستی حداقل برابر  $C_{IT}$  باشد.

بعد از آماده سازی سلول‌ها مطابق بخش ۴-۱-۱، سلولها باید در اتاقی با درجه حرارت متعارف محیط قرار گیرند تا زمانی که درجه حرارت الکترولیت به  $2 \pm 20$  درجه سانتیگراد برسد.

مشخصه دشارژ،  $U = f(I)$ ، باید با تعیین دو نقطه آن مطابق روش زیر تعیین شود.

#### الف \_ نقطه اول ( $U_1, I_1$ ) :

بعد از دشارژ ۲۰ ثانیه‌ای در جریان  $I_1 = 4I_{10} \dots 6I_{10}$ ، ولتاژ و جریان قرائت می‌شوند و بعنوان اولین نقطه ثبت می‌گردند. دشارژ (تخلیه) باید حداکثر پس از ۲۵ ثانیه قطع شود. بدون شارژ مجدد و بعد از ایجاد یک مدار باز به مدت ۲ تا ۵ دقیقه، نقطه دوم تعیین می‌گردد.

1. Upper surface of the cells



ب\_ نقطه دوم ( $U_2, I_2$ ):

بعد از ۵ ثانیه دشارژ در جریان  $I_2 = 20I_{10} \dots 40I_{10}$ ، ولتاژ و جریان قرائت می‌شوند و بعنوان نقطه دوم در نظر گرفته می‌شوند.

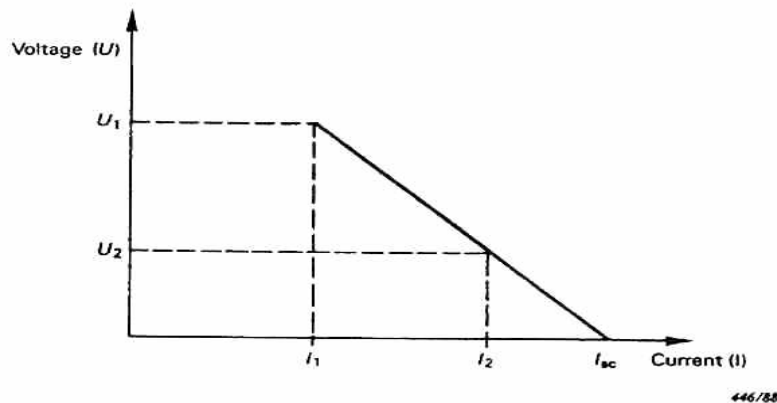
مشخصه  $U=f(I)$  به صورت خطی تا  $U=0V$  برون یابی می‌گردد.

نقطه تقاطع، جریان اتصال کوتاه ( $I_{sc}$ ) را مشخص می‌کند. مقاومت داخلی ( $R_i$ ) نیز به این ترتیب تعیین می‌گردد. از شکل ۱-۴

خواهیم داشت:

$$I_{sc} = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{U_1 - U_2} \quad [A] \quad (۴-۴)$$

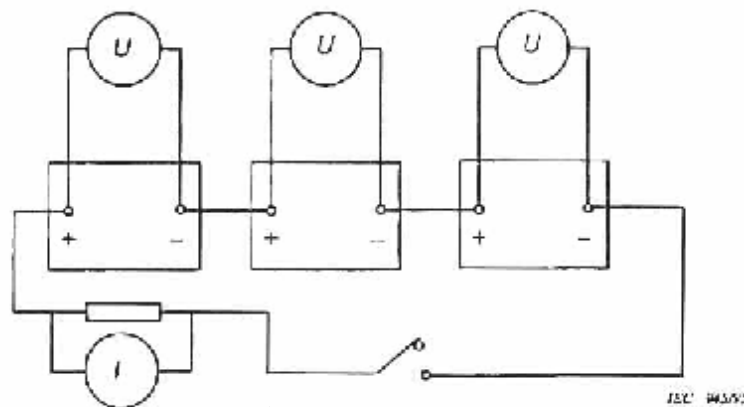
$$R_i = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} \quad [\Omega] \quad (۵-۴)$$



شکل ۱-۴: مشخصه دشارژ  $U=F(I)$

ولتاژ باید در ترمینال‌های هر سلول اندازه‌گیری شود تا اطمینان حاصل گردد که هیچ افت ولتاژی بر اثر آزمون بوجود نیامده است.

مدار آزمون مطابق شکل ۲-۴ است.



شکل ۲-۴: مدار نمونه آزمون

مقادیر جریان اتصال کوتاه و مقاومت داخلی بدست آمده در این آزمون برای یک سلول می‌باشد. در هر حال در هنگام محاسبه

جریان اتصال کوتاه و مقاومت داخلی برای کل باتری، مقاومت اتصالات داخلی سلول‌ها باید در نظر گرفته شود.

نتایج این آزمون برای شرایط پایدار مدار قابل کاربرد است و حالت‌های گذرا و دینامیکی (برای مثال حالت گذرای جریان در چند

میلی‌ثانیه اول پس از اتصال کوتاه) را در بر نمی‌گیرد. دقت در این آزمون  $\pm 10\%$  است.

## آزمونهای لازم برای تابلوهای (LVDC)

**مقدمه**

در این فصل نحوه انجام آزمون‌های نوعی و جاری روی تابلوهای LVDC بیان می‌گردد.

آزمون‌های لازم برای تأیید مشخصه‌های تابلوهای LVDC شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- آزمون نوعی

۲- آزمون‌های جاری

در صورت نیاز سازنده باید مبنای تأیید آزمون‌ها را مشخص کند.

**۵-۱-۱- شرایط آزمون**

آزمون‌های تابلو در شرایطی مشابه با شرایط عادی سرویس دهی بر روی آن انجام گیرد. (به پیوست ۵-۱ مراجعه شود).

**۵-۲-۲- آزمون‌های نوعی****۵-۲-۲-۱- آزمون تأیید حدود مجاز افزایش درجه حرارت****۵-۲-۲-۱-۱- کلیات**

آزمون افزایش درجه حرارت جهت تأیید افزایش مجاز درجه حرارت اجزاء مختلف تابلو انجام گیرد.

آزمون باید بطور معمول در جریان نامی و هنگامیکه کلیه تجهیزات روی تابلو نصب شده‌اند انجام گیرد. استفاده از مقاومتهای

گرمایی با تلفات توان یکسان امکان پذیر است. آزمون اجزاء تابلو می‌تواند به طور جداگانه انجام گیرد، مشروط بر اینکه شرایط مناسب

برای انجام آزمون برقرار باشد.

بویین رله‌ها، کنتاکتورها و ... باید با ولتاژ نامی تغذیه شوند.

**۵-۲-۲-۱-۲- روش آزمون افزایش درجه حرارت با عبور جریان از کلیه تجهیزات**

آزمون باید روی یک نمونه یا بیشتر از آرایش‌هایی که تابلو براساس آن طراحی شده است به منظور بدست آوردن بیشترین درجه

حرارت ممکن با اعمال دقت قابل قبول انجام گیرد.

برای این آزمون، مدار ورودی با جریان نامی و هر مدار خروجی با جریانی برابر با جریان نامی ضربدر ضریب همزمانی بارگذاری

می‌شود.

در آزمون افزایش درجه حرارت ضرایب همزمانی تابلو باتوجه به آنچه سازنده مشخص کرده است، بکار می‌رود. در صورتی که

سازنده اطلاعات کافی در این مورد ارائه نکرده باشد، ضرایب همزمانی باید از جدول (۵-۱) استخراج گردد.

جدول ۵-۱: ضرایب همزمانی تابلو

تعداد مدار اصلی	ضریب همزمانی
۲ و ۳	۰/۹
۴ و ۵	۰/۸
۶ تا ۹	۰/۷
۱۰ به بالا	۰/۶

اگر تابلو شامل فیوز باشد، فیوزها باید با لینکهایی مطابق آنچه سازنده مشخص کرده است مجهز گردد. تلفات توان ناشی از لینکهایی بکار رفته و همچنین ابعاد و شرایط هادیهای خارجی که برای آزمون مورد استفاده واقع شده است باید در گزارش آزمون قید شود.

مدت زمان آزمون باید به اندازه‌ای باشد که افزایش درجه حرارت به یک مقدار ثابت برسد. این زمان بطور معمول ۸ ساعت یا کمتر می‌باشد. در عمل، این شرایط وقتی مهیا می‌شود که نرخ تغییرات بیش از ۱ درجه در هر ساعت نباشد. برای کوتاه کردن مدت زمان آزمون، در صورتی که مقادیر نامی تجهیزات این اجازه را دهند، جریان را می‌توان در ابتدای آزمون افزایش داده و پس از مدتی به مقدار مشخص شده برای آزمون کاهش داد. در صورت عدم وجود اطلاعات مشروح شامل هادیهای خارجی و شرایط سرویس، سطح مقطع هادیهای خارجی آزمون باید مطابق با IEC شماره ۱-۶۰۴۳۹ انتخاب گردد.

### ۵-۲-۱-۳- روش آزمون افزایش درجه حرارت با استفاده از مقاومت‌های گرمایی

برای انواع تابلوهای تمام بسته با مدارات اصلی و کمکی که دارای جریان‌های نامی نسبتاً کوچکی هستند، تلفات قدرت می‌تواند با مقاومت‌های گرمایی که مقدار یکسانی گرما ایجاد می‌کنند و در مکان مناسب درون محفظه تابلوها جای گرفته‌اند، شبیه سازی شود. سطح مقطع سیم‌های ارتباطی این مقاومتها باید به اندازه‌ای باشد که مقدار قابل ملاحظه‌ای از گرما به خارج از محفظه هدایت نشود.

آزمون با مقاومت‌های گرمایی برای تابلوهایی که دارای محفظه پوششی یکسان و تجهیزات متفاوت هستند به کار گرفته می‌شود. (باید توجه داشت که مجموع تلفات توان تجهیزات داخلی با در نظر گرفتن ضریب همزمانی نباید از مقدار در نظر گرفته شده برای آزمون بیشتر شود).

افزایش دمای تجهیزات داخلی نباید از مقدار داده شده در جدول (۵-۲) بیشتر شود. این افزایش دما می‌تواند بطور تقریبی با اندازه‌گیری افزایش دمای این دستگاه‌ها در هوای آزاد و اضافه نمودن اختلاف بین دمای داخلی محفظه و دمای هوای اطراف آن محاسبه گردد.

**۵-۲-۱-۴- اندازه گیری دما**

برای اندازه گیری دما باید از دماسنج یا ترموکوپل استفاده شود. برای سیم پیچی ها، جهت اندازه گیری دما می توان از مقاومت متغیر نیز استفاده نمود. برای اندازه گیری دمای هوای داخل تابلو باید از چند دستگاه اندازه گیری که در محل های مناسب تعبیه شده باشند، استفاده کرد. دماسنج ها یا ترموکوپل ها باید در مقابل جریان هوا و گرما محافظت شده باشند.

**۵-۲-۱-۵- دمای محیط**

دمای محیط باید در ربع آخر دوره زمانی آزمون و بوسیله حداقل دو دماسنج یا ترموکوپل که بطور یکسان در اطراف تابلو، در ارتفاعی حدود نصف ارتفاع تابلو و در فاصله تقریباً یک متری از تابلو نصب شده اند، اندازه گیری شود. دماسنج ها یا ترموکوپل ها باید در مقابل جریان هوا و گرما محافظت شده باشند.

مقادیر ارائه شده در جدول (۵-۲) در صورتیکه دمای محیط در طول آزمون بین  $10^{\circ}\text{C}$  و  $40^{\circ}\text{C}$  باشد، محدوده های افزایش درجه حرارت را مشخص می کنند.

اگر دمای هوای محیط در طول آزمون از  $40^{\circ}\text{C}$  بالاتر رفته یا کمتر از  $10^{\circ}\text{C}$  باشد، مطالب فوق صادق نبوده و باید بین سازنده و خریدار توافق صورت گیرد.

**۵-۲-۱-۶- نتیجه گیری از آزمون**

در پایان آزمون، افزایش دما نباید از مقادیر مشخص شده در جدول (۵-۲) بیشتر شود. تجهیزات باید در محدوده های ولتاژ مشخص شده در دمای داخل تابلو، به طور رضایتبخش عمل کنند.



آزمون عایقی باید به صورت زیر انجام گیرد :

- اگر سازنده مقداری برای ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه نامی ( $U_{imp}$ ) مشخص کرده باشد، آزمون مطابق بند ۳-۲-۲-۵ انجام می‌پذیرد.
- در سایر موارد آزمون مطابق بند ۲-۲-۲-۵ انجام می‌پذیرد.

### ۲-۲-۲-۵- روش اعمال ولتاژ آزمون و مقدار آن

ولتاژ آزمون باید به طریق زیر اعمال شود :

- بین همه بخشهای برقدار و بخشهای هادی در دسترس بدون روکش متصل شده بهم در تابلو.
  - بین هر قطب و همه قطبهای دیگر که برای این آزمون به بخشهای هادی بدون روکش متصل بهم تابلو اتصال یافته‌اند.
- ولتاژ آزمون در آغاز اعمال نباید بیش از ۵۰ درصد ولتاژ داده شده در این بخش باشد. سپس این ولتاژ باید بطور یکنواخت در عرض چند ثانیه به مقدار نهایی رسیده و بمدت یک دقیقه در آن مقدار نگهداشته شود.
- منبع ac باید توان کافی را برای نگهداشتن ولتاژ آزمون، صرفنظر از جریانهای نشتی داشته باشد. ولتاژ آزمون باید در عمل به صورت موج سینوسی بوده و فرکانس بین ۴۵ تا ۶۲ هرتز داشته باشد.
- مقدار ولتاژ آزمون باید بصورت زیر باشد :

- الف- برای مدار اصلی ومدارات فرعی که بند ب را پوشش نمی‌دهند، مقدار ۲۰۰۰ ولت انتخاب شود.
- ب- برای مدارات فرعی که بوسیله سازنده تغذیه مستقیم آنها از مدار اصلی غیرمناسب تشخیص داده شده است، این ولتاژ باید مطابق جدول (۳-۵) انتخاب گردد.

جدول ۳-۵: ولتاژ آزمون عایقی برحسب ولتاژ عایقی نامی

ولتاژ آزمون عایقی (مقدار مؤثر برحسب ولت)	ولتاژ عایقی نامی ( $U_i$ ) ولت
۲۵۰	$U_i \leq 12$
۵۰۰	$12 < U_i \leq 60$
$2U_i + 1000$ (حداقل ۱۵۰۰)	$U_i > 60$

- نکاتی در خصوص دستگیره‌های خارجی ساخته شده از مواد عایقی :

در مورد دستگیره‌هایی که از مواد عایقی ساخته شده‌اند یا روکش عایقی دارند، بمنظور رعایت مسائل ایمنی و حفاظتی، آزمون عایقی باید بر روی آنها انجام گیرد. این آزمون با اعمال ولتاژی برابر ۳۰۰۰ ولت مؤثر بین بخشهای برقدار در یک ورقه فلزی که تمام سطح دستگیره‌ها را پوشانده است، انجام می‌گیرد. در طول این آزمون بدنه تابلو نباید زمین شده یا به مدار دیگری وصل گردد.

- نتیجه‌گیری از آزمون :

آزمون باید بدون ایجاد سوراخ‌شدگی و یا تخلیه الکتریکی انجام شود تا موفقیت آمیز تلقی گردد.

۵-۲-۳-آزمون تحمل در برابر موج ضربه

کلیات :

تابلوی مورد آزمون باید بطور کامل روی سازه مربوطه یا سازه معادل نصب شده باشد و تحت شرایط سرویس دهی، مطابق دستورالعمل سازنده و شرایط محیطی ذکر شده در استاندارد قرار گرفته باشد. هر محرک<sup>۱</sup> ساخته شده از مواد عایقی و هر محفظه غیرفلزی مربوط به تجهیزات باید با یک فویل فلزی متصل به بدنه یا صفحه نصب، پوشانده شود. ورقه باید روی تمامی سطوحی که می‌تواند با انگشت استاندارد لمس شود، قرار گیرد (پراب آزمون B که در استاندارد IEC شماره ۶۰۵۲۹) ذکر گردیده است.

- ولتاژهای آزمون :

ولتاژ آزمون مدارات اصلی می‌بایستی مطابق با جدول ۴-۵ باشد. با توافق سازنده، آزمون می‌تواند با ولتاژ فرکانس قدرت یا dc داده شده در جدول (۴-۵) انجام گیرد. جداکردن برقی‌ها در طول این آزمون به شرط آنکه مشخصه آنها داده شده باشد مجاز است. با این حال تجهیز مربوط به مهار اضافه ولتاژها نیز بهتر است توسط ولتاژ ضربه مورد آزمون واقع گردد. محتوای انرژی مربوط به جریان آزمون نمی‌بایستی از مقدار نامی تحمل انرژی تجهیز مهار اضافه ولتاژها بیشتر گردد.

ولتاژ ضربه با شکل موج  $1\frac{1}{2}/50 \mu s$  باید سه بار در هر پلاریته و با فاصله زمانی حداقل ۱ ثانیه اعمال شود. در صورت اعمال ولتاژ با فرکانس قدرت، طول مدت زمان اعمال آن برابر سه سیکل خواهد بود. در حالت اعمال ولتاژ dc نیز در هر پلاریته ولتاژ اعمالی باید به مدت ۱۰ میلی ثانیه تداوم یابد.

جدول ۴-۵ : ولتاژهای عایقی برای آزمون‌های ضربه، فرکانس قدرت و dc

ولتاژ کل و ارتفاع از سطح دریا										ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه $U_{imp}$ (kV)
ac-r.m.s (kV)					dc و ac، $U_{1.2/50}$ (kV)					
ارتفاع از سطح دریا (متر)					ارتفاع از سطح دریا (متر)					
۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۰	
۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۳
۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۵	۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵
۰/۵۷	۰/۶	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۸	۰/۸۵	۰/۹	۰/۹	۰/۹۵	۰/۸
۱/۰۶	۱/۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۷	۱/۸	۱/۵
۱/۷۷	۱/۹	۲	۲	۲/۱	۲/۵	۲/۷	۲/۸	۲/۸	۲/۹	۲/۵
۲/۸۳	۳/۱	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۴	۴/۴	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۴
۴/۲۴	۴/۷۵	۵	۵/۱	۵/۳	۶	۶/۷	۷	۷/۲	۷/۴	۶
۵/۶۶	۶/۴	۶/۶	۶/۸	۷	۸	۹	۹/۳	۹/۶	۹/۸	۸
۸/۴۸	۹/۵	۱۰	۱۰/۳	۱۰/۵	۱۲	۱۳/۳	۱۴	۱۴/۵	۱۴/۸	۱۲

1. Actuator



ولتاژ آزمون باید به مدارهای زیر اعمال گردد :

الف - بین هر بخش برقدار (شامل مدارهای فرعی و کنترل که به مدار اصلی اتصال یافته‌اند) و بخشهای هادی بدون روکش تابلو که به هم متصل شده‌اند.

ب - بین هر قطب مدار اصلی و قطبهای دیگر.

ج - بین هر مدار فرعی و کنترلی که به مدار اصلی متصل نیستند و

- مدار اصلی

- سایر مدارات

- بخشهای هادی بدون روکش

- محفظه یا صفحه نصب

د- برای قسمتهای کشوئی در وضعیت جدا در بین فاصله هوائی ایزوله کننده و مابین سمت تغذیه و قسمت کشوئی و بین ترمینال تغذیه کننده و ترمینال بار.

#### - نتیجه‌گیری از آزمون :

در طول آزمون نباید هیچگونه تخلیه مخربی رخ دهد. واژه "تخلیه مخرب"<sup>۱)</sup> به بروز شکست تحت تنش‌های الکتریکی اشاره دارد که باعث کاهش ولتاژ بین الکترودها به صفر یا نزدیک به آن می‌شود.

#### ۵-۲-۳- تایید کارایی مدار محافظ

باید تایید شود که بخشهای مختلف هادی تابلو به طور مؤثر به مدار محافظ متصل هستند و مقاومت بین مدار محافظ ورودی و قسمت هادی بدون روکش تابلو از  $1/10$  اهم نباید بیشتر باشد. اندازه‌گیری می‌بایستی با استفاده از یک اهم‌متر انجام گیرد. در حالتیکه احتمال آسیب دیدگی دستگاه اندازه‌گیری جریان پایین تحت این آزمون وجود داشته باشد، مدت زمان آزمون را می‌توان به ۵ ثانیه محدود کرد.

#### ۵-۲-۴- آزمون تایید فواصل عایقی و فواصل خزشی

اندازه فواصل عایقی و خزشی تابلو باید با آنچه در استاندارد ساخت مربوطه آمده است، مطابقت کند.

#### ۵-۲-۵- آزمون تایید عملکرد مکانیکی

برروی وسایلی از تابلو که قبلاً مطابق مشخصات مربوطه مورد آزمون نوعی قرار گرفته‌اند، در صورتیکه نصب آنها عملکرد مکانیکی‌شان را دچار اشکال نساخته باشد، آزمون نوعی نباید انجام گیرد.

برای بخشهایی که نیاز به آزمون نوعی دارند، کیفیت عملکرد مکانیکی باید بعد از نصب در تابلو تایید گردد. تعداد سیکل‌های عملکرد باید ۵۰ باشد. در مورد واحدهای عملکرد کشویی، یک سیکل عملکرد تغییر وضعیت تجهیز از موقعیت اتصال به حالت جداشده و سپس برگشتن به حالت اتصال است.

عملکرد اینترلاک‌های مکانیکی مرتبط با این تجهیزات نیز می‌بایستی مورد بازبینی قرار گیرد. در پایان آزمون چنانچه عملکرد تجهیزات دچار عیب و مشکل نشده باشد و همچنین اینکه نیروی مکانیکی لازم برای انجام آزمون قبل و بعد از آزمون تغییری نکرده باشد، آزمون با موفقیت انجام شده است.

### ۵-۲-۶- آزمون تایید درجه حفاظت

درجه حفاظت تابلو باید تایید شود. چنانچه پس از انجام آزمون برای تایید درجه حفاظت مربوط به قطرات آب، در داخل محفظه قطرات آب نفوذ کرد مطابق بند ۲-۲-۵ می‌بایستی عایق‌های به کار رفته در تابلو مورد بازبینی قرار گیرد. وسایل لازم برای آزمون تابلوهای با درجه حفاظتی IP3X و IP4X و همچنین نوع نگهدارنده لازم برای محفظه تابلو در طول آزمون در تابلوهای با درجه حفاظتی IP4X باید در گزارش آزمون قید شود.

### ۵-۳-۳- آزمون‌های جاری

#### ۵-۳-۱- بازرسی تابلو شامل بازبینی سیم‌کشی و در صورت لزوم آزمون عملکرد الکتریکی

کارایی اجزاء فعال مکانیکی، اینترلاکها و غیره باید بازبینی شود. هادیها و کابلها باید بررسی شوند که بطور صحیح در محل مربوطه قرار گرفته باشند. بازبینی تجهیزات نیز از این جهت که از نظر نصب مشکلی نداشته باشد می‌بایستی انجام پذیرد. یک بازبینی چشمی نیز جهت تأیید درجه حفاظتی تعیین شده تابلو و فواصل عایقی و خزشی لازم خواهد بود.

اتصالات بخصوص اتصالات پیچی باید بازبینی شده و با آزمایش‌های تصادفی تایید گردد که میزان تماس مناسب است. باید بازبینی شود که اطلاعات و علائم کامل باشد و با تابلو همخوانی داشته باشد. بعلاوه، باید تطابق تابلو با نقشه مدارات و سیم‌کشی‌ها، اطلاعات فنی و ... که توسط سازنده تهیه شده است، بررسی گردد.

بسته به پیچیدگی تابلو ممکن است لازم باشد که سیم‌کشی‌ها بازبینی شود و آزمون عملکرد الکتریکی انجام گیرد. روند آزمون و تعداد آن بستگی به این دارد که آیا تابلو شامل اینترلاکها و تجهیزات کنترلی متوالی و پیچیده هست یا خیر. در برخی از موارد ممکن است این آزمون در محلی که قرار است از تابلو بهره‌برداری شود انجام پذیرد. در این موارد می‌بایستی بین خریدار و سازنده توافق صورت پذیرد.

#### ۵-۳-۲- آزمون عایقی

آزمون باید به روش زیر انجام گیرد :

- اگر سازنده مقداری را برای ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه نامی  $U_{imp}$  مشخص کرده باشد، آزمون مطابق بند ۵-۳-۳-۱ و بخش ب از بند ۵-۳-۳-۲ انجام می‌پذیرد.

- در سایر حالات آزمون مطابق بند ۵-۳-۲-۱ و بخش الف از بند ۵-۳-۲-۲ انجام می‌پذیرد.
- برای تابلوهای PTTA که مقاومت عایقی آنها مطابق ۵-۳-۴ تایید شده، نیازی به تکمیل برگه آزمون نیست.

### ۵-۳-۲-۱- کلیات

برای انجام این آزمون تجهیزات الکتریکی تابلو باید متصل شوند. اتصال آن دسته از تجهیزات که مطابق مشخصه‌های مربوطه، برای یک ولتاژ آزمون پایین‌تر طراحی شده‌اند و تجهیزات مصرف کننده جریان<sup>۱</sup> (مانند سیم‌پیچی‌ها، دستگاه‌های اندازه‌گیری و ...) که اعمال ولتاژ آزمون باعث عبور جریان از آنها می‌گردد در این آزمون ضرورتی ندارد. این وسایل باید از یکی از ترمینال‌های خود جدا شوند، مگر اینکه طراحی آنها بر پایه ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه نامی انجام گرفته باشد که در این حالت همه ترمینالها باید قطع شود.

### ۵-۳-۲-۲- مقدار ولتاژ آزمون، نحوه اعمال و مدت زمان آن

الف) ولتاژ آزمون مطابق بند ۵-۳-۲-۲-۲ باید برای مدت یک ثانیه اعمال گردد. منبع تغذیه باید قدرت کافی را جهت نگهداری ولتاژ آزمون صرفنظر از جریان‌های ناشی داشته باشد. ولتاژ آزمون باید در عمل یک شکل موج سینوسی و فرکانس بین ۴۵ تا ۶۲ هرتز داشته باشد.

اگر تجهیزات موجود در مدارات اصلی یا کمکی قبلاً مورد آزمون عایقی قرار گرفته باشند، ولتاژ آزمون باید به ۸۵ درصد مقدار تعیین شده در بند ۶-۲-۲-۲ کاهش یابد. برای آزمون می‌توان دو حالت زیر را در نظر گرفت.

- همه وسایل کلیدزنی بسته باشند.
  - ولتاژ آزمون به طور متوالی به همه بخشهای مدار اعمال گردد. ولتاژ آزمون باید بین بخشهای برقدار و بدنه تابلو اعمال گردد.
- ب) آزمون‌ها باید مطابق بند ۵-۳-۲-۳ انجام شود. اگر اجزاء مداری قبلاً تحت آزمون جاری با ولتاژهای پایین‌تر قرار گرفته باشند، برای این آزمون باید همان ولتاژها بکار رود. به هر حال ولتاژ آزمون نباید کمتر از ۳۰ درصد ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه نامی (بدون ضریب تصحیح ارتفاع) یا دو برابر ولتاژ نامی عایقی (هر کدام که بزرگتر است) باشد.

### ۵-۳-۲-۳- نتیجه‌گیری از آزمون

آزمون هنگامی با موفقیت پشت سر گذاشته شده است که هیچ تخلیه الکتریکی یا سوراخ شدگی رخ ندهد.

### ۵-۳-۳- بازبینی درجات حفاظتی و پیوستگی الکتریکی مدار حفاظتی

درجه حفاظت با در نظر گرفتن حفاظت در برابر تماس‌های مستقیم یا غیرمستقیم باتوجه به بندهای ۷-۴-۳ و ۷-۴-۲ استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۴۳۹ بازبینی شود.

مدار محافظ باید مطابق بند ۷-۴-۳-۱-۵ استاندارد IEC شماره ۱-۶۰۴۳۹ بازمینی شود. در حالت خاص، اتصالات پیچی و لولائی باید به صورت تصادفی بازمینی گردد.

### ۵-۳-۴- تایید مقاومت عایقی

برای تابلوهای PTTA که آزمون عایقی روی آنها انجام نگرفته است، باید اندازه‌گیری عایقی با استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیری مقاومت عایقی و در یک ولتاژ حداقل ۵۰۰ ولت، انجام گیرد.

در این حالت اگر مقاومت عایقی بین مدارها و بخشهای هادی بدون روکش بسته به ولتاژ نامی فاز به زمین این مدارها حداقل  $1000 \Omega/V$  بر مدار باشد، آزمون موفقیت آمیز خواهد بود.

تجهیزاتی که مطابق ملزومات مشخص شده، از آنها جریان عبور می‌کند (مانند سیم‌پیچی، وسایل اندازه‌گیری و ...) یا برای ولتاژ کامل آزمون طراحی شده‌اند باید جدا شوند.

## پیوست ۵-۱: شرایط عادی سرویس دهی تابلو

### ۱- دمای هوای محیط :

#### ۱-۱- دمای هوای محیط برای نصب در داخل ساختمان :

دمای هوای محیط نباید از  $40^{\circ}\text{C}$  و متوسط آن در یک دوره ۲۴ ساعته نباید از  $35^{\circ}\text{C}$  بیشتر شود. محدوده پائین دمای هوای محیط  $5^{\circ}\text{C}$ - است.

#### ۱-۲- دمای هوای محیط برای نصب در خارج از ساختمان :

حداکثر دمای هوای محیط نباید از  $40^{\circ}\text{C}$  و متوسط آن در یک دوره ۲۴ ساعته نباید از  $35^{\circ}\text{C}$  بیشتر شود. محدوده پائین دمای هوای محیط به صورت زیر است.

-  $25^{\circ}\text{C}$  در آب و هوای معتدل

-  $50^{\circ}\text{C}$  در آب و هوای سرد

نکته: استفاده از تابلو در آب و هوای سرد می‌بایستی با توافق بین سازنده و خریدار انجام پذیرد.

### ۲- میزان رطوبت نسبی :

#### ۲-۱- رطوبت نسبی برای نصب در داخل ساختمان :

هوا باید تمیز باشد و در دمای ماکزیمم  $40^{\circ}\text{C}$ ، مقدار رطوبت نسبی بیش از ۵۰ درصد نباشد. در درجه حرارت پائین‌تر، رطوبت نسبی بالاتر مجاز است.

بعنوان مثال در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  رطوبت نسبی تا ۹۰ درصد مجاز است. تراکم رطوبت اندکی که گهگاه بر اثر تغییرات دما بوجود می‌آید می‌بایستی لحاظ گردد.

#### ۲-۲- رطوبت نسبی برای نصب در خارج از ساختمان :

رطوبت نسبی در ماکزیمم دمای  $25^{\circ}\text{C}$  می‌تواند بطور موقت تا ۱۰۰ درصد هم افزایش یابد.

### ۳- سطح آلودگی :

سطح آلودگی به شرایط آب و هوایی بر می‌گردد که تابلو برای عملکرد در آن در نظر گرفته شده است. برای وسایل کلیدزنی و تجهیزات داخلی تابلو و محفظه، سطح آلودگی شرایط محیطی در محفظه قابل اعمال است. به منظور ارزیابی فواصل عایقی و خزشی، چهارسطح آلودگی معرفی می‌گردد.

**آلودگی درجه ۱ :**

آلودگی وجود ندارد. آلودگی خشک و هیچ هدایتی از طریق آن صورت نمی‌گیرد.

**آلودگی درجه ۲ :**

در حالت عادی هیچ هدایتی از طریق آلودگی صورت نمی‌گیرد. گاهی هدایت موقتی ناشی از غلظت ممکن است رخ می‌دهد.

**آلودگی درجه ۳ :**

هدایت از طریق آلودگی صورت می‌گیرد. در عین حال آلودگی می‌تواند غیرهادی و خشک باشد که بر اثر افزایش غلظت هدایت برقرار می‌گردد.

**آلودگی درجه ۴ :**

آلودگی باعث هدایت دائمی می‌گردد. بعنوان مثال این آلودگی می‌تواند گرد و غباری که هادی جریان الکتریسیته است، باران یا برف باشد.

# فصل ۶

## دستورالعمل نگهداری از سیستم (LVDC)





## مقدمه

انجام عملیات تعمیر و نگهداری بر روی اجزاء سیستم LVDC باعث افزایش عمر آنها می‌گردد و باعث می‌شود در طول بهره‌برداری، تغذیه dc مورد نیاز تجهیزات مختلف به نحوه مطلوب تامین گردد.

تدوین برنامه‌ای برای نگهداری سیستم LVDC باعث می‌شود که بتوان به سهولت و در زمان مناسب نسبت به تعمیر، تعویض یا اصلاح بخشهای مختلف آن اقدام کرد. در مورد تعمیر و نگهداری سیستم LVDC داشتن آگاهی کافی در مورد بخشهای مختلف آن و در نظر گرفتن پیش بینی‌های لازم جهت ایمنی ضروری است.

لذا اطلاعات بدست آمده از بازدیدها و سرویس‌های دوره‌ای سیستم LVDC و نیز نتایج حاصل از نگهداری و یا تعویض باتریها برای بهبود عملکرد، سهولت تعمیر و نگهداری و طول عمر سیستم LVDC حائز اهمیت است و باید ثبت گردد. همچنین باید گزارشات مربوط به انجام تعمیرات یا اعمال تصحیح کننده، آزمون ظرفیت و سایر آزمون‌ها که نرخ تخلیه باتری، زمان آن و نتایج را در بر می‌گیرد، نیز باید ثبت گردد.

در این فصل روش نگهداری باتریهای اسید سربی روباز و نیز چگونگی تعیین زمان تعویض این نوع باتری ارائه خواهد شد. علاوه بر این بازدیدهای دوره‌ای لازم جهت هر یک از تجهیزات سیستم LVDC به تفصیل شرح داده خواهد شد.

## ۶-۱- بازدیدهای دوره‌ای

بازدیدهای دوره‌ای در پیدا کردن نقص‌های احتمالی و اشکالات بوجود آمده در هر یک از اجزاء سیستم LVDC از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا باید اطلاعات بدست آمده از این بازدیدها ثبت و با نتایج بازدید دوره قبلی مقایسه گردد. به همین منظور پیشنهاد می‌گردد فرم‌هایی مطابق پیوست ۵-۱ تهیه شود تا تمام اطلاعات به طور منظم و قابل مقایسه با اطلاعات قبلی ثبت گردد.

### ۶-۱-۱- بازدیدهای روزانه

- وضعیت ظاهری باتری‌ها از نظر نشستی باتری‌ها و سولفاته شدن.
- طبیعی بودن سطح الکترولیت باتریها.
- سالم بودن هواکش، روشنایی و گرم کننده اتاق باتری.
- سالم بودن لامپهای نشان دهنده و آلارم‌ها، کلیدها، سیم‌ها و ترمینال‌های شارژر(ها).
- عادی بودن ولتاژ و جریان شارژر(ها).
- وضعیت نظافت اتاق باتری.

### ۶-۱-۲- بازدید هفتگی

- سالم یا معیوب بودن وضعیت ظاهری باتری‌ها.
- سالم یا معیوب بودن آمپر متر و ولتمتر مربوط به سیستم شارژر.

- کامل یا ناقص بودن پیوستگی و اتصالات باتریها.
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح الکترولیت باتریها.
- سالم یا معیوب بودن سیستم تهویه و روشنایی اتاق باتری.
- سایر اشکالات مشاهده شده.

### ۳-۱-۶- بازدید ماهیانه

- سالم یا معیوب بودن باتری‌ها از نظر شکستگی و ترک بدنه.
- سالم یا معیوب بودن در تابلو از لحاظ ورود آب یا گرد و غبار.
- وجود یا عدم وجود سولفاته در اتصالات باتری‌ها.
- سالم یا معیوب بودن لامپهای آلام و نشان دهنده‌های شارژر.
- سالم یا معیوب بودن وسیله حفاظتی ارتباط شارژر به باتری.
- نیاز یا عدم نیاز به گریسکاری سر ترمینالها.
- نیاز یا عدم نیاز نظافت باتری و شارژر.
- محکم بودن یا نبودن سیم‌های ارتباط دهنده باتری و شارژر.
- سالم یا معیوب بودن روشنایی و گرمکن تابلو.
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن عملکرد شارژر در حالت‌های شارژ شناور، سریع، اتوماتیک و دستی.
- وصل یا قطع ولتاژ ورودی ac و تعیین مقدار ولتاژ.
- کامل یا ناقص بودن سیستم اتصال زمین باتری و شارژر.
- کامل یا ناقص بودن وسایل ایمنی ضروری در اتاق باتری.

### ۴-۱-۶- بازدیدهای ویژه

در صورت پیش‌آمدن شرایط غیرعادی یا پیشامد قطعی باید موارد ذکر شده در بند ۳-۱-۶ تکرار گردد.

### ۲-۶- سرویس‌های دوره‌ای

#### ۱-۲-۶- سرویس دوره‌ای باتری

- اندازه‌گیری و ثبت ولتاژ هر سلول بوسیله ولت‌متر چنگکی
- اندازه‌گیری و ثبت چگالی مخصوص الکترولیت هر سلول بوسیله دستگاه غلظت سنج.
- کنترل محکم بودن اتصالات سرهای باتری.
- کنترل تمیز بودن باتریها و وازلین کاری اتصالات.
- کنترل سطح آب اسید.

- تعویض سلولهای معیوب.
- کنترل درجه حرارت هر سلول باتری.
- کنترل سیستم تهویه اتاق باتری.
- کنترل سیستم حرارتی اتاق باتری.
- کنترل سیستم ایمنی اتاق باتری.
- صفحات سلولها از این لحاظ که خم نشده باشند یا رنگ آنها کنده نشده باشد یا شکاف و برآمدگی نداشته باشند باید بررسی شوند.
- ولتاژ شناور هر سلول قرائت شود.
- بار باتری در شارژ شناور (جریان شارژ) اندازه گیری شود.

### ۶-۲-۲- سرویس دوره‌ای شارژر

- قطع و ایزوله نمودن شارژر.
- تمیز نمودن و کنترل هیتر، روشنایی، فیوزها و مدارات و در صورت نیاز تعویض لامپ و فیوز سوخته.
- آچارکشی ترمینالهای مدارات ac , dc.
- تمیز نمودن زنگ زدگی از اتصالات ترمینالهای ورودی و خروجی.
- آزمایش صحت عملکرد رله‌های اتصال زمین، ولتاژ کم و ولتاژ زیاد.
- آزمایش سیگنالها و آلارمها.
- کنترل صحت عملکرد میکروسوئیچها و پتانسیومترها و فیوزها.
- تمیز نمودن زنگ زدگی بوجود آمده بر روی پلاتین کلیدها، کنتاکتورها و میکرو سوئیچها.
- کنترل فواصل پلاتینهای کلیدها، کنتاکتورها و میکرو سوئیچها.
- تنظیم ولتاژ خروجی براساس تعداد سلول باتریها.
- کنترل و کالیبره نمودن جریان و ولتاژ نرمال و سریع.
- کنترل و کالیبره نمودن نشان دهنده‌های اندازه گیری سریع.
- کنترل سیستم زمین قسمتهای مختلف شارژر.
- کنترل فیوزها و در صورت لزوم تعویض آنها .
- تمیز نمودن زنگ زدگی از محل نگهدارنده فیوزها (بوسیله اسپری و سمباده نرم).
- تمیز نمودن محل اتصالات سیمها به ترمینالهای بردها و رله‌ها و محکم نمودن اتصالات.
- کربن زدایی از سطح برد (بوسیله اسپری).
- بازدید از محل اتصالات کلیه المانهای بردها و رله‌ها.
- تمیز نمودن پتانسیومتر کنتاکتهای رله‌ها.
- محکم نمودن محل اتصالات سیمها به ترمینالهای تریستورها و محکم نمودن اتصالات.

- بازدید از محل اتصالات گیت تریستورها.
- کنترل وضعیت نگهداری شارژ.
- کنترل حفاظت پلاریته شارژر.
- آچارکشی پایه‌های فلزی بدنه شارژر.
- آچارکشی پایه‌های ترانسها و چوکها.
- نظافت کامل شارژر.

### ۳-۲-۶- سرویس دوره‌ای تابلوی LVDC

- بدنه تابلو از نظر رنگ، قفل و آببندی.
- کنترل وضعیت روشنایی، ترموستات و هیتر جهت عدم وجود شبنم و آچارکشی ترمینال‌ها.
- کنترل و آزمون فیوزها، لامپ‌ها، کنتاکت‌ها و کویل‌های مربوط به رله، کنتاکتورها، رله‌های حرارتی حفاظتی و اتصالات مربوطه.
- آزمون مقاومت عایقی کابل‌های سیستم تغذیه و مدارات حفاظتی و کنترل و اندازه‌گیری.
- تمیز نمودن داخل تابلوها و ترمینال‌ها و اتصالات از گرد و غبار و زنگ زدگی.
- تعمیر و یا تعویض تیغه کنتاکت در کلیدهای اتوماتیک و کنتاکتورها در صورت نیاز.
- بررسی آببندی بودن در تابلو از نظر عدم ورود آب یا گرد و خاک.
- بررسی نمودن کابلها از نظر خوردگی.

### ۳-۶- نگهداری باتری و اقدامات تصحیح‌کننده

مواردی که تحت عنوان اقدامات تصحیح‌کننده انجام می‌پذیرد باعث بالارفتن عمر مفید باتری می‌شوند. در عین حال این اقدامات به تنهائی شارژشدن کامل باتری در زمان مشخص را تضمین نمی‌کنند.

### ۱-۳-۶- مشکلات مربوط به باتری و سلول

- موارد ذیل اشکالاتی را بیان می‌کنند که به سادگی قبل از بازرسی عمومی باتری قابل رفع هستند. در صورتی که هر یک از اشکالات فوق حاد و بغرنج باشد، می‌بایستی در اسرع وقت اقدامات لازم را انجام داد.
- چنانچه الکترولیت هر یک از سلولها به زیر خط سطح حداقل خود رسید، می‌بایستی آب به مقدار لازم اضافه گردد. کیفیت آب اضافه شده می‌بایستی باتوجه به دستورالعمل سازنده باشد.
  - چنانچه پایانه‌های سلول دچار خوردگی شده باشد، خوردگی قابل مشاهده می‌بایستی از بین برده شود و سپس مقاومت الکتریکی اتصال بازبینی شود.
  - اگر مقاومت اندازه‌گیری شده در بازبینی سالانه یا در مورد فوق‌الذکر بیشتر از ۲۰٪ از مقاومت الکتریکی هنگام نصب یا حداکثر مقدار اعلام شده توسط سازنده باشد یا اتصالات باتری سست باشد، بایستی اتصالات محکم شود و مجدداً مقاومت اندازه‌گیری

- شود. چنانچه مقاومت اندازه‌گیری شده مجدداً غیرقابل قبول باشد اتصالات باید باز، تمیز و در جای خود بسته شوند و مجدداً مقاومت اندازه‌گیری شود. شرح این اقدام در پیوست G از استاندارد IEEE شماره ۴۸۴ آورده شده است.
- چنانچه دمای سلولها در طول یک بازبینی نسبت به یکدیگر به اندازه ۳ درجه اختلاف داشته باشد، دلیل این مسئله می‌بایستی مشخص و مشکل برطرف شود. در صورتیکه رفع اشکال میسر نشد برای اقداماتی که می‌بایستی انجام گیرد با سازنده مشورت شود.
  - در صورتیکه آلودگی قابل ملاحظه روی سلولها یا اتصالات مشاهده شد، این آلودگی‌ها می‌بایستی بوسیله دستمال تمیز نمودار پاک شوند. با استفاده از محلول بی‌کربنات سدیم (با نسبت ۰/۱ کیلوگرم سدیم در یک لیتر آب) الکترولیت بیرون ریخته شده در روی محفظه سلولها می‌بایستی از بین برود. از پاک‌کننده‌های هیدروکربن (نظیر مشتقات نفت) و پاک‌کننده‌های قوی قلیائی به علت اینکه باعث ایجاد ترک روی محفظه سلولها می‌شود نمی‌بایستی استفاده کرد.
  - هنگامیکه ولتاژ شناور اندازه‌گیری شده در ترمینال‌های باتری خارج از مقدار نامی آن است، این ولتاژ می‌بایستی اصلاح گردد.

### ۶-۳-۲- شارژ متعادل‌کننده

- مواردی که در ذیل به آنها اشاره می‌شود شرایطی را بیان می‌کند که در صورتیکه در بازه‌های زمانی طولانی باتری تحت این شرایط واقع گردد، عمر مفید باتری کاهش پیدا می‌کند (الزاماً تنها این شرایط باعث کاهش ظرفیت باتری نمی‌شوند).
- باید توجه داشت که شارژ متعادل‌کننده نیازمند اعمال ولتاژ متعادل‌کننده به مدت ۳۵ تا ۷۰ ساعت و به صورت پیوسته به باتری است (به دستورالعمل سازنده رجوع شود). چنانچه یک یا تعداد محدودی سلول به شارژ متعادل‌کننده نیاز داشته باشد، شارژ یک سلول به صورت مجزا قابل قبول است.
- اعمال شارژ متعادل‌کننده در صورتیکه ولتاژ شناور یک سلول مجزا از مقدار متوسط آن به میزان بیشتر از آنچه که سازنده مشخص کرده است تغییر کند قابل انجام است. مقادیر نوعی برای سلول‌های سرب-کلسیمی  $0.04 \pm V$  و برای سلولهای سرب-آنتیموان  $0.02 \pm V$  است.
  - چنانچه غلظت الکترولیت یک سلول مجزا که باتوجه به دما تصحیح شده است از حد پایین مشخص شده توسط سازنده کمتر شود، اعمال شارژ متعادل‌کننده لازم است.
  - چنانچه در زمان بازرسی مشاهده شد ولتاژ هر سلول از مقدار حداقل ولتاژ سلول که توسط سازنده مشخص شده است کمتر شده است، شارژ متعادل‌کننده می‌بایستی اعمال گردد.
  - شارژ متعادل‌کننده دوره‌ای توسط برخی سازنده‌ها توصیه می‌شود. این شارژ متعادل‌کننده برای برخی باتری‌ها با توجه به بررسی نتایج مربوط به عملکرد و نگهداری آنها قابل چشم‌پوشی است.

### ۶-۴- ملزومات تعویض باتری

توصیه استاندارد IEEE شماره ۴۵۰ بر این است که چنانچه ظرفیت اندازه‌گیری شده باتری کمتر از ۸۰ درصد ظرفیت تعیین شده توسط کارخانه سازنده باشد و باتری با ضریب پیری ۱/۲۵ اندازه شده باشد، باتری می‌بایستی تعویض گردد. چنانچه ضریب پیری

کمتری استفاده شده باشد به منظور اطمینان از اینکه بارها به طور مناسب تغذیه می‌شوند می‌بایستی قبل از رسیدن ظرفیت باتری به ۸۰ درصد ظرفیت نامی به تعویض آن اقدام نمود (در این مورد می‌بایستی با سازنده مشورت شود). در این حالت باتری حتی اگر نیازهای بار را برآورده کند، رو به خرابی می‌گذارد. زمان تعویض باتری تابعی از معیارهای تعیین اندازه و محدوده ظرفیت قابل دسترسی (که با توجه به مشخصات بار تعیین شده‌اند) می‌باشد. هر زمان که تعویض مورد نیاز باشد، باتری حداکثر ظرف مدت یک سال می‌بایست تعویض گردد. ظرفیت ۸۰ درصد نشان می‌دهد که تخریب باتری، حتی اگر ظرفیت بیش از مقدار مورد نیاز بار باشد، روند فزاینده‌ای پیدا کرده است. سایر عوامل نظیر عدم رضایت از نتایج آزمون سرویس باتری، نیاز به تعویض را ضروری می‌کند. در صورتیکه با انجام اقدامات تصحیح‌کننده که در بند ۶-۳ به آن اشاره گردید بتوان از آزمون سرویس باتری نتایج مطلوبی بدست آورد، تعویض باتری ضروری نیست.

مشخصه‌های فیزیکی، مانند شرایط صفحات با در نظر گرفتن عمر مفید باتری، اغلب لزوم تعویض کل باتری یا یک سلول مجزا را تعیین می‌کند.

معکوس شدن پلاریته یک سلول نیز می‌تواند دلیلی بر تعویض سلول باشد.

سلول‌های تعویض شده باید با سلول‌های موجود همخوانی داشته و قبل از نصب مورد آزمایش قرار گیرند. ظرفیت سلول‌های تعویض شده نباید قابلیت باتری را در برآوردن ملزومات دوره کاری خود تحت تاثیر قرار دهد. تعویض سلول‌های باتری در دوران نزدیک به پایان عمر باتری، توصیه نمی‌شود. چنانچه باتری شارژ شود و باتری نتواند بار داده شده را نگهداری کند (عدم نگهداری بار توسط باتری بوسیله قرائت ولتاژ باتری و اندازه‌گیری غلظت اسید مشخص می‌گردد)، این امر دلیل مناسبی برای بررسی لزوم تعویض باتری است.

## پیوست ۵-۱: فرم بازدیدهای دوره‌ای سیستم LVDC

## فرم بازدید روزانه سیستم LVDC

نام پست :

					موضوع بازدید	
					تاریخ بازدید و توضیح	
					سالم	وضعیت ظاهری باتریها
					معیوب	
					سالم	وضعیت ظاهری شارژرها
					معیوب	
					طبیعی	سطح الکترولیت
					کم	
					عادی	ولتاژ شارژر
					غیرعادی	
					عادی	جریان شارژر
					غیرعادی	
					سالم	وضعیت لامپهای نشان دهنده
					معیوب	
					سالم	وضعیت تهویه اتاق باتری
					معیوب	
					سالم	وضعیت روشنایی اتاق باتری
					معیوب	
					سالم	آمپر متر شارژر
					معیوب	
					سالم	ولت متر شارژر
					معیوب	
					سالم	وضعیت دستشویی و نظافت اتاق باتری
					معیوب	





### فرم بازدید ماهانه سیستم LVDC

نام پست :

					موضوع بازدید	
					تاریخ بازدید و توضیح	
				سالم	وضعیت ظاهری باتری از لحاظ شکستگی بدنه	
				معیوب		
				دارد	وجود سولفات‌ها در اتصالات باتری	
				ندارد		
				دارد	نیاز به گریسکاری سر باتری‌ها	
				ندارد		
				سالم	فیوز ارتباط شارژر به باتری	
				معیوب		
				سالم	لامپهای آلام	
				معیوب		
				سالم	نشان دهنده‌ها	
				معیوب		
				طبیعی	ترمینالها و سیمهای ارتباطی شارژر	
				غیرمحکم		
				سالم	روشنایی تابلو شارژر	
				معیوب		
				سالم	گرمکن تابلو شارژر	
				معیوب		
				طبیعی	وضعیت شارژر در حالت‌های شارژ	
				شناور		
				سریع		
				اتوماتیک		

### فرم بازدید ماهانه سیستم LVDC

نام پست :

					موضوع بازدید	تاریخ بازدید و توضیح
					ولتاژ ac ورودی شارژر	قطع
						وصل
					نیاز به تمیز کردن باتری	تمیز
						نیاز به تمیز کردن دارد
					نیاز به تمیز کردن شارژر	تمیز
						نیاز به تمیز کردن دارد

## منابع و مراجع

- [1]. IEEE Std 485, Recommended practice for sizing lead- acid batteries for stationary applications.
- [2]. IEEE Std 450, Recommended practice for maintenance, testing and replacement of vented lead- acid batteries for stationary applications.
- [3]. IEEE Std 484, Recommended practice for installation design and installation of vented lead- acid batteries for stationary applications.
- [4]. IEEE Std 946, Recommended practice for the design of DC auxiliary power systems for generating stations.
- [5]. IEEE Std 1375, Guide for the protection of stationary battery systems.
- [6]. IEEE Std 1189, Guide for selection of valve regulated lead- acid (VRLA) batteries for stationary applications.
- [7]. IEEE Std 1187, Recommended practice for installation design and installation of valve- regulated lead- acid storage batteries for stationary applications.
- [8]. BS. EN 50272-2, Safety requirements for secondary batteries and battery installations– part 2: stationary batteries.
- [9]. BS. 6133. Safe operation of lead- acid stationary cells and batteries.
- [10]. IEC 846-1, Stationary lead- acid batteries, general requirements and methods of test- part1: vented types.
- [11]. NEMA PE5, Utility type battery chargers.
- [12]. IEC 146-1-1, Semiconductor converters general requirements and line commutated converters- part1-1: specifications of basic requirements.
- [13]. IEC 60439-1, Low voltage switchgear and controlgear assemblies- part 1: type tested and partially type tested assemblies.
- [۱۴]. استاندارد طراحی بهینه پست‌های ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت جلد ۲۱۵، معیارهای طراحی و مهندسی سیستم تغذیه جریان مستقیم (LVDC)، مهندسین مشاور نیرو.
- [۱۵]. استاندارد طراحی بهینه پست‌های ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت جلد ۳۱۵، مشخصات فنی سیستم تغذیه جریان مستقیم (LVDC) مهندسین مشاور نیرو.
- [۱۶]. استاندارد پست‌های (۳۳) ۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی جلد ۱۲۲۱ سیستم‌های تغذیه کمکی، مهندسین مشاور قدس نیرو.
- [۱۷]. استاندارد پست‌های (۳۳) ۱۳۲/۲۰ کیلوولت معمولی جلد ۱۲۰۷ باتری‌ها، مهندسین مشاور قدس نیرو.
- [۱۸]. استاندارد آیین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون‌های دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پست‌های ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت شماره ۴۰۴-۷۳، بازدیدهای دوره‌ای، مهندسین مشاور نیرو.
- [۱۹]. استاندارد آیین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون‌های دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پست‌های ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت شماره ۴۰۵-۷۳، تعمیرات، سرویس و آزمون‌های دوره‌ای، مهندسین مشاور نیرو.
- [۲۰]. اسناد و مدارک فنی پروژه‌های انجام شده توسط شرکت مهندسین مشاور نیرو.



## خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی 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 آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> قابل دستیابی می‌باشد.

## دفتر نظام فنی اجرایی



**Islamic Republic of Iran**  
**Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision**

**General Technical Specification and  
Execution Procedures for Transmission  
and Subtransmission Networks  
Voltage Transformers at  
LVDC Systems**

**NO: 432-2**

**Office of Deputy for Strategic Supervision  
Bureau of Technical Execution System  
<http://tec.mporg.ir>**

**Energy Ministry - Tavanir Co.  
Power Industry Technical Criteria  
Project  
[www.tavanir.ir](http://www.tavanir.ir)**





## این نشریه

با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها و خطوط فوق توزیع و انتقال - سیستم تغذیه داخلی ( LVDC ) در پست های فشار قوی- جلد دوم « ماوی مطالب مربوط به بررسی، شناخت، و معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم تغذیه جریان مستقیم داخلی پست های فشار قوی در سطح ولتاژهای ۳۳ تا ۴۰۰ کیلو ولت می باشد. در این مشخصات فنی همچنین دستورالعمل نگهداری از سیستم مزبور و آزمون های لازم برای شارژرها، باتری ها و تابلو های مربوط نیز ارائه شده است.

