

**مشخصات فنی عمومی و اجرایی  
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال  
کلید قدرت در پست های فشار قوی**

نشریه شماره ۲-۴۰۳

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>

جمهوری اسلامی ایران

**مشخصات فنی عمومی و اجرایی  
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال  
کلید قدرت در پست های فشار قوی  
نشریه شماره ۲-۴۰۳**

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>



ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

بسمه تعالی

شماره : ۱۰۰/۸۶۷۸۲	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۳۸۶/۶/۳۱	

موضوع :

مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال - کلید قدرت در پست‌های فشارقوی (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 ۲-۴۰۳ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط فوق توزیع و انتقال - کلید قدرت در پست‌های فشار قوی (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 دارند.

امیرمنصور برقی

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

# اصلاح مدارک فنی

## خواننده گرامی:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور 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 ریاست جمهوری (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 پست ها ، خطوط فوق توزیع و انتقال - کلید قدرت در پست های فشار قوی - جلد دوم» در بر گیرنده مباحث مربوط به کلید های قدرت شامل کلیات و تعاریف، معیارهای طراحی مهندسی، آزمون های نوعی ( که به منظور بررسی و تایید مشخصات فنی کلید های قدرت، وسایل جنبی و تجهیزات کمکی انجام می گردد)، آزمون های جاری ( که برای تشخیص نقایص و خطاهای موجود در ساختار کلید صورت می گیرد.) و در دستورالعمل های بهره برداری می باشد.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از کوشش های 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 - کلید قدرت در پست های فشار قوی - نشریه شماره ۲-۴۰۳

### تهیه کننده

این مجموعه به وسیله شرکت مهندسين مشاور نیرو با همکاری آقایان مهندسين علیرضا سرودی، سیاوش پاکدلیان، شهرام کاظمی و دکتر عارف درودی 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
معاونت هماهنگی و نظارت بر بهره برداری سازمان توانیر	آقای مهندس حسین آخوندی
شرکت مشاورین	آقای مهندس رحمت الله اکرم
شرکت مشاورین	آقای مهندس محمد برکاتی
مهندسين مشاور نیرو	آقای مهندس سیاوش پاکدلیان
پژوهشگاه نیرو	آقای مهندس پژمان خزائی
مهندسين مشاور نیرو	آقای دکتر عارف درودی
پژوهشگاه نیرو	آقای مهندس مجید رضایی
پژوهشگاه نیرو	آقای مهندس محمد رضا شریعتی
شرکت مشاورین	آقای مهندس رضا صائمی
شرکت قدس نیرو	آقای مهندس سید حسن عرب اف
شرکت مشاورین	خانم مهندس زیبا فاخری
شرکت ایران ترانسفو	آقای دکتر محمد کبیری
مهندسين مشاور قدس نیرو	آقای مهندس علی اصغر کسائیان
مشاور معاون هماهنگی و نظارت بر بهره برداری سازمان توانیر	آقای مهندس ابادر میرزایی
شرکت قدس نیرو	خانم مهندس آزاده نیکخواه
وزارت نیرو - سازمان توانیر - دبیر کمیته فنی طرح	آقای مهندس احسان الله زمانی

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

## فهرست مطالب

### صفحه

### عنوان

#### فصل اول - اهداف، کلیات و تعاریف

۳	..... ۱-۱- کلیات
۳	..... ۲-۱- ساختمان و انواع کلید
۴	..... ۱-۲-۱- محفظه قطع و ماده عایقی
۴	..... ۱-۱-۲-۱- محفظه قطع
۴	..... ۲-۱-۲-۱- ماده عایقی
۵	..... ۲-۲-۱- مکانیزم عملکرد (فرمان)
۵	..... ۱-۲-۲-۱- مکانیزم فنری
۶	..... ۲-۲-۲-۱- مکانیزم هیدرولیکی
۶	..... ۳-۲-۲-۱- مکانیزم نیوماتیکی
۶	..... ۳-۲-۱- مقره‌ها
۶	..... ۴-۲-۱- اجزاء جانبی
۶	..... ۱-۴-۲-۱- پایه نگه‌دارنده
۷	..... ۲-۴-۲-۱- ترمینال‌های فشار قوی
۷	..... ۳-۴-۲-۱- وسیله اندازه‌گیری فشار گاز
۷	..... ۴-۴-۲-۱- جعبه مکانیزم فرمان
۸	..... ۳-۱- قطع جریان خطا
۸	..... ۱-۳-۱- ولتاژ بازیافت گذرا
۸	..... ۱-۱-۳-۱- ویژگیهای امواج TRV [۱]
۹	..... ۲-۱-۳-۱- نمایش TRV [۱]
۱۱	..... ۲-۳-۱- بروز قوس مجدد
۱۱	..... ۳-۳-۱- قطع خطای سه فاز
۱۲	..... ۴-۱- تعاریف
۱۲	..... ۱-۴-۱- عبارات عمومی
۱۲	..... ۱-۱-۴-۱- ضریب خطای زمین
۱۲	..... ۲-۱-۴-۱- اضافه ولتاژ
۱۲	..... ۳-۱-۴-۱- شرایط غیر هم‌فاز
۱۳	..... ۴-۱-۴-۱- حلقه
۱۳	..... ۵-۱-۴-۱- عایق خارجی
۱۳	..... ۶-۱-۴-۱- عایق داخلی
۱۳	..... ۷-۱-۴-۱- عایق خودترمیم
۱۳	..... ۸-۱-۴-۱- تخلیه مخرب
۱۳	..... ۹-۱-۴-۱- کارایی از نظر قوس مجدد
۱۴	..... ۱۰-۱-۴-۱- خطای نزدیک کلید
۱۴	..... ۱۱-۱-۴-۱- آزمون واحد



۱۴	..... ۱-۴-۱۲- بانک خازنی واحد
۱۴	..... ۱-۴-۱۳- بانک خازنی پشت به پشت
۱۴	..... ۱-۴-۲- وسایل کلیدزنی
۱۴	..... ۱-۲-۴-۱- وسیله کلیدزنی
۱۴	..... ۲-۲-۴-۱- وسیله کلیدزنی مکانیکی
۱۵	..... ۳-۲-۴-۱- کلید
۱۵	..... ۴-۲-۴-۱- کلید با محفظه زمین شده
۱۵	..... ۵-۲-۴-۱- کلید با محفظه ایزوله
۱۵	..... ۶-۲-۴-۱- کلید SF6
۱۵	..... ۷-۲-۴-۱- کلید کلاس C1
۱۵	..... ۸-۲-۴-۱- کلید کلاس C2
۱۵	..... ۹-۲-۴-۱- کلید کلاس M1
۱۵	..... ۱۰-۲-۴-۱- کلید کلاس M2
۱۶	..... ۳-۴-۱- اجزاء کلید
۱۶	..... ۲-۳-۴-۱- مدار کنترل کلید
۱۶	..... ۱-۳-۴-۱- مدار اصلی کلید
۱۶	..... ۳-۳-۴-۱- مدار کمکی
۱۶	..... ۴-۳-۴-۱- کنتاکت
۱۶	..... ۵-۳-۴-۱- کنتاکت اصلی
۱۶	..... ۶-۳-۴-۱- کنتاکت قوس
۱۶	..... ۷-۳-۴-۱- کنتاکت کنترل
۱۶	..... ۸-۳-۴-۱- کنتاکت کمکی
۱۷	..... ۹-۳-۴-۱- سوئیچ کمکی
۱۷	..... ۱-۳-۴-۱- کنتاکت "a"
۱۷	..... ۱۱-۳-۴-۱- کنتاکت "b"
۱۷	..... ۱۲-۳-۴-۱- وسیله کنترل قوس
۱۷	..... ۱۳-۳-۴-۱- وسیله تعیین وضعیت
۱۷	..... ۱۴-۳-۴-۱- واحد وصل (یا قطع)
۱۷	..... ۴-۴-۱- عملکرد کلید
۱۷	..... ۱-۴-۴-۱- عملکرد
۱۸	..... ۲-۴-۴-۱- سیکل عملکرد
۱۸	..... ۳-۴-۴-۱- توالی عملکرد
۱۸	..... ۴-۴-۴-۱- وصل مجدد خودکار
۱۸	..... ۵-۴-۴-۱- عملکرد با انرژی ذخیره شده
۱۸	..... ۶-۴-۴-۱- وسیله آنتی پمپینگ
۱۸	..... ۵-۴-۱- کمیات مشخصه
۱۸	..... ۱-۵-۴-۱- جریان مورد انتظار
۱۹	..... ۲-۵-۴-۱- جریان پیک مورد انتظار
۱۹	..... ۳-۵-۴-۱- جریان پیک
۱۹	..... ۴-۵-۴-۱- جریان متقارن مورد انتظار (در یک مدار ac)
۱۹	..... ۵-۵-۴-۱- حداکثر جریان پیک مورد انتظار (در یک مدار ac)

۱۹	.....۱-۴-۵-۶- جریان وصل مورد انتظار.....
۱۹	.....۱-۴-۵-۷- جریان وصل (پیک).....
۲۰	.....۱-۴-۵-۸- جریان قطع مورد انتظار (برای یک پل کلید).....
۲۰	.....۱-۴-۵-۹- جریان قطع (برای یک پل کلید).....
۲۰	.....۱-۴-۵-۱۰- جریان قطع بحرانی.....
۲۰	.....۱-۴-۵-۱۱- ظرفیت قطع.....
۲۰	.....۱-۴-۵-۱۲- ظرفیت قطع شارژ خط (بی بار).....
۲۰	.....۱-۴-۵-۱۳- ظرفیت قطع شارژ کابل.....
۲۰	.....۱-۴-۵-۱۴- ظرفیت قطع بانک خازنی.....
۲۰	.....۱-۴-۵-۱۵- ظرفیت وصل.....
۲۱	.....۱-۴-۵-۱۶- ظرفیت وصل جریان هجومی بانک خازنی.....
۲۱	.....۱-۴-۵-۱۷- ظرفیت (وصل یا قطع) غیرهم فاز.....
۲۱	.....۱-۴-۵-۱۸- ظرفیت قطع اتصال کوتاه.....
۲۱	.....۱-۴-۵-۱۹- جریان تحمل کوتاه مدت.....
۲۱	.....۱-۴-۵-۲۰- جریان تحمل پیک.....
۲۱	.....۱-۴-۵-۲۱- ولتاژ اعمالی.....
۲۱	.....۱-۴-۵-۲۲- ولتاژ بازیافت.....
۲۱	.....۱-۴-۵-۲۳- ولتاژ بازیافت گذرا.....
۲۲	.....۱-۴-۵-۲۴- ولتاژ بازیافت گذرای موردانتظار.....
۲۲	.....۱-۴-۵-۲۵- ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت.....
۲۲	.....۱-۴-۵-۲۶- ولتاژ قوس پیک.....
۲۲	.....۱-۴-۵-۲۷- فاصله آزاد.....
۲۲	.....۱-۴-۵-۲۸- فاصله آزاد بین کنتاکت ها.....
۲۲	.....۱-۴-۵-۲۹- زمان بازکردن.....
۲۳	.....۱-۴-۵-۳۰- زمان قوس (کلید سه پل).....
۲۳	.....۱-۴-۵-۳۱- زمان قطع.....
۲۳	.....۱-۴-۵-۳۲- زمان بستن.....
۲۳	.....۱-۴-۵-۳۳- زمان وصل.....
۲۳	.....۱-۴-۵-۳۴- زمان پیش قوس.....
۲۳	.....۱-۴-۵-۳۵- زمان بازکردن - بستن (در طی وصل مجدد خودکار).....
۲۴	.....۱-۴-۵-۳۶- زمان مرده (در طی وصل مجدد خودکار).....
۲۴	.....۱-۴-۵-۳۷- زمان وصل مجدد.....
۲۴	.....۱-۴-۵-۳۸- زمان باز وصل (در طی وصل مجدد).....
۲۴	.....۱-۴-۵-۳۹- زمان بستن - بازکردن.....
۲۴	.....۱-۴-۵-۴۰- زمان وصل - قطع.....
۲۴	.....۱-۴-۵-۴۱- زمان پیش بست.....
۲۵	.....۱-۴-۵-۴۲- حداقل مدت فرمان قطع.....
۲۵	.....۱-۴-۵-۴۳- حداقل مدت فرمان وصل.....
۲۵	.....۱-۴-۵-۴۴- قوس مکرر.....
۲۵	.....۱-۴-۵-۴۵- قوس مجدد.....
۲۵	.....۱-۴-۵-۴۶- جریان عادی.....

۲۵	.....۴-۵-۴۷- ضریب پیک (ولتاژ گذرای خط).
۲۶	.....۴-۵-۴۸- ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم.
۲۶	.....۴-۵-۴۹- ضریب دامنه.
۲۶	.....۴-۵-۵۰- سطح عایقی .....
۲۶	.....۴-۵-۵۱- ولتاژ تحمل فرکانس قدرت .....
۲۶	.....۴-۵-۵۲- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه .....
۲۶	.....۴-۵-۵۳- حداقل فشار کار برای عملکرد.....
۲۶	.....۴-۵-۵۴- حداقل فشار کار برای قطع و عایق‌سازی .....

## فصل دوم - معیارهای طراحی و مهندسی در انتخاب کلید قدرت

۳۳	.....۱-۲- انتخاب نوع کلید .....
۳۳	.....۲-۲- انتخاب نوع و مشخصات مکانیزم عملکرد کلید .....
۳۳	.....۱-۲-۲- انتخاب نوع مکانیزم .....
۳۳	.....۱-۲-۲-۱- مکانیزم فنری .....
۳۳	.....۲-۲-۲-۱- مکانیزم هیدرولیکی .....
۳۳	.....۲-۲-۲-۳- مکانیزم هوای فشرده .....
۳۴	.....۲-۲-۲- عملکرد تک پل یا سه پل مکانیزم .....
۳۴	.....۲-۲-۳- ولتاژ تغذیه کمکی و حدود تغییرات پارامترهای مربوط به آن .....
۳۴	.....۲-۲-۴- تعداد و نوع کنتاکت‌های کمکی اضافی .....
۳۵	.....۲-۲-۵- تعداد بوبین‌های قطع و وصل .....
۳۵	.....۲-۲-۶- موتوری یا دستی‌بودن مکانیزم فرمان .....
۳۵	.....۲-۳- انتخاب تعداد پل‌ها .....
۳۵	.....۲-۴- انتخاب کلاس کلید .....
۳۵	.....۲-۵- انتخاب مقادیر نامی کلید .....
۳۶	.....۲-۵-۱- ولتاژ نامی (Ur) .....
۳۷	.....۲-۵-۲- سطوح عایقی نامی .....
۳۸	.....۲-۵-۳- فرکانس نامی (fr) .....
۳۸	.....۲-۵-۴- جریان عادی نامی (Ir) .....
۳۸	.....۲-۵-۵- افزایش دمای نامی .....
۴۰	.....۲-۵-۶- جریان نامی تحمل کوتاه‌مدت (Ik) .....
۴۰	.....۲-۵-۷- جریان نامی تحمل پیک (Ip) .....
۴۰	.....۲-۵-۸- مدت زمان اتصال کوتاه نامی (tk) .....
۴۰	.....۲-۵-۹- جریان نامی قطع اتصال کوتاه (Isc) .....
۴۱	.....۲-۵-۹-۱- مولفه ac جریان نامی قطع اتصال کوتاه .....
۴۱	.....۲-۵-۹-۲- مولفه dc جریان نامی قطع اتصال کوتاه .....
۴۲	.....۲-۵-۱۰- جریان نامی وصل اتصال کوتاه .....
۴۲	.....۲-۵-۱۱- جریان‌های نامی کلیدزنی خازنی .....
۴۳	.....۲-۵-۱۱-۱- جریان نامی قطع شارژ خط .....
۴۳	.....۲-۵-۱۱-۲- جریان نامی قطع شارژ کابل .....
۴۳	.....۲-۵-۱۱-۳- جریان نامی قطع بانک خازنی واحد .....

۴۳	..... ۲-۵-۱۱-۴- جریان نامی قطع بانک خازنی پشت به پشت
۴۴	..... ۲-۵-۱۱-۵- جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی
۴۴	..... ۲-۵-۱۲- جریان قطع بار اندوکتیو کم
۴۵	..... ۲-۵-۱۳- توالی عملکرد نامی
۴۵	..... ۲-۵-۱۴- ولتاژ بازیافت گذرا (TRV) برای جریان نامی قطع اتصال کوتاه
۴۵	..... ۲-۵-۱۴-۱- مقادیر استاندارد TRV
۴۷	..... ۲-۵-۱۴-۴- مقادیر استاندارد ITRV
۴۷	..... ۲-۵-۱۵- مشخصات مربوط به خطای نزدیک به کلید
۴۹	..... ۲-۵-۱۶- جریان نامی قطع و وصل غیرهم فاز
۴۹	..... ۲-۵-۱۷- مقادیر نامی کمیات زمانی
۵۰	..... ۲-۵-۱۸- مقادیر نامی فشار گاز برای عایق سازی، عملکرد و / یا قطع
۵۰	..... ۲-۵-۱۹- روشهای کاهش دامنه اضافه ولتاژهای کلیدزنی
۵۰	..... ۲-۵-۱۹-۱- مقاومت وصل
۵۰	..... ۲-۵-۱۹-۲- سنکروسویچ
۵۱	..... ۲-۶- تأثیر شرایط اقلیمی و آب و هوایی بر انتخاب کلید قدرت
۵۲	..... ۲-۷- مراحل انتخاب کلید قدرت
۵۳	..... ۲-۸- مثال طراحی
۵۳	..... ۲-۸-۱- جمع آوری اطلاعات سیستم قدرت و پست در دست طراحی
۵۴	..... ۲-۸-۲ جمع آوری اطلاعات مربوط به شرایط اقلیمی و آب و هوایی محیط نصب کلید
۵۴	..... ۲-۸-۳- تعیین مشخصات ساختاری و الکتریکی کلید

### فصل سوم - آزمونهای نوعی (قسمت اول)

۶۱	..... ۳-۱- کلیات مربوط به آزمونهای نوعی
۶۴	..... ۳-۲- آزمونهای عایقی
۶۴	..... ۳-۲-۱- شرایط محیطی در طی آزمون
۶۴	..... ۳-۲-۲- روش انجام آزمون در حالت مرطوب
۶۴	..... ۳-۲-۳- شرایط کلید در طی آزمونهای عایقی
۶۵	..... ۳-۲-۴- معیارهای قبولی در آزمون
۶۶	..... ۳-۲-۵- اعمال ولتاژ آزمون و شرایط آزمون
۶۶	..... ۳-۲-۵-۱- حالت کلی
۶۷	..... ۳-۲-۵-۲- حالت خاص
۶۸	..... ۳-۲-۶- آزمونهای کلید برای ولتاژهای نامی ۲۴۵ کیلوولت و کمتر
۶۸	..... ۳-۲-۶-۱- آزمونهای ولتاژ فرکانس قدرت
۶۹	..... ۳-۲-۶-۲- آزمونهای ولتاژ ضربه صاعقه
۶۹	..... ۳-۲-۷- آزمونهای کلید برای ولتاژهای نامی بالاتر از ۲۴۵ کیلوولت
۶۹	..... ۳-۲-۷-۱- آزمونهای ولتاژ فرکانس قدرت
۶۹	..... ۳-۲-۷-۲- آزمونهای ولتاژ کلیدزنی
۷۰	..... ۳-۲-۷-۳- آزمونهای ولتاژ صاعقه
۷۰	..... ۳-۲-۸- آزمون آلودگی مصنوعی
۷۱	..... ۳-۲-۹- آزمونهای تخلیه جزئی

۷۱	..... ۱۰-۲-۳- آزمون‌های عایقی روی مدارهای کمکی و کنترل
۷۲	..... ۱۱-۲-۳- آزمون ولتاژ به عنوان بازیابی شرایط
۷۳	..... ۳-۳- آزمون‌های ولتاژ تداخل رادیویی
۷۵	..... ۴-۳- اندازه‌گیری مقاومت مدارها
۷۶	..... ۵-۳- آزمون‌های افزایش درجه حرارت
۷۶	..... ۱-۵-۳- شرایط کلید تحت آزمون
۷۶	..... ۲-۵-۳- چیدمان کلید
۷۷	..... ۳-۵-۳- اندازه‌گیری دما و افزایش درجه حرارت
۷۷	..... ۴-۵-۳- دمای هوای محیط
۷۸	..... ۵-۵-۳- آزمون افزایش درجه حرارت برای تجهیزات کنترل و کمکی
۷۸	..... ۶-۵-۳- تفسیر نتایج آزمون‌های افزایش درجه حرارت
۷۸	..... ۶-۳- آزمون‌های جریان تحمل کوتاه‌مدت و جریان تحمل پیک
۷۹	..... ۱-۶-۳- چیدمان کلید و مدارات آزمون
۷۹	..... ۲-۶-۳- جریان و مدت زمان آزمون
۸۰	..... ۳-۶-۳- رفتار کلید در مدت آزمون
۸۰	..... ۴-۶-۳- وضعیت کلید پس از آزمون
۸۰	..... ۷-۳- تعیین درجه حفاظت
۸۰	..... ۱-۷-۳- تعیین کد IP
۸۱	..... ۲-۷-۳- آزمون ضربه مکانیکی
۸۱	..... ۸-۳- آزمون‌های نفوذناپذیری
۸۲	..... ۱-۸-۳- سیستم‌های با کنترل فشار گاز
۸۲	..... ۲-۸-۳- سیستم‌های بسته
۸۳	..... ۹-۳- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی
۸۳	..... ۱-۹-۳- آزمون‌های انتشار روی سیستم‌های ثانویه
۸۳	..... ۲-۹-۳- آزمون‌های ایمنی روی سیستم‌های ثانویه
۸۳	..... ۱-۲-۹-۳- کلیات
۸۴	..... ۲-۲-۹-۳- راهنمای آزمون‌های ایمنی
۸۵	..... ۳-۲-۹-۳- آزمون‌های گذرای / قطع سریع الکتریکی
۸۵	..... ۴-۲-۹-۳- آزمون‌های ایمنی موج نوسانی
۸۶	..... ۵-۲-۹-۳- رفتار تجهیزات ثانویه در طی مدت آزمون و پس از آن
۸۷	..... ۱۰-۳- آزمون‌های مکانیکی و محیطی
۸۷	..... ۱-۱۰-۳- شرایط و تدارکات آزمون‌های مکانیکی و محیطی
۸۷	..... ۱-۱۰-۳- مشخصات حرکت مکانیکی مرجع
۹۰	..... ۲-۱۰-۳- آزمون‌های قطعات
۹۰	..... ۳-۱۰-۳- مشخصات و تنظیماتی از کلید که باید قبل و بعد از آزمون‌ها ثبت شوند
۹۱	..... ۴-۱۰-۳- وضعیت کلید در طی انجام آزمون‌ها و پس از آن
۹۱	..... ۵-۱۰-۳- وضعیت تجهیزات کنترل و کمکی در طی آزمون و پس از آن
۹۲	..... ۲-۱۰-۳- آزمون عملکرد مکانیکی در دمای هوای محیط
۹۲	..... ۱-۲-۱۰-۳- کلیات
۹۲	..... ۲-۲-۱۰-۳- وضعیت کلید پیش از آزمون

۹۲	.....۳-۲-۱۰-۳- شرح انجام آزمون روی کلیدهای کلاس M1
۹۳	.....۳-۲-۱۰-۴- آزمون تحمل مکانیکی توسعه یافته روی کلیدهای کلاس M2 برای شرایط کاری خاص
۹۳	.....۳-۲-۱۰-۵- معیارهای قبولی در آزمون عملکرد مکانیکی
۹۴	.....۳-۱۰-۳- آزمون های دمای کم و زیاد
۹۴	.....۳-۱۰-۳-۱- کلیات
۹۴	.....۳-۱۰-۳-۲- اندازه گیری دمای هوای اطراف کلید
۹۴	.....۳-۱۰-۳-۳- آزمون دمای کم
۹۶	.....۳-۱۰-۴- آزمون دمای زیاد
۹۷	.....۳-۱۰-۴- آزمون بارگذاری استاتیک روی ترمینال
۹۷	.....۳-۱۰-۴-۱- کلیات
۹۷	.....۳-۱۰-۴-۲- آزمون ها

### فصل چهارم - آزمونهای نوعی (قسمت دوم: آزمونهای قطع و وصل)

۱۱۳	.....۴-۱- کلیات
۱۱۴	.....۴-۲- تعداد نمونه های آزمون
۱۱۵	.....۴-۳- چیدمان کلید برای آزمون ها
۱۱۵	.....۴-۳-۱- کلیات
۱۱۶	.....۴-۳-۲- کلیدهای چندمحفظه ای
۱۱۷	.....۴-۴- ملاحظات عمومی در خصوص روش های انجام آزمایش
۱۱۷	.....۴-۴-۱- آزمایش تک فاز روی یکی از پل های کلید سه پل
۱۱۸	.....۴-۴-۲- آزمون واحد
۱۱۹	.....۴-۴-۲-۱- طبیعت مشابه واحدها
۱۱۹	.....۴-۴-۲-۲- توزیع ولتاژ
۱۲۱	.....۴-۴-۳- ملزومات آزمون واحد
۱۲۱	.....۴-۴-۳- آزمون چند بخشی
۱۲۲	.....۴-۵- آزمون های ترکیبی
۱۲۲	.....۴-۶- عملکردهای بی بار قبل از آزمون ها
۱۲۲	.....۴-۷- دیگر گزینه های مکانیزم عملکرد
۱۲۳	.....۴-۸- رفتار کلید در طی آزمون ها
۱۲۳	.....۴-۹- وضعیت کلید پس از انجام آزمون ها
۱۲۳	.....۴-۹-۱- کلیات
۱۲۳	.....۴-۹-۲- وضعیت کلید پس از یک دوره آزمون اتصال کوتاه
۱۲۴	.....۴-۹-۳- وضعیت کلید پس از یک سری آزمون اتصال کوتاه
۱۲۴	.....۴-۹-۴- وضعیت کلید پس از یک سری آزمون کلیدزنی جریان خازنی
۱۲۵	.....۴-۹-۵- آماده سازی مجدد کلید پس از یک دوره آزمون اتصال کوتاه و سری آزمون های دیگر
۱۲۵	.....۴-۱۰-۱- نمایش زمان های قوس
۱۲۵	.....۴-۱۰-۱-۱- آزمون های سه فاز
۱۲۶	.....۴-۱۰-۱-۱- دوره آزمون OP2, OP1, T100s(b), T100s, T60, T30, T10
۱۲۷	.....۴-۱۰-۱-۲- دوره آزمون T100a
۱۳۱	.....۴-۱۰-۲- آزمون های تک فاز به عنوان جایگزین شرایط سه فاز

- ۱۳۱ ..... ۱-۲-۱۰-۴ سیستم‌هایی که نوترال آنها مستقیماً زمین نشده است.
- ۱۳۵ ..... ۲-۲-۱۰-۴ سیستم‌هایی که نوترال آنها مستقیماً زمین شده است
- ۱۳۸ ..... ۳-۲-۱۰-۴ روال اصلاح شده برای مواردی که قطع کامل کلید در طی آزمون با زمان قوس متوسط موفقیت‌آمیز نباشد
- ۱۳۹ ..... ۴-۲-۱۰-۴ آزمون‌هایی که شرایط سیستم‌های با نوترال زمین شده و ایزوله را تلفیق می‌کنند.
- ۱۳۹ ..... ۵-۲-۱۰-۴ تقسیم‌بندی دوره آزمون به چند سری آزمون با در نظر گرفتن TRV

### فصل پنجم - آزمون‌های نوعی (قسمت سوم)

- ۱۴۳ ..... ۱-۵- مدارات مربوط به آزمون‌های قطع و وصل اتصال کوتاه
- ۱۴۳ ..... ۱-۱-۵- ضریب توان
- ۱۴۳ ..... ۲-۱-۵- فرکانس
- ۱۴۳ ..... ۳-۱-۵- زمین کردن مدار آزمون
- ۱۴۷ ..... ۴-۱-۵- اتصال مدار آزمون به کلید
- ۱۴۷ ..... ۲-۵- کمیات آزمون‌های اتصال کوتاه
- ۱۴۸ ..... ۱-۲-۵- ولتاژ اعمالی پیش از آزمون‌های وصل اتصال کوتاه
- ۱۴۸ ..... ۲-۲-۵- جریان وصل اتصال کوتاه
- ۱۴۸ ..... ۱-۲-۲-۵- کلیات
- ۱۴۸ ..... ۲-۲-۲-۵- روال آزمون
- ۱۴۸ ..... ۳-۲-۵- جریان قطع اتصال کوتاه
- ۱۴۹ ..... ۴-۲-۵- مؤلفه DC جریان قطع اتصال کوتاه
- ۱۵۰ ..... ۵-۲-۵- ولتاژ بازیافت گذرا (TRV) در آزمون‌های قطع اتصال کوتاه
- ۱۵۱ ..... ۱-۵-۲-۵- کلیات
- ۱۵۱ ..... ۲-۵-۲-۵- دوره آزمون‌های T100a و T100s
- ۱۵۴ ..... ۳-۵-۲-۵- دوره آزمون T60
- ۱۵۴ ..... ۴-۵-۲-۵- دوره آزمون T30
- ۱۵۵ ..... ۵-۵-۲-۵- دوره آزمون T10
- ۱۵۵ ..... ۶-۵-۲-۵- دوره آزمون‌های OP1 و OP2
- ۱۵۵ ..... ۶-۲-۵- اندازه‌گیری ولتاژ بازیافت گذرا در طی آزمون
- ۱۵۷ ..... ۷-۲-۵- ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت
- ۱۵۷ ..... ۳-۵- روال آزمون اتصال کوتاه
- ۱۵۹ ..... ۱-۳-۵- بازه زمانی میان آزمون‌ها
- ۱۵۹ ..... ۲-۳-۵- اعمال منبع کمکی به رله‌های بازکننده - آزمون‌های قطع
- ۱۵۹ ..... ۳-۳-۵- اعمال منبع کمکی به رله‌های بازکننده - آزمون‌های قطع و وصل
- ۱۵۹ ..... ۴-۳-۵- چفت شدن در وضعیت اتصال کوتاه
- ۱۶۰ ..... ۵-۳-۵- آزمون‌های مردود (غیرمعتبر)
- ۱۶۱ ..... ۴-۵- دوره آزمون‌های اساسی اتصال کوتاه
- ۱۶۱ ..... ۱-۴-۵- دوره آزمون T10
- ۱۶۱ ..... ۲-۴-۵- دوره آزمون T30
- ۱۶۲ ..... ۳-۴-۵- دوره آزمون T60
- ۱۶۲ ..... ۴-۴-۵- دوره آزمون T100s
- ۱۶۲ ..... ۱-۴-۴-۵- حالتی که ثابت زمانی مؤلفه dc مدار آزمون برابر با مقدار مشخص شده باشد.

- ۱۶۳ ..... ۲-۴-۴-۵- حالتی که ثابت زمانی مؤلفه dc مدار آزمون کوچکتر از مقدار مشخص شده باشد.
- ۱۶۳ ..... ۳-۴-۴-۵- حالتی که ثابت زمانی مؤلفه dc مدار آزمون بزرگتر از مقدار مشخص شده باشد.
- ۱۶۴ ..... ۴-۴-۴-۵- حالتی که ثابت زمانی مؤلفه ac مدار آزمون کوچک باشد.
- ۱۶۵ ..... ۵-۴-۵- دوره آزمون T100a.
- ۱۶۵ ..... ۵-۵- آزمون‌های جریان بحرانی.
- ۱۶۵ ..... ۱-۵-۵- کاربرد.
- ۱۶۶ ..... ۲-۵-۵- جریان آزمون.
- ۱۶۶ ..... ۳-۵-۵- دوره آزمون جریان بحرانی.
- ۱۶۶ ..... ۶-۵- آزمون‌های تک فاز و خطای اتصال دو فاز به زمین.
- ۱۶۶ ..... ۱-۶-۵- کاربرد.
- ۱۶۸ ..... ۲-۶-۵- جریان و ولتاژ بازیافت آزمون.
- ۱۶۸ ..... ۳-۶-۵- دوره آزمون.
- ۱۶۹ ..... ۷-۵- آزمون‌های خطای نزدیک کلید.
- ۱۶۹ ..... ۱-۷-۵- کاربرد.
- ۱۶۹ ..... ۲-۷-۵- جریان آزمون.
- ۱۶۹ ..... ۳-۷-۵- مدار آزمون.
- ۱۷۶ ..... ۴-۷-۵- دوره‌های آزمون.
- ۱۷۷ ..... ۵-۷-۵- اجرای آزمون‌های خطای نزدیک کلید با استفاده از منبع با توان محدود.
- ۱۷۷ ..... ۸-۵- آزمون‌های قطع و وصل غیرهم فاز.
- ۱۷۷ ..... ۱-۸-۵- مدار آزمون.
- ۱۷۸ ..... ۲-۸-۵- ولتاژهای آزمون.
- ۱۷۸ ..... ۳-۸-۵- دوره‌های آزمون.
- ۱۷۹ ..... ۹-۵- آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی.
- ۱۷۹ ..... ۱-۹-۵- کاربرد.
- ۱۸۰ ..... ۲-۹-۵- کلیات.
- ۱۸۰ ..... ۳-۹-۵- مشخصات مدارات تغذیه.
- ۱۸۱ ..... ۴-۹-۵- زمین کردن مدار تغذیه.
- ۱۸۱ ..... ۵-۹-۵- مشخصات مدار خازنی.
- ۱۸۱ ..... ۱-۵-۹-۵- آزمون‌های کلیدزنی جریان شارژ خط.
- ۱۸۲ ..... ۲-۵-۹-۵- آزمون‌های کلیدزنی جریان شارژ کابل.
- ۱۸۳ ..... ۳-۵-۹-۵- آزمون‌های کلیدزنی جریان بانک خازنی.
- ۱۸۳ ..... ۶-۹-۵- شکل موج جریان.
- ۱۸۳ ..... ۷-۹-۵- ولتاژ آزمون.
- ۱۸۴ ..... ۸-۹-۵- جریان آزمون.
- ۱۸۴ ..... ۹-۹-۵- دوره‌های آزمون.
- ۱۸۴ ..... ۱-۹-۹-۵- شرایط آزمون برای کلیدهای کلاس C2.
- ۱۸۷ ..... ۲-۹-۹-۵- شرایط آزمون برای کلیدهای کلاس C1.
- ۱۸۹ ..... ۳-۹-۹-۵- شرایط آزمون متناظر با قطع در صورت وجود خطاهای زمین.
- ۱۹۰ ..... ۱۰-۹-۵- انجام آزمون‌ها با TRV مشخص.
- ۱۹۱ ..... ۱۱-۹-۵- معیارهای قبولی در آزمون.



- ۱۹۱ ..... ۵-۹-۱۱-۱- کلیات
- ۱۹۱ ..... ۵-۹-۱۱-۲- معیارهای طبقه‌بندی یک کلید در کلاس CI

### فصل ششم \_ آزمونهای جاری

- ۱۹۵ ..... ۶-۱- آزمون‌های عایقی روی مدار اصلی
- ۱۹۶ ..... ۶-۲- آزمون‌های عایقی روی مدارهای کنترل و کمکی
- ۱۹۶ ..... ۶-۲-۱- بازرسی مدارهای کنترل و کمکی و بررسی تطبیق آنها با دیاگرام‌های مدار و سیم‌بندی
- ۱۹۶ ..... ۶-۲-۲- آزمون‌های عملکردی
- ۱۹۷ ..... ۶-۲-۳- بررسی میزان حفاظت در برابر شوک الکتریکی
- ۱۹۷ ..... ۶-۲-۴- آزمون‌های عایقی
- ۱۹۷ ..... ۶-۳- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی
- ۱۹۷ ..... ۶-۴- آزمون نفوذناپذیری
- ۱۹۷ ..... ۶-۴-۱- سیستم‌های با کنترل فشار گاز
- ۱۹۷ ..... ۶-۴-۲- سیستم‌های بسته
- ۱۹۷ ..... ۶-۵- بازدید ظاهری
- ۱۹۸ ..... ۶-۶- آزمون‌های عملکرد مکانیکی

### فصل هفتم \_ دستورالعمل‌های بهره‌برداری کلید قدرت

- ۲۰۱ ..... ۷-۱- کلیات
- ۲۰۱ ..... ۷-۲- بازدهی‌های دوره‌ای
- ۲۱۵ ..... ۷-۲-۱- بازدهی‌های روزانه
- ۲۱۷ ..... ۷-۲-۲- بازدهی‌های هفتگی
- ۲۰۲ ..... ۷-۲-۳- بازدهی‌های ماهیانه
- ۲۰۲ ..... ۷-۲-۳-۱- بازدید ماهیانه عمومی کلیدهای قدرت
- ۲۰۲ ..... ۷-۲-۳-۲- بازدید ماهیانه از مکانیزم عملکرد کلیدهای با مکانیزم هوایی
- ۲۰۳ ..... ۷-۲-۳-۳- بازدید ماهیانه از مکانیزم عملکرد کلیدهای با مکانیزم هیدرولیک
- ۲۰۳ ..... ۷-۲-۳-۴- بازدید ماهیانه از مکانیزم عملکرد کلیدهای با مکانیزم فنری
- ۲۰۳ ..... ۷-۳- سرویس‌های دوره‌ای کلید
- ۲۱۵ ..... ۷-۳-۱- سرویس پل‌ها
- ۲۱۵ ..... ۷-۳-۲- سرویس مکانیزم فنری
- ۲۱۶ ..... ۷-۳-۳- سرویس مکانیزم هوای فشرده (نیوماتیک)
- ۲۱۶ ..... ۷-۳-۴- سرویس مکانیزم هیدرولیک
- ۲۱۷ ..... ۷-۳-۵- مهارتهای لازم
- ۲۱۷ ..... ۷-۳-۶- ابزار و لوازم موردنیاز
- ۲۱۷ ..... ۷-۴- تعمیرات اساسی و آزمونهای کلید
- ۲۱۷ ..... ۷-۴-۱- تعمیرات اساسی کلید
- ۲۱۷ ..... ۷-۴-۱-۱- تعمیرات اساسی پل‌ها
- ۲۱۸ ..... ۷-۴-۱-۲- تعمیرات مکانیزم کلیدها
- ۲۱۸ ..... ۷-۴-۱-۳- سایر تعمیرات کلیدهای قدرت

۲۱۸	..... آزمون‌ها. ۲-۴-۷
۲۱۹	..... مهارت‌های لازم. ۳-۴-۷
۲۱۹	..... ابزار و لوازم موردنیاز. ۴-۴-۷
۲۲۵	..... منابع و مراجع

# فصل ١

اهداف، کلیات، تعاریف





## مقدمه

در این فصل پس از مرور مختصری بر نقش کلید در شبکه‌های قدرت، ساختمان، انواع و چگونگی عملکرد کلید مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس تعاریف مرتبط با کلید به تفصیل ارائه می‌شوند.

### 1-1- کلیات

برقراری ارتباط میان قسمت‌های مختلف شبکه قدرت و ایجاد امکان قطع و وصل این قسمت‌ها توسط کلید قدرت انجام می‌گیرد. در واقع تجهیزات الکتریکی توسط کلیدها به شبکه متصل و یا از آن جدا می‌گردند. همچنین در صورت بروز خطا در شبکه، جداسازی قسمت معیوب از بقیه شبکه توسط کلید صورت می‌گیرد. به طور کلی قطع و وصل کلیدهای قدرت به دو صورت انجام می‌شود:

- قطع کلید با برنامه و با اطلاع مسئولان شبکه به منظور انجام مانور و جابجائی فیدها، انجام تعمیرات، بازرسی و غیره. در این حالت کلید به صورت دستی توسط اپراتور قطع می‌شود.
- قطع کلید بدون برنامه قبلی که در نتیجه بروز خطا در شبکه رخ می‌دهد. در این حالت رله‌های حفاظتی با تشخیص خطا، به کلید فرمان قطع می‌دهند.

کلیدها در رژیم کار عادی شبکه و در هنگام وصل، نقش مهمی در تأمین انرژی مصرف‌کنندگان به عهده ندارند. نقش اصلی آنها در پی بروز خطا در شبکه مشخص می‌شود. از این نظر کلید اختلاف عمده‌ای با سایر تجهیزات شبکه دارد. درحالی که در شرایط عادی ممکن است کلیدها برای مدت طولانی مورد استفاده قرار نگیرند، اما قطع و وصل صحیح و مطمئن آنها در حین بروز خطا ضروری است.

اگر با بروز خطا در بخشی از شبکه، کلید مربوطه نتواند جریان اتصال کوتاه را قطع کند، کلیدهای دیگر عمل کرده و بخش بزرگتری از شبکه بی‌برق می‌شود. علاوه بر این اگر تا فاصله زمانی معینی پس از بروز خطا، قسمت معیوب از شبکه جدا شود، نیروگاه می‌تواند به شرایط کار پایدار خود بازگردد. در غیر این صورت شبکه دچار ناپایداری می‌شود. مدت زمان مذکور، حد زمان بحرانی خطا نام دارد. در واقع تأخیر در قطع کلیدها، مدت برقراری جریان خطا در شبکه را افزایش داده و بازگشت شبکه به شرایط عادی را دشوارتر می‌سازد [3].

با توجه به نقش کلیدهای قدرت در حفظ پایداری شبکه و جلوگیری از بروز خاموشی‌های وسیع، اهمیت عملکرد صحیح و مطمئن آنها مشخص می‌شود.

### 1-2- ساختمان و انواع کلید

محفظه قطع، مکانیزم عملکرد (مکانیزم فرمان)، مقره‌ها و اجزاء جانبی بخش‌های اصلی یک کلید قدرت هستند. در ادامه، موارد مذکور به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرند [3].

## 1-2-1- محفظه قطع و ماده عایقی

### 1-1-2-1- محفظه قطع

قطع و وصل جریان در داخل محفظه قطع کلید صورت می‌گیرد. محفظه قطع فضایی بسته با یک یا چند کنتاکت ثابت و متحرک بوده و معمولاً از جنس چینی یا فلز و به صورت استوانه یا کره ساخته می‌شود. کنتاکت متحرک درون محفظه حرکت کرده و با اتصال به کنتاکت ثابت یا جداشدن از آن، جریان را وصل یا قطع می‌کند که البته این امر با بروز قوس همراه است. با افزایش سطح ولتاژ و بالا رفتن مقدار جریان اتصال کوتاه، باید فاصله بین کنتاکت‌های ثابت و متحرک متناسب با مقدار ولتاژ افزایش یافته و محفظه قطع توسعه یابد. افزایش فاصله مذکور طول مسیر حرکت کنتاکت متحرک و زمان طی آن را افزایش داده و مدت برقراری قوس را طولانی‌تر می‌کند. برخی اوقات برای محدود نمودن طول قوس و تسهیل اطفاء آن از چند محفظه قطع سری با یکدیگر استفاده می‌شود. اما باید توجه داشت که برای عملکرد صحیح کلید تحت این شرایط اولاً حرکت کنتاکت‌های متحرک در کلیه محفظه‌های قطع باید کاملاً به شکل همزمان صورت گیرد و ثانیاً افت ولتاژ روی محفظه‌ها با یکدیگر برابر باشد. نحوه توزیع ولتاژ در محفظه‌ها به ویژگی‌های خازنی و اهمی کلید بستگی دارد. معمولاً در کلیدهای SF<sub>6</sub> به منظور توزیع یکنواخت ولتاژ روی محفظه‌ها از خازن‌های موازی با آنها استفاده می‌شود. این امر در افزایش توانایی قطع این کلیدها نیز مؤثر است.

محفظه‌های قطع ممکن است توسط ستون مقرر از زمین ایزوله و در ارتفاع مناسبی از آن نصب شده باشند. در این صورت دو ترمینال ورودی و خروجی کلید مستقیماً به کنتاکت‌های ثابت و متحرک متصل می‌گردند. این نوع محفظه قطع را اصطلاحاً ایزوله<sup>1</sup> می‌نامند. اما محفظه زمین‌شده<sup>2</sup> نیز وجود دارد که روی سطح زمین نصب شده و در آن اتصال کنتاکت‌های ثابت و متحرک به هادی‌های برقدار از طریق بوشینگ صورت می‌گیرد. در کلیدهای SF<sub>6</sub> بیشتر نوع اول مورد استفاده است.

### 1-2-1-2- ماده عایقی

کلید باید بتواند حداکثر ولتاژ سیستم را به طور پیوسته بین دو کنتاکت خود تحمل نماید. علاوه بر این باید در حین قطع جریان اتصال کوتاه، در مقابل ولتاژ گذرای ظاهر شده بین دو کنتاکت، استقامت و از بروز قوس مجدد جلوگیری کند. بدین منظور باید تمهیدات عایقی خاصی برای کلید در نظر گرفته شود. کلیدها را از نظر نوع ماده عایقی می‌توان به انواع زیر تقسیم نمود:

- کلیدهای با حجم روغن زیاد<sup>3</sup>
- کلیدهای هوای فشرده
- کلیدهای کم روغن
- کلیدهای خلاء
- کلیدهای SF<sub>6</sub>

امروزه در سطوح فشار قوی استفاده از کلیدهای کم روغن و کلیدهای با حجم روغن زیاد، به دلایل فنی و اقتصادی منسوخ شده اما کلیدهای SF<sub>6</sub> به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این کلیدها گاز SF<sub>6</sub> به عنوان عایق بین قطعات مختلف و همچنین به عنوان خاموش‌کننده قوس به کار می‌رود. SF<sub>6</sub> گازی بی‌بو، بی‌رنگ، غیرسمی و غیرقابل اشتعال است. وزن مولکولی آن 5 برابر و

1 . Live Tank  
2 . Dead Tank  
3 . Bulk oil

استقامت عایقی آن بیش از دو برابر مقادیر مربوط به هواست. برای ایجاد استقامت عایقی کافی و نیز برای عملکرد صحیح کلید در خاموش کردن قوس، فشار گاز SF<sub>6</sub> در داخل محفظه باید مقدار معینی داشته باشد. لذا در حین کار کلید باید این فشار مورد بازرسی منظم قرار گیرد.

استفاده از کلیدهای SF<sub>6</sub> در ولتاژهای متوسط عمدتاً به دلیل ناچیز بودن تعمیرات آن است. اما در ولتاژهای زیاد علاوه بر مورد مذکور، کاهش تعداد محفظه‌های قطع باعث می‌شود کلید SF<sub>6</sub> از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد.

کلیدهای SF<sub>6</sub> از نظر نحوه خاموش شدن قوس به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند:

- تک‌دمش<sup>1</sup>: در این روش خاموش کردن قوس از طریق دمیدن گاز با سرعت زیاد بین دو کنتاکت در حین جدا شدن آنها صورت می‌گیرد.

- خود خاموش<sup>2</sup>: در این روش برای خاموش کردن قوس از انرژی خود آن نیز استفاده می‌شود. در نتیجه انرژی کمتری لازم بوده و مکانیزم مربوطه کوچکتر و ارزان‌تر است. در این نوع کلیدها قطع جریان‌های کوچک به دلیل کمبود انرژی قوس آنها باید مورد بررسی خاص قرار گیرد.

برای آگاهی بیشتر از خصوصیات گاز SF<sub>6</sub> می‌توان به استانداردهای IEC شماره‌های 60480 و 61634 مراجعه نمود.

در رده فشار متوسط تا 33 کیلوولت و در برخی موارد تا 72/5 کیلوولت کلیدهای خلاء نیز کاربردهای قابل توجهی دارند.

### 1-2-2-1- مکانیزم عملکرد (فرمان)

مکانیزم عملکرد علاوه بر اینکه در هنگام قطع و وصل کلید، انرژی لازم برای کنتاکت متحرک را فراهم می‌آورد، لحظه حرکت کنتاکت را نیز کنترل می‌کند. به دنبال اعمال فرمان قطع و وصل به صورت دستی یا توسط رله، انرژی ذخیره شده در مکانیزم توسط ارتباطات مکانیکی به کنتاکت متحرک منتقل و باعث حرکت سریع آن می‌شود. با توجه به اینکه کل مدت زمان قطع کلید شامل زمان عملکرد رله حفاظتی، رله‌های کمکی (در صورت وجود) و رله قطع به اضافه زمان عملکرد مکانیزم و زمان خاموش شدن قوس می‌باشد، کاهش زمان عملکرد مکانیزم تأثیر مهمی در کاهش مدت زمان قطع کلید داشته و از جمله پارامترهای حساس در انتخاب کلید محسوب می‌شود. به علاوه، طبق بررسی‌های انجام شده اغلب خطاهای کلیدهای قدرت ناشی از اشکال در مکانیزم عملکرد آنهاست.

مکانیزم‌های عملکرد معمولاً برحسب نحوه ایجاد انرژی لازم برای حرکت کنتاکت متحرک تقسیم‌بندی می‌شوند. بدین ترتیب می‌توان به انواع فنری، هیدرولیک و نیوماتیک اشاره نمود. مکانیزم فنری - هیدرولیک نیز ساخته و معرفی شده است.

### 1-2-2-1-1- مکانیزم فنری

در این نوع مکانیزم، انرژی لازم برای عملکرد کلید در فنر ذخیره می‌گردد. معمولاً یک موتور فنر وصل را شارژ می‌کند. پس از شارژ این فنر در صورت اعمال فرمان وصل، انرژی موجود در آن باعث حرکت کنتاکت متحرک و وصل کلید می‌شود. به طور همزمان انرژی فنر وصل، فنر قطع را نیز شارژ می‌کند به طوری که پس از هر فرمان وصل، امکان قطع کلید نیز وجود خواهد داشت. به علاوه

1 . Puffer Type

2 . Self Extinguish

پس از هر بار وصل کلید، سوئیچ‌های حدی<sup>1</sup> موجود در مکانیزم، مدار تغذیه موتور برای شارژ فنر وصل را برقرار و پس از هر شارژ فنر آن را قطع می‌کنند.

#### 1-2-2-2- مکانیزم هیدرولیکی

در این مکانیزم از اختلاف فشار دو سیستم هیدرولیک در داخل یک مجموعه پیوسته و جدا از محیط خارج استفاده می‌شود. توسط یک پمپ روغن انرژی لازم برای عملکرد کلید در گاز نیتروژن ذخیره می‌گردد. با عملکرد شیرهای الکتریکی فشار نیتروژن پیستون عملکرد را جابجا کرده منجر به قطع یا وصل کلید می‌شود. منبع نیتروژن فشرده، انرژی لازم برای چندین بار عمل قطع و وصل را در خود ذخیره دارد و پس از چند بار عمل کلیدزنی، عملکرد پمپ روغن لازم می‌شود. فشار روغن به وسیله فشارسنج کنترل و در موقع لزوم (مثلاً وقتی فشار روغن از حد معینی کمتر شود) آلارم‌های لازم ارسال می‌شود. در این حالت کنتاکت‌های فشارسنج مانع از عمل وصل یا قطع و وصل مجدد کلید می‌شوند.

#### 1-2-2-3- مکانیزم نیوماتیکی

در این مکانیزم، هوا به عنوان منبع ذخیره انرژی به کار می‌رود. هوا توسط کمپرسور فشرده و در مخزنی ذخیره می‌شود. مخزن مجهز به فشارسنج و شیر اطمینان است تا همواره فشار هوا در محدوده معینی قرار داشته باشد. ممکن است هر کلید یک کمپرسور داشته باشد یا از یک کمپرسور مرکزی برای تمام کلیدهای یک پست استفاده شود که البته نوع دوم قابلیت اطمینانی کمتری داشته و کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### 1-2-3- مقره‌ها

مقره‌ها علاوه بر تأمین فواصل خزشی مورد نیاز در کلید (یک فاصله خزشی بین ترمینال‌های ورودی و خروجی و دیگری بین ترمینال‌ها و پایه کلید) باید برآیند نیروهای وارده را تحمل کنند. مقره‌ها تکیه‌گاه محفظه قطع بوده و ایزوله‌کننده قسمت‌های برقدار از زمین می‌باشند.

#### 1-2-4- اجزاء جانبی

هر کلید به طور معمول شامل اجزاء زیر است:

#### 1-4-2-1- پایه نگه‌دارنده

کلیدهای قدرت بر روی سازه‌های فولادی با روکش گالوانیزه گرم نصب می‌شوند. معمولاً این پایه‌ها همراه خود کلید تحویل داده می‌شود.

1 . Limit Switch



## 1-2-4-2- ترمینال‌های فشار قوی

این ترمینال‌ها از مواد مناسب و به گونه‌ای ساخته می‌شوند که علاوه بر تحمل نیروهای اعمالی، برای عبور جریان‌های نامی و اتصال کوتاه نیز مناسب باشند.

## 1-2-4-3- وسیله اندازه‌گیری فشار گاز

با توجه به اینکه قابلیت قطع و استقامت الکتریکی گاز SF<sub>6</sub> به فشار آن بستگی دارد وسیله‌ای برای سنجش و کنترل این کمیت در نظر گرفته می‌شود. این دستگاه معمولاً مجهز به دو کنتاکت است. در صورت کاهش فشار گاز تا حدی که هنوز امکان قطع کلید وجود داشته باشد کنتاکت اول وصل و سیگنال آلارم ارسال می‌شود. با وصل کنتاکت دوم مشخص می‌شود که چگالی گاز به قدری کم شده که امکان قطع کلید وجود ندارد. در این حالت کلید قفل و آلارم لازم ارسال می‌شود.

## 1-2-4-4- جعبه مکانیزم فرمان

این تابلو وظیفه نگهداری از لوازم جانبی قطع و وصل و فرمان را برعهده دارد و رابط کلید با تجهیزات اتاق کنترل پست است. تابلوی کنترل عموماً شامل وسایل زیر است.

- ترمینال‌های اتصال: این ترمینال‌ها برای اتصالات داخلی و نیز اتصال کابل‌های بیرونی به مکانیزم به کار می‌روند.
- کلید انتخاب‌گر<sup>1</sup> سه حالتی قطع - وصل - خنثی
- کلید سه حالتی محلی / از راه دور / قطع<sup>2</sup>: این کلید برای انتخاب محل ارسال فرمان به کلید به کار می‌رود.
- بوبین‌های قطع و وصل: برای ارسال هر فرمان، بوبین مربوط به آن برقرار می‌شود. معمولاً از دو بوبین قطع و یک بوبین وصل مستقل استفاده می‌شود.
- شمارنده تعداد عملکرد کلید<sup>3</sup>: این وسیله تعداد عملکردهای کلید را می‌شمارد. این تعداد برای تعیین زمان تعمیرات دوره‌ای به کار می‌رود.
- کلیدهای حدی: این کلیدها پس از شارژ فنر یا سیستم هیدرولیک یا هوای فشرده عمل کرده، مدارات تغذیه موتورها را قطع می‌کنند. در مکانیزم فنری پس از عملکرد فنر وصل، مدار تغذیه موتور شارژ فنر را وصل می‌کنند.
- نشان‌دهنده وضعیت باز یا بسته بودن کلید
- گرمکن الکتریکی: گرمکن با ایجاد گرمای یکنواخت مانع از ایجاد تقطیر در تابلو می‌شود.
- لامپ روشنایی: این لامپ در داخل تابلو تعبیه و با باز کردن در تابلو توسط کلید حدی، برقرار و روشن می‌شود.
- کنتاکت‌های کمکی: کنتاکت‌های NO و NC در سیستم حفاظت و کنترل کلید مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- وسایل اندازه‌گیری وضعیت ماده عایقی در محفظه قطع
- مدار توقف عملکرد موتور<sup>1</sup>: اگر به دلیل بروز مشکلی در سیستم ذخیره انرژی، عملکرد موتور شارژ تا زمان زیادی ادامه یابد و کلیدهای حدی موفق به قطع تغذیه موتور نشوند، مدار مذکور تغذیه موتور را قطع و آلارم لازم را ارسال می‌کند.

1 . Selector Switch

2 . Local/ Remote/ Disconnect

3 . Operating Counter

- جعبه مکانیزم فرمان: تابلو از جنس فولاد و مجهز به دستگیره و قفل بوده از نظر رنگ با کلید هم‌خوانی دارد.
- MCB جهت حفاظت هیتر
- MCCB جهت حفاظت موتور
- رله‌های آنتی پمپینگ

### 1-3- قطع جریان خطا

قطع جریان خطا در کلید با بروز قوس، ایجاد ولتاژ بازیافت گذرا<sup>2</sup> (TRV) و احتمال بروز قوس مجدد<sup>3</sup> یا قوس مکرر<sup>4</sup> همراه است. در زیر این پدیده‌ها مختصراً به طور کیفی بررسی می‌شوند.

#### 1-3-1- ولتاژ بازیافت گذرا

ولتاژ بین دو کنتاکت کلید در حالت وصل آن برابر صفر و در حالت قطع برابر با ولتاژ شبکه است. جدا شدن کنتاکت متحرک از کنتاکت ثابت تحت جریان خطا با بروز قوس همراه است. در طی برقراری قوس، ولتاژ بین دو کنتاکت تقریباً ثابت و ناچیز است. با صفر شدن جریان در طی تغییرات سینوسی آن، قوس به طور طبیعی خفه شده، ارتباط بین دو کنتاکت قطع می‌گردد (لحظه عبور جریان از صفر، به صفر جریان موسوم است). پس از خاموش شدن قوس، اختلاف ولتاژ بین کنتاکت‌های ثابت و متحرک به سرعت افزایش یافته و پس از طی یک حالت گذرا برابر ولتاژ شبکه می‌شود. تغییرات ولتاژ دو سر کلید از لحظه جدایی کنتاکت‌ها تا قطع کامل جریان به ولتاژ بازیافت گذرا (TRV) موسوم است. TRV را می‌توان به عکس‌العمل شبکه در برابر قطع قوس نیز تعبیر کرد. هرچه دامنه حداکثر TRV بزرگتر و زمان رسیدن به آن کوچکتر باشد شرایط کلید برای قطع قوس دشوارتر است. در مدارات سلفی، سرعت افزایش ولتاژ گذرا و در مدارات خازنی دامنه حداکثر آن نسبت به TRV مدار مقاومتی بیشتر است. ولتاژهای بازیافت گذرا بر دو نوع تک فرکانس و چند فرکانس هستند. نوع اول بر اثر قطع جریان خطای روی ترمینال کلید<sup>5</sup> و نوع دوم بر اثر قطع جریان خطاهای نزدیک کلید روی خط<sup>6</sup>، خطاهای پشت ترانس‌ها و شبکه‌های تغذیه شده از دو طرف، روی کلید ظاهر می‌شود.

#### 1-1-3-1- ویژگی‌های امواج TRV [1]

شکل موج ولتاژهای بازیافت گذرا بسته به آرایش واقعی شبکه تغییر می‌کند. در برخی موارد بویژه در سیستم‌های فشارقوی و در حالتی که جریان‌های اتصال کوتاه در مقایسه با حداکثر جریان اتصال کوتاه در نقطه مورد بحث نسبتاً بزرگ باشند، TRV شامل یک پریود با نرخ افزایش زیاد است که به دنبال آن پریود دیگری با نرخ افزایش کمتر می‌آید. برای نمایش این شکل موج عموماً یک پوش شامل سه قطعه خط که با چهار پارامتر تعریف می‌شوند کافی است.

1 . Non – Stop Motor Operation  
 2 . Transient Recovery Voltage  
 3 . Restrike  
 4 . Reignition  
 5 . Terminal Fault  
 6 . Short Line Fault

در سایر موارد بویژه در سیستم‌هایی با ولتاژ کمتر از 100 کیلوولت یا در سیستم‌هایی با ولتاژ بیشتر از 100 کیلوولت درحالتی که جریانهای اتصال کوتاه واقعی در مقایسه با سطح اتصال کوتاه نامی سیستم تفاوت چشمگیری دارد، TRV تقریباً یک نوسان تک‌فرکانس میراشونده است. این شکل موج با یک پوش شامل دو قطعه خط که با دو پارامتر تعریف می‌شوند نمایش داده می‌شود. نمایش دو پارامتری در واقع حالت خاصی از نمایش چهار پارامتری است.

وجود خازن محلی در طرف تغذیه کلید باعث کاهش نرخ افزایش ولتاژ در طی اولین میکروثانیه‌های TRV می‌شود. این تأثیر با یک تأخیر زمانی مدل می‌گردد. این طور به نظر می‌رسد که ممکن است هر بخش از موج TRV بر قابلیت قطع کلید موثر باشد. بخش آغازین TRV<sup>1</sup> ممکن است برای بعضی از انواع کلید مهم باشد. این بخش از TRV که TRV اولیه<sup>2</sup> یا ITRV نام دارد بر اثر نوسانات کم دامنه ابتدایی ناشی از بازتاب‌های موج از اولین ناپیوستگی عمده<sup>3</sup> در امتداد شینه تولید می‌شود. ترکیب‌بندی شینه و بی خط<sup>4</sup> چگونگی ITRV را تعیین می‌کنند. ITRV پدیده‌ای فیزیکی و بسیار مشابه با خطای نزدیک کلید است. اولین پیک ولتاژ ITRV در مقایسه با خطای نزدیک کلید نسبتاً کوچک است اما زمان رسیدن به این پیک بسیار کوتاه است (اولین میکروثانیه‌های پس از صفر جریان). این امر از جنبه‌های حرارتی بر قطع جریان توسط کلید تأثیر می‌گذارد.

کلیدهایی که مشخصات قطع جریان خطای نزدیک کلید برای آنها در نظر گرفته شده است ملزومات ITRV را برآورده می‌سازند. از آنجا که ITRV با امپدانس موجی شینه و جریان متناسب است می‌توان در مورد همه کلیدهای 72/5 کیلوولت و کلیدهایی که جریان قطع اتصال کوتاه نامی آنها کمتر از 25 کیلوآمپر است از ملزومات ITRV صرف‌نظر کرد.

### 1-3-1-2- نمایش TRV [1]

پارامترهای زیر برای نمایش TRV به کار می‌روند:

**الف) خط مرجع چهار پارامتری (شکل 1-1)**

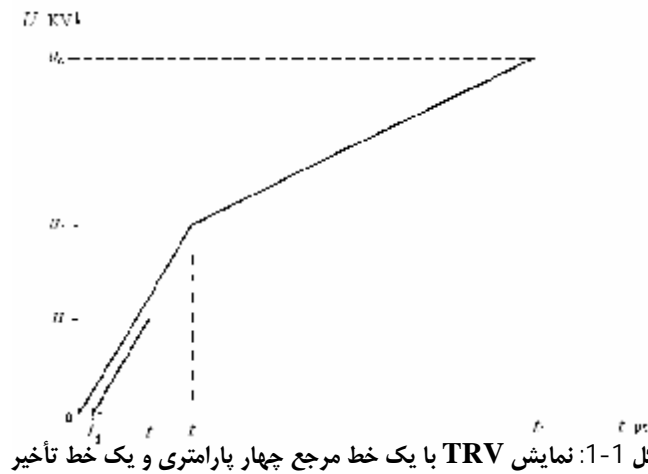
$u_1$  = اولین ولتاژ مرجع بر حسب کیلوولت

$t_1$  = زمان رسیدن ولتاژ به  $u_1$  بر حسب میکروثانیه

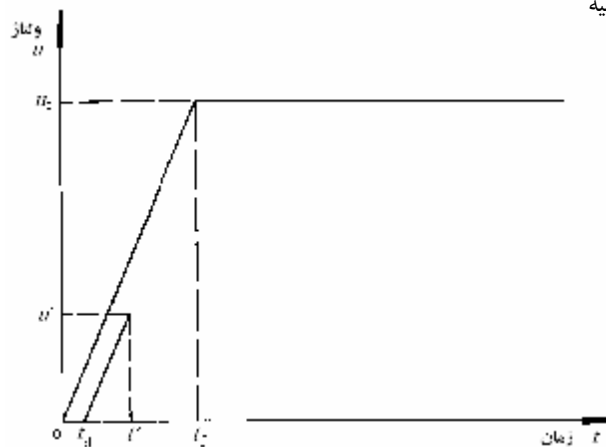
$u_c$  = دومین ولتاژ مرجع (پیک TRV) بر حسب کیلوولت

$t_2$  = زمان رسیدن به  $u_c$  بر حسب میکروثانیه

1 . The Very Beginning of TRV  
2 . Initial TRV  
3 . Major Discontinuity  
4 . Line Bay



(ب) خط مرجع دو پارامتری (شکل 2-1)  
 $u_c =$  ولتاژ مرجع (مقدار بیک TRV) بر حسب کیلوولت  
 $t_3 =$  زمان رسیدن به  $u_c$  بر حسب میکروثانیه



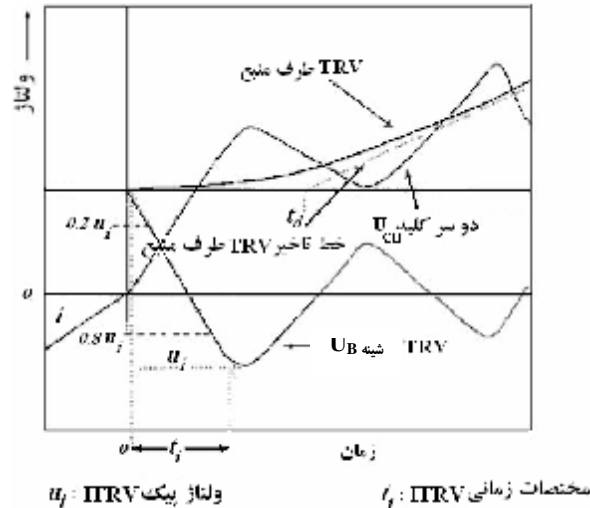
(پ) خط تأخیر TRV (شکل های 1-1 و 2-1)  
 $t_d =$  تأخیر زمانی بر حسب میکروثانیه  
 $u' =$  ولتاژ مرجع بر حسب کیلوولت  
 $t' =$  زمان رسیدن ولتاژ به  $u'$  بر حسب میکروثانیه

خط تأخیر روی محور زمان و در تأخیر زمانی نامی آغاز شده و موازی با اولین بخش خط مرجع TRV نامی پیش می رود و در ولتاژ  $u'$  پایان می پذیرد.

## ت) ITRV (شکل 3-1)

$u_i$  = ولتاژ مرجع (پیک ITRV) برحسب کیلوولت

$t_i$  = زمان رسیدن ولتاژ به  $u_i$  برحسب میکروثانیه



شکل 3-1: نمایش ITRV نسبت به TRV

ITRV با دو مقدار  $u_i$  و  $t_i$  مشخص می‌شود. نرخ افزایش ITRV به مقدار جریان اتصال کوتاه قطع شده و دامنه آن به فاصله تا اولین ناپیوستگی در امتداد شینه بستگی دارد.

## 1-3-2-2- بروز قوس مجدد

افزایش سریع ولتاژ بین دو کنتاکت پس از خاموشی قوس، ممکن است منجر به بروز قوس مجدد شود. برای جلوگیری از این مسأله باید فضای بین دو کنتاکت هرچه سریع‌تر خاصیت عایقی خود را بازیابد. در واقع قوس به طور طبیعی خاموش می‌شود و نقش مواد عایقی کلید جلوگیری از بروز قوس مجدد است. بدین منظور باید سرعت افزایش خاصیت عایقی کلید از نرخ افزایش ولتاژ بازیافت آن و حداکثر مقاومت عایقی کلید از حداکثر دامنه TRV بیشتر باشد.

احتمال وقوع قوس مجدد پس از گذشت حدود  $\frac{1}{4}$  سیکل فرکانس قدرت از لحظه خاموشی قوس بیشتر است. اما در قطع ترانس‌ها و راکتورهای بی‌بار (قطع جریان‌های اندوکتیو کم) ممکن است پیش از گذشت  $\frac{1}{4}$  سیکل فرکانس قدرت از لحظه خاموشی قوس، قوس دیگری برقرار شود که آن را قوس مجدد می‌نامند.

## 1-3-3-1- قطع خطای سه فاز

با بروز خطای سه فاز، جریان در هر سه فاز افزایش یافته و پس از طی رژیم‌گذرا به مقداری برابر با جریان خطا می‌رسد. جریان خطا و نیز ثابت زمانی کاهش مولفه dc جریان، در هر سه فاز مساوی است اما مقدار اولیه مولفه dc جریان (که به لحظه وقوع خطا بستگی دارد) در سه فاز متفاوت است. در نتیجه ابتدا فازی قطع می‌شود که صفر جریان آن زودتر از دو فاز دیگر اتفاق می‌افتد. با قطع

فاز اول، خطا تبدیل به نوع دو فاز می‌شود و اختلاف فاز جریانهای اتصال کوتاه در دو فاز دیگر به 180 درجه می‌رسد. در نتیجه صفر جریان آن دو همزمان رخ داده و با هم قطع می‌شوند. فاصله زمانی بین قطع فاز اول و قطع همزمان فازهای دوم و سوم عمدتاً بستگی به TRV دارد. در کلیدهای SF<sub>6</sub> این فاصله زمانی از یک سیکل تجاوز نمی‌کند.

انرژی قوس حاصل از قطع خطای سه فاز به طور مساوی بین سه محفظه تقسیم نمی‌شود. اولین پل بازشونده نیمی از کل انرژی قوس را در خود تلف می‌کند و نیم دیگر به طور مساوی بین دو پل دیگر تقسیم می‌شود. در نتیجه خوردگی کنتاکت‌های ثابت و متحرک در فازی که زودتر قطع می‌شود بیشتر است.

#### 4-1- تعاریف

در این زیر فصل تعدادی از تعاریف مفید مرتبط با کلید ارائه می‌شوند. تعاریف به پنج دسته کلی "عبارات عمومی"، "وسایل کلیدزنی"، "اجزاء کلید"، "عملکرد کلید" و "کمیات مشخصه" تقسیم می‌شوند [1 و 2].

##### 1-4-1- عبارات عمومی

تعاریف زیر در بند 3-1 از استاندارد IEC شماره 62271-100 موجود می‌باشد.

##### 1-1-4-1- ضریب خطای زمین 1

در بخشی از یک سیستم سه فاز (عموماً محل نصب یک تجهیز) و برای یک آرایش معین از سیستم، نسبت مقدار موثر بزرگترین ولتاژ فرکانس قدرت فاز به زمین ظاهر شده بر روی یک فاز سالم در طی یک خطای فاز به زمین، به مقدار موثر ولتاژ فرکانس قدرت فاز به زمین همان فاز در شرایط عدم خطا در آن بخش از سیستم، ضریب خطای زمین نام دارد.

این ضریب یک نسبت عددی (عموماً بزرگتر از یک) بدون بعد<sup>2</sup> است و وضعیت زمین شدن<sup>3</sup> یک سیستم را آن طور که از آن بخش دیده می‌شود، مستقل از مقادیر واقعی ولتاژ بیان می‌دارد.

##### 1-1-4-1-2- اضافه ولتاژ

هرگونه ولتاژ بین یک فاز و زمین یا بین فازها که مقدار یا مقادیر بیک آن از مقدار متناظر بیک بزرگترین ولتاژ تجهیز تجاوز کند.

##### 1-1-4-1-3- شرایط غیر هم فاز<sup>4</sup>

وضعیت غیرعادی مدار که طی آن سنکرونیزم بین اجزای یک سیستم الکتریکی روی یکی از دو طرف کلید از بین رفته یا کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که در لحظه عملکرد کلید، زاویه فاز نظیر ولتاژهای تولیدی هر طرف از مقدار معمول بیشتر بوده و ممکن است تا 180 درجه هم برسد.

1 . Earth Fault Factor  
2 . Pure  
3 . Condition Of Earthing  
4 . Out Of Phase Condition

1-4-1-4-1- حلقه<sup>۱</sup>

بخشی از موج جریان که بین دو عبور از صفر متوالی آن قرار دارد. بسته به اینکه فاصله زمانی بین دو صفر متوالی بزرگتر از نصف پریود مولفه متناوب جریان یا کوچکتر از آن باشد، حلقه اصلی<sup>۲</sup> یا غیراصلی<sup>۳</sup> نام می‌گیرد.

1-4-1-5-1- عایق خارجی<sup>۴</sup>

فواصل و سطوح عایق‌های جامد کلید که در معرض هوا بوده و تحت تأثیر تنش‌های عایقی و شرایط جوی مثل آلودگی، رطوبت و حشرات قرار دارند.

1-4-1-6-1- عایق داخلی<sup>۵</sup>

بخش‌های جامد، مایع یا گازی داخلی عایق تجهیز که در مقابل تأثیرات جوی و سایر شرایط خارجی محافظت شده‌اند.

1-4-1-7-1- عایق خودترمیم<sup>۶</sup>

عایقی که پس از یک تخلیه مخرب، خواص عایقی خود را به طور کامل باز می‌یابد.

1-4-1-8-1- تخلیه مخرب<sup>۷</sup>

پدیده مرتبط با نقص عایق تحت تنش دی‌الکتریک به گونه‌ای که تخلیه، عایق تحت آزمون را کاملاً می‌شکند و ولتاژ بین الکترودها را تا صفر یا تا نزدیکی صفر کاهش می‌دهد. این اصطلاح بر تخلیه در انواع عایق‌های جامد، مایع، گاز و ترکیبات آنها دلالت می‌کند. تخلیه مخرب در یک عایق جامد منجر به از بین رفتن خاصیت عایقی می‌شود (غیرخودترمیم). در یک عایق گاز یا مایع استقامت عایقی ممکن است تنها به طور موقت از بین برود. اصطلاح قوس داخلی<sup>۸</sup> در مورد تخلیه مخرب در عایق گاز یا مایع به کار می‌رود. تخلیه مخرب روی سطح یک عایق جامد در محیط گاز یا مایع، قوس سطحی<sup>۹</sup> نام دارد. اصطلاح «سوراخ شدن»<sup>۱۰</sup> وقتی به کار می‌رود که تخلیه مخرب درون یک عایق جامد رخ دهد.

1-4-1-9-1- کارایی از نظر قوس مجدد<sup>۱۱</sup>

احتمال وقوع قوس مجدد در کلید طی قطع جریان خازنی که توسط آزمون‌های نوعی مشخص می‌شود.

- 
- 1 . Loop
  - 2 . Major
  - 3 . Minor
  - 4 . External Insulation
  - 5 . Internal Insulation
  - 6 . Self – Restoring Insulation
  - 7 . Disruptive Discharge
  - 8 . Sparkover
  - 9 . Flashover
  - 10 . Puncture
  - 11 . Restrike Performance

#### 10-1-4-1- خطای نزدیک کلید<sup>۱</sup>

اتصال کوتاه روی یک خط هوایی و در فاصله کم از کلید، خطای نزدیک کلید نام دارد. این فاصله بیش از چند کیلومتر نیست.

#### 11-1-4-1- آزمون واحد<sup>۲</sup>

آزمونی است که روی یک واحد وصل یا قطع یا گروهی از آنها و با جریان وصل یا جریان قطع مشخص شده برای آزمون‌های پل کامل کلید و تحت کسر مناسبی از ولتاژ اعمالی یا ولتاژ بازیافت مشخص شده برای آزمون‌های پل کامل کلید انجام می‌شود.

#### 12-1-4-1- بانک خازنی واحد<sup>۳</sup>

یک بانک شامل خازن‌های موازی<sup>۴</sup> که در آن جریان هجومی تنها توسط اندوکتانس منبع تغذیه و ظرفیت خازنی بانک خازنی محدود می‌شود. در این حالت باید دیگر خازنهایی که با سیستم به صورت موازی قرار گرفته‌اند آن قدر از بانک مورد نظر دور باشند که نتوانند جریان هجومی را به طرز قابل ملاحظه‌ای افزایش دهند.

#### 13-1-4-1- بانک خازنی پشت به پشت<sup>۵</sup>

بانکی از خازن‌های موازی یا مجموعه‌ای از خازن‌ها که هر کدام از آنها به طور مستقل با سیستم تغذیه ارتباط دارند. در این حالت جریان هجومی یک واحد خازنی پس از اتصال به سیستمی که قبلاً واحدهای دیگر خازنی به آن متصل شده است به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

#### 2-4-1- وسایل کلیدزنی

تعاریف این زیربخش در بند 3-4 از استاندارد IEC شماره 100-62271 موجود می‌باشند.

#### 1-2-4-1- وسیله کلیدزنی<sup>۶</sup>

وسیله‌ای که برای وصل یا قطع جریان در یک یا تعداد بیشتری مدار الکتریکی طراحی شده است.

#### 2-2-4-1- وسیله کلیدزنی مکانیکی

یک وسیله کلیدزنی که به منظور بستن و بازکردن یک یا تعداد بیشتری مدار الکتریکی طراحی شده و این کار را با استفاده از کنتاکت‌های جداشدنی<sup>۷</sup> انجام می‌دهد.

---

1 . Short Line Fault  
 2 . Unit Test  
 3 . Single Capacitor Bank  
 4 . Shunt Capacitors  
 5 . Back to Back Capacitor Bank  
 6 . Switching Device  
 7 . Separable Contacts



## 1-4-2-3- کلید

یک وسیله کلیدزنی مکانیکی است که در شرایط عادی مدار توانایی وصل، عبور و قطع جریانها را داشته و در شرایط غیرعادی (مثل اتصال کوتاه) نیز می‌تواند جریانها را وصل کرده و برای مدت معینی عبور دهد و نیز آنها را قطع کند.

1-4-2-4- کلید با محفظه زمین شده<sup>1</sup>

کلیدی که قطع کننده<sup>2</sup> آن در یک مخزن فلزی زمین شده قرار دارد.

1-4-2-5- کلید با محفظه ایزوله<sup>3</sup>

کلیدی که قطع کننده‌های آن در یک مخزن ایزوله از زمین قرار دارند.

## 1-4-2-6- کلید SF6

کلیدی که کنتاکت‌های آن در گاز SF<sub>6</sub> باز و بسته می‌شوند.

## 1-4-2-7- کلید کلاس C1

کلیدی که احتمال بروز قوس مجدد در آن، طی قطع جریان خازنی کم باشد. این امر توسط برخی آزمونهای نوعی معین اثبات می‌شود.

## 1-4-2-8- کلید کلاس C2

کلیدی که احتمال بروز قوس مجدد در آن، طی قطع جریان خازنی خیلی کم باشد. این امر توسط برخی آزمونهای نوعی معین اثبات می‌شود.

## 1-4-2-9- کلید کلاس M1

کلید با تحمل مکانیکی معمولی<sup>4</sup> (آزمون نوعی مکانیکی 2000 عملکرد) که در طبقه‌بندی کلاس M2 قرار نمی‌گیرد.

## 1-4-2-10- کلید کلاس M2

کلیدی که برای شرایط کاری خاص با تعداد عملکرد زیاد به گونه‌ای طراحی شده است که به نگهداری محدود نیاز دارد (کلید با تحمل مکانیکی توسعه یافته که تحت آزمون نوعی مکانیکی 10000 عملکرد قرار گرفته است).

**تذکر:** با توجه به تحمل مکانیکی و احتمال بروز قوس مجدد در طی قطع جریان خازنی ممکن است ترکیبی از کلاس‌های مختلف وجود داشته باشد. برای نامگذاری این کلیدها، علائم کلاس‌های مختلف به ترتیب الفبا به دنبال هم قرار می‌گیرند مثلاً (C1-M2).

1 . Dead Tank

2 . Interrupter

3 . Live Tank

4 . Normal Mechanical Endurance

**1-4-3- اجزاء کلید**

تعاریف این زیربخش در بند 3-5 از استاندارد IEC شماره 100-62271 موجود می‌باشند.

**1-3-4-1- مدار اصلی کلید**

تمام اجزاء هادی یک کلید که بخشی از مداری را تشکیل می‌دهند که کلید آن را قطع و وصل می‌کند.

**1-3-4-2- مدار کنترل کلید**

تمام اجزاء هادی یک کلید (به جز مدار اصلی آن) که بخشی از مداری را تشکیل می‌دهند که برای بستن یا بازکردن کلید (یا هر دو) به کار می‌روند.

**1-3-3-4-1- مدار کمکی**

تمام اجزاء هادی یک کلید که در مدارهایی غیر از مدارهای اصلی و کنترل آن به کار می‌روند.

**1-4-3-4-1- کنتاکت**

اجزاء هادی که به منظور ایجاد پیوستگی در مدار به هنگام تماس با یکدیگر و بازکردن و بستن مدار بر اثر حرکت نسبت به یکدیگر طراحی شده‌اند.

**1-3-4-5- کنتاکت اصلی**

کنتاکتی که بخشی از مدار اصلی کلید را تشکیل داده و جریان آن را (در وضعیت بسته) عبور می‌دهد.

**1-3-4-6- کنتاکت قوس<sup>۱</sup>**

کنتاکتی که (براساس طراحی کلید) قوس روی آن برقرار می‌شود کنتاکت قوس نام دارد. در عملیات قطع و وصل کلید، کنتاکت قوس (به ترتیب) پس از کنتاکت اصلی باز و پیش از آن بسته می‌شود تا آن را از آسیب محافظت کند.

**1-3-4-7- کنتاکت کنترل**

کنتاکتی که بخشی از مدار کنترل کلید بوده و با آن ارتباط مکانیکی دارد.

**1-3-4-8- کنتاکت کمکی**

کنتاکتی که بخشی از مدار کمکی بوده و با کلید ارتباط مکانیکی دارد.

1-4-3-9- سوئیچ کمکی<sup>۱</sup>

سوئیچی که شامل یک یا تعداد بیشتری کنتاکت کنترل و یا کمکی است و با کلید ارتباط مکانیکی دارد.

## 1-4-3-10- کنتاکت "a"

یک کنتاکت کنترل یا کمکی که در صورت بسته بودن کنتاکت‌های اصلی کلید، بسته و در صورت باز بودن آنها باز است.

## 1-4-3-11- کنتاکت "b"

یک کنتاکت کنترل یا کمکی که در صورت بسته بودن کنتاکت‌های اصلی کلید، باز و در صورت باز بودن آنها بسته است.

1-4-3-12- وسیله کنترل قوس<sup>۲</sup>

وسیله‌ای که کنتاکت‌های قوس کلید را در بر گرفته و هدف از طراحی آن محدود کردن قوس و کمک به خاموش شدن آن است.

1-4-3-13- وسیله تعیین وضعیت<sup>۳</sup>

بخشی از کلید که وضعیت آن (باز یا بسته) را مشخص می‌کند.

## 1-4-3-14- واحد وصل (یا قطع)

بخشی از یک کلید که خود به صورت کلید عمل کرده و سری با یک یا تعدادی واحد وصل یا قطع همانند که هم زمان عمل می‌کنند، کلید کامل را تشکیل می‌دهند.

واحد‌های وصل و واحد‌های قطع می‌توانند مجزا یا مرکب باشند. هر واحد ممکن است چند کنتاکت داشته باشد.

## 1-4-4- عملکرد کلید

تعاریف این زیربخش در بند 3-6 از استاندارد IEC شماره 100-62271 موجود می‌باشند.

1-4-4-1- عملکرد<sup>۴</sup>

انتقال کنتاکت‌های متحرک از یک وضعیت به وضعیت مجاور<sup>۵</sup>، عملکرد (عمل) نامیده می‌شود. در کلید عمل بستن<sup>۶</sup> و عمل بازکردن<sup>۷</sup> امکان پذیر است.

---

1 . Auxiliary Switch  
 2 . Arc Control Device  
 3 . Position Indicating Device  
 4 . Operation  
 5 . Adjacent  
 6 . Closing Operation  
 7 . Opening Operation

#### 1-4-4-2- سیکل عملکرد<sup>۱</sup>

یک توالی<sup>۲</sup> از عملکردها با شروع از یک وضعیت و رفتن به وضعیت دیگر و بازگشتن به وضعیت اول

#### 1-4-4-3- توالی عملکرد<sup>۳</sup>

یک توالی از عملکردهای معین با فواصل زمانی مشخص

#### 1-4-4-4- وصل مجدد خودکار<sup>۴</sup>

توالی عملکردی که طی آن، کلید مدتی (از پیش معین) پس از بازشدن به طور خودکار بسته می‌شود.

#### 1-4-4-5- عملکرد با انرژی ذخیره شده<sup>۵</sup>

عملکرد به وسیله انرژی‌ای که در خود مکانیزم پیش از عملکرد کلیدزنی ذخیره شده و برای اجرای کامل توالی عملکرد مشخص شده، تحت شرایط از پیش معین کفایت.

#### 1-4-4-6- وسیله آنتی پمپینگ

وسیله‌ای که پس از یک عملکرد بستن - بازکردن، تا زمانی که وسیله بستن در موقعیت مناسب قرار نگرفته است، از وصل مجدد کلید جلوگیری می‌کند.

#### 1-4-5- کمیات مشخصه

کمیات زمانی برحسب میلی‌ثانیه یا سیکل بیان می‌شوند که در حالت دوم باید فرکانس قدرت در کרוشه ذکر شود. در حالتی که کلیدها مجهز به مقاومت‌های کلیدزنی هستند باید بین کمیات زمانی مربوط به کنتاکت‌هایی که جریان کامل را قطع و وصل می‌کنند و کنتاکت‌هایی که جریان محدود شده توسط مقاومت‌های کلیدزنی را قطع و وصل می‌کنند تمایز ایجاد شود.

شکل‌های (1-4) تا (1-10) برخی از تعاریف این زیر فصل را نشان می‌دهند. کمیتهای موردنظر در بند 3-7 استاندارد IEC شماره 100-62271 آورده شده‌اند.

#### 1-4-5-1- جریان مورد انتظار<sup>۶</sup>

جریان مورد انتظار جریانی است که در صورت جایگزینی همه پل‌های کلید با یک هادی با امپدانس ناچیز، در مدار جریان می‌یابد.

---

1 . Operating Cycle  
2 . Succession  
3 . Operating Sequence  
4 . Auto – Reclosing  
5 . Stored Energy Operation  
6 . Prospective Current

1-4-5-2- جریان پیک مورد انتظار<sup>1</sup>

مقدار پیک اولین حلقه اصلی جریان مورد انتظار طی دوره گذرای پس از آغاز برقراری جریان، جریان پیک مورد انتظار نام دارد. باید توجه داشت که این تعریف بر مبنای وصل جریان توسط کلید ایده‌آل بنا شده است. به این معنا که رسیدن امپدانس دو سر پل‌های کلید از بی‌نهایت به صفر به صورت آنی و همزمان صورت گیرد. مقدار پیک در پل‌های مختلف کلید متفاوت است و به لحظه آغاز جریان نسبت به موج ولتاژ دو سر ترمینال‌های هر پل بستگی دارد.

## 1-4-5-3- جریان پیک

مقدار پیک اولین حلقه اصلی جریان در طی دوره گذرای پس از آغاز برقراری جریان، جریان پیک نام دارد.

1-4-5-4- جریان متقارن مورد انتظار<sup>2</sup> (در یک مدار ac)

اگر جریان مورد انتظار در لحظه‌ای آغاز شود که هیچ پدیده گذرای را به دنبال نداشته باشد، آن را جریان متقارن مورد انتظار می‌نامند. این جریان برحسب مقدار موثر آن بیان می‌شود. باید توجه داشت که در یک مدار سه فاز، در هر لحظه تنها در یک فاز ممکن است حالت گذرا وجود نداشته باشد.

## 1-4-5-5- حداکثر جریان پیک مورد انتظار (در یک مدار ac)

اگر جریان مورد انتظار در لحظه‌ای آغاز شود که پیک آن حداکثر باشد آن را حداکثر جریان پیک مورد انتظار می‌نامند. در یک مدار سه فاز، مقدار مذکور تنها به یک پل اختصاص دارد.

1-4-5-6- جریان وصل مورد انتظار<sup>3</sup>

جریان وصل مورد انتظار، جریان مورد انتظاری است که تحت شرایط معینی برقرار می‌شود. این شرایط ممکن است تعیین‌کننده روش وصل (مثلاً با استفاده از کلید ایده‌آل) یا لحظه آغاز جریان (مثلاً لحظه‌ای که منجر به حداکثر جریان پیک مورد انتظار یا بزرگترین نرخ افزایش جریان گردد) باشد.

## 1-4-5-7- جریان وصل (پیک)

مقدار پیک اولین حلقه اصلی جریان در یک پل کلید در طی دوره گذرای پس از آغاز جریان در یک عملکرد وصل، جریان وصل پیک نام دارد.

از آنجا که مقدار پیک به لحظه شروع جریان نسبت به موج ولتاژ اعمالی بستگی دارد، مقدار آن ممکن است در پل‌ها و حتی در عملکردهای مختلف متفاوت باشد. در حالتی که تنها یک مقدار جریان وصل پیک برای یک مدار سه فاز ذکر شود، مقدار مذکور بزرگترین مقدار ممکن هر فاز خواهد بود (مگر طور دیگری ذکر شود).

1 . Prospective Peak Current  
2 . Prospective Symmetrical Current  
3 . Prospective making Current

## 1-4-5-8- جریان قطع مورد انتظار (برای یک پل کلید)

جریان مورد انتظاری که در لحظه متناظر با آغاز قوس طی فرآیند قطع محاسبه می شود.

1-4-5-9- جریان قطع<sup>۱</sup> (برای یک پل کلید)

جریان یک پل کلید در لحظه آغاز قوس طی یک فرآیند قطع، جریان قطع نامیده می شود.

1-4-5-10- جریان قطع بحرانی<sup>۲</sup>

مقدار جریان قطع، کوچکتر از جریان قطع اتصال کوتاه نامی، که مدت زمان برقراری قوس (در طی قطع جریان مذکور) حداکثر بوده و بسیار بزرگتر از مقدار آن در (طی قطع) جریان قطع اتصال کوتاه نامی است. این حالت وقتی پیش می آید که حداقل زمانهای قوس در هر یک از دوره آزمونهای T10، T30 یا T60 به مقدار نیم سیکل یا بیشتر، طولانی تر از حداقل زمانهای قوس در دوره آزمونهای مجاور باشد.

1-4-5-11- ظرفیت قطع<sup>۳</sup>

مقدار جریان مورد انتظار که کلید می تواند تحت ولتاژ مشخص و در شرایط معین کاربرد و عملکرد<sup>۴</sup>، آن را قطع کند.

1-4-5-12- ظرفیت قطع شارژ خط<sup>۵</sup> (بی بار)

ظرفیت قطعی که شرایط تعیین شده کاربرد و عملکرد آن، برای قطع یک خط هوایی بی بار است.

1-4-5-13- ظرفیت قطع شارژ کابل<sup>۶</sup>

ظرفیت قطعی که شرایط تعیین شده کاربرد و عملکرد آن، برای قطع یک کابل عایق شده بی بار است.

## 1-4-5-14- ظرفیت قطع بانک خازنی

ظرفیت قطعی که شرایط تعیین شده کاربرد و عملکرد آن، برای قطع یک بانک خازنی است.

1-4-5-15- ظرفیت وصل<sup>۷</sup>

مقدار جریان مورد انتظار که کلید می تواند تحت ولتاژ مشخص و در شرایط معین کاربرد و عملکرد، آن را وصل کند.

---

1 . Breaking Current  
 2 . Critical Breaking Current  
 3 . Breaking Capacity  
 4 . Conditions of Use and Behavior  
 5 . Line – Charging Breaking Capacity  
 6 . Cable – Charging Breaking Capacity  
 7 . Making Capacity

1-4-5-16- ظرفیت وصل جریان هجومی بانک خازنی<sup>۱</sup>

ظرفیت وصلی که شرایط تعیین شده کاربرد و عملکرد آن، برای وصل یک بانک خازنی است.

1-4-5-17- ظرفیت (وصل یا قطع) غیرهم فاز<sup>۲</sup>

ظرفیت وصل یا قطعی که شرایط تعیین شده کاربرد و عملکرد آن، برای عدم یا کمبود سنکرونیزم بین اجزای یک سیستم الکتریکی روی یکی از دو طرف کلید است.

1-4-5-18- ظرفیت قطع اتصال کوتاه<sup>۳</sup>

ظرفیت قطعی که شرایط تعیین شده کاربرد و عملکرد آن، برای اتصال کوتاه در ترمینال‌های کلید است.

1-4-5-19- جریان تحمل کوتاه مدت<sup>۴</sup>

جریانی که کلید می‌تواند در وضعیت بسته، در طی یک دوره زمانی کوتاه مشخص و تحت شرایط معین کاربرد و عملکرد از خود عبور دهد.

1-4-5-20- جریان تحمل پیک<sup>۵</sup>

مقدار جریان پیکی که کلید می‌تواند در وضعیت بسته و تحت شرایط معین کاربرد و عملکرد در مقابل آن استقامت کند.

1-4-5-21- ولتاژ اعمالی<sup>۶</sup>

ولتاژی که درست پیش از وصل جریان روی ترمینال‌های یک پل کلید وجود دارد.

1-4-5-22- ولتاژ بازیافت<sup>۷</sup>

ولتاژی که پس از قطع جریان روی ترمینال‌های یک پل کلید ظاهر می‌شود ولتاژ بازیافت نام دارد. می‌توان این ولتاژ را شامل دو بازه زمانی متوالی دانست که در اولی یک ولتاژ بازیافت گذرا و در دومی یک ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت یا حالت پایا<sup>۸</sup> وجود دارد.

## 1-4-5-23- ولتاژ بازیافت گذرا

ولتاژ بازیافت در طی زمانی که گذرا بودن مشخصه ولتاژ در آن قابل توجه است، ولتاژ بازیافت گذرا نام دارد. بسته به مشخصات مدار و کلید، TRV ممکن است نوسانی<sup>۱</sup> یا غیرنوسانی یا ترکیبی از این دو باشد.

1 . Capacitor Bank Inrush Making Capacity  
 2 . Out – of – Phase (making or Breaking) Capacity  
 3 . Short Circuit Breaking Capacity  
 4 . Short – Time Withstand Current  
 5 . Peak Withstand Current  
 6 . Applied Voltage  
 7 . Recovery Voltage  
 8 . Steady State

در مدارهای سه فاز، منظور از TRV، ولتاژ بازیافت گذرایی است که بر روی اولین پل بازشونده ظاهر می‌شود (مگر طور دیگری ذکر شود). زیرا این ولتاژ عموماً بزرگتر از ولتاژ ظاهر شده بر روی هر یک از دو فاز دیگر است.

#### 1-4-5-24- ولتاژ بازیافت گذرایی موردانتظار

ولتاژ بازیافت گذرایی که به دنبال قطع جریان متقارن مورد انتظار توسط یک کلید ایده‌آل روی اولین پل بازشونده آن ظاهر می‌شود.

#### 1-4-5-25- ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت

ولتاژ بازیافت پس از میرایی ولتاژ گذرا، ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت نام دارد.

#### 1-4-5-26- ولتاژ قوس پیک<sup>۲</sup>

حداکثر مقدار لحظه‌ای ولتاژی که تحت شرایط از پیش معین، در طی زمان قوس روی ترمینال‌های یک پل کلید ظاهر می‌شود.

#### 1-4-5-27- فاصله آزاد<sup>۳</sup>

فاصله بین دو بخش هادی در طول خطی که در امتداد کوتاه‌ترین مسیر بین دو هادی مذکور کشیده شده است.

#### 1-4-5-28- فاصله آزاد بین کنتاکت‌ها

کل فاصله آزاد بین کنتاکت‌های یک پل (یا اجزاء هادی متصل به آنها) در وضعیت باز کلید

#### 1-4-5-29- زمان بازکردن<sup>۴</sup>

زمان بازکردن یک کلید با این شرط تعریف می‌شود که هر وسیله تأخیر زمانی که یک جزء اساسی کلید را تشکیل می‌دهد روی کوچکترین مقدار<sup>۵</sup> ممکن، تنظیم<sup>۶</sup> شده باشد.

برای کلیدی که توسط نوعی منبع کمکی قطع می‌شود، زمان بازکردن، فاصله زمانی بین لحظه برقدارشدن رله بازکننده کلید<sup>۷</sup> (در وضعیت بسته بودن کلید) و لحظه‌ای است که کنتاکت‌های قوس در تمام پل‌ها از یکدیگر جدا شده‌اند.

برای کلیدهایی که در هر پل بیش از یک واحد قطع دارند، لحظه جداشدن کنتاکت‌ها در اولین واحد آخرین پل به عنوان لحظه جدا شدن کنتاکت‌های قوس در تمام پل‌ها در نظر گرفته می‌شود.

1 . Oscillatory  
2 . Peak Arc Voltage  
3 . Clearance  
4 . Opening Time  
5 . Setting  
6 . Adjust  
7 . Opening Release



1-4-5-30- زمان قوس<sup>۱</sup> (کلید سه پل)

فاصله زمانی بین لحظه آغاز اولین قوس و لحظه خاموشی آخرین قوس، زمان قوس نام دارد.

1-4-5-31- زمان قطع<sup>۲</sup>

فاصله زمانی بین شروع زمان بازکردن کلید (لحظه‌ای که "زمان بازکردن" از آن به بعد محاسبه می‌شود) و پایان زمان قوس، زمان قطع نام دارد.

1-4-5-32- زمان بستن<sup>۳</sup>

فاصله زمانی بین لحظه برقدارشدن<sup>۴</sup> مدار بستن<sup>۵</sup> (در شرایطی که کلید باز است) و لحظه‌ای که کنتاکت‌ها در تمام پل‌ها تماس<sup>۶</sup> می‌یابند، زمان بستن نام دارد.

1-4-5-33- زمان وصل<sup>۷</sup>

فاصله زمانی بین لحظه برقدارشدن مداربستن (در شرایطی که کلید باز است) و لحظه آغاز برقراری جریان در اولین پل، زمان وصل نام دارد.

1-4-5-34- زمان پیش قوس<sup>۸</sup>

فاصله زمانی بین لحظه آغاز برقراری جریان در اولین پل کلید در طی عملکرد بستن و لحظه‌ای که کنتاکت‌ها در تمام پل‌ها تماس می‌یابند (برای حالت سه فاز) و لحظه‌ای که کنتاکت‌ها در پل شامل قوس<sup>۹</sup> تماس می‌یابند (برای حالت تکفاز). باید توجه داشت که زمان پیش قوس به مقدار لحظه‌ای ولتاژ اعمالی در طی یک عمل بستن خاص بستگی دارد و لذا به طرز قابل توجهی متغیر است. با تغییر زمان پیش قوس ممکن است زمان وصل، زمان مرده، زمان وصل مجدد و زمان وصل - قطع تغییر کنند.

1-4-5-35- زمان بازکردن - بستن<sup>۱۰</sup> (در طی وصل مجدد خودکار)

در طی یک سیکل وصل مجدد<sup>۱۱</sup>، فاصله زمانی بین لحظه‌ای است که کنتاکت‌های قوس در تمام پل‌ها جدا شده‌اند و لحظه‌ای که کنتاکت‌ها در اولین پل تماس می‌یابند.

- 
- 1 . Arcing Time
  - 2 . Break Time
  - 3 . Closing Time
  - 4 . Energising
  - 5 . Closing Circuit
  - 6 . Touch
  - 7 . Make Time
  - 8 . Pre - Arcing Time
  - 9 . Arcing Pole
  - 10 . Open - Close Time
  - 11 . Reclosing Cycle

## 1-4-5-36- زمان مرده ۱ (در طی وصل مجدد خودکار)

فاصله زمانی بین خاموش شدن آخرین قوس در تمام پلها در عمل بازکردن و اولین برقراری دوباره جریان در یکی از پلها در عملکرد بستن متعاقب آن، زمان مرده نام دارد.

1-4-5-37- زمان وصل مجدد<sup>۲</sup>

در طی یک سیکل وصل مجدد، فاصله زمانی بین شروع زمان بازکردن و لحظه‌ای که کنتاکت‌ها در تمام پلها تماس می‌یابند، زمان وصل مجدد نام دارد.

1-4-5-38- زمان باز وصل<sup>۳</sup> (در طی وصل مجدد)

فاصله زمانی بین شروع زمان بازکردن و اولین برقراری دوباره جریان در یک پل در عملکرد بستن پس از آن، زمان باز وصل نام دارد.

1-4-5-39- زمان بستن - بازکردن<sup>۴</sup>

فاصله زمانی بین لحظه تماس کنتاکت‌ها در اولین پل در طی عملکرد بستن و لحظه جدا شدن کنتاکت‌های قوس در تمام پلها در طی عمل بازکردن پس از آن، زمان بستن - بازکردن نام دارد.  
در تعریف فوق فرض بر این است که در طی بستن کلید، رله بازکردن آن در لحظه‌ای که کنتاکت‌ها در اولین پل تماس می‌یابند برقرار می‌شود (مگر طور دیگری ذکر شود). با این فرض، تعریف فوق بیانگر حداقل زمان بستن - بازکردن است.

1-4-5-40- زمان وصل - قطع<sup>۵</sup>

فاصله زمانی بین آغاز برقراری جریان در اولین پل در طی یک عملکرد بستن و پایان زمان برقراری قوس در طی عمل بازکردن پس از آن، زمان وصل - قطع نام دارد.  
فرض می‌شود که در عمل وصل، رله بازکردن کلید، نیم سیکل پس از آغاز برقراری جریان در مدار اصلی برقرار می‌شود.

1-4-5-41- زمان پیش بست<sup>۶</sup>

در طی عمل بستن در هر یک از پلها، فاصله زمانی بین لحظه تماس کنتاکت در مقاومت وصل<sup>۷</sup> آن پل و لحظه تماس کنتاکت در واحد قطع اصلی همان پل، زمان پیش بست نام دارد.

---

1 . Dead Time  
2 . Reclosing Time  
3 . Re - Make Time  
4 . Close - Open Time  
5 . Make - Break Time  
6 . Pre - insertion Time  
7 . Closing Resistor Element

در کلیدهایی که واحدهای قطع سری دارند زمان پیش بست به صورت فاصله زمانی بین لحظه تماس آخرین کنتاکت در یکی از مقاومت‌های وصل و لحظه تماس آخرین کنتاکت در یکی از واحدهای قطع اصلی تعریف می‌شود.

#### 1-4-5-42- حداقل مدت فرمان قطع<sup>۱</sup>

حداقل زمان اعمال قدرت کمکی به رله بازکردن کلید برای حصول اطمینان از بازشدن کامل کلید، حداقل مدت فرمان قطع نام دارد.

#### 1-4-5-43- حداقل مدت فرمان وصل<sup>۲</sup>

حداقل زمان اعمال قدرت کمکی به رله بستن کلید برای حصول اطمینان از بسته شدن کامل کلید، حداقل مدت فرمان وصل نام دارد.

#### 1-4-5-44- قوس مکرر<sup>۳</sup>

در طی یک عملکرد قطع، در صورتی که برقراری مجدد جریان بین کنتاکت‌های کلید به فاصله کمتر از  $\frac{1}{4}$  سیکل فرکانس قدرت پس از صفر جریان رخ دهد آن را قوس مکرر می‌نامند.

#### 1-4-5-45- قوس مجدد<sup>۴</sup>

در طی یک عملکرد قطع، در صورتی که برقراری مجدد جریان بین کنتاکت‌های کلید به فاصله  $\frac{1}{4}$  سیکل فرکانس قدرت یا بیشتر پس از صفر جریان رخ دهد آن را قوس مجدد می‌نامند.

#### 1-4-5-46- جریان عادی<sup>۵</sup>

جریانی که مدار اصلی یک کلید می‌تواند تحت شرایط معین کاربرد و عملکرد آن را به طور پیوسته عبور دهد.

#### 1-4-5-47- ضریب پیک<sup>۶</sup> (ولتاژ گذرای خط)

نسبت حداکثر مقدار سیر ولتاژ به مقدار اولیه ولتاژ گذرای فاز به زمین یک خط هوایی پس از قطع جریان خطای نزدیک کلید، ضریب پیک نام دارد. مقدار اولیه ولتاژ گذرا متناظر با لحظه خاموش شدن قوس در پل مورد نظر است.

---

1 . Minimum Trip Duration  
2 . Minimum Close Duration  
3 . Re - ignition  
4 . Restrike  
5 . Normal Current  
6 . Peak Factor

1-4-5-48- ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم<sup>۱</sup>

ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم به هنگام قطع یک جریان سه فاز متقارن برابر نسبت ولتاژ فرکانس قدرت ظاهر شده بر روی اولین پل بازشونده به ولتاژ فرکانس قدرتی است که پس از قطع هر سه پل روی پل مذکور می‌افتد.

1-4-5-49- ضریب دامنه<sup>۲</sup>

نسبت حداکثر سیر ولتاژ بازیافت گذرا به مقدار قله<sup>۳</sup> ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت، ضریب دامنه نام دارد.

1-4-5-50- سطح عایقی<sup>۴</sup>

مشخصه‌ای با یک یا دو مقدار که به منظور تعیین ولتاژهای استقامت عایقی یک کلید تعریف می‌شود.

1-4-5-51- ولتاژ تحمل فرکانس قدرت<sup>۵</sup>

مقدار موثر ولتاژ سینوسی فرکانس قدرتی که کلید می‌تواند آن را تحت شرایط مشخص برای مدت زمان معین تحمل کند.

1-4-5-52- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه<sup>۶</sup>

مقدار پیک موج ولتاژ ضربه استاندارد که عایق کلید می‌تواند آن را تحت شرایط معین آزمون تحمل کند.

1-4-5-53- حداقل فشار کار برای عملکرد<sup>۷</sup>

فشاری که تحت آن و مقادیر بیش از آن مشخصات نامی کلید برآورده شده و در این فشار شارژ مجدد وسیله عملکرد الزامی است. فشار مذکور نسبت به شرایط جوی استاندارد (20+ درجه سانتیگراد و 101/3 کیلوپاسکال) سنجیده شده و ممکن است به صورت نسبی یا مطلق بیان شود.

1-4-5-54- حداقل فشار کار برای قطع و عایق‌سازی<sup>۸</sup>

فشاری برای قطع و عایق‌سازی که تحت آن و مقادیر بیش از آن مشخصات نامی کلید برآورده شده و در این فشار شارژ مجدد سیالی که برای عایق‌سازی و قطع به کار می‌رود الزامی است. فشار مذکور نسبت به شرایط جوی استاندارد (20+ درجه سانتیگراد و 101/3 کیلو پاسکال) سنجیده شده و ممکن است به صورت نسبی یا مطلق بیان شود.

1 . First Pole to Clear Factor

2 . Amplitude Factor

3 . Crest

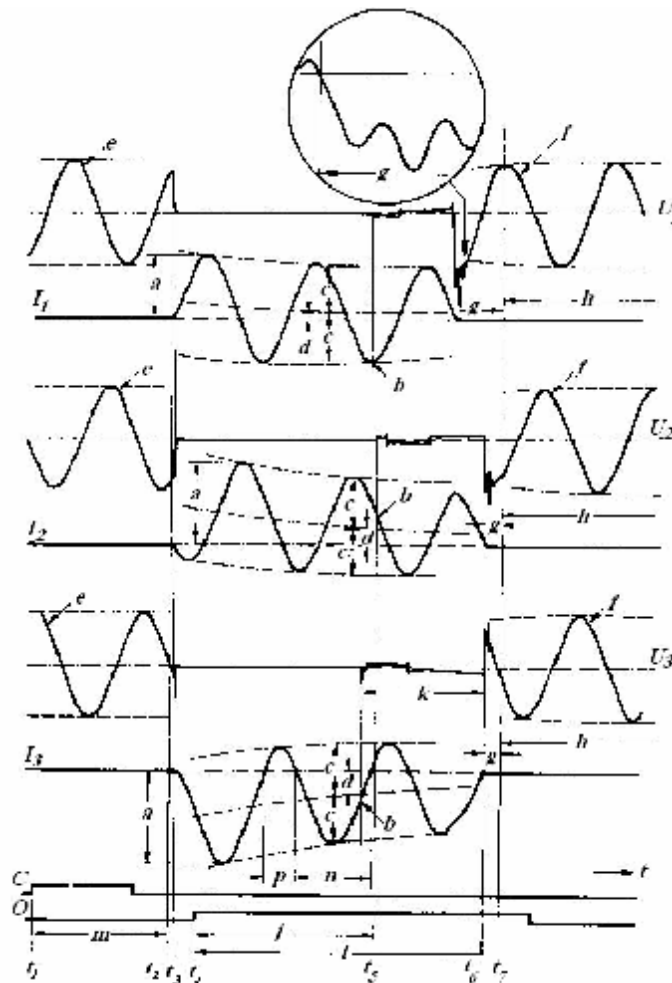
4 . Insulation level

5 . Power Frequency Withstand Voltage

6 . Impulse Withstand Voltage

7 . Minimum Functional Pressure for operation

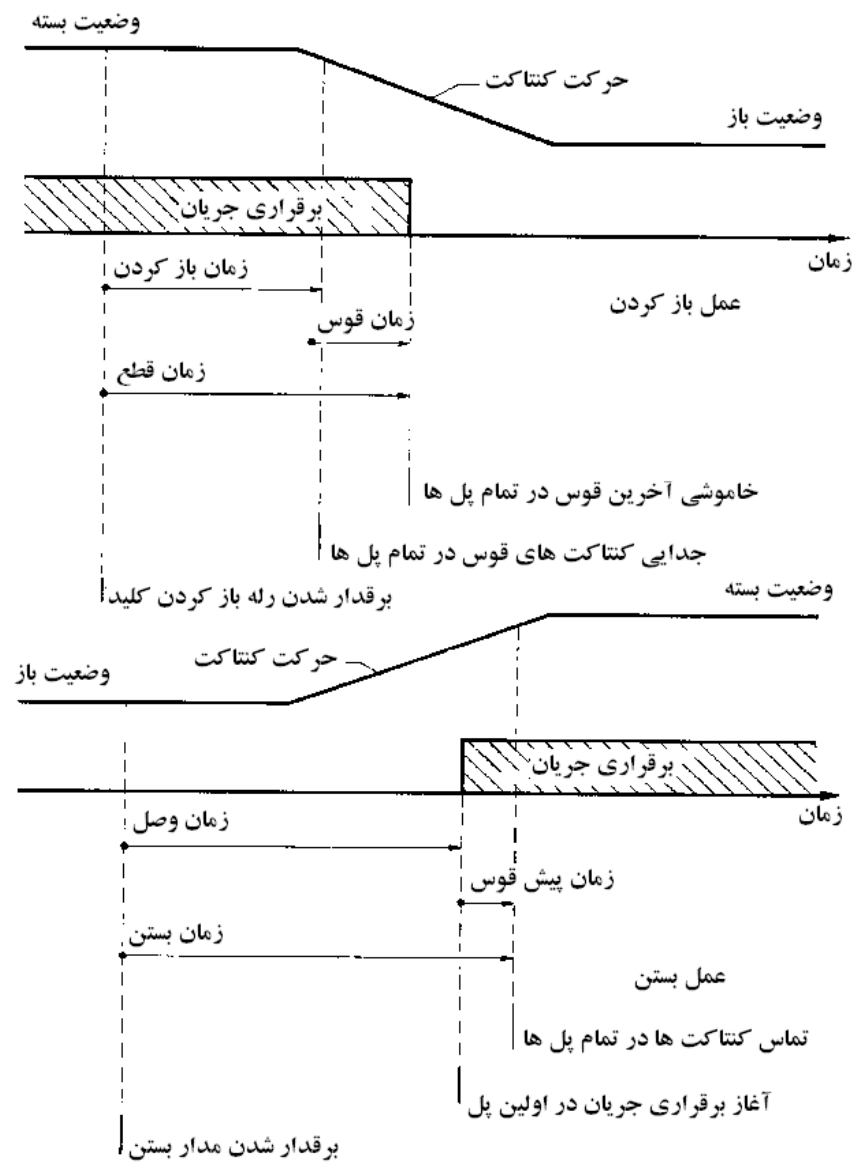
8 . Minimum Functional Pressure for Interruption and Insulation



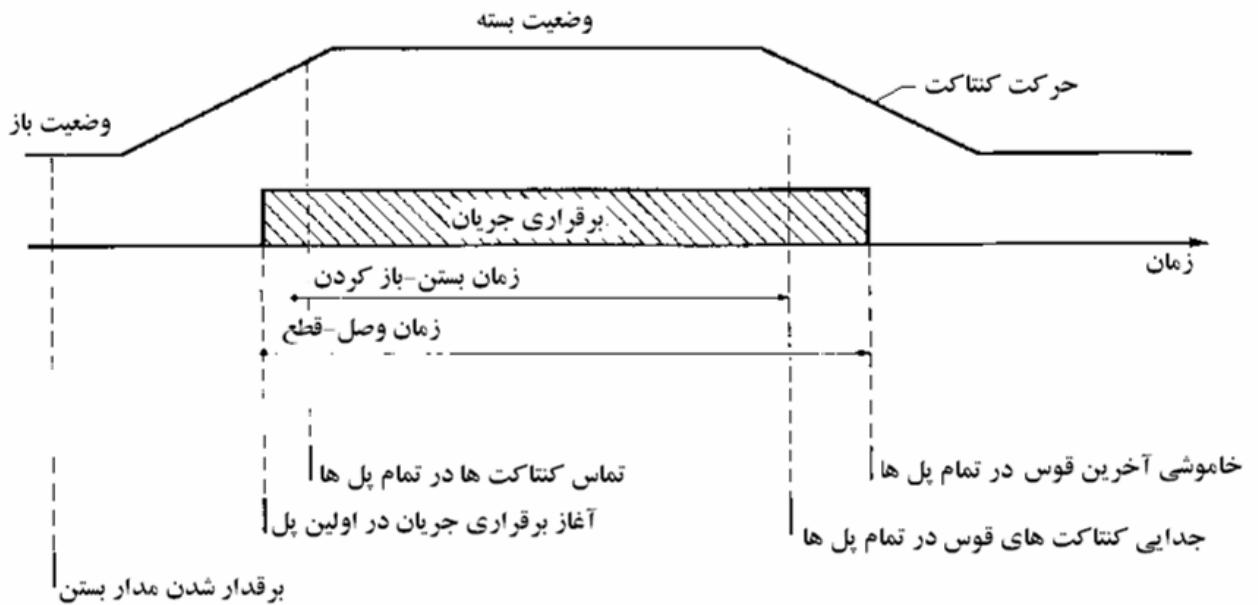
شکل 1-4: نمونه اسیلوگرام یک سیکل وصل - قطع اتصال کوتاه

راهنمای شکل (1-4):

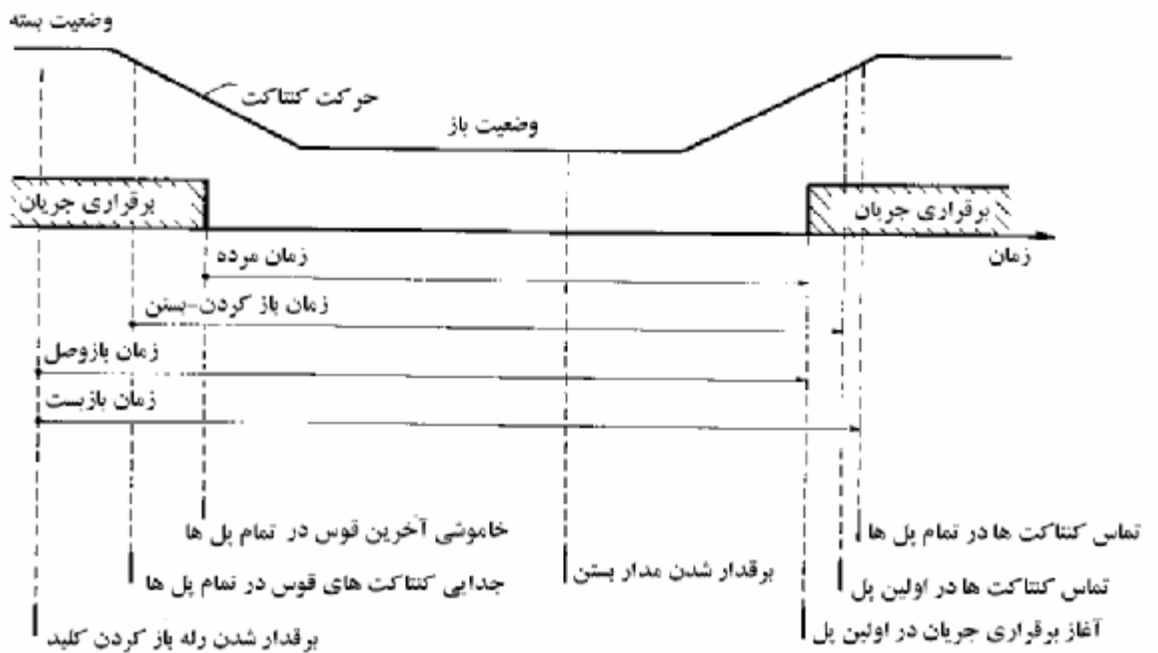
جریان وصل (پیک)	ولتاژ دو سر ترمینال‌های اولین پل بازشونده	$U_1$
b جریان قطع	جریان در اولین پل بازشونده	$I_1$
c مقدار پیک مولفه متناوب	ولتاژ دو سر ترمینال‌های دو پل دیگر	$U_2$ و $U_3$
d مولفه مستقیم جریان	جریان در دو پل دیگر	$I_2$ و $I_3$
e ولتاژ اعمالی	فرمان بستن (ولتاژ دو سر ترمینال‌های مدار بستن)	C
f ولتاژ بازیافت	فرمان بازکردن (ولتاژ دو سر ترمینال‌های رله بازکردن کلید)	O
y ولتاژ بازیافت گذرا	لحظه آغاز عمل بستن	$t_1$
h ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت	لحظه آغاز برقراری جریان در مدار اصلی	$t_2$
j زمان بازکردن	لحظه‌ای که جریان در تمام پل‌ها برقرار می‌شود.	$t_3$
k زمان قوس	لحظه برقرار شدن رله بازکردن کلید	$t_4$
o زمان قطع	لحظه‌ای که کنتاکت‌های قوس در تمام پل‌ها از یکدیگر جدا شده‌اند. (لحظه آغاز قوس در همه پل‌ها)	$t_5$
m زمان وصل	لحظه خاموشی آخرین قوس در تمام پل‌ها	$t_6$
n حلقه بزرگ	لحظه‌ای که بخش گذرای ولتاژ در آخرین پل بازشونده میرا شده است	$t_7$
p حلقه کوچک		



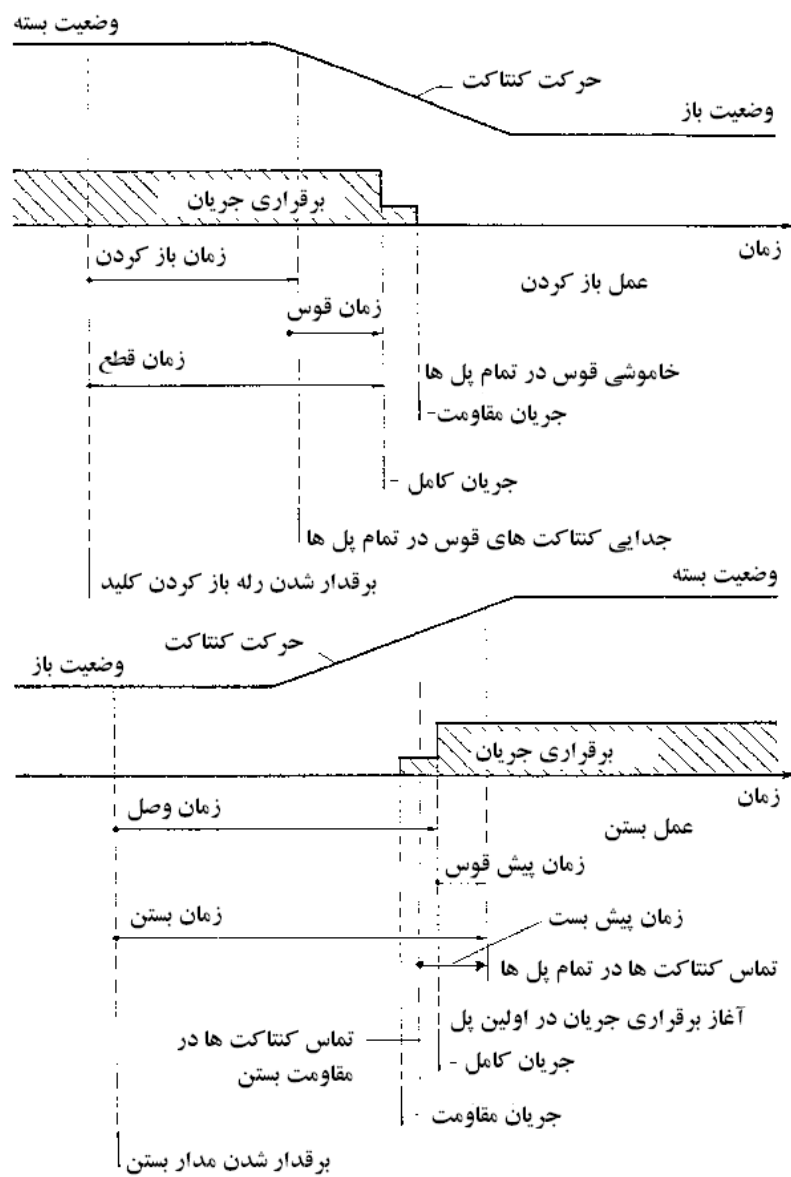
شکل 1-5: عملیات بازکردن و بستن کلید بدون مقاومت‌های کلیدزنی



شکل (6-1): سیکل بستن - باز کردن کلید بدون مقاومت های کلیدزنی

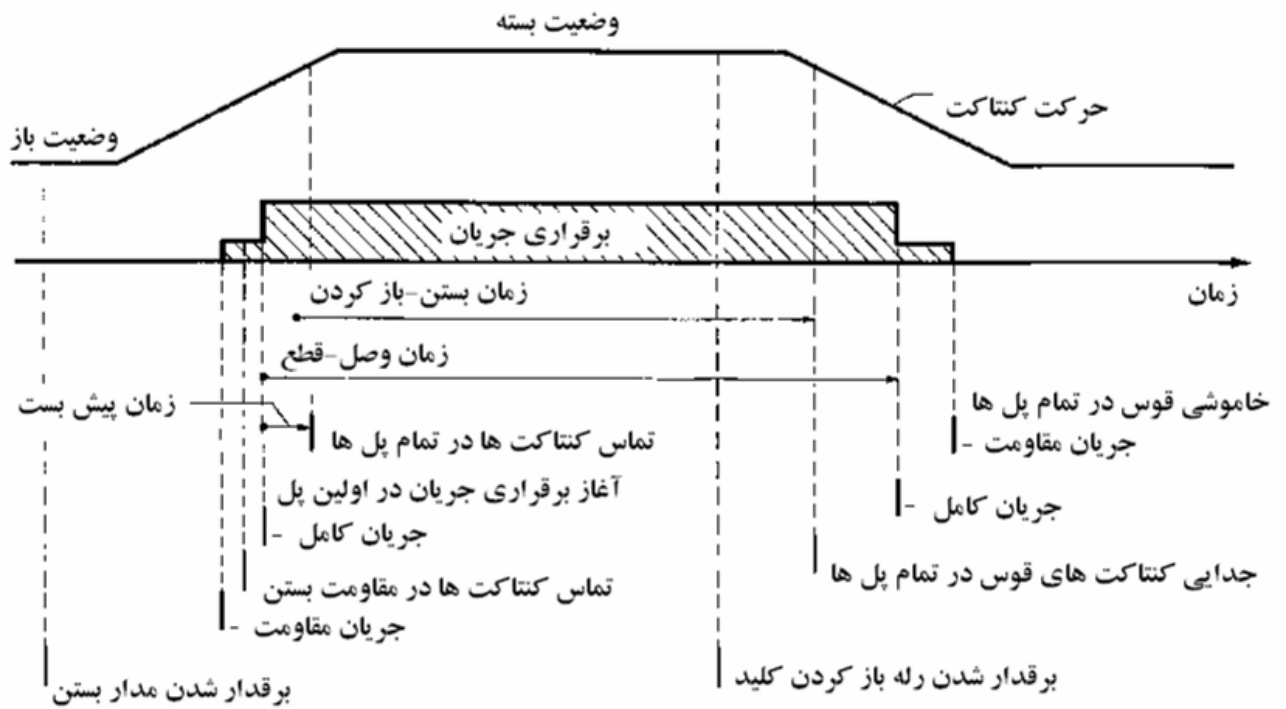


شکل 7-1: وصل مجدد (خودکار) کلید بدون مقاومت کلیدزنی

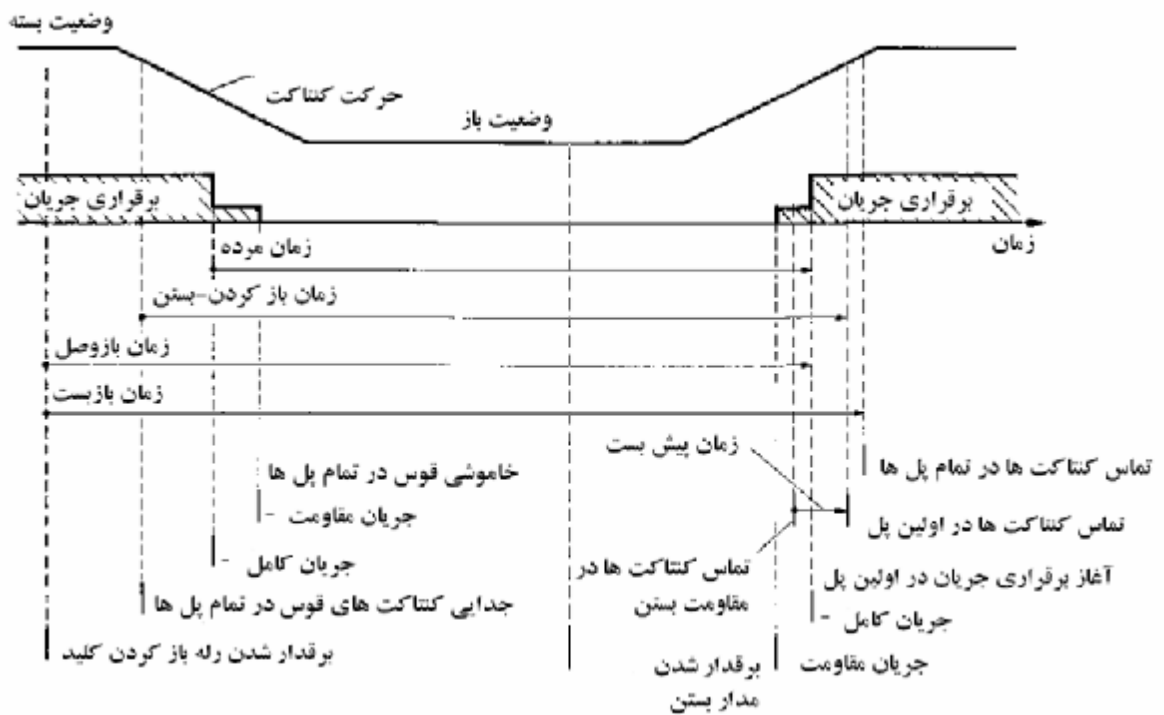


شکل 1-8: عملیات باز کردن و بستن کلید با مقاومت الکتریکی





شکل 1-9: سیکل بستن - باز کردن کلید با مقاومت کلیدزنی



شکل 1-10: وصل مجدد (خودکار) کلید با مقاومت کلیدزنی

# فصل ۲

معیارهای طراحی و مهندسی در

انتخاب کلید قدرت

## مقدمه

انتخاب کلید مناسب نیازمند آگاهی از برخی ویژگی‌های الکتریکی شبکه و شرایط اقلیمی و محیطی است. در این فصل ابتدا به نحوه انتخاب نوع کلید، نوع و مشخصات مکانیزم عملکرد، تعداد پل‌ها و کلاس کلید اشاره شده و سپس چگونگی انتخاب مقادیر نامی کلید به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس به تاثیر مشخصات آب و هوایی و اقلیمی بر انتخاب کلید پرداخته می‌شود. در ادامه مراحل انتخاب کلید قدرت جمع‌بندی شده و در انتها یک مثال طراحی ارائه می‌گردد.

### 2-1- انتخاب نوع کلید

امروزه اغلب کلیدها از نوع SF<sub>6</sub> می‌باشند و لذا بحث در این خصوص محدود خواهد شد.

### 2-2- انتخاب نوع و مشخصات مکانیزم عملکرد کلید

انتخاب صحیح نوع مکانیزم منوط به آگاهی از مزایا و معایب هر یک از انواع مکانیزم است که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد. به‌علاوه باید عملکرد تک پل یا سه پل مکانیزم، ولتاژ و فرکانس تغذیه تجهیزات قطع و وصل و مدارهای کنترل و کمکی، تعداد و نوع کنتاکت‌های کمکی اضافی و تعداد بوبین‌های قطع و وصل انتخاب شود.

#### 2-2-1- انتخاب نوع مکانیزم

##### 2-2-1-1- مکانیزم فنری

- مزایا: ارزانی نسبی، ساده بودن نصب و نگهداری، امکان شارژ دستی فنر در هنگام قطع برق، قابلیت اطمینان بالا.
- معایب: محدود بودن میزان انرژی قابل ذخیره در مکانیزم (بدون شارژ مجدد فنر وصل، این مکانیزم تنها قادر به اجرای یک سیکل قطع - وصل - قطع می‌باشد) و نیاز به وجود سه مکانیزم برای ایجاد امکان کلیدزنی تکفاز (یک مکانیزم برای هر پل) که منجر به افزایش قابل ملاحظه قیمت کلید می‌گردد.

##### 2-2-1-2- مکانیزم هیدرولیکی

- مزایا: قابلیت ذخیره انرژی زیاد، سروصدای کم در هنگام قطع و وصل، کوچکی نسبی مکانیزم و امکان شارژ دستی
- معایب: گرانی نسبی، مشکل بودن نصب و تعمیر و نگهداری، بازدهی‌های دوره‌ای بیشتر، امکان وجود نشتی روغن و یا نیتروژن

##### 2-2-1-3- مکانیزم هوای فشرده

- مزایا: قابلیت ذخیره انرژی زیاد (که در صورت مناسب بودن حجم مخزن هوا، امکان انجام تعداد زیادی عمل قطع و وصل را فراهم می‌آورد)

- معایب: مشکل بودن نسبی نصب، نیاز به بازدیدهای دوره‌ای بیشتر، صدای شدید در هنگام قطع و وصل، امکان نشت هوا از اتصالات لوله‌ها و شیرهای اطمینان و عدم وجود امکان شارژ دستی  
باتوجه به مطالب عنوان شده می‌توان گفت که از نظر میزان انرژی قابل دسترس برای کلید، اولویت به ترتیب با مکانیزم‌های فنی، هوای فشرده و هیدرولیکی است. در نتیجه در سطوح ولتاژ زیاد که کلیدها حجم و ابعاد بیشتری دارند و سطح اتصال کوتاه نیز بالاتر است و قدرت قطع لازم برای مکانیزم زیادتر می‌شود، دو نوع مکانیزم اول بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند.

### 2-2-2- عملکرد تک پل یا سه پل مکانیزم

عمل قطع و وصل کلید ممکن است به صورت تکفاز یا سه فاز انجام گیرد. علت قطع و وصل تکفاز تاثیر مثبت آن بر حفظ پایداری شبکه بویژه در سطوح ولتاژ زیاد در شرایط وقوع خطا است. معمولاً در پست‌های 63 و 132 کیلوولت عملکرد کلید از نوع سه فاز است. در ولتاژ 230 کیلوولت تنها کلیدهای مربوط به خط امکان قطع و وصل تکفاز دارند. اما در سطح ولتاژ 400 کیلوولت عمدتاً تمام کلیدهای یک پست دارای امکان قطع و وصل تکفاز می‌باشند.

### 2-2-3- ولتاژ تغذیه کمکی و حدود تغییرات پارامترهای مربوط به آن

ولتاژ تغذیه بوبین‌های قطع، بوبین وصل، مدارهای اینترلاک و سایر مدارهای کنترلی از نوع dc خواهد بود.  
ولتاژ تغذیه موتورهای مکانیزم عملکرد را می‌توان از هر یک از دو نوع dc یا ac انتخاب نمود. معمولاً در صورتی که ولتاژ ac مطمئن در پست موجود باشد (فیدر سیستم محلی خارج از پست که با استفاده از ترانسفورماتور توزیع به سطح 230/400 ولت تبدیل و مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا دیزل ژنراتور در موارد خاص) ولتاژ تغذیه از نوع ac انتخاب می‌شود. در غیر این صورت ولتاژ dc مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به تعداد کلیدها در پست، انتخاب ولتاژ dc منجر به بزرگ شدن سیستم LVDC پست و صرف هزینه زیاد برای سیستم باتری شارژر و توزیع ولتاژ مستقیم می‌شود. بویژه در نظر گرفتن بعضی از حالات بهره‌برداری (مثل عملکرد رله حفاظت شینه‌ها یا آزمایش این رله که منجر به عملکرد همزمان تمامی کلیدهای مربوط به شینه می‌شود) باعث بزرگی سیستم dc می‌گردد. اما مزیت ولتاژ dc امکان عملکرد کلیدها در هنگام بی‌برق شدن کلی پست است.

در صورت انتخاب ولتاژ ac، مقدار پیشنهادی 230 / 400 ولت با فرکانس 50 هرتز است و در صورت انتخاب ولتاژ dc مقادیر پیشنهادی 110 و 125 ولت می‌باشند. لازم به ذکر است مقادیر 100 و 220 ولت نیز گاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

محدوده مجاز تغییرات ولتاژ تغذیه برای اطمینان از عملکرد صحیح تجهیزات 85 تا 110 درصد است. در مورد منبع dc، ریپل ولتاژ (که مقدار پیک تا پیک مولفه ac ولتاژ منبع در بار نامی است) باید به کمتر از 5 درصد مولفه dc محدود شود.

به طور کلی بهتر است ولتاژهای مذکور شناور نبوده و یک سر آنها زمین باشد تا از جمع شدن ولتاژهای استاتیک خطرناک جلوگیری به عمل آید [1].

### 2-2-4- تعداد و نوع کنتاکت‌های کمکی اضافی

برای ایجاد امکان ارتباط بین کلید و سیستم‌های حفاظت و کنترل باید تعدادی کنتاکت کمکی اضافی (علاوه بر آنچه توسط مدارات کنترل خود کلید توسط سازنده مورد استفاده قرار می‌گیرد) در نظر گرفته شود. تعداد این کنتاکت‌ها باید با برآورد نیازهای

حفاظتی و کنترلی هر پست خاص به سازنده اعلام شود. در صورتی که امکان برآورد دقیق ممکن نباشد بهتر است تعدادی کنتاکت کمکی بیش از تعداد پیشنهادی خود سازندگان درخواست شود. چون این کنتاکت‌ها ارزان هستند و افزایش تعداد آنها قابلیت اطمینان بیشتری را فراهم می‌آورد. ضمن اینکه تعداد ارائه شده توسط سازنده معمولاً برای برآوردن حداقل نیاز است.

### 2-2-5- تعداد بوبین‌های قطع و وصل

در کلیدهای 72/5 کیلوولت و بالاتر برای افزایش قابلیت اطمینان همواره از دو بوبین قطع مستقل و یک بوبین وصل مستقل استفاده می‌شود (در صورتی که کلید امکان قطع و وصل تک فاز را نیز داشته باشد مجهز به 6 بوبین قطع و 3 بوبین وصل خواهد بود).

### 2-2-6- موتوری یا دستی بودن مکانیزم فرمان

باتوجه به کنترل کلیدها توسط رله، مکانیزم فرمان در شبکه انتقال از نوع موتوری می‌باشد.

### 2-3- انتخاب تعداد پل‌ها

باتوجه به سه فاز بودن شبکه انتقال قدرت کلیدها از نوع سه پل می‌باشند. ممکن است در برخی سیستم‌های قدرت نظیر راه‌آهن سیستم دو پل نیز نصب شود.

### 2-4- انتخاب کلاس کلید

کلاس کلید بیانگر باز یا بسته بودن فضایی است که کلید برای نصب و بهره‌برداری در آن نوع فضا طراحی شده است. به طور کلی دو نوع کلاس داخلی<sup>1</sup> و خارجی<sup>2</sup> (مخصوص نصب در داخل ساختمان و نصب در فضای آزاد) وجود دارد.

### 2-5- انتخاب مقادیر نامی کلید [1 و 2 و 3]

مشخصات نامی کلیدها را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد.

الف) مشخصات نامی که باید برای همه کلیدها ارائه شود.

- ولتاژ نامی
- سطح عایقی نامی
- فرکانس نامی
- جریان عادی نامی
- جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی

1 . Indoor  
2 . Outdoor

- جریان تحمل پیک نامی
  - مدت زمان اتصال کوتاه نامی
  - ولتاژ تغذیه نامی تجهیزات قطع و وصل و مدارهای کمکی
  - فرکانس تغذیه نامی تجهیزات قطع و وصل و مدارهای کمکی
  - مقادیر نامی فشار گاز برای عملکرد، قطع یا عایق‌سازی
  - جریان قطع اتصال کوتاه نامی
  - ولتاژ بازیافت گذرای متناظر با جریان قطع اتصال کوتاه نامی
  - جریان وصل اتصال کوتاه نامی
  - توالی عملکرد نامی
  - کمیات زمانی نامی
  - نوع ماده خاموش‌کننده ( $SF_6$ ، خلاء، روغن و ...)
  - نوع مکانیزم عملکرد
  - امکان کارکرد تک پل و یا سه پل
  - کلاس کلید
  - نحوه زمین‌شدن سیستم
- ب) مشخصات نامی که باید در موارد خاص زیر ارائه شوند:
- برای کلیدهایی که جهت اتصال مستقیم به خطوط هوایی به کار می‌روند و جریان قطع اتصال کوتاه نامی آنها از 12/5 کیلوآمپر بیشتر است، باید مشخصات مربوط به خطاهای نزدیک به کلید ارائه شود.
  - برای کلیدهای سه پلی که جهت قطع و وصل خطوط انتقال هوایی به کار می‌روند، ارائه جریان قطع شارژ خط نامی الزامی است.
  - برای کلیدهای سه پلی که جهت کلیدزنی کابل‌ها به کار می‌روند باید جریان قطع شارژ کابل نامی مشخص شود.
- ب) مشخصات نامی که باید در موارد خاص زیر ارائه شوند.
- جریان نامی وصل و قطع غیرهم فاز
  - جریان نامی قطع بانک خازنی واحد
  - جریان نامی قطع بانک خازنی پشت به پشت
  - جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی
  - جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت
- مشخصه‌های نامی کلید متناظر با توالی عملکرد نامی آن می‌باشند.

## 2-5-1- ولتاژ نامی (Ur)

ولتاژ نامی کلید قدرت طوری انتخاب می‌شود که با حداکثر ولتاژ سیستم در نقطه نصب کلید مساوی یا از آن بزرگتر باشد.

بنابراین ولتاژ نامی کلیدهای انتخاب شده برای پست‌های 63، 132، 230 و 400 کیلوولت نباید به ترتیب کمتر از 72/5، 145، 245 و 420 کیلوولت باشد.

### 2-5-2- سطوح عایقی نامی

سطوح عایقی کلید قدرت باید براساس نتایج به دست آمده از مطالعات هماهنگی عایقی و باتوجه به مقادیر استاندارد مندرج در جدول (1-2) انتخاب شود. ولتاژهای استقامت عایقی داده شده در این جدول در شرایط جوی (دما، فشار، رطوبت) مطابق با بند 2-4 از استاندارد IEC شماره 60694 معتبر است.

جدول 1-2-الف: سطوح استقامت عایقی نظیر ولتاژهای نامی 63، 132 و 230 کیلوولت مطابق با IEC شماره 60694

ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه صاعقه $U_p$ kV(peak)		تحمل ولتاژ نامی فرکانس قدرت کوتاه مدت $U_d$ kV(r.m.s)		ولتاژ نامی $U_r$ kV(r.m.s)
مقدار متعارف	روی فاصله عایقی	مقدار متعارف	روی فاصله عایقی	
(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
375	325	160	140	72/5
630	550	265	230	145
750	650	315	275	
950	850	415	360	245
1050	950	460	395	
1200	1050	530	460	

جدول 1-2-ب: سطوح استقامت عایقی نظیر ولتاژ نامی 400 کیلوولت مطابق با IEC شماره 60694

ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه صاعقه $U_p$ kV(peak)		ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی $U_s$ kV(peak)			ولتاژ نامی تحمل فرکانس قدرت کوتاه مدت $U_d$ kV(r.m.s)		ولتاژ نامی $U_r$ kV(r.m.s)
روی کلید باز و یا فاصله عایقی	فاز به زمین و بین فازها	روی فاصله عایقی	بین فازها	فاز به زمین و روی کلید باز	روی کلید باز و یا فاصله عایقی	فاز به زمین و بین فازها	
(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1300(+240)	1300	900(+345)	1425	950	610	520	420
1425(+240)	1425		1575	1050			

در جداول فوق منظور از "مقدار متعارف"<sup>1</sup> مقدار اعمال شده در مورد فاز به زمین، بین فازها و روی کلید باز است. مقدار بیان شده در ستون "روی فاصله عایقی"<sup>2</sup> برای سکسیونرها به کار می‌رود اما در برخی از آزمونهای کلید هم مورد استفاده است. برای کلیدهایی که در عملیات سنکرون سازی (که با اضافه ولتاژهای گذرا یا موقت قابل توجه همراه است) به کار می‌روند، ممکن است سطوح عایقی استاندارد کافی نباشد. در چنین مواردی پیشنهاد می‌شود که یا یک کلید استاندارد با ولتاژ نامی بالاتر مورد استفاده قرار گیرد یا یک کلید مخصوص که آزمون دشوارتری روی آن در حالت باز انجام گرفته است، به کار رود. در مورد دوم باید ولتاژ تحمل فرکانس قدرت نامی روی فاصله عایقی برطبق ستون‌های 3 جداول مذکور به کلید باز اعمال شود. برای کلیدهای 420

1 . Common Value

2 . Across the Isolating Distance

کیلوولت، مقدار استاندارد تحمل ولتاژ با فرکانس قدرت نامی و ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی نامی روی کلید در حالت باز در ستون‌های 3 و 6 جدول (2-1-ب) داده شده‌اند.

### 2-5-3- فرکانس نامی ( $f_r$ )

فرکانس نامی کلید باید برابر با فرکانس نامی شبکه سراسری برق ایران یعنی 50 هرتز باشد.

### 2-5-4- جریان عادی نامی ( $I_r$ )

جریان عادی نامی کلید مقدار موثر جریانی است که کلید باید بتواند آن را تحت شرایط مشخص عملکرد به طور پیوسته عبور دهد. جریان عادی نامی کلید باید باتوجه به نتایج محاسبات پخش بار و جریان اتصال کوتاه در محل نصب کلید و با در نظر گرفتن ضریب روند افزایش بار براساس برنامه‌ریزی‌های توسعه سیستم، از سری R10 انتخاب شود. سری R10 شامل اعداد 1، 1/25، 1/6، 2، 2/5، 3/15، 4، 5، 6/3، 8 و ضرایب<sup>۱</sup> 10 آنهاست. مقادیر استاندارد مورد استفاده در ایران برحسب آمپر عبارتند از:  
800-1250-1600-2000-2500-3150-4000

انواع شرایط کاری کلید در پیوست (2-1) ارائه شده است.

### 2-5-5- افزایش دمای نامی

در دمای محیطی کمتر از 40 درجه سانتی‌گراد، تحت شرایط تعیین شده در آزمونها، افزایش دمای هیچ بخشی از کلید نباید از حدود افزایش دما که در جدول (2-2) آمده است تجاوز کند.<sup>۱</sup>

<sup>۲</sup>. معمولاً سفارش دهنده باتوجه به شرایط اقلیمی اطلاعات اولیه در اختیار سازنده قرار می‌دهد و باتوجه به حداکثر دمای قابل تحمل، افزایش مجاز دما مشخص و آزمون نیز بر همان مبنا انجام می‌گیرد.



جدول 2-2: حدود دما و افزایش دمای اجزاء، مواد و عایق‌های مختلف کلید

مقدار حداکثر		نوع اجزاء، مواد و عایق‌ها (ر.ک به نکات 1 و 2)
افزایش دما در دمای محیطی کمتر از 40 °C	دما °C	
65	105	1- کنتاکت‌ها (ر.ک به نکته 3) - مس بدون روکش یا آلیاژ آن - با روکش نقره یا نیکل (ر.ک به نکته 4) - با روکش قلع (ر.ک به نکته 4)
65	105	
50	90	
75	115	2- اتصالات (ر.ک به نکته 3) - مس بدون روکش، آلیاژ آن یا آلیاژ آلومینیم بدون روکش - با روکش نقره یا نیکل (ر.ک به نکته 4) - با روکش قلع
75	115	
65	105	
(ر.ک به نکته 5)	(ر.ک به نکته 5)	3- سایر کنتاکت‌ها یا اتصالاتی که از فلزات بدون روکش یا با روکش‌هایی از مواد دیگر ساخته شده‌اند.
50	90	4- ترمینال‌ها برای اتصالات خارجی هادی‌ها به وسیله پیچ و مهره (ر.ک به نکته 6) - بدون روکش - با روکش نقره، نیکل یا قلع - سایر پوشش‌ها
65	105	
(ر.ک به نکته 5)	(ر.ک به نکته 5)	
(ر.ک به نکته 7)	(ر.ک به نکته 7)	5- قسمتهای فلزی که به عنوان فنر عمل می‌کنند
(ر.ک به نکته 7)	(ر.ک به نکته 7)	6- مواد عایقی و قطعات فلزی که با عایق‌هایی با کلاس‌های زیر در تماس هستند. Y - A - E - B - F - - لعاب : بر پایه روغن ترکیبی H - C - سایر مواد عایقی
50	90	
65	105	
80	120	
90	130	
115	155	
60	100	
80	120	
140	180	
30	70	7- اجزاء قابل دسترسی - قسمت‌هایی که در شرایط کار عادی با دست اشخاص در تماس‌اند. - قسمت‌هایی که در شرایط کار عادی با دست اشخاص در تماس نیستند.
40	80	

### نکات مربوط به جدول

- نکته 1: یک بخش از کلید، بسته به عملکرد، ممکن است متعلق به چند دسته از موارد مطرح‌شده در جدول باشد. در این صورت حداکثر مقدار مجاز دما و افزایش دما برابر با مقادیر مذکور برای آن دسته است که کمترین مقادیر را دارد.
- نکته 2: باید اطمینان حاصل نمود که به مواد عایقی دربرگیرنده<sup>1</sup> هیچ آسیبی نرسیده است.
- نکته 3: وقتی قسمت‌های مختلف دارای پوشش‌های متفاوت بوده یا یک قسمت، فلز بدون روکش باشد مقادیر مجاز دما و افزایش دما به شرح زیر است.
- الف) برای کنتاکت‌ها، مقادیر مربوط به آن نوع روکش که در بند 1 جدول، کمترین مقدار مجاز به آن اختصاص داده شده است.
- ب) برای اتصالات، مقادیر مربوط به آن نوع روکش که در بند 1 جدول، بیشترین مقدار مجاز به آن نسبت داده شده است.

- نکته 4: کنتاکت‌های روکش دار باید به گونه‌ای باشند که پس از انجام آزمون‌های قطع و وصل، جریان تحمل کوتاه‌مدت و تحمل مکانیکی، یک لایه پیوسته از ماده پوشش‌دهنده روی سطح کنتاکت باقی بماند. در غیر این صورت کنتاکت، بدون روکش محسوب می‌شود.
- نکته 5: در صورتی که از موادی غیر از موارد مذکور در جدول استفاده شود، بویژه برای تعیین حداکثر مقدار مجاز افزایش دما باید به خواص آنها توجه کرد.
- نکته 6: مقادیر دما و افزایش دما تنها در صورتی معتبرند که هادی متصل به ترمینال بدون روکش باشد.
- نکته 7: دما نباید آن قدر زیاد شود که قابلیت ارتجاع<sup>1</sup> فترها از بین برود.
- نکته 8: دما باید در حدی بماند که هیچ آسیبی به قسمت‌های مجاور نرسد.

### 2-5-6- جریان نامی تحمل کوتاه‌مدت ( $I_k$ )

جریان نامی تحمل کوتاه‌مدت، مقدار موثر جریانی است که کلید می‌تواند در وضعیت بسته و در طی یک مدت زمان کوتاه مشخص تحت شرایط معین کاربرد و عملکرد از خود عبور دهد. مقدار جریان نامی تحمل کوتاه‌مدت کلید باید از سری R10 انتخاب شده، برابر با سطح نامی اتصال کوتاه سیستم باشد. جریان تحمل کوتاه‌مدت نامی با جریان قطع اتصال کوتاه نامی مساوی است.

### 2-5-7- جریان نامی تحمل پیک ( $I_p$ )

جریان نامی تحمل پیک، مقدار پیک اولین حلقه اصلی جریان نامی تحمل کوتاه‌مدت است که کلید می‌تواند در موقعیت بسته تحت شرایط مشخص عملکرد از خود عبور دهد. برای فرکانس نامی 50 هرتز، جریان مذکور 2/5 برابر جریان نامی استقامت کوتاه‌مدت و با جریان نامی وصل اتصال کوتاه مساوی است.

### 2-5-8- مدت زمان اتصال کوتاه نامی ( $t_k$ )

مدت زمانی که یک کلید می‌تواند در موقعیت بسته، جریانی مساوی با جریان نامی تحمل کوتاه‌مدت خود را عبور دهد، مدت زمان اتصال کوتاه نامی نام دارد. مقدار استاندارد این کمیت 1 ثانیه است. در صورتی که انتخاب مقادیر کمتر یا بیشتر از 1 ثانیه لازم باشد، مقادیر پیشنهادی 0/5، 2 و 3 ثانیه هستند. برای زمانهای بیشتر از زمان نامی، رابطه بین دامنه جریان و زمان تحمل جریان اتصال کوتاه در صورتی که رابطه دیگری از طرف سازنده کلید ارائه نشده باشد مطابق با  $I^2.t = cte$  خواهد بود.

### 2-5-9- جریان نامی قطع اتصال کوتاه ( $I_{sc}$ )

جریان نامی قطع اتصال کوتاه بزرگترین جریانی است که کلید تحت شرایط کاربرد و عملکرد مندرج در این استاندارد، قادر به قطع کردن آن است. جریان مذکور باید در مداری با ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت متناظر با ولتاژ نامی کلید و ولتاژ بازیافت گذرا مساوی با مقدار تعیین شده در بند 2-5-14 قطع شود.

مقدار نامی جریان اتصال کوتاه با دو مقدار مشخص می‌شود.

- مقدار موثر مولفه ac

- درصد مولفه dc

اگر مولفه dc از 20 درصد تجاوز نکند، جریان نامی قطع اتصال کوتاه تنها بامولفه ac آن مشخص می‌شود. برای تعیین مولفه‌های ac و dc می‌توان به شکل (1-2) مراجعه کرد.

### 2-9-5-1- مولفه ac جریان نامی قطع اتصال کوتاه

مقدار استاندارد مولفه ac جریان نامی قطع اتصال کوتاه باید با توجه به نتایج محاسبات اتصال کوتاه شبکه و از سری R10 انتخاب شود. مقادیر مورد استفاده در ایران برحسب کیلوآمپر عبارتند از:

12/5-16-20-25-31/5-40-50-63

### 2-9-5-2- مولفه dc جریان نامی قطع اتصال کوتاه

این مولفه با دو مقدار زیر مشخص می‌شود:

- مقدار اولیه مولفه فوق که به لحظه بروز خطا بستگی دارد. چنانچه خطا در لحظه صفر جریان رخ دهد دامنه مولفه dc حداکثر خواهد بود.

- ثابت زمانی میرایی مولفه ( $t$ ) که به ثابت زمانی شبکه ( $\frac{X}{R}$ ) بستگی دارد.

درصد مؤلفه dc را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

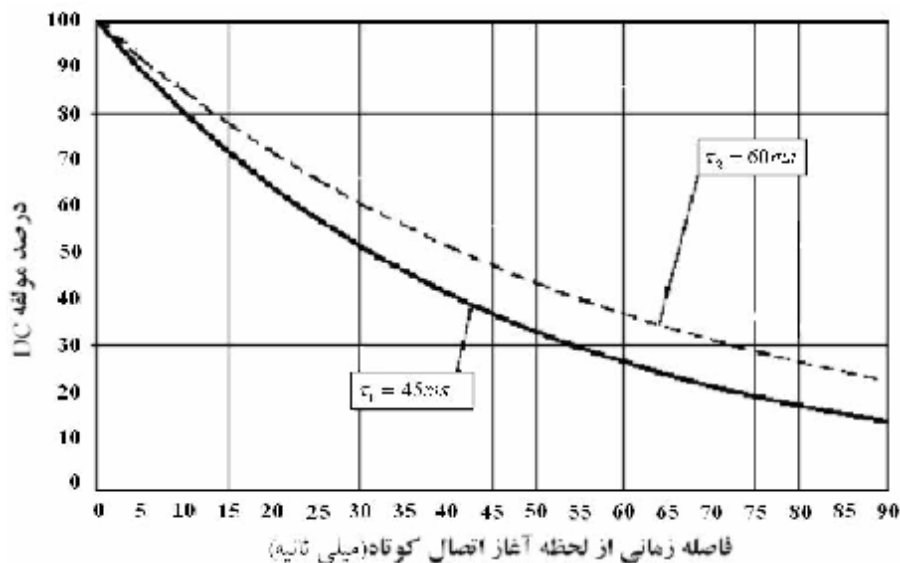
$$\% dc = 100 \times e^{-\frac{T_{op} + T_r}{\tau}} \quad (1-2)$$

در رابطه فوق،  $T_{op}$  حداقل زمان بازشدن اولین پل بازشونده کلید،  $T_r$  برابر با نیم سیکل از فرکانس نامی و  $t$  ثابت زمانی است.

حداقل زمان بازشدن اولین پل توسط سازنده مشخص می‌شود.

درصد مولفه dc را از شکل (1-2) نیز می‌توان استخراج کرد. منحنی‌های داده شده بر مبنای ثابت زمانی استاندارد  $t = 45ms$

و ثابت زمانی خاص  $t = 60ms$  می‌باشند.



شکل 1-2: درصد مولفه dc برحسب فاصله زمانی  $T_{op} + T_r$  به ازای ثابت زمانی‌های  $t_1 = 45ms$  و  $t_2 = 60ms$

در ولتاژهای کمتر یا مساوی با ولتاژ نامی، کلید باید قادر به قطع هر جریان اتصال کوتاه (تا مقدار نامی جریان قطع اتصال کوتاه) با هر مولفه ac (تا مقدار نامی آن) و هر درصد مولفه dc (تا مقدار مشخص شده) باشد. در ولتاژهای بیشتر از ولتاژ نامی تضمینی برای قطع جریانهای اتصال کوتاه وجود ندارد.

### 2-5-10- جریان نامی وصل اتصال کوتاه

جریان نامی وصل اتصال کوتاه یک کلید که پل‌های آن همزمان عمل می‌کنند، مقداری متناظر با ولتاژ و فرکانس نامی تعریف می‌شود.

- برای فرکانس نامی 50 هرتز و ثابت زمانی استاندارد 45 میلی‌ثانیه، جریان نامی وصل اتصال کوتاه 2/5 برابر مقدار موثر مولفه ac جریان نامی قطع اتصال کوتاه است.
- برای ثابت زمانی خاص 60 میلی‌ثانیه، جریان نامی وصل اتصال کوتاه 2/7 برابر مقدار موثر مولفه ac جریان نامی قطع اتصال کوتاه است (مستقل از فرکانس نامی).

### 2-5-11- جریان‌های نامی کلیدزنی خازنی

مقادیر نامی یک کلید برای قطع و وصل جریانهای خازنی باید (بسته به کاربرد) شامل موارد زیر باشد:

- جریان نامی قطع شارژ خط
- جریان نامی قطع شارژ کابل
- جریان نامی قطع بانک خازنی واحد
- جریان نامی قطع بانک خازنی پشت به پشت
- جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی واحد
- جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت

مقادیر پیشنهادی برای جریانهای نامی کلیدزنی خازنی در جدول (2-3) آمده است. باید توجه داشت که هدف از ارائه مقادیر داده شده در این جدول استانداردسازی است. در موارد عملی می‌توان جریانهای هجومی را با استفاده از مدل‌سازی به دست آورد (یک نمونه از این مدل‌سازی‌ها، در پیوست H از استاندارد IEC شماره 100-62271 آمده است). بسته به مشخصات شبکه ممکن است مقادیر پیک و فرکانس جریان‌های هجومی کوچکتر یا بزرگتر از مقادیر داده شده در جدول باشند (مثلاً بسته به اینکه از راکتورهای محدودکننده جریان استفاده شده باشد یا نه).

جدول 2-3: مقادیر پیشنهادی برای جریانهای نامی کلیدزنی خازنی

بانک خازنی پشت به پشت			بانک خازنی واحد	کابل	خط	ولتاژ نامی $U_r$ (kV, r.m.s)
فرکانس جریان هجومی $f_{bi}$ (HZ)	جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت $I_{bi}$ (kA, peak)	جریان نامی قطع بانک خازنی پشت به پشت $I_{bb}$ (A, r.m.s)	جریان نامی قطع بانک خازنی واحد $I_{sb}$ (A, r.m.s)	جریان نامی قطع شارژ کابل $I_c$ (A, r.m.s)	جریان نامی قطع شارژ خط $I_l$ (A, r.m.s)	
4250	20	400	400	125	10	72/5
4250	20	400	400	160	50	145
4250	20	400	400	250	125	245
4250	20	400	400	400	400	420

ولتاژ بازیافت متناظر با کلیدزنی جریان خازنی به عوامل زیر بستگی دارد.

- نحوه زمین کردن نوترال سیستم
- نحوه زمین کردن بار خازنی (بار خازنی مانند شبکه‌های کابلی، بانک خازنی، خط انتقال)
- اثر متقابل فازهای مجاور بانک خازنی
- وقوع خطای زمین تک فاز یا دو فاز

#### 2-5-11-1- جریان نامی قطع شارژ خط

جریان نامی قطع شارژ خط حداکثر جریان شارژ خازنی خط است که کلید باید بتواند در ولتاژ نامی تحت شرایط مشخص، آن را قطع کند.

#### 2-5-11-2- جریان نامی قطع شارژ کابل

جریان نامی قطع شارژ کابل حداکثر جریان شارژ خازنی کابل است که کلید باید بتواند در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص، آن را قطع کند.

#### 2-5-11-3- جریان نامی قطع بانک خازنی واحد

جریان نامی قطع بانک خازنی واحد حداکثر جریان خازنی است که کلید باید در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص، آن را قطع کند. این جریان مربوط به یک بانک خازنی واحد است به طوری که هیچ خازن دیگری به سمت تغذیه کلید متصل نشده باشد.

#### 2-5-11-4- جریان نامی قطع بانک خازنی پشت به پشت

جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی پشت به پشت حداکثر جریان خازنی است که کلید باید در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص شده عملکرد، آن را قطع کند. این جریان مربوط به یک بانک خازنی است در شرایطی که یک یا چند بانک خازنی موازی

دیگر به سمت تغذیه کلید متصل بوده و جریان هجومی وصلی مساوی با مقدار نامی جریان هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت ارائه می‌دهند.

در هنگام قطع و وصل مجموعه خازنهای پشت به پشت، نرخ افزایش جریان خازنی از شیب قابل قبول کلید مربوط به جریان قطع متقارن آن تجاوز می‌کند و جریان خازنی خصوصیات جریان ضربه را دارا می‌گردد. در این شرایط باید کلید خصوصیات قطع جریانهای ضربه‌ای را دارا باشد.

### 2-5-11-5- جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی

جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی، مقدار پیک جریانی است که کلید باید در ولتاژ نامی و با فرکانس جریان هجومی (باتوجه به شرایط سرویس) آن را وصل کند.

در مورد بانک‌های خازنی واحد، مقداری برای جریان نامی هجومی وصل و فرکانس آن پیشنهاد نشده است. در کاربردهای معمول، جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی در گستره 5 تا 10 کیلوآمپر قرار دارد و می‌توان آن را با استفاده از رابطه تقریبی زیر تخمین زد.

$$i_{\max, \text{peak}} \approx \sqrt{2kI_{\text{sh}} I_{\text{sb}}} \quad (2-2)$$

در این رابطه  $i_{\max, \text{peak}}$  مقدار پیک جریان هجومی وصل،  $I_{\text{sh}}$  مقدار موثر جریان اتصال کوتاه در محل بانک خازنی،  $I_{\text{sb}}$  مقدار موثر جریان بانک خازنی واحد و  $k$  ضریبی است که برای در نظر گرفتن تلورانس‌ها و اضافه ولتاژهای احتمالی برابر 1/15 انتخاب می‌شود. فرکانس جریان هجومی در گستره 200 تا 1000 هرتز قرار دارد و می‌توان آن را با استفاده از رابطه تقریبی زیر به دست آورد.

$$f_{\text{inrush}} \approx f_r \sqrt{I_{\text{sh}} / I_{\text{sb}}} \quad (3-2)$$

$f_{\text{inrush}}$  فرکانس جریان هجومی و  $f_r$  فرکانس نامی است.

در مورد بانک‌های خازنی پشت به پشت می‌توان به جدول (2-3) مراجعه نمود.

باید توجه داشت که برای عملکرد صحیح کلید در وصل بانک‌های خازنی واحد یا پشت به پشت باید حاصل ضرب

$i_{\max, \text{peak}} \times f_{\text{inrush}}$  کوچکتر از یا مساوی با حاصلضرب مقادیر نظیر در آزمونهای مربوطه باشد.

### 2-5-12- جریان قطع بار اندوکتیو کم

جریان نامی قطع بار اندوکتیو کم عبارت است از حداکثر جریان اندوکتیو که کلید باید در حالات زیر قطع کند:

- کلیدزنی جریان مغناطیس‌کننده ترانس‌ها
- کلیدزنی راکتورهای شنت

برای اطلاع از رفتار کلید و نحوه انتخاب آن در موارد فوق می‌توان به استاندارد IEC شماره 61233 مراجعه نمود.

## 2-5-13- توالی عملکرد نامی

مشخصه‌های نامی کلید متناظر با توالی عملکرد نامی آن هستند. به طور کلی دوگزینه برای توالی عملکرد نامی پیشنهاد شده است:

الف) O-t-CO-t'-CO

برای کلیدهای بدون سیستم وصل مجدد خودکار سریع<sup>1</sup> O-3min-CO-3min-CO

برای کلیدهای با سیستم وصل مجدد خودکار سریع O-0.3sec-CO-3min-CO

برای کلیدهای با سیستم وصل مجدد خودکار سریع به جای  $t'=3\text{min}$  مقادیر  $t'=15\text{sec}$  و  $t'=1\text{min}$  نیز به کار می‌رود.

ب) CO-t''-CO

این توالی تنها برای کلیدهای بدون سیستم وصل مجدد خودکار سریع و با  $t''=15\text{sec}$  پیشنهاد شده است.

## 2-5-14- ولتاژ بازیافت گذرا (TRV) برای جریان نامی قطع اتصال کوتاه

ولتاژ بازیافت گذرای (TRV) متناظر با جریان نامی قطع اتصال کوتاه، ولتاژ مرجعی است که حد ولتاژ بازیافت گذرای مورد انتظار مدارهایی را که کلید باید قادر به تحمل آنها تحت شرایط خطا باشد مشخص می‌کند.

## 2-5-14-1- مقادیر استاندارد TRV

مقادیر استاندارد TRV برای کلید سه پل در سیستم با ولتاژ نامی 72/5 کیلوولت (نمایش دو پارامتری) در جدول (2-4) آمده است. برای سیستم 145 کیلوولتی نمایش چهار پارامتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر استاندارد TRV برای این سطح ولتاژ بسته به نحوه زمین شدن نوترال سیستم در جدول‌های (2-5) و (2-6) دیده می‌شود. همچنین مقادیر استاندارد برای نمایش چهار پارامتری TRV در سیستم‌های 245 و 420 کیلوولت در جدول (2-7) ارائه شده است.

جدول 2-4: مقادیر استاندارد ولتاژ بازیافت گذرا برای ولتاژ نامی 72/5kV - نمایش دو پارامتری

ولتاژ نامی $U_r$ (kV)	دوره آزمون	ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم $K_{pp}$ (p.u.)	ضریب دامنه $K_{af}$ (p.u.)	مقدار پیک TRV $u_c$ (kV)	زمان $t_3$ (mS)	تأخیر زمانی $t_d$ (mS)	ولتاژ $u_c$ (kV)	زمان $t_c$ (mS)	RRRV $u_c/t_3$ (kV/mS)
72/5	خطا روی ترمینال	1/5	1/4	124	165	8	41	63	0/75
	خطای نزدیک کلید	1	1/4	83	166	8	28	64	0/5
	غیرهم‌فاز	2/5	1/25	185	336	50	62	163	0/55

1 . Rapid Auto Reclosing

جدول 2-5: مقادیر استاندارد ولتاژ بازیافت گذرا برای ولتاژ نامی 145kV در سیستم با نوترال مستقیماً زمین شده - نمایش چهار پارامتری

ولتاژ نامی $U_r$ (kV)	دوره آزمون	ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم $K_{pp}$ (p.u.)	ضریب دامنه $K_{af}$ (p.u.)	اولین ولتاژ مرجع $u_1$ (kV)	زمان $t_1$ (mS)	مقدار پیک TRV $u_c$ (kV)	زمان $t_2$ (mS)	تأخیر زمانی $t_d$ (mS)	ولتاژ $u_c$ (kV)	زمان $t_c$ (mS)	RRRV $u_1/t_1$ (kV/mS)
145	خطا روی ترمینال	1/3	1/40	115	58	215	231	2	58	31	2
	خطای نزدیک کلید	1	1/40	89	44	166	178	2	44	24	2
	غیرهم فاز	2	1/25	178	115	296	231	12	89	70	1/54

جدول 2-6: مقادیر استاندارد ولتاژ بازیافت گذرا برای ولتاژ نامی 145kV در شبکه‌هایی که نوترال آنها مستقیماً زمین نشده است - نمایش چهار پارامتری

ولتاژ نامی $U_r$ (KV)	دوره آزمون	ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم، $K_{pp}$ (p.u.)	ضریب دامنه $K_{af}$ (p.u.)	اولین ولتاژ مرجع $u_1$ (kV)	زمان $t_1$ (mS)	مقدار پیک TRV $u_c$ (kV)	زمان $t_2$ (mS)	تأخیر زمانی $t_d$ (mS)	ولتاژ $u_c$ (kV)	زمان $t_c$ (mS)	RRRV $u_1/t_1$ (kV/mS)
145	خطا روی ترمینال	1/5	1/40	133	67	249	266	2	67	35	2
	خطای نزدیک کلید	1	1/40	89	44	166	178	2	44	24	2
	غیرهم فاز	2/5	1/25	222	133	370	266	13	111	79	1/67

جدول 2-7: مقادیر استاندارد ولتاژ بازیافت گذرا برای ولتاژ نامی 245 و 420 کیلوولت در سیستم‌های با نوترال مستقیماً زمین شده - نمایش چهار پارامتری

ولتاژ نامی $U_r$ (kV)	دوره آزمون	ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم $K_{pp}$ (p.u.)	ضریب دامنه $K_{af}$ (p.u.)	اولین ولتاژ مرجع $u_1$ (kV)	زمان $t_1$ (mS)	مقدار پیک TRV $u_c$ (kV)	زمان $t_2$ (mS)	تأخیر زمانی $t_d$ (mS)	ولتاژ $u_c$ (kV)	زمان $t_c$ (mS)	RRRV $u_1/t_1$ (kV/mS)
245	خطا روی ترمینال	1/3	1/40	195	98	364	390	2	98	51	2
	خطای نزدیک کلید	1	1/40	150	75	280	300	2	75	40	2
	غیرهم فاز	2	1/25	300	195	500	390	20	150	117	1/54
420	خطای روی ترمینال	1/3	1/40	334	167	624	669	2	167	86	2
	خطای نزدیک کلید	1	1/40	257	129	480	514	2	129	66	2
	غیرهم فاز	2	1/25	514	334	857	669	33	257	202	1/54

اعداد فوق، مقادیر مورد انتظار هستند. اگر کلید در سیستم‌هایی نصب شود که شرایط کاری دشوارتری را برای آن ایجاد کنند

(بویژه موارد زیر)، ممکن است این مقادیر دچار تغییر شوند.

- کلیدهای مجاور ژنراتورها
- کلیدهایی که مستقیماً و بدون خازن اضافی قابل توجهی (بین کلید و ترانس) به ترانس متصل می‌شوند.
- کلیدهایی که در پست‌های شامل راکتور سری به کار می‌روند.



- کلیدهایی که برای قطع و وصل خطوط با جبران سری مورد استفاده قرار می‌گیرند.
  - کلیدهایی که در پست‌های شامل بانک خازنی نصب می‌شوند.
- جهت به دست آوردن مقادیر نرخ افزایش ولتاژ بازیافت (RRRV) و  $u_c$  برای دومین و سومین پل بازشونده باید ضرایبی را به مقادیر نظیر برای پل اول اعمال نمود. این مقادیر در جدول (8-2) ارائه شده‌اند.

جدول 8-2: ضرایب استاندارد مقادیر ولتاژ بازیافت گذرا برای دومین و سومین پل بازشونده

ضرایب				ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم $K_{PP}$
سومین پل بازشونده		دومین پل بازشونده		
$u_c$	RRRV	$u_c$	RRRV	
برای سیستم‌های با نوترال مستقیماً زمین شده				
0/77	0/70	0/98	0/95	1/3
برای سیستم‌هایی که نوترال مستقیماً زمین نشده است				
0/58	0/70	0/58	0/70	1/5

## 2-14-5-2-2- مقادیر استاندارد ITRV

این مقادیر در جدول زیر آمده است.

جدول 9-2: مقادیر استاندارد ITRV برای ولتاژهای نامی 245، 145 و 420 کیلوولت

ولتاژ نامی $U_r$ (kV)	ضرایب تعیین $u_1$ به صورت تابعی از مقدار موثر جریان قطع اتصال کوتاه $f_i I_{SC}^*$ (kV/kA)	زمان $t_i$ ( $\mu s$ )
145	0/046	0/4
245	0/069	0/6
420	0/092	0/8

توجه: مقادیر فوق برای هر دو حالت خطاهای سه فاز و تک فاز بوده، بر این فرض استوارند که شینه (شامل تمام تجهیزات متصل به آن مانند نگه‌دارنده‌ها، ترانس‌های ولتاژ و جریان، سکیونرها و...) را می‌توان با امپدانس موجی  $Z_i=260\Omega$  مدل نمود. از این رو رابطه  $f_i$  و  $t_i$  به صورت زیر است:

$$f_i = t_i \times Z_i \times w \times \sqrt{2}$$

که  $w = 2\pi f_r$  فرکانس زاویه‌ای متناظر با فرکانس نامی کلید است.

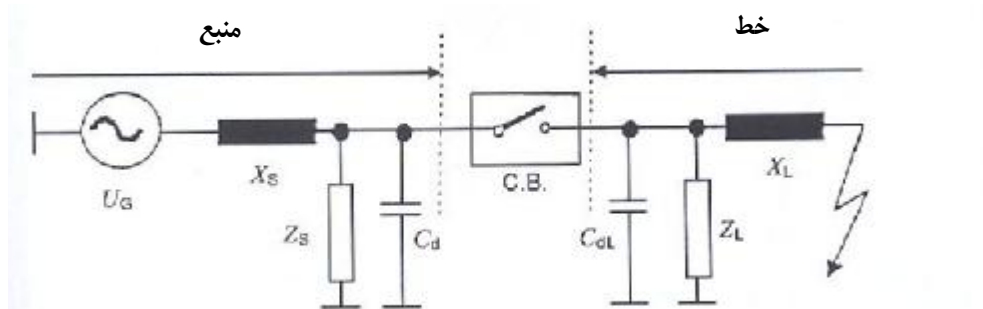
\* مقدار واقعی ولتاژهای پیک ابتدایی با ضرب مقادیر مندرج در ستون میانی جدول در مقدار موثر جریان قطع اتصال کوتاه به دست می‌آید.

## 2-15-5-2- مشخصات مربوط به خطای نزدیک به کلید

مشخصات مربوط به خطاهای نزدیک به کلید مخصوص کلیدهایی است که برای اتصال مستقیم به خطوط هوایی طراحی شده و جریان قطع اتصال کوتاه نامی آنها بزرگتر از 12/5 کیلوآمپر باشد. این مشخصه‌ها مربوط به قطع یک خطای تک‌فاز به زمین در سیستمی است که نوترال آن زمین شده و ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم آن برابر 1 باشد.

به طور معمول امپدانس صفر شبکه بیشتر از امپدانس مثبت است، مگر در نیروگاهها و نزدیک آنها که امپدانس توالی صفر واحدها کوچکتر از توالی مثبت آنها می‌باشد. به همین دلیل در پستهای نیروگاهی، سطح اتصال کوتاه فاز به زمین بیشتر از سه فاز است. این امر RRRV ظاهر شده بر روی کلید در هنگام قطع خطای تک فاز را به نسبت خطای سه فاز افزایش می‌دهد. به همین دلیل آزمایش کلیدها برای اثبات توانایی آنها در قطع خطاهای نزدیک کلید به صورت تک‌فاز انجام می‌گیرد. فرض بر این است که چنین آزمونی انواع خطاهای ممکن در نزدیک کلید را پوشش می‌دهد.

خطای نزدیک کلید تحت تأثیر دو عامل یعنی مدار تغذیه کلید در طرف منبع و خطای خط در سمت بار می‌باشد (شکل 2-2).



$X_L$ : راکتانس طرف بار (فرکانس)  
 $Z_L$ : مؤلفه کنترل کننده TRV طرف بار  
 $C_{dL}$ : خازن طرف بار جهت ایجاد تأخیر زمانی  
 $Z$ : امپدانس موجی خط  
 $L$ : طول خط تا محل خطا

$U_G$ : ولتاژ منبع، مقدار فاز به زمین  
 $X_S$ : راکتانس طرف منبع (فرکانس قدرت)  
 $Z_S$ : مؤلفه کنترل کننده TRV طرف منبع  
 $C_a$ : خازن طرف منبع جهت ایجاد تأخیر زمانی  
 $C.B.$ : کلید قدرت

شکل 2-2: مدار پایه برای خطای نزدیک کلید

مشخصه طرف منبع به شرح زیر است:

- ولتاژی برابر با  $\frac{U_r}{\sqrt{3}}$

- جریان اتصال کوتاه برابر جریان نامی قطع اتصال کوتاه کلید
- ولتاژ بازیافت گذرای مورد انتظار در حالت خطای نزدیک کلید (مقادیر استاندارد در جداول 1-5 و 2-5 آمده است).
- مشخصه IRTV برای کلیدهای 145 کیلوولت به بالا (جدول 2-9)

مشخصه طرف خط نیز به شرح زیر است:

- مقادیر استاندارد RRRV که بر پایه امپدانس  $Z$  برابر 450 اهم، ضریب پیک  $K$  و تأخیر زمانی سمت خط  $t_{dL}$  در جدول 2-10 آمده است.
- روش محاسبه TRV برای خطای نزدیک کلید در پیوست A از استاندارد IEC شماره 62271-100 آمده است.

جدول 2-10: مقادیر استاندارد مشخصه خط برای خطای نزدیک کلید

ولتاژ نامی $U_r$ (kV)	تعداد هادیها در هر فاز	امپدانس موجی $Z$ ( $\Omega$ )	ضریب پیک $K$	* ضریب RRRV $S$ (kV / ms) / kA	زمان تأخیر $t_{dL}$ (ms)
72/5 و 145	1 تا 4	450	1/6	0/2	0/2
245 و 400	1 تا 4	450	1/6	0/2	0/5

\* برای محاسبه ضریب RRRV (S) به پیوست A از استاندارد IEC شماره 62271-100 رجوع شود.

### 2-5-16 - جریان نامی قطع و وصل غیرهم فاز

مقدار نامی جریان قطع غیرهم فاز حداکثر جریان غیرهم فازی است که کلید باید بتواند تحت شرایط مشخص و در مداری با TRV مشخص شده در ادامه این بند قطع کند. مشخص کردن مقدار نامی برای جریان وصل و قطع غیرهم فاز کلید الزامی نیست. اگر جریان نامی قطع غیرهم فاز برای یک کلید مشخص شده باشد موارد زیر اعمال می شود:

الف) ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت باید  $\frac{2}{\sqrt{3}}$  برابر ولتاژ نامی برای سیستم‌های با نوترال مستقیماً زمین شده و  $\frac{2/5}{\sqrt{3}}$  برابر ولتاژ نامی برای سایر سیستم‌ها باشد.

ب) ولتاژ بازیافت گذرا باید مطابق با مقادیر مندرج در جداول (2-4) تا (2-7) باشد (بسته به سطح ولتاژ و نوع زمین شدن سیستم).  
پ) جریان نامی قطع غیرهم فاز باید 25 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه و جریان نامی وصل غیرهم فاز باید برابر مقدار قله<sup>1</sup> جریان نامی قطع غیرهم فاز باشد (مگر طور دیگری ذکر شود).

شرایط استاندارد استفاده از کلید از نظر جریان نامی وصل و قطع غیرهم فاز مطابق زیر است:

- عملیات بازکردن و بستن مطابق با دستورالعمل‌های سازنده صورت می‌گیرد.
- شرایط زمین کردن نوترال سیستم باید مطابق شرایط آزمایش کلید باشد.
- روی هیچ یک از دو طرف کلید نباید خطایی رخ داده باشد.

### 2-5-17 - مقادیر نامی کمیات زمانی

کمیات زمانی زیر می‌توانند مقدار نامی داشته باشند.

- زمان بازکردن (بی بار)
- زمان قطع
- زمان بستن (بی بار)
- زمان بازکردن - بستن (بی بار)
- زمان وصل مجدد (بی بار)
- زمان بستن - بازکردن (بی بار)

### - زمان پیش‌بست (بی‌بار)

زمان قطع نامی کلید عبارت است از فاصله زمانی بین لحظه شروع زمان بازکردن تا خاموش شدن قوس در کلید. با توجه به اثرات مخرب قوس بر مواد و قطعات داخل محفظه قطع، نیروهای ناشی از تداوم جریان اتصال کوتاه و اثرات ادامه این جریان بر پایداری شبکه، همواره کاهش زمان مذکور مورد نظر کاربران و سازندگان بوده است. امروزه زمان قطع نامی اغلب کلیدها 2 سیکل است.

### 2-5-18- مقادیر نامی فشار گاز برای عایق‌سازی، عملکرد و / یا قطع

مقادیر استاندارد فشار نامی گاز عبارتند از 0/5، 1، 1/6، 2، 3 و 4 مگاپاسکال (مگر اینکه سازنده مقادیر دیگری را ذکر کند).

### 2-5-19- روشهای کاهش دامنه اضافه ولتاژهای کلیدزنی

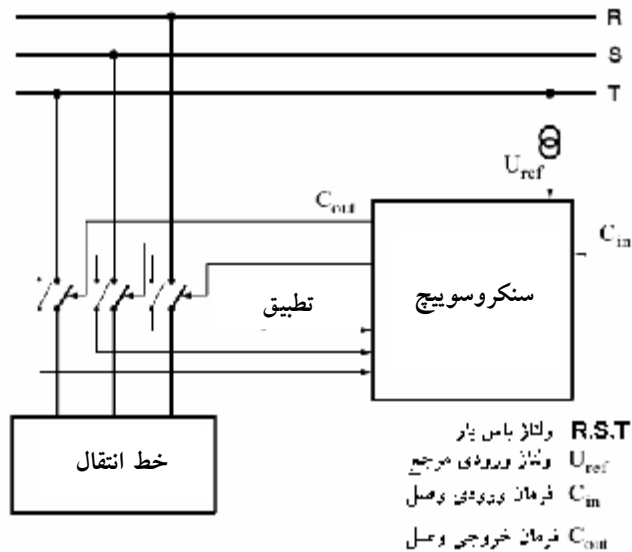
روشهای کاهش دامنه اضافه ولتاژهای کلیدزنی به شرح زیر می‌باشد:

#### 2-19-5-1- مقاومت وصل

یکی از روش‌های موثر برای کاهش دامنه اضافه ولتاژهای کلیدزنی استفاده از مقاومت موازی با کلید است. این مقاومت قبل از وصل کنتاکت اصلی کلید وارد مدار شده و سپس با وصل آن از مدار خارج می‌گردد. وارد و خارج شدن مقاومت در مدار توسط کنتاکت کمکی یا فرعی صورت می‌پذیرد. برای کاهش دامنه اضافه ولتاژها باید مقدار مقاومت و مدت زمان قرار گرفتن آن در مدار پس از تحلیل شبکه با توجه به شرایط کلیدزنی و مدار مورد قطع و وصل، استقامت عایقی تجهیزات، سطح حفاظتی برقگیرهای موجود، میزان تلفات ناشی از مقاومت وصل و دیگر مسائل مرتبط با اضافه ولتاژهای کلیدزنی به طور صحیح انتخاب شود. معمولاً از مقاومت وصل تنها در سطح ولتاژ 400 کیلوولت استفاده می‌شود. مقاومت به کار رفته در این سطح ولتاژ بین 400 تا 600 اهم و حداقل زمان در مدار بودن آن 8 میلی‌ثانیه است.

#### 2-19-5-2- سنکروسویچ

برای از بین بردن ولتاژهای گذرا که عموماً بر اثر کلیدزنی بانک‌های خازنی، راکتورهای موازی و ترانسفورماتورهای قدرت ایجاد می‌شود می‌توان از سنکروسویچ استفاده کرد. این ابزار همچنین برای کاهش ولتاژهای سویچینگ ناشی از برقرار کردن خطوط انتقال در سطح ولتاژ 400 کیلوولت و بالاتر (به جای روش سنتی مقاومت وصل) قابل جایگزینی است. فلسفه عملکرد سنکروسویچ به این صورت است که فرمان قطع و وصل به کلید را به گونه‌ای با تاخیر اعمال می‌کند تا وصل یا جداسدن کنتاکتهای سه فاز در لحظه بهینه و با توجه به زاویه فاز صورت گیرد. شکل (2-2) نحوه به کارگیری سنکروسویچ را نشان می‌دهد.



شکل 2-2: نحوه به کارگیری سنکروسویچ برای کاهش اضافه ولتاژ کلیدزنی

میزان کاهش اضافه ولتاژهای سویچینگ خطوط انتقال به عوامل متعددی مانند طول خط، آرایش و میزان و نحوه جبران آن، وصل مجدد یک / سه پل، نوع سنکروسویچ مورد استفاده و محل و نوع برقگیرها وابسته می‌باشد. استفاده از سنکروسویچ در دو حالت زیر امکانپذیر نیست:

(الف) - عملکرد کلید به صورت سه پل باشد.

(ب) - خط به صورت سری جبران شده باشد.

## 2-6- تأثیر شرایط اقلیمی و آب و هوایی بر انتخاب کلید قدرت

اطلاعات مربوط به شرایط اقلیمی و آب و هوایی محیط نصب کلید عبارتند از:

- ارتفاع از سطح دریا
- حداقل و حداکثر درجه حرارت محیط
- حداکثر متوسط درجه حرارت روزانه
- سرعت باد
- میزان رطوبت نسبی
- شتاب زلزله
- ضخامت یخ
- میزان آلودگی
- میزان تشعشع خورشید (در صورت وجود)

اطلاعات فوق باید در اختیار سازنده قرار گیرند تا طراحی کلید را براساس کار در شرایط مذکور انجام دهد.

## 2-7- مراحل انتخاب کلید قدرت

برای انتخاب کلید مناسب ابتدا باید اطلاعات مورد نیاز را جمع‌آوری و سپس نسبت به انتخاب مشخصات ساختاری و الکتریکی کلید اقدام نمود. به این ترتیب می‌توان سه مرحله را نام برد.  
الف) جمع‌آوری اطلاعات سیستم قدرت و پست در دست طراحی شامل:

- ولتاژ نامی سیستم
  - حداکثر ولتاژ سیستم
  - فرکانس نامی سیستم
  - تعداد فاز
  - نحوه زمین کردن سیستم (مؤثر یا غیر مؤثر)
  - آرایش پست (نحوه شینه‌بندی)
  - نتایج مطالعات هماهنگی عایقی برای تعیین سطح عایقی مناسب
  - مطالعات سیستم در ارتباط با پخش بار و اتصال کوتاه با در نظر داشتن توسعه شبکه در درازمدت
  - مدار مورد قطع و وصل (خط هوایی، بانک خازنی، راکتور، کابل، ترانس)
  - ولتاژهای تغذیه موجود (پیش‌بینی شده برای پست)
- ب) جمع‌آوری اطلاعات مربوط به شرایط اقلیمی و آب و هوایی محیط نصب کلید این اطلاعات در بند 2-6 ذکر شده است.

پ) تعیین مشخصات ساختاری و الکتریکی کلید شامل

- نوع کلید (1-2)
- نوع مکانیزم (1-1-2)
- تعداد پل‌ها (3-2)
- کلاس کلید (4-2)
- ولتاژ نامی (1-5-2)
- سطوح عایقی نامی (2-5-2)
- فاصله خزشی مقره‌های کلید
- فرکانس نامی (3-5-2)
- جریان عادی نامی (4-5-2)
- جریان نامی تحمل کوتاه مدت (6-5-2)
- جریان نامی تحمل پیک (7-5-2)
- مدت اتصال کوتاه نامی (8-5-2)
- جریان نامی قطع اتصال کوتاه (شامل مولفه‌های ac و dc) (9-5-2)

- جریان‌های نامی کلیدزنی خازنی (2-5-11)
  - جریان قطع بار اندوکتیو کم (2-5-12)
  - توالی عملکرد نامی (2-5-13)
  - ولتاژ بازیافت گذرای نامی برای خطا روی ترمینال کلید (2-5-14)
  - ولتاژ بازیافت گذرا برای خطای نزدیک به کلید (2-5-15)
  - جریان نامی وصل و قطع غیرهم فاز (2-5-16)
  - مقادیر نامی کمیات زمانی (2-5-17)
  - ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم (برای سیستم‌هایی که نوترال به طور موثر زمین‌شده برابر 1/3 و برای سایر سیستم‌ها 1/5 انتخاب می‌شود).
  - نحوه عملکرد مکانیزم به صورت تک‌فاز یا سه فاز (2-2-2)
  - ولتاژ و فرکانس تغذیه تجهیزات باز و بست و مدارهای کنترل و کمکی (2-2-3)
  - تعداد و نوع کنتاکت‌های کمکی و اضافی (2-2-4)
  - تعداد بوبین‌های مستقل برای قطع و وصل (2-2-5)
  - نحوه عملکرد مکانیزم به صورت موتوری یا دستی (2-2-6)
  - مناسب بودن کلید برای وصل مجدد یا غیر آن
- برای آگاهی بیشتر از جزئیات مراحل مختلف انتخاب کلید و پارامترهای موردنظر، می‌توان از بند 8 استاندارد IEC شماره 100-62271 نیز استفاده نمود.

## 2-8- مثال طراحی

در این بخش به منظور آشنایی با روش انتخاب کلید، مراحل انتخاب یک کلید 400 کیلوولت اجرا می‌شود.

### 2-8-1- جمع‌آوری اطلاعات سیستم قدرت و بست در دست طراحی

- ولتاژ نامی سیستم: 400 کیلوولت
- حداکثر ولتاژ سیستم: 420 کیلوولت
- فرکانس نامی سیستم: 50 هرتز
- تعداد فاز: 3
- نحوه زمین کردن سیستم: موثر
- جریان نامی در محل نصب کلید: 4000 آمپر (محاسبات پخش بار)
- سطح اتصال کوتاه در محل نصب کلید: 50 کیلوآمپر (محاسبات اتصال کوتاه)
- نتایج مطالعات هماهنگی عایقی شامل:

- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه (فاز - زمین)
- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه صاعقه (بین دو کنتاكت)
- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی (فاز - زمین)
- ولتاژ تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی (بین دو کنتاكت)
- مدار مورد قطع و وصل: خط انتقال
- ولتاژهای تغذیه موجود: دیزل ژنراتور اضطراری 230/400 و ولتاژ 110 ولت dc

## 2-8-2- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به شرایط اقلیمی و آب و هوایی محیط نصب کلید

- ارتفاع از سطح دریا: 1500 متر
- حداکثر درجه حرارت محیط: 45 درجه سانتی‌گراد
- حداقل درجه حرارت محیط: 25- درجه سانتی‌گراد
- حداکثر متوسط درجه حرارت روزانه: 30 درجه سانتی‌گراد
- سرعت باد: برای 10 دقیقه 30 متر بر ثانیه
- برای 5 ثانیه 40 متر بر ثانیه
- میزان رطوبت نسبی: 80 درصد
- حداکثر شتاب زلزله: 0/3g
- ضخامت یخ: 20 میلی‌متر
- آلودگی: سنگین (25mm/KV)

## 2-8-3- تعیین مشخصات ساختاری و الکتریکی کلید

- نوع کلید: SF<sub>6</sub>
- نوع مکانیزم: فنری
- تعداد پل‌ها: 3
- کلاس کلید: فضای باز
- ولتاژ نامی: 420 کیلوولت
- سطوح عایقی نامی (باتوجه به نتایج مطالعات هماهنگی عایقی و جداول 1-2-الف و 1-2-ب).

(فاز - زمین و بین فازها)  $1300\text{kV(peak)}$  = ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه صاعقه

(روی کلید باز)  $1300(+240)\text{kV(peak)}$  = ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه صاعقه

(فاز - زمین و روی کلید باز)  $950\text{kV(peak)}$  = ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی

(بین فازها)  $1425\text{ kV(peak)}$  = ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی



ولتاژ نامی تحمل فرکانس قدرت کوتاه مدت (فاز - زمین و بین فازها)  $=520\text{kV(r.m.s)}$

ولتاژ نامی تحمل فرکانس قدرت کوتاه مدت (روی کلید باز)  $=610\text{kV(r.m.s)}$

- فاصله خزشی:

- با توجه به سنگین بودن آلودگی محیط:  $420\hat{I} 25=10500\text{mm}$

- فرکانس نامی: 50 هرتز

- جریان عادی نامی: 4000 آمپر

- جریان نامی قطع اتصال کوتاه:

مولفه ac: مقدار مولفه ac جریان نامی قطع اتصال کوتاه برابر سطح اتصال کوتاه شبکه یعنی 50 کیلوآمپر انتخاب می شود.

مولفه dc: با توجه به بند 2-9-5-2 و با فرض اینکه زمان بازکردن کلید 2 سیکل باشد خواهیم داشت:

$$T = T_{Op} + T_r = 2 \times 20\text{ms} + \frac{1}{2} \times 20\text{ms} = 50\text{ms}$$

به ازای ثابت زمانی استاندارد  $t = 45 \text{ ms}$

$$\%dc = 100 \times e^{-\frac{T_{Op}+T_r}{\tau}} = 100 \times e^{-\frac{50}{45}} \approx 35\%$$

- مدت زمان اتصال کوتاه نامی: 1 ثانیه

- جریان نامی تحمل کوتاه مدت: 50 کیلوآمپر

- جریان نامی تحمل پیک (مساوی با جریان وصل اتصال کوتاه نامی):  $2/5 \hat{I} 50=125\text{kA}$

- جریان های نامی کلیدزنی خازنی: در این مثال تنها قابلیت قطع جریان شارژ خط برای کلید لازم است. مقدار آن با توجه به جدول (2-3) برابر 400 آمپر انتخاب می شود.

- توالی عملکرد نامی: کلید متصل به خط 400 کیلوولت باید مجهز به سیستم وصل مجدد خودکار سریع باشد. لذا توالی O-0.3S-CO-3min-CO انتخاب می شود.

- ولتاژ بازیافت گذرا برای خطا روی ترمینال کلید: پارامترهای TRV استاندارد برای این حالت در جدول (2-7) آمده است که مقدار پیک آن 624 کیلوولت می باشد.

- ولتاژ بازیافت گذرا برای خطای نزدیک به کلید: پارامترهای TRV استاندارد برای این حالت در جدول (2-7) آمده است که مقدار پیک آن 480 کیلوولت می باشد.

- جریان نامی وصل و قطع غیرهم فاز: در صورت نیاز  $50\hat{I} 0/25=12/5\text{kA}$

- زمان نامی قطع: 2 سیکل یا کمتر

- ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم: با توجه به اینکه نوترال به طور موثر زمین شده است ضریب 1/3 انتخاب می شود.

- نحوه عملکرد مکانیزم به صورت تک فاز یا سه فاز: در سطح ولتاژ 400 کیلوولت کلید باید قابلیت عملکرد به صورت تک فاز را نیز داشته باشد.

- ولتاژ و فرکانس تغذیه تجهیزات قطع و وصل و مدارهای کمکی: با توجه به تأمین شدن ولتاژ مطمئن ac توسط دیزل ژنراتور، تغذیه موتورها، مدارهای هیترها و روشنایی از نوع ac با فرکانس 50 هرتز انتخاب می‌شود. برای تغذیه بوبین‌های قطع و وصل و مدارهای اینترلاک و آلامها 110 ولت dc مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- تعداد و نوع کنتاکت‌های کمکی اضافی: با توجه به توضیحات بند 2-2-4 انتخاب می‌شود. به عنوان مثال می‌توان 19 کنتاکت NO و 19 کنتاکت NC درخواست نمود.
- تعداد بوبین‌های مستقل برای قطع و وصل: دو بوبین مستقل برای قطع و یک بوبین برای وصل در پایان باتوجه به مطالعات مربوط به اضافه ولتاژهای کلیدزنی می‌توان درخصوص استفاده از مقاومت وصل یا سنکروسوئیچ تصمیم‌گیری نمود.

## پیوست (1-2): شرایط کاری عادی و ویژه

### 1-1-2-1- شرایط کاری عادی برای کلیدهای فضای باز (بند 2-1 از استاندارد IEC شماره 60694)

الف) دمای هوای محیط از 40 درجه سانتی‌گراد بیشتر نبوده و مقدار متوسط آن، اندازه‌گیری شده در یک دوره 24 ساعته از 35 درجه سانتی‌گراد بیشتر نمی‌شود.

حداقل دمای محیط برای رده "بیرونی منفی 10" برابر با  $10^{\circ}\text{C}$ ، برای رده "سرپوشیده منفی 25" برابر با  $25^{\circ}\text{C}$  و برای رده "بیرونی منفی 40" برابر با  $40^{\circ}\text{C}$  است.

باید تغییرات سریع دما را در نظر گرفت.

ب) تابش خورشید تا حد 1000 وات بر مترمربع (در ظهر یک روز آفتابی) بایستی در نظر گرفته شود.

**توجه 1-** برای جلوگیری از افزایش دمای کلید نسبت به مقدار مشخص شده، ممکن است تحت شرایط خاصی از تابش خورشیدی، ایجاد پوشش<sup>1</sup>، تهویه اجباری یا تغییر<sup>2</sup> مقادیر اندازه‌گیری شده، ضروری باشد.

**توجه 2-** جزئیات تابش خورشیدی جهانی در استاندارد IEC شماره 4-2-60721 آمده است.

پ) ارتفاع از سطح دریا بیش از 1000 متر نیست.

ت) هوای محیط ممکن است آلوده به غبار، دود، گاز خورنده، بخارات یا نمک باشد. سطح آلودگی بالاتر از II نیست (سطح آلودگی متوسط مطابق با جدول 1 از استاندارد IEC شماره 60815)

ث) ضخامت یخ برای رده 1 از 1 میلی‌متر، برای رده 10 از 10 میلی‌متر و برای رده 20 از 20 میلی‌متر بیشتر نیست.

ج) سرعت باد از 34 متر بر ثانیه بیشتر نیست (نظیر 700 پاسکال روی سطوح استوانه‌ای).

**توجه 3-** مشخصات باد در استاندارد IEC شماره 2-2-60721 ارائه شده است.

چ) تقطیر یا شبنم باید در نظر گرفته شوند.

**توجه 4-** مشخصات شبنم در استاندارد IEC شماره 2-2-60721 تعریف شده است.

ح) ارتعاش ناشی از عوامل خارج از کلید یا لرزش زمین قابل چشم‌پوشی است.

خ) اغتشاشات الکترومغناطیسی القا شده در واسط‌های سیستم ثانویه بر اثر کلیدزنی در سیستم فشارقوی از 1/6 کیلوولت مد مشترک برای رده شدت EMC عادی و از 0/8 کیلوولت مد مشترک برای رده شدت EMC کاهش یافته تجاوز نمی‌کند.

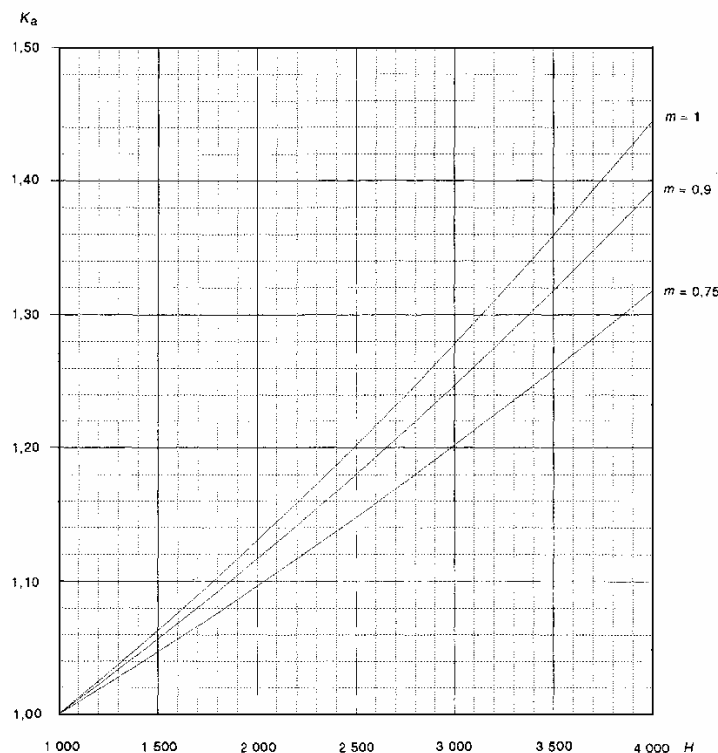
**توجه 5-** مقادیر حداکثر ولتاژ القایی می‌تواند در واسط‌های ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری بیشتر از مقادیر فوق باشد. برای معیارهای عملکرد قابل قبول این تجهیزات به استانداردهای ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری مراجعه کنید.

## 2-1-2- شرایط کاری ویژه (بند 2-2 از استاندارد IEC شماره 60694)

هنگامی که کلید قدرت در شرایطی متفاوت با شرایط کاری عادی مندرج در بخش 1-1-2 مورد استفاده قرار گیرد، نیازمندی‌های کاربر باید مطابق با گام‌های استاندارد زیر تعیین شود.

## 2-1-2-1- ارتفاع

برای نصب کلید در ارتفاع بیش از 1000 متر، سطح عایقی خارجی تحت شرایط جوی مرجع استاندارد باید با ضرب ولتاژهای استقامت عایقی مورد نیاز در محل سرویس در ضریب  $K_a$  مطابق با شکل (زیر) تعیین شود.



شکل (3-2): ضریب تصحیح ارتفاع

این ضرایب را می‌توان مطابق با بخش 4-2-4 از استاندارد IEC شماره 60071-2 با استفاده از معادله زیر به دست آورد.

$$K_a = e^{m(H-1000)/8150}$$

که در آن:

H: ارتفاع بر حسب متر

m: مقدار ثابتی است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

m=1 برای ولتاژهای فرکانس قدرت، ضربه صاعقه و ضربه کلیدزنی فاز به فاز

m=0/9 برای ولتاژ ضربه کلیدزنی طولی (برای سگسیونر)

m=0/75 برای ولتاژ ضربه کلیدزنی فاز به زمین

**توجه 1-** برای عایق داخلی مشخصات عایقی در همه ارتفاعات یکسان هستند و تمهید خاصی لازم نیست. در مورد عایق‌های داخلی و خارجی به استاندارد IEC شماره 2-60071 مراجعه کنید.

**توجه 2-** برای تجهیزات کنترل و کمکی تا ارتفاع کمتر از 2000 متر تمهید خاصی لازم نیست. برای ارتفاع بیش از 2000 متر نیز به استاندارد IEC شماره 1-60664 مراجعه کنید.

#### 2-2-1-2- آلودگی

برای نصب در هوای محیطی آلوده، باید سطح آلودگی معادل III (سنگین) یا IV (بسیار سنگین) از IEC شماره 60815 تعیین شود.

#### 2-2-1-2-3- دما و رطوبت

برای نصب کلید در محلی که دمای هوای محیط می‌تواند به طرز قابل توجهی خارج از گستره مطرح شده برای شرایط کاری عادی در بخش 2-1-1 باشد، محدوده‌های ترجیحی مشخص شده برای حداقل و حداکثر دما عبارتند از:

$50^{\circ}\text{C}$  و  $40^{\circ}\text{C}$  برای محیط‌های خیلی سرد

$5^{\circ}\text{C}$  و  $50^{\circ}\text{C}$  برای محیط‌های خیلی گرم

در مکان‌های خاصی که وزش بادهای مرطوب گرم به طور مکرر رخ می‌دهد، ممکن است دما به طور ناگهانی تغییر کرده و منجر به وقوع تقطیر شود.

#### 2-2-1-2-4- ارتعاشات

در صورتی که وقوع زلزله محتمل باشد، کاربر باید سطح شدت آن را مطابق با استاندارد IEC شماره 61166 مشخص نماید.

#### 2-2-1-2-5- سایر پارامترها

در صورتی که شرایط محیطی خاصی بر محل نصب کلید حاکم باشد، کاربر باید آن را مطابق با استاندارد IEC شماره 60721 مشخص کند.

# فصل ۲

## آزمونهای نوعی (قسمت اول)



## مقدمه

در این فصل پس از ارائه کلیاتی درمورد آزمونهای نوعی کلید، این آزمونها به صورت مشروح مورد بررسی قرار می‌گیرند. این آزمونها عبارتند از:

- آزمونهای عایقی
  - آزمونهای ولتاژ تداخل رادیویی
  - اندازه‌گیری مقاومت مدارها
  - آزمونهای افزایش دما
  - آزمونهای جریان تحمل کوتاه مدت و پیک
  - تعیین درجه حفاظت
  - آزمون نفوذناپذیری
  - آزمونهای تداخل الکترومغناطیسی
  - آزمونهای مکانیکی و محیطی
- تمامی مطالب این فصل مطابق با مراجع [1] و [2] می‌باشد.

## 3-1- کلیات مربوط به آزمونهای نوعی

هدف از آزمونهای نوعی اثبات تأمین مشخصات فنی کلیدهای قدرت و وسایل جانبی و تجهیزات کمکی آنها می‌باشد. آزمونهای نوعی باید حداکثر بر روی چهار نمونه کلید انجام شوند. مگر اینکه در این فصل به گونه دیگری مشخص شده باشد. نمونه کلید تحت آزمون باید با نقشه‌ها و مدارک مطابقت کامل داشته و معرف کامل نوع خود باشد. روی هر نمونه می‌توان یک یا چند آزمون نوعی انجام داد.

برای ایجاد سهولت در انجام آزمون، می‌توان آزمونهای نوعی را دسته‌بندی نمود. نمونه‌ای از این دسته‌بندی در جدول 3-1 آمده است.

جدول 3-1: نمونه گروه‌بندی آزمونهای نوعی کلید

ردیف	آزمونهای نوعی	گروه
2-3 3-3	- آزمونهای عایقی روی مدارهای اصلی، کمکی و کنترل - آزمون ولتاژ تداخل رادیویی (R.I.V)	1
4-3 5-3	- اندازه‌گیری مقاومت مسیر اصلی جریان - آزمونهای افزایش دما	2
6-3 4	- آزمونهای جریان تحمل کوتاه‌مدت و جریان تحمل پیک - آزمونهای وصل و قطع	3
7-3 8-3 10-3	- آزمونهای تعیین درجه حفاظت محفظه‌ها - آزمونهای نفوذناپذیری - آزمونهای مکانیکی - آزمونهای محیطی	4

سازنده باید کلیه مدارک و داده‌هایی را که شامل اطلاعات کافی برای تعیین جزئیات ضروری کلید می‌باشد، به آزمایشگاه ارائه کند. کلیه مدارک و اطلاعات باید دارای مرجع واحدی بوده و صحت آنها توسط سازنده تضمین شود. پس از اتمام آزمونها، مدارک و سایر اطلاعات باید برای نگه‌داری به سازنده بازگردانده شوند.

اطلاعات و مدارکی که سازنده باید به آزمایشگاه ارائه کند در پیوست (3-1) آمده است.

نتایج آزمون‌های نوعی باید در گزارش‌های آزمون‌های نوعی که شامل اطلاعات کافی برای اثبات قبولی کلید در آزمون است، ثبت شوند. در این خصوص، اطلاعات زیر باید در گزارش موجود باشند.

- نام سازنده
- نوع و شماره سریال کلیدی که تحت آزمون قرار گرفته است.
- مشخصات نامی کلیدی که تحت آزمون قرار گرفته است.
- توصیف کلی کلید شامل تعداد پل‌ها
- ساخت، نوع، شماره سریال و مقادیر نامی اجزاء اصلی مانند مکانیزم عملکرد و قطع‌کننده
- جزئیات عمومی پایه نگه‌دارنده کلید
- جزئیات مکانیزم عملکرد و وسایلی که در آزمون به کار رفته‌اند.
- عکس‌هایی که وضعیت کلید را پیش و پس از آزمون نشان دهند.
- نقشه‌های تشریحی و جدول‌های اطلاعات کلیدی که تحت آزمون قرار گرفته است.
- شماره مرجع تمامی نقشه‌ها باید برای همه قسمت‌های اصلی کلید تحت آزمون ارائه شود.
- جزئیات چیدمان آزمون (شامل دیاگرام مدار آزمون)
- شرح رفتار کلید در طی آزمون، وضعیت آن پس از آزمون و وضعیت قسمت‌های تعویض‌شده در طول آزمون
- ثبت مقادیر کمیات آزمون در طی هر آزمون مطابق با استاندارد مربوطه
- جزئیات بیشتر در این خصوص در پیوست (3-2) ارائه شده است.
- آزمون‌های نوعی کلید در جدول زیر آمده است.



جدول 3-2: آزمونهای نوعی کلید

زیرفصل	آزمونهای نوعی اجباری
2-3	آزمونهای عایقی
3-3	آزمونهای ولتاژ تداخل رادیویی
4-3	اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی
5-3	آزمونهای افزایش دما
6-3	آزمونهای جریان تحمل کوتاه‌مدت و جریان تحمل پیک
8-3	آزمونهای نفوذناپذیری
9-3	آزمونهای سازگاری الکترومغناطیسی
1-2-10-3 تا 3-2-10-3	آزمونهای عملکرد مکانیکی در دمای محیط
4 و 1-5 تا 4-5	آزمونهای وصل و قطع جریان اتصال کوتاه
1-5-9-5	آزمونهای کلیدزنی جریان خازنی: آزمونهای قطع جریان شارژ خط (برای $U_r \geq 72/5$ )
	<b>آزمونهای نوعی اجباری (یسته به مورد)</b>
7-3	تعیین درجه حفاظت
4-2-10-3	آزمونهای استحکام مکانیکی توسعه‌یافته برای کلیدهایی که در شرایط کاری خاص به کار می‌روند.
3-10-3	آزمونهای دمای پایین و بالا
4-10-3	آزمونهای بار استاتیک ترمینال
5-5	آزمونهای جریان بحرانی
7-5	آزمونهای خطای نزدیک کلید
8-5	آزمونهای قطع و وصل غیر هم فاز*
6-5	آزمونهای خطای زمین تکفاز و دوفاز*
	<b>آزمونهای کلید زنی جریان خازنی</b>
2-5-9-5	آزمونهای قطع جریان شارژ کابل*
3-5-9-5	آزمونهای کلیدزنی بانک خازنی واحد*
3-5-9-5	آزمونهای کلیدزنی بانک خازنی پشت به پشت*
IEC شماره 61233	کلیدزنی راکتورهای شنت

\* می‌توان از یک نمونه اضافی برای انجام این آزمون استفاده کرد.

در آزمونهای نوعی چهار نوع تلورانس زیر قابل تشخیص است:

- تلورانس‌های آن دسته از کمیات آزمون که مستقیماً بر میزان تنش وارد بر کلید تأثیر می‌گذارند.
  - تلورانس‌های مربوط به خصوصیات و رفتار کلید در قبل و بعد از آزمون
  - تلورانس‌های شرایط آزمون
  - تلورانس‌های وسایل اندازه‌گیری به کار رفته
- در پیوست (3-3) تلورانس‌های مجاز مربوط به دسته اول آمده‌اند.

### 3-2-2- آزمون‌های عایقی

آزمون‌های عایقی کلید باید مطابق با IEC شماره 60060 انجام گیرد مگر اینکه در ادامه طور دیگری مشخص شده باشد. اطلاعات مربوط به این آزمون به شرح زیر می‌باشد.

#### 3-2-1- شرایط محیطی در طی آزمون

این شرایط باید مطابق با IEC شماره 1-60060 باشد که در آن شرایط محیطی استاندارد و ضریب تصحیح شرایط محیطی مشخص شده است. ضریب تصحیح مربوط به رطوبت تنها برای آزمونهای خشک عایق بیرونی می‌بایستی اعمال گردد. ضریب تصحیح  $K_1$  باید در صورتی اعمال شود که مقدار آن بین 0/95 تا 1/05 باشد. با این حال برای جلوگیری از اعمال تنش اضافی بر روی عایق داخلی، می‌توان در صورت اثبات صحت عملکرد عایق خارجی، از اعمال ضریب تصحیح صرف‌نظر نمود. وقتی ضریب تصحیح در خارج از محدوده مذکور باشد، جزئیات نحوه انجام آزمون‌های عایقی باید طبق توافق سازنده و خریدار انجام شود.

#### 3-2-2- روش انجام آزمون در حالت مرطوب

عایق خارجی کلیدها باید طبق روال استاندارد IEC شماره 1-60060، تحت آزمون‌های تحمل در حالت مرطوب قرار گیرد. برای کلیدهای با محفظه زمین شده، هنگامی که پوشینگ‌ها قبلاً مورد آزمون قرار گرفته‌اند (مطابق با IEC مربوطه)، نیازی به انجام آزمون در حالت مرطوب نخواهد بود.

#### 3-2-3- شرایط کلید در طی آزمون‌های عایقی

آزمون‌های عایقی باید بر روی کلیدهایی که به طور کامل، شبیه به شرایط کار مونتاژ شده‌اند انجام گیرد. سطوح بیرونی قسمت‌های عایقی باید تمیز باشد.

کلیدها باید با حداقل فواصل مجاز و ارتفاع لازم که توسط سازنده مشخص شده است مونتاژ شده و تحت آزمون قرار گیرند. در صورتی که کلید هنگام آزمون در ارتفاع معینی از سطح زمین نصب می‌شود، در صورتی می‌توان به عملکرد صحیح آن در شرایط کار اطمینان داشت که در عمل، در ارتفاع بالاتری نصب شود.

هنگامی که در طرح کلید فاصله بین پل‌های آن کاملاً مشخص نشده باشد، باید در آزمون، این فاصله را برابر حداقل مقدار آن که توسط سازنده تعیین می‌شود، تنظیم کرد. با این حال برای اجتناب از نصب کلیدهای بزرگ سه پل (تنها برای انجام آزمون) می‌توان آزمون‌های آلودگی مصنوعی و ولتاژ تداخل رادیویی را تنها بر روی یک پل انجام داد.

به علاوه اگر حداقل فاصله بین پل‌ها بزرگتر از یا مساوی با مقادیر مشخص شده در IEC شماره 2-60071 باشد، می‌توان تمامی آزمون‌های عایقی را بر روی تنها یک پل انجام داد.

در صورتی که سازنده استفاده از نوار و حایل را هنگام کار کلید ضروری بداند، استفاده از آنها در حین آزمون هم الزامی است. در صورتی که کلید مجهز به شاخک یا جرقه‌گیر باشد، می‌توان در هنگام آزمون آنها را از کلید جدا کرد یا فاصله آنها را افزایش داد.

در هنگام انجام آزمون‌های عایقی، فشار گاز کلید باید در حداقل مقدار مجاز تعیین شده توسط سازنده باشد. در گزارش آزمون، باید دما و فشار گاز در حین آزمون‌ها ثبت شود.

### 3-2-4- معیارهای قبولی در آزمون

#### الف) آزمون‌های ولتاژ تحمل فرکانس قدرت کوتاه مدت

کلید، در صورتی آزمون را با موفقیت پشت سر گذاشته است که هیچ‌گونه تخلیه مخربی در طول آزمون رخ ندهد. اگر در هنگام انجام آزمون در حالت مرطوب، روی عایق خارجی خودترمیم تخلیه مخربی رخ دهد، آزمون در همان شرایط تکرار می‌شود و اگر تخلیه مخرب دیگری رخ نداد، کلید مورد قبول واقع می‌شود.

#### ب) آزمون‌های ضربه

در این مورد رویه B از استاندارد IEC شماره 1-60060 باید اجرا شود: پانزده موج ضربه صاعقه یا کلیدزنی متوالی در ولتاژ نامی تحمل و در هر شرایط آزمون و برای هر دو پلاریته اعمال می‌شود. در صورتی که تعداد تخلیه‌های مخرب روی عایق‌های خودترمیم از دو بار در هر سری پانزده تایی بیشتر نشده و اگر هیچ تخلیه مخربی روی عایق غیر خودترمیم رخ ندهد، آزمون موفقیت‌آمیز محسوب می‌شود. پس از هر تخلیه مخرب باید حداقل پنج ضربه متوالی بدون تخلیه انجام گردد.

رویه C از استاندارد IEC شماره 1-60060 نیز می‌تواند به عنوان گزینه دیگری برای آزمون پانزده ضربه به کار رود. در این حالت، آزمون باید با اعمال سه ضربه متوالی برای هر پلاریته اجرا شود. اگر هیچ تخلیه مخربی رخ ندهد آزمون موفقیت‌آمیز است. اگر یک تخلیه در قسمت خود ترمیم عایق رخ دهد، 9 موج ضربه دیگر بایستی اعمال شود و در صورتی که در این 9 آزمون هیچ تخلیه دیگری رخ نداد آزمون موفقیت‌آمیز است.

اگر ثابت شود که انجام آزمون‌ها برای یک پلاریته مشخص منجر به نامطلوب‌ترین نتایج می‌شود، می‌توان آنها را تنها با این پلاریته انجام داد.

روی سطح برخی مواد عایقی، پس از انجام آزمون ضربه، مقداری بار الکتریکی ذخیره می‌گردد. در این حالت بایستی هنگام معکوس کردن پلاریته موج ضربه، دقت لازم را به عمل آورد. پیشنهاد می‌شود که قبل از آزمون، برای تخلیه بار الکتریکی جمع‌شده روی سطح مواد عایقی، از شیوه‌های مناسبی مانند اعمال سه موج با حداکثر 80% ولتاژ آزمون در حالت پلاریته معکوس، استفاده شود. در خلال آزمون، نباید هیچ تخلیه مخربی روی عایق غیر خود ترمیم رخ دهد.

اگر تخلیه مخربی رخ دهد و به هر دلیل نتوان در حین آزمون تشخیص داد که روی عایق خود ترمیم رخ داده است یا روی عایق غیر خود ترمیم، باید پس از اتمام آزمون‌های عایقی قطعات کلید را از هم جدا کرده و مورد بازرسی قرار داد. اگر در عایق‌های غیر خودترمیم سوراخی<sup>1</sup> مشاهده شود، کلید در آزمون رد می‌شود.

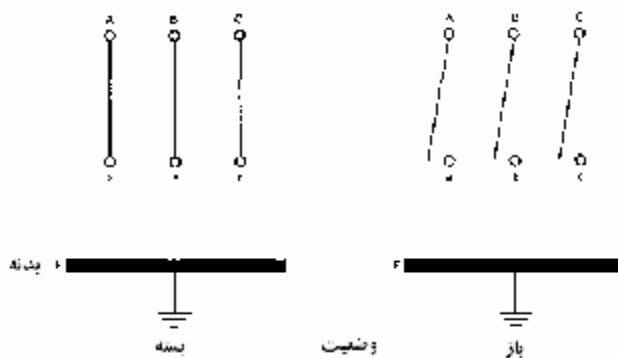
تعیین مکان وقوع تخلیه مخرب باید با استفاده از وسایل آشکارسازی مناسب مانند عکس، تصاویر ویدئویی و .... انجام شود.

3-2-5- اعمال ولتاژ آزمون و شرایط آزمون

باید بین حالت کلی که سه ولتاژ آزمون (فاز به زمین، بین فازها و روی کلید در حالت باز) یکسان و حالات خاص که ولتاژ فاصله عایقی و عایق بین فازها بزرگتر از ولتاژ فاز به زمین است، تفاوت قائل شد.

3-2-5-1- حالت کلی

باتوجه به شکل (3-1) که بیانگر ارتباط بین پل‌های یک کلید می‌باشد، جدول زیر ولتاژهای آزمون را مشخص می‌کند.



شکل (3-1): دیاگرام اتصالات یک کلید سه پل

جدول 3-3: چگونگی آزمون در حالت کلی

اتصال زمین به	اعمال ولتاژ به	وضعیت کلید	آزمون
BCbcF	Aa	بسته	1
ACacF	Bb	بسته	2
ABabF	Cc	بسته	3
BCabcF	A	باز	4
ABcbcF	B	باز	5
ABCbcF	C	باز	6
ABCacF	a	باز	7
ABCabF	b	باز	8
ABCabF	c	باز	9

اگر آرایش پل‌های بیرونی نسبت به پل وسط و بدنه متقارن باشد می‌توان حالات 3، 6 و 9 را حذف نمود. از طرف دیگر اگر آرایش ترمینال‌های هر پل نسبت به پایه کلید متقارن باشد، می‌توان از حالات 7، 8 و 9 صرف‌نظر کرد.

## 3-2-5-2-3- حالت خاص

هنگامی که ولتاژ آزمون دو سر کلید باز از ولتاژ تحمل فاز به زمین بزرگتر است، می توان برای انجام آزمون از روش های مختلفی استفاده کرد.

## الف) روش ترجیحی

روش ترجیحی استفاده از آزمون های ولتاژ ترکیبی (بند 26 از IEC شماره 1-60060) است.

## - آزمون های ولتاژ فرکانس قدرت

این آزمون ها باید با استفاده از دو منبع ولتاژ متفاوت با اختلاف فاز لازم برای تولید مقدار مشخص ولتاژ آزمون انجام شود. سه هم هر یک از این ولتاژها در بندهای 3-2-6-1 و 3-2-7-1 آورده شده است. در این حالت ولتاژ آزمون دو سر فاصله عایقی (بین کنتاکت ها) باید مطابق جدول زیر باشد. اگر آرایش پل های خارجی نسبت به پل میانی و بدنه متقارن باشد می توان حالت 3 را حذف نمود.

جدول 3-4: شرایط آزمون فرکانس قدرت برای عایق بین دو کنتاکت یک پل

اتصال زمین به	اعمال ولتاژ به	آزمون
BCbcF	a , A	1
ACacF	b , B	2
ABabF	c , C	3

## - آزمون های ولتاژ ضربه

ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه فاز به زمین، بخش اصلی ولتاژ آزمون را تشکیل می دهد. این ولتاژ به یک ترمینال اعمال می شود. ولتاژ مکمل توسط یک منبع ولتاژ دیگر با پلاریته معکوس ایجاد شده و به ترمینال مقابل اعمال می گردد. ولتاژ مکمل می تواند یک ولتاژ ضربه دیگر یا پیک ولتاژ فرکانس قدرت باشد. پل های دیگر و بدنه کلید زمین شده اند.

به دلیل وجود تزویج خازنی بین مدارهای دو ولتاژ، موج ضربه روی موج ولتاژ فرکانس قدرت اثر می گذارد. برای منظور کردن این تأثیر باید شرایط زیر رعایت شوند: افت ولتاژ روی موج فرکانس قدرت باید به گونه ای محدود گردد که ولتاژ آزمون واقعی نسبت به زمین، اندازه گیری شده در لحظه وقوع مقدار پیک موج ضربه، از مقدار تعیین شده برای ولتاژ مکمل با تلورانس 5 درصد کمتر نباشد. برای دستیابی به چنین شرایطی، می توان مقدار لحظه ای ولتاژ فرکانس قدرت را تا  $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_r$  برای آزمون های موج صاعقه و تا  $1/2 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_r$  برای آزمون های موج کلیدزنی افزایش داد.

با استفاده از خازنی با ظرفیت مناسب و اتصال موازی آن با ترمینال مرتبط با ولتاژ فرکانس قدرت، می توان افت ولتاژ را به مقدار قابل توجهی کاهش داد.

ولتاژ آزمون باید مطابق با جدول (3-5) اعمال شود.

جدول 3-5: شرایط آزمون ضربه برای عایق طولی

اتصال زمین به	قسمت اصلی	قسمت مکمل	آزمون
	اعمال ولتاژ به		
BbCcF	A	a	1
AaCcF	B	b	2
AaBbF	C	c	3
BbCcF	a	A	4
AaCcF	b	B	5
AaBbF	c	C	6

اگر آرایش پل‌های بیرونی نسبت به پل وسط و بدنه متقارن باشد می‌توان حالات 3 و 6 را حذف نمود. در صورتی که آرایش ترمینال‌های هر پل نسبت به بدنه متقارن باشد شرایط 4 و 5 و 6 قابل حذف می‌باشند.

### (ب) روش جایگزین

در حالتی که تنها یک منبع ولتاژ موجود است، عایق مابین کنتاکت‌های کلید (فاصله عایقی) را، هم برای آزمون‌های ولتاژ فرکانس قدرت و هم برای آزمون‌های ولتاژ ضربه، می‌توان به روش زیر آزمایش کرد.

- کل ولتاژ آزمون  $U_T$  بین یک ترمینال و زمین اعمال می‌شود؛ در حالی که ترمینال مقابل زمین شده است.
- هنگامی که برآیند ولتاژ روی عایق نگه‌دارنده<sup>1</sup> کلید از ولتاژ نامی تحمل فاز به زمین تجاوز نکند، ولتاژ بدنه نسبت به زمین روی مقدار کوچک  $U_f$  به گونه‌ای تنظیم می‌گردد که  $U_T - U_f$  بین 90% تا 100% ولتاژ نامی تحمل فاز به زمین شود.

### 3-2-6-2-3- آزمون‌های کلید برای ولتاژهای نامی 245 کیلوولت و کمتر

آزمون‌ها باید مطابق با ولتاژهای داده شده در جدول (2-1 الف) انجام شود.

### 3-2-6-2-3-1- آزمون‌های ولتاژ فرکانس قدرت

آزمون ولتاژ تحمل فرکانس قدرت کوتاه‌مدت باید مطابق با IEC شماره 1-60060 انجام گیرد. در هر حالت باید ولتاژ آزمون تا مقدار مشخص شده افزایش یافته و برای مدت یک دقیقه اعمال شود.

آزمون باید در شرایط خشک و مرطوب انجام گیرد.

فاصله عایقی را می‌توان به یکی از دو روش زیر آزمایش کرد.

- روش ترجیحی: در این روش مقدار هیچ‌یک از دو ولتاژ اعمال شده به دو ترمینال نباید از  $\frac{1}{3}$  ولتاژ تحمل نامی فاز به زمین کمتر باشد.

- روش جایگزین: در این روش لازم نیست ولتاژ بین بدنه و زمین چندان دقیق تنظیم شود و حتی می‌توان بدنه را عایق نمود.

به دلیل پراکندگی نتایج آزمون‌های ولتاژ فرکانس قدرت در حالت مرطوب روی کلیدهای 145 و 245 کیلوولت، جایگزینی یک آزمون ولتاژ ضربه کلیدزنی در حالت مرطوب و با ثابت‌های زمانی  $250/2500 \text{ ms}$  و با مقدار پیکی برابر با  $1/55$  برابر مقدار مؤثر ولتاژ آزمون فرکانس قدرت نیز پذیرفته شده است.

### 3-2-6-2- آزمون‌های ولتاژ ضربه صاعقه

آزمون‌های ولتاژ ضربه صاعقه تنها در شرایط خشک باید بر روی کلید انجام گیرد. این آزمون‌ها باید با هر دو پلاریته ولتاژ و با استفاده از موج صاعقه استاندارد  $1/2/50$  میکروثانیه مطابق با IEC شماره 1-60060 اجرا شود. لازم نیست ولتاژ بین بدنه و زمین به دقت تنظیم شود و حتی می‌توان بدنه را عایق نمود.

### 3-2-7- آزمون‌های کلید برای ولتاژهای نامی بالاتر از 245 کیلوولت

در وضعیت بسته، این آزمون‌ها باید مطابق حالات 1، 2 و 3 از جدول (3-4) انجام گیرند. در وضعیت باز، آزمون‌ها باید براساس روال زیر انجام شوند (بند 3-2-3 نیز ملاحظه شود). علاوه بر این آزمون‌های ولتاژ موج کلیدزنی فاز به فاز نیز باید براساس روال زیر اجرا شوند. ولتاژهای آزمون در جدول (2-1 الف) داده شده‌اند.

### 3-1-7-2- آزمون‌های ولتاژ فرکانس قدرت

آزمون‌های ولتاژ تحمل فرکانس قدرت کوتاه‌مدت باید مطابق با IEC شماره 1-60060 انجام شود. در هر حالت، ولتاژ آزمون باید تا مقدار معین شده برای آن حالت افزایش یافته و به مدت یک دقیقه اعمال شود. آزمون‌ها باید تنها در حالت خشک انجام گیرند. آزمایش فاصله عایقی (فاصله بین کنتاکت‌ها در حالت باز) باید با روش ترجیحی که در بند 3-2-5-2 قسمت "الف" به آن اشاره شد انجام گیرد. همچنین سازنده می‌تواند از قسمت "ب" این بند نیز استفاده نماید. در هیچ‌یک از دو روش نباید ولتاژ اعمال شده بین ترمینال و بدنه از ولتاژ نامی  $U_T$  بیشتر باشد.

### 3-2-7-2- آزمون‌های ولتاژ کلیدزنی

این آزمون‌ها باید با موج کلیدزنی استاندارد  $250/2500$  میکروثانیه و با هر دو پلاریته ولتاژ، مطابق با استاندارد IEC شماره 1-60060 انجام گیرد. آزمون‌های مرطوب تنها برای کلیدهای فضای باز الزامی است.

آزمون فاصله عایقی باید با روش ترجیحی مطرح شده در قسمت الف از بند 3-2-5-2 صورت گیرد.

عایق بین پل‌ها باید تنها در حالت خشک و با ولتاژهای ستون 5 جدول (2-الف) آزمایش شوند. برای آزمون باید روش ترجیحی مذکور در قسمت الف از بند 3-2-5-2 را به کار برد به گونه‌ای که هریک از دو مؤلفه ولتاژ برابر با نصف ولتاژ کل (ستون 5 جدول 1-2ب) باشند.

ولتاژ واقعی تقسیم شده باید تا حد امکان متعادل باشد. هرگونه عدم تعادل در تقسیم ولتاژ منجر به دشوارتر شدن آزمون برای کلید می‌شود. وقتی دو ولتاژ اعمال شده دارای شکل موج و یا دامنه متفاوت باشند، باید با معکوس کردن اتصالات، آزمون را مجدداً تکرار نمود.

آزمون‌های خشک بایستی تنها با پلاریته مثبت ولتاژ انجام شوند. در حالت بسته‌بودن کلید، برای هر یک از حالات متناظر در جدول (3-3) اندازه ولتاژ آزمون باید برابر با مقدار نامی ولتاژ تحمل فاز به زمین باشد. در حالت بازبودن کلید، برای هر یک از حالات متناظر در جدول (3-3) اندازه ولتاژ آزمون باید برابر با ولتاژ تحمل نامی فاز به زمین باشد.

در مورد کلیدهایی که در کاربردهای خاص (عملیات سنکرون سازی) استفاده می‌شوند، باید آزمون‌هایی با استفاده از ولتاژهای ستون 6 جدول (2-1ب) انجام گیرد. در هر یک از وضعیت‌های مندرج در جدول (3-5)، باید به یک ترمینال ولتاژ ضربه کلیدزنی و به ترمینال مقابل ولتاژ فرکانس قدرت اعمال گردد.

در صورت موافقت سازنده می‌توان آزمون روی کلید باز را بدون استفاده از منبع ولتاژ فرکانس قدرت انجام داد. بدین‌منظور باید یک ترمینال را زمین کرده، به ترمینال مقابل یک موج ولتاژ برابر با مجموع ولتاژ ضربه کلیدزنی و مقدار پیک مندرج در ستون 6 جدول (2-1ب) اعمال نمود. در این حالت باید به قسمت "ب" از بند 3-2-5-2 نیز توجه نمود. به طور کلی، آزمون اخیر شدیدتر از آزمون اصلی است.

### 3-7-2-3- آزمون‌های ولتاژ صاعقه

آزمون ولتاژ صاعقه باید تنها در شرایط خشک روی کلید انجام شود. موج صاعقه استاندارد  $1/2 \mu s$  میکروثانیه باید با پلاریته‌های مثبت و منفی مطابق با IEC شماره 1-60060 اعمال گردد.

در حالت بسته بودن کلید، اندازه ولتاژ آزمون برای هر یک از وضعیت‌های جدول (3-3) باید برابر با ولتاژ نامی تحمل فاز به زمین باشد. در مورد کلید باز برای هر یک از وضعیت‌های جدول (3-5) ولتاژ آزمون روی کلید باز باید برابر با ولتاژ نامی تحمل باشد.

### 3-2-8- آزمون آلودگی مصنوعی<sup>1</sup>

حداقل فاصله خزشی یک مقره که بین فاز و زمین، بین دو فاز یا در بین ترمینال‌های یک پل کلید قرار می‌گیرد از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$L_t = a \times L_f \times U_r \times k_D \quad (1-3)$$

$L_t$ : حداقل فاصله خزشی نامی برحسب میلی‌متر

a: ضریبی که باتوجه به نوع عایق‌سازی از جدول (3-6) به دست می‌آید.

$L_f$ : حداقل فاصله خزشی ویژه نامی که باتوجه به سطح آلودگی منطقه از جدول (3-7) به دست می‌آید.

$U_r$ : ولتاژ نامی کلید

$k_D$ : ضریب تصحیح براساس قطر (ر.ک. به IEC شماره 60815)



جدول 3-6: ضرایب اعمالی برای فواصل خزشی

ضریب اعمالی	نوع عایق سازی
1	بین فاز و زمین
$\sqrt{3}$	بین فازها
1	دو سر کنتاکت‌های باز کلید
1- مقره‌های غیرعمودی که در معرض جمع شدن برفاب آلوده هستند، احتمالاً نیاز به فاصله خزشی بزرگتری دارند.	
2- کلیدهایی که امکان ایجاد شرایط غیرهم‌فاز برای آنها وجود دارد احتمالاً نیاز به فاصله خزشی بزرگتری در دو سر کنتاکت‌های باز خود دارند. در این حالت ضریب 1/15 پیشنهاد می‌شود.	

جدول 3-7: حداقل فاصله خزشی ویژه نامی براساس سطح آلودگی

سطح آلودگی	حداقل فاصله خزشی (میلی‌متر بر کیلوولت)
سبک	16
متوسط	20
سنگین	25
خیلی سنگین	31

در صورتی که فواصل خزشی مقره‌ها منطبق بر ملزومات فوق باشد، نیازی به انجام آزمون‌های آلودگی مصنوعی نیست. در غیر این صورت، آزمون‌های آلودگی مصنوعی باید مطابق با IEC شماره 60507 و با در نظر گرفتن ولتاژ نامی و ضرایب تصحیح جدول (3-6) انجام گیرند.

### 3-2-9- آزمون‌های تخلیه جزئی<sup>1</sup>

در صورت نیاز، آزمون‌های تخلیه جزئی باید مطابق با IEC شماره 60720 انجام گیرد. معمولاً نیازی به انجام آزمون‌های تخلیه جزئی روی کل کلید نیست. با این حال وقتی در کلید قطعاتی وجود داشته باشد که در استاندارد مربوط به آنها اندازه‌گیری تخلیه جزئی ذکر شده باشد (مانند بوشینگ‌ها) سازنده باید گواهی قبولی آن قطعات در آزمون تخلیه جزئی مطابق با استاندارد مربوط به همان قطعات را ارائه کند.

### 3-2-10- آزمون‌های عایقی روی مدارهای کمکی و کنترل

مدارهای کمکی و کنترل کلید باید تحت آزمون‌های تحمل ولتاژ فرکانس قدرت کوتاه‌مدت و آزمون‌های تحمل ولتاژ ضربه قرار گیرند:

الف) بین مدارهای کمکی و کنترل متصل به یکدیگر و متصل به بدنه کلید

1 . Partial Discharge Test

ب) در صورت امکان بین هر قسمت از مدارهای کنترل و کمکی (که ممکن است در حالت عادی از قسمت‌های دیگر مدارهای مذکور عایق باشد) و کلیه قسمت‌هایی که به یکدیگر و به بدنه متصل شده‌اند.

آزمون‌های تحمل ولتاژ ضربه باید مطابق با استاندارد IEC شماره 5-60255 انجام شوند. مقدار پیک ولتاژ ضربه باید 5 کیلوولت باشد. مدارهای کنترل و کمکی باید بدون هیچ‌گونه آسیب دائمی آزمون را پشت سر گذاشته و پس از آن کاملاً قابل استفاده باشند.

آزمون‌های فرکانس قدرت باید با ولتاژ 2 کیلوولت به مدت یک دقیقه مطابق با استاندارد IEC شماره 1-61180 انجام شوند. اگر در طی آزمون‌های فوق هیچ‌گونه تخلیه مخربی رخ ندهد مدارهای کنترل و کمکی، آزمون را با موفقیت گذرانده‌اند.

معمولاً باید ولتاژ آزمون موتورها و دیگر وسایل به کار رفته در مدارهای کمکی و کنترل با ولتاژ آزمون این مدارها برابر باشد. اگر این وسایل قبلاً مطابق با مشخصات مطلوب مورد آزمون قرار گرفته باشند می‌توان آنها را در طی انجام آزمون از مدار جدا کرد.

در صورتی که در مدارهای کنترل و کمکی، المان‌های الکترونیکی به کار رفته است، باید با توافق خریدار و سازنده آزمون‌های دیگری انجام شود.

### 3-2-11- آزمون ولتاژ به عنوان بازبینی شرایط<sup>۱</sup>

هنگامی که نتوان خاصیت عایقی بین کنتاکت‌های باز کلید را بعد از انجام آزمون‌های قطع، وصل و یا آزمون‌های تحمل مکانیکی / الکتریکی، با قابلیت اطمینان کافی تأیید نمود، باید آزمون‌هایی روی کنتاکت‌های باز کلید صورت گیرد.

در مورد کلیدهایی که مسیر جریان در آنها نامتقارن است باید آزمون را به طور کامل برای اتصالات معکوس شده نیز اجرا نمود.

روال آزمون بدین صورت است:

الف) برای کلیدهای 72/5 کیلوولت، باید آزمون ولتاژ فرکانس قدرت یک دقیقه انجام گیرد. اندازه ولتاژ آزمون باید 80 درصد مقدار مندرج در ستون 2 جدول (2-1 الف) باشد.

ب) برای کلیدهای 145 و 245 کیلوولت باید آزمون ولتاژ ضربه انجام شود. مقدار قله<sup>۲</sup> ولتاژ ضربه باید 60 درصد بزرگترین مقدار مربوط، مندرج در ستون 4 جدول (2-1 الف) باشد.

پ) در مورد کلیدهای 420 کیلوولت نیز باید آزمون ولتاژ ضربه صورت گیرد. مقدار قله ولتاژ ضربه باید 80 درصد ولتاژ نامی تحمل در برابر موج کلیدزنی، داده شده در جدول (2-1 ب) باشد. مقدار نامی ولتاژ تحمل در برابر موج کلیدزنی را می‌توان از ستون 4 یا ستون 6 جدول مذکور به دست آورد. مقدار مرجع برای بازبینی شرایط باید از همان ستون انتخاب شده باشد.

در مواردی که آزمون با ولتاژ ضربه انجام می‌شود، باید از هر پلاریته، 5 ضربه اعمال گردد. آزمون در صورتی موفقیت‌آمیز محسوب می‌شود که هیچ تخلیه مخربی رخ ندهد.

شکل موج ولتاژ ضربه باید ضربه کلیدزنی استاندارد یا شکل موجی منطبق بر TRV مشخص شده برای خطای ترمینال T10 باشد. در حالت دوم، تلورانس‌های مجاز زمان  $t_3$ ، 10% - و 200%+ می‌باشند. آزمون‌های مقایسه‌ای نشان داده‌اند که تقریباً تفاوتی بین

1 . Voltage test as Condition Check

2 . Crest

استفاده از این دو شکل موج وجود ندارد. برای این که دو نوع آزمون فوق معادل باشند، TRV مورد استفاده باید دو ویژگی زیر را دارا باشد:

- میرایی TRV به گونه‌ای باشد که پیک دوم نوسان TRV از 80 درصد پیک اول آن تجاوز نکند.
- تقریباً 2/5 میلی ثانیه بعد از پیک، مقدار واقعی TRV باید در محدوده 50 درصد مقدار پیک باشد.

### 3-3- آزمون‌های ولتاژ تداخل رادیویی<sup>1</sup> (R.I.V)

این آزمون‌ها فقط روی کلیدهای 145 کیلوولت و بالاتر انجام می‌شوند. طی انجام آزمون باید شرایط بند 3-2-3 رعایت گردد. ولتاژ آزمون باید به صورت زیر اعمال شود:

الف) در حالت بسته، بین ترمینال‌ها و بدنه زمین شده

ب) در حالت باز، بین یک ترمینال و سایر ترمینال‌های متصل به بدنه زمین شده. در صورتی که کلید نامتقارن باشد، آزمون باید در حالت اتصالات معکوس نیز انجام گیرد.

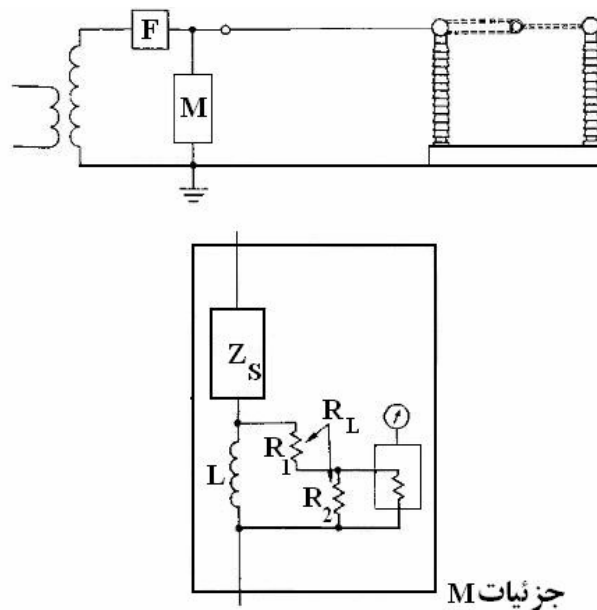
بدنه و سایر قسمت‌هایی که در شرایط کار عادی زمین می‌شوند، در حین آزمون نیز باید به زمین متصل شوند. باید دقت نمود که قطعات زمین شده یا زمین نشده نزدیک به کلید و مدارهای اندازه‌گیری و آزمون، بر روی اندازه‌گیری‌ها تأثیر نگذارند.

کلید باید خشک و تمیز بوده، دمای آن تقریباً مساوی دمای محل انجام آزمون باشد. حداقل تا 2 ساعت قبل از آزمون ولتاژ تداخل رادیویی، نباید هیچ‌گونه آزمون عایقی روی کلید انجام شده باشد.

اتصالات آزمون و پایانه‌های<sup>2</sup> آنها نباید ولتاژ تداخل رادیویی با مقداری بیش از مقادیر مشخص شده در زیر تولید کنند. مدار اندازه‌گیری (شکل 3-2) باید مطابق با مندرجات نشریه CISPR شماره 18-2 باشد. مدار الکتریکی ترجیحاً باید روی فرکانسی در محدوده 0/45 تا 0/5 مگاهرتز تنظیم شود. اما از فرکانس‌های 0/5 تا 2 مگاهرتز نیز می‌توان استفاده کرد. فرکانس اندازه‌گیری باید ثبت شود و نتایج آزمون برحسب میکروولت بیان گردد.

1 . Radio Interference Voltage test

2 . end



$F$  فیلتر  
 $R_L$  مقاومت معادل  $R_1$  سری با ترکیب موازی  $R_2$  و مقاومت معادل مجموعه اندازه گیری  
 $Z_S$  یک خازن یا مداری متشکل از ترکیب سری یک خازن و یک سلف  
 $L$  امپدانس که برای شنت کردن جریانهای فرکانس قدرت و جبران سازی خازن پراکندگی در فرکانس اندازه گیری به کار می رود

### شکل 3-2: دیاگرام مدار به کار رفته در آزمون ولتاژ تداخل رادیویی

اگر امپدانس‌های اندازه‌گیری با مقادیر مشخص شده در CISPR متفاوت باشند، نباید از 600 اهم بیشتر یا از 30 اهم کمتر باشند و زاویه فاز امپدانس در هر حال نباید از  $20^\circ$  تجاوز کند. می‌توان مقدار معادل ولتاژ تداخل رادیویی ارجاع شده به 300 اهم را با این فرض که ولتاژ اندازه‌گیری شده مستقیماً با مقاومت متناسب است، محاسبه نمود. اما وقتی تجهیز تحت آزمون ظرفیت خازنی بزرگی دارد، این روش دقیق نیست. به همین دلیل برای کلیدهایی که فلنج پوشینگ آنها زمین شده است (کلیدهای با محفظه زمین‌شده)، برای مقاومت اندازه‌گیری، مقدار 300 اهم پیشنهاد می‌شود.

در شکل (3-2) فیلتر  $F$  باید در فرکانس اندازه‌گیری امپدانس بالایی داشته باشد به گونه‌ای که امپدانس بین هادی فشار قوی و زمین از دید کلید تحت آزمون تغییر محسوسی نداشته باشد. همچنین این فیلتر جریان‌های گردشی با فرکانس رادیویی را که به وسیله ترانسفورماتور ولتاژ فشارقوی و یا منابع خارجی تولید می‌شود، کاهش می‌دهد. مقدار مناسب برای این امپدانس در محدوده 10000 تا 20000 اهم در فرکانس اندازه‌گیری متغیر است.

باید با استفاده از تجهیزات مناسب اطمینان حاصل نمود که سطح پس‌زمینه تداخل رادیویی<sup>1</sup> (سطح تداخل رادیویی ایجاد شده توسط میدان خارجی یا ترانسفورماتور ولتاژ) حداقل 6 دسی‌بل و ترجیحاً 10 دسی‌بل کمتر از سطح تداخل رادیویی مشخص شده برای کلید تحت آزمون باشد. روش‌های کالیبراسیون وسایل و مدارهای اندازه‌گیری در نشریه CISPR به ترتیب در شماره‌های 1-16 و 18-2 ارائه شده‌اند.

1 . Radio Interference Background Level

از آنجا که ذرات گردوغبار نشسته بر روی مقره‌ها ممکن است بر روی سطح تداخل رادیویی موثر باشد، می‌توان قبل از اندازه‌گیری، مقره‌ها را با پارچه تمیز گردگیری نمود.

وضعیت جوی در مدت زمان انجام آزمون باید ثبت شود. این که چه ضرایب تصحیحی باید برای آزمون تداخل به کار گرفته شود مشخص نیست اما این نکته به اثبات رسیده است که آزمون‌ها ممکن است نسبت به رطوبت‌های نسبی زیاد حساس باشند و اگر رطوبت نسبی از 80% تجاوز کند، نتیجه آزمون مورد تردید خواهد بود.

آزمون را می‌توان روی یک پل کلید در هر یک از وضعیت‌های باز یا بسته انجام داد. در حین انجام آزمون، باید کلیه متعلقات کلید از قبیل خازن‌های متعادل‌کننده<sup>1</sup>، حلقه‌های کرونا<sup>2</sup>، اتصالات فشارقوی<sup>3</sup> و غیره را که ممکن است بر ولتاژ تداخل رادیویی موثر باشند، به آن متصل نمود.

روال آزمون به این ترتیب است که ابتدا ولتاژی برابر با  $1/1U_r / \sqrt{3}$  به مدت حداقل 5 دقیقه به کلید اعمال می‌شود ( $U_r$  ولتاژ

نامی کلید است). سپس این ولتاژ باید تا مقدار  $\frac{0/3U_r}{\sqrt{3}}$  به طور پله‌ای کاهش یابد و مجدداً به صورت پله‌ای زیاد شود تا به مقدار

اولیه خود برسد. در نهایت این ولتاژ باید دوباره به صورت پله‌ای کاهش یابد تا مجدداً به مقدار  $\frac{0/3U_r}{\sqrt{3}}$  برسد. در هر پله، باید

اندازه‌گیری تداخل رادیویی انجام شده، سطح تداخل رادیویی در طی آخرین سری کاهش ولتاژ همراه با ولتاژ اعمال شده در یک نمودار

رسم گردد. اندازه هر پله ولتاژ باید تقریباً  $\frac{0/1U_r}{\sqrt{3}}$  باشد.

در صورتی کلید آزمون را با موفقیت پشت سر گذاشته است که سطح تداخل رادیویی در ولتاژ  $\frac{1/1U_r}{\sqrt{3}}$  کمتر از 2500 میکروولت

باشد.

### 3-4- اندازه‌گیری مقاومت مدارها

دلیل اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی کلید مقایسه بین کلیدهای آزمایش شده در آزمون افزایش دمای مربوط به آزمون‌های نوعی

با کلیدهایی از همان نوع است که در آزمون‌های جاری مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

اندازه‌گیری باید با استفاده از ولتاژ dc و از طریق اندازه‌گیری افت ولتاژ یا مقاومت بین دو ترمینال هر پل انجام گیرد. جریان

اندازه‌گیری باید مقدار مناسبی در محدوده 50 آمپر تا جریان عادی نامی باشد.

تجربیات نشان داده‌اند که افزایش مقاومت مدار اصلی، به تنهایی نمی‌تواند دلیلی بر نامناسب بودن کنتاکت‌ها یا اتصالات باشد.

اگر چنین موردی رخ دهد باید آزمون را با جریانی بزرگتر و تا حد امکان نزدیک به جریان عادی نامی تکرار کرد.

1 . Grading Capacitors  
2 . Corona Rings  
3 . H.V Connectors

اندازه‌گیری افت ولتاژ یا مقاومت باید قبل از آزمون افزایش دما صورت گیرد. درحین این اندازه‌گیری، دمای کلید باید برابر با دمای هوای محیط باشد. اندازه‌گیری فوق باید پس از انجام آزمون افزایش دما و هنگامی که دمای کلید تا دمای هوای محیط کاهش یافت، تکرار شود. مقادیر اندازه‌گیری شده برای مقاومت در این دو آزمون نباید بیش از 20 درصد با یکدیگر اختلاف داشته باشند. مقدار افت ولتاژ dc یا مقاومت اندازه‌گیری شده باید به همراه شرایط آزمون از قبیل مقدار جریان، دمای محیط و نقاط اندازه‌گیری در گزارش آزمون نوعی آورده شود.

### 3-5- آزمون‌های افزایش درجه حرارت

#### 3-5-1- شرایط کلید تحت آزمون

آزمون افزایش دمای مدار اصلی باید بر روی کلیدهای نو با کنتاکت‌های تمیز انجام گیرد. در صورت امکان، قبل از شروع آزمون، فشار گاز کلید باید برابر حداقل مقدار مجاز آن برای عایق‌سازی باشد.

#### 3-5-2- چیدمان کلید

آزمون باید در فضای بسته و در محیطی عاری از هرگونه گردش هوا (به جز گردشی که در اثر گرمای کلید تحت آزمون، در هوا ایجاد می‌شود) انجام گیرد. در عمل این وضعیت هنگامی حاصل می‌شود که سرعت باد کمتر از 0/5 متر بر ثانیه باشد. برای انجام آزمون، کلید و متعلقات آن باید همان‌طور که در سرویس قرار می‌گیرند مونتاژ شوند و پوشش‌های معمول هر قسمت نیز باید نصب شود. اجزاء تحت آزمون باید در مقابل گرمایش و سرمای اضافی خارجی محافظت شوند. اگر مطابق دستورالعمل سازنده، نصب کلید در موقعیت‌های متفاوت امکان‌پذیر باشد، باید آزمون را در نامطلوب‌ترین وضعیت (از نظر افزایش دما) انجام داد.

این آزمون‌ها در اصل باید روی کلید سه پل انجام شود. اما می‌توان آن را بر روی یک پل یا روی یک واحد نیز انجام داد، به شرطی که اثر پل‌های دیگر بر پل تحت آزمون قابل چشم‌پوشی باشد. معمولاً برای کلیدهای غیرمحصور<sup>1</sup> این شرط برقرار است. در مورد کلیدهای سه پل با جریان نامی کمتر از 630 آمپر می‌توان هر سه پل را به طور سری متصل کرده و آزمون را روی آنها انجام داد.

اتصالات موقت در مدارهای اصلی باید به‌گونه‌ای باشد که اثر قابل ملاحظه‌ای بر انتقال گرما به تجهیز یا از آن درحین انجام آزمون نداشته باشند. افزایش درجه حرارت باید بر روی ترمینال‌های مدار اصلی و اتصالات موقت (در فاصله یک متری از ترمینال‌ها) اندازه‌گیری شود. اختلاف در مقادیر افزایش درجه حرارت باید کمتر از 5 درجه باشد. نوع و اندازه اتصالات موقت باید در گزارش آزمون ثبت شود.

آزمون باید در جریان عادی نامی انجام گیرد. منبع جریان باید عملاً سینوسی باشد. فرکانس جریان آزمون (بجز در مورد تجهیزات کمکی با تغذیه dc) باید برابر با فرکانس نامی کلید باتلورانس 2%+ و 5%- باشد. این فرکانس باید در گزارش آزمون ثبت شود.

دوره زمانی انجام آزمون باید آن قدر طولانی باشد که افزایش دما به مقداری ماندگار برسد (یعنی افزایش دما در طی یک ساعت بیشتر از یک درجه سانتی‌گراد نباشد). معمولاً این حالت پس از گذشت زمانی برابر با 5 ثابت زمانی حرارتی کلید رخ می‌دهد. به جز در حالتی که اندازه‌گیری ثابت زمانی حرارتی کلید موردنظر باشد، می‌توان با پیش‌گرم کردن مدار به وسیله جریانی بالاتر، مدت زمان آزمون را کاهش داد.

### 3-5-3- اندازه‌گیری دما و افزایش درجه حرارت

بایستی پیش‌بینی‌های لازم جهت کاهش تغییرات و خطای ناشی از تأخیر زمانی مابین دمای تجهیز و تغییرات دمای محیط در نظر گرفته شود.

برای بوبین‌ها، اندازه‌گیری افزایش درجه حرارت بایستی با روش مقاومتی انجام شود. روشهای دیگر در صورتی مجاز هستند که روش فوق عملی نباشد.

دمای قسمتهای مختلفی که برای آنها حدودی مشخص شده است باید توسط ترمومترها، ترموکوپل‌ها و دیگر وسایل حساس مناسب اندازه‌گیری شود. این وسایل باید در گرمترین نقطه قابل دسترسی قرار داده شوند.

هنگامی که محاسبه ثابت زمانی موردنیاز باشد افزایش درجه حرارت می‌بایستی در بازه‌های زمانی مناسب و در تمام طول دوره آزمون ثبت گردد.

برای اندازه‌گیری با ترمومترها یا ترموکوپل‌ها موارد زیر باید رعایت شود:

- حبابهای انتهایی ترمومترها یا ترموکوپل‌ها باید در مقابل سرمای بیرون حفاظت شوند. به هر حال باید سطح حفاظت شده نسبت به سطح خنک‌کنندگی تجهیز تحت آزمون قابل چشم‌پوشی باشد.
- باید اطمینان حاصل نمود که قابلیت انتقال حرارت بین سطح کلید تحت آزمون و ترمومتر یا ترموکوپل مناسب است.
- در مکانهایی که میدان مغناطیسی متغیر وجود دارد، توصیه می‌شود که از ترمومترهای الکلی به جای ترمومترهای جیوه‌ای استفاده شود.

### 3-5-4- دمای هوای محیط

منظور از دمای محیط مقدار متوسط دمای مجاور کلید می‌باشد. این دما باید در یک چهارم انتهایی مدت زمان آزمون به وسیله حداقل سه ترمومتر، ترموکوپل و یا دیگر وسایل اندازه‌گیری دما که در اطراف کلید به شکل مناسبی توزیع شده‌اند اندازه‌گیری شود. این وسایل اندازه‌گیری دما می‌بایست در ارتفاعی برابر با قسمتهای حامل جریان و به فاصله تقریباً یک متر از کلید نصب شوند. ترمومتر و ترموکوپل باید در مقابل جریان هوا و حرارت غیرمجاز محافظت شوند.

- برای اجتناب از خطای ناشی از تغییرات سریع دما، می‌توان ترمومترها یا ترموکوپل‌ها را در بطری‌های کوچکی حاوی نیم لیتر روغن قرارداد.
- در یک چهارم انتهایی مدت زمان آزمون، تغییر دمای محیط نباید بیشتر از یک درجه در هر ساعت باشد. اگر این حالت به دلیل شرایط دمایی نامناسب اتاق آزمون امکان‌پذیر نشد، می‌توان دمای یک کلید مشابه در همان شرایط اما بدون جریان را به عنوان دمای محیط در نظر گرفت. این کلید اضافی نباید در معرض گرمای زیاد قرار گیرد.

دمای محیط در طی آزمون باید بین 10 تا 40 درجه سانتیگراد بوده و در این محدوده نیازی به تصحیح مقادیر افزایش درجه حرارت نخواهد بود.

### 3-5-5- آزمون افزایش درجه حرارت برای تجهیزات کنترل و کمکی

آزمون با منبع تغذیه ac یا dc انجام می‌گیرد. در صورت استفاده از منبع ac، فرکانس منبع باید برابر با فرکانس نامی (با تلورانس  $\pm 2\%$  و  $-5\%$ ) باشد. تجهیز کمکی باید تحت ولتاژ نامی تغذیه یا در جریان نامی آزمایش شود. ولتاژ ac باید عملاً سینوسی باشد. در مورد تجهیزات کمکی نیز دوره زمانی آزمون باید آن قدر بزرگ باشد که افزایش دما به مقدار ثابتی برسد (تغییرات آن بیش از یک درجه در هر ساعت نباشد).

در مورد آن دسته از مدارهای کمکی و کنترل که تنها طی عملیات قطع و وصل برقرار می‌شوند، آزمون باید به شکل زیر انجام شود.

الف) در صورتی که کلید مجهز به وسیله قطع خودکار<sup>1</sup> برای توقف<sup>2</sup> تغذیه مدار کمکی در پایان عمل آن است، مدار باید 10 مرتبه و هر بار به مدت یک ثانیه (یا تا وقتی که وسیله قطع خودکار عمل نماید) برقرار شود. فاصله زمانی بین لحظات برقرار کردن باید 10 ثانیه باشد و در صورتی که ساختار وسیله قطع و وصل اجازه این کار را نمی‌دهد، باید کوچکترین زمان ممکن انتخاب گردد.

ب) اگر وسیله قطع و وصل، مجهز به وسیله قطع خودکار برای توقف تغذیه مدار کمکی در پایان عمل آن نباشد، آزمون را باید با یک بار برقرار کردن مدار به مدت 15 ثانیه انجام داد.

### 3-5-6- تفسیر نتایج آزمون‌های افزایش درجه حرارت

افزایش درجه حرارت قسمت‌های مختلف کلید یا تجهیزات کمکی باید از مقادیر مندرج در جدول (2-2) کمتر باشد. در غیر این صورت کلید در آزمون رد می‌شود.

در حالتی که کنتاکت‌های جرقه از جنس مس بدون روکش بوده و جدا از کنتاکت‌های اصلی ولی موازی با آنها باشند، افزایش دمای کنتاکت‌های اصلی و کنتاکت‌های جرقه نباید از مقادیر مندرج در جدول (2-2) تجاوز کند.

اگر عایق یک بوبین از چند ماده عایقی مختلف تشکیل یافته باشد، میزان مجاز افزایش دمای بوبین باید برابر با مقدار مذکور برای عایقی باشد که کمترین مقدار مجاز افزایش دما را دارد.

### 3-6- آزمون‌های جریان تحمل کوتاه مدت و جریان تحمل پیک

برای اثبات توانایی کلید در عبور جریان تحمل پیک نامی و جریان تحمل کوتاه مدت نامی، باید آن را مورد آزمون قرارداد. آزمون باید تحت فرکانس نامی با تلورانس  $\pm 10\%$  و با ولتاژی مناسب صورت گیرد. عدم رعایت تلورانس مذکور برای فرکانس تا حدی مجاز است. یعنی می‌توان کلید 50 هرتز را با فرکانس 60 هرتز نیز آزمایش نمود. اما در این صورت باید دقت کافی در تفسیر نتایج به عمل آید.

1 . Automatic Breaking Device

2 . Interruption



## 3-6-1- چیدمان کلید و مدارات آزمون

کلید باید روی نگه‌دارنده<sup>1</sup> خود یا نگه‌دارنده‌ای مشابه با آن قرار گیرد. کنتاکت‌های کلید باید تمیز بوده و کلید باید در حالت بسته باشد.

هر آزمون با یک عملکرد مکانیکی در حالت بی‌بار و اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی آغاز می‌شود. آزمون را می‌توان به صورت سه فاز یا تک فاز انجام داد. در حالت تک‌فاز باید مطابق زیر عمل نمود:

- آزمون تک فاز روی کلید سه پل باید روی دو پل مجاور هم انجام گیرد.
- وقتی پل‌های کلید مجزا باشند می‌توان آزمون را روی یک پل نیز انجام داد اما فاصله هادی مسیر برگشت جریان با پل تحت آزمون باید به اندازه فاصله بین دو فاز مجاور باشد. اگر در طرح کلید، فاصله بین پل‌ها روی مقدار معینی ثابت نشده باشد باید آزمون را با کمترین فاصله ممکن که سازنده مشخص کرده است انجام داد.
- فاصله هادی برگشت تا پل تحت آزمون نباید از حداقل مقداری که سازنده برای فاصله بین مراکز پل‌ها مشخص کرده است کمتر باشد.

اتصالات به ترمینال‌های کلید باید به‌گونه‌ای باشد که تنش غیرمجاز به ترمینال‌ها وارد نشود. فاصله بین ترمینال‌ها و نزدیکترین نگه‌دارنده‌های هادی روی هر دو طرف کلید باید مطابق با دستورالعمل سازنده باشد. نحوه چیدمان مدارات آزمون باید در گزارش آزمون ذکر شود.

## 3-6-2- جریان و مدت زمان آزمون

مؤلفه ac جریان آزمون باید برابر با مؤلفه ac جریان نامی تحمل کوتاه‌مدت ( $I_k$ ) کلید باشد. جریان پیک (در مدار سه فاز، حداکثر مقدار در یکی از فازهای بیرونی) نباید کوچکتر از جریان نامی تحمل پیک ( $I_p$ ) باشد. این جریان نباید جز در صورت موافقت سازنده، بیشتر از 105% مقدار  $I_p$  باشد.

در آزمون‌های سه فاز، دامنه جریان در هر فاز نباید با متوسط جریان‌های سه فاز، بیش از 10 درصد اختلاف داشته باشد. متوسط مقدار مؤثر مؤلفه متناوب جریان‌های آزمون نباید کمتر از مقدار نامی باشد.

جریان آزمون  $I_t$  باید به مدت زمان  $t_t$  اعمال شود.  $t_t$  برابر با مدت زمان نامی اتصال کوتاه ( $t_k$ ) می‌باشد.

برای تعیین  $I_t^2 t_t$  در صورتی که روش دیگری موجود نباشد، باید از اسیلوگرام و با به‌کارگیری روشی که در پیوست B از استاندارد IEC شماره 60694 برای محاسبه  $I_t$  آمده است، استفاده نمود. مقدار  $I_t^2 t_t$  در آزمون نباید از مقدار  $I_k^2 t_k$  کمتر بوده و یا بدون موافقت سازنده بیش از 110% آن باشد.

هرگاه خصوصیات مدار آزمون به‌گونه‌ای باشد که نتوان مقادیر پیک و مؤثر مشخص شده را در طی مدت زمان معین به دست آورد، انحرافات زیر مجاز می‌باشد:

الف) اگر کاهش جریان اتصال کوتاه در مدار آزمون به‌گونه‌ای باشد که حصول به مقدار مؤثر مشخص شده (که طبق روش پیوست B از IEC شماره 60694 یا روشی معادل محاسبه می‌شود) طی مدت زمان نامی بدون اعمال جریان ابتدایی بسیار زیاد

امکان پذیر نباشد می توان به مقدار کمتری برای این جریان رضایت داد و در عوض مدت زمان انجام آزمون را زیاد کرد. در هر صورت، مقدار پیک جریان آزمون نباید از مقدار مشخص شده کمتر یا مدت زمان برقراری جریان از 5 ثانیه بیشتر شود.

ب) اگر برای حصول به جریان پیک موردنیاز، مقدار مؤثر جریان از مقدار مشخص شده بیشتر شود، می توان مدت زمان آزمون را متناسباً کاهش داد.

پ) در صورتی که هیچ یک از حالت های فوق عملی نباشد، مجزا کردن آزمون جریان تحمل پیک از آزمون جریان تحمل کوتاه مدت مجاز است. در این حالت دو آزمون باید انجام گیرند.

- برای آزمون تحمل جریان پیک، مدت زمان اعمال جریان اتصال کوتاه نباید کمتر از  $0/3$  ثانیه باشد.
- برای آزمون تحمل جریان کوتاه مدت، مدت زمان اعمال جریان اتصال کوتاه باید برابر با مقدار نامی باشد. با این حال تغییر این مدت زمان مطابق با بندهای "الف" و "ب" مجاز خواهد بود.

### 3-6-3- رفتار کلید در مدت آزمون

کلید باید بتواند جریان نامی تحمل پیک و جریان نامی تحمل کوتاه مدت خود را بدون بروز هیچ گونه آسیب مکانیکی در اجزاء و یا جداشدن کنتاکت ها، عبور دهد.

در طی انجام آزمون ممکن است افزایش دمای قسمت های حامل جریان و قطعات مجاور آنها از حدود مشخص شده در جدول (2-2) فراتر رود. هیچ گونه محدوده دمایی برای این آزمون ها تعیین نشده است اما حداکثر دمای حاصل نباید موجب آسیب قطعات شود.

### 3-6-4- وضعیت کلید پس از آزمون

پس از انجام آزمون، نباید هیچ گونه خرابی قابل توجهی در کلید مشاهده شود. همچنین کلید باید قادر به کار عادی بوده، بتواند جریان عادی نامی خود را به طور پیوسته و بدون افزایش دمای غیرمجاز عبور دهد و در مقابل ولتاژهای مشخص شده در آزمون های عایقی ایستادگی کند. وضعیت کنتاکت ها نباید به گونه ای باشد که بر ظرفیت کلید در قطع و وصل جریان تأثیر بگذارد. برای بررسی موارد فوق، کافی است کارهای زیر انجام شود.

الف) بلافاصله پس از آزمون، کلید بدون بار باز شود. اولین تلاش برای این عمل باید موفقیت آمیز باشد.

ب) سپس مقاومت مدار اصلی طبق بند 3-4 اندازه گیری شود. اگر مقاومت بیش از 20% افزایش یافته باشد و اگر امکان تأیید وضعیت کنتاکت ها با بازدید ظاهری مقدور نباشد، بهتر است یک بار دیگر آزمون افزایش درجه حرارت انجام شود.

### 3-7- تعیین درجه حفاظت

#### 3-7-1- تعیین کد IP

پس از مونتاژ کلید مطابق با شرایط سرویس، باید مطابق روش اشاره شده در استاندارد IEC شماره 60529 آزمون هایی بر روی قسمت هایی از کلید که در شرایط کار عادی در دسترس هستند انجام گیرد.

با این حال انجام آزمون‌ها فقط در صورتی ضروری است که تطبیق برخی از اجزای کلید با ملزومات استاندارد مورد تردید باشد.

### 3-7-2- آزمون ضربه مکانیکی<sup>۱</sup>

این آزمون باید بر طبق توافق خریدار و سازنده انجام گیرد.

### 3-8- آزمون‌های نفوذناپذیری<sup>۲</sup>

این آزمون برای اثبات کم‌تر بودن نرخ نشتی مطلق (F) از مقدار مشخص شده برای نرخ نشت مجاز ( $F_p$ ) است. آزمون‌ها باید در صورت امکان روی یک کلید کامل در فشار  $P_{re}$  (فشار نامی برای قطع) انجام شود. اما اگر این کار عملی نباشد، می‌توان آزمون را روی قطعات و اجزا نیز انجام داد. در این حالت نرخ نشت کل سیستم از جمع نرخ نشت‌های جزئی با استفاده از جدول هماهنگی نفوذناپذیری<sup>۳</sup> (پیوست E از استاندارد IEC شماره 60694) به دست می‌آید. باید امکان نشت بین زیرجزء<sup>۴</sup>‌هایی که فشارهای مختلف دارند در نظر گرفته شود.

آزمون نفوذناپذیری باید در هر دو حالت باز و بسته بودن کلید انجام شود، مگر در حالتی که نرخ نشت مستقل از وضعیت کنتاکت‌های اصلی باشد.

عموماً فقط با اندازه‌گیری کل نشت می‌توان نرخ نشت را محاسبه کرد.

گزارش آزمون نفوذناپذیری باید شامل اطلاعاتی از این قبیل باشد.

- توصیف کلید تحت آزمون شامل حجم و نوع گاز
  - وضعیت کلید تحت آزمون (باز یا بسته)
  - فشار و دمای گاز در آغاز و پایان آزمون و تعداد شارژهای مجدد (در صورت نیاز)
  - تنظیمات فشار Cut-in و Cut-off وسیله کنترل یا مونیتورینگ فشار
  - تعیین کالیبراسیون دستگاه‌های اندازه‌گیری به کار رفته برای اندازه‌گیری نرخ نشت
  - نتایج اندازه‌گیری‌ها
  - گاز آزمون و ضریب تبدیل برای ارزیابی نتایج در صورت نیاز
- آزمون‌های نفوذناپذیری نوعاً باید قبل و بعد از آزمون عملکرد مکانیکی یا در خلال آزمون‌های عملکرد و در دماهای حدی<sup>۵</sup> انجام شوند. در این دماها، افزایش نرخ نشت به بیش از مقدار مشخص شده، قابل قبول است. با این حال نرخ موقتی نشت نباید از مقادیر داده شده در جدول (3-8) بیشتر شود.

1 . Mechanical Impact Test

2 . Tightness tests

3 . Tightness Coordination Chart

4 . Subassembly

5 . Extreme Temperature

جدول 3-8: مقادیر مجاز نرخ موقت نشت

مقدار مجاز نرخ موقتی نشت	کلاس دما (° C)
3F <sub>p</sub>	+40 و +50
F <sub>p</sub>	دمای محیط
3F <sub>p</sub>	-40/-25/-15/-10/-5
6F <sub>p</sub>	-50

3-8-1- سیستم‌های با کنترل فشار گاز<sup>۱</sup>

نرخ نشت نسبی (F<sub>rel</sub>) باید با اندازه‌گیری افت فشار ΔP در طی دوره زمانی t چک شود. دوره زمانی مذکور باید با توجه به محدوده فشار گاز به قدر کافی بزرگ باشد. بایستی نتایج را برای منظور کردن تغییرات دمای هوای محیط تصحیح نمود. در دوره زمانی فوق، باید وسیله شارژ غیرفعال باشد.

$$F_{rel} = \frac{\Delta P}{P_r} \times \frac{24}{t} \times 100 \quad (\% \text{ در روز}) \quad (2-3)$$

$$N = \frac{\Delta P}{P_r - P_m} \times \frac{24}{t} \quad (3-3)$$

که t دوره آزمون برحسب ساعت، P<sub>r</sub> فشارنامی برای قطع و P<sub>m</sub> فشار نامی برای عملکرد می‌باشد. روش جایگزین، اندازه‌گیری مستقیم تعداد دفعات عملکرد شارژ مجدد در هر روز است.

3-8-2- سیستم‌های بسته<sup>۲</sup>

از آنجا که نرخ نشت نسبی این سیستم‌ها کوچک است، اندازه‌گیری افت فشار در آنها عملی نیست. برای اندازه‌گیری نرخ نشت F در این سیستم‌ها می‌توان روش‌های پیوست E از استاندارد IEC شماره 60694 را به کار گرفت. با استفاده از این روش‌ها و به کارگیری جدول هماهنگی نفوذناپذیری می‌توان یکی از این دو کمیت را محاسبه نمود:

- نرخ نشت نسبی F<sub>rel</sub>

- فاصله زمانی بین شارژهای مجدد T

در حالت کلی آزمون Qm (ر.ک به IEC شماره 2-60068) برای تعیین میزان نشتی‌ها در سیستم‌های گازی کافی است.

اگر در طی آزمون از گازی به جز SF<sub>6</sub> و یا با فشاری غیر از فشار شرایط کار عادی استفاده شود، باید در محاسبات ضرایب تصحیح تعیین شده توسط سازنده اعمال شود.

از آنجا که آزمون‌های درجه حرارت کم و زیاد با مشکلاتی در اندازه‌گیری توأم است، می‌توان آزمون نفوذناپذیری را در دمای محیط و پیش از آزمون‌های درجه حرارت کم و زیاد و پس از آنها انجام داد تا تغییرات احتمالی مشخص شود.

1 . Controlled Pressure System for gas  
2 . Closed Pressure

باتوجه به این که در عمل ممکن است خطای اندازه‌گیری نرخ نشتی تا  $\pm 50\%$  برسد، در صورتی آزمون نفوذناپذیری موفق قلمداد می‌شود که نتایج آزمون منطبق بر مقادیر مندرج در جدول (3-8) تا  $\pm 50\%$  باشد. این عدم دقت در اندازه‌گیری را می‌توان در محاسبات دوره زمانی بین شارژهای مجدد منظور نمود.

### 3-9-3- آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی<sup>1</sup> (EMC)

آزمون‌های EMC فقط برای سیستم‌های ثانویه انجام می‌گیرد. برای مدار اصلی کلید در عملکرد عادی، بدون عملیات کلیدزنی، سطح انتشار توسط آزمون ولتاژ تداخل رادیویی تعیین می‌شود (به بخش 3-3 مراجعه کنید).

برای سیستم‌های ثانویه کلید، نیازمندی‌ها و آزمون‌های مشخص شده در این استاندارد بر دیگر ملزومات EMC اولویت دارند.

#### 3-9-3-1- آزمون‌های انتشار<sup>2</sup> روی سیستم‌های ثانویه

تجهیزات الکترونیکی باید به عنوان بخشی از سیستم ثانویه، ملزومات مربوط به انتشار را مطابق با نشریه CISPR11 برآورده کنند. آزمون دیگری لازم نیست. با افزایش مقادیر حدی به اندازه 10 دسی‌بل می‌توان فاصله اندازه‌گیری را از 30 متر به 10 متر کاهش داد.

#### 3-9-3-2- آزمون‌های ایمنی<sup>3</sup> روی سیستم‌های ثانویه

##### 3-9-3-1- کلیات

در صورتی که سیستم‌های ثانویه دارای تجهیزات یا قطعات الکترونیکی باشند باید تحت آزمون‌های ایمنی الکترومغناطیسی قرار گیرند. در غیر این صورت هیچ آزمونی لازم نیست.

آزمون‌های ایمنی به شرح زیر مشخص شده‌اند.

- آزمون گذرای / قطع سریع الکتریکی<sup>4</sup> (ر.ک. به بند 3-9-2-2) که شرایط ناشی از کلیدزنی در مدار ثانویه را شبیه‌سازی می‌کند.

- آزمون ایمنی موج نوسانی<sup>5</sup> (ر.ک. به بند 3-9-2-4) که شرایط ناشی از کلیدزنی در مدار اصلی را شبیه‌سازی می‌کند.

آزمون‌های ایمنی EMC دیگری نیز وجود دارند که در بالا به آنها اشاره نشده است. معمولاً انجام آزمون‌های تخلیه

الکترواستاتیکی<sup>6</sup> (ESD) بر روی تجهیزات الکترونیکی لازم است اما تکرار آنها روی کل سیستم‌های ثانویه ضروری نیست.

1 . Electromagnetic Compatibility Test

2 . Emission Test

3 . Immunity Tests

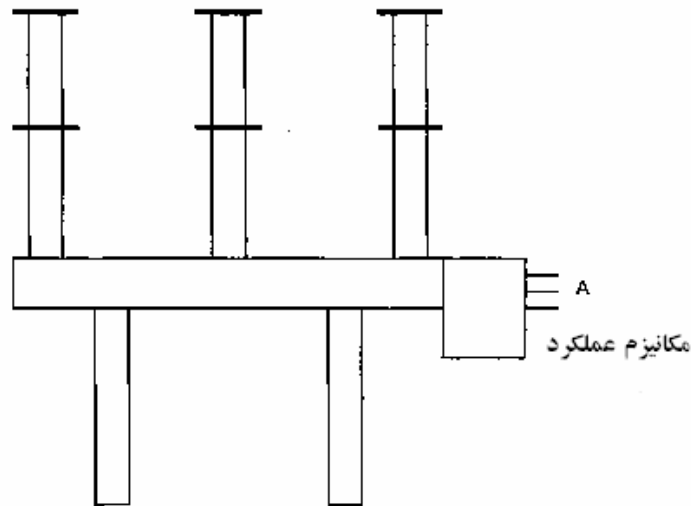
4 . Electrical fast transient / burst Test

5 . Oscillatory wave Immunity Test

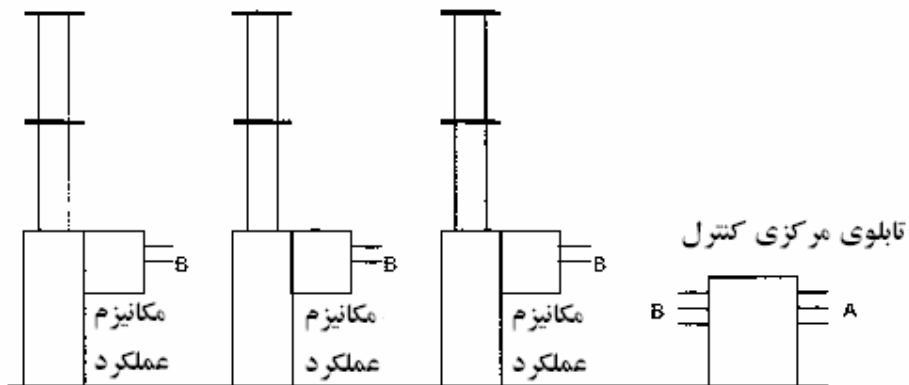
6 . Electrostatic Discharge Test

## 3-2-9-2-2- راهنمای آزمون‌های ایمنی

آزمون‌های ایمنی الکترومغناطیسی باید روی سیستم‌ها یا زیرمجموعه‌های ثانویه کامل انجام گیرند. در شکل‌های زیر نمونه‌هایی ارائه شده است.



شکل 3-2: نمونه‌ای از سیستم ثانویه کلید با عایق هوایی و مکانیزم واحد



A واسطه خارجی برای کل سیستم ثانویه

B واسطه داخلی برای زیرمجموعه

شکل 3-3: نمونه‌ای از سیستم ثانویه کلید با عایق هوایی و تابلوی کنترل مجزا

آزمون‌ها را می‌توان روی:

- سیستم ثانویه کامل
  - زیرمجموعه‌ها، مانند تابلوی کنترل مرکزی، مکانیزم عملکرد و غیره
  - زیرمجموعه‌های واقع در یک تابلو، مانند سیستم اندازه‌گیری یا مونیتورینگ انجام داد.
- در مواردی که طول اتصالات داخلی زیاد یا ولتاژهای تداخل مورد انتظار بین زیرمجموعه‌ها قابل توجه باشد، اکیداً پیشنهاد می‌شود که زیرمجموعه‌ها به صورت منفرد تحت آزمون قرار گیرند.
- می‌توان زیرمجموعه را در موقعیت‌های مختلفی در سیستم ثانویه قرار داد بی‌آنکه آزمون بی‌اعتبار شود اما کل طول سیم‌کشی و تعداد سیم‌های منفردی که زیرمجموعه را به سیستم ثانویه متصل می‌کنند نباید از مقادیر نظیر در شرایط کار کلید بیشتر باشد.
- می‌توان زیرمجموعه‌های قابل تعویض یا یکدیگر را با زیرمجموعه‌های مشابه عوض کرد بی‌آنکه اعتبار آزمون دچار خدشه شود اما باید موارد زیر رعایت گردد:
- قوانین طراحی و نصب داده شده در IEC شماره 5-61000 رعایت شوند.
  - آزمون‌های نوعی روی کامل‌ترین زیرمجموعه قابل اجرا باشند.
  - قوانین طراحی سازنده مشابه قوانین طراحی زیرمجموعه‌ای باشد که تحت آزمون نوعی قرار می‌گیرد.
- ولتاژ آزمون باید به واسطه سیستم ثانویه یا زیرمجموعه تحت آزمون اعمال شود. این واسطه باید توسط سازنده معین شود. در گزارش آزمون می‌بایست سیستم یا زیرمجموعه آزمایش شده مشخص گردد.

### 3-2-9-3- آزمون گذرای / قطع سریع الکتریکی

این آزمون باید مطابق با استاندارد IEC شماره 4-4-61000 انجام گیرد. ولتاژ آزمون و نحوه تزویج باید مطابق جدول زیر باشد.

جدول 3-9: اعمال ولتاژ در آزمون گذرای / قطع سریع

تزوئج	کلاس کاهش یافته شدت EMC ولتاژ آزمون (kV)	کلاس عادی شدت EMC ولتاژ آزمون (kV)	واسطه
CDN*	2	2	خطوط قدرت
CDN	2	2	خطوط کنترل
کلمپ تزویج خازنی	2	2	خطوط مخابرات و خطوط شیلدشده
CDN	2	2	ترمینال زمین

\* شبکه تزویج (Coupling) - مجزاسازی (Decoupling)

### 3-2-9-4- آزمون ایمنی موج نوسانی

شکل و مدت زمان موج ولتاژ آزمون باید مطابق با IEC شماره 12-4-61000 باشد. آزمون‌های موج نوسانی میراشونده باید در فرکانس‌های 100 کیلوهرتز و یک مگاهرتز با تلورانس  $\pm 30\%$  و برای هر دو مد مشترک و تفاضلی انجام شوند. ولتاژ آزمون و روش تزویج باید مطابق جدول زیر باشد.

جدول 3-10: اعمال ولتاژ در آزمون موج نوسانی میراثونده

تزیج	کلاس کاهش یافته شدت EMC ولتاژ آزمون (kV)	کلاس عادی شدت EMC ولتاژ آزمون (kV)	واسطه
CDN CDN	مد تفاضلی: 0/5 مد مشترک: 1/0	مد تفاضلی: 1/0 مد مشترک: 2/5	خطوط قدرت
CDN CDN	مد تفاضلی: 0/5 مد مشترک: 1/0	مد تفاضلی: 1/0 مد مشترک: 2/5	خطوط کنترل (اندازه‌گیری)
CDN CDN	مد تفاضلی: 0/5 مد مشترک: 1/0	مد تفاضلی: 1/0 مد مشترک: 2/5	مخابرات (شیلد نشده)
بین کابینت‌ها	1/0	2/5	خطوط شیلد شده

## 3-9-2-5- رفتار تجهیزات ثانویه در طی مدت آزمون و پس از آن

سیستم ثانویه باید آزمون‌های مشخص شده در بندهای 3-9-2-2 و 3-9-2-3 را بدون هرگونه آسیب دائمی تحمل کرده، پس از آزمون کاملاً قابل استفاده باشد. آسیب‌های موقت اجزا در طی آزمون‌های گذرای سریع و ایمنی موج نوسانی مطابق با معیارهای تعیین شده در جدول (3-11) مجاز می‌باشد.

جدول 3-11: معیارهای ارزیابی برای آزمون‌های ایمنی اختلال گذرا

معیار*	کارکرد
1	حفاظت، حفاظت از راه دور <sup>1</sup>
2	هشدار
2	نظارت <sup>2</sup>
1	فرمان و کنترل
2	اندازه‌گیری
1	شمارش
1	پردازش داده‌ها
2	- برای سیستم حفاظتی سریع
2	- برای کاربری عمومی
2	اطلاعات
1	ذخیره داده‌ها
2	پردازش
2	مونیتورینگ
2	واسطه انسان و ماشین <sup>3</sup>
2	عیب‌یابی خودکار
آن دسته از ابزارهای پردازش، مونیتورینگ و عیب‌یابی خودکار که به صورت on-line کار می‌کنند و بخشی از مدارهای فرمان و کنترل هستند باید معیار 1 را برآورده سازند.	
* معیارها مطابق با IEC شماره 1-4-61000:	
1: عملکرد عادی در گستره حدود مشخص شده	
2: کاهش موقت کارایی یا گونه‌ای ناتوانی در انجام کار که قابل برگشت توسط خود وسیله باشد.	

- 1 . Teleprotection
- 2 . Supervision
- 3 . Man- Machine Interface



3-10-10- آزمونهای مکانیکی و محیطی<sup>۱</sup>

## 3-10-1- شرایط و تدارکات آزمونهای مکانیکی و محیطی

3-10-1-1- مشخصات حرکت مکانیکی مرجع<sup>۲</sup>

در ابتدای آزمونهای نوعی، باید مشخصه‌های حرکت مکانیکی کلید تعیین شود. به این منظور می‌توان به عنوان مثال منحنی‌های حرکت در شرایط بی‌باری را ثبت نمود. این منحنی‌ها به عنوان مشخصه‌های مرجع حرکت مکانیکی به کار می‌روند. کاربرد این منحنی‌های مرجع در مشخص کردن رفتار مکانیکی کلید است. در صورت امکان، انجام آزمونهای مشابه پیش و یا پس از سایر آزمون‌ها شامل آزمونهای محیطی، بستن، بازکردن و کلیدزنی و نیز در زمان انجام آزمونهای جاری و راه‌اندازی، ضروری است.

مشخصه‌های عملکردی شامل موارد زیر می‌بایست ثبت شوند:

- مشخصه‌های حرکت مکانیکی برای عمل بازکردن و عمل بستن
- سنسور به کاررفته برای ثبت مشخصات حرکت مکانیکی باید در موقعیتی نصب شود که امکان ثبت بهترین مشخصات فراهم شود. موقعیت سنسور باید در گزارش آزمون ثبت شود. منحنی مشخصه حرکت مکانیکی را می‌توان به هر دو صورت پیوسته یا گسسته رسم نمود. در حالت دوم باید برای هر حرکت حداقل 20 نقطه ثبت شود.
- زمان بستن
- زمان بازکردن

مشخصات حرکت مکانیکی مرجع باید در طی یک آزمون بی‌بار به دست آید. مکانیزم عمل‌کننده و مدارهای کنترل و کمکی باید با ولتاژ نامی تغذیه شوند. فشار گاز برای کار عادی برابر مقدار نامی و فشار گاز برای قطع باید در حداقل مقدار مجاز باشد. توالی عملکرد مورد استفاده در آزمون، باید به ازای توالی عملکردهای نامی O-t-CO-t-CO یا CO-t-CO به ترتیب O-t-CO یا CO باشد. می‌توان یک آزمون بی‌بار مناسب را که بخشی از یک آزمون نوعی مجزاست به عنوان آزمون بی‌بار مرجع در نظر گرفت. هدف از تعیین مشخصات مرجع حرکت مکانیکی، اثبات تشابه عملکرد نمونه‌های مختلف به کار رفته در آزمونهای نوعی مکانیکی، قطع، وصل و کلیدزنی از نظر عملکرد مکانیکی است. مشخصه حرکت مکانیکی تمامی نمونه‌هایی که تحت آزمونهای نوعی مکانیکی، قطع، وصل و کلیدزنی قرار گرفته‌اند باید در محدوده پوش<sup>۳</sup>های تعیین شده زیر قرار بگیرند. در مواقعی که به دلیل تفاوت روش‌های اندازه‌گیری در آزمایشگاه‌های مختلف، نتوان پوش‌ها را مستقیماً با یکدیگر مقایسه کرد، سازنده باید مدارک کافی مبنی بر یکسان بودن آنها ارائه کند.

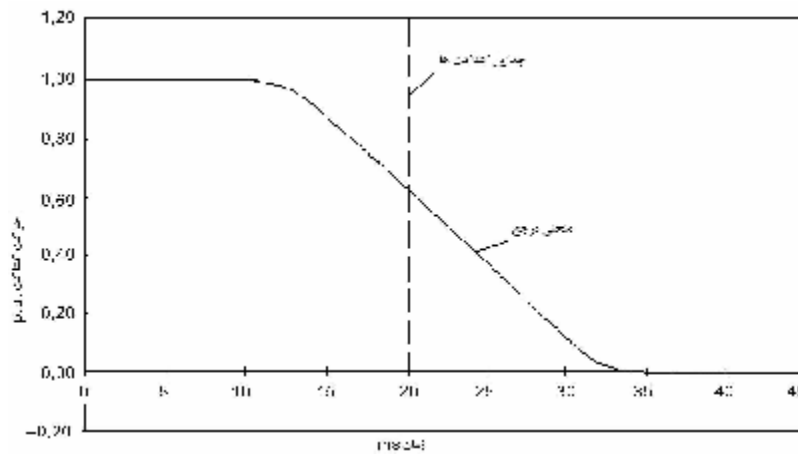
مشخصه مرجع حرکت مکانیکی باید برای تعیین حدود مجاز انحراف از منحنی مرجع (کمتر یا بیشتر از آن) به کار رود. باتوجه به منحنی مرجع باید دو منحنی پوش، یکی از لحظه آغاز جداسدن کنتاکت‌ها (برای بازشدن کلید) و دیگری از لحظه آغاز تماس کنتاکت‌ها (برای بسته‌شدن کلید) تا انتهای حرکت کنتاکت رسم شود. (طبق شکل 3-4ب) فاصله دو پوش از منحنی اصلی باید

1 . Mechanical and Environment Tests  
2 . Reference Mechanical Travel Characteristics  
3 . Envelope

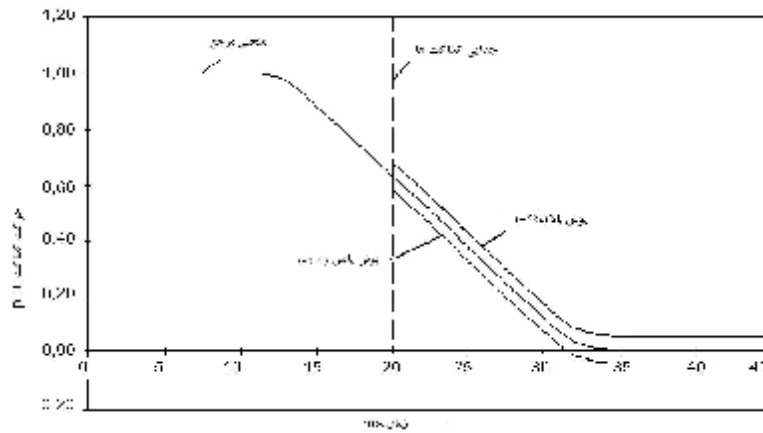
± 5% کل طول مسیر حرکت کنتاکت باشد. در مورد کلیدهایی که کل حرکت کنتاکت آنها 20 میلی‌متر (یا کمتر) است، فاصله دو پوش از منحنی اصلی می‌تواند در محدوده  $\pm 2$  میلی‌متر باشد. سازندگان کلیدهایی که روش‌های فوق به دلیل نوع طراحی کلید برای آن مناسب نیست، باید روش و حدود مجاز را تعدیل کنند.

شکل‌های 3-4 الف تا 3-4 ت بیشتر برای توضیح مطلب و به صورت ایده‌آل رسم شده‌اند و تنها عمل بازکردن را نشان می‌دهند. تغییرات پروفیل حرکت کنتاکت بر اثر اصطکاک یا میرایی انتهایی حرکت در این شکل‌ها دیده نمی‌شود. بویژه توجه به این نکته حائز اهمیت است که آثار میرایی در دیاگرام‌های مذکور نشان داده نشده‌اند. نوسان‌های ایجادشده در پایان حرکت به کارایی سیستم میرایی مکانیزم عمل‌کننده بستگی دارد. این نوسانات ممکن است در طراحی کلید و به طور عمدی ایجاد شوند یا این که ناشی از طراحی، ساخت یا مونتاژ نادرست باشند. بنابراین در صورتی که مشخصه کلید تحت آزمون خارج از محدوده تعیین شده باشد، باید آگاهانه نسبت به ردّ یا قبول آن اقدام نمود. البته در حالت کلی برای قبولی کلید در آزمون باید مشخصه آن در محدوده پوش‌های تعیین شده قرار گیرد.

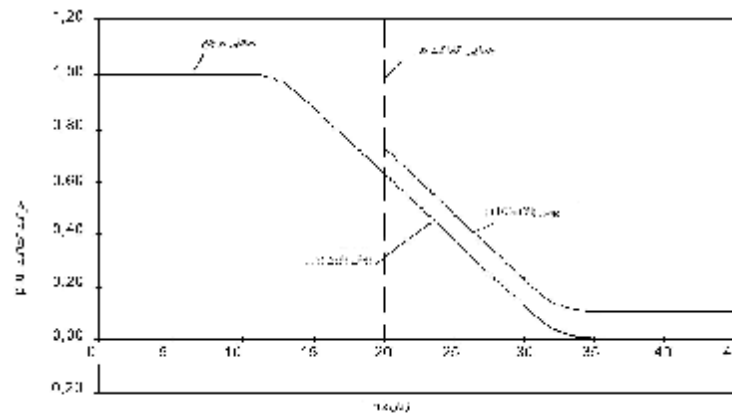
می‌توان دو پوش حذّی را در راستای عمودی به بالا یا پایین حرکت داد تا حداکثر تلورانس حول منحنی مرجع یعنی صفر تا 10 درصد و 10- تا صفر درصد به دست آید (شکل‌های 3-4 پ و 3-4 ت). در طول آزمون انجام این کار تنها یک بار مجاز است.



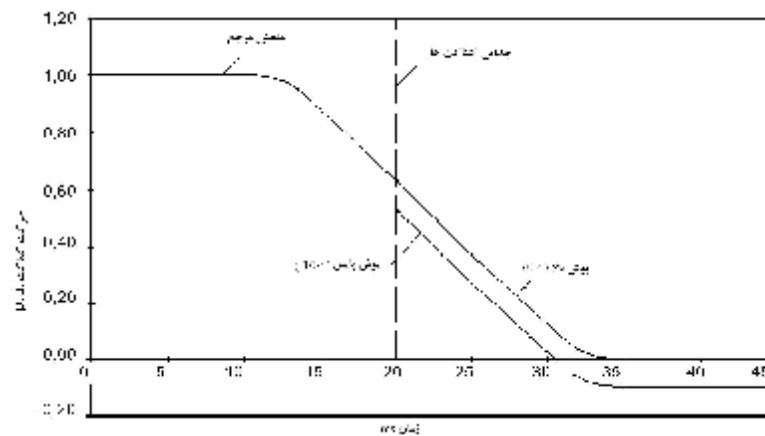
شکل 3-4 الف: مشخصه حرکت مکانیکی مرجع (منحنی ایده‌آل)



شکل 3-4 ب: مشخصه حرکت مکانیکی مرجع (منحنی ایده‌آل) با دو پوش که حول منحنی مرجع (+5% و -5%) قرار گرفته‌اند. در این مثال جدایی کنتاکت‌ها در  $t = 20\text{ms}$  رخ می‌دهد.



شکل 3-4 پ: مشخصه حرکت مکانیکی مرجع (منحنی ایده‌آل) با دو پوش که نسبت به منحنی مرجع کاملاً به سمت بالا جابجا شده‌اند (+10% و -0%) در این مثال جدایی کنتاکت‌ها در  $t = 20\text{ms}$  رخ می‌دهد.



شکل 3-4 ت: مشخصه حرکت مکانیکی مرجع (منحنی ایده‌آل) با دو پوش که نسبت به منحنی مرجع کاملاً به سمت پایین جابجا شده‌اند (+0% و -10%). در این مثال جدایی کنتاکت‌ها در  $t = 20\text{ms}$  رخ می‌دهد.

3-10-1-2- آزمون‌های قطعات<sup>۱</sup>

وقتی انجام آزمون روی کلید کامل عملی نباشد، می‌توان آزمون قطعات را نیز به عنوان آزمون نوعی پذیرفت. سازنده باید قطعات مناسب برای آزمون را مشخص کند.

در صورت انجام آزمون روی قطعات به جای کلید کامل، سازنده باید ثابت کند که تنش‌های مکانیکی و محیطی وارد شده بر هر قطعه در طی آزمون، کمتر از تنش‌های وارد شده بر همان قطعه در صورت انجام آزمون روی کلید کامل نیست. آزمون قطعات باید شامل تمامی انواع مختلف قطعات کلید کامل باشد (به شرطی که انجام آزمون موردنظر روی قطعه امکان‌پذیر باشد) شرایط آزمون قطعات همانند شرایط آزمون روی کلید کامل است.

3-10-1-3- مشخصات و تنظیماتی<sup>۲</sup> از کلید که باید قبل و بعد از آزمون‌ها ثبت شوند.

مشخصه‌های عملکردی یا تنظیمات زیر باید قبل از آزمون و پس از آن ثبت و محاسبه شوند:

الف) زمان بستن

ب) زمان بازکردن

پ) اختلاف زمانی بین واحدهای یک پل

ت) اختلاف زمانی بین پل‌ها (در صورت انجام آزمون به صورت چند پل)

ث) مدت زمان لازم برای شارژ مجدد مکانیزم عمل‌کننده

ج) توان مصرفی مدار کنترل

چ) توان مصرفی وسایل فرمان قطع و در صورت امکان ثبت جریان رله‌ها

ح) دوره پالس‌های فرمان بازکردن و بستن

خ) نفوذناپذیری (بسته به کاربرد)

د) چگالی یا فشار گازها

ذ) مقاومت مدار اصلی

ر) نمودار حرکت - زمان<sup>۳</sup>

ز) سایر مشخصات یا تنظیمات مهم که توسط سازنده مشخص شده است.

تعیین مشخصات فوق باید تحت شرایط زیر صورت گیرد.

- ولتاژ تغذیه نامی و فشار نامی کار عادی
- حداکثر ولتاژ تغذیه و حداکثر فشار کار عادی
- حداکثر ولتاژ تغذیه و حداقل فشار کار عادی
- حداقل ولتاژ تغذیه و حداقل فشار کار عادی
- حداقل ولتاژ تغذیه و حداکثر فشار کار عادی

1 . Component tests

2 . Settings

3 . Time – travel chart

## 3-10-1-4- وضعیت کلید در طی انجام آزمون‌ها و پس از آن

در خلال انجام آزمون‌ها و پس از آن، کلید باید قادر به عملکرد معمول خود بوده و قابلیت عبور جریان عادی نامی، وصل و قطع جریان نامی اتصال کوتاه و تحمل ولتاژهای ضربه مطابق با سطوح عایقی نامی را داشته باشد. در حالت کلی، این ملزومات در صورتی برآورده می‌شوند که:

- در طی آزمون‌ها، کلید با اعمال فرمان عمل کند و در صورت عدم اعمال فرمان عمل نکند.
- پس از آزمون‌ها، نتایج اندازه‌گیری‌های بند 3-10-1-3 در محدوده‌های تعیین شده توسط سازنده قرار گیرند.
- پس از آزمون‌ها، هیچ پوشش زائدی روی اجزای کلید از جمله کنتاکت‌ها مشاهده نشود.
- پس از آزمون، لایه‌ای از روکش روی سطح کنتاکت باقی‌مانده باشد (این امر در مورد کنتاکت‌های روکش‌دار الزامی است. در صورتی که کنتاکت روکش‌دار نباشد باید به عنوان هادی بدون پوشش<sup>1</sup> مطابق با بند 3-5 تحت آزمون افزایش درجه حرارت قرار گیرد و آزمون در صورتی موفقیت‌آمیز است که افزایش دمای کنتاکت‌ها از مقدار مجاز برای کنتاکت‌های بدون پوشش تجاوز نکند).
- در طی آزمون و پس از آن، تغییر شکل<sup>2</sup> اجزای مکانیکی به‌گونه‌ای نباشد که عملکرد کلید را مختل ساخته یا از جا افتادن<sup>3</sup> قطعات جایگزین<sup>4</sup> جلوگیری کند.
- پس از آزمون‌ها، خواص عایقی کلید در حالت باز مشابه خواص عایقی آن قبل از آزمون باشد. معمولاً بازرسی چشمی کلید پس از انجام آزمون برای بررسی خواص عایقی کافی است.

## 3-10-1-5- وضعیت تجهیزات کنترل و کمکی در طی آزمون و پس از آن

- شرایط زیر باید در طی انجام آزمون و پس از آن برای تجهیزات کنترل و کمکی برآورده شوند:
- در طی انجام آزمون باید از گرم‌شدن بیش از حد این تجهیزات جلوگیری کرد.
  - در طی انجام آزمون باید یک دسته کنتاکت (هم کنتاکت کمکی قطع و هم کنتاکت کمکی وصل) برای قطع و وصل جریان مدار تحت کنترل پیش‌بینی شود.
  - در طی انجام آزمون و پس از آن، تجهیزات کنترل و کمکی باید قادر به انجام کارکردهای مربوطه باشند.
  - در طی انجام آزمون و پس از آن، مدارهای کمکی سوئیچ‌های کمکی و تجهیزات کنترل نباید آسیب ببینند. در صورتی که احتمال آسیب وجود دارد، باید آزمون‌های بند 6-2-10 از IEC شماره 60694 انجام شود.
  - در طی انجام آزمون و پس از آن، مقاومت کنتاکت سوئیچ‌های کمکی نباید دچار تغییر زیادی شود. افزایش درجه حرارت بر اثر عبور جریان نامی نباید از مقادیر مشخص شده (جدول 2-2) تجاوز کند.

1 . Bare Conductor  
2 . Distortion  
3 . Fitting  
4 . Replacement Parts

## 3-10-2-2- آزمون عملکرد مکانیکی در دمای هوای محیط

## 3-10-2-1- کلیات

آزمون عملکرد مکانیکی باید در دمای هوای محیط مکان انجام آزمون، صورت گیرد و دمای هوا در گزارش آزمون ثبت شود. آزمون شامل آن دسته از تجهیزات کمکی که بخشی از مکانیزم عملکرد را می‌سازند نیز می‌شود. آزمون عملکرد مکانیکی شامل 2000 عملکرد متوالی است و باید بدون وجود ولتاژ یا جریان در مدار اصلی انجام شود. در طی انجام آزمون، روغن کاری مجاز است (مطابق دستورالعمل سازنده) ولی هیچ‌گونه تنظیم مکانیکی یا تعمیر مجاز نمی‌باشد.

## 3-10-2-2- وضعیت کلید پیش از آزمون

کلید تحت آزمون باید روی پایه نگه‌دارنده<sup>1</sup> خود قرار گرفته و مکانیزم عملکرد آن قادر به کار طبق روال معین شده باشد. آزمون باید بسته به نوع کلید مطابق زیر صورت گیرد.

کلید چند پلی که توسط یک وسیله عمل‌کننده واحد عمل می‌کند و/یا تمام پل‌های آن روی یک قاب مشترک سوار شده‌اند باید به صورت یک واحد کامل آزمایش شود. آزمون‌ها باید در فشار نامی قطع (مطابق با بند 3-10-1-3، مورد "د") انجام گیرد. بهتر است یک کلید چند پل که هر پل یا حتی هر ستون<sup>2</sup> آن توسط یک مکانیزم عملکرد جداگانه عمل می‌کند، به صورت یک کلید چند پل کامل آزمایش شود. با این حال برای سادگی یا به خاطر محدودیت‌های ابعادی محل انجام آزمون، می‌توان یک واحد تک پل کلید را آزمایش کرد به شرطی که واحد مذکور در گستره آزمون، برای مثال از جهات زیر با کلید چند پل کامل معادل باشد.

- مشخصات حرکت مکانیکی مرجع
- قدرت و استحکام مکانیزم بازکردن و بستن
- استحکام<sup>3</sup> پایه

## 3-10-2-3- شرح انجام آزمون روی کلیدهای کلاس M1

کلید باید مطابق با جدول زیر آزمایش شود.

جدول 3-12: تعداد توالی‌های عملکرد

تعداد عملکردهای متوالی		ولتاژ تغذیه و فشار کار	توالی عملکرد
کلیدهایی که دارای وصل‌کننده مجدد هستند.	کلیدهایی که دارای وصل‌کننده مجدد نمی‌باشند.		
500	500	حداقل	C-t <sub>a</sub> - O- t <sub>a</sub>
500	500	نامی	
500	500	حداکثر	
—	250	نامی	O-t- CO- t <sub>a</sub> - C- t <sub>a</sub>
500	—	نامی	Co-t <sub>a</sub>

O : بازکردن  
C : بستن  
CO: بستن و بلافاصله (بدون تأخیر تعمدی) بازکردن  
t<sub>a</sub> : فاصله زمانی لازم بین دو عملکرد برای بازیابی شرایط اولیه و یا پیشگیری از ایجاد حرارت اضافی در قطعات کلید (این زمان بسته به نوع عملکرد متفاوت است).  
t : 0/3 ثانیه برای کلیدهایی که برای وصل مجدد خودکار استفاده می‌شوند (مگر اینکه عدد دیگری ذکر شود).

- 1 . Support
- 2 . Column
- 3 . Rigidity

### 3-10-2-4- آزمون تحمل مکانیکی توسعه‌یافته آروی کلیدهای کلاس M2 برای شرایط کاری خاص

- برای شرایط کاری خاص (عملکردهای زیاد) می‌توان آزمون‌های تحمل مکانیکی توسعه‌یافته را مطابق با بندهای 3-10-1، 3-10-2-1، 3-10-2-2، 3-10-2-3 باتوجه به موارد زیر انجام داد.
- آزمون باید شامل 10,000 عملکرد متوالی باشد. هریک از سری آزمون‌های مربوطه (در جدول 3-12) 5 بار انجام می‌شود.
  - بین هر دو سری آزمون، انجام برخی عملیات تعمیر و نگهداری همچون روغن کاری و تنظیم مکانیکی مجاز است و باید مطابق با دستورالعمل سازنده انجام شود. تعویض کنتاکت‌ها ممنوع است.
  - برنامه تعمیر و نگهداری کلید در خلال آزمون باید قبل از انجام آزمون توسط سازنده ارائه شود. این برنامه باید در گزارش آزمون ثبت گردد.

### 3-10-2-5- معیارهای قبولی در آزمون عملکرد مکانیکی

- برای قبول کلیدهای کلاس M1 و M2 در آزمون عملکرد مکانیکی معیارهای زیر در نظر گرفته می‌شود:
- الف) قبل و بعد از انجام کل آزمون، باید عملیات زیر صورت گیرد.
- 5 سیکل بستن \_ بازکردن درحالی که ولتاژ تغذیه وسایل بازکردن و بستن و مدارهای کنترل و کمکی و یا فشار گاز برای کار عادی برابر مقدار نامی است.
  - 5 سیکل بستن \_ بازکردن در حالی که کمیات فوق‌الذکر دارای حداقل مقدار مجاز خود هستند.
  - 5 سیکل بستن \_ بازکردن در حالی که کمیات مذکور دارای حداکثر مقدار مجاز خود هستند.
- در طی اجرای این عملیات، مشخصات عملکرد (ر.ک. به بند 3-10-1-3) می‌بایستی ثبت و محاسبه گردند. لازم نیست همه اسیلوگرام‌ها در گزارش آزمون ارائه شوند اما باید برای هر یک از سه گروه فوق دست کم یک اسیلوگرام در گزارش ثبت شود. به‌علاوه اندازه‌گیری‌ها و بازبینی‌های زیر نیز می‌بایست انجام گیرد:
- اندازه‌گیری فشار و میزان مصرف گاز در طی عملکردها
  - بررسی توالی عملکرد نامی
  - بازبینی عملکردهای ویژه معین (بسته به کاربرد)
- ب) باید پس از انجام هر سری آزمون (شامل 2000 عملکرد متوالی) مشخصه‌های عملکردی "الف"، "ب"، "پ"، "ت"، "ث" و "خ" از بند 3-10-1-3 ثبت شوند.
- پ) پس از اتمام کل آزمون، وضعیت کلید باید مطابق بند 3-10-1-4 باشد.

3-10-3-3- آزمون‌های دمای کم و زیاد<sup>۱</sup>

## 3-10-3-1- کلیات

لازم نیست دو آزمون پشت سرهم انجام شوند. انتخاب ترتیب آنها هم اختیاری است. در مورد کلیدهای فضای باز کلاس 10- درجه سانتی‌گراد نیازی به انجام آزمون دمای کم نیست.

در مورد کلیدهایی که یک محفظه قطع دارند یا کلیدهایی که چند محفظه قطع با یک وسیله عملکرد مشترک دارند، آزمون‌ها باید به صورت سه پل انجام شود. اما اگر کلید چند محفظه قطع و پل‌های مستقل داشته باشد می‌توان آزمون را روی یک پل کامل انجام داد.

در صورت وجود محدودیت‌هایی در تجهیزات انجام آزمون، می‌توان کلیدهای چند محفظه را با اعمال یکی از شرایط زیر آزمایش کرد. مشروط براینکه شرایط کلید در روش جدید، ساده‌تر از شرایط کار معمول آن نباشد.

الف) کاهش طول عایق فاز تا زمین

ب) کاهش فاصله پل‌ها<sup>۲</sup>

پ) کاهش تعداد مدول‌ها

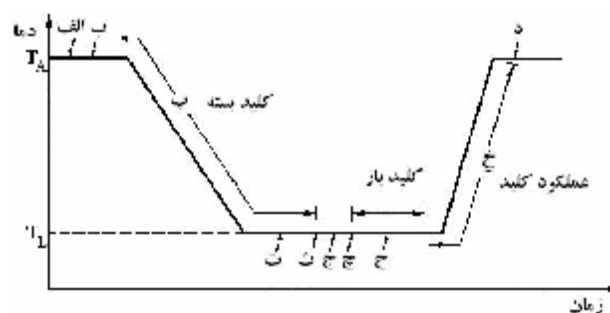
در صورتی که کلید نیاز به منابع حرارتی داشته باشد، این منابع باید در حین آزمون فعال باشند. منبع گاز کلید باید در دمای محیط آزمون قرار داشته باشد، مگر اینکه وسیله تولید حرارت برای منبع گاز در طرح کلید پیش‌بینی شده باشد. در طی انجام آزمون، هیچ‌گونه تعمیر، تعویض قطعه، روغن کاری یا تنظیم کلید مجاز نمی‌باشد.

## 3-10-3-2- اندازه‌گیری دمای هوای اطراف کلید

دمای هوای محیط آزمون باید در نصف ارتفاع کلید و در فاصله یک متر از آن اندازه‌گیری شود. تغییرات دما در امتداد ارتفاع کلید نباید بیش از 5 درجه سانتی‌گراد باشد.

## 3-10-3-3- آزمون دمای کم

نمودار مراحل آزمون و تعیین نقاط کاربردی<sup>۳</sup> برای آزمون در شکل 3-5 آمده است.



شکل 3-5: توالی‌های آزمون برای آزمون دمای کم

1 . Low and high temperature tests  
2 . Pole Spacing  
3 . Application Points



در صورتی که بخواهیم آزمون دمای کم بلافاصله پس از آزمون دمای زیاد صورت گیرد، می‌توانیم آن را پس از تکمیل بخش "ع" آزمون دمای زیاد انجام دهیم. در این صورت نیازی به اجرای مجدد بخش‌های "الف" و "ب" نخواهد بود.

الف) کلید تحت آزمون می‌بایست مطابق دستورالعمل سازنده تنظیم شود.

ب) مشخصات و تنظیمات کلید باید در هوایی با دمای  $20 \pm 5$  درجه سانتی‌گراد ( $T_A$ ) طبق بند 3-10-3-1-3 ثبت شده و آزمون نفوذناپذیری طبق بند 3-8 صورت گیرد.

پ) باید کلید را در موقعیت بسته قرار داده و دمای محیط را تا مقدار مناسب (حداقل مقدار مجاز  $T_L$ ، بسته به کلاس کلید) کاهش داد. پس از این که دما ثابت شد، کلید باید به مدت 24 ساعت بسته بماند.

ت) در طی 24 ساعتی که کلید در دمای محیطی  $T_L$  در موقعیت بسته قرار دارد، باید یک آزمون نفوذناپذیری انجام شود. افزایش نرخ نشت به شرطی قابل قبول است که پس از این که کلید به شرایط دمای محیط  $T_A$  بازگشت و از نظر حرارتی پایدار شد، نرخ نشت نیز تا مقدار اولیه آن کاهش یابد. افزایش موقتی نرخ نشت نباید از میزان مجاز نرخ نشت موقت<sup>1</sup> مطابق با جدول (3-8) بیشتر شود.

ث) پس از اینکه کلید به مدت 24 ساعت در دمای  $T_L$  و در موقعیت بسته ماند، باید باز شود و تحت ولتاژ تغذیه و فشار کار نامی مجدداً بسته شود. برای تعیین مشخصه عملکرد کلید در دمای کم باید زمان باز شدن، زمان بستن و در صورت امکان سرعت حرکت کنتاکت ثبت شود.

ج) برای تعیین رفتار کلید و چگونگی عملکرد سیستم‌های هشدار<sup>2</sup> و قفل<sup>3</sup> آن در شرایط دمای کم، می‌بایست تمامی وسایل گرمایش از جمله المنت‌های گرماساز ضدتقطیر<sup>4</sup> را برای مدت زمان  $t_x$  از کار انداخت. در طی این مدت، فعال شدن سیستم هشدار قابل قبول است ولی سیستم قفل نباید فعال شود. در پایان دوره  $t_x$  باید یک فرمان باز شدن به کلید اعمال شود (ولتاژ تغذیه و فشار گاز کلید برابر مقدار نامی) و کلید باید باز شود. برای ارزیابی قابلیت قطع کلید باید زمان باز شدن (و در صورت امکان مشخصه حرکت مکانیکی) ثبت شود.

سازنده باید مقدار  $t_x$  (عددی بزرگتر از 2 ساعت) را مشخص کند. در غیر این صورت بهتر است  $t_x$ ، 2 ساعت انتخاب شود.

چ) کلید باید به مدت 24 ساعت در وضعیت باز و در دمای  $T_L$  بماند.

ح) در طی 24 ساعتی که کلید در دمای  $T_L$  و در وضعیت باز قرار دارد، باید یک آزمون نفوذناپذیری انجام شود. افزایش در نرخ نشت به شرطی قابل قبول است که پس از اینکه کلید به شرایط دمای محیط  $T_A$  بازگشت و از نظر حرارتی پایدار شد، نرخ نشت نیز تا مقدار اولیه آن کاهش یابد. افزایش موقتی نرخ نشت نباید از میزان مجاز نرخ نشت موقت مطابق با جدول (3-8) بیشتر شود.

خ) در پایان دوره 24 ساعته، در حالی که کلید در دمای  $T_L$  قرار دارد و ولتاژ تغذیه و فشار گاز آن برابر مقدار نامی هستند، باید 50 عمل بستن و 50 عمل باز کردن انجام گیرد. برای هر سیکل باید حداقل 3 دقیقه در نظر گرفته شود. مشخصات اولین بستن و باز کردن باید ثبت شود تا مشخصه عملکرد کلید در دمای پایین به دست آید. در صورت امکان سرعت کنتاکت هم باید ثبت شود. به دنبال

1 . Temporary Leakage Rate

2 . Alarm

3 . Lock-out

4 . Anti Condensation heating elements

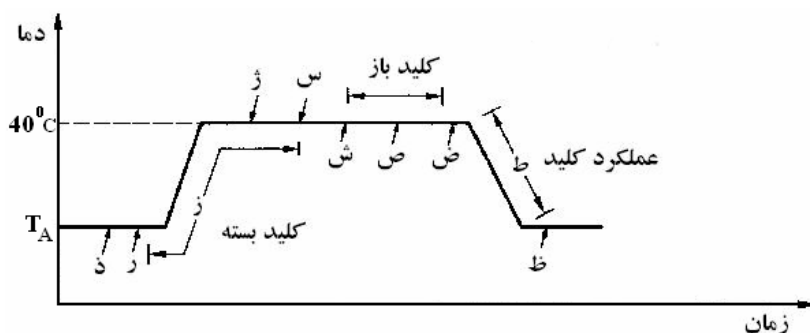
اولین عمل بستن (C) و اولین عمل باز کردن (O)، باید سه سیکل CO (بدون تأخیر عمدی) انجام گیرد. سیکل‌های بعدی باید برطبق توالی  $C-t_a-O-t_a$  اجرا شوند.

د) پس از اجرای 50 عمل باز کردن و 50 عمل بستن، باید دمای هوای اطراف کلید را با نرخ 10 درجه سانتی‌گراد بر ساعت تا دمای  $T_A$  افزایش داد. در طی مدت انجام این کار باید توالی‌های  $C-t_a-O-t_a-C$  و  $O-t_a-C-t_a-O$  را به کلید اعمال نمود (در ولتاژ تغذیه و فشار گاز نامی). بازه‌های زمانی در این توالی‌ها باید 30 دقیقه باشد تا بین هر دو عملکرد، کلید به مدت 30 دقیقه در موقعیت باز یا بسته قرار گیرد.

ذ) پس از این که دمای کلید در مقدار  $T_A$  پایدار شد، باید تنظیمات، مشخصات عملکرد و نفوذناپذیری کلید مطابق با بخش‌های "الف" و "ب" مورد بازبینی مجدد قرار گیرد و با مشخصات کلید در آغاز آزمون مقایسه شود. کل مقدار نشت کلید در مدت زمان انجام آزمون (از بند "ب" تا "د") نباید به قدری باشد که کلید بر اثر تغییر فشار قفل شود<sup>1</sup> (فعال شدن سیستم هشدار فشار قابل قبول است).

### 3-10-3-4- آزمون دمای زیاد

نمودار ترتیب انجام آزمون و نقاط کاربردی در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل 3-6: توالی‌های آزمون برای آزمون دمای زیاد

در صورتی که بخواهیم آزمون دمای زیاد را بلافاصله پس از آزمون دمای کم انجام دهیم می‌توانیم آن را پس از اتمام بند "د" آزمون دمای کم اجرا کنیم. در این صورت بندهای "ذ" و "ر" حذف می‌شوند.  
 ر) کلید تحت آزمون می‌بایست مطابق دستورالعمل سازنده تنظیم شود.  
 ز) مشخصات و تنظیمات کلید باید در هوایی با دمای  $20 \pm 5$  درجه سانتی‌گراد ( $T_A$ ) ثبت شده و آزمون نفوذناپذیری طبق بند 3-8 صورت گیرد.

ژ) باید کلید را در موقعیت بسته قرارداده و دمای محیط را تا مقدار مناسب (حداکثر مقدار مجاز دما  $T_H$ ، بسته به کلاس کلید) افزایش داد. پس از این که دما ثابت شد، کلید باید به مدت 24 ساعت بسته بماند.

س) در طی 24 ساعته که کلید در دمای محیطی  $T_H$  در موقعیت بسته قرار دارد، باید یک آزمون نفوذناپذیری انجام شود. افزایش نرخ نشت به شرطی قابل قبول است که پس از این که کلید به شرایط دمای محیط  $T_A$  بازگشت و از نظر حرارتی پایدار شد، نرخ نشت نیز تا مقدار اولیه آن کاهش یابد. افزایش موقتی نرخ نشت نباید از میزان مجاز نرخ نشت موقت مطابق با جدول 3-8 بیشتر شود.

ش) پس از اینکه کلید به مدت 24 ساعت در دمای  $T_H$  و در موقعیت بسته ماند، باید باز شود و تحت ولتاژ تغذیه و فشار کار نامی مجدداً بسته شود. برای تعیین مشخصه عملکرد کلید در دمای زیاد باید زمان باز شدن، زمان بستن و در صورت امکان سرعت حرکت کنتاکت ثبت شود.

ص) کلید باید به مدت 24 ساعت در وضعیت باز و در دمای  $T_H$  بماند.

ض) در طی 24 ساعته که کلید در دمای  $T_H$  و در وضعیت باز قرار دارد، باید یک آزمون نفوذناپذیری انجام شود. افزایش در نرخ نشت به شرطی قابل قبول است که پس از اینکه کلید به شرایط دمای محیط  $T_A$  بازگشت و از نظر حرارتی پایدار شد، نرخ نشت نیز تا مقدار اولیه آن کاهش یابد. افزایش موقتی نرخ نشت نباید از میزان مجاز نرخ نشت موقت مطابق با جدول 3-8 بیشتر شود.

ط) در پایان دوره 24 ساعته، درحالی که کلید در دمای  $T_H$  قرار دارد و ولتاژ تغذیه و فشار گاز آن برابر مقدار نامی هستند، باید 50 عمل بستن و 50 عمل باز کردن انجام گیرد. برای هر سیکل باید حداقل 3 دقیقه در نظر گرفته شود. مشخصات اولین بستن و باز کردن باید ثبت شود تا مشخصه عملکرد کلید در دمای بالا به دست آید. در صورت امکان سرعت کنتاکت هم باید ثبت شود. به دنبال اولین عمل بستن (C) و اولین عمل باز کردن (O)، باید سه سیکل CO (بدون تأخیر عمدی) انجام گیرد. سیکل‌های بعدی باید برطبق توالی  $C-t_a-O-t_a$  اجرا شوند.

ظ) پس از اجرای 50 عمل باز کردن و 50 عمل بستن، باید دمای هوای اطراف کلید را با نرخ 10 درجه سانتی‌گراد بر ساعت تا  $T_A$  کاهش داد. در طی مدت انجام این کار باید توالی‌های  $C-t_a-O-t_a-C$  و  $O-t_a-C-t_a-O$  را به کلید اعمال نمود (در ولتاژ تغذیه و فشار گاز نامی). بازه‌های زمانی در این توالی‌ها باید 30 دقیقه باشد تا بین هر دو عملکرد، کلید به مدت 30 دقیقه در موقعیت باز یا بسته قرار گیرد.

ع) پس از این که دمای کلید در مقدار  $T_A$  پایدار شد، باید تنظیمات، مشخصات عملکرد و نفوذناپذیری کلید مطابق با بخش‌های "ذ" و "ر" مورد بازبینی مجدد قرار گیرد و با مشخصات کلید در آغاز آزمون مقایسه شود. کل مقدار نشت کلید در مدت زمان انجام آزمون (از بند "ر" تا "ظ") نباید به قدری باشد که کلید بر اثر تغییر فشار قفل شود (فعال شدن سیستم هشدار فشار قابل قبول است).

### 3-10-4- آزمون بارگذاری استاتیک روی ترمینال<sup>1</sup>

#### 3-10-4-1- کلیات

هدف از انجام این آزمون بررسی صحت عملکرد کلید تحت تنش‌های ناشی از یخ، باد و هادی‌های متصل به آن است. در صورتی که سازنده بتواند با انجام محاسبات، توانایی کلید را برای تحمل تنش‌ها اثبات کند نیازی به انجام این آزمون نخواهد بود.

1 . Static terminal load test

در انجام آزمون، میزان پوشش یخ و فشار باد روی کلید باید مطابق با بند 2-1-2 از IEC شماره 60694 باشد. نمونه‌هایی از نیروهای ناشی از هادی‌های ثابت و لوله‌ای متصل به کلید (بدون در نظر گرفتن نیروی باد یا یخ یا نیروهای دینامیکی روی کلید) در جدول زیر داده شده است.

جدول 3-13: نمونه‌هایی از نیروهای افقی و عمودی برای آزمون بارگذاری استاتیک روی ترمینال

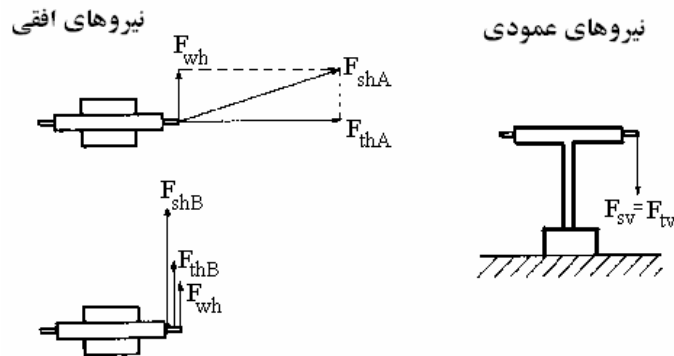
نیروی استاتیک قائم (به سمت بالا و پایین) $F_{tv}$ (N)	نیروی استاتیک افقی $F_{th}$		جریان نامی $I_r$ (A)	ولتاژ نامی $U_r$ (kV)
	نیروی عرضی $F_{thB}$ (N)	نیروی طولی $F_{thA}$ (N)		
500	400	500	800-1250	72/5
750	500	750	1600-2500	72/5
750	750	1000	1250-2000	145
1000	750	1250	2500-4000	145
1250	1000	1250	1600-4000	245
1500	1250	1750	2000-4000	420

فرض بر این است که نیروی کششی<sup>1</sup> ناشی از هادی‌های متصل به کلید بر نقطه‌ای واقع در بیرونی‌ترین<sup>2</sup> قسمت ترمینال کلید اثر می‌کند.

در حالتی که یخ، باد و هادی‌های متصل به کلید به طور هم‌زمان بر کلید نیرو وارد کنند، نیروهای برآیند  $F_{shA}$ ،  $F_{shB}$  و  $F_{sv}$ ، به ترتیب به عنوان بارهای استاتیک نامی ترمینال فرض می‌شوند (شکل 3-7).

1 . Tensile Force

2 . Outermost



ملاحظات	قائم	افقی	
مطابق با جدول (2-15)	$F_{tv}$	$F_{thA}, F_{thB}$	نیروهای ناشی از وزن مرده <sup>1</sup> ، باد و یخ روی هادی‌های متصل به کلید
توسط سازنده محاسبه می‌شود.	O	$F_{wh}$	نیروهای ناشی از باد و یخ روی کلید
—	$F_{sv}$	$F_{shA}, F_{shB}$	نیروی برآیند

شکل 3-7: نیروهای بار استاتیک روی ترمینال‌ها

## 3-10-4-2- آزمون‌ها

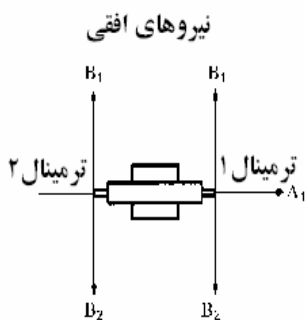
آزمون‌ها باید در دمای هوای محیط محل انجام آزمون و روی حداقل یک پل کامل کلید انجام شوند. اگر سازنده نشان دهد که میان ستون‌های یک پل برهم‌کنشی وجود ندارد در این صورت می‌توان آزمون را روی تنها یک ستون انجام داد. در مورد کلیدهایی که حول خط مرکزی قائم واحد پل تقارن دارند، کافی است که تنها یک ترمینال با بار استاتیک نامی ترمینال تحت آزمون قرار گیرد. اما در کلیدهای نامتقارن همه ترمینال‌ها باید آزمایش شوند.

آزمون‌ها باید با سه نیروی مختلف مطابق شکل (3-8) به طور جداگانه انجام شوند: اول نیروی افقی  $F_{shA}$  که در راستای محور طولی ترمینال اعمال می‌شود (جهت A)، دوم نیروی افقی  $F_{shB}$  که در دو جهت و به صورت پی‌درپی با زاویه 90 درجه نسبت به محور طولی ترمینال اعمال می‌شود (جهت  $B_1$  و  $B_2$ ) و سوم نیروی عمودی  $F_{sv}$  که در دو جهت به صورت متوالی اعمال می‌شود (جهت  $C_1$  و  $C_2$ ). می‌توان به جای اعمال نیرویی ویژه به مرکز اعمال فشار کلید<sup>2</sup> (برای مدل‌سازی نیروی باد) مطابق شکل (3-7) نیرویی را که دامنه آن متناسب با بازوی بلندتر اهرم کاهش یافته است به ترمینال وارد نمود (گشتاور خمشی<sup>3</sup> در پایین‌ترین قسمت کلید باید یکسان باشد).

1 .Dead Weight

2 . Centre of application of Pressure

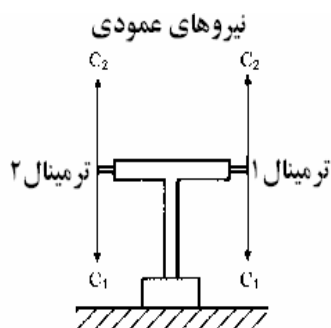
3 . Bending moment



جهت نیرو برای ترمینال ۱:  $B_2, B_1, A_1$

جهت نیرو برای ترمینال ۲:  $B_2, B_1, A_2$

نیروهای آزمون افقی:  $F_{shA}$  و  $F_{shB}$



جهت نیرو برای ترمینال ۱:  $C_2, C_1$

جهت نیرو برای ترمینال ۲:  $C_2, C_1$

نیروهای آزمون عمودی (هر دو جهت):  $F_{sv}$

شکل 3-8: جهات اعمال نیرو برای آزمون بارگذاری استاتیک روی ترمینال

برای هر یک از پنج آزمون، باید دو سیکل عملکرد اجرا شود.

## پیوست (3-1): مشخصات نمونه آزمون

سازنده باید برای هر نمونه آزمون، داده‌ها و نقشه‌های زیر را به آزمایشگاه ارائه کند.

## الف) داده‌ها

- نام سازنده
- نوع، مقادیر نامی و شماره سریال کلید
- توصیف اجمالی کلید (شامل تعداد قطب‌ها، سیستم اینترلاک و سیستم اطفاء قوس)
- ساخت، نوع، شماره سریال مقادیر نامی اجزاء ضروری کلید (مکانیزم عملکرد، قطع‌کننده‌ها، رله‌ها، مقره‌ها،...)
- افقی یا عمودی بودن نصب کلید

## ب) نقشه‌ها

نقشه‌ها در جدول زیر آمده است.

جدول 3-14: نقشه‌هایی که باید سازنده به آزمایشگاه ارائه کند.

نقشه‌هایی که باید ارائه شود	محتوای نقشه‌ها
نمودار تک‌خطی مدار اصلی	معرفی نوع قطعات اصلی
نمای کلی	ابعاد عمومی پایه نگه‌دارنده محفظه(ها) ادوات کنترل فشار اجزاء هادی مدار اصلی هادی‌های زمین و اتصالات زمین فواصل الکتریکی - تا زمین، بین کنتاکت‌های باز - بین پل‌ها موقعیت و ابعاد حائل‌های بین پل‌ها موقعیت قطعات فلزی زمین‌شده مرتبط با قسمت‌های برقدار محل و نوع مقره‌ها
نقشه جزئیات مقره‌ها	جنس ابعاد (شامل پروفایل و فواصل خزشی)
نقشه چیدمان جعبه کابل‌ها	فواصل الکتریکی ابعاد اصلی ترمینال‌ها میزان یا کمیت و مشخصات عایق در جعبه‌های پرشده جزئیات انتهای کابل‌ها

جدول 3-14: ادامه

<p>ابعاد و جنس اجزاء اصلی مقطع عرضی از محور کنتاکت‌های اصلی و قوس مسیر حرکت کنتاکت‌های متحرک فاصله الکتریکی بین کنتاکت‌های باز فاصله بین نقطه جدایی کنتاکت و پایان مسیر حرکت مجموعه کنتاکت‌های ثابت و متحرک جزئیات ترمینال‌ها (ابعاد، مواد) مشخص کردن فلزها جنس و فواصل خزشی اجزاء عایق‌کننده</p>	<p>نقشه جزئیات اجزا مدار اصلی و قطعات مرتبط با آن</p>
<p>محتوای نقشه‌ها</p>	<p>نقشه‌هایی که باید ارائه شود</p>
<p>چیدمان قطعات اصلی زنجیره حرکتی تا - کنتاکت‌های اصلی - سوئیچ‌های کمکی - سوئیچ‌های پیلوت مجموعه مکانیزم ادوات اینترلاک مشخص‌سازی فنرها (در صورت وجود) وسایل کنترل و کمکی</p>	<p>نقشه‌های تشریحی مکانیزم عملکرد</p>
<p>تعیین نوع همه قطعات</p>	<p>دیاگرام الکتریکی مدارات کنترل و کمکی</p>



### پیوست (2-3): گزارش آزمونهای نوعی

تمامی اطلاعات و نتایج مربوط به آزمونهای نوعی باید در گزارش آن درج شود. در تمامی آزمونهای اتصال کوتاه می‌بایست نمودارهای اسیلوگراف (که در ادامه به آنها اشاره می‌شود) به دست آمده و در گزارش آزمونهای نوعی ثبت شوند. در گزارش آزمون نوعی باید شرح نحوه کار کلید در طی هر دوره آزمون و شرایط کلید پس از آن آمده باشد. در این خصوص باید دو مورد زیر ذکر شود.

- وضعیت کلید شامل جزئیات انجام هرگونه تعویض یا تنظیم، وضعیت کنتاکت‌ها و وسایل کنترل قوس و نیز شرح آسیب‌های احتمالی وارد بر محفظه‌ها، مقره‌ها و بوشینگ‌ها
  - شرح نحوه عملکرد کلید در طی دوره آزمون (مشاهده نشت گاز یا شعله)
- در ادامه، مواردی که باید در گزارش آزمون نوعی درج گردد، به طور مشروح آمده است.

#### الف) کلیات

- تاریخ انجام آزمون‌ها
- مرجع شماره گزارش
- شماره‌های آزمون‌ها
- شماره‌های اسیلوگرام‌ها

#### ب) مشخصات کلید تحت آزمون

در این خصوص می‌توان به بند 3-1 مراجعه نمود.

#### پ) مشخصات نامی کلید (شامل مکانیزم عملکرد و تجهیزات جانبی آن)

در این بخش سازنده باید مقادیر مشخصات نامی کلید و حداقل زمان بازکردن کلید را مشخص کند.

#### ت) شرایط آزمون (در هر سری آزمون)

- تعداد پل‌ها
- ضریب توان
- فرکانس
- نوترال ژنراتور (زمین شده یا ایزوله)
- نوترال ترانسفورماتور (زمین شده یا ایزوله)
- نقطه اتصال کوتاه یا نوترال طرف بار (زمین شده یا ایزوله)
- نمودار مدار آزمون شامل اتصال یا اتصالات به زمین
- جزئیات اتصال کلید به مدار آزمون
- فشار گاز برای عایق‌سازی و/ یا قطع کامل
- فشار گاز برای عملکرد

**ث) آزمون‌های وصل و قطع اتصال کوتاه**

- توالی عملکرد و فاصله‌های زمانی
- ولتاژ به کار رفته (kV)
- مقدار پیک جریان وصل (kA)
- جریان قطع شامل مقدار موثر مؤلفه ac برحسب kA (برای هر فاز و متوسط سه فاز) و درصد مولفه dc
- ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت (kV)
- ولتاژ بازیافت گذرای مورد انتظار:
- 1- مطابق با نیازمندی "الف" از بند 5-2-5-1
- 2- مطابق با نیازمندی "ب" از بند 5-2-5-2
- زمان قوس (ms)
- زمان بازکردن (ms)
- زمان قطع (ms) در صورت امکان باید زمان قطع تا لحظه خاموشی قوس اصلی و تا لحظه قطع جریان مقاومتی داده شود.
- زمان بستن (ms)
- زمان وصل (ms)
- رفتار کلید در طی آزمون‌ها شامل نشت گاز، شعله یا وقوع NSDD و غیره
- وضعیت کلید پس از آزمون
- قطعاتی که در طی آزمون‌ها تعویض یا تعمیر شده‌اند.

**ج) آزمون جریان تحمل کوتاه مدت**

- جریان، شامل مقدار موثر و مقدار پیک (هر دو بر حسب kA)
- مدت زمان، بر حسب ثانیه
- رفتار کلید در طی آزمون‌ها
- وضعیت کلید پس از آزمون‌ها
- مقاومت مدار اصلی (بر حسب اهم) پیش و پس از آزمون‌ها

**چ) عملکرد بی بار**

- پیش از آزمون‌های قطع و وصل (بند 4-6-1)
- پس از آزمون‌های قطع و وصل (بند 4-9-3)

**ح) آزمون‌های قطع و وصل غیر هم فاز**

- جریان قطع در هر فاز (kA)
- جریان وصل در هر فاز (kA)
- ولتاژ دو سر هر فاز (kV)

- ولتاژ بازیافت گذرای مورد انتظار (kV)
- زمان قوس (ms)
- زمان بازکردن (ms)
- زمان قطع (ms)
- زمان بستن (ms)
- زمان وصل (ms)
- مدت زمان جریان مقاومتی (ms)
- رفتار کلید در طی آزمون‌ها شامل نشت گاز، شعله یا وقوع NCDD و غیره
- وضعیت کلید پس از آزمون

#### خ) آزمونهای کلیدزنی جریان خازنی

- ولتاژ آزمون (kV)
- جریان قطع در هر فاز (A)
- جریان وصل در هر فاز (kA)
- مقادیر پیک ولتاژ بین فاز و زمین (kV)
- 1- طرف منبع کلید
- 2- طرف بار کلید
- تعداد قوس‌های مجدد (در صورت وجود)
- زمان قوس (ms)
- زمان بستن (ms)
- زمان وصل (ms)
- رفتار کلید در طی آزمون‌ها
- وضعیت کلید پس از آزمون‌ها

#### د) اسیلوگرام‌ها

- کمیات زیر باید ثبت شوند. برای ثبت آنها ممکن است چند اسیلوگراف با مقیاس‌بندی زمانی متفاوت مورد نیاز باشد.
- ولتاژ اعمالی
  - جریان در هر پل
  - ولتاژ بازیافت (در آزمون‌های جریان شارژ، ولتاژ در هر دو طرف منبع و بار باید ثبت شود)
  - جریان سیم‌پیچ بستن
  - جریان سیم‌پیچ بازکردن
  - دامنه و مقیاس زمانی مناسب جهت نیل به دقت لازم
  - مشخصات حرکت مکانیکی

پیوست (3-3): تلورانس کمیات آزمون‌های نوعی

جدول 3-15: تلورانس کمیات آزمون‌های نوعی

مرجع	تلورانس‌های آزمون / حدود مقادیر آزمون	مقدار تعیین شده برای آزمون	کمیت آزمون	نوع آزمون	زیر فصل	
				آزمونهای عایقی	2-3	
IEC60694 IEC 60060	±1%	ولتاژ تحمل کوتاه مدت فرکانس قدرت نامی	ولتاژ آزمون (مقدار r.m.s)	آزمونهای ولتاژ فرکانس قدرت	1-6-2-3 و 1-7-2-3	
	45 تا 65 هرتز	-	فرکانس			
IEC60060	±5%	مقدار پیک / مقدار $\sqrt{2} = r.m.s$	شکل موج	آزمونهای ولتاژ ضربه صاعقه	2-7-2-3 و 3-7-2-3	
	±3%	ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه صاعقه	مقدار پیک			
	±30%	1/2µs	زمان پیشانی			
	±20%	50µs	زمان رسیدن به نصف پیک	آزمون‌های ولتاژ ضربه کلیدزنی	2-7-2-3	
	±3%	ولتاژ نامی تحمل در برابر موج ضربه کلیدزنی	مقدار پیک			
	±20%	250µs	زمان پیشانی	آزمون ولتاژ به عنوان بازبینی شرایط با استفاده از ولتاژ ضربه کلیدزنی استاندارد	11-2-3	
	±60%	2500µs	زمان رسیدن به نصف پیک			
	±3%	مقدار پیک ولتاژ ضربه کلیدزنی	مقدار پیک ولتاژ ضربه			
	IEC60060	±20%	250µs	زمان پیشانی	استفاده از مدار ولتاژ بازیافت گذرا نوع T10	
		±60%	2500µs	زمان رسیدن به نصف مقدار پیک		
	±3%	مقدار پیک ولتاژ ضربه کلیدزنی	مقدار پیک ولتاژ ضربه	استفاده از مدار ولتاژ بازیافت گذرا نوع T10		
	+200 -10%	مقدار استاندارد T10	زمان رسیدن به پیک			
IEC60060	±1%		ولتاژ آزمون	آزمونهای ولتاژ تداخل رادیویی	3-3	
IEC60694	جریان عادی نامی $\leq$ 50A $\leq$ I <sub>DC</sub>		جریان DC آزمون I <sub>DC</sub>	اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی	4-3	

جدول 3-15: ادامه

زیرفصل	نوع آزمون	کمیت آزمون	مقدار تعیین شده برای آزمون	تلورانس های آزمون / حدود مقادیر آزمون	جمع
5-3	آزمون های افزایش دما	سرعت هوای محیط	-	$\leq 0.5 \text{ m/s}$	IEC 60694
		فرکانس جریان آزمون	فرکانس نامی	+2 -5 درصد	
		جریان آزمون	جریان عادی نامی	+2 0 درصد این دو حد تنها باید در 2 ساعت آخر دوره آزمون رعایت شوند.	
		دمای هوای محیط T	--	$10^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$	
6-3	آزمون های جریان تحمل کوتاه مدت و جریان تحمل پیک	فرکانس آزمون	فرکانس نامی	$\pm 10$ درصد	IEC 60694
		جریان پیک (دریکی از فازهای بیرونی)	جریان نامی تحمل پیک	+5 0 درصد	
		متوسط مولفه ac جریان های آزمون سه فاز	جریان نامی تحمل کوتاه مدت	$\pm 5$ درصد	
		مولفه ac جریان آزمون در هر فاز / متوسط	*	$\pm 10$ درصد	
		مدت جریان اتصال کوتاه	مدت اتصال کوتاه نامی	+10 0 درصد	
		مقدار $I^2t$	مقدار نامی $I^2t$	+10 0 درصد	
3-10-3	آزمون های دمای کم و زیاد	تغییرات دمای هوای محیط در امتداد ارتفاع وسیله تحت آزمون	-	$\leq 5\text{K}$	
		دمای هوای محیط پیش از آزمون در حین ثبت مشخصات	$20^{\circ}\text{C}$	$\pm 5\text{K}$	
		حداقل و حداکثر دمای هوای محیط در طی آزمون ها	به کلاس کلید بستگی دارد	$\pm 3\text{K}$	
4-10-3	آزمون بارگذاری استاتیک روی ترمینال	نیروها	برابر با مقادیر مشخص شده در بند 4-10-3	+10 0 درصد	

جدول 3-15: ادامه

زیرفصل	نوع آزمون	کمیت آزمون	مقدار تعیین شده برای آزمون	تلورانس های آزمون / حدود مقادیر آزمون
4	آزمونهای وصل، قطع و کلیدزنی	حداکثر زمان قوس کنترل شده متوسط زمان قوس کنترل شده	مقدار مشخص شده در آزمون	$\pm 0/5\text{ms}$ $\pm 1\text{ms}$
1-5	مدار آزمون برای آزمونهای قطع و وصل اتصال کوتاه	ضریب توان (متوسط)	-	$\leq 0/15$
		ضریب توان هر فاز / متوسط	-	$\pm 25\%$
		فرکانس	فرکانس نامی	$\pm 8\%$
2-5	کمیت آزمون اتصال کوتاه			
1-2-5	ولتاژ اعمالی پیش از آزمونهای وصل اتصال کوتاه	ولتاژ اعمالی	ر.ک. به 1-2-4	+10 0 درصد
		ولتاژ فاز اعمالی / میانگین (سه فاز)	*	$\pm 5\%$
		مولفه ac هر فاز / متوسط	*	$\pm 10\%$
3-2-5	جریان قطع اتصال کوتاه	مولفه ac جریان موردانتظار در آخرین خاموشی قوس در آخرین پل بازشونده	مقدار مشخص شده برای جریان قطع در دوره آزمون مربوطه	$\geq 90\%$
4-2-5	مولفه dc جریان قطع اتصال کوتاه	مولفه dc در T60, T30, T10, T100S	در کلیدهایی که از بازشدن کنترل شده جلوگیری می کنند.	$\leq 20\%$ $\geq 20\%$
		مولفه dc در T100a	ر.ک. به 2-2-5	بزرگتر از یا مساوی با 90 درصد مقدار مشخص شده
		مولفه dc متوسط در T100a	جریان قطع (ر.ک. به 2-2-5)	بزرگتر از یا مساوی با 100 درصد مقدار مشخص شده
5-2-5	ولتاژ بازیافت گذرا (TRV) برای آزمونهای خطای ترمینال	مقدار پیک TRV	به جدول های 1-5 و 2-5 مراجعه شود.	+5 0 درصد
		نرخ افزایش TRV	به جدول های 1-5 و 2-5 مراجعه شود.	+8 0 درصد
		تأخیر زمانی $t_d$	به جدول های 1-5 و 2-5 مراجعه شود.	$\pm 20\%$

جدول 3-15: ادامه

زیرفصل	نوع آزمون	کمیت آزمون	مقدار تعیین شده برای آزمون	تلورانس های آزمون / حدود مقادیر آزمون
7-2-5	ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت (RV)	ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت	مقادیر مشخص شده در بند 5-2-7	$\pm 5\%$
		ولتاژ بازیافت هر پل در پایان زمان / متوسط	*	$\pm 20\%$
4-5	دوره آزمون اصلی اتصال کوتاه	جریان قطع در T10	10% جریان نامی قطع اتصال کوتاه	$\pm 20\%$
		جریان قطع در T30	30% جریان نامی قطع اتصال کوتاه	$\pm 20\%$
		جریان قطع در T60	60% جریان نامی قطع اتصال کوتاه	$\pm 10\%$
		جریان قطع در T100s و T100a	100% جریان نامی قطع اتصال کوتاه	+5 0 درصد
		جریان اتصال کوتاه پیک در T100a و T100s	جریان نامی وصل اتصال کوتاه	+10 0 درصد
		مولفه dc جریان قطع در T10، T30، T60، T100s	$\leq 20\%$ (بند 5-2-4 را هم ببینید)	حد بالایی 25 درصد
		مولفه dc جریان قطع در T100a	میانگین مولفه های dc آزمونهای منفرد نباید کمتر از مقدار مشخص شده باشد. تلورانس هر آزمون منفرد 10- درصد تا +5 درصد است.	
5-5	آزمون های جریان بحرانی	جریان قطع	ر.ک. به 5-5-2	$\pm 20\%$
		مولفه dc جریان قطع	$\leq 20\%$	حد بالایی 25 درصد
6-5	آزمون های خطای تک فاز و دو فاز به زمین	جریان قطع	ر.ک. به شکل 5-9	+5 0 درصد
		مولفه dc جریان قطع	$\leq 20\%$	حد بالایی 25 درصد
		مقدار پیک TRV	ر.ک. به بند 5-6-2 و جدول های 5-1 و 5-2	+5 0 درصد
		نرخ افزایش TRV	ر.ک. به بند 5-6-2 و جدول های 5-1 و 5-2	+8 0 درصد

جدول 3-15: ادامه

زیرفصل	نوع آزمون	کمیت آزمون	مقدار تعیین شده برای آزمون	تلورانس های آزمون / حدود مقادیر آزمون
7-5	آزمون های خطای نزدیک کلید	مولفه dc جریان قطع	$\leq 20\%$	حد بالایی 25 درصد
		جریان قطع $L_{90}$	90% جریان نامی قطع اتصال کوتاه	90% تا 92%
		جریان قطع $L_{75}$	75% جریان نامی قطع اتصال کوتاه	71% تا 79%
		جریان قطع $L_{60}$	60% جریان نامی قطع اتصال کوتاه	55% تا 65%
		امپدانس ضربه	450 اهم	$\pm 3\%$
		مقدار پیک ولتاژ طرف خط		+20 0 درصد
		نرخ افزایش ولتاژ طرف خط	ر.ک. به جدول 5-4 و پیوست A از IEC62271-100	+5 0 درصد
		تأخیر زمانی $t_{dl}$		0 -10 درصد
8-5	آزمون های قطع و وصل غیرهم فاز	ضریب توان	-	$\leq 0/15\%$
		مولفه dc جریان قطع	$\leq 20\%$	حد بالایی 25 درصد
		ولتاژ اعمال شده و ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت	مطابق با مقادیر مشخص شده در 2-8-5	$\pm 5\%$
		مقدار پیک TRV	ر.ک. به جدول های (1-5) تا (4-5) از پیوست (1-5)	+5 0 درصد
		نرخ افزایش TRV	ر.ک. به جدول های (1-5) تا (4-5) از پیوست (1-5)	+8 0 درصد
		لحظه بستن در OP2	در قله ولتاژ اعمال شده به یک پل	$\pm 15^\circ$
		جریان قطع برای OP1	30% جریان نامی قطع غیرهم فاز	$\pm 20$ درصد مقدار مشخص شده
		جریان قطع برای OP2	100% جریان نامی قطع غیرهم فاز	+10 0 درصد



جدول 3-15: ادامه

زیرفصل	نوع آزمون	کمیت آزمون	مقدار تعیین شده برای آزمون	تلورانس‌های آزمون / حدود مقادیر آزمون
9-5	آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی	تغییرات ولتاژ فرکانس قدرت - برای BC1, CC1, LC1 - برای BC2, CC2, LC2		$\leq 2\%$ $\leq 5\%$
		کاهش مقدار ولتاژ بازیافت 300 میلی ثانیه پس از خاموشی قوس		$\leq 10\%$
		(مقدار r.m.s) / (مقدار r.m.s مولفه اصلی)	-	$\leq 1/2$
		ولتاژ آزمون	مطابق مقدار مشخص شده در بند 7-9-5	+3 0 درصد
		فرکانس ولتاژ بازیافت	فرکانس نامی	$\pm 2\%$
		(جریان قطع) / (جریان نامی قطع خازنی)	BC1, CC1, LC1 BC2, CC2, LC2	10% تا 40% $\geq 100\%$
		ضریب میرایی جریان هجومی		$\geq 0/85$
		کلیدزنی جریان پشت به پشت: مقدار پیک جریان هجومی وصل	BC2	$\pm 10\%$
		کلیدزنی جریان پشت به پشت: فرکانس جریان هجومی وصل	BC2	$\pm 10\%$

\* اگر در T10 و T30 از حد بالایی تجاوز شود باید کوچکترین مقدار ممکن به کار رود.

# آزمونهای نوعی

(قسمت دوم: آزمونهای قطع و وصل)

## مقدمه

در این فصل آزمونهای قطع و وصل کلیدهای قدرت مورد بررسی قرار می‌گیرند. مطالب این فصل را می‌توان در مورد تمامی آزمونهای قطع و وصل به کار برد، مگر اینکه در مورد یک آزمون خاص مطلب دیگری بیان شده باشد. سازنده باید پیش از انجام آزمون دو مورد زیر را مشخص کرده باشد.

- حداقل شرایط مکانیزم عملکرد که توالی عملکرد نامی کلید را تضمین کند (مثلاً حداقل فشار روغن برای مکانیزم عملکرد هیدرولیکی).
- حداقل شرایط وسیله قطع‌کننده که توالی عملکرد نامی کلید را تضمین کند (برای مثال حداقل فشار گاز برای عمل قطع در مورد کلیدهای SF<sub>6</sub>).

## 4-1- کلیات

کلیدها باید قادر به قطع و وصل تمامی جریان‌های اتصال کوتاه متقارن و نامتقارن تا مقدار جریان نامی قطع اتصال کوتاه باشند. بدین منظور کلید باید بتواند جریان‌های متقارن و نامتقارن سه فاز از 10% (یا مقداری در همین حدود مطابق با بند 5-5-2 در صورت اعمال بند 5-5-1) تا 100% جریان نامی قطع اتصال کوتاه را در ولتاژ نامی قطع و وصل کند. به‌علاوه کلیدهایی که در سیستم با نوترال زمین شده یا برای عملکرد به صورت تک پل به کار می‌روند باید قادر به قطع و وصل جریان‌های اتصال کوتاه تک فاز از 10% تا 100% جریان نامی قطع اتصال کوتاه و تحت ولتاژ نامی فاز به زمین ( $U_r / \sqrt{3}$ ) باشند. در صورتی که برای کلید مقدار نامی جریان کلیدزنی خازنی مشخص شده باشد، کلید باید بتواند جریان‌های کلیدزنی خازنی تا مقدار نامی را تحت ولتاژهای تا مقدار مشخص شده قطع و وصل کند.

بهتر است برای اثبات ملزومات قطع و وصل سه فاز از مدارهای سه فاز استفاده شود.

هنگام انجام آزمون در آزمایشگاه، یک روش این است که تمامی کمیات ولتاژ، جریان و ولتاژهای بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مورد نیاز از یک منبع توان واحد<sup>1</sup> تأمین شود (آزمون مستقیم<sup>2</sup>). روش دیگر استفاده از چند منبع است به این صورت که همه جریان یا بخش عمده آن از یک منبع تأمین شود و همه یا بخشی از ولتاژ بازیافت گذرا نیز از یک یا تعداد بیشتری منبع مجزا تأمین گردد (آزمون ترکیبی<sup>3</sup>).

اگر به دلیل محدودیت امکانات نتوان آزمون‌های اتصال کوتاه را به یکی از روش‌های فوق انجام داد، می‌توان بسته به نوع کلید چندین روش (ترکیبی از روش‌های مستقیم و ترکیبی) را هم‌زمان به کار بست.

الف) آزمون تک پل (ر.ک. به 4-4-1)

ب) آزمون واحد<sup>4</sup> (ر.ک. به 4-4-2)

پ) آزمون چند بخشی (ر.ک. به 4-4-3)

1 . Single Power Source  
2 . Direct test  
3 . Synthetic test  
4 . Unit testing

## 2-4- تعداد نمونه‌های آزمون

بهتر است آزمون‌های قطع و وصل اتصال کوتاه و آزمون‌های کلیدزنی (شامل خطا روی ترمینال کلید، خطای نزدیک به کلید، کلیدزنی غیر هم فاز و کلیدزنی جریان خازنی) همگی روی یک نمونه انجام شوند. در صورت نیاز می‌توان در طی آزمون و بین هر دو دوره آزمون<sup>1</sup> (در آزمون‌های مربوط به اتصال کوتاه) یا بین هر دو سری آزمون (در آزمون‌های غیر از اتصال کوتاه)، تعمیراتی را در حد مجاز روی کلید صورت داد. سازنده باید اجزای قابل تعویض را به آزمایشگاه اعلام کند.

با این حال ممکن است پیروی از پیشنهاد فوق از نظر اقتصادی (زمان اجاره آزمایشگاه) دشوار باشد. در چنین حالتی می‌توان آزمون‌های فوق را روی حداکثر دو نمونه انجام داد. در این صورت باید مشخصات کامل هر دو نمونه (مطابق با بند 3-1) معین شود. به‌علاوه مشخصه حرکت مکانیکی دو نمونه باید در محدوده مجاز مطرح شده در بند 3-10-1-1 باشد.

تنها در مورد کلیدهایی که مکانیزم عملکرد پل‌های آنها مستقل بوده و به صورت تک‌فاز آزمایش می‌شوند، علاوه بر استفاده از دو نمونه برای آزمون، می‌توان از واحدهای قطع تکمیلی تا حداکثر دو پل نیز استفاده نمود.

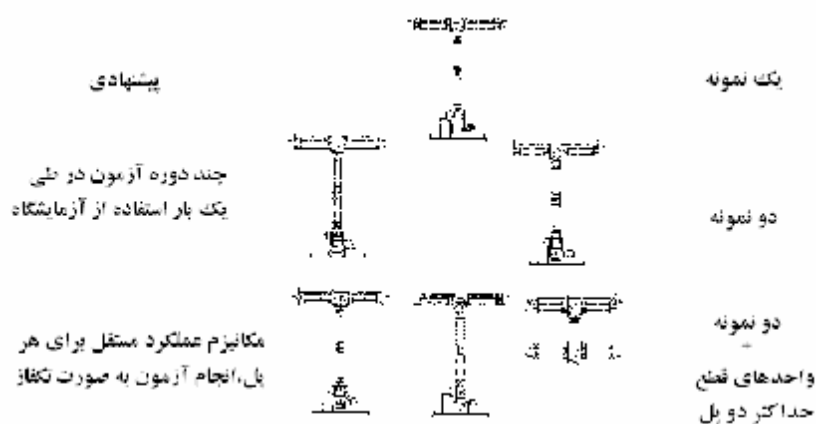
در صورتی که آزمون‌ها به عنوان آزمون واحد روی یک تا تعداد بیشتری از واحدهای یک پل انجام شوند، می‌توان با در نظر گرفتن بند 4-2-3، تعداد کل واحدهای به کاررفته در آزمون را به عنوان یک نمونه کامل فرض کرد. در این صورت می‌توان از دو نمونه آزمون و مکانیزم‌های عمل‌کننده مربوط به آنها و حداکثر تا دو نمونه اضافی (واحدهای قطع مناسب) استفاده کرد.

در شکل (4-1) تعداد مجاز نمونه‌های آزمون برای آزمون‌های قطع، وصل و کلیدزنی نشان داده شده است. در شکل (4-2) تعریف یک نمونه آزمون مطابق با بند 2-2-3 از IEC شماره 60694 دیده می‌شود.

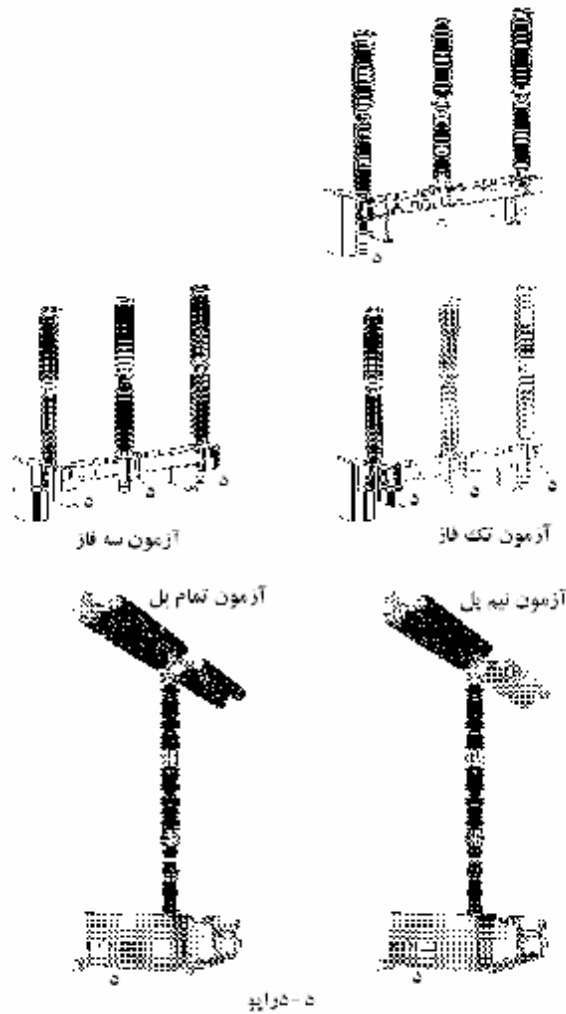
این امکان اضافی تنها در صورتی مجاز است که بازرسی کلید پس از آزمون نشان دهد که به قطعات غیرقابل تعویض کلید آسیبی نرسیده است که منجر به عدم توانایی کلید برای انجام سری کامل آزمون‌های نوعی (بدون جایگزینی قطعات غیرقابل تعویض کلید) شود. در غیر این صورت آزمون‌ها باید روی یک نمونه و تنها با جایگزینی قطعات قابل تعویض (که توسط سازنده مشخص شده است) انجام گیرد.

برای انجام آزمون‌های اضافی غیرضروری روی کلید می‌توان از نمونه‌های اضافی (بیشتر از تعداد مشخص شده در بالا) استفاده

نمود.



شکل 4-1: تعداد مجاز نمونه‌ها برای آزمون‌های وصل، قطع و کلیدزنی



شکل 4-2: تعریف یک نمونه آزمون واحد مطابق با IEC شماره 60694

### 4-3-4- چیدمان کلید برای آزمونها

#### 4-3-4-1- کلیات

کلید تحت آزمون باید روی پایه خود یا پایه‌ای مشابه آن نصب شود. مکانیزم عملکرد باید طبق روال مشخص عمل کند و بویژه در صورتی که فنری است، بوبین‌های مخصوص بستن و رله‌های مخصوص بازکردن آن باید با حداقل ولتاژ تغذیه مجاز خود (برای بوبین مخصوص بستن 85% مقدار نامی و برای رله‌های مخصوص بازکردن 85% مقدار نامی در صورتی که ولتاژ تغذیه ac باشد و 70% مقدار نامی در صورت dc بودن ولتاژ تغذیه) تغذیه شوند. به منظور تسهیل در کنترل منطقی عملیات بازکردن و بستن باید در آزمون کلیدزنی جریان خازنی، دوره آزمون T100a و آزمون تک فاز مطرح شده در بند 4-8، حداکثر ولتاژ کار رله‌ها برای تغذیه آنها به کار رود. در مورد مکانیزم‌های عملکرد پنیوماتیکی یا هیدرولیکی، فشار کار در آغاز توالی عملکرد نامی (مطابق با بند 1-4-5-53)

باید برابر حداقل مقدار مجاز باشد (مگر در زیرفصل مربوط طور دیگری ذکر شده باشد). در مواردی که دوره آزمون و محدودیت‌های محل آزمون، امکان اجرای عملکردهای جداگانه O، CO و O-t-CO را فراهم می‌کند، از روال زیر استفاده می‌شود:

الف) پیش از اجرای آزمون‌های قطع، وصل و کلیدزنی و با شروع از حداقل فشار کاری هوا یا روغن، باید تمامی مقادیر فشار در طی اجرای توالی عملکرد نامی در حالت بی‌باری ثبت شود.

ب) مقادیر ثبت شده می‌بایست با حداقل مقادیر مجاز تعیین شده توسط سازنده (برای عملکردهای جداگانه O، CO و O-t-CO) مقایسه شود.

پ) حداقل فشار نظیر هر توالی در دوره آزمون (مقدار کوچکتر به دست آمده از دو مرحله "الف" و "ب") برای انجام آزمون‌ها انتخاب و در گزارش آزمون ثبت شود.

در صورتی که سیستم‌های اینترلاک مانع از اجرای مناسب آزمون‌ها هستند باید آنها را غیرفعال نمود. باید ثابت شود که کلید تحت شرایط فوق به درستی کار می‌کند. فشار گاز برای انجام عمل قطع باید حداقل مقدار ممکن باشد.

#### 4-3-2- کلیدهای چندمحفظه‌ای<sup>1</sup>

یک کلید سه پل با سه مکانیزم عملکرد مستقل را می‌توان مطابق با بند 4-4-1 به صورت تک فاز آزمایش کرد. سازنده باید مدارکی ارائه کند که نشان دهد حداکثر فاصله زمانی بین لحظات تماس کنتاکت‌ها در طی عمل بستن از  $\frac{1}{4}$  سیکل فرکانس قدرت و حداکثر فاصله زمانی بین لحظات جداسازی کنتاکت‌ها در طی عمل بازکردن از  $\frac{1}{6}$  سیکل فرکانس قدرت تجاوز نمی‌کند.

کلید سه پلی که وسایل قطع و وصل آن کاملاً مستقل نیستند باید به صورت کلید سه پل کامل آزمایش شود. با این حال در صورت محدودیت امکانات می‌توان کلید را به صورت تک پل هم آزمایش کرد، مشروط بر اینکه این آزمون با در نظر گرفتن شرایط مکانیکی و الکتریکی حاکم بر آزمون سه پل یا تحت شرایطی صورت گیرد که باتوجه به جنبه‌های زیر از شرایط آزمون سه پل ساده‌تر نباشد:

- مشخصه حرکت مکانیکی در یک عمل وصل (برای آشنایی با روش محاسبه ر.ک. به بند 4-4-1)
- مشخصه حرکت مکانیکی در یک عمل قطع (برای آشنایی با روش محاسبه ر.ک. به بند 4-4-1)
- قابلیت استفاده از محیط اطفاء قوس
- توان و استحکام وسایل بازکردن و بستن
- استحکام سازه

## 4-4- ملاحظات عمومی در خصوص روش‌های انجام آزمایش

4-4-1- آزمایش تک فاز روی یکی از پل‌های کلید سه پل<sup>1</sup>

در این روش، یکی از پل‌های کلید سه پل به صورت تک فاز آزمایش می‌شود. جریان و ولتاژ فرکانس قدرت اعمال شده به پل مذکور باید برابر مقادیر نظیر برای پلی از کلید باشند که در آزمون کلید سه پل کامل (در شرایط مشابه) تحت بیشترین تنش قرار می‌گیرد.

در مواردی که نوع طراحی کلید امکان انجام آزمون تک پل به جای آزمون سه فاز را فراهم می‌کند اما تنها یک مکانیزم عملکرد برای همه پل‌ها موجود است، برای انجام آزمون باید هر سه پل را مونتاژ کرد.

برای مشخص شدن این مطلب که آیا می‌توان آزمون‌های اتصال کوتاه را به جای سه فاز به صورت تک فاز انجام داد باید آزمون‌های بازرسی شامل عملکردهای قطع و وصل را به هر دو صورت متقارن و نامتقارن اجرا نمود. به علاوه باید مشخصات عملکردی کلیدی که به صورت تک فاز آزمایش شده با شرایط بند 3-10-1-1 مطابقت داشته باشد.

آزمون عملکرد قطع که در بالا به آن اشاره شد، یک آزمون قطع اتصال کوتاه سه فاز است که در جریانی مطابق با دوره T100s و بدون TRV با استفاده از یک ولتاژ مناسب برای آزمون و در شرایط حداکثر مقدار مورد انتظار زمان قوس در آخرین پل بازشونده انجام می‌گیرد.

آزمون بازرسی عملکرد وصل شامل دو عملکرد وصل سه فاز است که تحت شرایط داده شده در بند 5-2-2 انجام می‌گیرد. در یکی از آزمون‌ها باید حداکثر جریان متقارن و حداکثر زمان پیش قوس در یک پل حاصل شود. در آزمون دیگر باید حداکثر عدم تقارن در یکی از پل‌ها رخ دهد. در این حالت می‌توان آزمون را با استفاده از یک ولتاژ کاهش یافته<sup>2</sup> مناسب انجام داد.

در حین انجام آزمون‌های مذکور باید مسیر حرکت کنتاکت ثبت شده و به عنوان مرجع برای روال زیر به کار رود (ر.ک به شکل 3-4 الف). سنسور به کار رفته باید به گونه‌ای نصب شود که امکان ثبت مسیر حرکت کنتاکت (به طور مستقیم یا غیرمستقیم) به بهترین وجه فراهم گردد.

با استفاده از این مسیر مرجع باید دو منحنی پوش از لحظه آغاز جدایش کنتاکت تا پایان مسیر آن رسم شود. فاصله این دو پوش از مسیر مرجع باید  $\pm 5\%$  کل مسیر محاسبه شده از آزمون بازبینی سه فاز (شکل 3-4 ب) باشد.

در طی یک آزمون تک فاز تحت شرایط مشابه (دوره آزمون T100s با حداکثر زمان قوس و حداکثر زمان پیش قوس) باید مسیر حرکت کنتاکت ثبت شود. در صورتی انجام آزمون‌های تک فاز به جای سه فاز معتبر است که مسیر حرکت کنتاکت در آزمون تک فاز در محدوده پوش‌های مشخصات حرکت مکانیکی (برای عمل باز کردن از لحظه جدایی کنتاکت تا پایان حرکت آن و برای عملکرد بستن از لحظه تماس کنتاکت تا پایان حرکت آن) قرار گیرد. پوش‌ها تا زمانی می‌توانند در جهت عمودی جابجا شوند که یکی از آنها به منحنی مرجع برسد. این امر در واقع معادل حداکثر تلورانس منحنی مرجع حرکت کنتاکت یعنی به ترتیب  $-0\%$ ،  $+0\%$ ،  $+10\%$ ،  $-10\%$  است (شکل‌های 3-4 پ و 3-4 ت).

1 . Single – Phase testing of a single pole of a three pole circuit breaker

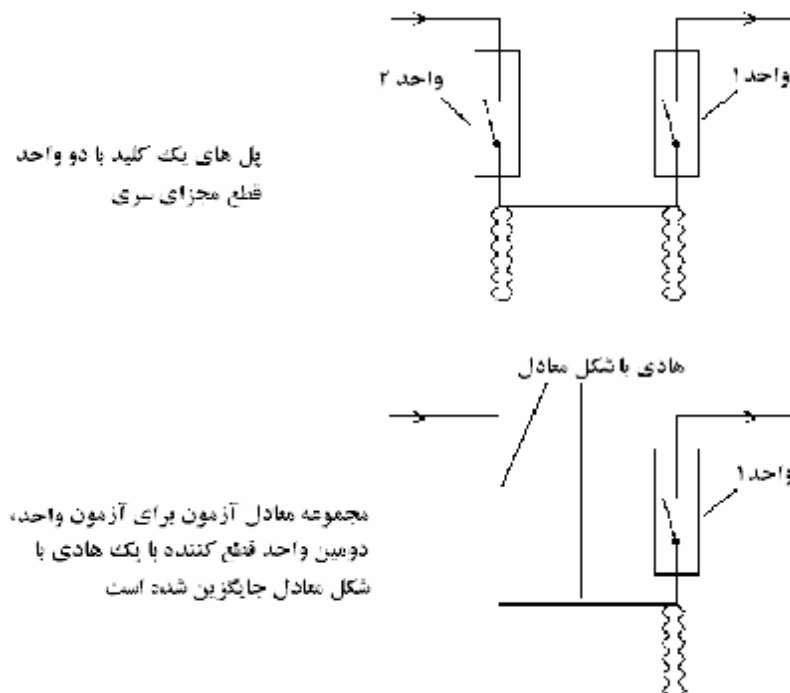
2 . Reduced Voltage

## 4-4-2- آزمون واحد

در بعضی از کلیدها واحدهای قطع مجزا به طور سری با یکدیگر قرار گرفته‌اند و توزیع مناسب ولتاژ بین واحدهای هر پل با استفاده از امپدانس‌های موازی صورت می‌گیرد. در مورد این کلیدها می‌توان کارایی کلید برای قطع یا وصل را با انجام آزمون روی واحدها بررسی نمود. همچنین ملزومات مندرج در بندهای 3-1-10، 3-4 و 1-4-4 باید رعایت شوند. از آنجا که برای انجام آزمون‌های بازبینی روی یک یا چند واحد باید حداقل از یک پل کامل استفاده کرد، نتایج آزمون نیز مربوط به همان (نوع طرح) پل می‌باشند.

حالات زیر محتمل است:

الف) پل کلید شامل واحدهایی (یا مجموعه‌ای<sup>1</sup> از واحدها) باشد که به طور مجزا عمل می‌کنند و از نظر محیط اطفاء قوس ارتباط متقابلی<sup>2</sup> میان آنها برقرار نیست. در این حالت می‌توان آزمون واحد را به کار برد اما در عین حال باید تاثیر متقابل واحدها بر یکدیگر از طریق برقراری قوس در واحدها و نیز نیروهای الکترواستاتیکی ناشی از جریان را در نظر گرفت (شکل 3-4). بدین منظور می‌توان دومین واحد قطع‌کننده را با یک هادی مشابه (از نظر شکل) جایگزین کرد.



شکل 3-4: مجموعه معادل برای آزمون واحد بر روی کلیدهایی که بیش از یک واحد قطع مجزا دارند.

ب) پل کلید شامل واحدهایی (یا مجموعه‌ای از واحدها) باشد که به طور مجزا عمل می‌کنند اما از نظر محیط اطفاء قوس ارتباط متقابل دارند. در این حالت، آزمون واحد تنها در صورتی قابل قبول است که در واحدهایی که تحت آزمایش نیستند نیز قوس برقرار شود.

1. Assembly

2. Mutual Connection



پ) پل کلید شامل واحدهایی (یا مجموعه‌ای از واحدها) باشد که عملکرد آنها از یکدیگر مجزا نیست. در این حالت آزمون واحد تنها در صورتی قابل قبول است که مشخصات حرکت مکانیکی برای هر دو آزمون واحد مجزا<sup>1</sup> و تمام پل<sup>2</sup> یکسان باشند. می‌توان از روال مطرح شده در بند 4-4-1 استفاده نمود اما به گونه‌ای که تاثیر نیروهای الکترودینامیکی نیز لحاظ شود. با این حال اگر در واحدهایی که تحت آزمایش نیستند قوس برقرار شود می‌توان فرض کرد که ملزومات مربوط به مشخصات حرکت مکانیکی برآورده شده‌اند. در این حالت الزام مطرح شده در بند "ب" نیز برآورده شده است.

ت) اگر جریان‌های آزمون مساوی با 60 درصد جریان اتصال کوتاه نامی یا کمتر از آن باشند، انجام آزمون بر روی یک واحد منفرد در صورتی مجاز است که حجم محیط اطفاء قوس در واحد مجزای مورد آزمایش با قسمت فعال مجموعه‌ای از واحدها که محیط اطفاء قوس یکسان دارند متناسب باشد.

مشخصه‌های حرکت مکانیکی برای هر دو آزمون واحد مجزا و آزمون تمام پل باید یکسان باشد. روال مطرح شده در بند 4-4-1 برای آزمون تک پل یک کلید سه پل قابل اجراست.

برای انجام آزمون‌های واحد، یکسان بودن واحدها الزامی است. همچنین باید توزیع استاتیک ولتاژ در هر نوع آزمون (مثلاً خطای ترمینال، خطای نزدیک کلید، خطای غیرهم فازی و غیره) معلوم باشد.

#### 4-4-2-1- طبیعت مشابه واحدها<sup>3</sup>

واحدهای کلید باید از نظر شکل، ابعاد و شرایط کار یکسان باشند. تفاوت تنها در وسایلی که برای کنترل توزیع ولتاژ در میان واحدها به کار می‌روند مجاز است. در این خصوص باید شرایط زیر فراهم شوند.

الف) عملکرد کنتاکت‌ها

بازه زمانی لازم جهت باز شدن (در آزمون‌های قطع) یا بسته شدن (در آزمون‌های وصل) اولین واحد یک پل (که باز یا بسته می‌شود) و آخرین واحد آن نباید از  $\frac{1}{8}$  سیکل فرکانس نامی بیشتر شود. برای تعیین این بازه زمانی باید از مقادیر نامی فشار گاز و ولتاژ استفاده کرد.

ب) تغذیه محیط اطفاء قوس

در مورد کلیدهایی که از یک منبع خارجی برای تغذیه محیط اطفاء قوس استفاده می‌کنند، منبع تغذیه هر واحد باید از منبع سایر واحدها مستقل بوده و نحوه قرار گرفتن لوله‌های تغذیه به گونه‌ای باشد که از یکسان بودن شیوه تغذیه واحدها اطمینان حاصل شود.

#### 4-4-2-2- توزیع ولتاژ

ولتاژ آزمون با بررسی نحوه توزیع ولتاژ بین واحدهای یک پل به دست می‌آید. توزیع ولتاژ بین واحدهای یک پل باید با توجه به تاثیر زمین و شرایط مربوط به هر نوع آزمون تعیین شود:

1. Single- unit
2. Full-Pole
3. Identical Nature of the Units

- در مورد شرایط خطای روی ترمینال کلید به بخش‌های "پ" و "ت" از بند 3-1-5 و شکل‌های (3-5 الف)، (3-5 ب)، (4-5 الف) و (4-5 ب) مراجعه کنید. باید توجه داشت که مدار آزمون نشان داده شده در شکل‌های (3-5 ب) و (4-5 ب) برای کلیدهایی که عایق‌بندی بین فازها و/یا فاز و زمین بحرانی است (مانند GIS یا کلیدهای با تانک زمین شده) قابل استفاده نمی‌باشد. روش‌های مناسب برای آزمایش کلیدهای مذکور در IEC شماره 61633 ارائه شده است.
  - در مورد شرایط خطای نزدیک کلید به بخش 3-7-5 رجوع شود.
  - در مورد شرایط غیرهم‌فازی به بخش 1-8-5 و شکل‌های (16-5)، (17-5) و (18-5) مراجعه کنید.
  - در مورد شرایط کلیدزنی جریان خازنی به بندهای 4-9-4.4-9-5 و 5-9-5 رجوع شود.
- در صورتی که آرایش واحدها متقارن نباشد، توزیع ولتاژ را می‌توان با اتصالات معکوس<sup>1</sup> نیز مشخص کرد. توزیع ولتاژ از طریق اندازه‌گیری یا محاسبه تعیین می‌شود. مقادیر به کار رفته در محاسبات باید بر مبنای مقادیر اندازه‌گیری شده خازن‌های پراکنده کلید باشند. انجام این محاسبات و اندازه‌گیری‌ها بر عهده سازنده است.
- در صورتی که کلید مجهز به مقاومت‌های موازی<sup>2</sup> باشد، محاسبه یا اندازه‌گیری توزیع استاتیک ولتاژ باید در فرکانس معادل TRV انجام شود. فرکانس معادل در مورد TRV چهار پارامتری،  $\frac{1}{2t_1}$  و در مورد TRV دو پارامتری  $\frac{1}{2t_3}$  فرض می‌شود.
- برای انجام آزمون‌های خطای نزدیک کلید، محاسبه یا اندازه‌گیری توزیع استاتیک ولتاژ باید بر مبنای یک ولتاژ با فرکانس اصلی<sup>3</sup> نوسان خط در طرف خط<sup>4</sup> کلید و یک ولتاژ با فرکانس معادل TRV برای خط‌های روی ترمینال در طرف منبع کلید<sup>5</sup> باشد. نقطه مشترک<sup>6</sup> هر دو ولتاژ باید در پتانسیل زمین<sup>7</sup> باشد.
- اگر برای بهبود توزیع ولتاژ تنها از خازن استفاده شده باشد می‌توان محاسبات یا اندازه‌گیری‌ها را در فرکانس قدرت انجام داد. در محاسبات و اندازه‌گیری‌ها باید تلورانس‌های ساخت مقاومت‌ها و خازن‌ها در نظر گرفته شوند. تلورانس‌های مذکور باید توسط سازنده معین شوند.
- باید توجه داشت که توزیع مناسب ولتاژ در طی آزمون‌های غیرهم‌فازی و قطع جریان خازنی مهم‌تر از چگونگی توزیع آن در آزمون‌های خطا روی ترمینال یا خطای نزدیک کلید است.
- در موارد فوق تاثیر آلودگی بر نحوه توزیع ولتاژ در نظر گرفته نشده است. در برخی موارد، آلودگی می‌تواند توزیع ولتاژ را تغییر دهد.

---

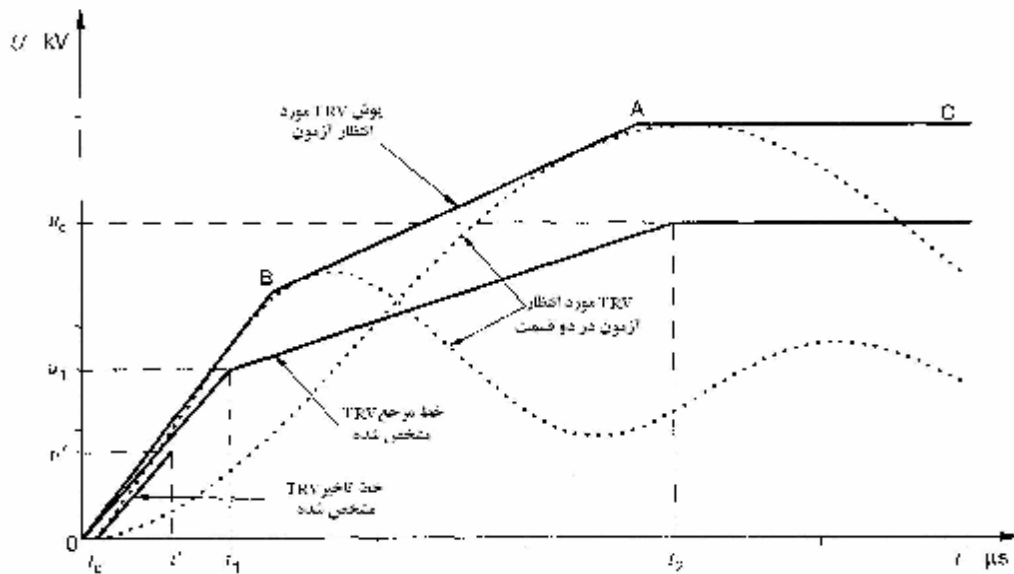
1. Reverse Connections  
 2. Parallel Resistors  
 3. Fundamental Frequency  
 4. Line Side  
 5. Source Side  
 6. Common Point  
 7. Earth Potential

## 3-2-4-4- ملزومات آزمون واحد

ولتاژ به کار رفته برای انجام آزمون روی یک واحد مجزا باید ولتاژ آن واحدی از یک پل کامل کلید باشد که (بر طبق بند 2-2-4-4) تحت بیشترین تنش قرار می‌گیرد. درمورد آزمون خطای نزدیک کلید، واحد مذکور واحدی است که در طی زمان رسیدن ولتاژ گذرای طرف خط کلید به اولین پیک، بیشترین تنش را تحمل می‌کند. در هنگام انجام آزمون بر روی یک گروه از واحدها، ولتاژ ظاهر شده در ترمینال‌های واحدی که تحت بیشترین تنش قرار گرفته باید با ولتاژ آن واحد پل که تحت بیشترین تنش قرار می‌گیرد (هر دو بر طبق بند 2-2-4-4)، برابر باشد.

3-4-4- آزمون چند بخشی<sup>۱</sup>

در صورتی که همه ملزومات TRV موردنیاز برای دوره آزمون مورد نظر، همزمان قابل حصول نباشد، مطابق شکل (4-4) می‌توان آزمون را طی دو بخش جداگانه و متوالی انجام داد. در قسمت نخست، بخش اولیه TRV نباید خط راستی را که تعیین‌کننده زمان تاخیر است قطع کند، بلکه باید در طی زمان  $t_1$  و تا رسیدن به ولتاژ  $u_1$ ، خط مرجع مشخص شده را تعقیب کند. در قسمت دوم باید در زمان  $t_2$ ، ولتاژ  $u_c$  حاصل شود.



شکل 4-4: نمونه‌ای از موج‌های TRV مورد انتظار و پوش‌های ترکیبی آنها در آزمون دو قسمتی

تعداد آزمون‌ها برای هر قسمت باید برابر با تعداد لازم برای دوره آزمون باشد، ضمن اینکه زمان‌های قوس برای هر قسمت باید ملزومات بند 4-10 را برآورده سازند. زمان‌های قوس در آزمون‌های جداگانه‌ای که بخشی از یک آزمون چند قسمتی هستند باید با تلورانس  $\pm 1$  میلی ثانیه با یکدیگر برابر باشند. به علاوه در حالتی که حداقل زمان قوس در یک قسمت از آزمون با حداقل زمان قوس در قسمت دیگری از آن بیشتر از یک میلی ثانیه تفاوت داشته باشد باید مقدار بزرگتر بین این دو مقدار را برای هر دو قسمت در نظر

گرفت. بین انجام دو قسمت آزمون می‌توان کلید را مطابق با بند 4-9-5 مجدداً آماده کرد. همچنین در برخی موارد استثنایی ممکن است لازم باشد که آزمون در بیشتر از دو قسمت انجام شود. در این موارد نیز باید مطابق دستورالعمل‌های فوق عمل نمود.

#### 4-5- آزمون‌های ترکیبی

برای آزمون‌های ترکیبی می‌توان به IEC شماره 60427 مراجعه کرد.

#### 4-6- عملکرد بی‌بار قبل از آزمون‌ها

پیش از آغاز آزمون‌های قطع و وصل باید عملکردهای بی‌بار و توالی عملکردهای بی‌بار (O، CO و O-t-CO) انجام شده و جزئیات مشخصات عملکردی کلید و زمان‌های بستن و بازکردن ثبت شود. همچنین باید مطابقت رفتار مکانیکی کلید با مشخصات مرجع حرکت مکانیکی مذکور در بند 3-10-1-1 مورد بررسی قرار گیرد. در صورت تعویض یا تعمیر کنتاکت‌ها، باید آزمون‌های بی‌بار مربوطه را مجدداً انجام داده و صحت رفتار مکانیکی کلید را مجدداً بررسی نمود. در طی انجام این آزمون باید فشار گاز برای قطع روی حداقل مقدار مجاز خود باشد.

در مورد کلیدهایی که مکانیزم عملکرد آنها فنری است، عملکرد کلید باید در 100 درصد و 85 درصد ولتاژ نامی تغذیه بوبین مخصوص بستن صورت گیرد. همچنین آزمون باید برای 100 درصد و 85 درصد (اگر تغذیه ac است) یا 70 درصد (اگر تغذیه dc است) ولتاژ تغذیه رله‌های مخصوص بازکردن انجام شود. در صورتی که وسایل عمل‌کننده پنیوماتیکی یا هیدرولیکی باشند، عملکردها باید تحت شرایط زیر انجام شود:

الف) فشار گاز روی حداقل مقدار مجاز، ولتاژ تغذیه رله‌های مخصوص باز کردن روی 85 درصد (در صورتی که ac است) یا 70 درصد (در صورتی که dc است) و ولتاژ تغذیه بوبین مخصوص بستن روی 85 درصد مقدار نامی تنظیم شوند.  
ب) فشار گاز و ولتاژ تغذیه رله‌های موازی روی مقدار نامی تنظیم شوند.

#### 4-7- دیگر گزینه‌های مکانیزم عملکرد

در صورتی که طراحی کلید امکان استفاده از چند نوع مکانیزم عملکرد را فراهم کرده باشد، باید برای هر نوع مکانیزم عملکرد، یک سری دوره آزمون اتصال کوتاه جداگانه انجام گیرد مگر اینکه بتوان نشان داد که تغییر مکانیزم (بویژه با توجه به مشخصات باز شدن و بسته شدن) تاثیری بر عملکرد کلید ندارد. در این صورت کفایت یک سری کامل از دوره آزمون‌های اتصال کوتاه با استفاده از تنها یک نوع مکانیزم عملکرد صورت گیرد. اما خطا روی ترمینال T100s باید برای انواع مکانیزم‌ها تکرار شود. معادل بودن دو مکانیزم عملکرد از طریق یکی از آزمون‌های بازبینی زیر تحقیق می‌شود.

- روی هر یک از کلیدها (با یک مکانیزم عملکرد اصلی<sup>1</sup> و با یک مکانیزم عملکرد آلترناتیو) یک سیکل عملکرد بستن - باز کردن در شرایط بی‌بار انجام شده و مسیر حرکت کنتاکت ثبت می‌گردد. مسیر حرکت کنتاکت در طی آزمونی که با مکانیزم

عملکرد اصلی انجام می‌شود به عنوان مرجع انتخاب می‌گردد. منحنی‌های به دست آمده در طی آزمونی که با مکانیزم عملکرد آلترناتیو انجام می‌شود باید در محدوده دو پوش مرجع قرار گیرد (مطابق با بند 3-10-1-1).

- روی هر یک از کلیدها یک عمل قطع مطابق با دوره آزمون T100s و با استفاده از یک ولتاژ آزمون مناسب و با حداکثر زمان قوس انجام می‌گیرد. سپس مطابق روش پاراگراف بالا عمل می‌شود.

#### 4-8- رفتار کلید در طی آزمون‌ها

در طی انجام آزمون‌های قطع و وصل، کلید نباید موارد زیر را نشان دهد:

- علائم تنش شدید
  - برهم کنش مضر میان پل‌ها
  - برهم کنش مضر میان کلید و تجهیزات آزمایشگاهی مجاور آن
  - رفتاری که باعث آسیب دیدن اپراتور شود.
- در صورتی که در طی آزمون، عیوبی در کلید مشاهده شود که دائمی<sup>1</sup> نباشد یا ناشی از نقص طراحی اما عمدتاً به دلیل مونتاژ و نصب نادرست باشد، می‌توان آن را اصلاح نموده و مجدداً کلید را آزمایش کرد. در این موارد، باید نتایج آزمون‌های مردود هم گزارش شود.

#### 4-9- وضعیت کلید پس از انجام آزمون‌ها

##### 4-9-1- کلیات

می‌توان پس از هر دوره آزمون کلید را بازرسی کرد. وضعیت قطعات مکانیکی و مقره‌های آن نباید نسبت به پیش از آزمون تغییر کرده باشد. برای بررسی خصوصیات عایقی، بازرسی چشمی کفایت. در صورت تردید، می‌توان آزمون بازبینی شرایط را مطابق با بند 3-2-11 انجام داد.

##### 4-9-2- وضعیت کلید پس از یک دوره آزمون اتصال کوتاه

پس از هر دوره آزمون اتصال کوتاه، اگرچه ممکن است کلید در قطع و وصل جریان‌های اتصال کوتاه دچار مشکل باشد اما باید بتواند جریان عادی نامی را در ولتاژ نامی قطع و وصل کند. پس از دوره آزمون L<sub>90</sub> باید یک آزمون بازبینی شرایط مطابق با بند 3-2-11 صورت گیرد. در صورتی که دوره آزمون L<sub>90</sub> انجام نمی‌شود، آزمون بازبینی شرایط باید پس از دوره آزمون T100s صورت گیرد.

وضعیت کنتاکت‌های اصلی از نظر پوشش، سطح، فشار و آزادی حرکت باید به گونه‌ای باشد که بتوانند جریان عادی نامی کلید را عبور دهند بدون اینکه افزایش دمای آنها بیش از 10 درجه سانتیگراد از مقادیر تعیین شده در جدول (2-2) بیشتر شود. تجربه نشان می‌دهد که افزایش افت ولتاژ روی کلید را لزوماً نمی‌توان به معنای ازدیاد میزان افزایش درجه حرارت دانست. تنها در صورتی می‌توان کنتاکت‌ها را نقره‌پوش<sup>1</sup> فرض کرد که در پایان هر یک از آزمون‌های اتصال کوتاه یک لایه نقره در نقاط اتصال آن باقی مانده باشد. در غیر این صورت آن را کنتاکت نقره پوش نمی‌دانیم. جهت بازیابی عملکرد کلید پس از آزمون، در صورتی که قرار است تعویض کنتاکت یا هر نوع تعمیر دیگری روی کلید صورت گیرد (در انتهای دوره آزمون) باید عملکردهای بی‌بار را روی کلید اجرا و با عملکردهایی که مطابق با بند 4-6 انجام شده‌اند مقایسه نمود. نباید بین این دو تفاوت چشم‌گیری وجود داشته باشد.

#### 4-9-3- وضعیت کلید پس از یک سری آزمون اتصال کوتاه

به منظور بازیابی عملکرد کلید پس از آزمون باید کلید را در شرایط بی‌باری باز و بسته کرده و نتایج را با عملیات بند 4-6 مقایسه نمود. تغییر قابل توجهی نباید مشاهده شود. ملزومات بند 3-10-1-1 باید برآورده گردد. کلید باید به طرز مناسبی بسته شده و در آن حالت باقی بماند.

مشخص شده است که پس از آزمون، کلید در قطع، وصل و حمل جریان اتصال کوتاه دچار مشکل می‌شود ولی کاهش کارایی<sup>2</sup> قطعات مسیر عبور جریان نباید باعث نقص در عملکرد صحیح عایق‌ها یا اجزا نگه دارنده کلید (از نظر مکانیکی) شود. در مورد کنتاکت‌های اصلی شرایط بند 4-9-2 اعمال می‌گردد.

#### 4-9-4- وضعیت کلید پس از یک سری آزمون کلیدزنی جریان خازنی

پس از انجام سری آزمون‌های قطع و وصل جریان شارژ خط، شارژ کابل و بانک خازنی، مطابق با بند 5-9-9، پیش از هرگونه تعمیر یا تعویض، کلید باید بتواند تحت ولتاژ نامی تمامی جریان‌ها تا مقدار نامی قطع و وصل اتصال کوتاه را قطع و وصل کرده، جریان عادی نامی را بدون اینکه افزایش دمای آن از مقادیر مندرج در جدول (2-2) بیشتر شود، عبور دهد. میزان مجاز افزایش دما در کلیدهای کلاس C2، 10 درجه سانتیگراد بیش از مقادیر مندرج در جدول مذکور است. در مواد عایقی داخل کلید نباید هیچ گونه سوراخ یا خراشی مشاهده شود یا جرقه رخ دهد. تنها در مورد قطعات کنترل‌کننده قوس که در معرض آن قرار دارند اندکی فرسایش مجاز است. کاهش کارایی قطعات مسیر جریان نباید کارایی مسیر عبور جریان را کاهش دهد.

اگر در طی آزمون‌های قطع و وصل جریان خازنی، یک قوس اتفاق بیفتد، باید پیش از بازرسی چشمی، آزمون بازیابی شرایط عایقی بر طبق بند 3-2-11 انجام گیرد مشروط بر اینکه پیک ولتاژ بازیافت در آزمون قطع و وصل جریان خازنی کوچکتر از پیک ولتاژ آزمون بازیابی شرایط عایقی باشد. بازرسی چشمی باید نشان دهد که قوس تنها میان کنتاکت‌های قوس اتفاق افتاده است.

2. Silver - faced  
2.Degradation

در مواد عایقی داخل کلید نباید سوراخ یا خراشی در اثر وقوع جرقه مشاهده شود. فرسایش قطعات کنترل قوس که در معرض آن هستند تا جایی مجاز است که توانایی قطع کلید را از بین نبرد. به علاوه در حین بازرسی چشمی در فاصله عایقی<sup>1</sup> بین کنتاکت‌های اصلی (در صورتی که با کنتاکت‌های قوس متفاوتند) نباید اثری از قوس مشاهده شود. اما اگر در طی آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی، قوس رخ ندهد، تنها بازرسی چشمی کافیسیت و نیازی به انجام آزمون‌های بازبینی شرایط عایقی نمی‌باشد.

در حالتی که چند آزمون روی یک پل انجام می‌شود، باید آزمون بازبینی شرایط عایقی را پس از آزمون کلیدزنی جریان خازنی انجام داد اما اگر در طی آزمون مذکور قوس اتفاق بیفتد می‌توان آزمون بازبینی شرایط عایقی را پس از انجام سایر آزمون‌ها اجرا نمود.

#### 4-9-5- آماده‌سازی مجدد<sup>2</sup> کلید پس از یک دوره آزمون اتصال کوتاه و سری آزمون‌های دیگر

پس از انجام دوره آزمون اتصال کوتاه (یا بعضی دیگر از سری آزمون‌ها) ممکن است برای بازگرداندن کلید به شرایط اولیه آن، انجام پاره‌ای تعمیرات ضروری باشد. به عنوان مثال می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تعمیر یا تعویض کنتاکت‌های قوس و دیگر قطعات قابل تعویض پیشنهادی سازنده
- تعویض یا پالایش ماده عایقی به منظور بازیابی چگالی اولیه آن
- زدودن موادی که بر اثر تجزیه در محیط اطراف قوس روی عایق داخلی رسوب کرده‌اند.

#### 4-10- نمایش زمان‌های قوس<sup>3</sup>

توالی اجرای سه عمل قطع بهتر است به گونه‌ای باشد که آخرین عمل قطع منجر به یک زمان قوس متوسط شود. روال‌های مطرح شده در این زیر فصل برای زمان‌های قوس مورد انتظار<sup>4</sup> مناسب‌اند در حالی که زمان‌های قوس واقعی<sup>5</sup> ممکن است با مقادیر مورد انتظار تفاوت داشته باشند. آزمون‌ها تا زمانی معتبرند که زمان‌های قوس واقعی در محدوده تلورانس‌های داده شده در پیوست (3-3) قرار داشته باشند. در مورد کلیدهایی که توالی عملکرد نامی آنها CO-t''-CO است، باید یکی از COها متناظر کمترین زمان قوس و دیگری نظیر بیشترین زمان قوس باشد.

آزمون‌های خطای ترمینال T100a که در بندهای 2-1-10-4، 2-1-2-10-4 و 2-2-2-10-4 بیان شده‌اند مستقل از توالی عملکرد نامی شامل سه عملکرد صحیح می‌باشند. پس از اینکه مطابق با توالی عملکرد نامی تعداد عملکردهای لازم انجام گرفت می‌توان کلید را طبق بند 5-9-4 به شرایط اولیه باز گرداند.

#### 4-10-1- آزمون‌های سه فاز

روال‌های زیر مخصوص آزمون‌های مستقیم می‌باشند. برای آزمون‌های ترکیبی، پیش از آغاز آزمون باید حداقل زمان قوس برای فازی که اول باز می‌شود مشخص گردد. نحوه ایجاد این شرایط در بند 2-10-4 آمده است.

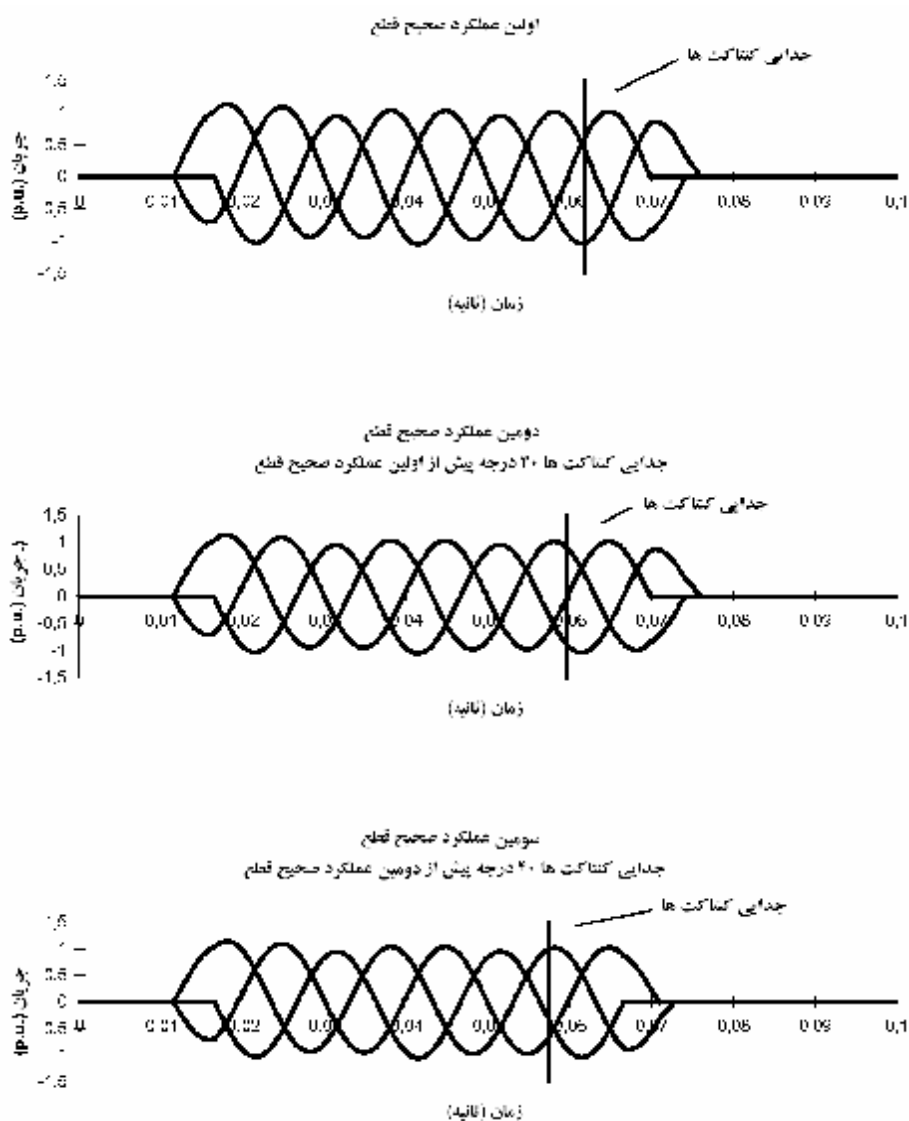
1. Insulating Gap  
2. Reconditioning

1. Arcing Times  
2. Prospective  
3. Actual

#### 4-1-1-10-1-10-4 دوره آزمون OP2، OP1، T100s(b)، T100s، T60، T30، T10

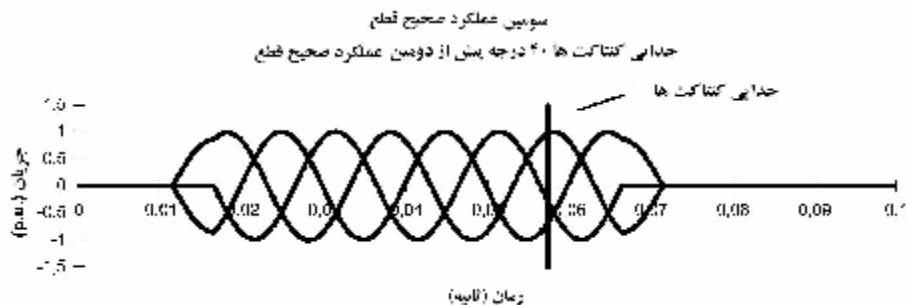
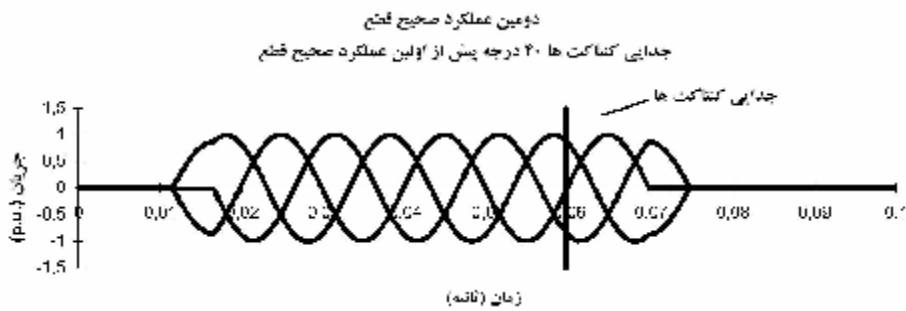
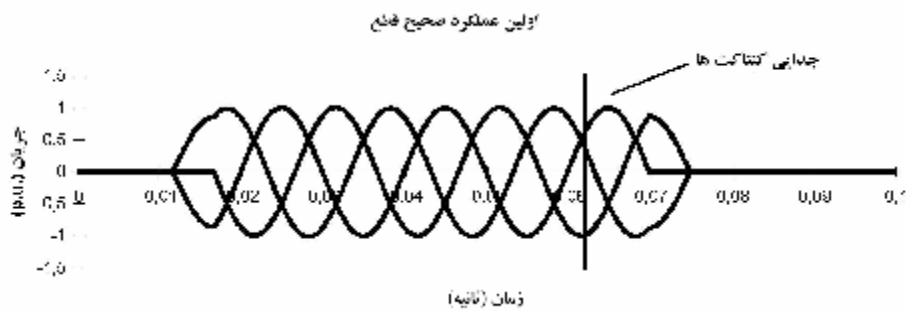
در این آزمون‌ها باید پالس فرمان قطع<sup>۱</sup> بین هر عمل باز کردن 40 درجه الکتریکی جلو بیفتد. ممکن است برای حالتی که در بند 4-4-5 فصل پنجم آمده است، مجزاسازی آزمون‌های قطع و وصل در دوره آزمون T100s ضروری باشد. در این حالت عملیات وصل با T100s(a) و عملیات قطع با T100s(b) مشخص می‌شود.

سه عمل قطع صحیح در شکل 4-5 (به ازای ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم 1/5) و شکل 4-6 (به ازای ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم 1/3) نشان داده شده است.



شکل 4-5: نمایش سه عملکرد قطع متقارن صحیح برای آزمون‌های سه فاز در سیستمی که نوترال آن مستقیماً زمین نشده است (ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم برابر 1/5 است)





4-6: نمایش سه عملکرد قطع متقارن صحیح برای آزمونهای سه فاز در سیستمی که نوترال آن مستقیماً زمین شده است (ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم برابر 1/3 است)

#### 4-10-1-2- دوره آزمون T100a

با توجه به اینکه شدت<sup>۱</sup> این آزمون‌ها به شکل قابل ملاحظه‌ای به لحظه جدایی کنتاکت‌ها وابسته است، برای اینکه تنش‌های اعمالی به کلید با حالت واقعی متناسب باشد، روال زیر پیشنهاد می‌شود. هدف، انجام یک سری آزمون سه‌تایی معتبر است. برای اینکه مقدار مولفه dc در لحظه جدایی کنتاکت‌ها از یک فاز به فاز دیگر جابجا شود، لحظه شروع اتصال کوتاه در هر آزمون 60 درجه تغییر می‌کند. به علاوه باید به این هدف نیز نایل شد که در طی انجام سری آزمون، حداقل یک بار اولین پل‌ی که باز

می‌شود حامل مقدار مورد نیاز مولفه dc برای برآوردن ملزومات TRV باشد. این آزمون در صورتی معتبر است که در این فاز، جریان پس از وقوع قوس در طی حلقه اصلی یا بزرگترین بخش ممکن آن قطع شود. از آنجا که در بعضی از کلیدها عمل قطع پس از حلقه اصلی انجام نمی‌گیرد، حتی در صورت ادامه یافتن قوس در حلقه غیراصلی بعد از آن نیز آزمون معتبر است. اما اگر قطع جریان در فاز حامل مقدار لازم مولفه dc پس از یک حلقه اصلی کوتاه شده<sup>1</sup> یا پس از یک حلقه غیراصلی بدون برقراری قوس در حلقه اصلی (یا بزرگترین بخش ممکن آن) پیش از آن انجام شود، آزمون صحیح و معتبر نخواهد بود.

روال کار به صورت زیر است:

برای اولین عملکرد صحیح، لحظه آغاز اتصال کوتاه و تنظیم وسیله کنترل فرمان قطع باید به گونه زیر باشد:

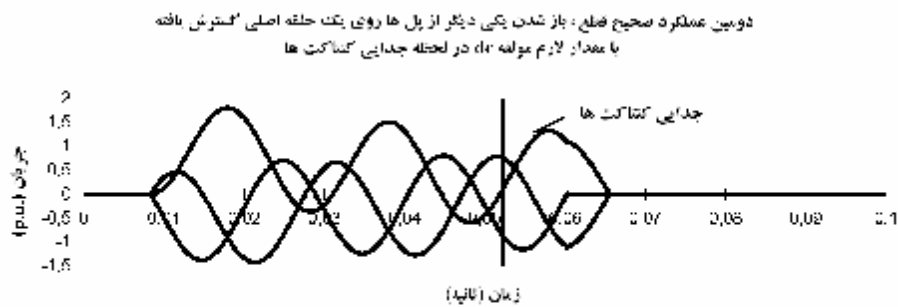
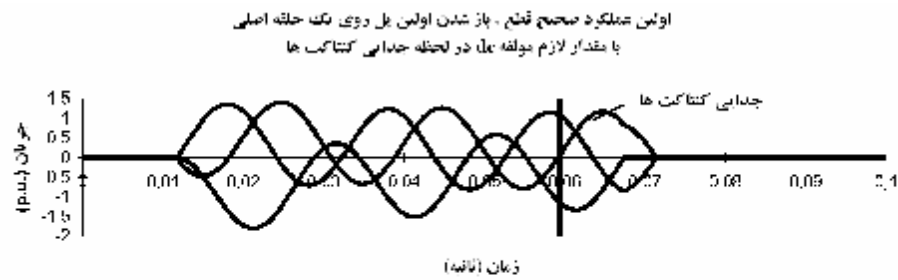
- مقدار لازم مولفه dc در لحظه جدایی کنتاکت‌ها در یک فاز حاصل شود.
- خاموشی قوس در فاز حامل مقدار لازم مولفه dc، در صورتی که این فاز اولین پل باز شونده است، پس از یک حلقه اصلی (یا بزرگترین بخش ممکن آن حلقه) و در غیر این صورت پس از یک حلقه اصلی گسترش یافته<sup>2</sup> (یا بزرگترین بخش ممکن آن حلقه) رخ دهد.

برای دومین عملکرد صحیح، لحظه آغاز باید 60 درجه جلو افتاده و تنظیم وسیله کنترل فرمان قطع مطابق زیر باشد:

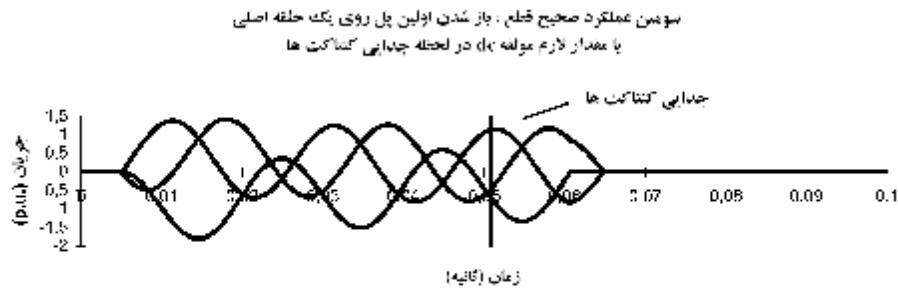
- در صورتی که در اولین عملکرد صحیح، قوس در فاز حامل مقدار لازم مولفه dc، پس از یک حلقه اصلی خاموش شده باشد، باید لحظه اعمال فرمان قطع نسبت به لحظه مذکور در اولین عملکرد صحیح، 130 درجه جلوتر باشد.
  - در صورتی که در اولین عملکرد صحیح، قوس در فاز حامل مقدار لازم مولفه dc پس از یک حلقه اصلی گسترش یافته خاموش شده باشد، باید لحظه اعمال فرمان قطع نسبت به لحظه مذکور در اولین عملکرد صحیح 25 درجه جلوتر باشد.
  - برای سومین عملکرد صحیح باید لحظه آغاز اتصال کوتاه نسبت به عملکرد دوم 60 درجه جلو افتاده و تنظیم وسیله کنترل فرمان قطع مطابق زیر باشد:
  - در صورتی که در دومین عملکرد صحیح، قوس در فاز حامل مقدار لازم مولفه dc پس از یک حلقه اصلی خاموش شده باشد، باید لحظه اعمال فرمان قطع نسبت به لحظه مذکور در عملکرد دوم، 130 درجه جلوتر باشد.
  - در صورتی که در دومین عملکرد صحیح، قوس در فاز حامل مقدار لازم مولفه dc پس از یک حلقه اصلی گسترش یافته خاموش شده باشد، باید لحظه اعمال فرمان قطع نسبت به لحظه مذکور در عملکرد دوم، 25 درجه جلوتر باشد.
- سه عمل قطع صحیح در شکل 4-7 (برای ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم 1/5) و شکل 4-8 (برای ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم 1/3) نشان داده شده است.

1 . Foreshortened Major Loop

2 . Extended Major Loop

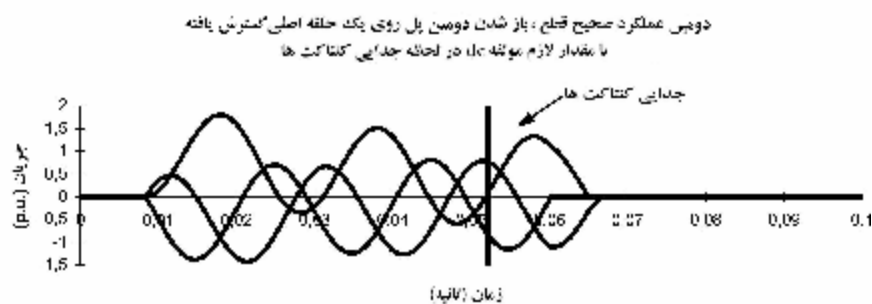
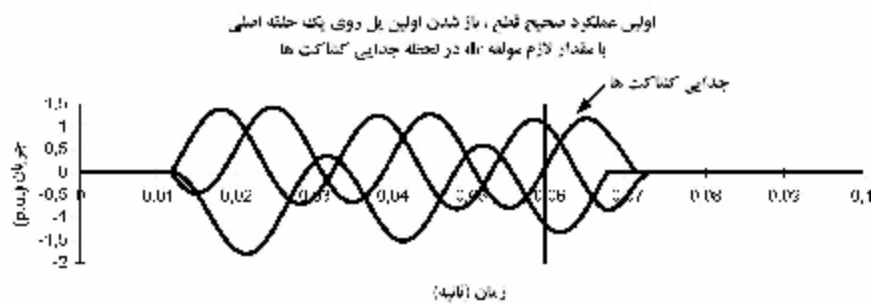


آغاز جریان ۶۰ درجه و جدایی کنتاکت ها ۱۴۰ درجه  
نسبت به مقدار نظیر در اولین عملکرد قطع جلو افتاده است.

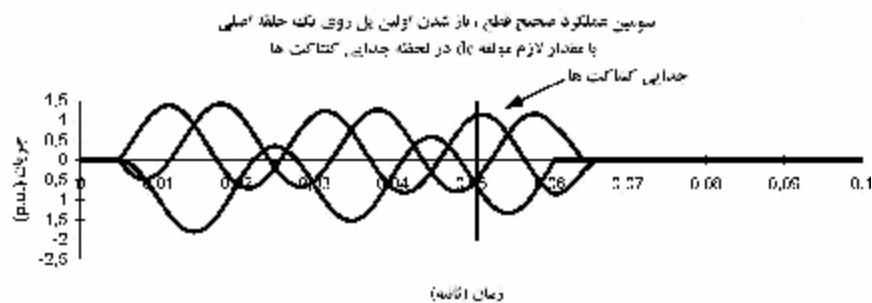


آغاز جریان ۶۰ درجه و جدایی کنتاکت ها ۲۵ درجه  
نسبت به مقدار نظیر در دومین عملکرد قطع جلو افتاده است.

شکل 4-7: نمایش تصویری سه عملکرد قطع نامتقارن صحیح برای آزمونهای سه فاز در سیستمی که نوترال آن مستقیماً زمین نشده است (ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم برابر 1/5 است)



آغاز جریان ۶۰ درجه و جدایی کنتاکت ها ۱۳۰ درجه  
نسبت به مقادیر نظیر در اولین عملکرد قطع جلو افتاده است.



آغاز جریان ۶۰ درجه و جدایی کنتاکت ها ۳۵ درجه  
نسبت به مقادیر نظیر در دومین عملکرد قطع جلو افتاده است.

شکل 4-8: نمایش تصویری سه عملکرد قطع نامتقارن صحیح برای آزمون‌های سه فاز در سیستمی که نوترال آن مستقیماً زمین شده است ( ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم برابر 1/3 است)

در صورتی که مشخصات کلید ثابت نباشد می‌توان برای دستیابی به عملکردهای فوق از روال‌های دیگر استفاده کرد. اگر به دلیل مشخصات خاص یک کلید، فراهم کردن ملزومات فوق میسر نباشد، باید تعداد عملکردها آن قدر افزایش یابد تا دشوارترین شرایط برای کلید ایجاد شود. برای دستیابی به ملزومات فوق، کلید نباید بیشتر از شش بار باز شود.

## 4-10-2-2- آزمونهای تک فاز به عنوان جایگزین شرایط سه فاز

روالهای زیر تا حدی با توجه به روشهای آزمونهای ترکیبی طراحی شدهاند. در هنگام انجام آزمونهای مستقیم، این امکان وجود دارد که روال مورد استفاده برای ایجاد حداقل زمان قوس منجر به یک آزمون صحیح با حداکثر زمان قوس یا زمان قوسی بیشتر از آن شود.

هدف از آزمونهای تک فازی که در ادامه مطرح می‌شوند این است که شرایط باز شدن اولین فاز و باز شدن آخرین فاز برای هر دوره آزمون در یک مدار آزمون برآورده گردد. روالهای زیر در صورتی به کار می‌آیند که تمامی عملکردهای کلید که مطابق با توالی عملکرد نامی ایجاد می‌شوند، ملزومات عنوان شده زیر را برآورند. در غیر این صورت باید در استفاده از جداول 1-4 و 3-4 دقت کرد.

- هنگامی که هیچ الزام ویژه‌ای برای عملکرد همزمان پلها بیان نشده باشد، ماکزیمم تفاوت بین لحظه تماس کنتاکتها در طی عمل بستن نباید از  $\frac{1}{4}$  یک سیکل فرکانس نامی بیشتر شود.

- هنگامی که هیچ الزام ویژه‌ای برای عملکرد همزمان پلها بیان نشده باشد، ماکزیمم تفاوت بین لحظه جد شدن کنتاکتها در طی عمل باز شدن نباید از  $\frac{1}{6}$  یک سیکل فرکانس نامی بیشتر شود. اگر هر پل از چند محفظه قطع سری تشکیل شده باشد ماکزیمم

تفاوت بین لحظه جد شدن کنتاکتها در این محفظه‌های سری نباید از  $\frac{1}{8}$  یک سیکل فرکانس نامی بیشتر شود.

## 4-10-2-1- سیستم‌هایی که نوترال آنها مستقیماً زمین نشده است.

## 4-10-2-1-1- دوره آزمونهای T10، T30، T60، T100s، T100s(b)، OP2، OP1

زمان قوس اولین عملکرد صحیح قطع باید حداقل مقدار ممکن باشد. زمان مذکور حداقل زمان قوس  $t_{arcmin}$  نام دارد و در صورتی حاصل می‌شود که لحظه باز شدن کنتاکتها نسبت به آن بخش از شکل موج جریان که منجر به قطع در صفر بعدی می‌شود، تاخیر داشته باشد. برای دستیابی به این حداقل زمان قوس باید تنظیم فرمان قطع را با پله‌های 18 درجه ( $d\alpha$ ) تغییر داد.

زمان قوس دومین عملکرد صحیح قطع باید حداکثر باشد. حداکثر مقدار لازم برای زمان قوس،  $t_{arcmax}$  از رابطه زیر به دست

می‌آید:

$$t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + T \frac{150^\circ - d\alpha}{360^\circ} \quad (1-4)$$

در این رابطه  $t_{arcmin}$  حداقل زمان قوس است که از اولین عملکرد صحیح به دست می‌آید.  $d\alpha$  برابر 18 درجه و T یک پریود

فرکانس قدرت است. برای دستیابی به حداکثر زمان قوس، اغلب می‌توان لحظه اعمال فرمان قطع را حداقل به اندازه

$150^\circ - d\alpha$  جلوتر از لحظه مذکور برای اولین عملکرد صحیح تنظیم نمود.

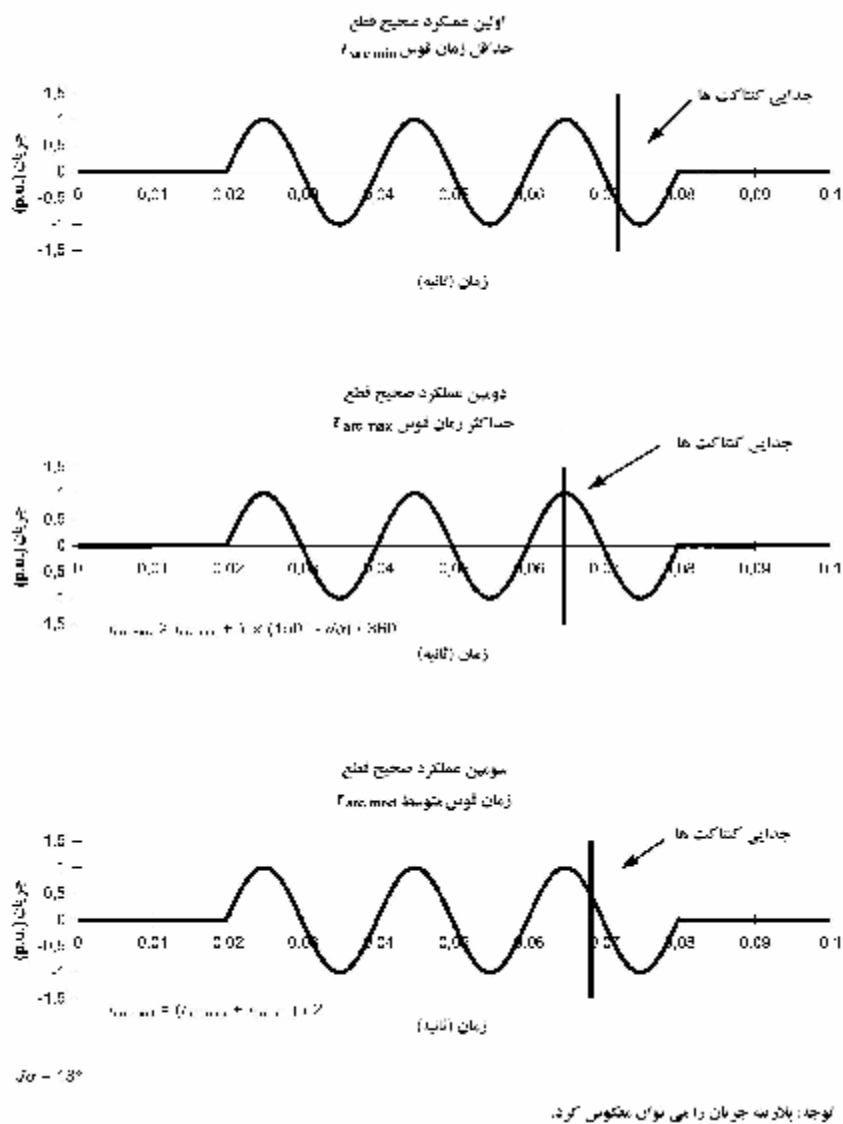
زمان قوس برای سومین عملکرد صحیح باید تقریباً برابر با متوسط زمانهای قوس عملکردهای اول و دوم باشد. این زمان، زمان

قوس متوسط ( $t_{arcmed}$ ) نام دارد و از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$t_{arcmed} = \frac{1}{2} (t_{arcmax} + t_{arcmin}) \quad (2-4)$$

لحظه اعمال فرمان قطع در عملکرد سوم باید نسبت به لحظه مذکور در عملکرد دوم،  $(\pm 18^\circ)$  تاخیر داشته باشد. سه

عملکرد قطع صحیح در شکل 4-9 نشان داده شده‌اند.



شکل 4-9: نمایش سه عملکرد قطع متقارن صحیح برای آزمون‌های تک فازی که به جای آزمونهای سه فاز در سیستمی که نوترال آن مستقیماً زمین نشده است انجام می‌شوند.

#### 4-10-2-1-2- دوره آزمون T100a

##### الف) زمان‌های قوس

در اولین عملکرد صحیح قطع، عمل قطع جریان<sup>1</sup> باید در پایان حلقه غیراصلی انجام شده و زمان قوس در حداقل مقدار ممکن باشد. زمان مذکور حداقل زمان قوس ( $t_{arc\ min}$ ) نام دارد و در شرایطی حاصل می‌شود که هر گونه تاخیر اضافی در جدا شدن

1. Interruption

کنتاکت‌ها نسبت به شکل موج جریان منجر به قطع در صفر بعدی جریان در پایان یک حلقه اصلی شود. برای دستیابی به این حداقل زمان قوس باید تنظیم فرمان قطع را با پله‌های 18 درجه ( $da$ ) تغییر داد.

زمان قوس دومین عملکرد صحیح قطع باید حداکثر باشد. حداکثر مقدار لازم برای زمان قوس ( $t_{arcmax}$ ) از رابطه زیر بدست می‌آید.

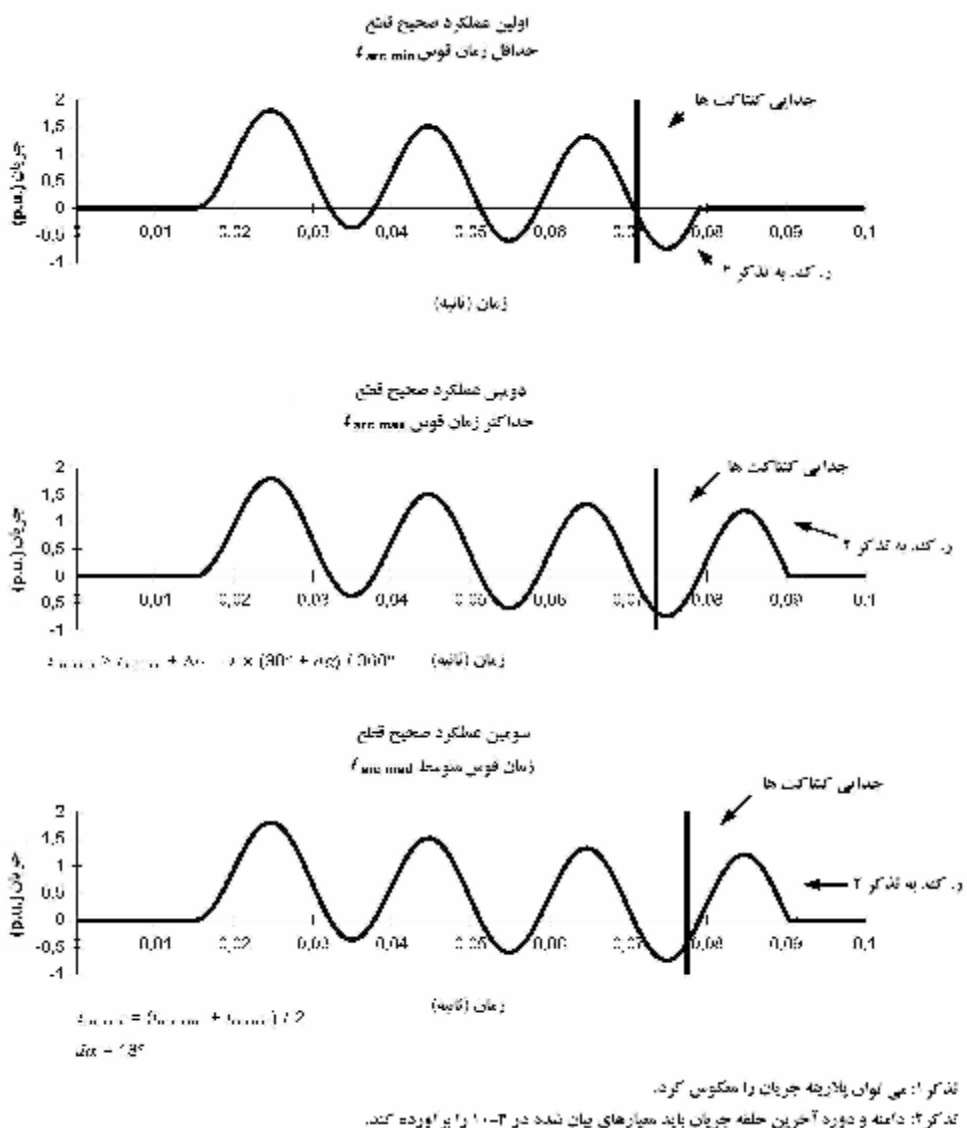
$$t_{arcmax} \geq t_{arcmin} + \Delta t_1 - T \frac{30^\circ + d\alpha}{360^\circ} \quad (3-4)$$

بازه زمانی  $\Delta t_1$  که در جدول (1-4) داده شده است برابر طول دوره زمانی حلقه اصلی بوده و تابعی از ثابت زمانی مدار سیستم ( $t$ )، فرکانس نامی سیستم و مدت زمان بازکردن کلید می‌باشد. بازه مذکور باید مساوی با یا بزرگتر از طول دوره زمانی حلقه اصلی بعدی (روی شکل موج جریان نامتقارن مناسب) باشد که پس از زمانی برابر با مجموع زمان عملکرد رله سیستم حفاظتی و زمان باز کردن کلید رخ می‌دهد.

قطع باید پس از طی یک حلقه اصلی اتفاق بیفتد در غیر این صورت باید در حلقه غیراصلی متعاقب آن رخ دهد. بدین منظور باید فرمان قطع دیرتر از فرمان مذکور در اولین عملکرد صحیح قطع اعمال شود.

زمان عملکرد رله در جدول (1-4) برابر نصف یک سیکل فرکانس 50 هرتز یعنی 10 میلی ثانیه در نظر گرفته شده است. در صورتی که کلید پس از طی حلقه اصلی مقرر، قطع کامل نشود و این کار را پس از طی حلقه غیراصلی متعاقب آن انجام دهد، حداکثر زمان قوس به اندازه دوره زمانی حلقه غیراصلی مناسب  $\Delta t_2$  که در جدول (1-4) داده شده است، افزایش می‌یابد.

زمان قوس برای سومین عملکرد صحیح باید تقریباً مساوی با متوسط زمان قوس در مراحل اول و دوم باشد. این زمان، زمان قوس متوسط نام داشته و از رابطه (2-4) به دست می‌آید. قطع کامل در عملکرد سوم نیز باید پس از طی یک حلقه اصلی یا در غیر این صورت در حلقه غیراصلی متعاقب آن انجام شود. لحظه اعمال فرمان قطع باید نسبت به لحظه مذکور در عملکرد دوم تاخیر داشته باشد تا زمان قوس مطلوب حاصل گردد. سه عملکرد قطع صحیح در شکل 4-10 نشان داده شده است.



شکل 4-10: نمایش سه عمل قطع نامتقارن صحیح برای آزمون‌های تک فازی که به جای آزمونهای سه فاز در سیستمی که نوترال آن مستقیماً زمین نشده است (ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم 1/5) انجام می‌شوند.

### ب) جریان اتصال کوتاه در طی مدت قوس

اگر ثابت زمانی مدار آزمون با مقدار تعیین شده آن متفاوت باشد، عملکردهای قطع تنها در صورتی صحیح‌اند که شرایط زیر برقرار باشد:

- مقدار مورد انتظار پیک جریان اتصال کوتاه در طی آخرین حلقه قبل از قطع کامل باید بین 90 درصد تا 110 درصد مقدار لازم باشد.



دوره مورد انتظار حلقه جریان اتصال کوتاه قبل از قطع کامل باید بین 90 درصد تا 110 درصد مقدار لازم باشد. در جدول (4-1) مقادیر لازم برای پیک جریانهای اتصال کوتاه و دوره زمانی حلقهها که باید در آخرین حلقه پیش از قطع کامل برقرار باشند ارائه شده است.

جدول 4-1: مقادیر پیک جریان و دورههای حلقه جریان در طی دوره قوس مربوط به دوره آزمون اتصال کوتاه T100a

t = 120ms		t = 75ms		t = 60ms		t = 45ms		زمان بازکردن (ms)	
$\Delta t_1$ (ms)	$\hat{I}$ (p.u)	$\Delta t_1$ (ms)	$\hat{I}$ (p.u)	$\Delta t_1$ (ms)	$\hat{I}$ (p.u)	$\Delta t_1$ (ms)	$\hat{I}$ (p.u)		
15/5	1/78	15/0	1/67	14/0	1/61	13/5	1/51	$0 < t \leq 12/5$	حلقه اصلی
14/5	1/66	13/5	1/51	13/0	1/44	12/5	1/33	$12/5 < t \leq 33/0$	
14/0	1/56	12/5	1/39	12/0	1/31	11/5	1/21	$33/0 < t \leq 53/5$	
$\Delta t_2$ (ms)	$\hat{I}$ (p.u)	$\Delta t_2$ (ms)	$\hat{I}$ (p.u)	$\Delta t_2$ (ms)	$\hat{I}$ (p.u)	$\Delta t_2$ (ms)	$\hat{I}$ (p.u)	(ms)	حلقه غیراصلی
3/5	0/16	4/5	0/23	5/0	0/28	5/5	0/36	$0 < t \leq 12/5$	
5/0	0/28	6/0	0/41	7/0	0/49	7/0	0/59	$12/5 < t \leq 33/0$	
6/0	0/40	6/5	0/55	8/0	0/63	8/5	0/74	$33/0 < t \leq 53/5$	

$\hat{I}$  مقدار پروینیت جریان پیک (پیک جریان اتصال کوتاه به عنوان مقدار مبنا)  
 $\Delta t_1$  دوره زمانی حلقه اصلی (گرد شده به نیم)  
 $\Delta t_2$  دوره زمانی حلقه غیراصلی (گرد شده به نیم)  
t ثابت زمانی مدار سیستم

باید توجه داشت که مقدار استاندارد ثابت زمانی مدار سیستم  $t=45ms$  است. مقادیر 60، 75 و 120 میلی ثانیه مربوط به موارد خاص می باشد.

4-10-2-2- سیستمهایی که نوترال آنها مستقیماً زمین شده است (شامل آزمونهای خطای نزدیک کلید)

4-10-2-2-1- دوره آزمونهای T10، T30، T60، T100s، T100s(b) و OP2، OP1، L90، L75 و L60

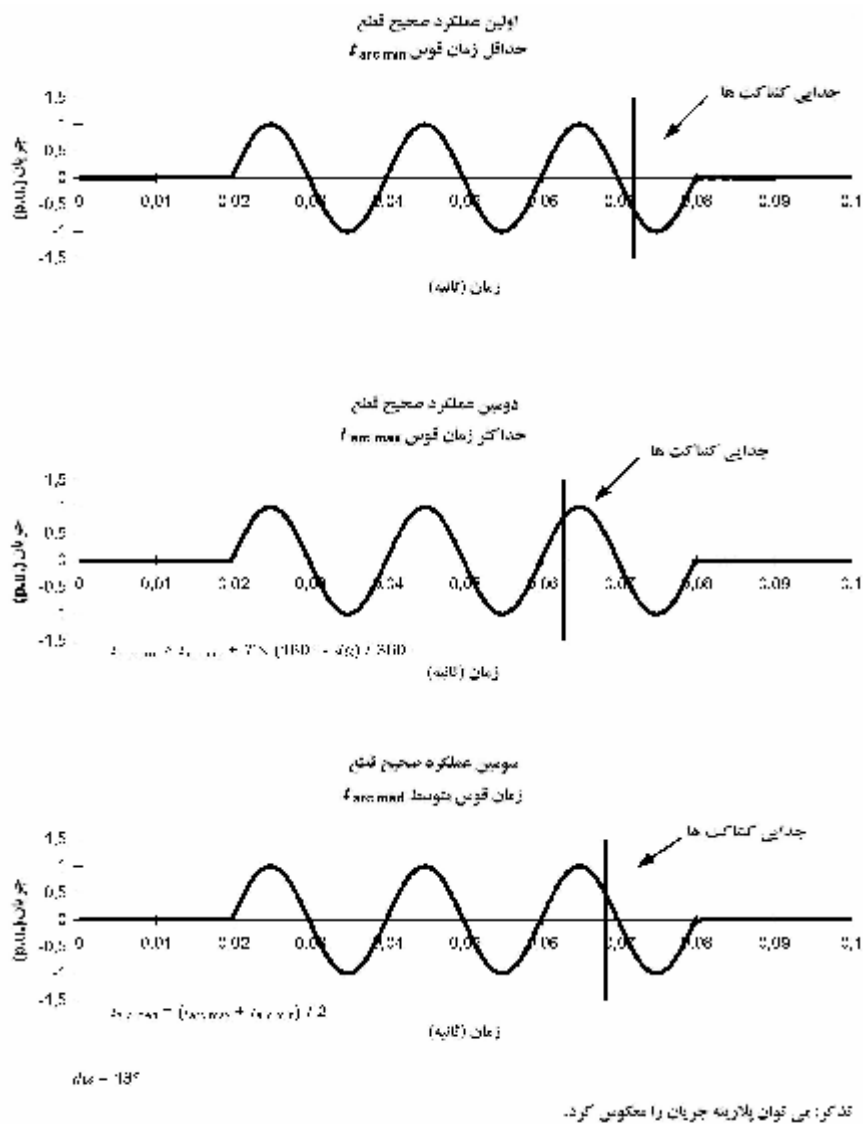
در اینجا نیز می توان به شرط اعمال اصلاحات زیر روال مورد استفاده برای دستیابی به سه عملکرد قطع صحیح را که در بخش مربوط به سیستمهای با نوترال غیرمستقیم زمین شده مطرح شد به کار گرفت.

حداکثر زمان قوس باید در رابطه زیر صدق کند:

$$t_{\text{arc max}} \geq t_{\text{arc min}} + T \frac{180^\circ - d\alpha}{360^\circ} \quad (4-4)$$

معمولاً در صورتی که فرمان قطع حداقل  $180^\circ - d\alpha$  زودتر از فرمان قطع عملکرد اول اعمال شود، زمان قوس حداکثر حاصل می گردد.

زمان قوس عملکرد سوم نیز باید تقریباً مساوی با مقدار متوسط زمانهای قوس مراحل اول و دوم باشد. برای حصول به این زمان قوس، فرمان قطع بایستی  $(\pm 18^\circ)$   $90^\circ$  دیرتر از فرمان قطع مرحله دوم اعمال شود. شکل (4-11) سه عملکرد صحیح قطع را نشان می دهد.



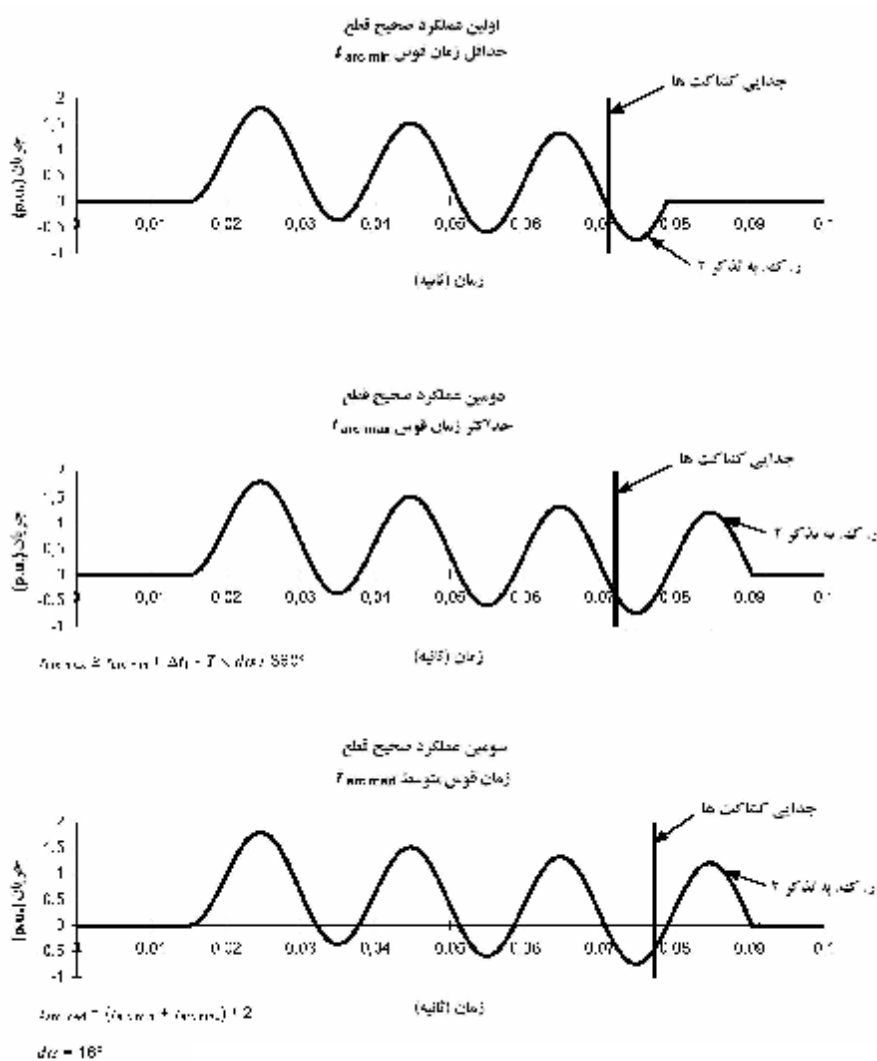
شکل 4-11: نمایش سه عمل قطع نامتقارن صحیح برای آزمون‌های تک فازی که به جای آزمونهای سه فاز در سیستمی که نوترال آن مستقیماً زمین شده است به کار می‌روند.

4-10-2-2-2- دوره آزمون T100a

در این مورد نیز می‌توان روال مطرح شده در بند 4-10-2-1-2 را به کار برد با این تفاوت که حداکثر زمان قوس باید در رابطه زیر صدق کند:

$$t_{arc\ max} \geq t_{arc\ min} + \Delta t_1 - T \times \frac{d\alpha}{360} \quad (5-4)$$

$\Delta t_1$  از جدول (4-1) به دست می‌آید. شکل (4-12) سه عملکرد صحیح قطع را نشان می‌دهد.



شکل 4-12: نمایش سه عمل قطع نامتقارن صحیح برای آزمون‌های تک فازی که به جای آزمونهای سه فاز در سیستمی که نوترال آن مستقیماً زمین شده است به کار می‌روند.

4-10-2-3- روال اصلاح شده برای مواردی که قطع کامل کلید در طی آزمون با زمان قوس متوسط موفقیت‌آمیز نباشد

4-10-2-3-1- آزمون قطع جریان متقارن

در صورتی که در طی انجام آزمون قطع جریان متقارن زمان قوس برابر با زمان قوس متوسط نبوده و یا قطع کامل کلید در صفر جریان مورد انتظار اتفاق نیفتد، باید یک یا دو آزمون اضافی انجام شود.

#### الف) آزمون مستقیم

باید دو حالت را در نظر گرفت:

-  $K_{pp} = 1/3$  (سیستم‌هایی که نوترال آنها مستقیماً زمین شده است): اگر زمان قوس کلید برابر مقدار مورد انتظار زمان قوس متوسط نباشد اما قطع کامل در صفر بعدی جریان رخ دهد، زمان قوس را "زمان قوس حداکثر نهایی"<sup>1</sup> می‌نامند ( $t_{arc\ ult\ max}$ ). در این حالت برای تایید آزمون انجام شده باید یک آزمون اضافی دیگر نیز انجام گیرد. زمان قوس این آزمون اضافی که "زمان قوس حداقل جدید"<sup>2</sup> نام دارد باید 18 درجه طولانی‌تر از مقدار مورد انتظار زمان قوس متوسط باشد. اگر لحظه اعمال فرمان قطع، 18 درجه جلو بیفتد، انجام همین یک آزمون اضافی کفایت.

-  $K_{pp} = 1/5$  (سیستم‌هایی که نوترال آنها مستقیماً زمین نشده است): در صورتی که زمان قوس کلید برابر با مقدار مورد انتظار زمان قوس متوسط نبوده و قطع کامل نیز در صفر بعدی جریان رخ ندهد، باید دو آزمون اضافی انجام گیرد: (I) یک آزمون با "زمان قوس حداقل جدید" ( $t_{arc\ new\ min}$ ) که باید 18 درجه طولانی‌تر از مقدار مورد انتظار زمان قوس متوسط باشد.

(II) آزمون دیگر با "زمان قوس حداکثر جدید" که باید 150 درجه طولانی‌تر از "زمان قوس حداقل جدید" باشد.

#### ب) آزمون‌های ترکیبی

زمان قوس اولین آزمون صحیح اضافی باید برابر با "زمان قوس حداقل جدید" باشد. در صورتی این نیازمندی برآورده می‌شود که لحظه جدا شدن کنتاکت‌ها در مقایسه با لحظه مذکور در حالت زمان قوس متوسط جلوتر باشد. "زمان قوس حداقل جدید" با تغییر لحظه اعمال فرمان قطع به صورت پله‌های 18 درجه‌ای ( $d\alpha$ ) حاصل می‌شود.

زمان قوس دومین عملکرد صحیح باید برابر با "زمان قوس حداکثر نهایی" ( $t_{arc\ ult\ max}$ ) باشد که از روابط زیر به دست می‌آید:

$$t_{arc\ ult\ max} \geq t_{arc\ new\ min} + T \frac{150^\circ - d\alpha}{360^\circ}, \quad K_{pp} = 1.5 \quad (6-4)$$

$$t_{arc\ ult\ max} \geq t_{arc\ new\ min} + T \frac{180^\circ - d\alpha}{360^\circ}, \quad \text{یا } K_{pp} = 1.3 \quad 1.0 \quad (7-4)$$

1.Ultimate Maximum Arcing Time

2.New Minimum Arcing Time

در این رابطه  $t_{arc\ new\ min}$  مقدار جدید زمان قوس حداقل،  $t_{arc\ ult\ max}$  مقدار نهایی زمان قوس حداکثر و  $da = 18^\circ$  است. در صورتی که کلید در دومین آزمون اضافی رد شود می‌توان کلید را مطابق با بند 4-9-5 تعمیر نمود و دوره آزمون را با یک زمان قوس حداقل (که بزرگتر از زمان قوس متوسط مردود شده باشد) مجدداً انجام داد.

#### 4-10-2-3-2- آزمون قطع با جریان نامتقارن

اگر در طی یک آزمون قطع جریان نامتقارن (دوره آزمون T100a) کلید نتواند قطع کامل را در صفر جریان، پس از یک حلقه اصلی و با زمان قوس متوسط انجام دهد، در این صورت باید آن را در حلقه غیر اصلی متعاقب آن به انجام برساند.

#### 4-10-2-4- آزمونهایی که شرایط سیستم‌های با نوترال زمین شده و ایزوله را تلفیق ۱ می‌کنند.

می‌توان شرایط سیستم‌های با نوترال ایزوله (4-10-2-1) و سیستم‌های با نوترال زمین شده (4-10-2-2) را در یک سری آزمون تلفیق کرد. در این حالت، ولتاژهای گذرا و فرکانس قدرت به کار رفته باید مقادیر موردنیاز برای یک سیستم با نوترال ایزوله و زمان‌های قوس به کار رفته باید مقادیر مورد نیاز برای یک سیستم با نوترال زمین شده باشند.

#### 4-10-2-5- تقسیم‌بندی دوره آزمون به چند سری آزمون با در نظر گرفتن TRV مربوط به هر پل بازشونده

استفاده از آزمون‌های تک فاز به جای سه فاز نسبت به آزمون‌های سه فاز شرایط سخت‌تری را برای کلید ایجاد می‌کند زیرا در این آزمون‌ها زمان قوس آخرین پل بازشونده همراه با TRV اولین پل بازشونده اتفاق می‌افتد. به عنوان یک راه حل، سازنده می‌تواند هر دوره آزمون را به دو یا سه سری آزمون مجزا تقسیم کند. در این سری آزمون‌ها کلید باید بتواند عمل قطع کامل را به صورت موفقیت‌آمیز برای هر پل بازشونده و تحت TRV مربوط به همان پل و با زمان‌های قوس حداقل، حداکثر و متوسط انجام دهد. ضرایب استاندارد برای مقدار TRV مربوط به دومین و سومین پل بازشونده در جدول (4-2) داده شده است. آماده‌سازی مجدد کلید پس از هر سری آزمون، مجاز بوده و باید با ملزومات 4-9-5 سازگار باشد.

جدول 4-2: ضرایب استاندارد مقادیر TRV برای دومین و سومین پل بازشونده

ضرایب				ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم $K_{pp}$
سومین پل بازشونده		دومین پل بازشونده		
$u_c$	RRRV	$u_c$	RRRV	
0/58	0/70	0/58	0/70	1/5
0/77	0/70	0/98	0/95	1/3

اگر در تمامی عملکردهایی که مطابق با توالی عملکرد نامی انجام می‌گیرند، کمیات زمانی مطابق با ملزومات بند 4-10-2 باشند، محدوده زمانی قطع کامل<sup>2</sup> هر فاز برای آزمون‌هایی که با جریان متقارن انجام می‌گیرند مطابق با جدول (4-3) خواهد بود (لحظه قطع کامل اولین پل بازشونده با حداقل زمان قوس به عنوان مرجع در نظر گرفته شده است).

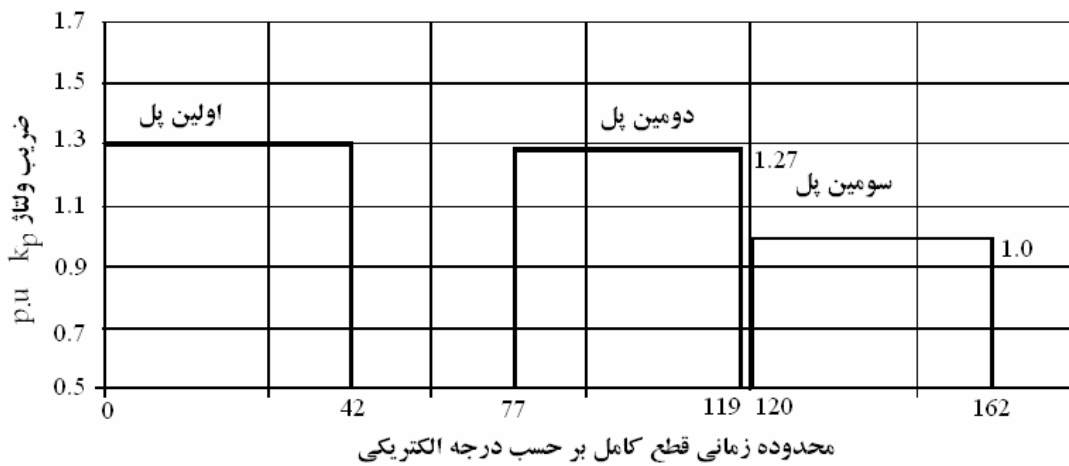
1. Combine

2. Interrupting Window

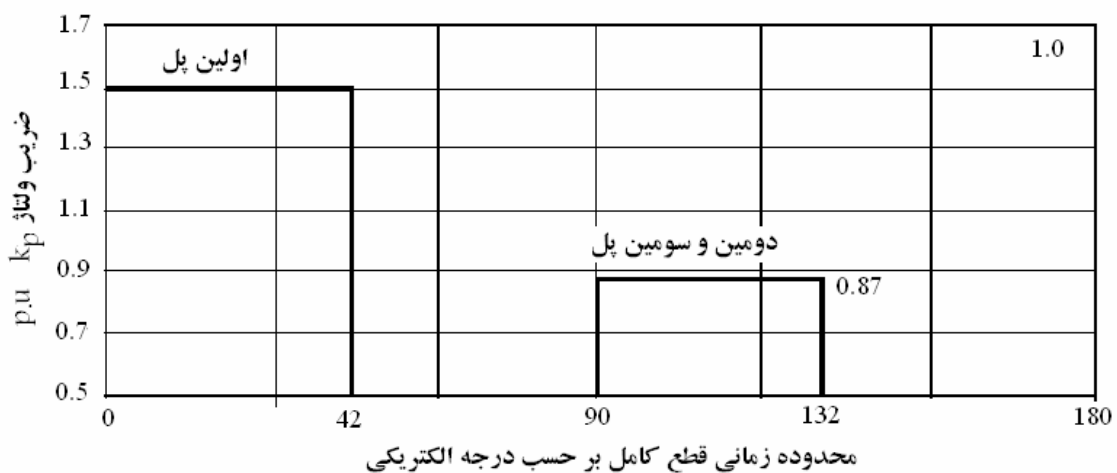
جدول 3-4: محدوده زمانی قطع برای آزمونهای جریان متقارن

ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم	اولین پل بازشونده (درجه)	دومین پل بازشونده (درجه)	سومین پل بازشونده (درجه)
1/5	0-42	90-132	90-132
1/3	0-42	77-119	120-162

محدوده زمانی قطع کامل و ضریب ولتاژ  $K_p$  (که تعیین کننده TRV پل مجزا است) به ازای ضرایب افزایش ولتاژ فاز سالم 1/3 و 1/5 به ترتیب در شکل های (13-4) و (14-4) به صورت تصویری نشان داده شده است.



شکل 13-4: نمایش محدوده زمانی قطع کامل و ضریب ولتاژ  $K_p$  برای سیستم هایی که ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم در آنها برابر با 1/3 است.



شکل 14-4: نمایش محدوده زمانی قطع کامل و ضریب ولتاژ  $K_p$  برای سیستم هایی که ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم در آنها برابر با 1/5 است.

# فصل ۵

## آزمونهای نوعی (قسمت سوم)





## مقدمه

در این فصل تعداد دیگری از آزمونهای نوعی کلید ارائه شده است. این فصل عناوین زیر را شامل می‌شود:

- مدارات آزمونهای قطع و وصل اتصال کوتاه
- کمیات آزمونهای اتصال کوتاه
- روال آزمونهای اتصال کوتاه
- دوره آزمونهای اساسی اتصال کوتاه
- آزمونهای جریان بحرانی
- آزمونهای تک فاز و خطای اتصال دو فاز به زمین
- آزمونهای خطای نزدیک کلید
- آزمونهای قطع و وصل غیرهم فاز
- آزمونهای کلیدزنی جریان خازنی

### 5-1- مدارات مربوط به آزمونهای قطع و وصل اتصال کوتاه

#### 5-1-1- ضریب توان

ضریب توان یک مدار سه فاز برابر میانگین ضریب توان سه فاز آن در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین ضریب توان هر فاز باید یکی از روش‌های مطرح شده در پیوست D از استاندارد IEC شماره 62271-100 مورد استفاده قرار گیرد. ضریب توان مدار آزمون نباید از 0/15 تجاوز کند. همچنین تغییرات ضریب توان هر فاز حول مقدار میانگین نباید بیش از 25% مقدار میانگین باشد

#### 5-1-2- فرکانس

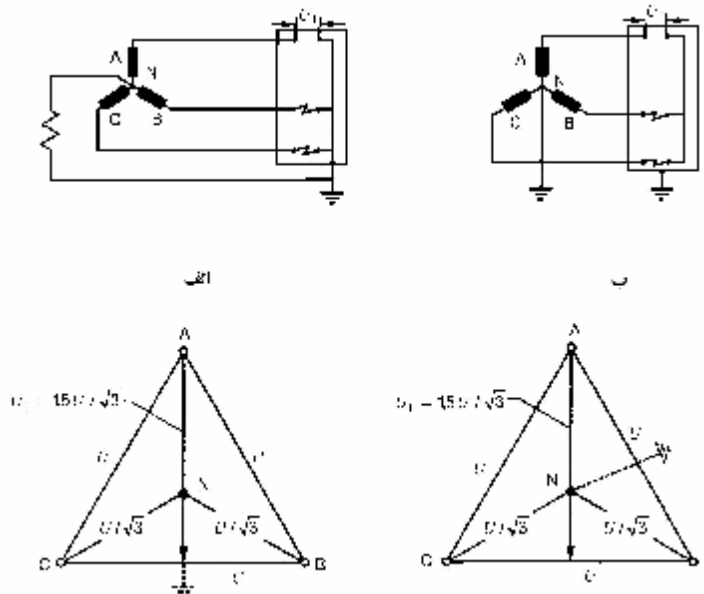
کلید باید در فرکانس نامی با تلورانس  $\pm 8\%$  مورد آزمایش قرار گیرد. با این حال برای سادگی می‌توان آزمون را در فرکانس‌های دیگر نیز انجام داد. اما اگر به عنوان مثال کلید 50 هرتز در فرکانس 60 هرتز آزمایش شود، باید در تفسیر نتایج دقت نموده و نوع کلید و نوع آزمون را در نظر گرفت.

#### 5-1-3- زمین کردن مدار آزمون

اتصال مدارات آزمونهای قطع و وصل اتصال کوتاه به زمین باید مطابق با نیازمندیهای زیر بوده و در تمام موارد در نمودار مدار آزمون (که در گزارش آزمون ثبت می‌شود) مشخص شود.

الف) آزمون‌های سه فاز یک کلید سه پل،  $K_{pp}=1/5$ 

در این حالت باید کلید را (که استراکچر آن مشابه شرایط سرویس زمین شده است) به یک مدار آزمون که نوترال منبع آن ایزوله است متصل کرده و نقطه اتصال کوتاه را زمین نمود (شکل 5-1-الف). در صورتی که انجام آزمون به این صورت امکان‌پذیر نباشد می‌توان از مدار شکل (5-1-ب) که در آن نوترال منبع زمین شده و نقطه اتصال کوتاه ایزوله است استفاده کرد. ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم در این آزمون‌ها برابر  $1/5$  خواهد بود.



شکل 5-1: زمین کردن مدار آزمون اتصال کوتاه سه فاز ( $K_{pp}=1/5$ ). الف) مدار مناسب ب) مدار جایگزین

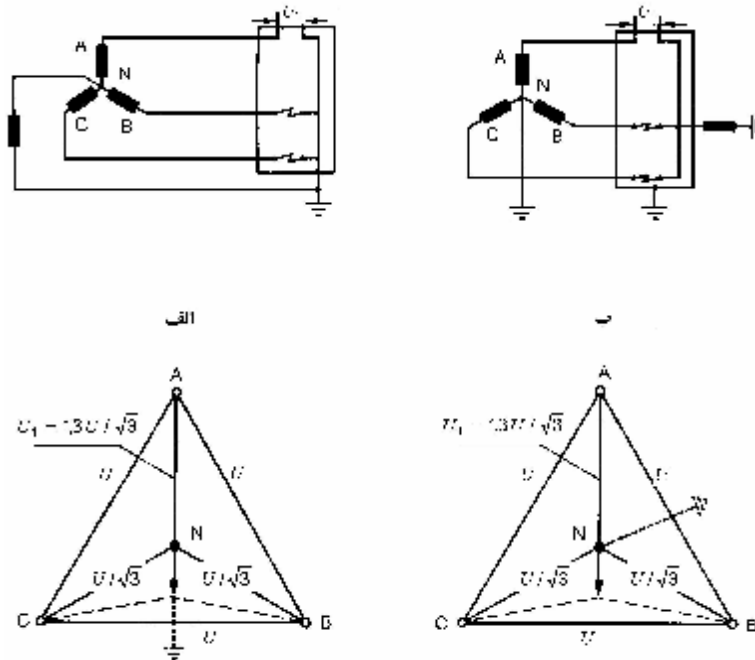
نوترال منبع تغذیه را می‌توان مطابق با شکل (5-1-الف) از طریق یک مقاومت زمین کرد. این مقاومت باید تا حد امکان بزرگ انتخاب شود اما به هر حال مقدار آن برحسب اهم نباید از  $0/1U$  کمتر باشد. ( $U$  مقدار عددی ولتاژ خط مدار آزمون برحسب ولت است).

در صورت استفاده از مدار شکل (5-1-ب) ممکن است جریان زمین ناشی از آزمون خطای زمین روی یک ترمینال کلید تا حد خطرناکی افزایش یابد. در این حالت می‌توان نوترال منبع را از طریق یک امپدانس مناسب به زمین متصل نمود.

ب) آزمون‌های سه فاز یک کلید سه پل،  $K_{pp}=1/3$ 

در این حالت باید کلید را (که استراکچر آن مشابه شرایط سرویس زمین شده است) به یک مدار آزمون که نوترال منبع آن از طریق یک امپدانس مناسب زمین شده متصل نمود و نقطه اتصال کوتاه را مستقیماً زمین کرد (شکل 5-2-الف). در صورتی که انجام آزمون به این صورت امکان‌پذیر نباشد می‌توان از مدار شکل (5-2-ب) که در آن نوترال منبع مستقیماً و نقطه اتصال کوتاه از طریق امپدانس به زمین متصل شده، استفاده کرد.

امپدانس مذکور باید به گونه‌ای انتخاب گردد که ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم برابر  $1/3$  شود. با فرض  $Z_0=3/25Z_1$  مقدار آن برابر  $0/75$  امپدانس فاز خواهد بود.

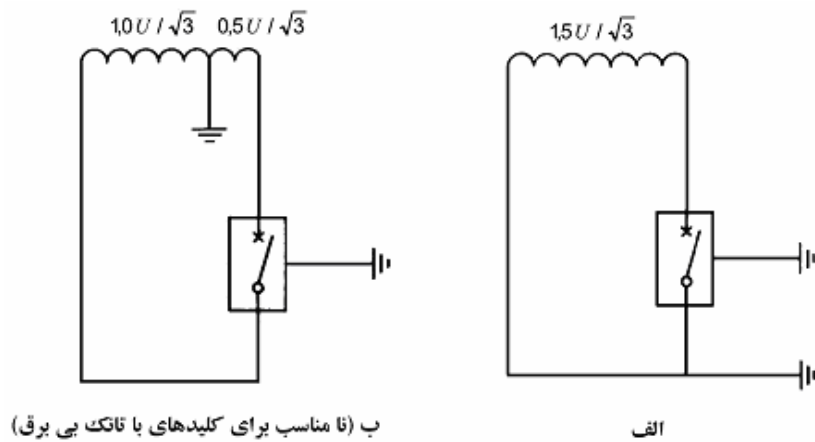


شکل 5-2: زمین کردن مدار آزمون اتصال کوتاه سه فاز ( $K_{pp}=1/3$ ) الف) مدار مناسب ب) مدار جایگزین

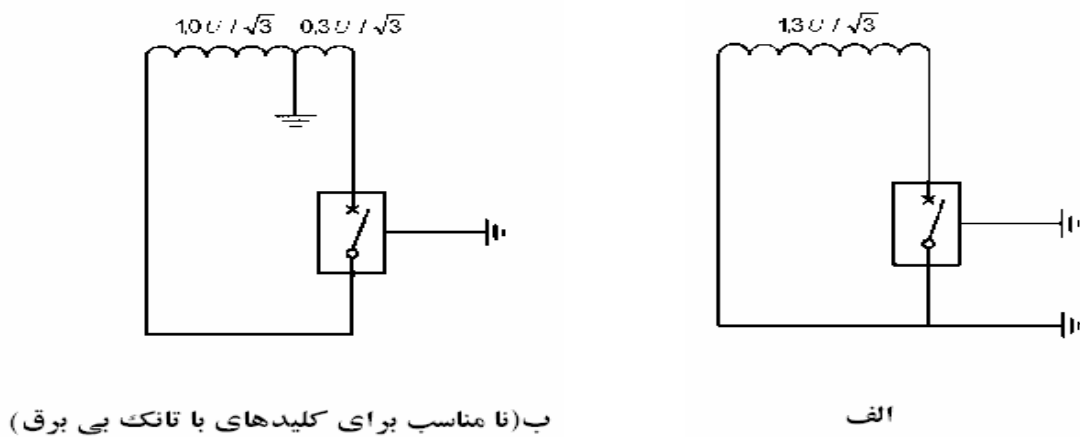
اگر ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم سیستمی که کلید برای کار در آن آزمایش می‌شود کوچکتر از  $1/3$  باشد، باید مقدار امپدانس بین نوترال و زمین را کاهش داد تا شرایط قطع جریان در دومین و سومین پل بازشونده در آزمون ایجاد شود. باید توجه داشت که در مورد کلیدهایی که عایق بین فازها و یا فاز و زمین در آنها بحرانی است (مانند GIS و کلیدهای با محفظه زمین شده) نمی‌توان از مدار آزمون شکل (5-2-ب) استفاده کرد. روش مناسب برای آزمایش این کلیدها در استاندارد IEC شماره 61633 آمده است.

### پ) آزمون‌های تک فاز روی یک پل از یک کلید سه پل با $K_{pp}=1/5$

اتصالات مدار آزمون و بدنه کلید باید مطابق شکل 5-3-الف (مدار مناسب برای آزمون) انجام گیرد تا شرایط ولتاژ بین اجزاء برقرار و بدنه کلید پس از خاموش شدن قوس مشابه شرایطی باشد که در مدار شکل (5-1-الف) برای اولین پل بازشونده ایجاد می‌شود. در صورت محدود بودن امکانات آزمایشگاه از مدار شکل (5-3-ب) نیز می‌توان استفاده کرد. با این حال مدار اخیر برای کلیدهایی که وضعیت عایقی بین فازها و یا فاز و زمین در آنها بحرانی است (مانند GIS و کلیدهای با محفظه زمین‌شده) مناسب نمی‌باشد. برای کلیدهای مذکور می‌توان روش‌های مطرح شده در IEC شماره 61633 را به کار برد.



شکل 3-5: زمین کردن مدار آزمون اتصال کوتاه تک فاز برای  $K_{pp}=1/5$  (الف) مدار مناسب ب) مدار جایگزین



شکل 4-5: زمین کردن مدار آزمونهای اتصال کوتاه تک فاز با  $K_{pp}=1/3$  (الف) مدار مناسب ب) مدار جایگزین

**ت) آزمونهای تک فاز روی یک پل از یک کلید سه پل با  $K_{pp}=1/3$**

اتصالات مدار آزمون و بدنه کلید باید مطابق شکل (4-5 الف) (مدار مناسب برای آزمون) انجام گیرد تا شرایط ولتاژ بین اجزاء برقرار و بدنه کلید پس از خاموش شدن قوس تقریباً مشابه شرایطی باشد که در مدار شکل (2-5 الف) برای اولین پل بازشونده ایجاد می شود.

در صورت محدود بودن امکانات آزمایشگاه از مدار شکل (4-5 ب) نیز می توان استفاده کرد. با این حال مدار اخیر برای کلیدهایی که وضعیت عایقی بین فازها و یا فاز و زمین در آنها بحرانی است (مانند GIS و کلیدهای با محفظه زمین شده) مناسب نمی باشد. برای کلیدهای مذکور می توان روش های مطرح شده در استاندارد IEC شماره 61633 را به کار برد.

### ث) آزمون‌های تک‌فاز یک کلید تک‌پل

اتصالات مدار آزمون و بدنه کلید باید به گونه‌ای باشد که شرایط ولتاژ بین اجزاء برقدار و زمین پس از خاموش شدن قوس، مشابه شرایط ولتاژ کلید در سرویس باشد. اتصالات مورد استفاده باید در گزارش آزمون ثبت شود.

#### 5-1-4- اتصال مدار آزمون به کلید

در حالتی که چیدمان دو طرف<sup>1</sup> کلید از نظر فیزیکی متفاوت است، طرف برقدار مدار آزمون باید به سمتی از کلید وصل شود که از نظر ولتاژ فاز به زمین شرایط سخت‌تری را برای کلید ایجاد می‌کند؛ مگر اینکه کلید تنها برای تغذیه از یک طرف طراحی شده باشد.

اگر نتوان به سادگی تشخیص داد که کدام اتصال شرایط سخت‌تری را برای کلید ایجاد می‌کند، باید دوره آزمون‌های T10 و T30 (بندهای 1-4-5 و 2-4-5) و همچنین T100s و T100a را با اتصالات مخالف<sup>2</sup> انجام داد. در صورتی که T100a انجام نشود باید T100s را با هر یک از دو اتصال ممکن اجرا نمود.

#### 5-2- کمیات آزمون‌های اتصال کوتاه

##### 5-2-1- ولتاژ اعمالی پیش از آزمون‌های وصل اتصال کوتاه

ولتاژ مورد استفاده در آزمون‌های وصل اتصال کوتاه بند 4-4-5 باید مطابق زیر باشد.  
الف) مقدار متوسط ولتاژ فاز به فاز مورد استفاده در آزمون‌های سه فاز روی کلید سه پل نباید از ولتاژ نامی کلید ( $U_r$ ) کمتر بوده یا بدون موافقت سازنده بیش از 10 درصد از مقدار مذکور بیشتر شود. تفاوت بین ولتاژ هر پل با مقدار متوسط ولتاژ اعمال شده به پل‌ها نباید بیش از 5 درصد باشد.

ب) مقدار مورد استفاده در آزمون‌های تک‌فاز روی کلید سه پل نباید از ولتاژ نامی فاز به زمین کلید ( $\frac{U_r}{\sqrt{3}}$ ) کمتر بوده یا بدون موافقت سازنده بیش از 10 درصد از مقدار مذکور بیشتر شود.

به منظور تسهیل در انجام آزمون می‌توان در صورت موافقت سازنده از ولتاژی برابر با حاصلضرب ولتاژ فاز به زمین در ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم (1/3 یا 1/5) استفاده نمود.

اگر حداکثر فاصله زمانی بین لحظه تماس کنتاکت‌ها در عمل بستن سه پل از یک چهارم سیکل فرکانس نامی بیشتر باشد ولتاژ اعمالی به کلید در یک سیکل بازبست تک پل باید برابر حاصل ضرب ولتاژ نامی فاز به زمین در ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم باشد.  
پ) ولتاژ مورد استفاده در آزمایش یک کلید تک پل نباید از ولتاژ نامی کلید کمتر بوده یا بدون موافقت سازنده بیش از 10 درصد از مقدار مذکور بیشتر شود.

1 . Side  
2 . Opposite

## 5-2-2-2-5- جریان وصل اتصال کوتاه

## 5-2-2-2-1- کلیات

توانایی کلید در وصل جریان نامی وصل اتصال کوتاه در دوره آزمون T100s مورد بررسی قرار می‌گیرد. کلید باید بتواند فارغ از اینکه پیش ضربه<sup>1</sup> قوس در چه لحظه‌ای از سیکل ولتاژ رخ می‌دهد، جریان را وصل کند. دو حالت حدی وجود دارد.

- وصل جریان در لحظه پیک ولتاژ که منجر به یک جریان اتصال کوتاه متقارن و قوسی با حداکثر پیش ضربه می‌شود.
  - وصل جریان در لحظه صفر ولتاژ، بدون پیش ضربه که منجر به یک جریان اتصال کوتاه کاملاً نامتقارن می‌شود.
- هدف از انجام آزمون، اثبات دو مورد زیر است:

الف) کلید قادر است جریان متقارن ناشی از آغاز پیش قوس<sup>2</sup> در پیک ولتاژ اعمالی را وصل کند. جریان مذکور باید برابر با مؤلفه متقارن جریان نامی قطع اتصال کوتاه باشد.

ب) کلید قادر است یک جریان کاملاً نامتقارن را وصل کند. جریان مذکور باید برابر با جریان نامی وصل اتصال کوتاه باشد.

کلید باید در ولتاژهای کمتر از ولتاژ نامی خود نیز قادر به عملکرد صحیح باشد. سازنده باید حد پایین ولتاژ کار کلید را (در صورت وجود) معین کند.

توجه به نکات زیر الزامی است:

- جریان اتصال کوتاه در صورتی متقارن فرض می‌شود که لحظه آغاز جریان در محدوده  $\pm 15$  درجه از لحظه وقوع پیک ولتاژ اعمالی باشد.
- جهت ایجاد سخت‌ترین شرایط در کلیدهایی که زمان پیش قوس آنها از 10 میلی‌ثانیه تجاوز می‌کند، ممکن است بیش از دو عملکرد وصل لازم شود.
- به دلیل ناهمزمانی (ناخواسته) عملکرد پل‌ها ممکن است تفاوت لحظه تماس کنتاکت‌ها در طی بستن منجر به افزایش پیک جریان وصل در یک پل شود. این مسأله بویژه در حالتی رخ می‌دهد که در یک پل، جریان حدود یک چهارم سیکل دیرتر از دو پل دیگر برقرار شود (به شرطی که پیش قوس وجود نداشته باشد).<sup>3</sup> نقص کلید در این حالت به منزله رد آن در دوره آزمون است.

## 5-2-2-2-5- روال آزمون

## 5-2-2-2-1- آزمون‌های سه فاز

در انجام آزمون‌های سه فاز فرض بر این است که صحت موارد «الف» و «ب» بند قبل در طی دوره آزمون T100s مشخص شده است.

1 . Pre - Strike  
2 . Pre - Arcing  
3 . Failure

کنترل زمان‌بندی<sup>1</sup> آزمون باید به گونه‌ای باشد که جریان نامی وصل اتصال کوتاه در حداقل یکی از دو سیکل بستن - باز کردن (CO) دوره آزمون T100s حاصل شود.

اگر پیش قوس کلید به گونه‌ای باشد که مقدار نامی جریان اتصال کوتاه وصل در طی اولین سیکل CO از دوره آزمون T100s حاصل نگردد و حتی پس از تنظیم<sup>2</sup> زمان‌بندی در دومین سیکل CO هم به دست نیاید، باید سیکل CO سوم را با ولتاژ کاهش یافته انجام داد. پیش از انجام سیکل سوم می‌توان کلید را آماده‌سازی مجدد نمود.

#### 5-2-2-2-2-5 آزمون‌های تک‌فاز

برای آزمون‌های تک‌فاز، دوره آزمون T100s یا T100s(a) باید به گونه‌ای انجام شود که در یکی از عملکردهای بستن، مورد "الف" و در عملکرد بستن دیگر مورد "ب" از بند 5-2-2-1 برآورده شود. توالی این عملکردها مشخص نشده است. اگر در طی دوره آزمون T100s یا T100s(a) برقراری یکی از ملزومات "الف" یا "ب" به قدر کافی واضح نباشد باید یک سیکل CO دیگر اجرا شود. پیش از اجرای CO مذکور می‌توان کلید را آماده‌سازی مجدد نمود. بسته به نتایج دوره آزمون معمولی T100s یا T100s(a)، سیکل CO اضافی باید یکی از دو مورد زیر را اثبات کند.

- ملزومات مطرح‌شده در موارد "الف" و "ب" بند 5-2-2-1 برآورده می‌شوند یا
- جریان‌های وصل اتصال کوتاه حاصل شده در آزمون نمایانگر شرایطی هستند که در شرایط کار کلید بر اثر مشخصه‌های پیش قوس آن به وجود می‌آیند.

اگر در طی دوره آزمون T100s یا T100s(a)، بر اثر مشخصه‌های کلید، جریان نامی وصل اتصال کوتاه حاصل نشود، سیکل CO اضافی را می‌توان با اعمال ولتاژ کاهش یافته انجام داد.

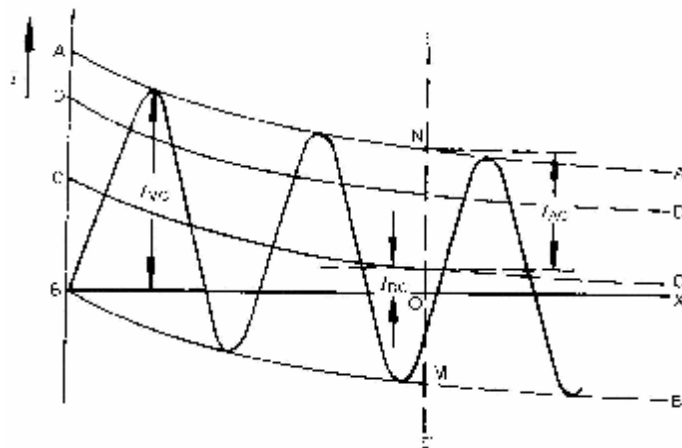
#### 5-2-3-3-2-5 جریان قطع اتصال کوتاه

جریان قطع اتصال کوتاه باید در لحظه جدا شدن کنتاکت‌ها و مطابق با شکل (5-5) مشخص شده و بر حسب دو مقدار زیر بیان گردد:

- متوسط مقادیر موثر مؤلفه‌های ac در تمامی فازها
  - درصد حداکثر مؤلفه dc در هر فاز
- اختلاف مقدار موثر مؤلفه ac هر فاز نباید با متوسط مقادیر موثر سه فاز بیش از 10 درصد اختلاف داشته باشد.

1 . Timing

2 . Adjustment



شکل 5-5: تعیین جریانهای وصل و قطع اتصال کوتاه و درصد مؤلفه dc

اگرچه جریان قطع اتصال کوتاه در لحظه متناظر با جداسدن کنتاکت‌ها اندازه‌گیری می‌شود، اما کارایی کلید در انجام عمل قطع را جریانی مشخص می‌کند که در آخرین حلقه قوس قطع می‌شود. بنابراین کاهش<sup>1</sup> مؤلفه ac جریان اتصال کوتاه بویژه در مورد کلیدهایی که در آنها قوس در طی چند حلقه از جریان برقرار است، اهمیت زیادی دارد. برای جلوگیری از ساده شدن آزمون (بر اثر کاهش مذکور) کاهش مؤلفه ac جریان اتصال کوتاه باید به گونه‌ای باشد که در لحظه خاموشی قوس اصلی<sup>2</sup> در آخرین پل بازشونده، مؤلفه ac جریان مورد انتظار از 90 درصد مقدار مناسب برای دوره آزمون کمتر نباشد. بدین منظور باید پیش از آغاز آزمون‌ها جریان مورد انتظار ثبت شود.

در صورتی که خصوصیات کلید، جریان اتصال کوتاه را به مقداری کمتر از جریان قطع مورد انتظار کاهش دهد یا اسیلوگرام به گونه‌ای باشد که رسم پوش موج جریان امکان‌پذیر نباشد، باید میانگین جریان قطع اتصال کوتاه مورد انتظار در سه فاز به عنوان جریان قطع اتصال کوتاه به کار رفته و با استفاده از اسیلوگرام جریان مورد انتظار در لحظه متناظر با جدایی کنتاکت‌ها اندازه‌گیری شود. لحظه جدایی کنتاکت‌ها را می‌توان بر مبنای تجربه و نوع کلید تحت آزمون با استفاده از روش‌های مختلفی تعیین کرد. از جمله این روش‌ها می‌توان به ثبت حرکت کنتاکت در طی آزمون، ثبت ولتاژ قوس یا آزمایش روی کلید بی‌بار اشاره کرد.

#### 5-2-4- مؤلفه DC جریان قطع اتصال کوتاه

اگر زمان بازشدن کلید به گونه‌ای باشد که کنترل مؤلفه dc جریان امکان‌پذیر نباشد ممکن است مؤلفه dc از مقدار مشخص شده برای دوره آزمون‌های T10، T30، T60 و T100s (بند 5-4) بیشتر شود.

اگر در یکی از عملکردهای بازکردن، درصد مؤلفه dc کمتر از مقدار مشخص شده باشد اما میانگین درصد مؤلفه‌های dc عملکرد بازکردن در کل دوره آزمون از مقدار مشخص شده برای درصد مؤلفه dc بیشتر شود، از این نظر کلید در آزمون پذیرفته می‌گردد. اما به هر حال در هیچ‌یک از آزمون‌های انجام شده درصد مؤلفه dc نباید از 90 درصد مقدار مشخص شده کمتر باشد.

1 . Decrement  
2 . Main Arc



اگر اسیلوگرام یک عملکرد قطع به گونه‌ای باشد که نتوان پوش موج جریان را به خوبی رسم نمود، درصد مؤلفه dc مورد انتظار را باید به عنوان درصد مؤلفه dc در لحظه جدایی کنتاکت‌ها در نظر گرفت (به شرط اینکه لحظات آغاز اتصال کوتاه‌ها قابل مقایسه باشند).

درصد مؤلفه dc باید از روی اسیلوگرام جریان مورد انتظار در لحظه متناظر با جدایی کنتاکت‌ها اندازه‌گیری شود.

### 5-2-5- ولتاژ بازیافت گذرا (TRV) در آزمون‌های قطع اتصال کوتاه

#### 5-2-5-1- کلیات

TRV مورد انتظار مدارات آزمون باید به نحوی مشخص شود که اندازه‌گیری و تولید آن تأثیر قابل توجهی بر موج TRV نگذارد. TRV باید در ترمینال‌های کلید در حالی که تمام وسایل مورد نیاز برای آزمون (از جمله مقسم‌های ولتاژ<sup>1</sup>) به آن متصلند، اندازه‌گیری شود. روش‌های مناسب در پیوست F از استاندارد IEC شماره 62271-100 آمده است. در مواردی که اندازه‌گیری امکان‌پذیر نباشد (برای مثال در بعضی از آزمون‌های ترکیبی) می‌توان TRV مورد انتظار را از طریق محاسبه به دست آورد. در مدارهای سه فاز، منظور از TRV مورد انتظار، ولتاژ بازیافت گذرا روی اولین پل بازشونده است (ولتاژ روی پل باز در حالی که دو پل دیگر بسته‌اند). مدار آزمون باید مطابق با بند 3-1-5 آرایش یابد.

TRV مورد انتظار در آزمون، با رسم پوش (مطابق با پیوست E از استاندارد IEC شماره 62271-100) و توسط بخش ابتدایی آن مشخص می‌شود.

TRV مشخص شده برای آزمون، توسط یک خط مرجع، یک خط تأخیر و پوش ولتاژ بازیافت گذرای اولیه (ITRV) مشخص می‌شود (مشابه با TRV مربوط به جریان نامی قطع اتصال کوتاه مطابق با 1-1-3-1 و شکل‌های 5-6، 5-7 و 5-8). پارامترهای TRV به صورت تابعی از ولتاژ نامی ( $U_r$ )، ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم ( $K_{pp}$ ) و ضریب دامنه ( $K_{af}$ ) مطابق زیر مشخص می‌شوند. مقادیر واقعی  $K_{af}$  و  $K_{pp}$  در جداول (2-4) تا (2-7) و جداول (5-1) و (5-2) آمده‌اند.

#### الف) برای ولتاژ نامی 72/5 کیلوولت

در تمام دوره آزمون‌ها، TRV مورد انتظار با دو پارامتر مشخص می‌شود.

- مقدار پیک TRV برابر است با  $u_c = K_{pp} \times K_{af} \times U_r \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$  که در آن  $K_{af}$  (ضریب دامنه) برای دوره آزمون T100 و مدار سمت منبع برای خطای نزدیک کلید 1/4، برای دوره آزمون‌های T60، T30 و T10، 1/5 و برای قطع غیر هم فاز برابر 1/25 می‌باشد.

- زمان  $t_3$  با توجه به مقدار  $u_c$  و مقدار مشخص شده برای نرخ افزایش  $u_c / t_3$  به دست می‌آید.

- تأخیر زمانی  $t_d$  برای مدار سمت منبع برای خطای نزدیک کلید برابر  $0/05t_3$  و برای دوره آزمون‌های T60، T30، T10 و قطع غیر هم فاز برابر  $0/15t_3$  است.

-  $u' = u_c / 3$

- زمان  $t'$  مطابق شکل 5-7 با توجه به مقادیر  $u'$ ،  $u_c / t_3$  و  $t_d$  مشخص می‌شود.

### ب) برای ولتاژهای نامی 145، 245 و 420 کیلوولت

TRV مورد انتظار برای دوره آزمون‌های T30 و T10 با دو پارامتر و برای دوره آزمون‌های T100 و T60، مدار تغذیه خطای نزدیک کلید برای دوره آزمون‌های L90 و L75 و برای دوره آزمون‌های قطع غیرهم فاز OP1 و OP2 با چهار پارامتر مشخص می‌شود.

$$- \text{ اولین ولتاژ مرجع } u_1 = 0.75k_{pp} \times U_r \times \sqrt{\frac{2}{3}}$$

- زمان  $t_1$  از مقدار  $u_1$  و مقدار مشخص شده برای نرخ افزایش  $u_1/t_1$  به دست می‌آید.

- مقدار پیک TRV برابر است با  $u_c = k_{ap} \times k_{af} U_r \sqrt{\frac{2}{3}}$ . ضریب دامنه  $K_{af}$  برای دوره آزمون T100 و برای مدار سمت منبع برای خطای نزدیک کلید برابر  $1/4$ ، برای دوره آزمون T60 برابر  $1/5$ ، برای دوره آزمون T30 برابر  $1/54$ ، برای دوره آزمون T10 برابر  $1/7$  و برای قطع غیرهم فاز برابر  $1/25$  می‌باشد.

- زمان  $t_2$  برای دوره آزمون T100 و برای مدار سمت منبع برای خطای نزدیک کلید برابر  $4t_1$ ، برای قطع غیرهم فاز بین  $2t_1$  تا  $4t_1$  و برای T60 برابر  $6t_1$  می‌باشد.

- در مورد دوره آزمون‌های T30 و T10 زمان  $t_3$  با توجه به مقدار  $u_c$  و مقدار مشخص شده برای نرخ افزایش  $u_c/t_3$  به دست می‌آید.

- تأخیر زمانی  $t_d$  برای دوره آزمون T100 بین 2 میکروثانیه تا  $0.28t_1$ ، برای دوره آزمون T60 بین 2 میکروثانیه تا  $0.3t_1$  و برای دوره آزمون OP1 و OP2 بین 2 میکروثانیه تا  $0.1t_1$  می‌باشد. تأخیر زمانی برای دوره آزمون‌های T30 و T10،  $0.15t_3$  و برای مدار سمت منبع برای خطای نزدیک کلید برابر 2 میکروثانیه است.

- ولتاژ  $u'$  برای دوره آزمون‌های T100 و T60 و برای مدار طرف منبع برای SLF و قطع غیرهم فاز برابر  $\frac{u_1}{2}$  و برای دوره آزمون‌های T30 و T10 برابر  $\frac{u_c}{3}$  است.

- زمان  $t'$  برای دوره آزمون‌های T100 و T60 و برای مدار طرف منبع برای SLF و قطع غیرهم فاز مطابق با شکل 5-6 از  $u'$ ،  $\frac{u_1}{t_1}$  و  $t_d$  به دست می‌آید. مقدار  $t'$  برای T30 و T10 مطابق با شکل 5-7 از  $u'$ ،  $\frac{u_c}{t_3}$  و  $t_d$  حاصل می‌شود.

TRV مورد انتظار مدار آزمون باید دو الزام زیر را برآورده سازد:

الف) در هیچ لحظه‌ای نباید پوش TRV زیر خط مرجع تعیین شده قرار گیرد.

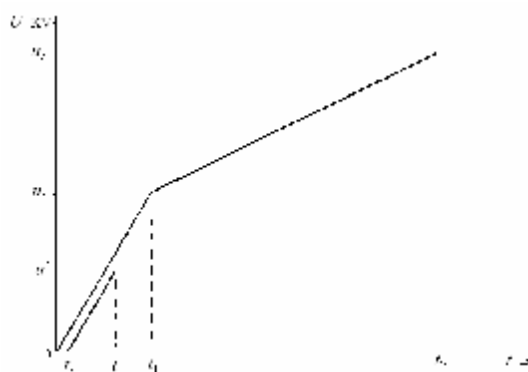
باید توجه داشت که برای تسهیل آزمون می‌توان دوره آزمون‌های T100 و T60 را بر روی کلیدهای 145، 245 و 420 کیلوولت با استفاده از TRV دو پارامتری انجام داد مشروط بر اینکه نرخ افزایش ولتاژ بازیافت، متناظر با مقدار استاندارد  $\frac{u_1}{t_1}$  و مقدار پیک، متناظر با مقدار استاندارد  $u_c$  باشد (انجام این کار منوط به موافقت سازنده است).

ب) بخش ابتدایی TRV باید ملزومات مشخص شده برای ITRV را برآورده سازد. ITRV را باید به صورت یک خطای نزدیک

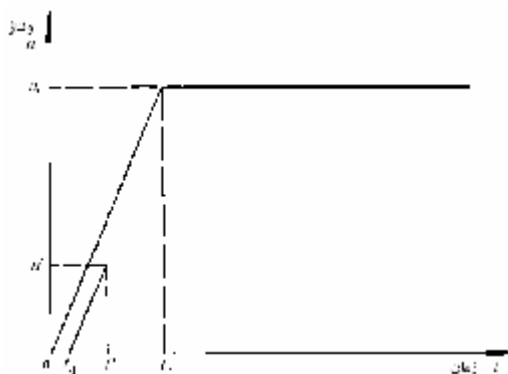
کلید در نظر گرفت. بنابراین اندازه‌گیری مدار ITRV باید ضرورتاً مستقل از طرف منبع انجام شود. ITRV با مقدار پیک  $u_i$  و زمان  $t_i$  (شکل 5-8) مشخص می‌شود.

برای دوره آزمون‌های T100a، T100s و L90 انجام آزمایش تحت شرایط ITRV ضروری است. در صورتی که برای خطای نزدیک کلید مقدار نامی مشخص شده باشد، در صورتی ملزومات ITRV برآورده می‌شوند که آزمون‌های خطای اتصال کوتاه با استفاده از خطی با تأخیر زمانی ناچیز انجام گیرند.

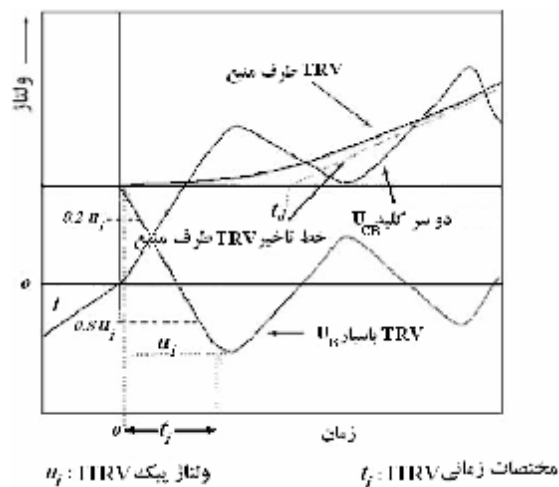
از آنجا که ITRV متناسب با امپدانس موجی شینه و جریان می‌باشد، می‌توان در مورد کلیدهای GIS و همه کلیدهای 72/5 کیلوولت (به دلیل امپدانس موجی کم) و تمام کلیدهایی که جریانی نامی آنها کمتر از 25 کیلو آمپر است، از ملزومات ITRV چشم پوشید.



شکل 5-6: نمایش یک TRV معین با یک خط مرجع چهار پارامتری و یک خط تأخیر



شکل 5-7: نمایش یک TRV معین با یک خط مرجع دوپارامتری و یک خط تأخیر



شکل 5-8: مدار اصلی برای خطای ترمینال با ITRV

#### 2-5-2-5-2- دوره آزمون های T100a و T100s

مقادیر استاندارد مربوطه برای کلیدهای 72/5 کیلوولت در جدول (1-5) و برای کلیدهای 245،145 و 420 کیلوولت در جدول (2-5) آمده است. مقادیر استاندارد خطوط مرجع، خطوط تأخیر و ITRV در جداول (2-4) تا (7-2) جدول (2-4) و جدول (2-9) آمده است.

از نظر ITRV اگر آزمون با TRV دنبال کننده خط مستقیم مرجع (قسمت ب بند 1-5-2-5 و شکل 7-5) انجام شود، اثر آن بر کلید، مشابه اثر هر یک از ITRVهای مشخص شده در قسمت ب بند 1-5-2-5 و شکل (8-5) فرض می شود. ممکن است به دلیل پاره‌ای محدودیت‌های آزمایشگاهی نتوان ملزومات قسمت ب بند 1-5-2-5 را از نظر تأخیر زمانی برآورده نمود. در صورتی که آزمون‌های خطای نزدیک کلید نیز انجام شوند می توان نقایص مذکور را با افزایش سیر<sup>1</sup> ولتاژ به سمت اولین پیک ولتاژ طرف خط جبران نمود (ر.ک به بند 3-7-5). تأخیر زمانی مدار تغذیه باید حتی الامکان کوچک بوده و در هیچ حالتی نباید از مقادیر مندرج در پرانتزهای جداول 1-5 و 2-5 بیشتر شود.

در صورتی که آزمون‌های خطای نزدیک کلید نیز انجام شوند می توان ملزومات ITRV و SLF را در مدار طرف خط ترکیب نمود. هنگامی که ITRV با ولتاژ گذرای یک خط کوتاه با تأخیر زمانی  $t_{dl}$  ترکیب می شود (جدول 10-2)، کل تنش با تنش خط کوتاه با تأخیر ناچیز برابر است.

#### 2-5-2-5-3- دوره آزمون T60

مقادیر استاندارد برای ولتاژ 72/5 کیلوولت در جدول 1-5 و برای ولتاژهای 245،145 و 420 کیلوولت در جدول 2-5 آمده است.

## 5-2-5-4 - دوره آزمون T30

مقادیر استاندارد برای ولتاژ 72/5 کیلوولت در جدول 5-1 آمده است. ممکن است دستیابی به مقادیر کوچک  $t_3$  در آزمون مستقیم دشوار باشد. در این حالت می‌توان از کوچک‌ترین مقادیر ممکن (ولی نه کوچکتر از مقادیر مندرج در جدول) استفاده کرد. مقادیر مورد استفاده باید در گزارش آزمون ثبت شوند.

مقادیر استاندارد برای سطوح ولتاژ 420 و 245، 145 کیلوولت در جدول 5-2 آمده است.

## 5-2-5-5 - دوره آزمون T10

مقادیر استاندارد برای ولتاژ 72/5 کیلوولت در جدول 5-1 و برای ولتاژهای 245، 145 و 420 کیلوولت در جدول 5-2 آمده است. زمان  $t_3$  تابعی است از فرکانس طبیعی ترانسفورماتورها.

ممکن است دستیابی به مقادیر کوچک  $t_3$  در آزمون مستقیم دشوار باشد. می‌توان از کوچک‌ترین مقادیر ممکن (ولی نه کوچکتر از مقادیر مندرج در جدول) استفاده کرد. مقادیر مورد استفاده باید در گزارش آزمون ثبت شوند.

## 5-2-5-6 - دوره آزمون‌های OP1 و OP2

مقادیر استاندارد برای ولتاژ 72/5 کیلوولت در جدول 5-1 و برای ولتاژهای 245، 145 و 420 کیلوولت در جدول 5-2 آمده است. برای  $t_e$  و  $t'$  دو مقدار مشخص شده که حدود پایینی و بالایی مقادیر مجاز را معین می‌کنند.

جدول 5-1: مقادیر استاندارد ولتاژ بازیافت گذرای موردانتظار برای ولتاژ 72/5 کیلوولت - نمایش دو پارامتری

ولتاژ نامی $U_r$ kV	دوره آزمون	ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم (Pu) $K_{pp}$	ضریب دامنه $K_{af}$ (Pu)	پیک TRV $U_C$ (kV)	زمان $t_3$ (m s)	تأخیر زمانی* $t_d$ (m s)	ولتاژ $u_c$ (kV)	زمان* $t_c$ (ms)	نرخ افزایش $u_c/t_3$ (kV/ms)
72/5	T100	1/5	1/4	124	165	8(25)	41	63(80)	0/75
	T60	1/5	1/5	133	72	11	44	35	1/85
	T30	1/5	1/5	133	36	5	44	17	3/70
	T10	1/5	1/5	133	36	5	44	17	3/70

\* در مواردی که برای  $t_e$  و  $t'$  دو مقدار مشخص شده، در صورت انجام آزمون خطای نزدیک کلید مقدار درون پرانتز برای آزمون مذکور به کار می‌رود. در سایر موارد مقدار بیرون پرانتز استفاده می‌شود.

جدول 5-2-الف: مقادیر استاندارد ولتاژ بازیافت مورد انتظار برای ولتاژهای 145، 245 و 420 کیلوولت در سیستم‌های با نوترال مستقیماً زمین شده. نمایش چهار پارامتری (OP2, OP1, T60, T100) یا دو پارامتری (T10 و T30)

ولتاژ نامی $U_r$ (kV)	دوره آزمون	ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم $K_{p,p}$ (Pu)	ضریب دامنه $k_{af}$ (pu)	اولین ولتاژ مرجع $U_1$ (kV)	زمان $t_1$ (mS)	مقدار پیک TRV $u_c$ (kV)	زمان $t_2$ یا $t_3$ (ms)	تأخیر زمانی $t_d$ (ms)	ولتاژ $u_c$ (kV)	زمان $t_c$ (ms)	نرخ افزایش $u_1/t_1$ $u_c/t_3$ (kV/ms)
145	T100	1/3	1/4	115	58	215	231	2-16	58	-45 31	1
	T60	1/3	1/5	115	38	231	231	2-12	58	-31 21	3
	T30	1/3	1/54	-	-	237	47	7	79	23	5
	T10	1/3	0/9*1/7	-	-	235	34	5	78	16	7
	OP1-OP2	2	1/25	178	115	296	-462 231	2-12	89	-70 60	1/54
245	T100	1/3	1/40	195	98	364	390	2-27	98	-76 51	2
	T60	1/3	1/50	195	65	390	390	2-20	98	-52 35	3
	T30	1/3	1/54	-	-	400	80	12	133	39	5
	T10	1/3	0/9*1/7	-	-	398	57	9	133	27	7
	OP1-OP2	2	1/25	300	195	500	-780 390	2-20	150	-117 99	1/54
420	T100	1/3	1/40	334	167	624	669	2-47	167	-130 86	2
	T60	1/3	1/50	334	111	669	669	2-33	167	-89 58	3
	T30	1/3	1/54	-	-	687	137	21	229	66	5
	T10	1/3	0/9*1/7	-	-	682	97	15	227	47	7
	OP1-OP2	2	1/25	514	334	857	-1338 669	2-33	257	-200 169	1/54

جدول 5-2-ب: مقادیر استاندارد ولتاژ بازیافت گذرای مورد انتظار برای سطح ولتاژ 145 کیلوولت در سیستم‌هایی که نوترال مستقیماً زمین نشده است. نمایش چهار پارامتری (OP2, OP1, T60, T100) یا دو پارامتری (T10 و T30)

ولتاژ نامی $U_r$ (kV)	دوره آزمون	ولتاژ افزایش ولتاژ فاز سالم $K_{p,p}$ (Pu)	ضریب دامنه $k_{af}$ (pu)	اولین ولتاژ مرجع $U_1$ (kV)	زمان $t_1$ (ms)	مقدار پیک TRV $u_c$ (kV)	زمان $t_2$ یا $t_3$ (ms)	تأخیر زمانی $t_d$ (ms)	ولتاژ $u_c$ (kV)	زمان $t_c$ (ms)	نرخ افزایش $U_1/t_1$ $u_c/t_3$ (kV/ms)
145	T100	1/5	1/40	133	67	249	266	2-19	67	35-52	2
	T60	1/5	1/50	133	44	266	266	2-13	67	24-36	3
	T30	1/5	1/54	-	-	273	55	8	91	26	5
	T10	1/5	0/9*1/7	-	-	272	39	6	91	19	7
	OP1-OP2	2/5	1/25	222	133	370	-532 266	2-13	111	68-79	1/67

## 5-2-6- اندازه‌گیری ولتاژ بازیافت گذرا در طی آزمون

در طی یک آزمون اتصال کوتاه مشخصه‌های کلید از قبیل ولتاژ قوس، هدایت پس از قوس<sup>1</sup> و وجود مقاومت‌های کلیدزنی (در صورت وجود) بر ولتاژ بازیافت گذرا تأثیر می‌گذارد. از این رو ولتاژ بازیافت گذرای آزمون تا حدی (که میزان آن به مشخصات کلید بستگی دارد) با موج TRV مورد انتظار مدار آزمون (که ملزومات کارایی کلید بر پایه آن بیان شده‌اند) متفاوت است. جز در حالتی که تأثیر مشخصات کلید بر TRV ناچیز بوده و جریان قطع مولفه dc ندارد، TRV ثبت شده در طی آزمون نباید برای ارزیابی مشخصات TRV مورد انتظار مدار به کار رود.

## 5-2-7- ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت

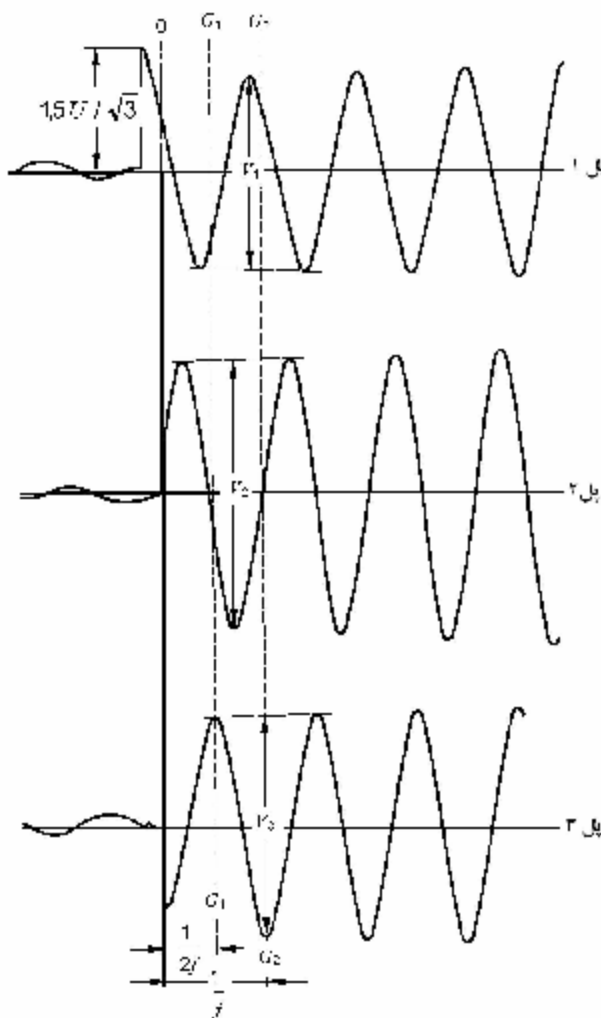
می‌توان ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت مدار آزمون را به صورت درصدی از ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت مشخص شده در زیر مشخص کرد. این مقدار باید بیش از 95 درصد مقدار مشخص شده بوده و حداقل به مدت 0/3 ثانیه باقی بماند. الف) در آزمون‌های سه فاز که روی یک کلید سه پل انجام می‌گیرد، مقدار متوسط ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت باید برابر با حاصل تقسیم ولتاژ نامی کلید  $U_r$  بر  $\sqrt{3}$  باشد. ولتاژ هرپل نباید بیش از 20 درصد با مقدار متوسط (در پایان مدت زمان برقراری ولتاژ) تفاوت داشته باشد.

در مورد سیستم با نوترال زمین شده باید ثابت شود که ناکافی بودن استحکام عایق در یک پل منجر به افزایش زمان قوس و احتمال نقص نمی‌شود. بدین منظور باید آزمون تک‌فاز (بند 5-6) انجام گیرد.

ب) در آزمون‌های تک فاز که روی یک کلید سه پل انجام می‌گیرد، ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت باید برابر با حاصل ضرب ولتاژ فاز به زمین  $\frac{U_r}{\sqrt{3}}$  در ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم (1/3 یا 1/5) باشد. می‌توان ولتاژ مذکور را پس از یک سیکل فرکانس نامی به  $\frac{U_r}{\sqrt{3}}$  کاهش داد.

پ) در مورد کلیدهای تک پل، ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت باید برابر با ولتاژ نامی کلید  $U_r$  باشد. ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت باید در هر فاز مدار آزمون بین ترمینال‌های یک پل اندازه‌گیری شده و مقدار موثر آن می‌بایست روی اسیلوگرام و در بازه‌های زمانی نیم سیکل و یک سیکل (از فرکانس آزمون) پس از آخرین خاموشی قوس (مطابق شکل 5-9) مشخص گردد. فاصله عمودی (به ترتیب  $V_1, V_2, V_3$ ) باید بین پیک دومین نیم موج<sup>2</sup> و خط مستقیم رسم شده بین پیک‌های نیم موج‌های پیش و پس از آن اندازه‌گیری شود. با تقسیم این مقدار بر  $2\sqrt{2}$  و ضرب آن در فاکتور کالیبراسیون مناسب، مقدار موثر ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت ثبت شده حاصل می‌شود.

1 . Post – Arc Conductivity  
2 . Half – Wave



- پل 1 = اولین پل بازشونده
- OO = لحظه خاموشی آخرین قوس در تمام فازها
- $G_1 G_2$  = فاصله  $\frac{1}{2f}$  پس از OO
- $G_2 G_3$  = فاصله  $\frac{1}{f}$  پس از OO
- $f$  = فرکانس ژنراتور
- $\frac{V_1}{2\sqrt{2}}$  = ولتاژ بازبافت فرکانس قدرت پل 1
- $\frac{V_2}{2\sqrt{2}}$  = ولتاژ بازبافت فرکانس قدرت پل 2
- $\frac{V_3}{2\sqrt{2}}$  = ولتاژ بازبافت فرکانس قدرت پل 3
- در پل 3، یک پیک و تناژ دقیقاً در لحظه  $G_1$  رخ می دهد.
- در این حالت اندازه گیری در لحظه  $G_2$  انجام می گیرد.

مقدار متوسط ولتاژ فرکانس قدرت پل های 1 و 2 و 3 برابر است با:

$$\frac{V_1}{2\sqrt{2}} + \frac{V_2}{2\sqrt{2}} + \frac{V_3}{2\sqrt{2}}$$

شکل 5-9: تعیین ولتاژ بازبافت فرکانس قدرت



### 5-3-3- روال آزمون اتصال کوتاه

#### 5-3-1- بازه زمانی میان آزمون‌ها

آزمون‌های اساسی اتصال کوتاه و آزمون‌های خطای نزدیک کلید (در صورت کاربرد) شامل مجموعه‌ای از دوره آزمون‌های مشخص شده در بندهای 5-4 و 5-7 می‌باشد.

بازه‌های زمانی بین عملکردهای منفرد یک توالی آزمون باید برابر مقادیر نظیر در توالی نامی کلید (بند 5-2) باشد. با این حال اگر به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاه، مقادیر 15 ثانیه، 1 دقیقه یا 3 دقیقه عملی نباشند می‌توان بازه‌ها را تا 10 دقیقه هم افزایش داد (افزایش طول بازه‌ها نباید به دلیل عملکرد نادرست کلید باشد). مقادیر بازه‌ها باید در گزارش آزمون ثبت شود. هم چنین در صورت نیاز می‌توان بازه‌ها را بیش از 10 دقیقه هم انتخاب کرد اما باید در گزارش آزمون دلیل آن ذکر شود.

در مورد کلیدهایی که توالی عملکرد نامی آنها  $O-t-CO-t'-CO$  بوده و چند مقدار نامی برای  $t'$  دارند، می‌توان آزمون را تنها با کوچکترین  $t'$  انجام داد. مقدار واقعی  $t'$  باید ثبت شود.

#### 5-3-2- اعمال منبع کمکی<sup>1</sup> به رله‌های بازکننده - آزمون‌های قطع

منبع کمکی باید پس از آغاز اتصال کوتاه به رله بازکننده اعمال شود. با این حال اگر بر اثر محدودیت‌های آزمایشگاهی این کار ممکن نباشد می‌توان منبع را پیش از آغاز اتصال کوتاه نیز اعمال کرد (به شرطی که کنتاکت‌ها پیش از وقوع اتصال کوتاه شروع به حرکت نکنند).

#### 5-3-3- اعمال منبع کمکی به رله‌های بازکننده - آزمون‌های قطع و وصل

در آزمون‌های قطع و وصل نباید منبع کمکی پیش از رسیدن کلید به وضعیت بسته اعمال شود. در سیکل‌های بستن - بازکردن دوره آزمون T100s، تا زمانی که حداقل نیم سیکل از لحظه وصل کنتاکت‌ها نگذشته است نباید منبع کمکی اعمال شود. می‌توان به منظور جلوگیری از افزایش غیرمجاز مؤلفه dc، در باز شدن کلید تأخیر ایجاد کرد.

#### 5-3-4- چفت شدن در وضعیت اتصال کوتاه<sup>2</sup>

کلید زمانی چفت<sup>3</sup> می‌شود که کنتاکت‌های حامل جریان در هنگام عمل بستن به یک موقعیت ثابت<sup>4</sup> و کاملاً درگیر<sup>5</sup> برسند و تا زمانی که به طور عمدی (مکانیکی یا الکتریکی) آزاد نشده‌اند در آن وضعیت بمانند. چفت شدن کلید باید در شرایطی که کاهش

---

1 . Auxiliary Power  
2 . Latching on Short Circuit  
3 . Latched  
4 . Stationary  
5 . Engaged

مؤلفه ac جریان در طی دوره بستن کلید ناچیز است (جز در مورد کلیدهای مجهز به رله وصل جریان<sup>1</sup> یا یک وسیله مشابه) مورد بررسی قرار گیرد.

توانایی کلید در چفت شدن روی جریان وصل اتصال کوتاه را می‌توان با دوره آزمون T100s (بند 4-4-5) یا آزمون بررسی وصل (بند 1-4-4) تحقیق نمود. در طی این آزمون موارد زیر اعمال می‌شود:

- در آزمون‌های سه فاز روی کلید سه پل، زاویه بستن باید به گونه‌ای انتخاب شود که دورترین پل نسبت به مکانیزم، تحت بیشترین پیک جریان وصل قرار گیرد.
- در آزمون‌های تک‌فاز روی کلید سه پل، باید دورترین پل نسبت به مکانیزم به طور سری با دو پل دیگر (که موازی شده‌اند) آزمایش شود.
- آزمون تک فاز باید به گونه‌ای اجرا شود که تنش روی دورترین پل از مکانیزم (از نظر ولتاژ روی پل، زمان پیش قوس و جریان پل) مشابه آن در آزمون سه فاز باشد.

در صورتی که محدودیت‌های آزمایشگاه، مانع از اجرای دوره آزمون T100s با ولتاژ مشخص شده در بند (1-2-5) می‌شود باید آزمون را تحت ولتاژ کمتر با مداری انجام داد که جریان نامی اتصال کوتاه وصل با کاهش ناچیز مؤلفه ac را فراهم کند. برای تشخیص این که آیا کلید بسته و چفت شده است می‌توان از چند روش استفاده کرد:

- با ثبت مناسب مسیر حرکت کنتاکت‌های کمکی یا کنتاکت
  - با بازبینی چشمی موقعیت چفت پس از اجرای آزمون وصل
  - با ثبت عملکرد وسیله‌ای که برای تشخیص چفت شدن به کار رفته است (برای مثال یک میکروسوئیچ که به طرز مناسبی به مکانیزم متصل شده است).
- روش به کار رفته باید در گزارش آزمون ثبت شود.

### 5-3-5- آزمون‌های مردود (غیرمعتبر)

با رد یک آزمون ممکن است اجرای تعداد بیشتری (نسبت به تعداد مشخص شده در این استاندارد) آزمون اتصال کوتاه لازم شود. آزمون مردود آزمون است که در آن یک یا چند پارامتر آزمون که در این استاندارد مشخص شده، برآورده نشود. از جمله و برای مثال می‌توان به جریان، ولتاژ و زمان و لحظه مناسب روی شکل موج<sup>2</sup> و جنبه‌های دیگر در آزمون‌های ترکیبی مانند عملکرد صحیح کلید کمکی و زمان صحیح تزریق اشاره کرد. انحراف از استاندارد ممکن است آزمون را برای کلید ساده‌تر یا دشوارتر کند. چهار حالت متفاوت در جدول (3-5) آورده شده است.

جدول 3-5: آزمون‌های نامعتبر

کلید		شرایط آزمون در مقایسه با شرایط استاندارد
مردود	قبول	
آزمون با پارامترهای صحیح تکرار می‌شود. نیازی به اصلاح طراحی کلید نیست.	آزمون معتبر است و نتایج پذیرفته می‌شود.	دشوارتر
کلید در آزمون رد می‌شود و باید طراحی کلید اصلاح شود تا توانایی کلید در وصل، قطع یا کلیدزنی بهبود یابد. آزمون‌ها روی کلید اصلاح شده انجام می‌شوند.	آزمون با پارامترهای صحیح تکرار می‌شود. نیازی به اصلاح طراحی کلید نیست.	ساده‌تر

1 . Making Current Release

2 . Point on Wave

می‌توان (بدون آماده‌سازی مجدد کلید) قسمت‌های مردود دوره آزمون را تکرار کرد اما در صورت نقص کلید در این آزمون‌های اضافی یا صلاح‌دید سازنده می‌توان کلید را مجدداً آماده‌سازی کرده و کل دوره آزمون را تکرار نمود. در چنین مواردی باید در گزارش آزمون به آزمون‌های مردود اشاره شود.

توجه کنید که در یک دوره کار وصل مجدد خودکار<sup>1</sup> سریع، O-t-CO یک بخش و یک CO (برای اطمینان) بخش دیگر محسوب می‌شود.

اگر به دلایل فنی ثبت یک عملکرد منفرد امکان‌پذیر نباشد آن عملکرد مردود به حساب نمی‌آید اما به شرطی که بتوان به طریق دیگری نشان داد که کلید نیازمندیهای آزمون را برآورده و در آن پذیرفته شده است.

#### 5-4- دوره آزمون‌های اساسی اتصال کوتاه

سری آزمون اصلی اتصال کوتاه باید شامل دوره آزمون‌های T10، T30، T100s، T100a باشد. جریان قطع در آزمون نباید بیش از 20 درصد در دوره آزمون‌های T10 و T30 و بیش از 10 درصد در دوره آزمون T60 با مقادیر مشخص شده اختلاف داشته باشد. جریان اتصال کوتاه پیک در طی آزمون‌های جریان قطع در دوره آزمون‌های T100s، T100s(b) و T100a نباید از 110 درصد جریان وصل اتصال کوتاه نامی کلید بیشتر شود.

ممکن است در موارد مطرح‌شده در بند 4-4-5 مجزاسازی آزمون‌های قطع و وصل دوره آزمون T100s ضروری باشد. در این حالت T100s(a) شامل عملکردهای وصل و T100s(b) شامل عملکردهای قطع خواهد بود. برای تسهیل دوره آزمون‌های T10، T30 و T60 می‌توان از عمل وصل پیش از هر عمل قطع صرف نظر کرد. فاصله‌های زمانی بین عملکردهای منفرد قطع باید برابر فاصله‌های زمانی توالی عملکرد نامی کلید (بند 5-3-1) باشد.

#### 5-4-1- دوره آزمون T10

دوره آزمون T10 عبارت است از اجرای توالی عملکرد نامی در 10 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی با مؤلفه dc کمتر از 20 درصد و ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت و گذرایی که در بندهای 5-2-7 و 5-2-5-5 مشخص شده است (جدول‌های 5-1، 5-2 الف و 5-2 ب را نیز ملاحظه کنید).

#### 5-4-2- دوره آزمون T30

دوره آزمون T30 عبارت است از اجرای توالی عملکرد نامی در 30 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی با مؤلفه dc کمتر از 20 درصد و ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت و گذرایی که در بندهای 5-2-7 و 5-2-5-4 مشخص شده است (جدول‌های 5-1، 5-2 الف و 5-2 ب را نیز ملاحظه کنید).

1 . Auto – Reclosing Duty Cycle

### 5-4-3- دوره آزمون T60

دوره آزمون T60 عبارت است از اجرای توالی عملکرد نامی در 60 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی با مولفه dc کمتر از 20 درصد و ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت و گذرایی که در 5-2-7 و 5-2-3 مشخص شده است (جدول‌های 5-1، 5-2 الف و 5-2 ب را نیز ملاحظه کنید).

### 5-4-4- دوره آزمون T100s

دوره آزمون T100s شامل اجرای توالی عملکرد نامی در 100 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی با توجه به بند 5-2-3 و تحت ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مشخص شده در بند 5-2-7 (جدول‌های 5-1، 5-2 الف و 5-2 ب را نیز ملاحظه کنید) و نیز اجرای توالی عملکرد نامی در 100 درصد جریان وصل اتصال کوتاه نامی با توجه به بند 5-2-2 و با اعمال ولتاژ مشخص شده در بند 5-2-1 می‌باشد. در این دوره آزمون مولفه dc نباید از 20 درصد تجاوز کند.

در هنگام انجام آزمون‌های تک‌فاز روی یک پل از کلید سه پل یا در صورتی که بر اثر محدودیت‌های آزمایشگاه امکان انجام دوره آزمون T100s با حدود مشخص شده برای ولتاژ اعمالی در بند 5-2-1، جریان وصل در بند 5-2-2، جریان قطع در بند 5-2-3 و ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت در 5-2-2 و 5-2-7 و با احتساب بندهای 5-3-3 و 5-3-4 وجود نداشته باشد، می‌توان آزمون‌های وصل و قطع در دوره آزمون T100s را مطابق زیر اجرا نمود.

#### 5-4-4-1- حالتی که ثابت زمانی مؤلفه dc مدار آزمون برابر با مقدار مشخص شده باشد.

در این حالت روش جایگزین مطابق زیر است.

الف) آزمون‌های وصل، دوره آزمون T100s(a)

به جای توالی عملکردهای نامی O-t-CO-t'-CO یا CO-t''-CO به ترتیب توالی‌های C-t'-C یا C-t''-C اجرا می‌شود. اولین عمل بستن تحت جریان متقارنی برابر با جریان قطع اتصال کوتاه نامی و دومین آن تحت جریان وصل اتصال کوتاه نامی مطابق با بند 5-2-2 انجام می‌گیرد. ولتاژ اعمالی در اولین عمل بستن باید مطابق با بند 5-2-1 باشد.

ب) آزمون‌های قطع، دوره آزمون T100s(b)

پس از انجام دو عمل بستن (با جزئیات بند الف) باید برای توالی عملکردهای نامی O-t-CO-t'-CO یا CO-t''-CO به ترتیب توالی‌های O-t-CO-t'-CO یا CO-t''-CO در 100 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی و تحت ولتاژهای بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مشخص شده در بندهای 5-2-2 و 5-2-7 انجام شود.

در اجرای روال مذکور باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرد.

- بین دو قسمت "الف" و "ب" هیچ‌گونه تعمیراتی مجاز نیست.
- می‌توان دومین عمل بستن در قسمت "الف" را حذف نمود مشروط بر اینکه در طی قسمت "ب" یکی از عمل‌های بستن، تحت جریان وصل اتصال کوتاه نامی انجام شود.
- برای آزمون‌های ترکیبی به استاندارد IEC شماره 60427 مراجعه شود.

#### 5-4-4-2- حالتی که ثابت زمانی مؤلفه dc مدار آزمون کوچکتر از مقدار مشخص شده باشد.

در این حالت روش جایگزین مطابق زیر است.

الف) آزمون‌های وصل، دوره آزمون T100(a)

باید یک بار عمل بستن تحت جریان وصل اتصال کوتاه نامی مطابق با بند 5-2-2 اجرا شود. این عمل را می‌توان با ولتاژ کاهش یافته تحت محدودیت‌های مندرج در بند 5-2-2 انجام داد.

ب) آزمون‌های قطع، دوره آزمون T100s(b)

باید به دنبال عمل بستن قسمت "الف"، توالی‌های CO-t'-CO یا CO-t''-CO (مطابق با توالی نامی کلید) در 100 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی و تحت ولتاژ اعمالی مشخص شده در بند 5-2-1 و ولتاژهای بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مطابق با بندهای 5-2-2 و 5-2-7 انجام گیرد. این قسمت باید طوری اجرا شود که یکی از عمل‌های بستن تحت جریان متقارنی برابر با جریان قطع اتصال کوتاه نامی کلید صورت گیرد.

از آنجا که ثابت زمانی مؤلفه dc مدار آزمون از مقدار مشخص شده برای جریان قطع اتصال کوتاه نامی کوچکتر است، مقدار متقارن جریان در طی قسمت "الف" باید بزرگتر از مقدار نامی باشد. بر همین مبنا در قسمت "ب" باید پیک جریان از جریان نامی وصل اتصال کوتاه کوچکتر باشد.

در هنگام اجرای روال فوق نیز هیچ‌گونه تعمیراتی بین دو قسمت "الف" و "ب" مجاز نیست.

#### 5-4-4-3- حالتی که ثابت زمانی مؤلفه dc مدار آزمون بزرگتر از مقدار مشخص شده باشد.

در این حالت روش جایگزین مطابق زیر است.

الف) می‌بایست توالی عملکرد O-t-CO-t'-CO یا CO-t''-CO (مطابق با توالی نامی کلید) در 100 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی با اعمال ولتاژ مشخص شده در بند 5-2-1 و تحت ولتاژهای بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مشخص شده در بندهای 5-2-2 و 5-2-7 اجرا شود. انجام توالی باید به گونه‌ای باشد که یکی از عمل‌های بستن تحت جریان متقارنی برابر با جریان قطع اتصال کوتاه نامی و دیگری تحت یک جریان کاملاً نامتقارن، صورت گیرد. از آنجا که ثابت زمانی مؤلفه dc مدار آزمون از مقدار مشخص شده بزرگتر است، باید در عمل بستن تحت جریان نامتقارن، پیک جریان از جریان وصل اتصال کوتاه نامی بزرگتر باشد. از این رو می‌توان این کار را با کنترل لحظه مناسب روی موج به منظور دستیابی به جریان وصل اتصال کوتاه نامی مورد نیاز کنترل نمود. با این حال اجرای روال مذکور منوط به موافقت سازنده است.

با توجه به بزرگتر بودن پیک جریان در طی عمل بستن تحت جریان نامتقارن، انجام مجزای یک عمل بستن تحت جریان نامی وصل اتصال کوتاه مطابق با بند 5-2-2 الزامی نیست.

ب) می‌توان قسمت الف را به این صورت انجام داد که اولین عمل بستن تحت جریان متقارنی برابر با جریان قطع اتصال کوتاه نامی و دومین عمل بستن به صورت بی‌بار (یعنی برای توالی عملکردهای نامی O-t-CO-t'-CO یا CO-t''-CO به ترتیب به صورت O-t-CO-t'-CO یا CO-t''-CO) تحت 100 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه با اعمال ولتاژ مشخص شده در بندهای 5-2-1 و با ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مشخص شده در بندهای 5-2-2 و 5-2-7 انجام شود.

در این حالت برای اثبات توانایی کلید در انجام توالی عملکرد نامی باید قسمت "الف" با ملزومات مربوطه و با جریان متقارنی کوچکتر از جریان نامی قطع اتصال کوتاه (به گونه‌ای که یکی از عمل‌های بستن تحت جریان وصل اتصال کوتاه نامی صورت گیرد) انجام شود. در طی این دوره تکراری، عمل بستن را می‌توان تحت ولتاژ کاهش یافته با محدودیت‌های مشخص شده در بند 2-2-5 اجرا کرد.

از آنجا که در طی دوره تکراری قابلیت کلید در بستن جریان نامی وصل اتصال کوتاه اثبات شده است، انجام مجزای یک عمل بستن تحت جریان نامی وصل اتصال کوتاه مطابق با بند 2-2-5 الزامی نیست.

در صورت استفاده از روال "ب"، تعمیر کلید پیش از تکرار توالی عملکرد نامی مجاز است.

#### 5-4-4-4-4- حالتی که ثابت زمانی مؤلفه ac مدار آزمون کوچک باشد.

در این حالت اغلب آزمون توالی عملکرد نامی با اضافه تنش شدید بر روی کلید همراه است. لذا می‌توان آزمون‌های وصل و قطع در دوره آزمون T100s را به صورت زیر مجزا نمود:

الف) آزمون‌های وصل، دوره آزمون T100s(a)

به جای توالی عملکردهای نامی  $O-t-CO-t'-CO$  یا  $CO-t''-CO$  به ترتیب توالی عملکردهای  $CO-t'-CO$  یا  $CO-t''-C$  تحت جریان وصل مشخص شده در بند 2-2-5 و با اعمال ولتاژ مشخص شده در بند 1-2-5 انجام می‌شود. فاصله زمانی بین هر دو آزمون مطابق بند 1-3-5 خواهد بود.

ب) آزمون‌های قطع، دوره آزمون T100s(b)

روال آزمون به توالی عملکرد نامی بستگی دارد.

- در مورد کلیدهایی با توالی عملکرد نامی  $O-t-CO-t'-CO$  باید پس از اجرای عمل بستن دوره آزمون T100s(a)، توالی  $O-t-CO-t'-CO$  را تحت 100 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه نامی مطابق با بند 3-2-5 و با ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مشخص شده در بندهای 2-5-2-5 و 7-2-5 اجرا نمود. فاصله زمانی بین هر دو آزمون منفرد، مطابق با بند 1-3-5 خواهد بود. توالی عملکرد  $O-t-CO$  (بخش ابتدایی توالی عملکرد نامی  $O-t-CO-t'-CO$ ) را می‌توان با دو آزمون انجام داد. در این صورت مطابق زیر عمل می‌شود:

در آزمون نخست باید اولین عمل بازکردن در 100 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه مطابق با بند 3-2-5 و با ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مشخص شده در بندهای 2-5-2-5 و 7-2-5 انجام شود. عمل‌های بستن و بازکردن متعاقب اولین عمل بازکردن باید به گونه‌ای انجام شوند که به ترتیب جریان وصل و ولتاژ اعمالی یا جریان قطع و ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت آنها حتی‌الامکان به مقادیر مشخص شده برای دوره آزمون T100s نزدیک باشد.

در آزمون دوم می‌بایست یک سیکل عملکرد CO اضافی اجرا شود. عمل بازکردن باید در 100 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه مطابق با بند 3-2-5 و با ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مشخص شده در بندهای 2-5-2-5 و 7-2-5 انجام گیرد. پیش از سیکل عملکرد CO مذکور باید یک عمل بازکردن بی‌بار انجام شود تا توالی عملکرد  $O-t-CO$  تکمیل گردد.

- در مورد کلیدهایی با توالی عملکرد نامی CO-t'-CO، باید به دنبال عمل‌های بستن دوره آزمون T100s(a)، توالی CO-t'-CO در 100 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه مطابق با بند 3-2-5 و تحت ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت مشخص شده در بندهای 2-5-2-5 و 7-2-5 با بازه‌های زمانی مشخص شده در بند 1-3-5 اجرا شود.
- در صورتی که یک عمل بستن در دوره آزمون T100s(b) ملزومات قسمت "الف" را برآورد می‌توان عمل بستن نظیر آن در دوره آزمون T100s(a) را حذف کرد. برای پیش‌گیری از اعمال تنش اضافه بر کلید، می‌توان در دوره آزمون T100s(b) بستن کلید را به صورت کنترل شده انجام داد.
- بین دوره آزمون‌های T100s(a) و T100s(b) هیچ‌گونه تعمیری مجاز نیست. در صورتی که این روال آزمون منجر به افزایش تنش‌های وارد بر کلید از حدود مشخص شده در پیوست (3-3) فصل سوم شود، انجام آن باید با موافقت سازنده انجام گیرد.

#### 5-4-5- دوره آزمون T100a

دوره آزمون T100a تنها باید روی کلیدهایی انجام شود که فاصله زمانی<sup>1</sup> آنها برابر با حداقل زمان بازکردن کلید  $T_{op}$  (مطابق اظهار سازنده) به اضافه نیم سیکل فرکانس نامی  $T_r$  بوده و در نتیجه مؤلفه dc در لحظه جدایی کنتاکت‌ها بزرگتر از 20 درصد باشد. دوره آزمون T100a عبارت است از سه عمل بازکردن در فواصل زمانی  $t'$  مطابق با بند 1-3-5 در 100 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی شامل درصد مؤلفه dc برابر با مقدار نامی و با ولتاژهای بازیافت گذرا و فرکانس قدرت که در بندهای 2-5-2-5 و 7-2-5 مشخص شده‌اند.

در صورتی که ثابت زمانی مدار آزمون با مقدار مشخص شده برای کلید متفاوت باشد، T100a را می‌بایست مطابق با استاندارد IEC شماره 62215 انجام داد.

#### 5-5- آزمون‌های جریان بحرانی

##### 5-5-1- کاربرد

این آزمون‌ها، آزمون‌های اتصال کوتاه (علاوه بر دوره آزمون‌های اساسی مطرح شده در بند 4-5) بوده و تنها بر روی کلیدهایی اجرا می‌شوند که دارای جریان بحرانی باشند. این حالت وقتی پیش می‌آید که حداقل زمان قوس در هر یک از دوره آزمون‌های T10، T30 یا T60 به اندازه نیم‌سیکل یا بیشتر، طولانی‌تر از حداقل زمانی قوس در دوره آزمون‌های مجاور<sup>2</sup> باشد. در مورد آزمون‌های سه فاز باید زمان‌های قوس هر سه فاز در نظر گرفته شود.

1 . Time Interval  
2 . Adjacent

### 5-5-2- جریان آزمون

رفتار کلید از نظر جریان بحرانی باید در صورت امکان در دو دوره آزمون مورد آزمایش قرار گیرد. جریان‌های آزمون در این دو دوره آزمون باید برابر با میانگین دو جریان قطع باشد. اول جریان قطع متناظر با دوره آزمونی که در آن زمان قوس طولانی شده است و دوم:

الف) جریان قطع متناظر با جریان قطع بزرگتر بعدی در یک دوره آزمون و

ب) جریان قطع متناظر با جریان قطع کوچکتر بعدی در دوره آزمون دیگر

در حالت طولانی شدن زمان قوس در دوره آزمون T10، آزمون‌های جریان بحرانی باید در یک دوره آزمون با جریانی برابر با 20 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه و در دوره آزمون دیگر با جریانی برابر با 5 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه انجام شود.

### 5-5-3- دوره آزمون جریان بحرانی

در دوره آزمون بحرانی باید توالی عملکرد نامی کلید تحت جریان مذکور در بند 5-5-2 و با مولفه dc کوچکتر از 20 درصد اجرا شود. ولتاژ بازیافت گذرا و فرکانس قدرت باید برابر مقادیر نظیر در دوره آزمون پایه اتصال کوتاهی باشند که جریان قطع آن برابر اولین جریان بزرگتر از جریان بحرانی است. می‌توان دوره آزمون جریان بحرانی را پس از آماده سازی مجدد کلید انجام داد.

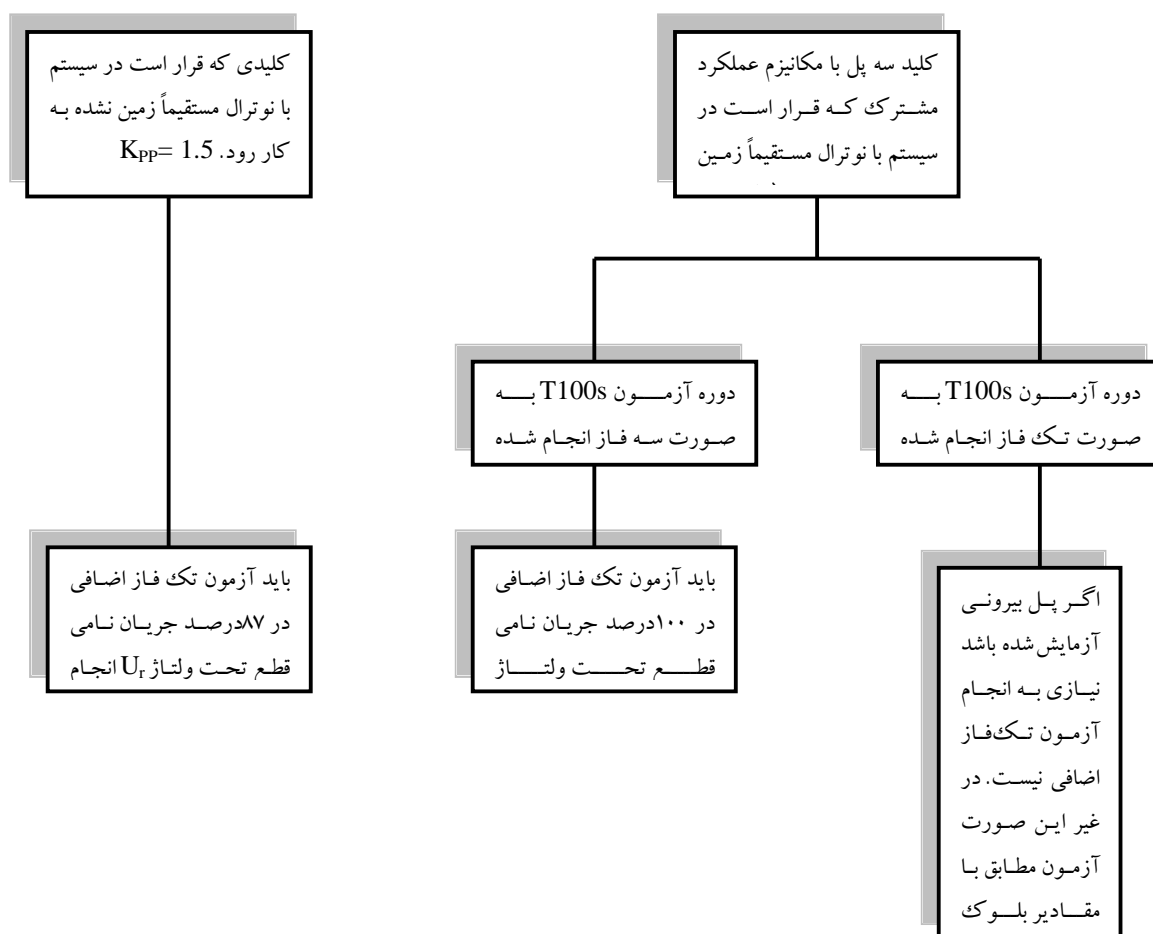
### 5-6- آزمون‌های تک‌فاز و خطای اتصال دو فاز به زمین

#### 5-6-1- کاربرد

کلیدها باید قادر به قطع تک پل جریان‌های اتصال کوتاهی باشند که ممکن است در دو حالت مختلف رخ دهد:

- خطاهای تک فاز در سیستم‌های با نوترال مستقیماً زمین شده
- خطای دو فاز به زمین (یکی روی یک طرف کلید و دیگری روی طرف دیگر کلید) در سیستم‌هایی که نوترال آنها مستقیماً زمین نشده است.
- بسته به موارد زیر ممکن است آزمون‌های اضافی قطع تک‌فاز ضروری باشد (شکل 5-10):
- چگونگی زمین شدن نوترال سیستمی که کلید برای کار در آن طراحی شده است.
- مکانیزم عملکرد کلید (تک پل یا سه پل)
- اینکه کلید در دوره آزمون T100s به صورت تک‌فاز آزمایش شده باشد یا سه فاز





شکل 5-10: ضرورت انجام آزمون اضافی و ملزومات آزمون

هدف از انجام آزمون‌ها نشان دادن نکات زیر است:

- کلید می‌تواند جریان خطای تک پل (با پارامترهای مربوطه) را قطع کند.
  - در مورد کلیدهایی که دارای یک مکانیزم عملکرد مشترک برای هر سه پل بوده و مجهز به یک رله بازکننده مشترک می‌باشند، نیروهای نامتعادل ناشی از حالت خطای تک فاز بر عملکرد کلید تأثیر نامطلوب نمی‌گذارند.
- آزمون خطای تک فاز باید روی یکی از پل‌های بیرونی انجام شود اما آزمون خطای دو فاز به زمین را می‌توان روی هر یک از پل‌ها اجرا نمود. در صورتی که روی کلیدی با مکانیزم عملکرد مشترک، برای سه پل دو آزمون تک فاز انجام گیرد به منظور جلوگیری از اعمال تنش اضافی بر یک پل، می‌توان آزمون را روی دو پل متفاوت انجام داد.

## 2-6-5- جریان و ولتاژ بازیافت آزمون

جریان قطع و ولتاژ بازیافت برای آزمون‌های اضافی قطع تک‌فاز در شکل (5-10) نشان داده شده‌اند. مؤلفه dc جریان قطع نباید از 20 درصد مؤلفه ac بیشتر شود. ولتاژ بازیافت گذرا باید ملزومات "الف" و "ب" از بند 5-2-5-1 را برآورده کند. مقادیر استاندارد با توجه به  $u_1$ ,  $t_1$ ,  $u_c$ ,  $t_3$  از جداول (2-4) تا (2-7) به دست می‌آیند. مقادیر مورد استفاده برای آزمون‌های خطای تک‌فاز و دو فاز به زمین در جدول زیر با اندیس sp داده شده‌اند.

جدول 5-4: پارامترهای TRV برای آزمون‌های خطای تک‌فاز و خطای اتصال دوفاز به زمین

ولتاژ نامی						نوترال سیستم
$U_r = 145/245/420 \text{ kV}$ TRV چهار پارامتری			$U_r = 72/5 \text{ kV}$ TRV دو پارامتری			
$t_{2,sp}$	$u_{c,sp}$	$t_{1,sp}$	$u_{1,sp}$	$t_{3,sp}$	$u_{c,sp}$	
$4t_{1,sp}$	$1/87 * u_{1,sp}$	$t_1 \times u_{1,sp} / u_1$	$0/75 U_r \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$	$t_3 \times u_{c,sp} / u_c$	$1/4 \times U_r \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$	مستقیماً زمین شده
			$0/75 U_r \times \sqrt{2}$		$1/4 \times U_r \times \sqrt{2}$	زمین شده به طور غیرمستقیم

سایر پارامترها مطابق با تعاریف 5-2-5-1 برای دوره آزمون T100، متناسب با  $u_{1,sp}$ ,  $u_{c,sp}$ ,  $t_{1,sp}$  و  $t_{3,sp}$  می‌باشند.

## 3-6-5- دوره آزمون

در مورد هر یک از دو خطای مشخص شده در بند 5-6-1، دوره آزمون باید شامل یک تک عملکرد قطع باشد. جریان باید در آن پل بیرونی‌ای برقرار شود که منجر به بروز حداکثر تنش بر مکانیزم تزویج بین پلی<sup>1</sup> می‌گردد. در طی عملکرد قطع، زمان قوس نباید از مقدار  $t_a$  کوتاه‌تر باشد.

$$t_a \geq t_{a100s} + 0.7 \times T / 2$$

در این رابطه T مدت یک پرپود از فرکانس قدرت بوده و  $t_{a100s}$  برابر است با :

- حداقل زمان‌های قوس اولین پل بازشونده در طی عملکردهای قطع دوره آزمون T100s، در صورتی که دوره آزمون خطای ترمینال T100s به صورت سه فاز انجام شود.
- حداقل زمان قوس دوره آزمون خطای ترمینال T100s، در صورتی که دوره آزمون خطای ترمینال T100s به صورت تک فاز انجام شود. در صورتی که فراهم کردن شرایط هر دو آزمون به صورت یک جا امکان‌پذیر باشد، می‌توان دو آزمون را با یک آزمون جایگزین نمود (با موافقت سازنده).

## 5-7-7-1-5- آزمون‌های خطای نزدیک کلید

### 5-7-7-1-1- کاربرد

آزمون‌های خطای نزدیک کلید آزمون‌های اتصال کوتاهی (علاوه بر دوره آزمون‌های اساسی اتصال کوتاه مذکور در بند 5-4) هستند که برای بررسی توانایی کلید در قطع جریان‌های اتصال کوتاه تحت شرایط خطای نزدیک کلید (که توسط ولتاژ بازیافت گذرا شامل مؤلفه‌های طرف منبع و طرف خط مشخص می‌شوند) انجام می‌گیرند. آزمون‌های خطای نزدیک کلید تنها روی کلیدهایی اجرا می‌شوند که برای اتصال مستقیم به خطوط هوایی طراحی شده باشند و جریان نامی قطع آنها از 12/5 کیلوآمپر تجاوز کند.

### 5-7-7-2- جریان آزمون

جریان آزمون باید با در نظر گرفتن امپدانس‌های طرف منبع و طرف خط انتخاب شود. امپدانس طرف منبع باید مقدار متناظر با تقریباً 100 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی ( $I_{SC}$ ) و ولتاژ نامی فاز به زمین ( $U_T$ ) باشد. مقادیر استاندارد امپدانس طرف خط متناظر با کاهش مؤلفه ac جریان قطع اتصال کوتاه نامی تا به ترتیب 90 درصد ( $L_{90}$ ) و 75 درصد ( $L_{75}$ ) می‌باشند. در یک آزمون ممکن است طول خط در طرف یک کلید با طول خط متناظر با جریان‌های 90 درصد و 75 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه متفاوت باشد. تلورانس‌های مجاز این طول‌های استاندارد عبارتند از 20- و صفر درصد برای آزمون‌هایی که با 90 درصد جریان قطع اتصال کوتاه نامی انجام می‌شوند و  $\pm 20$  درصد برای آزمون‌هایی که با 75 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه انجام می‌شوند.

تلورانس‌های مذکور در طول خط، منجر به انحرافات زیر از جریان‌های اتصال کوتاه می‌شود:

$$L_{90} \text{ - با انحراف صفر درصد: } I_L = 0/90 I_{SC}$$

$$L_{90} \text{ - با انحراف 20- درصد: } I_L = 0/92 I_{SC}$$

$$L_{75} \text{ - با انحراف 20 درصد: } I_L = 0/71 I_{SC}$$

$$L_{75} \text{ - با انحراف 20- درصد: } I_L = 0/79 I_{SC}$$

برای حالت مذکور در قسمت "پ" از بند 5-7-4، باید یک آزمون دیگر ( $L_{60}$ ) در 60 درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه انجام شود. تلورانس مجاز در طول خط  $\pm 20$  درصد است که منجر به انحرافات زیر از جریان اتصال کوتاه می‌شود:

$$L_{60} \text{ - با انحراف 20 درصد: } I_L = 0/55 I_{SC}$$

$$L_{60} \text{ - با انحراف 20- درصد: } I_L = 0/65 I_{SC}$$

جهت اطلاع بیشتر به پیوست J از استاندارد IEC شماره 100-62271 مراجعه کنید.

### 5-7-7-3- مدار آزمون

مدار آزمون باید تک‌فاز بوده و شامل یک مدار تغذیه و یک مدار خط باشد (شکل‌های 5-11، 5-12 و 5-13 را ببینید). ملزومات اساسی در بند 5-3 بیان شده‌اند. با در نظر گرفتن تأخیرهای زمانی در طرف منبع و در طرف خط و ITRV، دو الزام اصلی مشخص و متمایز شده‌اند.

الف) طرف منبع: با تأخیر زمانی ( $t_d$ ) و بدون ITRV

طرف خط: با تأخیر زمانی ( $t_{dl}$ )

ب1) طرف منبع: با تأخیر زمانی ( $t_d$ ) و با ITRV

طرف خط: با تأخیر زمانی ( $t_{dl}$ )

ب2) طرف منبع: با تأخیر زمانی ( $t_d$ ) و بدون ITRV

طرف خط: با تأخیر زمانی ناچیز ( $t_{dl}$ )

در صورت استفاده از نوسان طرف خط بدون تأخیر زمانی بند (2-5-2-5) می‌توان از نمایش ITRV طرف منبع چشم پوشید.

منظور از تأخیر زمانی ناچیز، تأخیر زمانی کوچکتر از 100 نانوثانیه است.

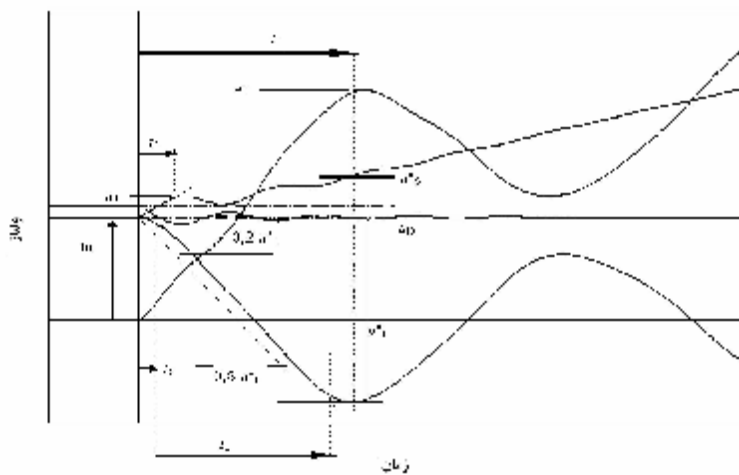
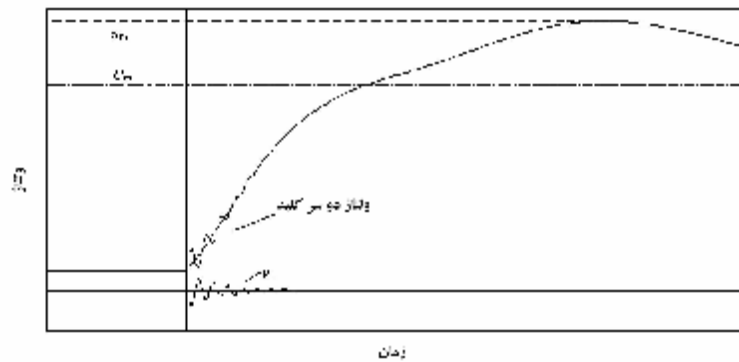
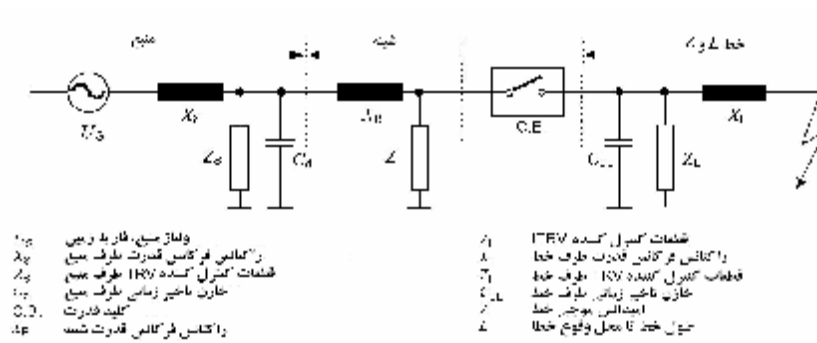
با در نظر گرفتن موارد فوق، سه نوع مدار آزمون مشخص شده با تأخیر زمانی را می‌توان برای این آزمون به کار برد.

- مدار a): طرف منبع با تأخیر زمانی  $t_d$  و طرف خط با تأخیر زمانی  $t_{dl}$  (A.4.1 از استاندارد IEC شماره 62271-100 را ببینید). مدار در شکل (5-11) نشان داده شده است.

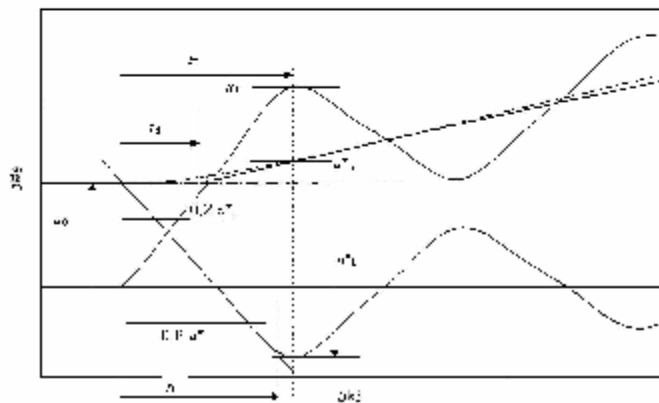
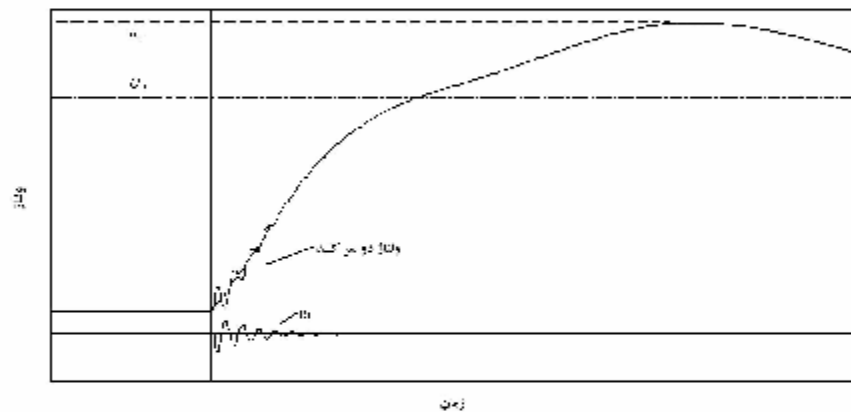
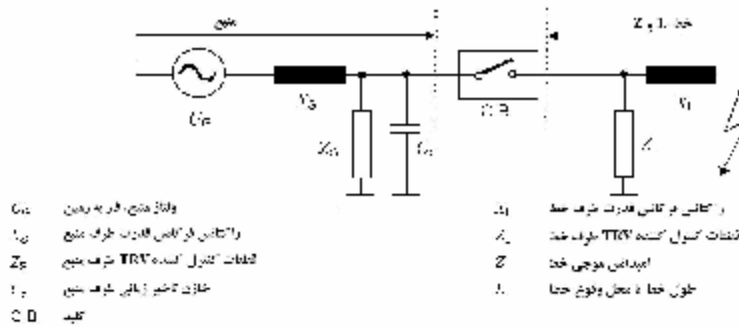
- مدار b<sub>1</sub>): طرف منبع با ITRV و طرف خط با تأخیر زمانی  $t_{dl}$  (A.4.2 از استاندارد IEC شماره 62271-100 را ببینید). مدار در شکل (5-12) نشان داده شده است.

- مدار b<sub>2</sub>): طرف منبع با تأخیر زمانی  $t_d$  و طرف خط با تأخیر زمانی ناچیز  $t_{dl}$  (A.4.3 از استاندارد IEC شماره 62271-100 را ببینید). مدار در شکل (5-13) نشان داده شده است.



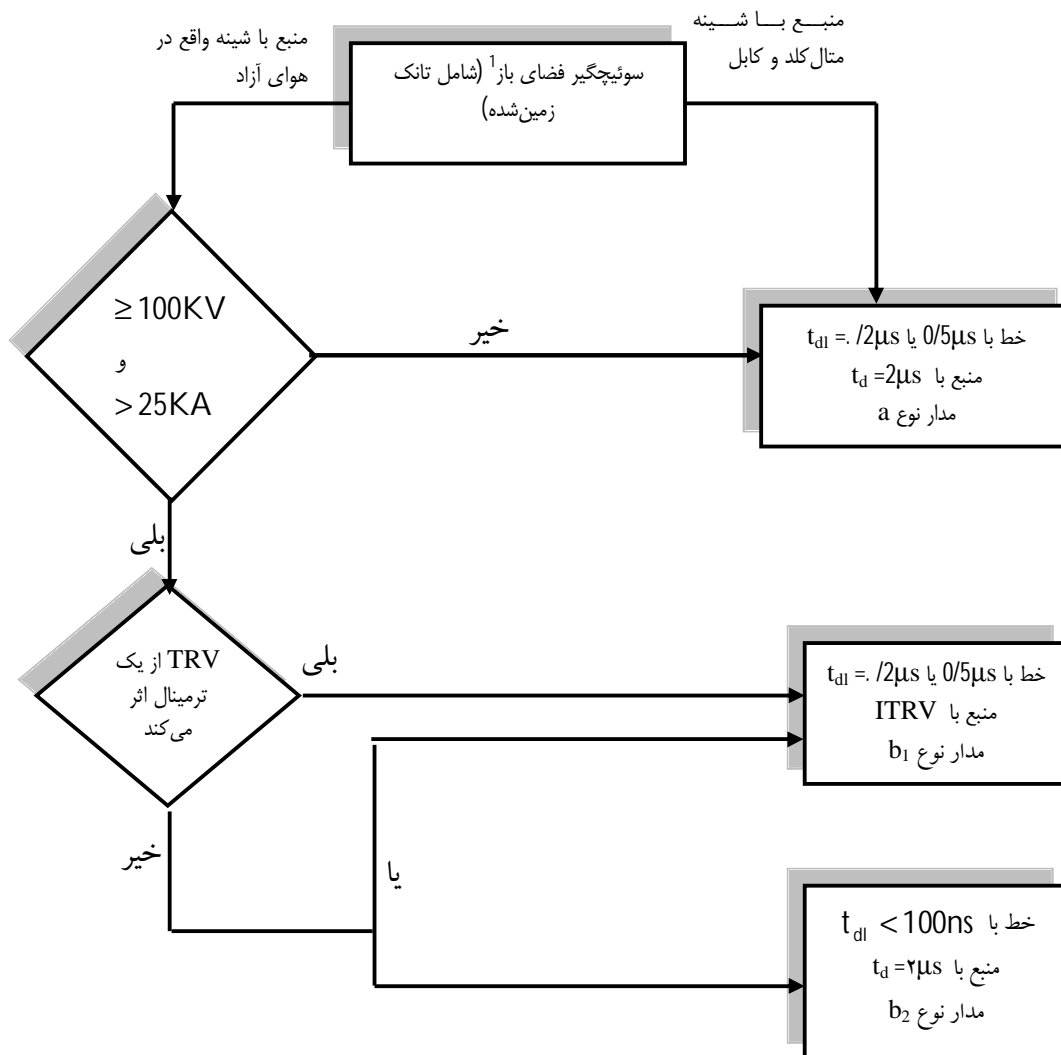


شکل 5-12: چیدمان اصلی مدار برای آزمون خطای نزدیک کلید - مدار نوع  $b_1$ : طرف منبع با ITRV و طرف خط با تأخیر زمانی



شکل 5-13: چیدمان اصلی مدار برای آزمون خطای نزدیک کلید - مدار نوع  $b_2$ : طرف منبع با تأخیر زمانی و طرف خط بدون تأخیر زمانی

مدار نوع a تنها باید زمانی به کار رود که نیازی به اعمال ملزومات ITRV نباشد. مدار نوع b<sub>2</sub> را می‌توان به جای نوع b<sub>1</sub> به کار گرفت مگر اینکه ترمینال‌های کلید از نظر الکتریکی کاملاً یکسان نباشند (مثلاً در حالتی که مطابق توضیحاتی که در ادامه این بند می‌آید، یک خازن اضافی به کار گرفته شده باشد).  
برای انتخاب مدار آزمون می‌توان فلوجارت زیر را مورد استفاده قرار داد.



شکل 5-14: فلوجارت انتخاب مدار آزمون خطای نزدیک خط



سایر مشخصات طرف منبع و طرف بار مدار آزمون باید مطابق با توضیحات و محاسبات پیوست A از IEC شماره 100-62271 باشد. اگر به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاه نتوان ملزومات طرف منبع را برآورده کرد، می‌توان کمبود تأخیر زمانی TRV طرف منبع را با افزایش سیر ولتاژ طرف خط جبران نمود. مقدار افزایش یافته  $u_{L,mod}^*$  مطابق زیر محاسبه می‌شود (شکل 5-15).

$$t_d < t'_d \leq t_L \quad u_{L,mod}^* = u_L^* + L_f \times RRRV \times (t'_d - t_d)$$

$$t_d < t_l \leq t'_d \quad u_{L,mod}^* = u_L^* + L_f \times RRRV \times (t_L - t_d)$$

در این روابط:

RRRV: مقدار لازم نرخ افزایش ولتاژ بازیافت طرف منبع (برحسب KV/ $\mu$ S) است.

$L_f$ : ضریب جریان خطای نزدیک خط ( $I_L/I_{SC}$ ) است (0/9 یا 0/75 یا 0/6).

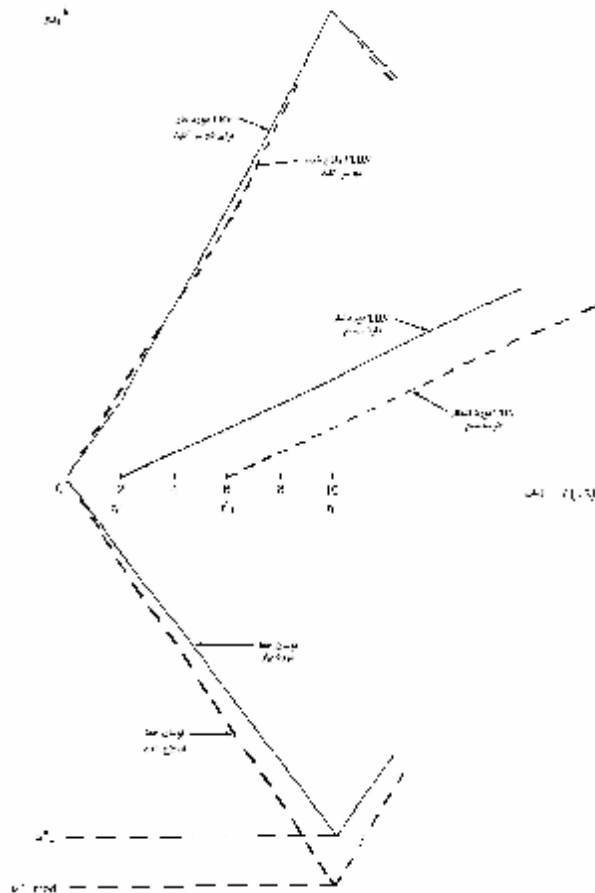
$t_d$ : مقدار لازم تأخیر زمانی طرف منبع (برحسب  $\mu$ S) است.

$t'_d$ : تأخیر زمانی واقعی طرف منبع (برحسب  $\mu$ S) است.

$t_L$ : زمان رسیدن ولتاژ گذرای طرف خط به مقدار پیک  $u_L^*$  (برحسب  $\mu$ S) است.

$u_L^*$ : مقدار لازم ولتاژ پیک روی خط (برحسب KV) است.

$u_{L,mod}$ : مقدار تنظیم شده پیک ولتاژ روی خط است.



شکل 5-15: جبران کمبود تأخیر زمانی طرف منبع با افزایش سیر ولتاژ طرف خط

در صورتی که یکی از ترمینال‌های کلید مورد آزمایش زمین شده باشد (این حالت ممکن است در آزمون‌های ترکیبی پیش بیاید)، باید ضرایب توزیع ولتاژ نوسانات طرف خط و منبع اندازه‌گیری یا محاسبه شوند. واحدی که توسط نوسانات طرف خط تحت بیشترین تنش قرار می‌گیرد از سوی نوسانات طرف منبع کمترین تنش را متحمل می‌شود. تنش شدیدتر اغلب ناشی از خط است. ضرایب توزیع ولتاژ باید مطابق زیر باشند:

- آزمون‌های واحد: ضرایب باید در واحد طرف خط محاسبه یا اندازه‌گیری شوند.
  - آزمون‌های چند واحدی: ضرایب باید در واحد چندگانه‌ای که در مجاورت طرف خط قرار گرفته است محاسبه یا اندازه‌گیری شوند. ضرایب اعمال شده نباید کلید را بر اثر توزیع ولتاژ در واحد چندگانه تحت تنش اضافی قرار دهند.
- به منظور احتساب آثار ناشی از مقسم‌های ولتاژ، خازن‌های پراکندگی و اندوکنانس‌های مدار آزمون، باید اندازه‌گیری TRV مورد انتظار با اتصال خط به مدار واقعی<sup>۱</sup> انجام شود (عبارت "واقعی" برای ایجاد تمایز با مقادیر نامی 90%، 75% و 60% به کار رفته است). برای تنظیم تأخیرهای زمانی قسمت‌های مجزای مدار آزمون می‌توان یک خازن اضافی در طرف خط یا طرف منبع یا دو سر کلید نصب نمود.

در صورتی که کلید نتواند خطای نزدیک خط را قطع کند، می‌توان هم در آزمون و هم در شرایط کار کلید از یک خازن اضافی در طرف خط کلید یا موازی با واحد(های) قطع استفاده نمود. در این صورت از تنش وارد بر کلید کاسته می‌شود. مقدار و محل نصب خازن اضافی باید در گزارش آزمون ذکر شود.

به نظر می‌رسد که در صورت بزرگ بودن خازن اضافی، امپدانس موجی خط و تأخیر زمانی طرف خط کاهش یابد اما مقدار صحیح امپدانس موجی خود خط تغییر نمی‌کند. با توجه به اینکه ممکن است دوره افت اثر تأخیری خازن اضافی از زمان رسیدن به اولین پیک TRV طرف خط طولانی‌تر باشد، این احتمال می‌رود که کاهش نرخ افزایش در شیب بالارونده TRV به کاهش امپدانس موجی خط سوءتعبیر شود. از این رو مقادیر تأخیر زمانی و امپدانس موجی که در حالت اتصال خازن اضافی محاسبه می‌شوند، برای آزمون مناسب نیستند.

گزارش آزمون بایستی ولتاژ بازیافت گذرای مشخص شده (مناسب با مشخصات نامی کلید) و به دلایل رقابتی ولتاژ بازیافت گذرای مورد انتظار مدار آزمون به کار برده شده را شامل شود.

#### 5-7-4- دوره‌های آزمون

آزمون‌های خطای نزدیک کلید باید به صورت تک‌فاز انجام شوند. هر دوره آزمون شامل اجرای توالی عملکرد نامی است. جهت تسهیل آزمون می‌توان عملکردهای بستن را به صورت بی‌بار اجرا نمود. مدار آزمون باید مطابق با بند 5-7-3 باشد. در لحظه جدایی کنتاکت‌ها باید درصد مولفه dc کمتر از 20 درصد مولفه ac باشد. دوره‌های آزمون مربوط به جریان‌های بند 5-7-2 مطابق زیر می‌باشند.

- الف) دوره آزمون  $L_{90}$ : تحت جریان داده شده برای  $L_{90}$  در بند 5-7-2 و TRV موردانتظار مناسب
- ب) دوره آزمون  $L_{75}$ : تحت جریان داده شده برای  $L_{75}$  در بند 5-7-2 و TRV موردانتظار مناسب
- پ) دوره آزمون  $L_{60}$ : تحت جریان داده شده برای  $L_{60}$  در بند 5-7-2 و TRV موردانتظار مناسب.

این دوره آزمون تنها زمانی الزامی است که حداقل زمان قوس در دوره آزمون  $L_{75}$  به اندازه یک چهارم سیکل یا بیشتر، بزرگتر از حداقل زمان قوس دوره آزمون  $L_{90}$  باشد.

### 5-7-5- اجرای آزمون‌های خطای نزدیک کلید با استفاده از منبع با توان محدود

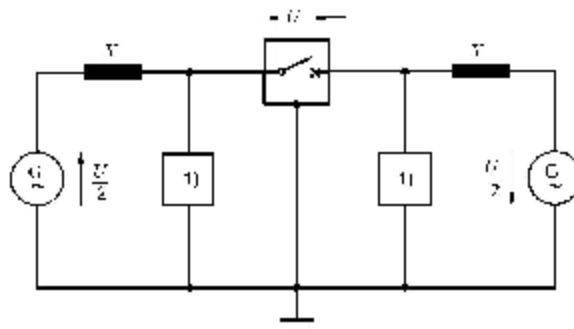
در صورتی که حداکثر قدرت اتصال کوتاه قابل دسترسی در محل آزمایش برای انجام آزمون‌های خطای نزدیک کلید روی یک پل کامل کافی نباشد می‌توان از آزمون‌های واحد استفاده کرد. همچنین می‌توان با ساده‌سازی شرایط بند 5-7-3، ولتاژ با فرکانس قدرت کمتری را به کاربرد. شرایط بند مذکور باید حتی‌الامکان برآورده شوند.

در صورتی که آزمون‌های خطای نزدیک کلید با مقدار کاهش یافته ولتاژ فرکانس قدرت انجام شوند و در یکی از دوره آزمون‌های خطای نزدیک کلید، حداکثر زمان قوس (مطابق با بند 4-10-2-2-1) بیش از 2 میلی‌ثانیه از حداکثر زمان قوس به دست آمده در دوره آزمون T100s بیشتر باشد، باید یک عمل بازکردن منفرد با اعمال شرایط آزمون خطای ترمینال T100s و با حداکثر زمان قوس به دست آمده در آزمون‌های خطای نزدیک کلید انجام شود. در این عملکرد اضافی می‌توان پارامترهای TRV را به مقادیر متناظر با  $K_{pp}=1$  (که برای آزمون خطای نزدیک کلید معمول است) کاهش داد. تنها در صورتی کلید در آزمون قبول می‌شود که در این عملکرد اضافی، جریان را با موفقیت قطع کند.

### 5-8-5- آزمون‌های قطع و وصل غیرهم فاز

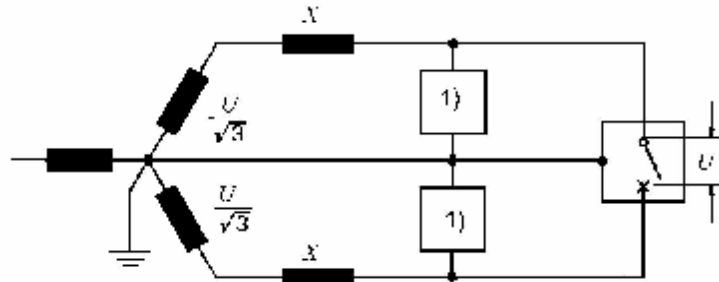
#### 5-8-5-1- مدار آزمون

این آزمون‌ها معمولاً بامدارهای تک فاز انجام می‌گیرند و لذا در این بخش نیز تنها این نحوه آزمون مورد بررسی قرار می‌گیرد. آزمون‌ها را می‌توان به صورت سه فاز نیز انجام داد که در این صورت روال آزمون با موافقت سازنده و خریدار مشخص می‌شود. مدار آزمون باید به نحوی آرایش یابد که روی هر طرف کلید نصف ولتاژ اعمالی و نصف ولتاژ بازیافت قرار گیرد (شکل 5-16).



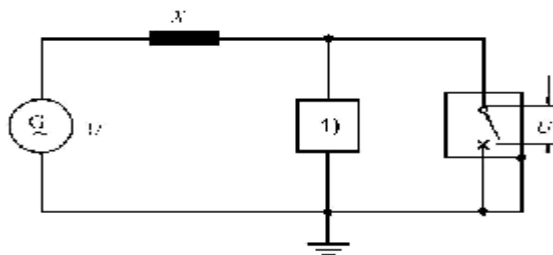
شکل 5-16: مدار آزمون برای آزمون غیرهم فاز تک فاز

اگر به کارگیری مدار مذکور در محل آزمایش امکان پذیر نباشد، می توان در صورت موافقت سازنده، از دو ولتاژ یکسان با اختلاف فاز 120 درجه (به جای 180 درجه) استفاده کرد؛ مشروط بر اینکه کل ولتاژ روی کلید به صورت مطرح شده در بند 5-8-2 باشد (شکل 5-17).



شکل 5-17: مدار آزمون برای آزمون های غیرهم فاز با استفاده از دو ولتاژ که 120 درجه الکتریکی اختلاف فاز دارند.

در صورت موافقت سازنده می توان مطابق شکل زیر یک ترمینال کلید را در طی آزمون زمین نمود.



شکل 5-18: مدار آزمون برای آزمون های غیرهم فاز درحالی که یک ترمینال کلید زمین شده است.

ضریب توان مدار آزمون نباید از 0/15 بیشتر شود.

### 5-8-2- ولتاژهای آزمون

ولتاژ اعمال شده و ولتاژ بازیافت فرکانس قدرت باید مطابق یکی از دو مورد زیر باشند:  
الف)  $\frac{2}{\sqrt{3}}$  برابر ولتاژ نامی برای کلیدهایی که قرار است در شبکه هایی به کار روند که نوترال آنها زمین شده است.

ب)  $\frac{2/5}{\sqrt{3}}$  برابر ولتاژ نامی برای کلیدهایی که قرار است در شبکه هایی جز مورد الف بکار روند.  
ولتاژ بازیافت گذرا باید مطابق با بند 2-5-16 باشد.

### 5-8-3- دوره های آزمون

دوره های آزمون در جدول زیر مشخص شده اند.

جدول 5-5: دوره آزمون غیرهم فاز

دوره آزمون	توالی عملکرد	جریان قطع برحسب درصدی از جریان قطع غیرهم فاز
OP1	O-O-O	30
OP2	CO-O-O یا C*-C**O-O-O C=C* در ولتاژ کامل C=C** در بی‌باری	100

توجه 1: در مورد کلیدهایی که مجهز به مقاومت‌های وصل هستند، می‌توان ظرفیت حرارتی این مقاومت‌ها را به طور جداگانه مورد آزمایش قرار داد.  
توجه 2: اگر مشخصات قوس کلید به گونه‌ای باشد که آزمون‌های بحرانی مطابق با 5-5-1 و در سطح جریانی پایین‌تر از مقدار مرتبط با خطای ترمینال T10 لازم نشوند، می‌توان دوره آزمون OP1 را حذف نمود.

در هر یک از عمل‌های بازکردن هر دوره آزمون، مولفه dc جریان قطع باید کمتر از 20 درصد مولفه ac باشد. در عمل بستن در سیکل بستن - بازکردن دوره آزمون OP2 می‌بایست ولتاژ فرکانس قدرت  $\frac{2}{\sqrt{3}U_r}$  بوده و عمل وصل در محدوده  $\pm 15$  درجه پیرامون مقدار پیک ولتاژ اعمالی انجام گیرد.

عمل بستن باید یک جریان متقارن با طولانی‌ترین زمان پیش قوس تولید کند. جریان وصل باید برابر مقدار نامی جریان وصل غیرهم فاز باشد. مولفه dc جریان قطع مشخص نشده است. در مورد زمان‌های قوس به بندهای 4-10-2-1 و 4-10-2-2 مراجعه کنید.

اگر به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی، هنگام انجام عمل وصل در مقدار پیک ولتاژ اعمالی، زمان پیش‌قوس به طرز قابل ملاحظه‌ای از یک چهارم سیکل فرکانس قدرت بزرگتر نباشد، می‌توان سیکل عملکرد CO در دوره OP2 را با توالی زیر جایگزین نمود:

- C در ولتاژ کامل و حداکثر جریان وصل موجود
- CO با انجام C در بی‌باری
- O-O

## 5-9-9- آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی

### 5-9-9-1- کاربرد

آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی را باید روی کلیدهایی انجام داد که یک یا تعداد بیشتری از مقادیر نامی زیر برای آنها مشخص شده است.

- جریان نامی قطع شارژ خط
- جریان نامی قطع شارژ کابل
- جریان نامی قطع بانک خازنی منفرد

- جریان نامی قطع بانک خازنی پشت به پشت
  - جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی منفرد
  - جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت
- مقادیر نامی ترجیحی جریانهای کلیدزنی خازنی در جدول (2-3) آمده است.

### 5-9-2- کلیات

قوس مکرر<sup>1</sup> کلید در طی آزمونهای جریان خازنی مجاز است. با توجه به عملکرد کلیدها از نظر وقوع قوس مجدد، می توان آنها را به دو رده زیر تقسیم بندی نمود:

- رده C<sub>1</sub>: در کلیدهای این رده، احتمال وقوع قوس مجدد در طی قطع جریان خازنی به صورت مشخص شده در آزمونهای نوعی (بند 5-9-9-2) کم است.
- رده C<sub>2</sub>: در کلیدهای این رده، احتمال وقوع قوس مجدد در طی قطع جریان خازنی به صورت مشخص شده در آزمونهای نوعی (بند 5-9-9-1) خیلی کم است.

در آزمایشگاه می توان به جای خط و کابل از مدارهایی شامل خازن، راکتور یا مقاومت (به صورت فشرده<sup>2</sup>) استفاده کرد. فرکانس مدار آزمون باید برابر با فرکانس نامی با تلورانس  $\pm 2\%$  درصد باشد. اگر کلید آزمون فرکانس 60 هرتز را با موفقیت پشت سر بگذارد، مشخصات قطع جریان خازنی در شبکه 50 هرتز را دارا خواهد بود.

### 5-9-3- مشخصات مدارات تغذیه

مدار آزمون باید ملزومات زیر را برآورده سازد:

الف) مشخصات مدار آزمون باید به گونه ای باشد که تغییرات ولتاژ در هنگام کلیدزنی کمتر از 2 درصد برای دوره آزمون 1 (BC1, CC1, LC1) و کمتر از 5 درصد برای دوره آزمون 2 (BC2, CC2, LC2) باشد. اگر تغییرات ولتاژ از مقادیر مشخص شده بیشتر باشد، می توان آزمونها را با ولتاژ بازیافت مشخص شده در بند 5-9-10 اجرا یا از آزمونهای ترکیبی استفاده کرد.

ب) امپدانس مدار تغذیه نباید آن قدر کم باشد که جریان اتصال کوتاه مدار از مقدار نامی اتصال کوتاه کلید بیشتر شود.

در آزمونهای کلیدزنی جریان شارژ خط، شارژ کابل یا بانک خازنی منفرد، ولتاژ بازیافت گذرای مورد انتظار مدار تغذیه نباید از TRV مشخص شده برای اتصال کوتاه T100 در بند 5-2-5-2 شدیدتر باشد.

در آزمونهای جریان قطع بانک خازنی پشت به پشت، خازن (ظرفیت) مدار تغذیه و امپدانس بین خازنهای طرف منبع و بار باید به گونه ای باشند که در هنگام آزمایش با 100 درصد جریان قطع بانک خازنی پشت به پشت، مقدار نامی جریان هجومی وصل بانک خازنی حاصل شود.

1 . Re – Ignition

2 . Lumped

### 5-9-4- زمین کردن مدار تغذیه

در آزمون‌های تک فاز می‌توان هر یک از ترمینال‌های مدار تغذیه تک فاز را زمین نمود. با این حال برای اطمینان از توزیع صحیح ولتاژ بین واحدهای کلید می‌توان نقطه دیگری از مدار تغذیه را به زمین متصل کرد. در آزمون‌های سه فاز زمین کردن به صورت زیر انجام می‌شود:

الف) در آزمون‌های کلیدزنی جریان بانک خازنی، می‌بایست نوترال مدار تغذیه زمین شود. در مورد بانک‌های خازنی با نوترال زمین شده، امپدانس توالی صفر مدار تغذیه نباید از سه برابر امپدانس توالی مثبت آن بزرگتر باشد. اگر نوترال بانک خازنی ایزوله باشد این نسبت مطرح نیست.

ب) در مورد آزمون‌های کلیدزنی جریان شارژر خط و جریان شارژر کابل، زمین کردن مدار تغذیه باید با توجه به چگونگی زمین‌شدن مداری که کلید برای کار در آن طراحی شده است، صورت گیرد.

- اگر کلید در شبکه‌ای استفاده می‌شود که نوترال آن زمین شده است، نقطه نوترال مدار تغذیه نیز باید زمین شود. امپدانس توالی صفر مدار نباید از سه برابر امپدانس توالی مثبت آن بزرگتر باشد.

- اگر کلید در شبکه‌ای به کار می‌رود که نوترال آن ایزوله بوده یا از طریق امپدانس به زمین متصل می‌شود نقطه نوترال مدار تغذیه باید ایزوله باشد.

جهت تسهیل آزمون، تا زمانی که بتوان نشان داد ولتاژهای بازیافت حاصل، معادل هستند، می‌توان مدارات آزمون را با یکدیگر جایگزین نمود. برای مثال، مدار آزمون با نوترال زمین شده و بانک خازنی ایزوله را می‌توان در بسیاری از موارد با مدار آزمون با نوترال ایزوله و بانک خازنی زمین شده جایگزین کرد.

تأثیر خازن‌های کنترل TRV بر مقادیر ولتاژ بازیافت باید بویژه در مورد جریان‌های خازنی کوچک مورد توجه قرار گیرد. در جدول (5-8) مقادیر لازم برای ولتاژ بازیافت داده شده است.

### 5-9-5- مشخصات مدار خازنی

مشخصات مدار خازنی باید به گونه‌ای باشد که با احتساب تمامی وسایل ضروری اندازه‌گیری از جمله مقسم‌های ولتاژ، 300 میلی‌ثانیه پس از خاموشی قوس کاهش ولتاژ روی کلید بیش از 10 درصد نباشد.

اگر مدار آزمون نتواند ولتاژ بازیافت را به مدت 300 میلی‌ثانیه تأمین کند باید از روش دیگری برای بررسی تحمل کلید استفاده شود. بدین منظور می‌توان یک آزمون اضافی بدون جریان با اعمال ولتاژ بازیافت لازم، نیم‌سیکل (فرکانس قدرت) پس از جدایی کنتاکت‌ها انجام داد. ولتاژ بازیافت لازم را به عنوان مثال می‌توان با اعمال یک ولتاژ dc روی یک ترمینال و یک ولتاژ ac روی ترمینال دیگر (به مدت لازم) ایجاد نمود. تعداد دفعات اعمال ولتاژ باید مساوی تعداد عمل‌های بازکردن در دوره آزمون 1 (CC1، LC1 و BC1) و با توزیع یکنواخت روی دو پلاریته باشد. در حالتی که آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی به صورت سه فاز انجام می‌شوند، آزمون اضافی مذکور باید روی هر یک از سه فاز صورت گیرد.

### 5-9-5-1- آزمون‌های کلیدزنی جریان شارژر خط

سه حالت محتمل است:

الف) آزمون‌های سه فازی که در آنها می‌توان از خطوط موازی استفاده کرده یا خط سه فاز واقعی (تمامی یا بخشی از آن) را با بانک‌های خازنی متمرکز جایگزین نمود. خازن توالی مثبت باید تقریباً دو برابر خازن توالی صفر باشد.

ب) آزمون‌های تک فاز با استفاده از یک مدار آزمون سه فاز، بدین صورت که دو فاز از مدار خازنی مستقیماً و یک فاز از طریق یک پل کلید تحت آزمون به مدار تغذیه سه فاز وصل شود.

پ) آزمون‌های تک فاز آزمایشگاهی که در آنها می‌توان خطوط واقعی (تمام یا بخشی از آنها) را با بانک‌های خازنی متمرکز جایگزین و در فازهای مجزا از اتصال موازی هادی‌ها استفاده نمود. مسیر برگشت جریان می‌تواند از طریق زمین یا یک هادی تأمین شود.

در صورت استفاده از خازن برای شبیه‌سازی خطوط هوایی می‌توان یک مقاومت غیراندوکتیو را به طور سری با آن قرار داد. مقدار مقاومت مذکور نباید از 5 درصد امپدانس خازن بیشتر باشد. مقادیر بیشتر ممکن است بر ولتاژ بازیافت تأثیر قابل ملاحظه‌ای بگذارد. اگر به رغم اتصال این مقاومت، جریان هجومی پیک هم چنان بیش از حداکثر مقدار قابل قبول باشد می‌توان به جای مقاومت از امپدانس‌های دیگر (مثلاً LR) استفاده کرد. اما شرایط ولتاژ و جریان در لحظه قطع و ولتاژ بازیافت نباید با مقادیر مشخص شده تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. همچنین استفاده از امپدانس‌های مذکور باید با دقت کافی انجام گیرد. زیرا استفاده از آنها ممکن است منجر به تولید اضافه ولتاژ پس از قوس مکرر شود و در نتیجه قوس‌های مکرر یا مجدد بیشتری رخ دهند.

#### 5-9-5-2- آزمون‌های کلیدزنی جریان شارژ کابل

برای شبیه‌سازی کابل‌های روکش دار<sup>1</sup> و کاملاً حفاظت شده<sup>2</sup> می‌توان از خازن استفاده کرد. ظرفیت توالی مثبت خازنی که برای شبیه‌سازی کابل روکش دار سه هسته‌ای به کار می‌رود باید تقریباً دو برابر ظرفیت توالی صفر آن باشد.

در صورت استفاده از خازن برای شبیه‌سازی کابل می‌توان یک مقاومت غیر اندوکتیو را به طور سری با آن قرار داد. مقدار مقاومت مذکور نباید از 5 درصد امپدانس خازن بیشتر باشد. مقادیر بیشتر ممکن است بر ولتاژ بازیافت تأثیر قابل توجهی بگذارد. اگر به رغم اتصال این مقاومت، جریان هجومی پیک هم چنان بیش از حداکثر مقدار قابل قبول باشد می‌توان به جای مقاومت از امپدانس‌های دیگر (مثلاً LR) استفاده کرد. اما شرایط ولتاژ و جریان در لحظه قطع و ولتاژ بازیافت نباید با مقادیر مشخص شده تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. همچنین استفاده از امپدانس‌های مذکور باید با دقت کافی انجام گیرد. زیرا استفاده از آنها ممکن است منجر به تولید اضافه ولتاژ پس از قوس مجدد شود و در نتیجه قوس‌های مجدد بیشتری رخ دهند.

در آزمون‌ها می‌توان یک خط هوایی کوتاه را با یک کابل سری کرد اما جریان شارژ خط نباید از یک درصد جریان شارژ کابل تجاوز کند.

1. Belted

\* منظور از کابل روکش دار کابلی با چند هادی عایق شده است که روی مجموعه آنها یک لایه عایق کشیده شده است.

2. Screened

\*\* منظور از کابل کاملاً محافظت شده کابلی است که با استفاده از پوشش‌ها، حائل‌ها و لایه‌های مناسب دربر گرفته شده تا احتمال اتصال یا تماس خطرناک آن با اشخاص و اشیاء از بین برود.



## 5-9-3-5- آزمون‌های کلیدزنی جریان بانک خازنی

اگر قرار است کلید در سیستمی با نوترال ایزوله به کار رود، چگونگی وضعیت نوترال خازن نسبت به زمین در طی آزمون باید مشابه وضعیت آن در شرایط سرویس باشد. در غیر این صورت باید در طی آزمون نوترال خازن ایزوله باشد.

## 5-9-6- شکل موج جریان

شکل موج جریان مورد قطع باید حتی‌الامکان به سینوسی نزدیک باشد. بدین منظور باید نسبت مقدار موثر جریان به مقدار موثر مولفه اصلی آن از  $1/2$  کوچکتر باشد. جریان مورد قطع نباید در هر نیم سیکل فرکانس قدرت بیش از یک بار از صفر بگذرد.

## 5-9-7- ولتاژ آزمون

در آزمون‌های سه فاز و مستقیم و در آزمون‌های تک فاز با مدار خازنی (مطابق با قسمت "ب" از بند 5-9-1) ولتاژ اندازه‌گیری شده بین فازهای کلید درست پیش از بازکردن آن نباید از ولتاژ نامی کلید  $U_r$  کمتر باشد.

در آزمون‌های تک فاز آزمایشگاهی مستقیم، ولتاژ اندازه‌گیری شده در کلید درست پیش از بازکردن آن نباید از حاصل ضرب  $U_r/\sqrt{3}$  در ضریب ولتاژ خازنی  $K_c$  کمتر باشد.  $K_c$  مطابق زیر است:

الف) برای آزمون‌های شبیه‌سازی سرویس عادی در سیستم‌های با نوترال زمین شده و بدون تأثیر قابل ملاحظه فازهای مجاور مدار خازنی، مانند بانک‌های خازنی با نوترال زمین شده و کابل‌های کاملاً حفاظت‌شده ضریب ولتاژ خازنی برابر با 1 انتخاب می‌شود.

ب) برای آزمون‌های کلیدزنی جریان شارژ خط مطابق با قسمت "پ" از بند 5-9-1 و آزمون‌هایی که روی کابل‌های روکش‌دار انجام می‌شود (متناظر با شرایط سرویس عادی در سیستم‌های با نوترال زمین شده) ضریب ولتاژ خازنی  $1/2$  انتخاب می‌شود.

پ) در دو مدار زیر ضریب ولتاژ خازنی  $1/4$  انتخاب می‌شود.

- قطع در شرایط سرویس عادی در سیستم‌هایی که نوترال زمین نشده است.

- قطع بانک‌های خازنی با نوترال ایزوله

اگر کلیدزنی جریان خازنی در حضور خط‌های زمین تک فاز یا دو فاز موردنظر باشد، ضرایب زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

-  $1/4$  برای آزمون‌های مربوط به قطع در حضور خط‌های زمین تک فاز یا دو فاز در سیستم‌هایی که نوترال آنها زمین شده است.

-  $1/7$  برای آزمون‌های مربوط به قطع در حضور خط‌های زمین تک فاز یا دو فاز در سیستم‌هایی که نوترال آنها زمین نشده است.

در آزمون‌های واحد، ولتاژ آزمون باید با توجه به ولتاژ آن واحدی از پل کلید انتخاب شود که تحت بیشترین تنش قرار می‌گیرد. ولتاژ فرکانس قدرت آزمون و ولتاژ dc ناشی از شارژ باقی‌مانده در مدار خازنی باید تا حداقل  $0/3$  ثانیه پس از قطع نگه داشته

شوند.

باید توجه داشت که ضرایب داده شده در قسمت‌های "ب" و "پ" فوق در مورد خطوط تک مداره اعمال می‌شوند. ضرایب لازم برای خطوط هوایی چندمداره ممکن است بزرگتر باشند. همچنین در صورتی که اختلاف زمانی بین باز شدن کنتاکت‌ها در پل‌های مختلف کلید از یک ششم سیکل فرکانس نامی بیشتر شود، بهتر است از ضرایب ولتاژ بزرگتر استفاده یا تنها آزمون‌های سه فاز را اجرا نمود.

### 5-9-8- جریان آزمون

مقادیر پیشنهادی برای جریان خازنی نامی در جدول (2-3) مشخص شده‌اند.

### 5-9-9- دوره‌های آزمون

دوره‌های آزمون هر سری آزمون باید روی یک نمونه و بدون هرگونه تعمیر انجام شود. در ادامه این مبحث از نمادهای زیر استفاده می‌شود.

LC1	- جریان شارژ خط، دوره آزمون 1
LC2	- جریان شارژ خط، دوره آزمون 2
CC1	- جریان شارژ کابل، دوره آزمون 1
CC2	- جریان شارژ کابل، دوره آزمون 2
BC1	- جریان بانک خازنی، دوره آزمون 1
BC2	- جریان بانک خازنی، دوره آزمون 2

### 5-9-9-1- شرایط آزمون برای کلیدهای کلاس C2

#### 5-9-9-1-1- دوره آزمون‌های کلاس C2

آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی برای کلیدهای کلاس C2 باید پس از اجرای دوره آزمون T60 به عنوان یک پیش‌آمایش<sup>1</sup> انجام گیرد.

یک انتخاب برای آزمون پیش‌آمایش به صورت زیر است:

- جریان مشابه دوره آزمون T60

- ولتاژ کم، TRV نامعین

- سه عمل بازکردن

- زمان قوس: همانند T60 یا مطابق با مقادیر مورد انتظار زمان قوس T60 که توسط سازنده داده شده است.

- شرایط نامی یا شرایط قفل کردن

در صورتی که چند آزمون کلیدزنی جریان خازنی (مثلاً آزمون‌های کلیدزنی جریان شارژ خط، شارژ کابل و بانک خازنی) روی یک کلید انجام شوند و بین آزمون‌ها، کلید مجدداً آماده‌سازی نشود کافی است آزمون‌های پیش‌آمایش T60 تنها یک بار در آغاز آزمون

کلید زنی جریان خازنی انجام پذیرند. آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی باید شامل دوره آزمون‌های مشخص شده در جدول زیر باشند.

جدول 5-6: دوره آزمون‌های مربوط به کلیدهای کلاس C2

دوره آزمون	ولتاژ کار رله‌ها	فشار برای عملکرد و قطع کامل	جریان آزمون به صورت درصدی از مقدار نامی جریان قطع خازنی %	نوع عملکرد یا توالی عملکرد
BC1, CC1, LC1 (1)	حداکثر ولتاژ	حداقل فشار کاری	10 تا 40	O
BC2, CC2, LC2 (2)	حداکثر ولتاژ	فشار نامی	کوچکتر از 100 نباشد	CO <sub>2</sub> O یا CO

توجه 1: هدف از انجام آزمون‌ها با حداکثر ولتاژ رله‌ها، تسهیل کنترل پایدار عمل بازکردن است.  
توجه 2: جهت تسهیل آزمون می‌توان سیکل‌های CO را در دوره آزمون 1 (BC1, CC1, LC1) انجام داد.

در آزمون‌های وصل - قطع، تا زمانی که بخش‌گذرای جریان‌ها از میان نرفته است کنتاکت‌های کلید نباید جدا شوند. بدین منظور ممکن است تنظیم فاصله زمانی بین عمل بازکردن و بستن کلید ضروری باشد. اما زمان مذکور باید حتی‌الامکان به زمان بستن - بازکردن مطابق تعریف بخش 1-4-5-39 نزدیک باشد.

پیش از عمل وصل نباید مقدار بار باقی‌مانده بر روی مدارهای خازنی قابل ملاحظه باشد. عمل وصل همواره باید در محدوده  $\pm 15$  درجه از مقدار پیک ولتاژ اعمال شده (به یک فاز در آزمون‌های سه فاز) انجام گیرد. در صورت امکان حداقل جریان وصل باید برابر با مقدار نامی جریان هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت باشد. اگر به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی برآوردن ملزومات سیکل CO امکان‌پذیر نباشد، می‌توان دوره آزمون 2 (LC2, CC2 و BC2) را به صورت یک سری آزمون وصل مجزا و به دنبال آن یک سری آزمون CO اجرا نمود. این آزمون‌های وصل مجزا باید متضمن موارد زیر باشد:

- تعداد عملکرد یکسان
  - در صورت امکان، جریان وصل باید با مقدار نامی جریان هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت برابر باشد.
  - ولتاژ آزمون باید همان ولتاژ لازم برای دوره آزمون 2 باشد.
  - کلید باید در محدوده  $\pm 15$  درجه از مقدار پیک بسته شود.
- پس از اجرای آزمون‌های وصل مجزا، باید سیکل‌های CO مطابق روال فوق و تحت شرایط بی‌باری به هنگام عمل بستن اجرا شوند. باید توجه داشت که هنگام کلیدزنی جریان‌های خازنی، پیش قوس عمل بستن بر عمل بازکردن متعاقب خود تأثیری نمی‌گذارد اما رفتار گاز پس از عمل بستن (مانند تفاوت چگالی آن در نقاط مختلف) بر آن مؤثر است. بنابراین اگر چه مطابق روال فوق می‌توان عمل‌های بازکردن و بستن را به لحاظ تنش الکتریکی از یکدیگر مجزا نمود اما از نظر وضعیت گاز مجزا از هم نیستند. به همین دلیل انجام یک عمل بستن بی‌بار پیش از عمل بازکردن الزامی است.
- مقدار مورد انتظار ضریب میرایی جریان هجومی در طی کلیدزنی پشت به پشت (نسبت دومین پیک به اولین پیک هم پلاریته) باید مساوی با 0/85 یا بزرگتر از آن باشد.

برای تعیین حداقل زمان قوس در عمل بازکردن می‌توان لحظه جداشدن کنتاکت‌ها را با فواصل تقریباً 6 درجه‌ای تغییر داد. به دست آوردن حداقل و حداکثر زمان قوس با این روش ممکن است نیازمند انجام چندین آزمون باشد. در این آزمون‌ها برای تعیین مقادیر دقیق زمان‌های بازکردن و بستن، می‌توان در صورت موافقت سازنده از ولتاژهایی بزرگتر از حداکثر مقدار مجاز تعیین شده برای وسایل عمل‌کننده استفاده نمود.

#### 5-9-9-1-2- آزمون‌های کلیدزنی جریان سه فاز شارژ خط و شارژ کابل

هر دوره آزمون کلاً شامل 24 عملکرد یا سیکل عملکردی مطابق زیر است.

##### دوره آزمون 1 (LC1 و CC1):

- چهار CO، توزیع شده روی یک پلاریته (گام: 15 درجه)
- شش O، در حداقل زمان قوس روی یک پلاریته
- چهار O، توزیع شده روی پلاریته دیگر (گام: 15 درجه)
- شش O، در حداقل زمان قوس روی پلاریته دیگر
- آزمون‌های اضافی برای رسیدن به بیست و چهار O با توزیع یکنواخت روی دو پلاریته (گام: 15 درجه)

##### دوره آزمون 2 (LC2 و CC2)

- چهار CO، توزیع شده روی یک پلاریته (گام: 15 درجه)
  - شش CO، در حداقل زمان قوس روی یک پلاریته
  - چهار CO، توزیع شده روی پلاریته دیگر (گام: 15 درجه)
  - شش CO، در حداقل زمان قوس روی پلاریته دیگر
  - آزمون‌های اضافی برای رسیدن به بیست و چهار CO با توزیع یکنواخت روی دو پلاریته (گام: 15 درجه)
- در طی آزمون‌های فوق تمامی "حداقل زمان‌های قوس" باید روی یک فاز اتفاق بیفتند.
- می‌توان عمل C را بی‌بار انجام داد که در این صورت باید یک سری آزمون وصل مجزا مطابق با بند 5-9-9-1-1 اجرا شود.

#### 5-9-9-1-3- آزمون‌های کلیدزنی جریان تک‌فاز شارژ خط و شارژ کابل

هر دوره آزمون کلاً شامل 48 عملکرد یا سیکل عملکردی مطابق زیر است.

##### دوره آزمون 1 (LC1 و CC1):

- دوازده O، توزیع شده روی یک پلاریته (گام: 15 درجه)
- شش O در حداقل زمان قوس روی یک پلاریته
- دوازده O، توزیع شده روی پلاریته دیگر (گام: 15 درجه)
- شش O در حداقل زمان قوس روی پلاریته دیگر
- آزمون‌های اضافی برای رسیدن به چهل و هشت O با توزیع یکنواخت روی دو پلاریته (گام: 15 درجه)

##### دوره آزمون 2 (LC2 و CC2):

- شش O و شش CO، توزیع شده روی یک پلاریته (گام: 15 درجه)



جدول 5-7: دوره آزمون‌های مخصوص کلیدهای کلاس C1

دوره آزمون	ولتاژ کار رله‌ها	فشار برای عملکرد و قطع کامل	جریان آزمون به صورت درصدی از مقدار نامی جریان قطع خازنی %	نوع عملکرد یا توالی عملکرد
(1) BC1,CC1,LC1	حداکثر ولتاژ	فشار نامی	10 تا 40	O
(2) BC2,CC2,LC2	حداکثر ولتاژ	فشار نامی*	کوچکتر از 100 نباشد	CO
توجه 1: هدف از انجام آزمون‌ها با حداکثر ولتاژ رله‌ها، تسهیل در کنترل مناسب عمل بازکردن است.				
توجه 2: جهت تسهیل آزمون می‌توان سیکل‌های CO را در دوره آزمون 1 (BC1, CC1, LC1) انجام داد.				
* در صورت امکان باید فشار برای عملکرد و قطع کامل در حداقل سه سیکل عملکرد CO روی حداقل فشار کارکرد تنظیم شود. یک بار با حداقل زمان قوس و دوبار با حداکثر زمان قوس				

در آزمون‌های وصل - قطع، کنتاکت‌های کلید نباید تا زمان از بین رفتن جریان‌های گذرا از یکدیگر جدا شوند. بدین منظور ممکن است تنظیم فاصله زمانی بین عمل بستن و عمل بازکردن لازم باشد. اما این فاصله زمانی باید حتی‌الامکان به "زمان بستن - بازکردن" تعریف شده در بند 1-4-5-39 نزدیک باشد.

پیش از عمل وصل نباید مقدار شارژ باقی‌مانده بر روی مدارهای خازنی قابل ملاحظه باشد. عمل وصل همواره باید در محدوده  $\pm 15$  درجه از مقدار پیک ولتاژ اعمال شده (به یک فاز در آزمون‌های سه فاز) انجام گیرد. در صورت امکان حداقل جریان وصل باید برابر با مقدار نامی جریان هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت باشد. اگر به دلیل محدودیت‌های آزمایشگاهی برآوردن ملزومات سیکل CO امکان‌پذیر نباشد، می‌توان دوره آزمون 2 (LC2, CC2 و BC2) را به صورت یک سری آزمون وصل مجزا و به دنبال آن یک سری آزمون CO اجرا نمود. این آزمون‌های وصل مجزا باید متضمن موارد زیر باشد:

- تعداد عملکرد یکسان
- در صورت امکان، جریان وصل باید با مقدار جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی پشت به پشت برابر باشد.
- ولتاژ آزمون باید همان ولتاژ لازم برای دوره آزمون 2 باشد.
- کلید باید در محدوده  $\pm 15$  درجه از مقدار پیک بسته شود.

پس از اجرای آزمون‌های وصل مجزا، باید سیکل‌های CO مطابق روال فوق و تحت شرایط بی‌باری به هنگام عمل بستن اجرا شوند. باید توجه داشت که هنگام کلیدزنی جریان‌های خازنی، پیش قوس عمل بستن بر عمل بازکردن متعاقب خود تأثیری نمی‌گذارد اما رفتار گاز پس از عمل بستن (مانند تفاوت چگالی آن در نقاط مختلف) بر آن مؤثر است. بنابراین اگر چه مطابق روال فوق می‌توان عمل‌های بازکردن و بستن را به لحاظ تنش الکتریکی از یکدیگر مجزا نمود اما از نظر وضعیت گاز مجزا از هم نیستند. به همین دلیل انجام یک عمل بستن بی‌بار پیش از عمل بازکردن الزامی است.

مقدار مورد انتظار ضریب میرایی جریان هجومی در طی کلیدزنی پشت به پشت (نسبت دومین پیک هم پلاریته با اولین پیک به اولین پیک) باید مساوی با 0/85 یا بزرگتر از آن باشد.

برای تعیین حداقل زمان قوس در عمل باز کردن می‌توان لحظه جدا شدن کنتاکت‌ها را با فواصل تقریباً 6 درجه‌ای تغییر داد. به دست آوردن حداقل و حداکثر زمان قوس با این روش ممکن است نیازمند انجام چندین آزمون باشد. در این آزمون‌ها برای تعیین مقادیر دقیق زمان‌های باز کردن و بستن، می‌توان در صورت موافقت سازنده از ولتاژهایی بزرگتر از حداکثر مقدار مجاز تعیین شده برای وسایل عمل‌کننده استفاده نمود.

### 5-9-2-2- آزمون‌های کلیدزنی جریان خازنی تک‌فاز و سه فاز

دوره آزمون 1 (LC1، CC1 و BC1) در مجموع شامل 24 آزمون O بوده و دوره آزمون 2 (LC2، CC2 و BC2) کلاً شامل 24 آزمون CO می‌باشد.

#### دوره آزمون 1 (LC1، CC1 و BC1):

- شش O، توزیع شده روی یک پلاریته (گام: 30درجه)
- سه O در حداقل زمان قوس روی یک پلاریته
- سه O در حداقل زمان قوس روی پلاریته دیگر
- شش O در حداکثر زمان قوس روی پلاریته دیگر
- آزمون‌های اضافی برای رسیدن به بیست و چهار O با توزیع یکنواخت روی دو پلاریته (گام: 30درجه)

#### دوره آزمون 2 (LC2، CC2 و BC2):

- شش CO، توزیع شده روی یک پلاریته (گام: 30درجه)
  - سه CO در حداقل زمان قوس روی یک پلاریته
  - سه CO در حداقل زمان قوس روی پلاریته دیگر
  - شش CO در حداکثر زمان قوس روی پلاریته دیگر
  - آزمون‌های اضافی برای رسیدن به بیست و چهار CO با توزیع یکنواخت روی دو پلاریته (گام: 30درجه)
- عمل‌های C را می‌توان به صورت بی‌بار اجرا کرد. در این صورت باید یک سری آزمون وصل مطابق با بند 5-9-2-1 انجام گیرد. بهتر است آزمون‌ها با ترتیب زیر انجام شوند:

- کلیدزنی جریان خازنی، دوره آزمون 1 (LC1، CC1 و BC1)
- کلیدزنی جریان خازنی، دوره آزمون 2 (LC2، CC2 و BC2)

### 5-9-3- شرایط آزمون متناظر با قطع در صورت وجود خطاهای زمین

#### الف) خطوط و کابل‌ها

- در صورتی که کلیدزنی جریان شارژ خط و کابل با وجود خطای زمین مدنظر باشد، آزمون‌ها باید مطابق روال زیر انجام شوند:
- آزمون‌های آزمایشگاهی تک‌فاز تحت ولتاژ داده شده در بند 5-9-7 و جریان خازنی
  - $1/25$  برابر مقدار نامی جریان قطع خازنی در سیستم‌های با نوترال زمین شده
  - $1/7$  برابر مقدار نامی جریان قطع خازنی در سیستم‌هایی که نوترال زمین نشده است.

آزمون‌ها باید مطابق با روال‌های داده شده در بندهای 1-9-9-5 و 2-9-9-5 انجام شوند با این تفاوت که تعداد کل آزمون‌های مورد نیاز نصف مقدار نظیر هر روال است. در صورتی که این آزمون‌ها با همان تعداد مندرج در بندهای 1-9-9-5 یا 2-9-9-5 انجام گیرند ملزومات بندهای مذکور را برآورده می‌سازند و دیگر نیازی به انجام آزمون‌های این دو بند نیست.

### ب) بانک‌های خازنی منفرد

در سیستم‌های با نوترال زمین شده نیازی به آزمون نیست. در صورتی که خازن با نوترال زمین شده در سیستمی کلیدزنی شود که نوترال آن زمین نشده است تنش بیشتری به آن وارد می‌شود اما چون حالت اخیر یک حالت عادی نیست در این استاندارد مورد بررسی قرار نمی‌گیرد.

### پ) بانک‌های خازنی پشت به پشت

این مورد نیز به دلیل غیرعادی بودن، در این استاندارد بررسی نمی‌شود.

## 10-9-5 - انجام آزمون‌ها با TRV مشخص

برای انجام آزمون‌های کلیدزنی می‌توان به جای استفاده از مدارات آزمون مشخص شده در بند 3-9-5، مدارهایی را به کار برد که از نظر ولتاژ بازیافت مورد انتظار ملزومات زیر را برآورده می‌سازند.

- پوش TRV مورد انتظار به گونه‌ای باشد که  $u_c' \geq u_c$  و  $t_2' \leq t_2$
- بخش ابتدایی TRV مورد انتظار باید زیرخطی باشد که از مبدأ تا نقطه تعریف شده با  $u_1$  و  $t_1$  کشیده شده است.
- مقادیر  $t_2, u_c, t_1, u_1$  در جدول زیر داده شده است.

جدول 5-8: مقادیر تعیین شده برای  $t_2, u_c, t_1, u_1$

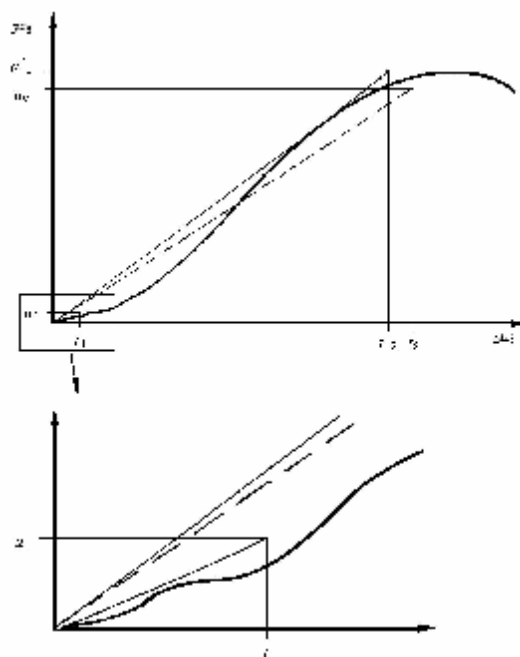
مقادیر زمانی شکل 5-19		مقادیر ولتاژ بازیافت شکل 5-19 در ارتباط با مقدار پیک ولتاژ آزمون		دوره آزمون
$t_2$	$t_1$	$u_1$ p.u	$u_c$ p.u	
8/7 میلی ثانیه	$\geq t_1 t_3$	$\leq 0/02 * k_{af} *$	$\geq 1/98$	1
	برای خطاهای ترمینال**	$\leq 0/05 * k_{af}$	$\geq 1/95$	2

توجه: در آزمون‌های ترکیبی تک‌فاز، محاسبه ولتاژ بازیافت مورد انتظار بر مبنای ولتاژ آزمون به کاررفته در آزمون مسقیم تک‌فاز متناظر انجام می‌گیرد.

\*  $k_{af}$  ضریب دامنه بوده و برابر 1/4 می‌باشد.

\*\* به جدول 2-4 تا 2-7 مراجعه کنید.





شکل 5-19: ولتاژ بازیافت برای آزمون‌های قطع جریان خازنی

### 5-9-11- معیارهای قبولی در آزمون

#### 5-9-11-1- کلیات

در صورتی کلید آزمون را با موفقیت گذرانده است که شرایط زیر حاصل شود:

الف) رفتار کلید در طی قطع و وصل جریان‌های خازنی در تمامی دوره آزمون‌های مشخص شده، شرایط داده شده در بند 4-8 را برآورده سازد.

ب) در طی دوره آزمون‌های 1 (BC1 و CC1، LC1) و 2 (BC2 و CC2، LC2)، یا نباید قوس مجدد رخ دهد یا اگر رخ داد باید هر دو دوره آزمون مجدداً روی همان کلید و بدون انجام هرگونه تعمیر روی آن انجام شوند. در این آزمون‌های تکراری نباید قوس مجدد اتفاق بیفتد. همچنین قوس خارجی<sup>1</sup> و قوس فاز به زمین<sup>2</sup> نباید مشاهده شود.

پ) وضعیت کلید پس از دوره آزمون‌ها باید مطابق با شرایط مندرج در بند 4-9-4 باشد. اگر در طی دوره آزمون‌های 1 و 2 قوس مجدد رخ ندهد، بازرسی چشمی کافی است.

#### 5-9-11-2- معیارهای طبقه‌بندی یک کلید در کلاس C1 در حالی که با ملزومات کلاس C2 آزمایش شده است.

کلیدی را که مطابق با برنامه آزمون کلاس C2 آزمایش شده است می‌توان به عنوان کلید کلاس C1 طبقه‌بندی نمود؛ مشروط بر اینکه ملزومات "الف" و "پ" بند قبل و حداقل یکی از شرایط زیر برآورده شوند:

1. External Flashover  
2. Phase – to – Ground Flashover

الف) معیارهای قبولی در آزمون کلاس C2 برآورده شوند.

ب) تعداد کل قوس‌های مجدد در طی آزمون‌های کلیدزنی جریان شارژ خط ((LC2, LC1) یا کابل (CC1 و CC2) از مقدار داده شده در زیر تجاوز نکند:

- دو مورد در اولین سری عملکردها در حالتی که سری تکراری انجام نشود (در آزمون‌های تک‌فاز 96 عملکرد و در آزمون‌های سه فاز 48 عملکرد) یا
- یک مورد در طی اولین سری آزمون عملکرد (در آزمون‌های تک‌فاز 96 عملکرد و در آزمون‌های سه فاز 48 عملکرد) صرف‌نظر از تعداد قوس‌های مجدد مشاهده شده در طی تکرار سری آزمون.
- پ) تعداد کل قوس‌های مجدد در طی آزمون‌های کلیدزنی بانک خازنی (BC1 و BC2) بزرگتر از مقدار داده شده در زیر نباشد:
- پنج مورد در اولین سری عملکردها در حالتی که سری تکراری انجام نشود (104 عملکرد در آزمون‌های سه فاز).
- یک مورد در طی اولین سری آزمون عملکردها (104 عملکرد در آزمون‌های سه فاز).

آزمونهای جاری



## مقدمه

آزمونهای جاری با هدف تشخیص نقایص و خطاهای موجود در مواد یا ساختار کلید انجام می‌گیرند و به خواص و قابلیت اطمینان کلید تحت آزمون آسیب نمی‌رسانند. آزمونهای جاری باید روی تمامی محصولات انجام شوند. با توافق دو طرف می‌توان هر یک از آزمونهای جاری را در محل انجام داد. آزمونهای جاری شامل موارد زیر می‌باشند.

- آزمونهای عایقی روی مدار اصلی (بند 6-1)

- آزمونهای عایقی روی مدارهای کنترل و کمکی (بند 6-2)

- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی (بند 6-3)

- آزمون نفوذناپذیری (بند 6-4)

- بازدید ظاهری (بند 6-5)

- آزمونهای عملکرد مکانیکی (بند 6-6)

به طور معمول گزارش آزمونهای جاری لازم نخواهد بود مگر اینکه بین سازنده و خریدار توافقی حاصل شده باشد.

## 6-1- آزمونهای عایقی روی مدار اصلی

باید یک آزمون ولتاژ فرکانس قدرت کوتاه مدت در حالت خشک مطابق با IEC شماره 1-60060 روی کلید کامل یا روی پل‌های مجزا و یا روی قطعات قابل حمل و نقل نو، خشک و تمیز انجام گیرد. ولتاژ آزمون مطابق جدول 2-1 می‌باشد.

وقتی که عایق کلید تنها با مقره‌های هسته - توپر<sup>1</sup> و هوا در فشار محیط تأمین شده باشد، می‌توان آزمون تحمل ولتاژ فرکانس قدرت را حذف کرده و به بازبینی فواصل بین قسمت‌های هادی کلید (بین فازها، دو سر کلید باز و بین اجزاء هادی و بدنه کلید) بسنده نمود. مبنای بازبینی فواصل، نقشه‌های ابعادی است که بخشی از گزارش آزمون نوعی کلید را تشکیل می‌دهد. لذا در این نقشه‌ها باید کلیه اطلاعات لازم برای بازبینی ابعاد از جمله تلورانس‌های مجاز آورده شود.

در مورد کلیدهایی که واحدهای قطع و واحدهای وصل در آنها به صورت سری قرار گرفته‌اند، ولتاژ اعمال شده به دو سر هر واحد (در حالت باز) باید نسبت به کسری از کل ولتاژ تحمل که از توزیع واقعی ولتاژ فرکانس قدرت در حالتی ناشی می‌شود که کلید باز بوده و یک ترمینال زمین شده است، بزرگتر باشد.

با توجه به شکل 1-5 ولتاژ آزمون باید مطابق با جدول زیر اعمال شود.

جدول 6-1: نحوه اعمال ولتاژ برای انجام آزمون عایقی روی مدار اصلی

شرایط آزمون شماره	وضعیت کلید	اعمال ولتاژ به	اتصال زمین به
1	بسته	AaCc	BbF
2	بسته	Bb	AaCcF
3	باز	ABC	abcF

توجه: در صورتی که عایق بین پلها هوا (با فشار جو) باشد می‌توان شرایط 1 و 2 را با اعمال ولتاژ آزمون بین تمامی قسمت‌های متصل به هم مدار اصلی و پایه، ترکیب نمود.

## 6-2-2- آزمون‌های عایقی روی مدارهای کنترل و کمکی

### 6-2-2-1- بازرسی مدارهای کنترل و کمکی و بررسی تطبیق آنها با دیاگرام‌های مدار و سیم‌بندی

جنس مواد اولیه، کیفیت موتناژ، رنگ‌آمیزی و در صورت لزوم پوشش‌های حفاظتی در مقابل خوردگی باید مورد بازبینی قرار گیرند. همچنین انجام بازرسی چشمی برای اطمینان از نصب صحیح عایق حرارتی ضروری است. عمل‌کننده‌ها، اینترلاک‌ها و... نیز باید مورد بازرسی چشمی قرار گیرند.

صحت نصب قطعات مدارهای کنترل و کمکی که درون محفظه قرار می‌گیرند می‌بایست بازبینی شود. باید اطمینان حاصل نمود که محل نصب وسایلی که برای اتصال سیم‌بندی خارجی مورد استفاده قرار می‌گیرند به گونه‌ای است که برای انشعاب مغزی‌های کابل‌های چند هسته‌ای<sup>1</sup> و اتصال مناسب هادی‌ها فضای کافی وجود دارد. صحت مسیر کابل‌ها و هادی‌ها باید مورد بازبینی قرار گیرد. نباید این امکان وجود داشته باشد که کابل‌ها و هادی‌ها به دلیل نزدیکی به لبه‌های تیز یا المنت‌های گرماساز یا بر اثر حرکت قطعات متحرک آسیب ببینند.

تطبیق مدارهای کنترل و کمکی با دیاگرام‌های مدار و سیم‌بندی و سایر اطلاعاتی که سازنده ارائه کرده است (از قبیل تعداد و کلاس کنتاکت‌های کمکی آزاد<sup>2</sup>، تعداد، نوع و ظرفیت کنتاکت‌های غیر از کنتاکت‌های کنترل و کمکی، توان الکتریکی رله‌های موازی و...) باید مورد بررسی قرار گیرد.

### 6-2-2-2- آزمون‌های عملکردی<sup>3</sup>

به منظور بررسی عملکرد صحیح مدارهای کنترل و کمکی در ارتباط با سایر اجزای کلید باید کلیه مدارهای فشار ضعیف را تحت آزمون عملکردی قرار داد. در صورتی که در آزمون‌های انجام شده روی کل کلید، مدارهای فشار ضعیف هم آزمایش شده‌اند، می‌توان از آزمون فوق صرف‌نظر نمود.

1. Multi – Core Cable  
2 . Free Auxiliary Contacts  
3 . Functional Tests

### 6-2-3- بررسی میزان حفاظت در برابر شوک الکتریکی

حفاظت در مقابل اتصال مستقیم به مدار اصلی و نیز دسترسی ایمن به آن بخش از تجهیزات کنترل و کمکی که در طی کار عادی کلید احتمال تماس با آنها وجود دارد، می‌بایست بازبینی شود. در صورت امکان (مثلاً بدون برداشتن هرگونه پوشش) باید اتصال الکتریکی قطعات فلزی زمین شده بررسی شود. اگر این کار امکان‌پذیر نباشد باید یک بازرسی چشمی انجام گیرد.

### 6-2-4- آزمون‌های عایقی

باید آزمون‌های فرکانس قدرت را مطابق با بند 3-2-10 اجرا نمود. ولتاژ آزمون می‌بایست یک کیلوولت بوده و به مدت 1 ثانیه اعمال شود.

### 6-3-3- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی

در آزمون جاری، افت ولتاژ dc یا مقاومت هر پل مدار اصلی باید تحت شرایطی اندازه‌گیری شود که از نظر دمای هوای محیط و نقاط اندازه‌گیری حتی‌الامکان مشابه شرایط آزمون نوعی متناظر باشد. جریان آزمون باید در گستره مذکور در بند 3-4-1 قرار گیرد. مقاومت اندازه‌گیری شده نباید از  $1/2 R_{ii}$  بیشتر شود ( $R_{ii}$  مقاومت اندازه‌گیری شده پیش از آزمون افزایش درجه حرارت است).

### 6-4-4- آزمون نفوذناپذیری

آزمون‌های جاری باید در دمای عادی هوای محیط انجام شوند و فشار گاز باید برابر با مقداری باشد که سازنده برای آزمون مشخص کرده است.

### 6-4-1- سیستم‌های با کنترل فشار گاز

روال آزمون مطابق با بند 3-8-1 می‌باشد.

### 6-4-2- سیستم‌های بسته

روال آزمون مطابق با بند 3-8-2 می‌باشد. آزمون را می‌توان در مراحل مختلف فرآیند ساخت یا مونتاز، روی اجزا و قطعات کلید مطابق با جدول هماهنگی نفوذناپذیری TC انجام داد.

### 6-5- بازدید ظاهری

کلید باید به منظور تطبیق با مشخصات خریداری شده مورد بازبینی قرار گیرد. موارد زیر باید بررسی شوند:

- زبان و اطلاعات روی پلاک مشخصات
- شناسایی تمام تجهیزات کمکی

- رنگ و کیفیت رنگ مورد استفاده و میزان حفاظت سطوح فلزی در برابر خوردگی
- مقادیر مقاومت‌ها و خازن‌های متصل به مدار اصلی

## 6-6- آزمون‌های عملکرد مکانیکی

آزمون‌های عملکرد مکانیکی شامل موارد زیر می‌باشند.

الف) در حداکثر ولتاژ تغذیه وسایل عمل‌کننده و مدارهای کنترل و کمکی و حداکثر فشار عملکردی گاز

- 5 عمل بستن

- 5 عمل بازکردن

ب) در حداقل ولتاژ تغذیه وسایل عمل‌کننده و مدارهای کنترل و کمکی و حداقل فشار عملکردی گاز

- 5 عمل بستن

- 5 عمل بازکردن

پ) در مقدار نامی ولتاژ تغذیه وسایل عمل‌کننده و مدارهای کنترل و کمکی و مقدار نامی فشار عملکردی گاز

- 5 سیکل بستن - بازکردن در شرایطی که مکانیزم قطع با بستن کنتاکت‌های اصلی برقرار می‌شود.

- 5 سیکل بازکردن - بستن O-t-CO برای کلیدهایی که قرار است بازبست‌های خودکار سریع انجام دهند (t نباید از فاصله زمانی مشخص شده برای توالی عملکرد نامی بیشتر باشد).

آزمون‌های عملکرد مکانیکی باید روی کلید کامل انجام شوند. اما هنگامی که کلیدها به صورت واحدهای مجزا مونتاژ و حمل شده باشند، می‌توان آزمون‌های جاری را مطابق با بند 3-10-1-2 روی قطعات کلید انجام داد. در چنین مواردی سازنده باید به گونه‌ای برنامه انجام آزمون‌های راه‌اندازی در سایت را فراهم کند که سازگاری واحدهای تحت آزمون پس از اینکه به صورت یک کلید مونتاژ شدند تأیید شود.

در اجرای توالی عملکردهای لازم باید موارد زیر اجرا و نتایج آنها ثبت شوند.

- اندازه‌گیری زمان‌های عملکرد

- اندازه‌گیری گاز مصرف شده در طی عملکرد (اختلاف فشار گاز در قبل و بعد از عملکرد)

باید ثابت شود که رفتار مکانیکی کلید با رفتار مکانیکی نمونه‌ای که در آزمون نوعی به کار رفته است مطابقت می‌کند. برای مثال می‌توان در پایان آزمون‌های جاری با انجام یک سیکل عملکرد بی‌بار (طبق بند 3-10-1-1) منحنی‌های حرکت بی‌بار کلید را ثبت نمود. منحنی مذکور باید در محدوده پوش مشخصه حرکت مکانیکی مرجع قرار گیرد.

می‌توان با استفاده از یک مبدل حرکت<sup>1</sup> یا وسیله‌ای مشابه، روی سیستم کنتاکت کلید یا در یک موقعیت مناسب دیگر روی درایو سیستم کنتاکت که با آن اتصال مستقیم دارد، مشخصات حرکت مکانیکی کلید را مستقیماً ثبت نمود و یک تصویر نمایشی از تکان<sup>2</sup> کنتاکت به دست آورد. مشخصات حرکت مکانیکی ترجیحاً باید منحنی پیوسته باشند (شکل 3-6-الف). در صورتی که اندازه‌گیری‌ها در سایت انجام شوند می‌توان از روش‌های دیگری استفاده کرد که نقاط حرکت را در طی دوره عملکرد ثبت می‌کنند. در این حالت

1 . Travel Transducer

2 . Stroke



تعداد نقاط ثبت شده باید برای به دست آوردن زمان تماس و جدایی کنتاکت‌ها و سرعت کنتاکت‌ها در لحظات تماس و جدایی و نیز کل زمان حرکت کافی باشد.

پس از تکمیل توالی عملکردهای لازم باید آزمون‌ها و بازرسی‌های زیر انجام شود.

- اتصالات می‌بایست بازبینی شوند.
- سویچ‌های کنترل و یا کمکی باید باز یا بسته بودن کلید را به درستی مشخص کنند.
- همه تجهیزات کمکی باید در محدوده ولتاژ تغذیه وسایل عمل‌کننده و مدارهای کنترل و فشار کاری به درستی عمل کنند.
- اندازه‌گیری مقاومت گرم‌کن‌ها (در صورت وجود) و سیم‌پیچ‌های کنترل
- بازرسی سیم‌بندی مدارهای کنترل، کمکی و گرم‌کن و بازبینی تعداد کنتاکت‌های کمکی به منظور تطبیق آن با تعداد مشخص شده در پیشنهاد فنی
- دوره‌های شارژ مجدد
- عملکرد شیر اطمینان گاز
- عملکرد اینترلاک‌های الکتریکی، مکانیکی، پنیوماتیکی یا هیدرولیکی و ادوات مخابره<sup>1</sup>
- عملکرد وسیله آنتی‌پمپینگ
- کارایی عمومی تجهیزات در محدوده لازم ولتاژ تغذیه
- بازرسی ترمینال‌های زمین<sup>2</sup> کلید

## فصل ۶

دستورالعملهای بهره‌برداري

کلید قدرت

## مقدمه

چگونگی انجام بازدیدها و سرویس‌های دوره‌ای، تعمیرات اساسی و آزمونها از دیگر مباحث مطرح‌شده در این فصل خواهند بود [1 و 6 و 7].

## 7-1- کلیات

باتوجه به هزینه زیاد و زمانبری جهت خرید، تهیه و نصب تجهیزات پست‌های فشارقوی و نیز اهمیت پست‌های مذکور در شبکه و نقش آنها در تداوم سرویس‌دهی به مشترکین باید در نگهداری تجهیزات، دقت و تلاش کافی به عمل آید. به طور کلی صدماتی که بر تجهیزات و دستگاه‌های موجود در پست‌های فشارقوی وارد می‌شود ناشی از عوامل زیر است:

- عوامل جوی مانند باران، باد، دما و ...
- عوامل داخلی شبکه مانند اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی، تغییرات ناگهانی در پارامترهای سیستم و یا اختلال در شبکه (مانند اتصال کوتاه)
- عوامل ناشی از بهره‌برداری غیراصولی مانند عدم بازدید بموقع از تجهیزات در حال کار، عدم توجه به عیوب پیش‌آمده، عدم به‌کارگیری مقررات و دستورالعمل‌های تدوین‌شده و انجام مانورهای نادرست. سرویس و تعمیر به موقع و همچنین آزمونهای دوره‌ای و پیشگیرانه تجهیزات پست‌های فشارقوی علاوه‌براینکه عمر مفید آنها را افزایش می‌دهد، از آسیب‌دیدگی و تعمیرات اصلاحی مکرر و احتمالاً از گسترش عیب در سایر تجهیزات پست که می‌تواند سبب خروج طولانی‌مدت و یا قطع پست‌های مهم شوند نیز جلوگیری به عمل می‌آورد. لذا واحدهای تعمیراتی سرویس دوره‌ای باید بازدیدهای دوره‌ای، تعمیرات اساسی و آزمونها را باتوجه به نوع دستگاه، عملکرد، شرایط محیطی و همچنین دستورالعمل‌های صادره از سوی سازندگان تجهیزات به اجرا گذارند.

## 7-2- بازدیدهای دوره‌ای

کلیدهای قدرت باید مورد بازدیدهای دوره‌ای قرار گیرند. این کار در جلوگیری از آسیب‌دیدگی تجهیز مذکور موثر است. در زیر به طول دوره و مواردی که باید در هر بازدید مورد توجه قرار گیرند اشاره می‌شود.

## 7-2-1- بازدیدهای روزانه

بازدیدهای روزانه شامل بررسی موارد زیر است:

- وضعیت ظاهری از نظر صدای غیرعادی، آلودگی، ترک و شکستگی
- افت فشار گاز SF<sub>6</sub>
- سالم‌بودن نشان‌دهنده شارژ فتر
- مطلوب‌بودن وضعیت کمپرسور هوا از نظر فشار هوا و متناسب‌بودن ساعت کارکرد

- طبیعی بودن سطح روغن کمپرسور و وجود یا عدم وجود نشتی روغن در آن

### 7-2-2- بازدیدهای هفتگی

در بازدیدهای هفتگی، وضعیت تجهیزات دقیقتر از بازدیدهای روزانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در زیر به مهم‌ترین موارد بازرینی اشاره می‌شود.

- قطع یا وصل بودن کلید تغذیه الکتروموتور (پمپ، کمپرسور، موتور شارژ فنر)
- وضعیت کلید سه حالتی محلی / از راه دور / قطع
- کامل یا ناقص بودن اتصالات هادی‌های ورودی و خروجی فشار قوی
- کامل یا ناقص بودن اتصال سیم زمین به استراکچر کلید
- وجود یا عدم وجود نشتی روغن در کلیدهای با مکانیزم روغنی و تعیین محل نشتی احتمالی
- وجود یا عدم وجود نشتی هوا در کلیدهای با مکانیزم هوایی و تعیین محل نشتی احتمالی
- سالم یا معیوب بودن سیستم روشنایی، ترموستات و سیستم گرمایش مکانیزم عملکرد (فرمان)
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سیستم سطح روغن هیدرولیک در انباره
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن فشار گاز SF<sub>6</sub>
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن فشار روغن در کلیدهای با مکانیزم هیدرولیکی و مقدار فشار روغن
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن وضعیت فنر شارژ در کلیدهای با مکانیزم فنری
- وجود یا عدم وجود ترک و شکستگی در مقره‌ها

### 7-2-3- بازدیدهای ماهیانه

بازدیدهای ماهیانه پوشش‌دهنده بازدیدهای روزانه و هفتگی بوده و دربرگیرنده تمامی معایب احتمالی کلید است.

### 7-2-3-1- بازدید ماهیانه عمومی کلیدهای قدرت

- کامل یا ناقص بودن اتصال هادی متصل به ترمینال ورودی سه فاز
- کامل یا ناقص بودن اتصال هادی متصل به ترمینال خروجی سه فاز
- تمیز یا کثیف بودن مقره‌های سه فاز و نیاز یا عدم نیاز به شستشو
- آسیب‌دیدگی یا سالم بودن مقره‌های سه فاز و نیاز یا عدم نیاز به تعویض آنها
- کامل یا ناقص بودن سیستم زمین
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن فشار گاز SF<sub>6</sub>
- سالم یا معیوب بودن فشارسنج گاز SF<sub>6</sub>
- سالم یا معیوب بودن روشنایی، ترموستات و گرمکن تابلو
- قطع یا وصل بودن تغذیه ac و dc مربوط به مدارات فرمان

- سالم یا معیوب بودن آب‌بندی درب تابلو
- ثبت تعداد قطع و وصل کلید (شماره کنتور)
- سالم یا معیوب بودن نشان‌دهنده وضعیت باز و بسته‌بودن کلید

#### 7-2-3-2- بازدید ماهیانه از مکانیزم عملکرد کلیدهای با مکانیزم هوایی

- وجود یا عدم وجود نشستی هوا در مکانیزم عملکرد
- وجود یا عدم وجود صدای غیرعادی در کمپرسور هوا
- مطلوب‌بودن یا نبودن وضعیت تسمه کمپرسور
- چگونگی عملکرد شیرهای برقی
- وضعیت شیرهای NO و NC
- ثبت مقدار تقریبی فشار هوای مکانیزم عملکرد

#### 7-3-3-2- بازدید ماهیانه از مکانیزم عملکرد کلیدهای با مکانیزم هیدرولیک

- طبیعی بودن یا نبودن فشار گاز ازت در فازهای کلید
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن فشار روغن هیدرولیک و ثبت مقدار آن
- ثبت مقدار کارکرد یک ماهه الکتروپمپ
- وجود یا عدم وجود نشستی روغن در مکانیزم
- طبیعی یا غیرطبیعی بودن سطح روغن در آکومولاتور

#### 7-4-3-2- بازدید ماهیانه از مکانیزم عملکرد کلیدهای با مکانیزم فنری

- سالم یا معیوب بودن موتور شارژ فنرها و وضعیت چرخ دنده‌ها
  - درست یا نادرست بودن عمل قطع و وصل کلید به علت شارژ بیش از حد فنرها
  - سالم یا معیوب بودن قطعات مکانیکی داخل مکانیزم عملکرد
- در ادامه فرم‌های بازدید هفتگی و ماهیانه کلید قدرت آمده است.



























### 7-3-3- سرویس‌های دوره‌ای کلید

سرویس‌های دوره‌ای کلید یک بازه زمانی یک ساله را پوشش می‌دهد.

#### 7-3-1- سرویس پل‌ها

- ایزوله کردن دو طرف محل کار
- کنترل وضعیت ظاهری پل‌ها از نظر استراکچرها، ترمینال‌ها و اتصالات، سالم و تمیز بودن مقره‌ها
- اندازه‌گیری فشار گاز SF<sub>6</sub> و ثبت آن بر مبنای دمای محیط و تزریق گاز در صورت کمبود
- کنترل کلیه رله‌های فشار گاز و اتصالات مربوط به مکانیزم کلید
- اندازه‌گیری مقاومت اهمی کنتاکت‌ها
- اندازه‌گیری زمان قطع و وصل کلید و کنترل همزمانی قطع و وصل
- آزمایش نشتی گاز و رفع آن در صورت نیاز
- آزمایش عایقی بین کنتاکت‌ها در حالت باز و بین فازها و بدنه (تست میگر)
- آزمایش توالی عملکرد نامی کلید
- آزمایش نقطه شبنم گاز SF<sub>6</sub>
- آزمایش آلارم‌ها و قطع‌کننده‌ها و قفل‌کننده‌های مربوط به گاز SF<sub>6</sub>
- تنظیم و تکمیل برگه‌های آزمونهای مربوطه

#### 7-3-2- سرویس مکانیزم فنری

- سرویس و گریسکاری چرخ دنده‌ها، مفصل‌ها، غلتک‌ها
- کنترل میله‌ها و پیچ‌های قفل‌کننده مربوطه
- کنترل وضعیت موتور شارژ و تعویض زغال‌ها در صورت نیاز و اندازه‌گیری جریان موتور
- آزمایش شارژ دستی و موتوری
- کنترل هیتر، روشنایی، ترموستات، میکروسوییچ‌ها و مدارهای ac و dc
- کنترل نشان‌دهنده‌های قطع و وصل و شارژ و دشارژ فنر
- کنترل بوبین‌های قطع و وصل و مدار فرمان، ترمینال‌ها و کلیه تجهیزات مربوطه
- کنترل سیم اتصال زمین از لحاظ شل‌شدگی و فرسودگی اتصالات و پارگی
- کنترل اینترلاکهای الکتریکی و مکانیکی
- کنترل واشرهای آب‌بندی دور درب مکانیزم
- آزمایش فرمانهای قطع و وصل از دور و نزدیک
- کنترل و تنظیم کلاچ و ضربه‌گیر

- تنظیم و تکمیل برگه‌های آزمون مربوطه

### 7-3-3- سرویس مکانیزم هوای فشرده (نیوماتیک)

- کنترل و سرویس کمپرسور هوا، لوله‌ها و اتصالات و رفع عیوب موجود
- اندازه‌گیری فشار هوا و رفع نشتی در صورت نیاز
- کنترل نشان‌دهنده فشار هوا و شیرهای اطمینان
- آزمایش فرمانهای قطع و وصل از دور و نزدیک
- کنترل نشان‌دهنده قطع و وصل
- کنترل سیم اتصال زمین از لحاظ شل‌شدگی و فرسودگی اتصالات و پارگی
- کنترل هیتر، روشنایی، ترموستات، میکروسوئیچ‌ها و مدار ac و dc
- اندازه‌گیری زمان شارژ کمپرسور
- آزمایش اینترلاکهای الکتریکی و مکانیکی
- اندازه‌گیری جریان موتور و اندازه‌گیری فشار روشن و خاموش شدن موتور
- تکمیل و تنظیم برگه‌های آزمون مربوطه

### 7-3-4- سرویس مکانیزم هیدرولیک

- کنترل وضعیت ظاهری مکانیزم و سرویس آکومولاتور و جک‌ها و لوله‌های روغن و هواگیری آنها
- کنترل هیتر، روشنایی و مدارهای ac و dc
- کنترل و تنظیم فشار روغن هیدرولیک مکانیزم
- اندازه‌گیری جریان موتور
- کنترل نشان‌دهنده قطع و وصل
- کنترل سطح روغن هیدرولیک و اضافه نمودن روغن در صورت کسری آن
- کنترل عملکرد سوپاپ اطمینان
- آزمایش فرمانهای قطع و وصل از دور و نزدیک
- آزمایش فشار گاز نیتروژن
- اندازه‌گیری زمان کامل شارژ هیدرولیک
- کنترل محفظه‌های روغن و فیلتر
- کنترل سیم اتصال زمین از لحاظ شل‌شدگی و فرسودگی اتصالات و پارگی
- تنظیم و تکمیل برگه‌های آزمونهای مربوطه

**7-3-5- مهارت‌های لازم**

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر
- کارگر ماهر دو نفر

**7-3-6- ابزار و لوازم موردنیاز**

دستگاه اندازه‌گیری زمان قطع و وصل - دستگاه تست روغن - دستگاه کنتاکت رزیستانس - میگر - میلی‌گراف - آمپر متر - ولت‌متر - اهم متر - جعبه ابزار کامل - دستگاه تزریق گاز ازت و کپسول مربوطه - روغن و گریس - مانومتر - دماسنج - دستگاه تزریق گاز SF<sub>6</sub> و کپسول مربوطه - نشت‌یاب و تست رطوبت SF<sub>6</sub>

**7-4- تعمیرات اساسی و آزمون‌های کلید**

در طی تعمیرات اساسی تمامی اجزاء کلید به طور کامل دمونتاز شده و مورد بازرسی قرار می‌گیرند. اعمال لازم از قبیل سرویس‌های معمولی (روغن‌کاری، گریس‌کاری، آچارکشی،...) تعمیرات لازم بر روی قطعات و تعویض قطعات انجام می‌شود. تعمیرات اساسی معمولاً بر اساس دستورالعمل سازندگان با توجه به تعداد عملکرد و یا دوره بهره‌برداری هرچندسال یک بار انجام می‌گیرد و در طی آن اجزاء تجهیز بازمینی می‌شود. ممکن است اجزاء مذکور تا دوره بعدی تعمیرات اساسی مورد بازرسی قرار نگیرند. لذا انجام تعمیرات اساسی با دقت عمل زیاد و نیز در کمترین زمان ممکن ضروری است. اخیراً از سیستم CB watch که به صورت کنترل و یا مونیتورینگ عمل می‌نماید و زمان مناسب و به موقع تعمیرات را اعلام می‌کند، استفاده می‌شود.

**7-4-1- تعمیرات اساسی کلید**

تعمیرات اساسی شامل تعمیرات پل‌ها، مکانیزم عملکرد و تعمیرات متفرقه است.

**7-4-1-1- تعمیرات اساسی پل‌ها**

- اجرای خاموشی و ایزوله کردن دو طرف محل کار
- بازنمودن اتصالات دو طرف کلید
- تخلیه گاز SF<sub>6</sub>
- پیاده‌سازی و دمونتاز پل
- بازدید کنتاکت ثابت و در صورت لزوم تعویض المانها
- بازدید کنتاکت متحرک و در صورت لزوم تعویض سری کنتاکت متحرک
- بررسی، تنظیم و روغن‌کاری میله عایق عمل‌کننده و تعویض آن در صورت لزوم
- آزمایش و کنترل خازن و مقاومت

- بررسی سالم بودن مقره‌ها و موتناژ مجدد پل و نصب آن و در صورت لزوم تعویض نگاه‌دارنده پل
- ایجاد خلاء و تزریق گاز SF<sub>6</sub> و بررسی نشتی گاز
- سرویس کامل و تنظیم نشان‌دهنده گاز SF<sub>6</sub>
- تکمیل و تنظیم برگه‌های آزمون مربوطه

#### 7-4-1-2- تعمیرات مکانیزم کلیدها

##### 7-4-1-2-1- مکانیزم فنری

سرویس مکانیزم کلید شامل گریس‌کاری غلتک‌ها و چرخ‌دهنده، موتور شارژ (سالم بودن زغال و کلکتور موتور)، تنظیم میکروسوییچ، زنجیرهای مکانیزم، روان بودن مفصل‌ها، سالم بودن میله‌های انتقال نیروی مکانیزم به پل‌ها و محکمی پیچ‌های قفل‌کننده مربوطه، تنظیم و نظافت و آچارکشی

##### 7-4-1-2-2- مکانیزم هوایی

کنترل عملکرد بلوک فشار هوا، تنظیم اندازگیر فشار هوا، شیر اطمینان، میکروسوییچ، آچارکشی و نظافت

##### 7-4-1-3-2- مکانیزم هیدرولیک

تعویض فیلتر سیستم هیدرولیک، کنترل و آب‌بندی نشتی اتصالات سیستم هیدرولیک، کنترل سطح و کیفیت روغن هیدرولیک و جبران کمبود روغن و در صورت لزوم تعویض روغن، کنترل فشار محفظه روغن، کنترل آلارم افت فشار سیستم هیدرولیک

#### 7-4-1-3- سایر تعمیرات کلیدهای قدرت

- کنترل ضربه‌گیرها
- کنترل عملکرد نشان‌دهنده قطع و وصل کلید از محل و اتاق فرمان
- کنترل عملکرد نشان‌دهنده قطع و وصل کلید و شمارنده
- آلارم قطع مدار dc و ac
- عملکرد رله عدم قطع سه پل به صورت همزمان (دیسکروپنسی) و وصل مجدد خودکار
- عملکرد اینترلاک الکتریکی
- آچارکشی استراکچر، سیم زمین و اتصالات ترمینالهای فشار قوی
- سیستم آنتی‌پمپینگ و میرایی<sup>1</sup>
- مدارات گرمایی و روشنایی
- کنترل لاستیک آب‌بندی در مکانیزم

#### 7-4-2- آزمون‌ها

- اندازه‌گیری مقاومت اهمی کنتاکت‌ها

- اندازه‌گیری همزمانی قطع و وصل
- اندازه‌گیری مقاومت عایقی پل‌ها
- تست پیوستگی اتصال زمین بدنه کلید
- کنترل فشار گاز، آلارم و بلوک فشار SF<sub>6</sub>
- آزمایش عدم نشتی گاز SF<sub>6</sub>
- اندازه‌گیری زمان کارکرد شارژ موتور، شارژ فنر و جریان موتور شارژ و هیترها (در مکانیزم فنری)
- اندازه‌گیری زمان شارژ سیستم هیدرولیک از صفر تا فشار نهایی، اندازه‌گیری زمان شارژ فنر سیستم هیدرولیک در زمان قطع و وصل، اندازه‌گیری جریان موتور در فشار نامی (در مکانیزم هیدرولیک)
- اندازه‌گیری زمان شارژ کمپرسور و آزمایش نشتی هوا از لوله‌ها و اتصالات (در مکانیزم هوای فشرده)

#### 3-4-7- مهارت‌های لازم

- کارشناس یک نفر
- تکنسین یک نفر
- کارگر ماهر دو نفر

#### 4-4-7- ابزار و لوازم موردنیاز

آچار مخصوص کلید - جعبه ابزار کامل - بالابر - کپسول گاز نیتروژن و تجهیزات مربوطه - دستگاه وکیوم - دستگاه پمپ روغن - دستگاه مقاومت اهمی - دستگاه میگر - دستگاه میلی‌گراف - تسمه ابریشمی - چلوار مناسب - گریس مخصوص - خودرو - جراثقال با بوم مناسب - دستگاه اندازه‌گیری زمان قطع و وصل - روغن هیدرولیک - شابلون مخصوص اندازه‌گیری. در ادامه برگه‌های مربوط به آزمونهای کلید قدرت آمده است.

<b>برگه آزمونهای کلیدهای قدرت</b>			
	ولتاژ نامی:	سازنده:	نام پست:
	جریان نامی:	سال بهره‌برداری:	نوع کلید:
	جریان اتصال کوتاه:	شماره دیسپاچینگ:	

## 1- اندازه‌گیری مقاومت اهمی کنتاکت‌ها

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات $I_{min}.....A(dc)$
		A	B	C	
1	Resistance of main contact $\mu\Omega$				

## 2- آزمون عایقی

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات
2	Megger Test $M\Omega$	A	B	C	Test Voltage 1000 or 5000 Vdc
2-1	Between Live Open Contancts By.....Vdc				Test Voltage 1000 or 5000 Vdc
2-2	Between Live Part & earth By.....Vdc				Test Voltage 1000 or 5000 Vdc
2-3	Between control circuits & earth By.....Vdc				Test Voltage 500 Vdc

## 3- اندازه‌گیری زمان و سرعت قطع و وصل:

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات
					Pressure bar
3	Switching time test ms	A	B	C	
3-1	C T <sub>1</sub> Δt <sub>1</sub>				
3-2	O/O2 T <sub>2</sub> Δt <sub>2</sub>				
3-3	CO T <sub>3</sub>				
3-4	Closing resistor				
3-5	Contact speed test				
3-6	Damping test				در صورت لزوم و توصیه سازنده

## 4- آزمونهای عملکرد

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات
		A	B	C	
4-1	Operational test	Local			
		Remote			
4-2	Pole Discrepancy test	Close			
		Open			
4-3	Anti pumping test				
4-4	Emergency trip test				
4-5	Rated operating sequence test				
4-6	Control and Aux contacts operation test				

برگه آزمونهای کلیدهای قدرت (ادامه)

نام پست: ولتاژ نامی: سازنده:   
نوع کلید: جریان نامی: سال بهره‌برداری:   
شماره دیسپاچینگ: جریان اتصال کوتاه: شماره دیسپاچینگ:

## 5- اندازه‌گیری فشار و نشتی گاز

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات Temp..... °C
		A	B	C	
5-1	Measurement of SF <sub>6</sub> gas pressure				
5-2	SF <sub>6</sub> leakage test				

## 6- آزمون چگالی گاز

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات Temp..... °C
		A	B	C	
6-1	Alarm refill				
6-2	Lockout				

## 7- اندازه‌گیری رطوبت و درصد هوا در گاز

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز	ملاحظات
7-1	Moisture content of SF <sub>6</sub> gas Dew Point °C		
7-2	Air content of SF <sub>6</sub> gas percent		

نام و نام خانوادگی مسئول آزمون:	امضا:	تاریخ
---------------------------------	-------	-------

برگه آزمون مکانیزم کلیدهای قدرت		
نام پست:	ولتاژ نامی:	سازنده:
نوع کلید:	جریان نامی:	سال بهره‌برداری
	جریان اتصال کوتاه:	شماره دیسپاچینگ

## 1- آزمون زمان عملکرد موتور و شارژ دستی فنر (مکانیزم فنری)

شماره	شرح آزمونها	نتایج فاز			ملاحظات
		A	B	C	
1-1	Charging time of motor				
1-2	Manual charging of spring				

## 2- آزمون سوئیچ فشار و شیر اطمینان (هیدرولیک و هوای فشرده)

شماره	شرح عملیات pressure switch	Measured		ملاحظات
		On	Off	
2-1	Loss of N <sub>2</sub>			
2-2	Pump on			
2-3	Pump off			
2-4	A.R lockout			
2-5	Closing lockout			
2-6	General lockout			
2-7	Safety valve			

## 3- آزمون مصرف فشار هوا (هیدرولیک و هوای فشرده)

شماره	شرح عملیات	نتایج	ملاحظات
3-1	Initial/after close		
3-2	Initial /after open		
3-3	Initial /after O-0.3S-CO		

## 4- آزمون عملکرد کلید (هیدرولیک، هوای فشرده و فنری)

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات
		A	B	C	
4-1	A.R lockout				
4-2	Closing lockout				
4-3	Opening lockout				

نام و نام خانوادگی مسئول آزمون:	امضا:	تاریخ
---------------------------------	-------	-------



برگه آزمون مکانیزم کلیدهای قدرت			
	ولتاژ نامی:	سازنده:	نام پست:
	جریان نامی:	سال بهره‌برداری:	نوع کلید:
	جریان اتصال کوتاه:	شماره دیسپاچینگ:	

## 5- آزمون نشتی هوا / روغن (هیدرولیک، هوای فشرده)

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات Temp.....°C
		A	B	C	
5-1	C.B Closed				
5-2	C.B open				

## 6- آزمون زمان عملکرد موتور (هیدرولیک و هوای فشرده)

شماره	شرح عملیات	نتایج فاز			ملاحظات
		A	B	C	
6-1	From lockout to nominal pressure				
6-2	From zero to nominal pressure				
6-3	No of CO operation without recharging				

	امضا:	نام و نام خانوادگی مسئول آزمون:
تاریخ		



## منابع و مراجع

1. IEC 62271-100, "High Voltage Alternating Current Circuit Breakers", 2001.
2. IEC 60694, "Common Specifications For High - Voltage Switchgear And Controlgear Standards, 2002.
- 3- استاندارد طراحی بهینه پست‌های 230 و 400 کیلوولت، جلد 204: معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کلید قدرت، مهندسین مشاور نیرو، 1377.
- 4- استاندارد طراحی بهینه پست‌های 230 و 400 کیلوولت، جلد 304: مشخصات فنی کلید قدرت، مهندسین مشاور نیرو، 1377.
- 5- استاندارد پست‌های (33) 132/20 کیلوولت معمولی، جلد 1222: کلیدهای فشارقوی، مهندسین مشاور قدس نیرو، 1375.
- 6- استاندارد و آیین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پست‌های 230 و 400 کیلوولت، شماره 73-405: تعمیرات، سرویس و آزمون‌های دوره‌ای تجهیزات بیرونی پست‌های 230 و 400 کیلوولت، مهندسین مشاور نیرو، 1380.
- 7- استاندارد و آیین بهره‌برداری، تعمیرات و آزمون دوره‌ای تجهیزات و تأسیسات پست‌های 230 و 400 کیلوولت، شماره 73-404: بازدیدهای دوره‌ای، مهندسین مشاور نیرو، 1379.
- 8- کلیدهای فشارقوی، تألیف طهماسب‌قلی شاهرخ‌شاهی، نشر دانش و فن، 1362.

## 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

## این نشریه

با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی  
پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال -  
کلید قدرت در پست های فشار قوی  
(جلد دوم)» مشتمل بر هفت فصل می باشد  
که به ترتیب تمت عنوان های کلیات و تعاریف،  
معیارهای طراحی و مهندسی در انتخاب  
کلید قدرت، آزمون های نوعی (قسمت اول)،  
آزمون های نوعی (قسمت دوم: آزمون های  
قطع و وصل)، آزمون های نوعی  
(قسمت سوم)، آزمون های جاری و  
دستورالعمل های بهره برداری کلید قدرت تهیه  
شده است.