

عملکرد کلیدهای خلاء و کلیدهای SF6 در ولتاژ متوسط

**APPLICATION OF VACUUM AND SF6 CIRCUIT
BREAKERS IN MEDIUM VOLTAGE (MV)
DISTRIBUTION**

تهیه کننده: شرکت برق منطقه ای تهران

دفتر فنی توزیع



فهرست

عناوین	شماره صفحه
مقدمه	۶
تاریخچه	۷
منع استفاده از SF6	۹
۱- توسعه کلیدها	۹
۱-۱ - کلید هوایی	۹
۱-۲ - کلید خلاء	۱۱
۱-۴ - کلید SF6	۱۲
۲- مقایسه بین کلید خلاء و کلید SF6	۱۳
۲-۱ - کلید خلاء	۱۴
۲-۲ - کلید SF6	۱۵
۲-۳ - قابلیت اطمینان	۲۱
۲-۴ - قطع جریانهای خطا	۲۲

- ۲-۵ - قطع جریانهای القایی کوچک ----- ۲۳
- ۳- مدرنیزه کردن کلیدهای خلاء ----- ۲۷
- ۳-۱ - ارزشیابی وسایل ----- ۲۹
- ۳-۲ - مدرنیزه شدن کلیدهای قطع کننده ----- ۲۹
- ۳-۲-۱ - نگهداری ----- ۳۰
- ۳-۲-۲ - پیاده سازی / تعویض ----- ۳۰
- قطع جریان در خلاء ----- ۳۱
- تعمیرات نگهداری ----- ۳۱
- قابلیت اطمینان ----- ۳۲
- سازگاری با شرایط محیط ----- ۳۳
- تعداد قطع و وصل کلید ----- ۳۴
- آزمونهای زمانی کلیدها ----- ۳۵
- سوئیچ قطع ----- ۳۶
- قطع کننده ----- ۳۶

۳۶----- دژنکتور -

۳۷----- کلید قطع کننده -

۳۷----- اتافک قوس -

۳۸----- مقاومت جایگذاری -

۳۹----- مکانیزم عملکرد -

۴۰----- کنترل -

۴۰----- خصوصیات عملکرد -

۴۰----- چرخه های عملکرد -

۴۰----- انواع دژنکتور -

۴۲----- روغن معدنی -

۴۲----- هوای فشرده -

۴۳----- هگزا فلوراید گوگرد -

۴۳----- دژنکتورهای روغنی -

۴۴----- دژنکتورهای هوایی -

مقدمه:

امروزه کلیدهای خلاء از مهمترین ابزار گسترده در شبکه الکتریکی در ولتاژ نامی بین 6KV تا 36KV است.

کلیدهای خلاء تولید شده در این محدوده ولتاژ در اروپا و USA ۷۰٪ و در ژاپن ۱۰۰٪ است و در سال ۱۹۹۷ در

روسیه این مقدار به ۵۰٪ رسیده است. مهمترین ویژگی (در مقایسه با کلیدهای روغنی و گازی) که موجب پیشرفت

سریع کلیدهای خلاء شده است شامل موارد زیر است:

قابلیت اعتماد و اطمینان بالا (Reliability)

حداقل تعمیرات و نگهداری (Maintenance free)

غیر قابل انفجار و اشتعال

سازگار با شرایط محیط (Enviornmental Compability)

تعداد دفعات قطع و وصل بالا (Endurances)

مناسب جهت استفاده در شرایط خاص و سخت (Suitable for use in heavy duty)

امروزه تکنولوژی خلاء به اندازه کافی پیشرفت کرده است، اکنون کلیدهایی تولید میشوند که میتوانند جریان اتصال

کوتاه تا 100KA را قطع کنند. لذا دیگر نیازی به بهبود ظرفیت قطع VCB (Vacuum Circuit Breaker)

نمیباشد. امروزه قیمت کمتر کلید، قابلیت اطمینان بالا و بدون نگهداری بودن (maintenance free) کلید مد نظر است.

تاریخچه:

کلیدهای قطع کننده (Circuit Breaker) یک جزء اساسی همه ماشینهای الکتریکی را تشکیل میدهند که میتوانند یک سیستم را راه اندازی کرده یا آنرا متوقف کنند. کلید قطع کننده باید بطور رضایت بخشی قادر به قطع بار کامل و جریانهای خطای پیش بینی شده باشد. در آغاز صنعت الکتریسیته، از کلیدهای دستی هوایی برای قطع و وصل مدار استفاده می شد. تا زمانی که اندازه جریانی که بایستی قطع گردد کوچک بود، این روش مناسبی محسوب می شد. با افزایش قدرت سیستمها نیاز به قطع و وصل جریانهای بالاتر پدید آمد. لذا نیاز به وسیله ای با قدرت دی الکتریک بالا برای قطع جریانهای بالا بوجود آمد. در آن زمان روغن ترانسفورماتور قدرت دی الکتریکی بالاتری را نسبت به هوا در فشار معمولی را دارا بود، در نتیجه مهندسين برق روغن ترانسفورماتور را برای بالا بردن قدرت دی الکتریکی وسیله به کار بردند و در نتیجه کلیدهای قطع کننده روغنی بوجود آمدند. کنتاکتها در روغن شناور بودند و امکان قطع کردن جریان فراهم بود. هر چه جریان قطع شونده بیشتر بود، مقدار روغن بیشتری مورد نیاز بود. مقدار روغن به یک فاکتور مانع تبدیل گشت. تلاشهایی برای کاهش مقدار روغن مورد نیاز انجام گرفت. در اتصالات قدیمی، هنوز این کلیدها دیده میشوند. از مضرات کلیدهای روغنی این بود که این کلیدها برای عملکرد تکراری مناسب نبود، زیرا عمل تکراری موجب کربونیزه کردن روغن میشود و نیاز به جایگزینی آن می باشد.

همچنین خطر آتش هم وجود داشت. کلیدهای روغنی روشهای ایده آلی برای قطع جریان فراهم نمیکردند و تلاش برای یافتن وسیله بهتری صورت گرفت. متعاقباً کلیدهای هوایی بوجود آمدند. در این قطع کننده ها وسیله قطع کننده، هوا در فشار معمولی بود. جداسازی کنتاکت سریع بوده و جریان قطع میگردد. برای رسیدن به جداسازی سریع کنتاکتها از مغناطیس های قوی استفاده میشود. جرقه بدلیل حرکت سریع قادر به دوباره جرقه زنی نیست. در اینجا محدودیت سرعت جداسازی کنتاکتها وجود دارد و این روش برای قطع جریانهای بالاتر مناسب نبود. هنوز کلیدهای با فشار بالا برای قطع جریانهای بالا به کار میرود و متعاقباً کلید های air-blast بوجود آمدند. این کلیدها نیاز به کمپرسور و خطوط پر فشار داشتند. بعلاوه، عملکرد این قطع کننده ها پر صدا بود. برای فشار متوسط (MV) هنوز کلیدهای هوایی بکار میرود. در کلیدهای ABCB (Air Blast Circuit Breaker) نیز مشکلاتی وجود داشت و پس از آن کلیدهای خلاء و SF6 معرفی شدند. اکنون پیشرفتهای در این دو نوع کلید صورت میگیرد. در اتصالات قدیمی تر هنوز میتوان کلیدهای روغنی را دید. اما کلیدهای هوایی، کلیدهای خلاء و SF6 با این کلیدها جایگزین میشوند. در شبکه تا ولتاژ ۶۰۰ ولت هنوز از کلیدهای هوایی بدلیل گران بودن کلیدهای خلاء و SF6 استفاده میشوند زیرا این کلیدها ویژگیهای مشخص برتری نسبت به کلیدهای هوایی ندارند. امروزه، کلیدهای هوایی، ارزانهترین کلید در سطوح ولتاژ هستند. امروزه استفاده از کلیدها به شرح زیر است:

- کلید هوایی تا 660 ولت

- کلید SF6 یا خلاء برای ولتاژ 3.3 کیلو ولت تا 36 کیلو ولت

- کلید SF6 برای ولتاژ بالاتر از 36 کیلو ولت

منع استفاده از SF6

در شکست یک کلید روغنی، انفجار روغن داغ یا انفجار کلید ممکن است رخ دهد. در شکست کلید با گاز عایقی SF6، SF6 نشتی با هوا ترکیب شده و ترکیب خطرناکی را به نام "phosgene" که در عملیات نظامی بکار میرود تولید میشود که خصوصیات گازهای کمیاب را داشته و توسط ارگانسیم انسانی قابل حذف نیست. به همین دلیل کشورها پروتکل KYOTO را به عنوان راه حلی برای منع استفاده از SF6 در تجهیزات فشار متوسط امضاء کرده اند.

توسعه کلیدها

- کلید هوایی:

کلیدهای هوایی بر روی سیستمهای LT استفاده میشوند. در سیستمهای LT سائز تجهیزات کوچک است. اما ژنراتورها، ترانسفورماتورها و موتورها در حال گسترش هستند. این افزایش در اندازه موجب افزایش جریان نامی این تجهیزات میگردد. کلیدهای موجود نمیتوانند برای این تجهیزات مناسب باشند. کلیدهای هوایی تا جریان نامی 3600 آمپر اکنون موجود هستند که میتواند تا 7500 آمپر بر اساس تجهیزات با سائز بیشتر، افزایش یابد که باید با پیشرفتهایی در مواد عایق سازی و تکنیکهای ساخت همراه باشد. با افزایش سائز تجهیزات، جریان خطا نیز افزایش می یابد. ظرفیت قطع جریان اتصال کوتاه کلیدها نیز افزایش یافته است. ظرفیت قطع کلیدهای 2500A و 4000A و 7500A به ترتیب برابر 65KA و 100KA و 120KA است. محدوده عملکرد کلیدهای هوایی تا 660V(AC) یا 250V(DC) است. این ولتاژ میتواند تا 750V(AC) یا 500V(DC) نیز افزایش یابد. قابل

ذکر است که بر اساس استانداردها، انتظار میرود که این کلیدها تا $1000V(AC)$ عمل کنند. برای استفاده از این کلیدها در ولتاژ عملکرد، این کلیدها باید پاسخگوی جریان اتصال کوتاه باشند. این کلیدها برای قطع جریانهای خطا در $1000V(AC)$ مناسب نیستند، لذا تنها تا $750V(AC)$ از این کلیدها استفاده میشود. کلیدهای موجود ACB (Air Circuit Breaker) میتوانند قطع و وصل را در ۳ تا ۵ سیکل انجام دهند. در آینده نزدیک این کلیدها قادر خواهند بود تا در ۱,۵ تا ۲ سیکل عمل قطع و وصل را انجام دهند. زمان قطع و وصل کمتر اندازه کابل های فیدر را کاهش میدهد.

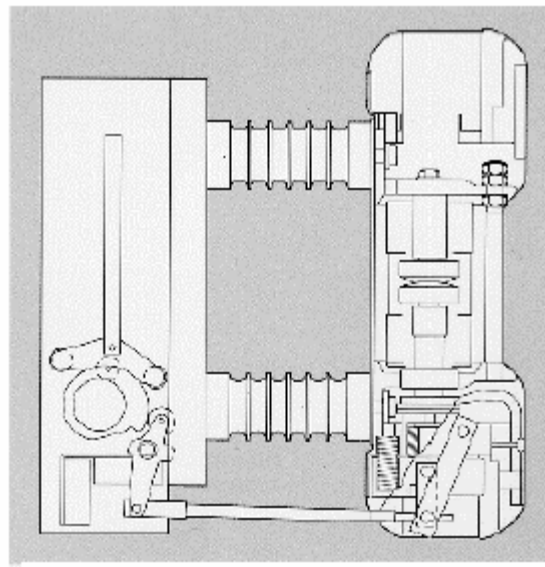
سازندگان از موتورهای یونیورسال برای شارژ فنرهای کلیدهای کنترل از راه دور استفاده میکنند. کلیدهای آینده از موتورهای $brushless$ که به طور الکترونیکی کنترل می شود برای شارژ فنرها استفاده خواهند کرد.

اکنون کلیدها شامل کنتاکتهای اکسید نقره کادیم با کنتاکتهای اضافی جرقه است. برخی سازندگان ظرفیت اتصال کوتاه را با استفاده از یک کنتاکت $arcing$ و ذرات دیونیزه ای که اطراف کنتاکت قرار میگیرند افزایش داده اند. ماده اصلی کنتاکت، خاکستر فلزی تنگستن نقره است.

استفاده از مکانیزم های عملکرد پیشرفته، بطری های کنترل آرک، طراحی بهینه، مواد کنتاکتی مرغوب و موتورهای شارژ کننده با گشتاور فنی بالا موجب استقامت بالای مکانیکی و الکتریکی میگردد. امروزه، کلیدها از مکانیزم های کم اینرسی استفاده میکنند که موجب زمان قطع و وصل کمتری میشود. عمر مکانیکی و الکتریکی ۲ تا ۲,۵ برابر کلیدهای اولیه است.

- کلیدهای خلاء:

کلیدهای خلاء تا ولتاژ 36KV موجود هستند اما در ژاپن کلیدهای خلاء تا 85KV نیز موجود میباشد. در کلیدهای خلاء هنگام جدا شدن کنتاکتها، آرک بین کنتاکتها بوجود می آید. این آرک، سطح کنتاکت را ذوب میکند و جاری شدن جریان را تا بخار شدن فلز در الکتروود منفی یا مثبت ادامه میدهد. پس از نزدیک شدن جریان به صفر طبیعی، کاتد دیگر ماده ای برای فراهم کردن سطح یونیزه ندارد و جاری شدن جریان متوقف میشود.



Traditional design of vacuum circuit breaker

هنگامیکه الکتروود اصلی دوباره کاتد میشود، یونها جامد شده و دیگر یونی برای برقراری جریان وجود ندارد لذا در کلید خلاء قطع جریان همیشه در اولین جریان صفر اتفاق می افتد. این قطع بودن حالت گذراست و هیچ ضربه ولتاژی بر سیستم توزیع ایجاد نمیکند. فاصله کنتاکتی لازم بدلیل استقامت دی الکتریکی بالای خلاء، بین یک

چهارم تا سه چهارم اینچ است. مکانیزم کم اینرسی در این فاصله بوجود می آید. قطع جریانهای خازنی یا جریانهای با ضریب توان کم القایی با استفاده از کلید خلاء امکان پذیر است.

در حال حاضر، طراحی جدیدی در قطع کننده خلاء حاضر است که در آن آرک از حالت انتشار به حالت جمع شونده با قرار دادن آرک در میدان مغناطیسی محوری صورت میگیرد. آرک روی سطح کنتاکت میچرخد تا گرمایش محلی بوجود آید. با عبور جریان از طریق سیم پیچهای تنظیم شده این میدان را ایجاد میکند، روش دیگر، طراحی کنتاکت برای دادن مسیر جریان لازم برای تولید میدان است. اینها الکترودهای میدان مغناطیسی محوری نامیده میشوند. این روش مزایایی را در جریانهای بالاتر از 31.5KA دارد.

در حال حاضر کلیدهای خلاء تحت ولتاژ گذرا تا حد 10KV در هر میکرو ثانیه میتوانند عمل کنند. زمان قطع این کلیدها کمتر از ۲ سیکل است. فرمان عملکرد 0-3min-co-3min-co است.

- کلیدهای SF6:

سه نوع کلید SF6 وجود دارد- نوع دو فشاری، نوع puffer و نوع non-puffer. جدیدترین آنها نوع non-puffer است که در آن انرژی آرک فشار لازم برای قطع جریان را تولید میکند. از فواید این نوع این است که نیاز به ۲۰٪ انرژی مورد نیاز نسبت به کلید نوع puffer دارد. در ولتاژ بالا تنها از کلیدهای SF6 استفاده میشود. کلیدهای کم روغن یا کلیدهای air blast دیگر استفاده نمیشوند. مهندسين به دنبال واسطه ای با خصوصیات بهتر از SF6 هستند اما هنوز نتیجه ای حاصل نشده است. از کلید خلاء در ولتاژ بالا استفاده نمیشود زیرا تجهیزات gap بیشتر از نوع SF6 است و نیاز به جابجایی زیاد کنتاکتها و مکانیزم عملکرد سنگین دارد و نیز گرانترا از کلیدهای

SF6 خواهد بود. از مزایای کلیدهای SF6، طراحی ساده و فشرده، قطع منفرد تا 245KV، عمر زیاد و دسترسی

آسان به قسمتهای مختلف مکانیزم عملکرد میباشد.

مقایسه بین کلید خلاء و کلید SF6

تا کنون تعداد بسیار زیادی از کلیدهای روغنی در توزیع ولتاژ متوسط استفاده شده است. مضرات زیادی در استفاده

از روغن به عنوان وسیله خاموش کردن در کلیدها وجود دارد. اشتعال پذیری و هزینه بالای نگهداری از معایب آن

هستند. به همین دلیل تولیدکنندگان و استفاده کنندگان تلاش خود را برای یافتن ماده دیگری برای خاموش کردن

متمرکز کرده اند. کلیدهای Air blast و Magnetic air پدید آمدند ولی بدلیل مضراتی که داشتند این نوع

کلیدها نیز نتوانستند بازار خوبی را به خود اختصاص دهند. انواع جدید این نوع قطع کننده ها سنگین و حجیم

هستند. تحقیقات بیشتری انجام شد و دو نوع قطع کننده، یکی با واسطه SF6 برای خاموش کردن و دیگری با

واسطه Vacuum برای خاموش کردن بطور همزمان به وجود آمدند. این دو نوع جدید به زودی جایگزین انواع

قدیمی می گردند. در این نوع قطع کننده ها نیز معایب کمی وجود دارد. یکی از بزرگترین مشکلات این است که

استفاده کننده کلیدها متمایل به کلیدهای روغنی قدیمی دارند. هر چند با گذر زمان این تمایل کم شده و نوع

جدید قطع کننده ها در بین استفاده کنندگان جا افتاده و سرانجام به طور کامل جایگزین کلیدهای روغنی خواهند

شد.

مقایسه ای بین کلید نوع SF6 و خلاء و نگاهی به اینکه کدام بر دیگری رجحان دارد صورت گرفته است. ابتدا هر نوع را جداگانه بررسی کرده و سپس به مقایسه آنها می پردازیم.

کلیدهای خلاء (VACUUM CIRCUIT BREAKERS)

در کلید خلاء، قطع کننده خلاء برای عمل قطع و تولید جریان های بار و خطا به کار میرود. هنگامی که کنتاکتهای قطع کننده جدا میشوند، جریانی که باید قطع شود، دشارژ جرقه بخار فلز آغاز گشته و از طریق پلازما تا صفر شدن جریان بعدی جاری می شود. سرانجام جرقه خاموش شده و بخار فلزی هدایتگر در طی چند میکرو ثانیه روی سطوح فلزی متراکم می شود. در نتیجه استقامت دی الکتریکی در قطع کننده، بسیار سریع بالا می رود.

خصوصیات ماده خلاء به طور عمده به ماده و شکل کنتاکت ها بستگی دارد. در طی زمان توسعه آنها، مواد کنتاکتی زیادی مورد استفاده قرار گرفته است. اکنون پذیرفته شده است که آلیاژ کروم-مس بدون اکسیژن (oxygen free copper chromium alloy) بهترین ماده برای کلیدهای فشار قوی است. در این آلیاژ کروم در میان مس بصورت دانه های ریز پخش می شود. این ماده ویژگیهای خوبی در خاموش کردن جرقه را داشته و تمایل کمی برای جوش دادن کنتاکت و جریان شکست کمی را هنگام قطع جریان القایی نشان میدهد. استفاده از این ماده خاص، جریان شکست را به ۴ تا ۵ آمپر محدود می کند.

در جریان کمتر از 10KA جرقه خلاء بصورت تخلیه (دشارژ) پخش شده میسوزد. در جریانهای بالاتر جرقه به شکل مجتمع در محل آند تبدیل میشود. جرقه جمع شده که در یک مکان برای مدت طولانی باقی می ماند میتواند از نظر حرارتی فشار زیادی بر کنتاکتها وارد آورد تا دمایی که دیونیزه شدن محوطه کنتاکت را در جریان صفر می

تواند موجب شود. برای غلبه بر این مشکل باید ریشه جرقه از سطح کنتاكت جابجا شود. به منظور رسیدن به این هدف، یک میدان مغناطیسی ایجاد می کنند که عمود بر محور جرقه قرار دارد. این میدان شعاعی منجر به چرخش سریع ریشه جرقه حول کنتاكت گشته که موجب پخش یکنواخت گرما از روی سطح میشود. کنتاكت ها در این نوع، الکترودهای میدان مغناطیسی شعاعی (radial magnetic field electrodes) نامیده میشوند که به طور عمده در کلیدهای خلاء در کاربردهای فشار متوسط استفاده میشوند.

طراحی جدیدی در قطع کننده های خلاء نیز بوجود آمده است که در آن سوئیچینگ جرقه از حالت پراکنده به حالت مجتمع با قرار دادن جرقه در محور میدان مغناطیسی صورت میگیرد. این نوع میدان میتواند با عبور جریان جرقه از میان پیچکی که به طور مناسب در خارج بطری خلاء قرار گرفته است فراهم شود. همچنین این میدان میتواند با طراحی کنتاكت برای ایجاد مسیر کنتاكتی لازم فراهم شود. این نوع کنتاكتها، الکترودهای محوری میدان مغناطیسی نامیده میشوند. این اصول، فواید زیادی را حین جریان اتصال کوتاه تا بیش از 31.5KA ایجاد می کند.

کلیدهای گازی SF6

در کلیدهای SF6، بعد از جدا شدن کنتاكتها از طریق جرقه ای که پلاسمای آن شامل گاز دیونیزه شده SF6 است، جاری شدن جریان ادامه می یابد. سپس در حین سوختن، جرقه مواجه با جریان ثابتی از گاز که گرما از آن گسترش می یابد میگردد. هنگامی که گرما در جریان نزولی جاری می شود، جرقه در جریان صفر خاموش میشود. ادامه یافتن جاری شدن گاز سرانجام گپ کنتاكت را دیونیزه میکند و استقامت دی الکتریکی لازم را برای جلوگیری از جرقه مجدد را فراهم می کند.

مسیر جاری شدن گاز، به عنوان مثال هنگامی که موازی یا در عرض محور جرقه است، تاثیر زیادی در بازده پروسه قطع جرقه دارد. تحقیقات نشان داده است که جاری شدن گاز به طور محوری مشکلاتی ایجاد میکند که موجب شدت و تداوم تعامل بین گاز و پلاسما در زمان نزدیک شدن جریان به صفر میگردد.

جاری شدن عرضی گاز خنک کننده جرقه به طور کلی در عمل با عبور دادن جرقه در گاز ساکن بدست می آید. هرچند این پروسه قطع کردن موجب بی ثباتی جرقه شده و موجب نوسانات زیاد توانایی قطع سازی کلید گردد.

برای رسیدن به جریان محوری گاز نسبت به جرقه، تغییرات فشار باید در طول آرک بوجود آید. اولین تولیدات کلیدهای SF6 مبنای دو فشاری (two pressure principle) را در کلیدهای air-blast استفاده میکردند. در اینجا مقدار مشخصی از گاز در فشار بالا نگهداری میشود و به بطری جرقه وارد میشود. در این زمان، در دومین طراحی تولید گاز فشار بالا و کمپرسور وابسته حذف شدند. در اینجا تغییرات فشاری در پیستون متصل به کنتاکتهای متحرکی که گاز را در سیلندر کوچک هنگام باز بودن کنتاکتها کمپرس میکند ایجاد میشود. عیب سیستم این است که این سیستم puffer یک مکانیزم عمل کننده ارتباطی قدرتمند نیاز دارد.

هیچکدام از دو کلید مزبور نمیتوانند با کلیدهای روغنی از نظر قیمت رقابت کنند. قسمت مهم قیمت در کلیدهای puffer مکانیزم عملکرد آن است، در نتیجه تلاش برای رسیدن به کاهش یا حذف این فاکتور اضافی هزینه، صورت میگیرد. این تلاشها روی استفاده از انرژی آرک به تنهایی برای ایجاد مستقیم اختلاف فشار مورد نیاز متمرکز شده است. این تحقیقات منجر به توسعه کلید خود فشار شده است که در آن فشار اضافی با استفاده از انرژی آرک برای گرم کردن گاز تحت شرایط کنترل بکار میرود.

در طی مراحل اولیه توسعه، پیستون کمکی به مکانیزم قطع کننده اضافه شده تا اطمینان قطع را در جریانهای کوچک مطمئن سازد. پیشرفت های بعدی در این تکنولوژی این نیاز را حذف کرده و در طراحی های اخیر مکانیزم عملکرد تنها باید انرژی لازم برای حرکت کنتاکتها فراهم شود.

به موازات پیشرفت طراحی خود فشار، نتایج دیگری در آرک چرخشی کلید گازی SF6 (rotating-arc SF6 gas circuit breaker) بدست آمد. در این طراحی آرک در اثر گاز ساکن وادار به چرخش میگردد. حرکت مرتبط بین آرک و گاز دیگر محوری نیست بلکه شعاعی است یا به عبارتی مکانیزم گردش عرضی (cross flow mechanism) است. انرژی لازم عمل کننده مورد نیاز کلیدها در این نوع نر مینیمم میباشد.

جدول ۱- مشخصات تکنولوژی قطع کننده های جریان SF6 و خلاء

	کلیدهای SF6		کلید خلاء (VCB)
ملزومات انرژی	ملزومات انرژی عملکرد		کم است زیرا مکانیزم
عملکرد	زیاد بوده زیرا مکانیزم باید انرژی لازم برای کمپرس کردن گاز را فراهم کند.	کم است زیرا مکانیزم تنها باید جرم کمی را در سرعت متوسط در فاصله بسیار کوچکی را حرکت دهد.	تنها باید جرم کمی را در سرعت متوسط در فاصله بسیار کوچکی را حرکت دهد.
		کم است زیرا مکانیزم تنها باید جرم کمی را در سرعت متوسط در فاصله بسیار کوچکی را حرکت دهد.	

<p>انرژی جرقه</p>	<p>به خاطر هدایت بالای جرقه در گاز SF6، انرژی آرک کم است (ولتاژ آرک بین 150 تا 200 ولت است).</p>	<p>به علت ولتاژ خیلی کم روی بخار فلزی جرقه، انرژی بسیار کم است (ولتاژ آرک بین 50 تا 100 ولت است).</p>	
<p>فرسایش کنتاکت</p>	<p>به دلیل انرژی کم، فرسایش کنتاکت کم است.</p>	<p>بدلیل انرژی خیلی کم آرک، حرکت سریع آرک روی کنتاکت و بدلیل این واقعیت که بیشتر بخار فلزی روی کنتاکت دوباره متمرکز میشود، فرسایش کنتاکت بسیار کم است.</p>	
<p>وسایل اطفای آرک</p>	<p>گاز SF6 خصوصیات دی الکتریک و خاموش سازی بسیار عالی را داراست. پس از خاموش شدن جرقه، مولکولهای گازی گسسته به طور کامل ترکیب شده تا دوباره SF6 را تشکیل دهد. این به معنی مصرف کم وسیله خاموش سازی است. فشار گاز به راحتی و به طور دائم قابل بررسی است. این عملکرد در قطع کننده هایی که به طور عمری تضمین شده اند نیازی نیست.</p>	<p>هیچ وسیله اضافی خاموش سازی مورد نیاز نیست. خلاء در فشار 10^{-7} بار یا کمتر از آن، وسیله خاموش سازی ایده ال است. قطع کننده ها به صورت عمری تضمین میشوند تا نظارت بر خلاء نیازی نباشد.</p>	
<p>عملکرد سوئیچینگ در رابطه با شکست جریان</p>	<p>فشار ایجاد میشود و بنابراین جریان گاز مستقل از مقدار جریان است. جریانهای بزرگ</p>	<p>فشار ایجاد میشود و بنابراین جریان گاز به مقدار</p>	<p>هیچ وسیله خاموش سازی برای خاموش کردن آرک خلاء مورد نیاز نیست. دیونیزه شدن</p>

	<p>یا کم با همان شدت خنک میشوند. فقط مقادیر کمی از جریان گذرای فرکانس بالا، اگر وجود داشته باشد میتواند قطع شود. دیونیزه شدن گپ کنتاكت به سرعت پیش میرود، بدلیل خواص الکترونکاتیوی گاز SF6 و تولیدی آرک</p>	<p>جریان قطع شده وابسته است. جریانهای زیاد به شدت سرد میشوند و جریانهای کم به آرامی سرد میشوند. جریانهای گذرای فرکانس بالا در حالت کلی نمیتواند قطع شوند. دیونیزه شدن گپ کنتاكت بدلیل خواص الکترونکاتیوی گاز SF6 و تولیدات به سرعت پیش میرود.</p>	<p>بسیار سریع گپ کنتاكت قطع تمام جریانها، چه بزرگ و چه کوچک را مطمئن میسازد. جریانهای گذرای با فرکانس بالا میتواند قطع شوند. مقدار جریان شکست بوسیله ماده کنتاكتی استفاده شده معین میشود. وجود کروم در کنتاكت با خلاء نیز آلیاژ میشود.</p>
تعداد عملکرد اتصال کوتاه	10--50	10--50	30--100
تعداد عملکرد در بار کامل	5000--10000	5000--10000	10000--20000
تعداد عملکرد مکانیزم	5000--20000	5000--20000	10000--30000

قطع کننده های کلیدهای SF6 که به محدوده تعداد عمل قطع کنندگی خود رسیده باشند را میتوان پیاده سازی کرد و بصورت شرایط جدیدی بازسازی کرد. اما تجربه عملی نشان میدهد که تحت شرایط سرویس عادی، قطع کننده های SF6 هرگز احتیاج به تعمیرات ندارند، به همین دلیل سازندگان لوازم جانبی برای تعمیرات را ارائه نمیدهند. در عوض آن را همانند کلیدهای خلاء به صورت ضمانت دائمی طراحی میکنند.

مکانیزم عملیاتی همه انواع کلیدها احتیاج به تعمیرات دارند و برخی بیشتر از برخی دیگر به دلیل انرژی که باید تامین کنند نیاز به تعمیرات دارند. برای کلیدهای خلاء فاصله بین سرویس دادن بین 10000 تا 20000 عملیات است. برای نوع SF6 از نوع puffer که مکانیزم آن انرژی بیشتری را باید جابجا کند، 5000 و غیر آن 20000 عملیات است.

تعمیرات لازم کلید به عنوان وظیفه آن یعنی تعداد عملیات ها در یک بازه زمانی و مقدار جریان های قطع شده بستگی دارد. بر اساس تعداد عملیاتی که در بخش قبل صحبت شد واضح است که کلیدهای خلاء و SF6 که برای مصارف عمومی و صنعتی به کار میروند تحت شرایط عادی به حد مقدار جریان قطعی نمیرسند، بنابراین احتیاج به تعمیر و یا تعویض قطع کننده یک استثنا بوده و از این جهت کلیدها بی نیاز از مراقبت هستند.

تعمیرات و نگهداری، بر این اساس محدود به تمیز نگه داشتن سطوح و بازرسی و روغنکاری مکانیزم از جمله اتصالات پرش (trip-linkage) و سویچ های جانبی است.

در مواردی که احتیاج به عملیات با تعداد زیاد میباشد مانند دیگ قوس (arc furnace) بهتر است که از مدل SF6 استفاده شود که در این حالت توصیه میشود که برآوردی از هزینه تعمیرات و نگهداری کلید ارائه گردد.

قابلیت اطمینان:

قابلیت اطمینان یک قطعه با زمان میانگین کارکرد تا خرابی و یا میانگین بازه های زمانی بین خرابی (time to failure(MTF) تعریف میشود .

امروزه کلیدها (دژنکتورهای) SF6 و خلاء هر دو از یک فناوری استفاده میکنند و بنابراین از این جهت یکسانند. اما در ارتباط با قطع کننده های آن اختلاف فاحشی وجود دارد. در کلیدهای SF6 قسمتهای متحرک بیشتر از کلیدهای خلاء می باشد.

اما مقایسه قابلیت اطمینان این دو فناوری بر اساس تعداد اجزا از لحاظ طرح، جنس و عملکرد به دلیل واسطه های متفاوت کاملاً متفاوت است. قابلیت اطمینان به عوامل بسیاری از جمله اندازه، طرح، مواد مصرفی، روش ساخت، آزمایشها و روند کنترل کیفیت که به سادگی قابل بررسی هستند، بستگی دارد.

در این حال تجربه سرویس کافی برای هر دو نوع وجود دارد که بتوان یک مقایسه عملی در این مورد انجام داد. مروری بر داده های موجود سرعتها این امر را تأیید میکند که تفاوت قابل تشخیصی در قابلیت اطمینان بین این دو نوع کلید وجود ندارد و اینکه هر دو فناوری قابلیت اطمینان بالایی تحت شرایط عادی و غیر عادی از خود نشان میدهند.

قطع جریانهای خطا:

امروزه آزمایشات نوعی بر اساس استانداردهای ملی و بین المللی (IEC56) بر روی تمام کلیدهای طراحی شده توسط سازندگان نامی انجام میگردد. این موجب تضمین قطع هر گونه جریان خطای تا ماکزیمم مقدار مجاز برای آن کلید میشود. همچنین هر دو نوع کلید قادر به قطع جریانهایی با مولفه DC بزرگ هستند، این گونه جریانها هنگامی پدید می آیند که اتصال کوتاه در اطراف ژنراتور پدید آید. آزمایشهای مربوطه نشان داده اند که انواع خاصی از کلیدهای از هر دو نوع کلید قابلیت قطع جریانهای خطا با مولفه DC بزرگتر از 100 درصد را دارا هستند. هنگامی که چنین کاربردی مورد نظر است برای داشتن نظرات کارشناسانه توصیه میگردد با سازنده مشورت شود.

در ارتباط با ولتاژ بازگشت (recovery voltage) که بعد از قطع یک جریان خطا پدید می آید کلیدهای خلاء معمولاً میتوانند مقدار ولتاژهایی با مقادیر RRV تا ماکزیمم 5KV را تحمل کنند در صورتیکه نوع SF6 محدودتر بوده و این مقدار بین 1KV تا 2KV میباشد. در کاربردها مثلاً نصب محدود کننده های جریان (current limiting choke) توصیه میشود که آهنگ افزایش ولتاژ بازگشت گذرا کنترل شود.

قطع جریانهای القایی کوچک:

عبارت جریان القایی اینجا به معنی آن جریانهای کوچکی است که تقریباً به طور خاص القایی هستند، مانند ترانسفورماتورهای بدون بار، در هنگام استارت موتورها یا موتور در حال کار بدون بار یا سیم پیچهای راکتور پدید می آیند. در بحث قطع این نوع جریانها توسط کلید مهم است که پدیده گذرای فشار قوی و فشار متوسط را تمیز دهیم. این پدیده ها گذرای فشار متوسط علاوه بر بقیه عوامل، نتیجه قطع جریان قبل از رسیدن به صفر طبیعی آن میباشد.

تمام کلیدها وقتی جریانهایی به اندازه چند صد آمپر، به دلیل عدم تعادل در آرک از آنها میگذرد، میتوانند به سرعت جریان را قطع کنند، قبل از آنکه به صفر برسند. این پدیده به عنوان "قطع جریان واقعی" شناخته میشود. هنگام رخ دادن این پدیده انرژی ذخیره شده در القاگرهای سمت بار از طریق خازنهای خط به زمین سیستم (خازنهای سیم پیچها و کابل ها) نوسان کرده و باعث افزایش ولتاژ میگردد.

دامنه افزایش ولتاژ تابعی از مقدار جریان قطع شده میباشد، هر چه جریان قطع شده کمتر باشد، دامنه ولتاژ اضافی نیز کمتر است. علاوه بر نوع کلید، پارامترهای سیستم هنگام نصب، فاکتورهایی در تعیین حداکثر جریان قطعی هستند. به خصوص ظرفیت موازی سیستم با کلید حائز اهمیت است.

جریان قطعی کلیدهای SF6 در اصل با نوع کلید مشخص میشوند. مقدار جریان قطعی از 0.5 تا 15 آمپر میباشد که رفتار کلیدهای خودفشار (self-pressuring) با جریان قطعی کمتر از 3 آمپر به خصوص مطلوب میباشد. این قطع "نرم" مربوط به خصوصیات خاص طراحی خودفشار و خواص SF6 است.

در سالهای اولیه طراحی کلیدهای خلاء، قطع جریانهای کوچک القایی به دلیل مواد مورد استفاده در اتصالات (contact) مشکلاتی ایجاد می کرد. استفاده از اتصالات کروم-مس جریان قطعی را به 2 تا 5 آمپر رساند. امکان افزایش ولتاژ غیر مجاز به دلیل جریان قطعی به مقادیر قابل اغماض کاهش یافته است.

جریانهای گذرای با فرکانس بالا به دلیل جرعه زنی یا دوباره جرعه زنی در فاصله اتصال باز پدید می آیند.

اگر در حین عملیات باز شدن، ولتاژ صعودی بین اتصالات بازشونده از قدرت دی الکتریک بین آنها بیشتر شود دوباره جرعه زنی اتفاق می افتد. جریان گذرای با فرکانس بالای تولید شده میتواند جریان صفرهای با فرکانس بالا تولید کند و باعث قطع مجدد توسط کلید شود.

با کلیدهایی که توانایی قطع جریانهای زودگذر با فرکانس بالا را دارند دوباره جرعه زدن باعث پدیده قطع جریان مجازی میگردد. این پدیده زمانی رخ میدهد که یک دوباره جرعه زنی در فازی که در حال اصلاح است جریان گذرای با فرکانس بالایی را در فازهای دیگر که دارای فرکانس جریان سرویس هستند القا کند. این ترکیب تناوبات در جریان بار یک جریان ظاهری صفر را ایجاد میکند و کلید جریان را قطع میکند. گرچه مقدار جریان بار ممکن است بسیار بالا باشد این پدیده قطع جریان مجازی نام دارد و منجر به قطع جریانهایی بسیار بالاتر از مقادیری که خود کلید در شرایط عادی قطع میکند، می شود. از نتایج قطع جریان مجازی، اضافه ولتاژهای بسیار بالاست.

جدول ۲-مقایسه تکنولوژی کلیدهای خلاء و SF6 از نظر کاربردی

کلید خلاء (VCB)	کلید SF6	معیار
-----------------	----------	-------

جریان انباشته	10 تا 15 برابر جریان اتصال کوتاه نام	30 تا 100 برابر جریان اتصال کوتاه
		نامی
ظرفیت قطع کنندگی جریان کلید	5000-10000 بار	10000-20000 بار
عمر عملکرد مکانیکی	5000-20000 بار عمل o-c	10000-30000 بار عمل o-c
تعداد عملکرد قبل از تعمیر	5000-20000 بار عمل o-c	10000-30000 بار عمل o-c
زمان بین دو مکانیزم سرویس	5-10 سال	5-10 سال
مبلغ نگهداری	هزینه خدمات بالا، هزینه مواد پایین	هزینه خدمات پایین، هزینه مواد بالا
قابلیت اطمینان	بالا	بالا
استقامت دی الکتریک فاصله بین دو کنتاكت	بالا	بسیار بالا

آزمایشات گسترده نشان می دهد که کلیدهای خود فشار به دلیل خواص خود مزایای فراوانی در کنترل پدیده

گذرای با فرکانس بالا نسبت به کلیدهای پخش کننده SF6 و نوع خلاء دارند.

در سالهای اخیر در زمینه خصوصیات کلیدهای خلاء در ارتباط با پدیده های دوباره جرقه زنی و قطع جریان مجازی تحقیقات گسترده ای صورت گرفته است. این تحقیقات نشان میدهد که کلیدهای خلاء دوباره جرقه زنی هایی شدیدتر و بنابراین اضافه ولتاژهایی شدیدتر از دیگر انواع کلیدها ایجاد می کنند. به هر حال این حالت در مواردی خاص از سوئیچینگ مثل قطع موتورهای هنگام استارت و آن هم با احتمال پایین پیش می آیند. اضافه ولتاژهای پدید آمده در این موقعیت ها را میتوان به مقادیر امن به کمک رفع کننده های بار اضافی اکسید فلزات (metal oxide surge diverter) رساند.

جدول ۳- در ارتباط با کاربردهای کلیدزنی

کلید خلاء (VCB)	کلید SF6	معیار
مطلوب	مطلوب	قطع جریان اتصال کوتاه با مولفه DC بالا
بسیار مطلوب	در شرایط معین ($RRV > 1-2 \text{ KV}$) در هر میلی ثانیه) مطلوب است.	قطع جریان اتصال کوتاه با ولتاژ بازگشت بالا (High RRV)
مطلوب	مطلوب	قطع ترانسفورماتورها
مطلوب، مراحلی باید برای جلوگیری از اضافه ولتاژ هنگام شکست جریان برای	مطلوب	قطع راکتورها

		جریان کمتر از 600 آمپر اعمال شود.
قطع خازنها	مطلوب (بدون دوباره جرقه زنی)	مطلوب (بدن دوباره جرقه زنی)
قطع خازنهای back to back	مطلوب ، در بعضی موارد راکتورهای محدود کننده جریان، برای محدود کردن جریان هجومی لازم است.	مطلوب ، در بعضی موارد راکتورهای محدود کننده جریان، برای محدود کردن جریان هجومی لازم است.
قطع دیگ جرقه	مناسب برای عملکرد مطلوب	مطلوب، مراحل باید برای جلوگیری از اضافه ولتاژ اعمال شود.

مدرنیزه کردن کلیدهای قطع کننده روشی برای افزایش عمر وسایل کلیدزنی

بسیاری از شرکتها و تجهیزات صنعتی عمر 20 تا 30 سال پخش تجهیزات الکتریکی را دارند که به انتهای

عمر مفید آنها نزدیک است. اداره موفق مدرنیزه کردن وسایل اتصالی یا پروسه گسترش عمر، راهی برای

ماکزیمم کردن قابلیت اطمینان و کارکرد درست در حین مینیمم کردن قیمتهاست. برای صورت گرفتن این،

ارزیابی کامل سیستم هم بصورت تکنیکی و هم اقتصادی بایستی صورت پذیرد. این ارزشیابی پیچیده امکان

گستره وسیعی برای جایگزینی تجهیزات موجود با تجهیزات جدید را برای ادامه نگهداری عمر تجهیزات تا هنگامیکه خرابی رخ دهد فراهم میکند.

انتخاب روش بهینه بر اساس ارزیابی فاکتورهای زیر است:

- تجهیزات یدکی؛ آیا تجهیزات یدکی درست موجود است؟ و اگر هست برای چه مدت و چه قیمتی؟
- قابلیت اطمینان؛ چه مقدار وسایل اتصالی بدتر شده و اکنون چه مدت میتوانند عمل کنند؟ آیا حفاظت رله ای هنوز کافی است؟ آیا سیستم میتواند اطمینان لازم را دوباره تعدیل کند؟
- نگهداری پذیری؛ آیا تجربه پرسنلی کافی برای انجام نگهداری تجهیزات کهنه وجود دارد؟
- سلامت و محیط؛ تجهیزات قدیمی ممکن است شامل asbest یا PCB باشند. آیا آموزش خاص برای نگهداری، نصب و دسترس پذیری اکنون موجود است؟
- تغییرات سیستم و تبدیل به سوئیچینگ جدید؛ تکنولوژی نیازهای جدید تجهیزاتی را به صورت بار و ظرفیت قطع سازی میتواند ایجاد کند. همچنین، تکنولوژی جدیدتر در کاربردهای خاص سوئیچینگ عملکرد بهتری دارند. آیا تجهیزات موجود تغییرات را تحمل میکنند؟
- هزینه کلی؛ هزینه کلی شامل نگهداری سیستم بر اساس مدرنیزه شدن یا برنامه های جایگزینی چقدر

است؟

ارزیابی وسائل

ارزیابی اولیه بایستی روی اجزا وسائل مانند کابل، باس بار و عایق سازی باشد. (ارزیابی بعدی تجهیزات که

جایگزین یا مدرنیزه می شوند، مانند کلیدهای خلاء و رله های حفاظتی، بعداً انجام میگیرد.)

ارزیابی شامل:

- بررسی کامل وسائل و سلولهای موجود
- بررسی باس و کابل ها (شامل فاصله های اضافی، بررسی اتصالات و ایجاد گشتاور مجدد برای مقادیر توصیه شده)
- بررسی عایق سازی از نظر گرمایش، بریدگی یا ترک خوردگی
- بررسی به هم پیوستگی المان ها
- چک کردن و کالیبره کردن رله های حفاظتی موجود

در بیشتر موارد این ارزیابی به این نتیجه میرسد که وسایل موجود 25 تا 30 سال دیگر میتوانند عمر کنند.

مدرنیزه شدن کلیدهای قطع کننده

فاز دوم ارزیابی، ارزیابی قطع کننده ها است. به عنوان وسائل اصلی عمل کننده در تجهیزات نیاز به آنالیز

گسترده است. بیشتر کلیدهای کهنه از نوع مغناطیس هوایی یا نوع روغنی است و تعداد کمی مربوط به

تکنولوژی قدیمی خلاء یا SF6 است.

سه قسمت اصلی در مدرنیزه کردن کلیدها فرض میشود: نگهداری، نصب، سوارسازی/تعویض

نگهداری _ نگهداری کلیدهای مغناطیس هوایی و کلیدهای مینیمم روغن و/یا کلیدها SF6 بر طبق

برنامه نگهداری اصلی سازندگان باید صورت گیرد، که شامل تست و جایگزینی قسمتهایی بر اساس

قسمت بندی مشخصات اصلی است. نگهداری روتین شامل تست الکتریکی، حذف کردن و چک کردن

آرک و عملکرد تست دیافراگم های لاستیکی puffer (خرابی ممکن است بوسیله استفاده از حلال ها و

پاک کننده ها بوجود آید). موتورها، رله ها و سیم پیچ ها چک شده اند و مکانیزم پاک شده و روغنی

کاری شده است (با روغن توصیه شده توسط سازنده) قسمتهای معیوب جایگزین شده اند. نگهداری

کلیدهای کم روغن شامل مراحل اضافی جایگزینی روغن واسطه قطع و وصل میباشد. کلیدهای SF6

مضافا نیاز به چک کردن فشار قطع اطلاع دهنده و کنتاکت های تریپ و حذف و ذخیره گاز با واحد

جایجایی گاز صورت میگیرد.

پیاده و سوار سازی / تعویض _ در بسیاری از کلیدهای قدیمی تر از ۱۰ سال، مکانیزم جایگزینی کامل

یا قسمتهایی از آن دیگر موجود نیست. موارد دیگر باید مانند جایگزینی قسمتهای موجود با قسمتهای

استفاده شده یا بالعکس فرض شود.

پیاده سازی کلیدها و تعویض آنها در سرویس سازنده ها انجام میشود. کلید بسته بندی شده و قسمتهای

اصلی آن بر طبق مشخصات سازنده چک میشود. قسمتهایی که خارج از سطح تولرانسی هستند جایگزین

میشوند تا مشابهت بیشتری را با استاندارد اصلی کلید ایجاد کند.

پیاده سازی و سوار کردن کلید ممکن است شامل تعویض شود. جایگزینی قسمتهای موجود (مانند بطری

های قطع کننده و یا مکانیزم عمل کننده جدید) روی فریم موجود کلید. از آنجا که تبدیل تغییر طراحی

است، تستهای کامل ANSI روی واحد بایستی انجام گیرد.

قطع جریان در خلاء:

کلید خلاء نیازی به واسطه های عایق سازی و قطع کنندگی ندارد. در واقع، قطع کننده شامل مواد یونیزه شونده

نیست. در هر مورد، در جداسازی کنتاکتها، آرک بخاری فلزی بصورت گدازه ای از مواد بخار شده کنتاکت،

تولید میشود. بخار فلزی با انرژی خارجی تا زمانیکه جریان به صفر طبیعی برسد، ادامه می یابد. در این لحظه، کاهش

سریع چگالی بار حامل و اجتماع سریع بخار فلزی، منجر به بازیابی سریع خواص دی الکتریکی میشود. لذا قطع

کننده خلاء، ظرفیت عایق سازی و مقاومت در برابر ولتاژ گذرای بازگشتی را باز یافته و آرک را خاموش میکند.

از آنجائیکه قدرت بالای دی الکتریکی در خلاء قابل دستیابی است، حتی در فواصل کم، قطع مدار هنگام

جداسازی کنتاکتها در چند میلی ثانیه قبل از عبور از جریان صفر طبیعی، تضمین شده است. طراحی خاص کنتاکت

و مواد استفاده شده و همچنین مدت محدود عملکرد و ولتاژ کم آرک موجب کاهش اجزای کنتاکت و عمر

طولانی آن میگردد. بعلاوه، خلاء از اکسید شدن و آلودگی جلوگیری میکند.

تعمیرات و نگهداری :

تعمیرات مورد نیاز کلیدهای خلاء عبارت است از:

روغنکاری قسمتهای متحرک کلید پس از هر ۱۰۰۰۰ بار قطع و وصل معادل هر ۱۰ سال یکبار

تعویض کپسول یا بطری خلاء (Vacuum Interrupter) که قطعه اصلی کلید میباشد پس از ۳۰۰۰۰

بار قطع و وصل، که جایگزینی آن به سهولت تعویض یک دستگاه فیوز فشار متوسط در تابلو میباشد.

موارد قابل توجه عبارتند از:

- بازرسی و کنترل روغن در دینکتورهای کم روغن هر چند ماه یکبار از نظر سطح روغن، پل ها

- تست روغن از نظر عایقی

- بازرسی فشار گاز SF6 در پل های دژنکتور SF6

- تعویض خود پل یا حتی گاهی تعویض دژنکتور در مورد آسیب دیدگی در اثر اتصال کوتاه

قابلیت اطمینان :

یکی از اصلی ترین وظیفه کلیدها حفاظت تجهیزات الکتریکی در تاسیسات مختلف در مقابل جریانهای

اتصال کوتاه یا جریانهای زیاد غیر نرمال میباشد که به طور خلاصه عبارتند از:

- اتصال کوتاه سه فاز

- اتصال کوتاه دو فاز به هم

- اتصال کوتاه دو فاز به هم و به زمین

- اتصال کوتاه یک فاز به زمین

- اتصال کوتاه زمین دوبل

جدول زیر بیانگر مقایسه تعداد قطعات متحرکی است که در کلیدهای کم روغن، SF6 و Vacuum به

کار رفته و بیانگر این واقعیت است که تعداد قطعات متحرک در کلیدهای خلاء به مراتب کمتر از SF6

و کم روغن بوده و در نتیجه آمار خرابی این نوع کلیدها خیلی کمتر از کلیدهای نوع دیگر میباشد.

کم روغن	SF6	خلاء	نوع کلید
43	52	22	تعداد قطعات هر قطب
18	24	9	تعداد قطعات متحرک هر قطب
17	24	2	قطعات قطب در بطری جرقه

سازگاری با شرایط محیط:

کلیدهای خلاء فشار متوسط در محیط هایی با شرایط زیر دارای کارایی بالایی میباشند و هیچگونه

مشکلی از نظر Rating جریان ندارند:

- رطوبت نسبی در 24 ساعت 95%

- طبق منحنی مشخصه جریان دما در دماهای 45°C کلیدهای خلاء حتی بیشتر از جریان نامی شان

تحمل عبور جریان را دارا میباشند.

موارد فوق بیانگر این مساله است که کلیدهای خلاء سازگاری کامل با شرایط محیطی را دارا میباشند.

تعداد قطع و وصل کلید در پریود زمانی مشخص:

- تا ۱۰۰۰۰ بار قطع و وصل کلید هیچ گونه احتیاجی به روغن کاری ندارد.
- تا ۱۰۰۰۰ بار قطع و وصل کلید هیچ گونه احتیاجی به تنظیم مجدد ندارد.
- تعویض کپسول یا بطری خلاء که قسمت اصلی و حیاتی کلیدهای خلاء میباشند بعد از هر ۳۰۰۰۰ بار قطع و وصل باید تعویض گردد که به سادگی قابل انجام است.
- در صورتیکه در مورد کلیدهای SF6 رقم فوق پس از ۲۰۰۰ بار قطع و وصل در جریان نامی است و باید کنتاکتها عوض شود که خود مستلزم زمان ۲ الی ۳ روز کاری میباشد.

Application		Type of circuit breaker	
switching	oil circuit breaker	SF6 breaker With self-quenching system	Vacuum circuit breaker
Unloaded transformers			
Unloaded cables and overhead lines			
Motors			
Capacitors out			

Capacitors and paralleling them			
Single-phase traction system			
Arc furnaces			
Maintenance required with medium switching frequency (less than 200 operations per year)			
Maintenance required with high switching frequency (more than 200 operations per year)			

- * : Less suitable
- ** : Well suitable
- *** : Very suitable

آزمونهای زمانی کلیدها؛ ابزاری قدرتمند برای رفع اشکال کلیدهای معیوب

یک شبکه قدرت نیاز به تعویض مداوم پیکر بندی مدارهایش دارد که این مستلزم وارد یا خارج کردن قسمتهای

متفاوت در زمانهای متفاوت است. قطع کننده های مدارهای قدرت (که امکان وارد یا خارج کردن یک بخش از

تجهیزات را ایجاد میکند) شامل ساختاری برای قطع و وصل مدارهایی با ولتاژ نامی 1000V به بالا میباشند.

قطع کننده مدار اصلی عبارتند از:

- سوئیچ قطع

مورد استفاده اصلی آن برای جدا کردن یک بخش از مدار برای تعمیرات است. سوئیچ قطع توانایی قطع جریان را ندارد و عملیات آن باید بدون هیچگونه جریانی در مدار صورت گیرد. یک وسیله مطمئنی است که معمولاً یک کنتاکت قطع قابل دید دارد که میتواند در حالت باز قفل شود.

- قطع کننده

این سوئیچ برای باز یا بسته کردن مدار یا قطع جریانهای نامی طراحی شده، سریعتر از سوئیچ قطع عمل میکنند و توانایی اختلال جریان را داراست.

- دژنکتور

دژنکتور مانند قطع کننده میباشد. علاوه بر آن توانایی قطع جریان اتصال کوتاه را نیز دارد. دژنکتور وسیله مطلق برای محافظت مدار میباشد.

هر دژنکتور در کارخانه آزمایش میشود (Routine Testing) و دوباره در مکان نصب هم تست میشود (commisioning test) و به طور متناوب تا پایان عمرش مورد آزمایش قرار میگیرد. این آزمایش برای تشخیص وضعیت واقعی دژنکتور قبل از راه اندازی، داشتن نقطه شروعی برای دنبال کردن تکامل کلید میباشد. یکی از مهمترین آزمایشها آزمایش دقت زمانی کلید است که شامل:

- اندازه گیری دقیق لحظه ای که اتصالها تغییر موقعیت میدهند.

- بررسی اختلاف کنتاکتها

- بررسی حرکت و سرعت کنتاکتها

مقادیر اندازه گیری شده با حدود مجاز تولرانس ها مقایسه میشوند. در اغلب موارد مقادیر بدست آمده از آزمایشهای محل نصب به عنوان مقادیر مرجع به کار میروند. هرگونه انحراف از این مقادیر با آنالیز درست تعیین میکند که چه عکس العملی باید اتخاذ شود.

اما قبل از بررسی دقیقتر آزمایشهای زمانی بهتر است که اول دژنکتور را بشناسیم.

کلید قطع کننده (Circuit Breaker)

دژنکتور از مهمترین و پیچیده ترین نوع تجهیزات قطع کننده مدارهای قدرت است که به دلیل توانایی مهم در قطع جریانهای بزرگ اتصال کوتاه بعد از نقش عادی در هدایت، جداسازی و قطع جریانهای نامی است.

اجزای مدار قدرتی دژنکتور جایی است که جریان اصلی وارد یا قطع میشود و شامل:

- اتاقک قوس (Arcing Chamber)

اتاقک قوس یک حجم بسته شامل یک اتصال ثابت، یک اتصال متحرک و یک محیط قطع کننده است. هنگامیکه کنتاکت متحرک و ثابت به هم وصل شوند جریان برقرار شده و هنگامیکه از هم جدا شوند، جریان قطع میگردد. هنگامیکه اتصالات از هم جدا میشوند جرقه زده میشود. وسیله قطع کننده موظف به خاموش کردن جرقه و جداسازی (Isolation) بین دو اتصال باز است.

برای ولتاژهای بالا چندین اتاقک با هم سری میشوند که در این حالت یک خازن مدرج با هر اتاقک موازی شده تا ولتاژ دو سر اتصالات را هنگام جدایی متعادل کند.

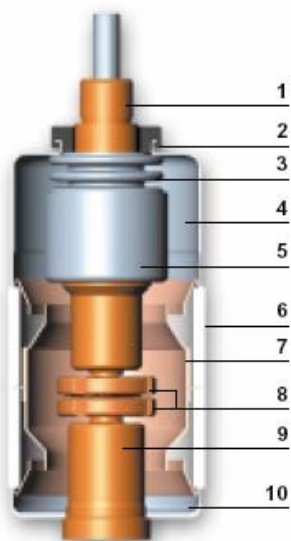
- مقاومت جاگذاری (Insertion Resistor)

تغییرات ناگهانی خصوصیات مدار هنگام عملکرد دژنکتور اتفاق می افتد. ضربه های ولتاژ پیک که مقدار آن با خصوصیات مدار مشخص میشود، تولید میشوند. این ضربه ها ممکن است که به مقادیر بالایی برسند که باید کاهش داده شوند. یک روش شناخته شده بستن و باز کردن مدار در دو یا سه مرحله بر روی مقاومتها است.

هنگام باز شدن: مقدار ضربه ولتاژ معمولا در سطوح قابل قبول است، هنگامیکه جریان نامی یا جریانهای اتصال کوتاه را قطع میکنیم ولی در زمان قطع جریانهای خازنی یا القایی کوچک مقادیر آن به طرز خطرناکی بالا میرود. هنگام بسته شدن: انرژی دادن ناگهانی به مدار همیشه پاسخهای ولتاژ در سطوح متوسط تولید میکند به استثنای بستن و دوباره بستن بر روی خطوط بلند بدون بار که پاسخهای ولتاژ به عنوان تابعی از طول خط، لحظه بسته و دوباره بسته شدن و عدم هماهنگی سه قطب میتواند به مقادیر بسیار زیادی برسد.

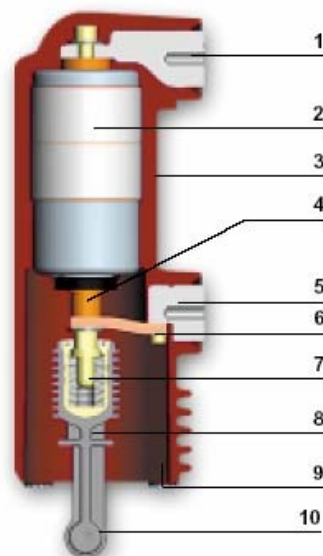
یک مقاومت با مقدار از پیش تعیین شده به طور سری با یک اتصال اضافی بسته میشود و هر دو بطور موازی با اتاقتک قوس بسته میشوند.

کلید اضافی طوری برنامه ریزی شده که چند میلی ثانیه قبل از اتصالات اصلی در هنگام بسته شدن بسته شود و چند میلی ثانیه هنگام باز شدن بعد از اتصالات اصلی باز شود. این تاخیر برنامه ریزی شده، زمان جاگذاری نامیده میشود.



Vacuum interrupter

- 1 Stem/terminal
- 2 Twist protection
- 3 Bellows
- 4 Interrupter lid
- 5 Shield
- 6 Ceramic insulator
- 7 Shield
- 8 Contacts
- 9 Stem
- 10 Interrupter lid



Circuit-breaker pole

- 1 Upper terminal
- 2 Vacuum interrupter
- 3 Epoxy resin housing
- 4 Stem of moving contact
- 5 Lower terminal
- 6 Flexible connection
- 7 Contact force spring
- 8 Push-rod
- 9 Pole fixing point
- 10 Connection to operating mechanism

مکانیزم عملکرد

جایی است که انرژی لازم برای جدا کردن اتصالات و اطفاء قوس تولید میشود. این مکانیزم شامل وسائلی به نام

انباره های انرژی برای ذخیره انرژی مورد نیاز است. نمونه هایی از این انباره ها، فنرها، سیلندرهاى شارژ شده با

نیتروژن (nitrogen-charged cylinder).

رایج ترین مکانیزم های عمل در دژنکتورها: عملکرد فنی، عملکرد هیدرولیکی و عملکرد پنیوماتیکی

کنترل

فرمان عملکرد در بخش کنترل توسط پاسخ الکتریکی به مدت یک کسر ثانیه داده میشود. این زمان در فرایند

مکانیزم منجر به عملکرد کامل دژنکتور شده که توانایی قطع جریان اتصال کوتاه را دارد.

کنترل شامل قسمتهای زیر میباشد:

- سیمپیچهای بستن و باز کردن
- سیستم کنترل رله ای
- فشار گرها و کلیدهای فشاری
- سیستم هشدار و نظارت
- منبسط کردن دوباره سیستم برای بازگرداندن انرژی داده شده در هنگام عملیات

خصوصیات عملکرد

دژنکتور دارای خصوصیات عملکرد مخصوصی است. معمولاً برای مدت های طولانی باز یا بسته است و در

موقعیت های خاص، موقعیتش تعویض میشود و به ندرت جریانهای اتصال کوتاه را حس میکند. باید قابلیت تغییر

وضعیت را بعد از دوره های طولانی عدم فعالیت داشته باشد.

عملکرد صحیح: کنترل دژنکتور باید انجام صحیح بسته شدن را با هر مقدار جریان بسته شدن تضمین کند و همچنین قطع در لحظه مورد نظر به وسیله آزاد کردن به طریق مکانیکی یا به وسیله یک رله انرژی ذخیره شده در انباره ها را مطمئن سازد.

این انرژی با نیروهای هنگام بستن یا باز کردن مدار اعم از تحت بار یا بدن بار و یا حتی نیروهای قویتر هنگام اتصال کوتاه مدار مقابله کند. این به این معنی است که انرژی اضافی باید بوسیله یک سیستم میراساز مناسب کاهش داد.

چرخه های عملکرد

دژنکتور باید توانایی اجرایی چرخه های عملیاتی متفاوت را داشته و بتواند جریانهای اتصال کوتاه را در کمترین زمان قطع کند، و هر چه سریعتر صورت گیرد برای شبکه بهتر است.

پیشرفتهای جدید زمان پاسخگویی را از ۵ تا ۳ سیکل به ۲ سیکل رسانده است و در حال حاضر انتظار میرود که به مقدار ۱ سیکل برسد. عملیات باید قابل اطمینان، کاملاً درست و به سادگی قابل اجرا باشد.

انواع دژنکتورها

وظیفه دژنکتور قطع جریانهای القایی و خازنی ضعیف تا جریانهای اتصال کوتاه شدید میباشد که نتیجه آن اطفاء قوس میباشد. پس مساله اساسی مساله قوس است. مسئله دیگر ضربه های ولتاژ بالا است که این مربوط به خصوصیات مدار نصب شده میباشد. یکی از عوامل بزرگ موثر در ظرفیت دژنکتور وسیله قطع کننده است که طرح و نحوه عملکرد آن را تغییر میدهد. بر اساس این اصل دژنکتورها بر اساس وسیله قطع کننده شان (interrupting medium) طبقه بندی میشوند.

وسیله قطع کننده: تعداد چشمگیری از مواد، کیفیت قابل قبولی را برای وسیله قطع دارند. اما سازندگان دژنکتورها سه مورد از آنها را ترجیح میدهند که این به دلیل خواص عایق سازی و قطع سازی عالی این مواد است که منجر به کارایی بالا و طراحی اقتصادی میگردد. این مواد از این قرارند:

۱- روغن معدنی:

روغن معدنی تا چندی پیش مناسبترین محیط بود. مخصوصاً در حالتی که خالص باشد خاصیت بسیار عالی عایقی از خود نشان میدهد که در وسایلی از قبیل خازنها و ترانسفورماتورها که هوا نفوذ ناپذیرند بکار میروند. به هر حال دژنکتورها سوراخهای تنفس دارند و روغن با آرک در تماس است. بنابراین در روغن ناخالصیهایی به شکل رطوبت و غبار شامل ذرات کربن یافت میشود که خاصیت عایقی آن را به طرز چشمگیری کاهش میدهد. شرایط تعویض روغن به ساختار دژنکتور بستگی داشته و توسط سازنده مشخص میشود.

۲- هوای فشرده:

بعضی از مزایای هوای جو، خصوصیات عایقی خوب و در دسترس بودن و تقریباً بی هزینه بودن تهیه آن است. خصلت عایقی آن با افزایش فشار، افزایش میابد. در عمل میتوان ولتاژ قطع تا 90KV را بین اتصالات با فاصله 1cm در فشار 10 بار و 1.5 برابر این مقدار برای همان فاصله در فشار 20 بار را بدست آورد.

در دژنکتورهای هوایی از هوای فشرده برای قطع استفاده میشود، بعدها برای عایق بندی بین اتصالات باز بکار رفت که در جعبه ای مقاوم در برابر فشار قرار گرفته بود که این امر باعث کاهش قابل ملاحظه ای در فاصله اتصالات شد.

کیفیت هوا برای دژنکتورهای هوایی: باید توجه داشت که خاصیت عایقی هوا به شدت تحت تاثیر رطوبت تغییر میکند. بسیار اهمیت دارد که هیچگونه تقطیر در عایقها یا مجاری هوا اتفاق نیفتد و گرنه یک پرش داخلی اتفاق می افتد (قطع). نصب کمپرسور خشک کننده های گران قیمت هزینه های عملیات دژنکتورهای هوا را افزایش میدهد.

۳- هگزا فلوراید گوگرد (SF6):

برخی از انواع گازها که الکترون گاتیو هستند خاصیت عایقی قویتری نسبت به هوا از خود نشان میدهند. از جمله هگزا فلوراید گوگرد که در طراحی سیستم های الکتریکی به دلیل خاصیت عایقی و خاموش سازی قابل توجه جرقه استفاده بسیار دارد. پنج مرتبه سنگین تر از هواست، بی رنگ، بی بو و غیر سمی است (اگر تازه باشد) و آتش هم نمیگیرد و قدرت دی الکتریکی آن ۳ برابر هواست. در هنگام جرقه به طور جزئی تجزیه شده، در حضور رطوبت و دیگر ناخالصیها ترکیبات اسیدی تولید میکنند که به محفظه های عایقی و فلزات حمله میکند. راه جلوگیری از این مساله استفاده از آلومینیوم فعال شده در درون محفظه گاز است. SF6 در دمای عادی گازی است و در فشار جو در 60°C مایع شده و در فشار 20 بار در 20°C مایع میشود که این برای خاصیت عایقی آن بسیار مضر است. برای کاربرد در دماهای پایین باید با گازهایی مثل CF_4 یا نیتروژن مخلوط گردد.

دژنکتورهای روغنی

اولین دژنکتورهای فشار بالا دژنکتورهای با بخش عمده روغن بودند و بعد از آنها دژنکتورهای با حداقل روغن وارد عرصه شدند. در دژنکتورهای روغنی، قوس بخشی از روغن را به 70 درصد هیدروژن و 20 درصد استیلن و همچنین ذرات کربنی تجزیه میکند.

دژنکتورهایی با روغن بالا شامل یک مخزن فولادی است که تا بخشی از روغن پر شده و بدنه آن با پرسلین یا مواد عایقی یا پوشینگ عایقبندی شده است.

دژنکتورهای با حداقل روغن برای ولتاژهای بالا یک قطع کننده تا ولتاژ 170KV و چند قطع کننده تا ولتاژ 230KV و بالاتر میباشند.

اتصالات در یک قسمت عایق استوانه ای هر کدام در یک سمت قرار میگیرند. در مقایسه با دژنکتورهای روغن کم اتصال زمین به حذف پوشینگهای آسیب پذیری و مخزن فلزی در نزدیکی قوس اصلاح شده است و روغن در این طرح دیگر به زمین متصل نیست و میزانش با ضریب 10 تا 20 کاهش یافته است.

یک وسیله کنترل قوس در اتاقک به کار میرود که طول قوس و زمان آن و در نتیجه انرژی آن را کاهش می دهد. هنگامیکه دژنکتور عمل قطع را شروع میکند، قوس با یک حرکت محوری روغن اطفاء میشود. در محدوده اتصال کوتاه قوس به عنوان تابعی از جریان خنثی میشود، قوس با پاشیدن روغن به شکل عمودی به محورش خنثی میشود. بیشتر دژنکتورهای کم روغن برای بسته شدن سریع طراحی میشوند. آنها باید قابلیت قطع جریان اتصال کوتاه را تا دوبار در بازه های زمانی 0.2 تا 0.3 ثانیه داشته باشند. بنابراین وسیله کنترل قوس باید به اندازه کافی روغن داشته باشد که بتواند عملیات دوم را انجام دهد.

دژنکتورهای هوایی

تا چند وقت پیش دژنکتورهای هوایی در محدوده ولتاژ بالا و ولتاژ بسیار بالا غالب بودند. در محدوده 170KV تا 800KV و ظرفیت شکست 20KA تا 100KA .

دژنکتورهای بالای 100KV چندین اتاقک بصورت سری دارند و هر عنصر برای 80KV بهینه شده است. در

ابتدا دژنکتورهای 800KV، ۱۲ اتاقک سری برای هر فاز داشتند اما اکنون تنها ۸ اتاقک دارند. گرچه افزایش فشار

ضریب دی الکتریک را افزایش میدهد اما کافی نیست و مقاومت‌های جاگذاری برای کاهش/افزایش در ولتاژ بکار

میروند. دژنکتورهای هوایی به خوبی قابل تطبیق با نیازهای شبکه های فشار قوی هستند. به عنوان مثال، قرار دادن

مقاومت‌های جاگذاری در یک یا دو مرحله برای کاهش/افزایش ولتاژ به سادگی قابل انجام است. همچنین قادر است

به بازه های قطع کوتاهی برسد، ۲ سیکل و حتی کمتر که پایداری شبکه را افزایش میدهد.

دژنکتورهای هوایی عموماً دارای فن آوری بالا و کار آمدند و قابلیت تحمل الکتریکی و مکانیکی بالایی دارند.

عمر اتصالات به دلیل عمر کوتاه و ولتاژ کم قوس کم میباشد. دژنکتورهای هوایی فشرده دو ایراد عمده دارند:

- نصب ایستگاههای کمپرسور گران قیمت

- عملیات پر صدا

دژنکتورهای SF6:

SF6 محیط بسیار مناسبی برای خنثی کردن قوس میباشد. دژنکتورهای SF6 برای تمام ولتاژها از 14.4 تا 800K

ولت و جریانهای پیوسته تا 4000A و قطع متقارن 63KA موجود میباشد. آنها در طرحهای مخزن بدون جریان،

مخزن با جریان و طرح GIS موجود میباشند.

در طول سالهای گذشته دژنکتورهای SF6 به قابلیت اطمینان بالایی رسیده و با تمام پدیده های قطعی تطبیق داده

شده اند. آنها را میتوان بر اساس نیاز پست عمودی یا افقی نصب کرد. بالا رفتن سریع دی الکتریک پلاسمای قوس

در نوع SF6 مقاومتهای جایگذاری را بی استفاده کرده و باعث ساده تر شدن طرح دژنکتور میشود. سیستم کاملاً بسته گاز در آن مانع مصرف شدن در هنگام عملیات شده و بنابراین در هر محیطی تطبیق کند. طراحی کمپکت آن به طرز چشمگیری فضای مورد نیاز و هزینه های نصب را کاهش میدهد به علاوه دژنکتورهای SF6 به تعمیرات و نگهداری کمتری نیاز دارند.