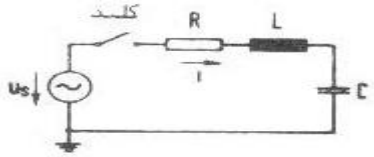
بسمه تعالی

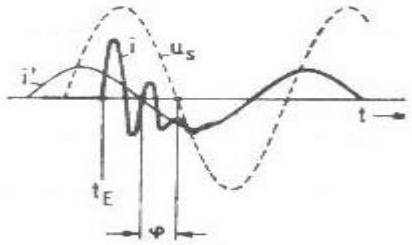
دوره کاربردی بریکرهای فشار قوی و تست آنها

گردآوری و تنظیم : سامان قهقه زاده

مقدمه

در مدارهای الکتریکی رفتارهای مختلفی از پارامترهای الکتریکی را در شرایط مختلف مدار خواهیم داشت که تأثیر آن می‌تواند به صورت پدیده‌های الکترومغناطیسی، حراراتی، مکانیکی، نور، پلاسما و ... بروز نماید. زمانی که در یک تک پل ساده که لامپ ۲۲۰ ولت و ۱۰۰ وات را روشن یا خاموش می‌کنیم به هنگام کلید زنی جرقه ای با حجم کوچک در محفظه کنتاکتهای کلید تک پل مابین اتصالات آن ایجاد می‌گردد. در مدار این لامپ در هنگام روشن شدن جریانی کمتر از 0.5آمپر برقرار می گردد و ولتاژ دو سر آن ۲۲۰ ولت یعنی در رده فشار ضعیف می باشد. چنانچه این کلید زنی را در شبکه فشار قوی انجام دهیم یقینا بارده ولتاژی ٤۰۰ کیلو ولت و جریان های ۱۰۰۰ آمپری عادی شبکه و یا حتی جریان های اتصالی بالاتر ۱۰ کیلو آمپر جرقه های با حجم وسیعتر بین کنتاکتهای کلید قطع یا وصل شده برقرار می شود.





لذا لازم است در کلید زنی شبکه های فشار ضعیف شرایطی حاصل شود که جرقه ایجادنگردد یا در صورت ایجاد شدن تبعات آن محدود باشد. در هنگام کلید زنی برای حل مشکل جرقه چند نکته اساسی را در مورد توجه قرار می دهیم که لحاظ نمودن این نکات باعث بهره گیری از بریکرهای فشار قوی شده است:

۱- جرقه حاصل شده باید سریعا بر طرف و خاموش گردد.

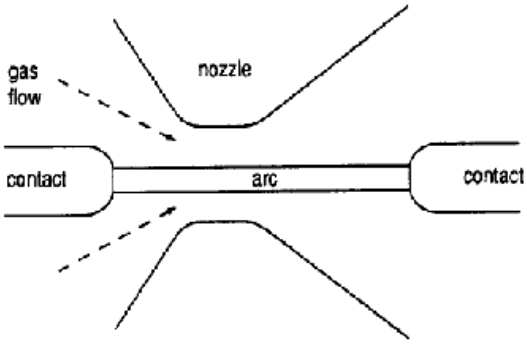
۲- سرعت باز و بسته شدن کلیدها باید بالا باشد

۳- در هنگام بسته بودن کلیدها فاصله کنتاکتها باید بیشتر از سطح ایزولاسیون ولتاژی شبکه باشد.

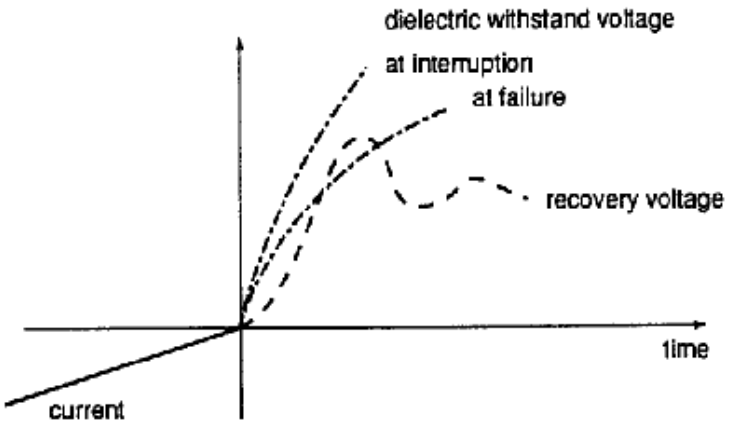
کلید زنی مدارت قدرت:

در مدار شبکه های فشار قوی بارها به عنوان مصرف کننده های اصلی در نظر گرفته می شود همچنین خطوط فشار قوی نیز اتلاف انرژی را به دنبال خواهند داشت به دلیل آنکه ضریب توان بارهای شبکه کمتر از یک می باشد این بارها و همچنین مدل خط انتقال و ترانسها دارای راکتانس هایی هستند که باعث می شود تحلیل مدار شبکه قدرت از حالت مدار مقاومتی خارج شود. همچنین وجود این راکتانسها در شبکه قدرت باعث می گردد که به هنگام باز شدن کلیدها جریان راکتیو برقرار در مسیر تغذیه شبکه ولتاژ بسیار بزرگی در دو سر اندوکتانس های شبکه حاصل گردد که علت آن زیاد بودن تغییر جریان قبل و بعد از آن کلید زنی می باشد به دلیل محدود بودن المان شبکه این ولتاژ بسیار زیاد به هنگام باز شدن

کلید در دو سر کنتاکتهای کلید برقرار می شود و نتیجتا بین دو سر کنتاکتهای کلید در صورت عدم تحمل فضای بین دو کنتاکت جرقه ایجاد شده و جریان برقرار خواهد ماند.



همچنین در صورت باز بودن کلید و به هنگام بستن آن قبل از اتصال کنتاکت های کلید به یکدیگر فضای بین آنها یونیزه شده و شکست الکتریکی در این برقرار می‌شود و قبل از اتصال کامل کنتاکتها و بسته شدن کلید جریان در مدار ایجاد می‌شود.



پس کلید فشار قوی باید در مقابل ایجاد جرقه و آزاد شدن انرژی بسیار زیاد حرارتی و نوری ناشی از آن ایمن بوده و جرقه حاصل در آن سریعاً برطرف گردد.

انواع کلیدهای شبکه قدرت

کلیدهای موجود در شبکه قدرت از لحاظ نوع استفاده به صورت ذیل دسته بندی می‌شوند:

۱- کلیدهای ایزولاسیون یا هوایی (سکسیونرها)

۲- سکسیونر قابل قطع زیر بار

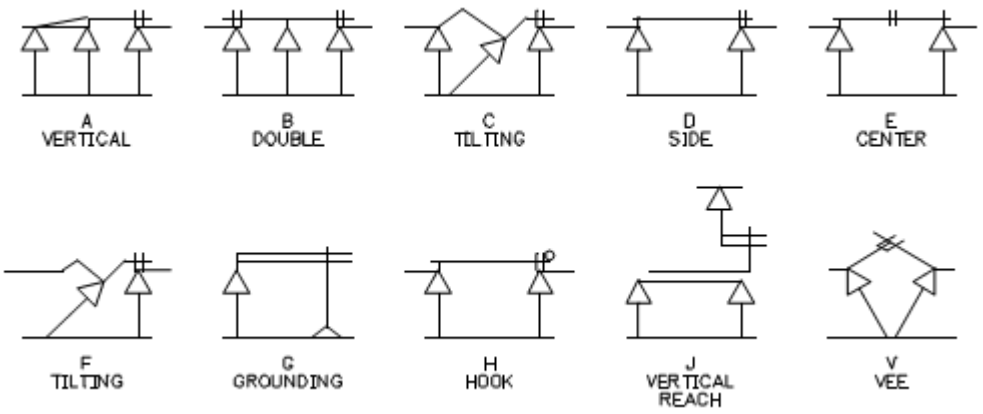
۳- بریکرها

۱- سکسیونرها :

سکسیونرها کلیدهایی هستند که برای ایجاد فاصله ایزولاسیون در شبکه و جداسازی قسمت‌های برق یا بی برق استفاده می‌شوند. در این کلیدها هیچ گونه تمهیداتی برای باز شدن کلید زیر بار شبکه و خاموش سازی جرقه نشده است پس از این کلیدها نمی‌توان بصورت عامل قطع و وصل شبکه زیر بار استفاده نمود در صورتیکه کلید سکسیونر زیر بار باز شود جرقه بین کنتاکتهای فاصله گرفته آن برقرار می‌گردد و نتیجتاً با برقرار ماندن شبکه باعث ایجاد خط (حتی انفجار) کلید سکسیونر می‌گردد. زمان باز یا بسته شدن یک سکسیونر حدوداً چند ثانیه (مثلاً ۱۰ ثانیه) بطول می‌انجامد. اما از سکسیونر می‌توان برای برقرار کردن شبکه بدون بار استفاده نمود. باز و بسته شدن سکسیونر و مکانیزم آن به هر دو صورت دستی یا فرمان موتوری امکان پذیر است.

کنترل و باز بسته شدن سکسیونرهای با فرمان موتوری با توجه به مدار فرمان سکسیونر به صورت محلی (Local) و از اتاق کنترل (remote) امکان پذیر است. همچنین از وضعیت باز یا بسته یودن سکسیونرها بوسیله کنتاکتهای کمکی آن در قسمت‌های مختلف مثل اینترلاکها استفاده مداری می‌گردد.

در شکل بالا یک نمونه سکسیونر با کاربرد شبکه های قدرت نمایش داده شده است.



سکسیونر بغیر از ایجاد فاصله یونیزاسیون ، به زمینی کردن تجهیزات در زمان عدم وجود برق نیز کمک می‌نماید. بدین ترتیب قسمتهای مختلف زمینی کردن تجهیزات توسط سکسیونر متصل به زمینی (سکسیونر زمینی) انجام می‌شود.

۲- سکسیونر قابل قطع زیر بار

این کلید در واقع هم برداشت ولتاژ را عملی می‌کند (وظیفه سکسیونر) و هم قدرتهای کم را قطع می‌نماید پس در این صورت دارای وسیله حذف جرقه می‌باشد و کاربرد آن را به این دلیل می‌باشد که استفاده از بریکر در این شرایط مقرون به صرفه اقتصادی و ملزوم نیست.

این کلید دارای قدرت وصل زیاد (KA ۲۵ به بالا) و قدرت قطع کم در حد قدرت نامی شبکه می‌باشند لذا برای قطع جریانهای اتصال کوتاه دارای فیوز هستند ولی برای قطع قدرت نامی مناسبند و برای ولتاژ نامی تا ۳۳ کیلو ولت ساخته می‌شوند. این کلیدها در مورد قطع و وصل مدارها و شبکه های حلقوی، کابلهای خروجی ترانسفورماتورهای کم قدرت، راه اندازی موتورهای فشار قوی، اتصال سلفها و خازنهای فشار قوی از آنها استفاده می‌شود.

۳-بریکرهای فشار قوی

بریکرهای فشار قوی جهت قطع هر گونه جریان ممکن و یا هر اختلاف فازی در شبکه مانند جریان نامی، اتصال کوتاه و جریانهای ضربه‌ای ساخته می‌شود و بنابراین وسیله مهار جرقه ایجاد شده در کلید زنی را چه در حالت وصل و چه در حالت قطع در اختیار دارد.

سرعت مهار جرقه و قطع کامل یکی از مشخصات مهم آن است زمان تأخیر در قطع کلید عبارتست از زمان مابین لحظه فرمان قطع توسط رله مربوطه تا خاموش شدن کامل جرقه. این زمان در کلیدهای با تکنولوژی امروزه حدود 0.05 ثانیه می‌باشد که حدود 0.02 ثانیه آن صرف خاموش سازی جرقه می-گردد در انتخاب بریکرهای فشار قوی مشخصات الکتریکی آنها دارای اهمیت می‌باشد که از جمله این مشخصات عبارتند از :

۱- ولتاژ نامی کلید

۲- جریان نامی کلید

۳- قدرت قطع نامی کلید یا جریان اتصال کوتاه

همانطور که می‌دانیم در عملکرد کلیدها ۲ موضوع دارای اهمیت می‌باشند:

۱- زمان سریع باز شدن و بسته شدن کلید به تعداد دفعات زیاد بطوریکه سیستم عملکرد آن با مشکل تنظیم و خرابی مواجه نشود.

به منظور تأمین این شاخص بریکرها دارای مکانیزم باز و بسته شدن خواهند بود که بر اساس آن بریکرها را تقسیم بندی می‌نماییم.

۲- خاموش سازی جرقه

در بریکرهای با طرح های متفاوت نوع خاموش سازی جرقه نیز به اشکال مختلف صورت می‌پذیرد.

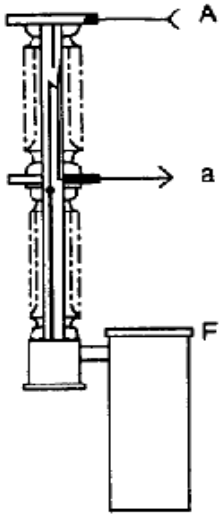
تقسیم بندی بریکرها بر اساس ساختمان ظاهری

بریکرهای فشار قوی از نظر ساختمان ظاهری دارای اشکال مختلفی هستند کنتاکت‌های ثابت و متحرک بریکر درون یک محفظه خاموش سازی جرقه قرار دارند، که خروجی اتصالات این کنتاکتها به بیرون از محفظه خاموش سازی از طریق بوشینگ های فشار قوی انجام می‌گیرد فرم بوشینگ ها نسبت به محفظه خاموش سازی جرقه می‌تواند دارای شکل های مختلفی باشد.

محفظه خاموش سازی جرقه از جنس فلزی (آلیاژهای فولاد) است این محفظه در هنگام وصل بودن بریکرها می‌تواهند برقدار یا بدون برق باشد از اینجا نظر بریکرها را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

۱- بریکرهای با محفظه برقدار (Live tank breaker)

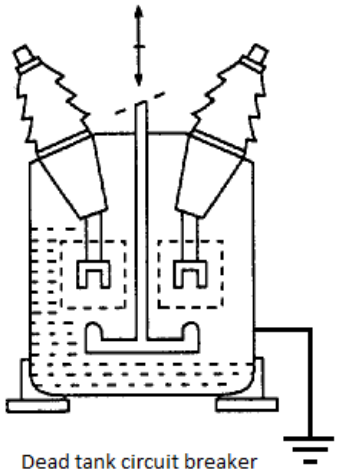
در این بریکرها به هنگام بسته بودن بریکر بدنه خارجی محفظه کنتاکتها برقدار است و ولتاژ آن به میزان ولتاژ نامی شبکه می باشد



Live tank

۲- بریکرهای با محفظه بدون برق (Dead tank breaker)

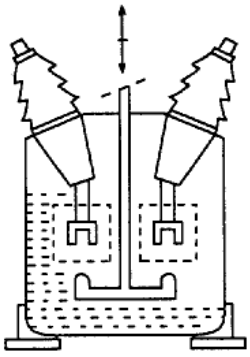
در این مدل محفظه کنتاکتها در هر دو حالت باز و بسته شدن دارای ولاتژصفر بوده و به زمین ایستگاه متصل می گردد .



Dead tank circuit breaker

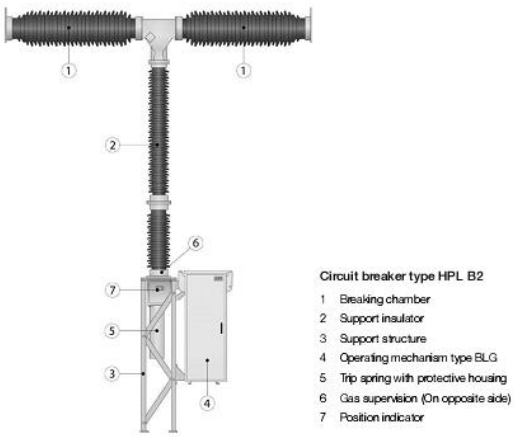
همچنین بر اساس فرم بوشینگ های فشار قوی نیز می توان بریکرها را بر اساس آیتم های ذیل دسته بندی نمود:

۱- بریکرهای با فرم V(V-module)

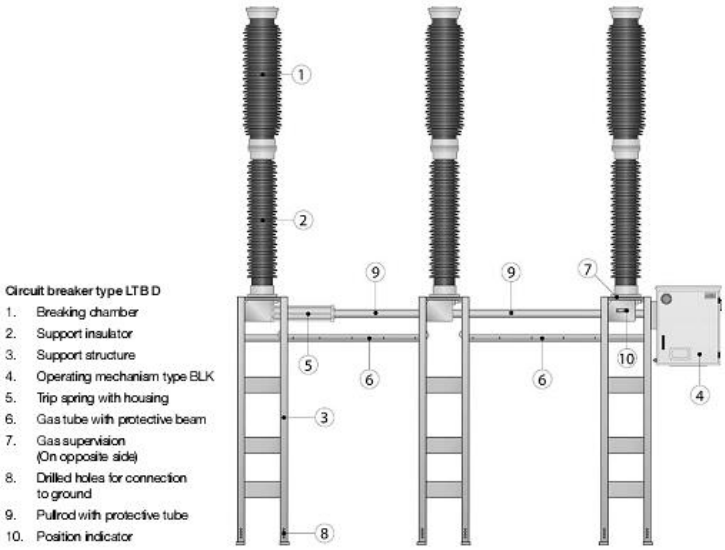


· Bulk oil circuit-breaker

۲- بریکرهای با فرم T (T-module)



۳- بریکرهای با فرم I (I-module)



تقسیم بندی بریکرهای فشار قوی از حیث خاموش سازی جرقه

نام گذاری نوع بریکرها عموماً بر اساس نوع خاموش سازی جرقه در آنها انجام می‌پذیرد هر چه تکنولوژی ساخت بریکرها پیشرفت کرده باشد در واقع روش خاموش جرقه عمدتاً تغییر داشته و سایر قسمتهای بریکر تأثیر چندانی از تولید دانش فنی در این زمینه نداشته اند. در واقع نوع خاموش سازی جرقه نسل های مختلف بریکرهای فشار قوی را مشخص و معرفی می نماید دسته بندی عمومی بریکرهای فشار قوی بر اساس نوع خاموش سازی جرقه به صورت ذیل قابل ارائه است:

۱- بریکرهای روغنی (Bulk oil)

۲- بریکرهای نیمه روغنی (minimum oil)

۳- بریکرهای بادی (air blast)

٤- بریکرهای خلاء (Vaccum)

٥- بریکرهای اکسپانزیون (expansion)

٦- بریکرهای گازی (SF6 or gas)

تقسیم بندی بریکرهای فشار قوی از حیث مکانیزم عملکرد :

مکانیزم‌های بریکر برای ایجاد سرعت مناسب در قطع و وصل بریکرها است تا نتیجتاً علاوه بر قطع و وصل جریان شبکه با شرایط مناسب عملکرد و حالت گذاری با زمان کم، میزان استهلاک آن نیز به میزان کافی کم باشد در طراحی مکانیزم بریکرهای فشار قوی یکی از ٤ سیستم ذیل مورد استفاده قرار می-گیرند:

۱- مکانیزم موتور و فنر شارژ شونده

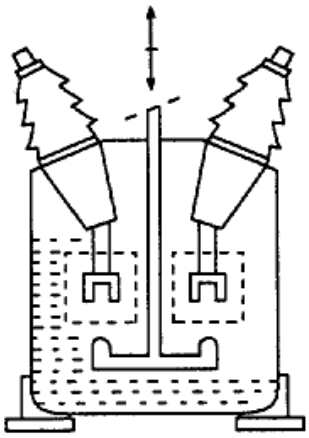
۲- مکانیزم هیدرولیکی و روغن تحت فشار

۳- مکانیزم پنوماتیکی و هوای فشرده

٤- مکانیزم سولونوید energize شده

کلیدهای فشار قوی روغنی :

این کلید در سالهای ۱۹۱۰ تا ۱۹۲۵ از متداولترین کلیدهای فشار قوی با قدرت زیاد بشمار می‌رفت امروزه این کلیدها و استفاده از آنها بخصوص در اروپا بکلی کنار زده شده اند. در اینجا کلیدها روغن موجود در محفظه به عنوان عایق استفاده می‌گردد. هر چه ولتاژ نامی کلید بیشتر باشد حجم محفظه کنتاکت‌ها و حجم روغن نیز بیشتر می‌شود بطوریکه در کلیدهای ۲۳۰ کیلو ولت وزن این روغن به حدود ۲۰ تن نیز می‌رسد.



· Bulk oil circuit-breaker

در کلیدهای روغنی مکانیزم باز و بسته کردن کلید و ایجاد فاصله ایزولاسیون تنها تکنیک خاموش سازی جرقه روغن محسوب می‌گردد. جرقه در اثر ازدیاد طول به هنگام باز شدن بریکر از بین می‌رود در اکثر طرحهای کلید روغنی مانند شکل نمونه آن یک کنتاکت متحرک با بازوی وسط دو کنتاکت ثابت وجود دارد و دو فاصله ایزولاسیون هنگام باز شدم کلید حاصل می‌گردد همچنین کنتاکتهای ثابت از طریق رابطهای بوشینگ ها به بیرون محفظه و به شبکه فشار قوی پست متصل می‌شوند.

در اثر ایجاد جرقه روغن تجزیه شده و ایجاد گاز می‌نماید که بصورت حبابی اطراف جرقه را می‌پوشاند و در اثر ازدیاد طول قوس از بین می‌رود حباب اطراف جرقه متناسب با شدت جریان از لایه های مختلفی تشکیل شده است.

تقریباً ۷۰٪ آن هیدروژن و بیش از ۲۵٪ آن استیلن است و مقدار کمی گاز متان و اتیلن نیز در این حباب یافت می‌شود.

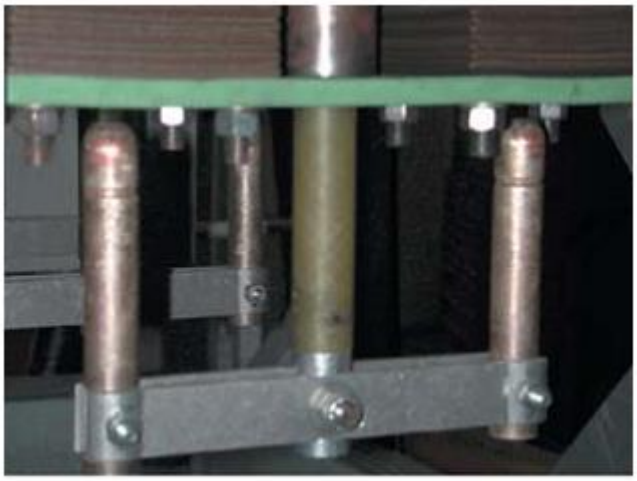
در اثر برخورد کنتاکتهای ثابت و متحرک که عمدتاً مسی و نقره اندود بوده ذرات فلزی در روغن بریکرها معلق می‌گردند که در صورت عدم رسیدگی مرتباً باعث کاهش قدرت تحمل عایقی در روغن می‌گردند.

وجود هیدروژن در هنگام ایجاد جرقه دارای دو مزیت مهم است:

۱- خاصیت خنک کنندگی و جذب حرارت (حرارت مخصوص)

۲- خاصیت هدایت و انتقال حرارتی مناسب

این موضوع در استفاده فراوان بریکرهای روغنی در نسل های ابتدایی از تجهیز از اهمیت فراوانی برخوردار بوده است.



Rod contact in oil circuit breaker

روغن بریکرها بعد از مدت زمان کارکرد نیز کربونیزه می‌گردد و باید حتماً فیلتر شود. پروسه فیلتراسون روغن بریکرها باعث تفکیک رطوبت جذب شده، فیلتر کاغذی و جذب زنجیره کربنی و براده های فلزی آن می‌گردد، که توسط دستگاه مخصوص در محل استقرار بریکر انجام می‌پذیرد.

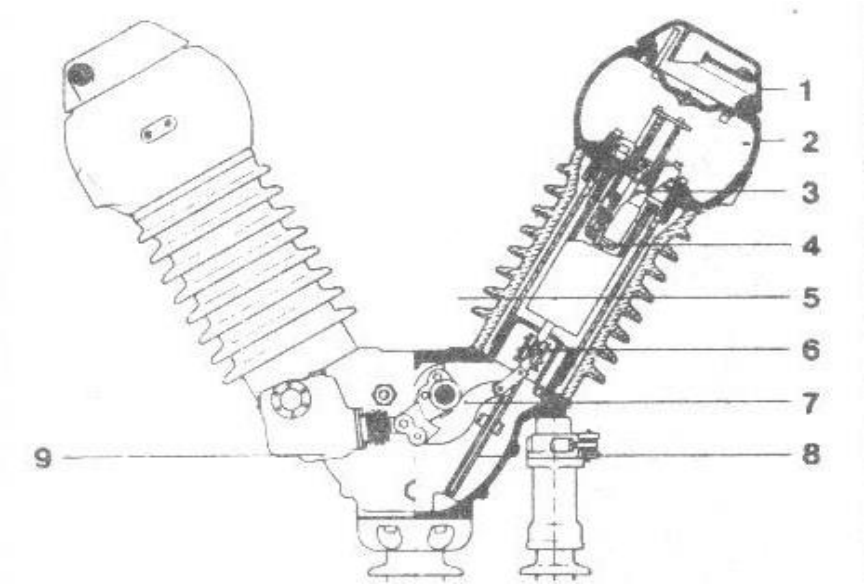
اطراف کنتاکت‌های ثابت یک محفظه احتراق تعبیه شده است که از بروز نقطه جوش روی سطح کنتاکت-ها جلوگیری می‌کند این نقطه جوش‌ها به علت لرزش‌های مکانیکی بر اثر نیروی الکترومغناطیسی ناشی از جریانات اتصال کوتاه پدید می‌آیند.

Tulip contact in oil circuit breaker

بریکرهای کم روغن:

در کلیدهای روغنی فاصله ایزولاسیون صرفا باعث خاموشی جرقه می گردد. اما در کلیدهای کم روغن حجم روغن به اندازه ای نیست که با ایجاد فاصله صرفاً باعث ایجاد خاموشی گردد بلکه در این کلیدها محفظه کنتاکت ها بسیار کوچکتر است در این جا با ایجاد یک فشار و حرکت سریع روغن در هنگام حرکت کنتاکتها، جرقه ایجاد شده با حرکت به سمت دیواره های محفظه حرکت می نماید که باعث پارگی جرقه می گردد. این پارگی و مقطع کردن جرقه توسط مجراهای عرضی روغن محفظه جرقه گیر صورت می گیرد.

همچنین در بعضی از کلیدهای کم روغن در سطوح بالاتر ولتاژی از یک گاز خنثی مثل نیتروژن با فشار مناسب در محفظه استفاده می شود.



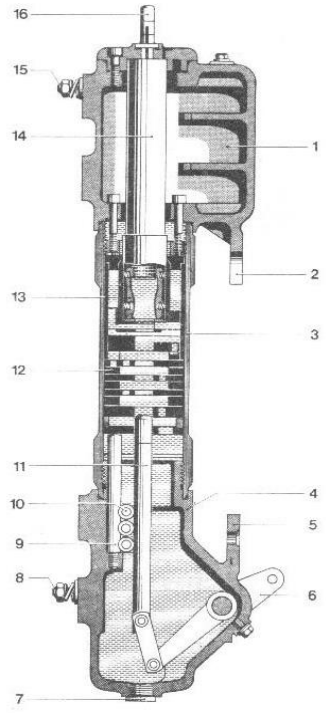
وجود گاز در کلیدهای کم روغن دارای دو مزیت است:

۱- این گاز به تسریع حرکت روغن و خنک سازی جرقه و افزایش طول آن با حرکت به سمت دیواره ها کمک می نماید.

۲- در صورت بروز نشتی روغن در قسمتهای مختلف محفظه کاهش فشار گاز به راحتی این موضوع را نشان می دهد.

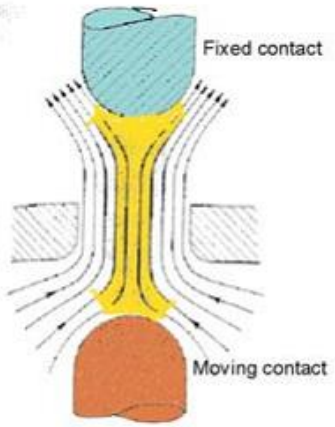
مقدار روغن یک کلید کم روغن ۲۰ کیلو ولت حدودا ٦ کیلوگرم می باشد که در مقایسه با کلیدهای روغنی ۲۰ کیلو ولت که حدود ۸۰ کیلوگرم است ناچیز میباشد. روغن کلیدهای کم روغن در صورتیکه چند بار قطع و وصل شوند (حدودا ۱۰ مرتبه)، خاصیت عایقی خود را از دست می دهد و سریعا تغیر رنگ می دهد. این تعداد کلید زنی در صورتیکه قطع جریانی اتصالی را بهمراه داشته باشیم حداکثر طی ۳

بار صورت خواهد گرفت. و طی عملکرد به همین تعداد مرتبه رنگ آن تغییر می نماید در این حالت روغن بریکر حتماً باید تعویض می گردد.



بریکرهای بادی:

در کلیدهای بادی برای خاموش سازی جرقه و خارج سازی یونهای آن از هوای تحت فشار استفاده می شود. کلیدهای بادی کلیدهای هستند که به دلیل آنکه بر اثر ایجاد جرقه گازهای جدید در محفظه آنها ایجاد و متصاعد نمی گردد قدرت قطع در آنها مستقل از جریان می باشد. این کلیدها دارای زمان بسیار کوتاه قطع جریان می باشند.

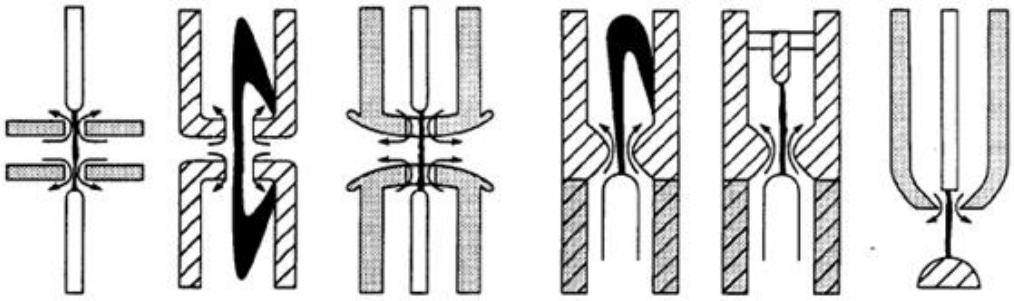


Representation of electric arc in air blast circuit breaker

در این کلیدها بخصوص در فشار متوسط کنتاکت ثابت معمولا به فرم قیف ساخته می شود و درون آن میله ای متحرک جای می گیرد که با تماس با آن کلید بسته می شود. فاصله بین دو کنتاکت ها در حالت قطع کلید باید به اندازه ای باشد که پس از دمش هوای فشرده این فاصله ایزولاسیون مناسب را به همراه داشته باشد.

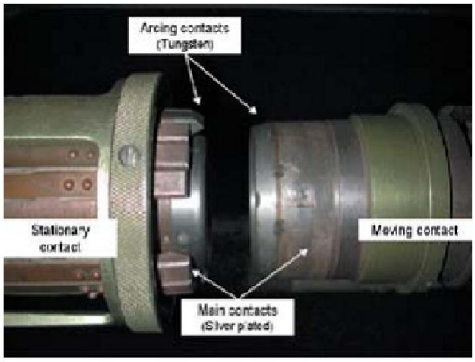
DLF air-blast breaker module

جریان هوا تا زمانی که محفظه احتراق کاملا از گازهای یونیزه شده پاک شده است برقرار می ماند این هوای دمیده شده دارای فشار در حد چندین اتمسفر است که از ثانویه یک والو کاهش فشار تامین می گردد(reduce valve) کلید های هوایی دارای آلودگی صوتی بسیار زیاد بر اثر آزاد شدن هوای فشرده و خروج از دریچه های روی بدنه آن می باشند.



Nozzle arrangements for air-blast circuit-breakers

از آنجا که یک برای خاموش سازی جرقه در کلیدهای بادی از هوای فشرده استفاده می شود نوع مکانیزم این بریکرها نیز قطعا پنوماتیکی می باشد تا نیاز به بقیه سیستم محرک مکانیکی دیگری نباشد. یکی از معایب این کلیدها این است که در قدرتهای کم جرقه را زودتر از صفر شدن جریان قطع می کنند که باعث بروز ولتاژهای حالات گذرا در شبکه قدرت می شود. همچنین این کلیدها برای تامین هوای فشرده نیازمند به سیستم کمپرسور و مخزن هوای فشرده مطمئن هستیم این کلید در گسترده ولتاژی بسیار وسیعی ساخته شده و در شکل ها و طرحهای بسیار متنوع عرضه شده اند.



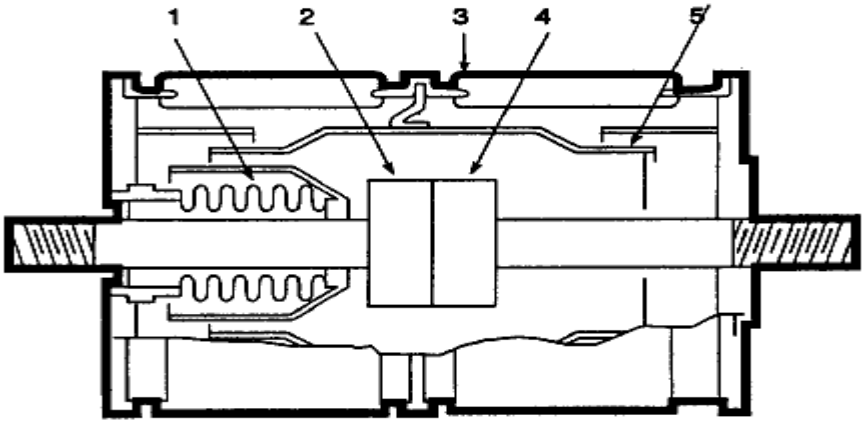
Tulip contacts in air-blast breaker

کلید اکسپانزیون:

کلید اکسپانزیون کلیدی است که در آن آب به عنوان ماده اصلی خاموش کننده جرقه استفاده می شود. اغلب به این بریکر ها بریکر های آبی نیز می گویند. یکی از بهترین خواص این کلیدها این است که آب غیرقابل اشتعال است و این کلیدها غیر قابل انفجار می باشند. همانطور که می دانیم آب خالص عایقالکتریکی می باشد و اگر درون آن ناخالصی وارد شود سریعا به هادی الکتریکی تبدیل می گردد. بر اساس طرحهای نمونه این کلیدها هر قطب کلید دارای محفظه احتراق مخصوص به خود می باشد که با مقداری آب و ماده ضد یخ پر شده است. در هنگام عملکرد این کلید در مواقع اتصال کوتاه بخشی از آب تبخیر و تجزیه می گردد این تجزیه و تبخیر تا اندازه ای به مقدار جریان اتصال کوتاه وابسته است و با افزایش آن تغییرات کمتری می نماید. انرژی حرارتی قوس در نزدیکی صفر جریانی کم می شود در این نوع کلیدها حتما طرح کلید به نحوی است که گازهای تولید شده در هنگام جابجایی کنتاکها در قسمت آب سرد تقطیر می گردند و از ایجاد تراکم و فشار به جداره کلید خودداری می شود. از کلیدهای اکسپاتژن در رده ولتاژی متوسط استفاده می شود.

بریکرهای خلاء:

از آنجا که اصولا حاملهای بار الکتریکی باعث هدایت جریان در فلزات و ایجاد قوس الکتریکی می شوند لذا در خلاء چون هیچ عنصری وجود ندارد جدا شدن کنتاکت های فلزی بدون ایجاد جرقه انجام می گیرد. کلیدهای خلاء با توجه به این منطقه طراحی و ساخت می شوند و کنتاکت های بریک درون یک کپسول خلاء قرار می گیرند.

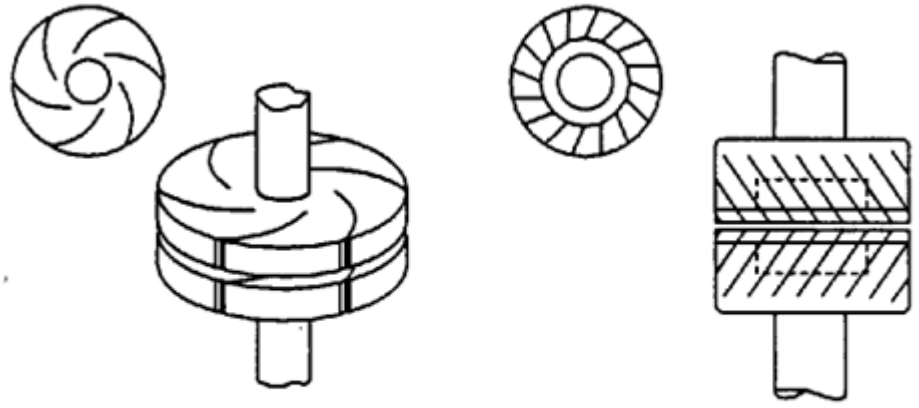


Vacuum-bottle

1 Flexible metallic bellows
2 Moveable contact
3 Insulating vacuum envelope
4 Fixed contact
5 Tubular metal shield

تنها در زمان باز شدن کنتاکت ها که از آلیاژ مس هستند پلاسمای ناشی از بخار فلز کنتاکت ها را خواهیم داشت که با صفر شدن جریان این جرقه نیز خاموش می گردد که از این مرحله به بعد با برگشت ولتاژ این ولتاژ به دلیل فاصله ایجاد شده بین کنتاکتها قابل تحمل می باشد. اما در عمل ایجاد خلاء مطلق امکان پذیر نیست ولی فشار $۱۰^{-۹}$ پاسکال فشار مناسبی برای فضای داخل محفظه کنتاکت ها محسوب می شود. با توجه به فشار کم هوا و سرعت جدا شدن کنتاکت ها زمان برقراری جرقه کمتر از ۱۰ میلی ثانیه

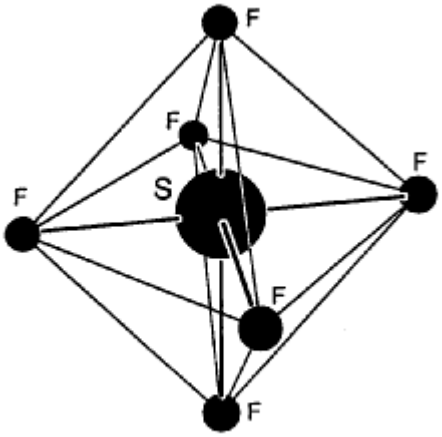
می باشد. کلید خلاء به دلیل مزایای فنی و اقتصادی خود امروزه در سطوح فشار متوسط بسیار مورد استفاده قرار می گیرند.



Two different contact shapes in vacuum circuit-breakers

کلیدهای گازی:

در این نوع کلیدها از گاز SF6 به عنوان ماده خاموش کننده جرقه و عایق بین دو کنتاکت استفاده می شود گاز SF6 الکترونهای آزاد را جذب کرده و ایجاد یون نسبتا پایدار منفی می نماید. استقامت الکتریکی گاز SF6 به ۲ و ۳ برابر استقامت الکتریکی هوا رسد. این گاز از لحاظ شیمیایی با ثبات است و به مرور زمان تغییر شیمیایی نمی دهد. این گاز غیر سمی بوده و ۵ برابر هوا وزن دارد. همچنین دارای قابلیت حرارتی بسیار زیاد است.



The SF_6 molecule

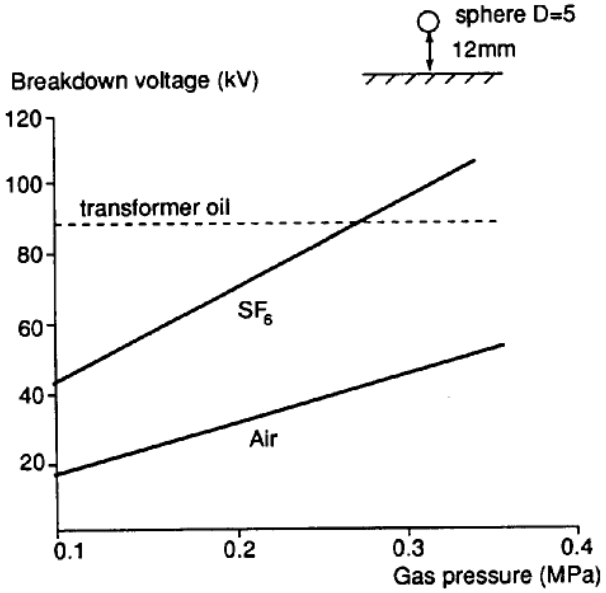
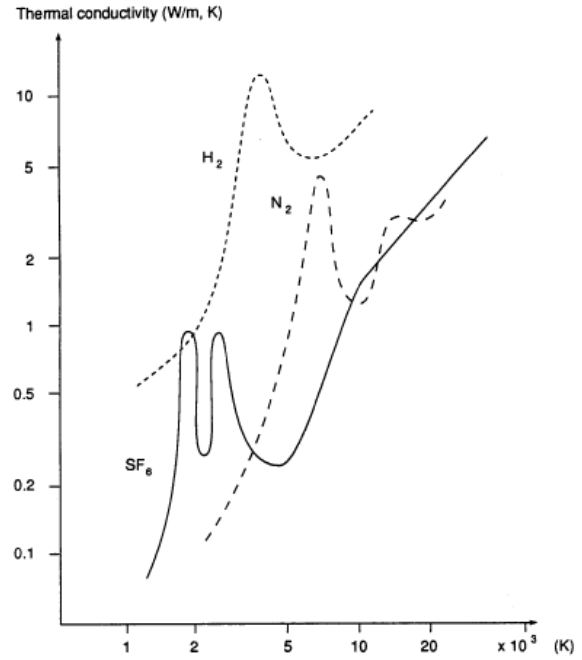
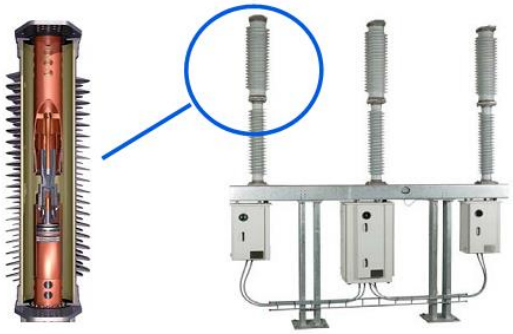


Figure 3-9 - Breakdown as a function of pressure
Air, SF_6 and transformer oil

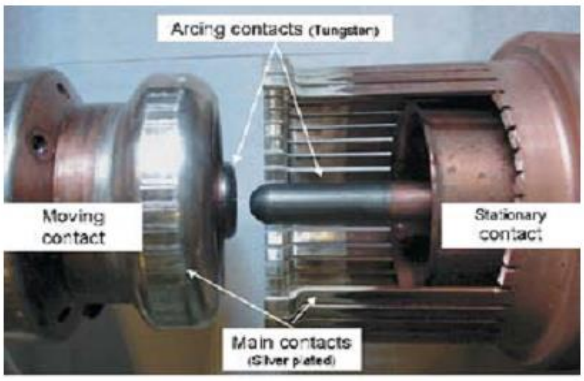


Thermal conductivity of H_2, N_2 and SF_6 as function of temperature

کلید گازی از جمله کلیدهای نسل جدید است که نگهداری و مراقبت از آن بسیار ساده تر از کلیدهای نسل های اولیه می باشد حساسیت بالا در مورد این کلید طریقه گاز زنی و فشار گاز مناسب آن در درون محفظه است اگر این فشار کم باشد کیفیت کلید زنی و خاموش سازی جرقه نامطلوب می گردد و در صورتیکه بیش از حد مجاز باشد به مرور زمان باعث ایجاد نشتی در اتصالات و تخلیه گاز به محیط می گردد.

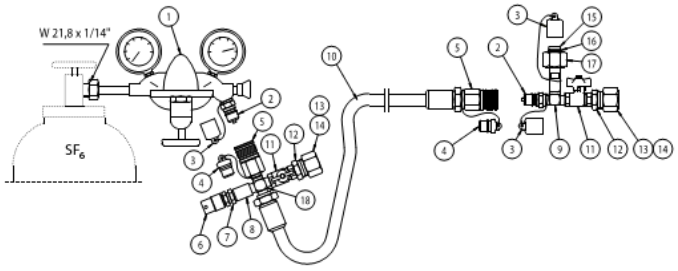


همچنین با توجه به دمای محیط فشار گاز در درون محفظه نیز متغیر خواهد بود که در هنگام تزریق گاز این نکات باید با توجه به مشخصات فنی کلید با دقت مورد توجه قرار گیرد در صورت کاهش فشار تا حد مشخصی که برای هر کلید گازی مشخص شود در مدار تریپ کلید کنتاکت کمکی جهت جلوگیری از اجرای فرمان قطع تحبیه شده است کلیدهای گازی باید مرتبا از نظر تامین فشار گاز مورد باز بینی قرار گیرند.

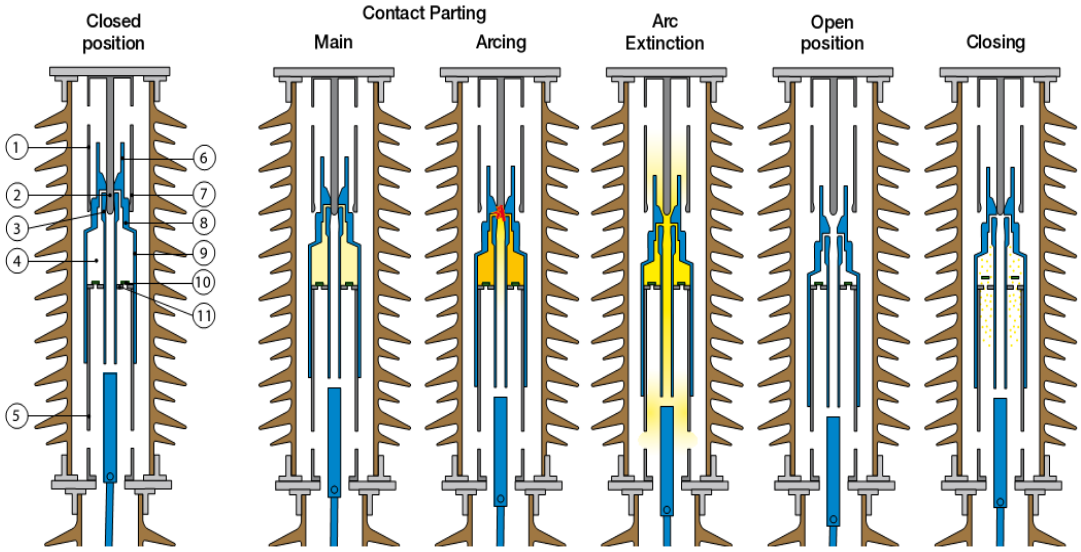


Tulip contacts in SF6 circuit breaker

Gas Filling Equipment



1.	Regulator for SF_6 gas	7.	Relief valve	13.	Cover nut
2.	Plug in nipple	8.	Socket	14.	O-ring
3.	Protective rubber sleeve	9.	T-union	15.	Nipple
4.	Protective rubber plug	10.	Hydraulic hose	16.	O-ring
5.	Coupling body	11.	Ball plug valve	17.	Connection nut
6.	Deflector cap	12.	Nipple	18.	Equal union cross



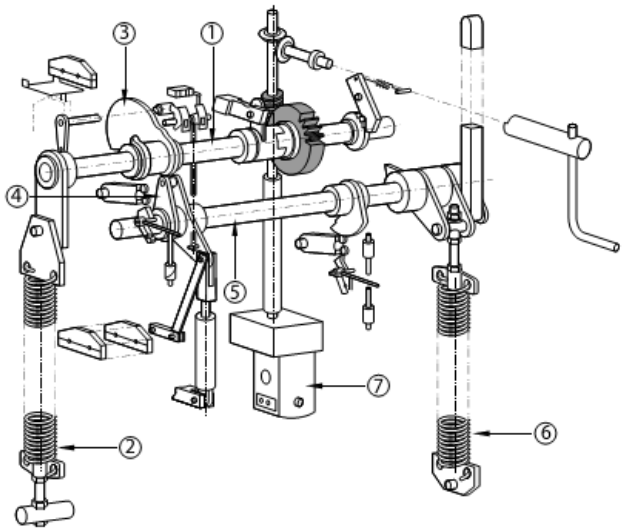
1. Upper current carrier | 2. Stationary arcing contact | 3. Moving arcing contact | 4. Puffer volume | 5. Lower current carrier | 6. Nozzle | 7. Stationary main contact | 8. Moving main contact | 9. Puffer cylinder | 10. Refill valve | 11. Stationary piston

مکانیزم موتور و فنر شارژ شونده:

با توجه به اهمیت سرعت قطع و وصل لازم است از یک انرژی رها شونده برای باز کردن و بستن کنتاکت های بریکر استفاده شود. در مکانیزم موتور و فنر شارژ شونده یک فنر برای بستن بریکر و یک فنر که فنر که معمولا از لحاظ سایز کوچکتر است برای باز شدن بریکر مورد استفاده قرار می گیرد.

در هنگام وصل تغذیه dcوacمدارات کمکی بریکر که در حالت عادی در وضعیت باز (قطع) است ابتدا موتور شروع به کار می نماید سپس با توجه به اهرم های متصل به آن فنر بسته شدن بریکر را فشرده می سازد این فشرده سازی تا حد تامین انرژی برای عمل کردن فنر ادامه دارد بعد از شارژ شدن فنر به میزان کافی کنتاکت مربوط به شارژ فنر و اهرم نگهدارنده آن (latch) در جای خود قرار می گیرد

در این لحظه تغذیه موتور قطع شده و کلید آماده وصل می گردد با فرمان وصل کویل وصل (closing coil) تحریک می شود و زبانه درون محور خود را جذب می کند بدین ترتیب اهرم نگهدارنده آن رها می شود و فنر رها می گردد.



Operating mechanism type FSA1

1 Main shaft
2 Closing spring
3 Cam disc
4 Closing lever
5 Switching shaft
6 Trip spring
7 Motor

بدین ترتیب محور کنتاکتها جابجا شده و کنتاکت متحرک وصل می شود انرژی آزاد شده فنر بغیر وصل کنتاکتها انرژی فشرده شدن فنر باز شدن (opening spring) را تامین کرده و آن را فشرده نموده و آماده قطع نگه می دارد. همزمان موتور برق دار شده و فنر بسته شدن بریک را مجددا شارژ کرده و در پشت اهرم نگه دارنده قرار می دهد. جهت باز شدن بریک لازم است کویل مربوطه تحریک شود سپس latch نگه دارنده فنر قطع عمل می کند و بریکر را قطع می نماید بریکر قطع شده آماده وصل مجدد می باشد. در مورد مراحل عملکرد سیستم موتور و فنر شارژ شونده طرحهای مختلف دیگری نیز وجود دارد که سیستم نوعی تشریح شده قبل یک نمونه متداول آن محسوب می گردد. علت آنکه در طرحهای

جدید فنر قطع به طور مستقل شارژ نمی گردد آن است که پس از هر وصل مطمئن باشیم فنر قطع جهت باز کردن بریکر حتما شارژ شده است..

همچنین بدلیل آنکه انجام عملیات قطع و وصل بریکر در زمانهای بسیار سریع و با سرعت بالا انجام میشود در تماس کنتاکتها با یکدیگر ممکن است نیروی زیادی به صورت ضربه به آنها وارد شده برای جلوگیری از این نیرو از دمپرهای مکانیکی در مسیر موازی حرکت کنتاکتها استفاده میکنیم تا این انرژی در دمپرهای تعبیه شده دفع گردد

مکانیزم هیدرولیکی:

در این مکانیزم عملکرد از یک سیستم موتور پمپ جهت تأمین روغن برای عملکرد وصل بریکر استفاده می شود این سیستم شامل یک مخزن روغن کم فشار یک سیستمک تأمین فشار بوسیله پمپ، پیستون روغن متصل به میله اهرم محرک کنتاکتها و سایر متحلقات مربوطه است. با وصل تغذیه مدارات کمکی بریکر پمپ شروع بکار مینماید و روغن را از مخزن کم فشار پمپ کرده آن را به قسمت فشار زیاد منتقل می کند روغن پیستون را با فشار به عقب یا پایین با توجه به طرح مکانیزم می راند. در پشت پیستون در محفظه بسته گاز خنثی که معمولا نیتروژن است فشار دارد. با فشار پیستون این گاز متراکم می شود و در زمانی که فشار لازم در آن تأمین شد پمپ از حرکت می ایستد با فرمان وصل توسط کویل latch مربوطه رها شده و پیستون با فشار حرکت کرده و عمل وصل را انجام می دهد. همچنین جهت قطع بریکر مسیر رابط بین روغن فشار بالا و روغن فشار پایین توسط latch مربوط باز می شود و روغن

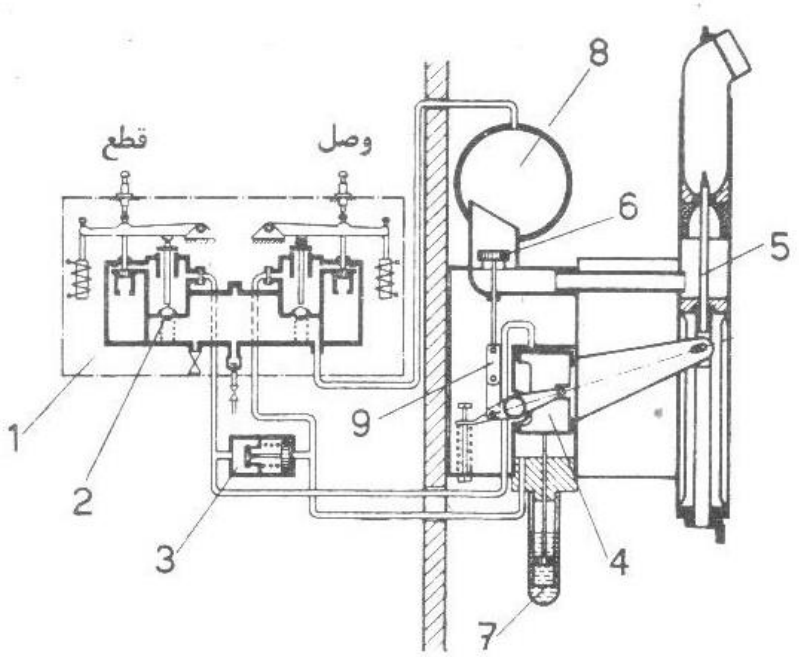
فشار بالا به مخزن روغن فشار پایین منتقل می گردد و بدین ترتیب پیستون به سر جای اول خود باز خواهد گشت.

Hydraulic Mechanism

این مکانیزم یک مکانیزم بسیار ساده بوده و کارکرد آنرا راحت است همچنین نسبت به مکانیزم موتور و شارژ فنر دارای مزایای زیاد از حیث تعمیر و نگهداری می باشد و در اکثر طرحهای بریکرها با رده های ولتاژی مختلف قابل استفاده می باشد. عمده مشکلاتی که مکانیزم های هیدرولیکی دارند نشتی مختصر در قسمتهای اتصالات و خرابی واشرها و اورینگ های مربوطه می باشد.

مکانیزم پنوماتیکی:

در مکانیزم پنوماتیکی نیز از یک کمپرسور هوا و سیستم فیلتر آن به همراه مخزن هوای فشرده و با فشار بسیار زیاد استفاده می گردد در این سیستم هوای فشرده مستقیماً پشت پیستون محرک سیستم(Rod) راد که اتصال کنتاکتها در انتهای آن وجود دارد قرار می گیرد و با قدرت پیستون را به جلو یا بالا هدایت می‌کند تا بریکر در حالت وصل قرار گیرد جهت قطع بریکر نیز همین هوای فشرده از طریق یک (latch) دیگر در مسیر محفظه هوای فشرده از پشت پیستون مربوطه تخلیه می گردد.



باید توجه داشت برای مکانیزم های ذکر شده طرحها و روشهای مختلفی می تواند وجود داشته باشد که در اینجا به طور اختصار به آن اشاره شده است. همچنین چنانچه تعداد بریکرهای با مکانیزم پنوماتیکی بیشتر باشد می تواند سیستم تولید هوای فشرده که شامل مخزن هوای فشرده و کمپرسور و سایر

اتصالات است را به صورت متمرکز طراحی نمود. در این صورت ارتباط بین سیستم متمرکز و هر کدام از بریکر های پست از طریق اتصالات لوله ای صورت خواهد گرفت و فشاری حدود ۳۰ اتمسفر برای عملکرد این بریکرها در محل آنها تأمین می گردد و برای تأمین این فشار، فشار بالاتری توسط کمپرسور در مخزن مشترک هوای فشرده تولید می شود لذا در این صورت برای تأمین فشار دقیق و مناسب در محل هر کدام از بریکرها از شیرهای فشار شکن با خروجی فشار مشخص استفاده می‌گردد سیستم مکانیزم پنوماتیکی در هنگام عملکرد آلودگی صوتی شدیدی بهمراه دارد. همچنین به دلیل فشار هوا و ایجاد نشتی استهلاک واشرها و اورینگهای آن بسیار زیاد است. اما بدلیل عملکرد مناسب قطع و وصل معمولاً مورد توجه قرار می گیرد.

مکانیزم سولونوئید:

در این مکانیزم اصول عملکرد بر اساس ایجاد یک سیستم آهنربای الکتریکی قوی و وارد شدن نیرو به قسمت (Rod) پیستون متصل به کنتاکتها می باشد این مکانیزم از نظر ساختمان طرح ساده تری نسبت به مکانیزم های دیگر دارد اما از آنجا که معمولاً برای عملکرد این مکانیزم انرژی لحظه ای زیاد لازم است در طرحهای مکانیزم بریکری معمولاً برای بریکرهای رده فشار متوسط که دارای مکانیزم سبکتری هستند استفاده می‌شود این مکانیزم به دلیل ساختمان ساده ای که دارا میباشد در عملکرد خود کمتر دچار نقصی شده و معمولاً به راحتی معیوب نمی گردد.

Magnetic Actuator with Epoxy Pole Pieces

سلول بریکر

در سوئیچ یارد فشار قوی بریکر ها به صورت مجموعه سیستم خاموشی سازی جرقه، سیستم راد، مکانیزم عملکرد بریکر و کابینت کنترل نصب و راه اندازی می شوند. اما در سیستم فشار متوسط و فیدرهای بخش توزیع مجموعه بریکر و سایر متعلقات مربوطه در یک سلول (cubicle) قرار می گیرند این متعلقات به غیر از PT وCTهای فشار متوسط مسیر فیدر، سکسیونر های دو طرف بریکر و سایر تجهیزات مدار قدرت می تواند شامل سیستم کنترل، اندازه گیری و حفاظت مربوطه به فیدر نیز باشد که به طور مستقل همگی بر روی تابلوی فیدر جاسازی شده اند با توجه به سطح ولتاژی بریکر حجم مکانیزم و سیستم خاموش کننده جرقه در یک سلول تابلوی برق قابل جانمایی و ساخت می باشد.

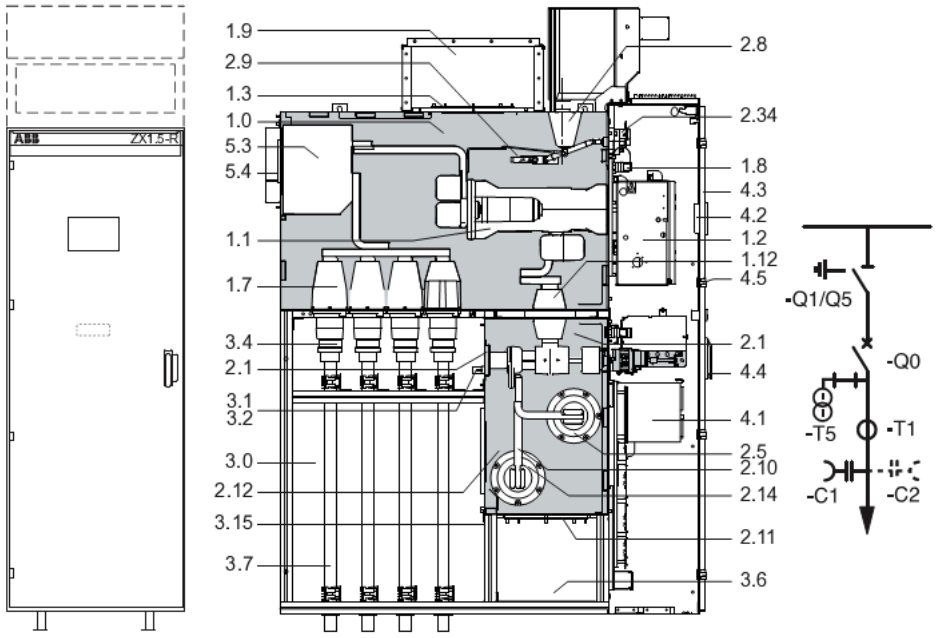


Figure 3/8: Outgoing feeder panel (2500 A) with 4 parallel cables and voltage transformers, fundamental structure shown with pressure relief duct. Isolating system 2.9 is only to be operated when the feeder is off-circuit. Always perform switching operations up to the limit positions and lock the isolating system.

	Insulating gas
-Q0	*Circuit-breaker*
-Q1	*Tee-off disconnector*
-Q5	*Tee-off earthing switch*
-T1	*Current transformer*
-T5	*Voltage transformer*
-C1	*Capacitive voltage divider*
-C2	*Capacitive voltage divider, optional*

حفاظت های مستقل بریکر های فشار قوی:

بریکرهای فشار قوی علیرغم حساسیت های طرح و ساختمان خود در شبکه و معادلات پخش بار به تجهیز مهمی قلمداد نمی گردند لذا حفاظتهای مربوط به این تجهیزات مانند ترانس، ژنراتور، خط، باسبار و .....دارای تنظیمات حاصل از شاخص های الکتریکی شبکه نمی باشد اما کلید زنی این تجهیز چنانچه به طور صحیح و اصولی انجام نشود می تواند دارای تبعات سهمی در شبکه فشار قوی باشد در ادامه به بعضی از حفاظت های بریکر اشاره شده است:

۱-حفاظت(TCS):

هدف از حفاظت TCS نظارت بر صحت و سلامت مدار قطع بریکر است در این حفاظت چنانچه مدار قطع بریکر به هر دلیل باز شود و یا تغذیه آن برقرار نباشد سیستم مدار فرمان TCS و رله آن به نحوی عمل می نماید که در صورت باز بودن بریکر از وصل بریکر ممانعت به عمل آید و همچنین نشان دهنده عملکرد TCS در پنجره آلارم نیز باز بودن مدار قطع بریکر را نشان دهد.

۲-حفاظت نقص بریکر(BFP)

هر بریکر در صورت دریافت فرمان قطع خودکار (فرمان تریپ رله ها) موظف به قطع جریان قدرت و باز نمودن کنتاکتها می باشد اساس حفاظت BFP بر این مبنا است که در صورت ارسال فرمان قطع به یک بریکر و طی شدن زمان مشخصی که به روی BFP تنظیم شده در این زمان بریکر مربوطه به هر دلیلی باز نشود کلیه بریکر های پست که از نظر مدار انرژی با این بریکر ارتباط مستقیم دارند فرمان قطع دریافت کنند.

۳-حفاظت(pole discordance)

این حفاظت مربوطه به بریکر های است که مکانیزم باز و بسته شدن هر فاز آنها مستقل از یکدیگر باشد معمولا این بریکر ها در رده ولتاژی ٤٠٠ کیلو ولت موجود می باشند بدین ترتیب در صورت متفاوت شدن وضعیت باز و بسته شدن کنتاکت یک فاز نسبت به دو فاز دیگر در بریکر نسبت به باز شدن خودکار بریکر مربوطه و یکسان شدن وضعیت سه فاز آن اقدام حفاظتی اتوماتیک می نماید.

٤-حفاظت(Anti-pumping)

چنانچه هنگام وصل یک بریکر اتصالی دائمی بروی شبکه قدرت در طرف بی برق آن وجود داشته باشد آنگاه جریان اتصالی برقرار می گردد و بلافاصله بعد از وصل بریکر، بریکر باز خواهد شد.

با توجه به آنکه کلید فرمان بریکر بروی تابلو کنترل آن (discrepancy) که توسط دست اپراتور در حد چند ثانیه تا وصل همچنان در حالت وصل است مجددا سریعا فرمان وصل بروی کویل وصل بریکر قرار خواهد گرفت در حالیکه در این حالت هنوز فنر وصل به طور کامل شارژ نشده و امکان وصل از لحاظ مکانیزم وجود نخواهد داشت در این حالت تا زمانی که شارژ فنر وصل به طور کامل انجام نشود مدار وصل بریکر توسط رله حفاظت(AP) باز می گردد تا وصل بریکری بلافاصله بعد از قطع شدنش امکان وصل ندارد ممانعت بعمل آید. بغیر از حفاظتهای تشریح شده در مورد بریکرها حفاظت های دیگری نیز وجود دارند که دارای اهمیت زیادی نمی باشند و بصورت کلی مطرح نمی شوند. حفاظت های مربوط به

بریکرها معمولا در تابلوهای کنترلی کلید زنی یا تابلوی بریکر در سوئیچ یا رد می باشند و ایجاد یک تابلوی مستقل حفاظت برای این مدارات توصیه نمی شود.

تست بریکر های فشار قوی:

بریکرهای فشار قوی نیز مانند سایر تولیدات صنعتی بر گونه های مختلف تست می گردند تستهای مختلف بریکرها با توجه نوع و معیار می تواند دارای دسته بندی های مختلف باشد این تستها شامل تستهای روتین، کارخانه ای، تست های نوعی، تستهای زمان نصب و تستهای هنگام بروز عیب می باشند در ذیل بعضی از انواع تست های بریکر عنوان شده است:

۱-تست دی الکتریک قسمتهای عایقی (استقامت عایقی)

۲-تست ضربه

۳-تست ضریب تلفات عایقی

٤-تست مقاومت کنتاکتها

۵-تست افزایش دمای کنتاکتها

٦-تست مقاومت اتصالات کلمپی

۷-تست استقامت مکانیکی Pole

۸-تست جریان عادی مدت دار

۹-تست حداقل ولتاژ عملکرد بوبین ها

۱۰-تست زمان شارژ موتور

۱۱-تست افزایش دمای محفظه

۱۲-تست اتصال کوتاه مخرب

۱۳-تست حداکثر زمان تحمل جریان

۱٤-تست تامین فشار روغن

۱۵-تست های سیستم هوای فشرده

۱٦-تست زمان عملکرد بریکر ها

۱۷-تست عملکرد سیستم فشار گاز و.....

هر کدام از تست های فوق دارای شرایط عملکرد و نتایج قابل مقایسه با نتایج مرجع مربوطه به بریکر می باشند در میان تست های عنوان شده تست زمان عملکرد بریکر ها به عنوان یک تست روئین و انجام و انجام شده پای کار دارای اهمیت بسیاری می باشد.

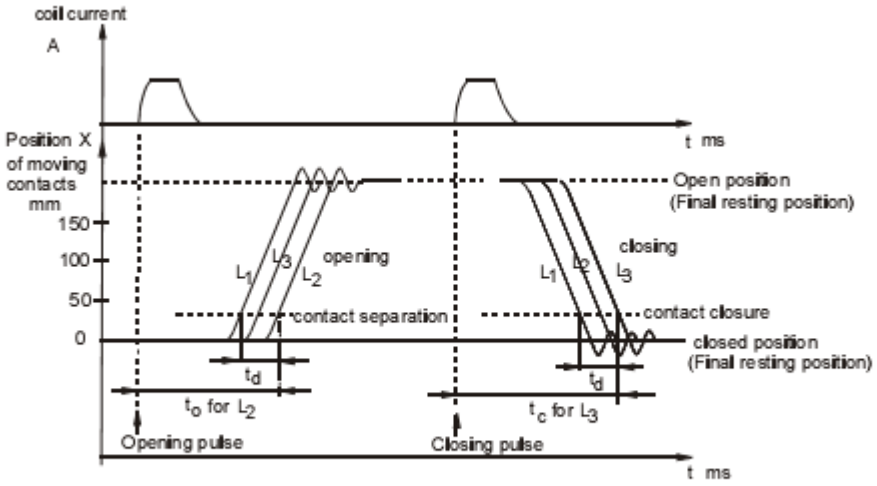
تستهای زمان عملکرد بریکرها (Timing test)

تست زمانی یکی از مهمترین و متداولترین تستهای روتین و درمحل بریکرها می باشد .

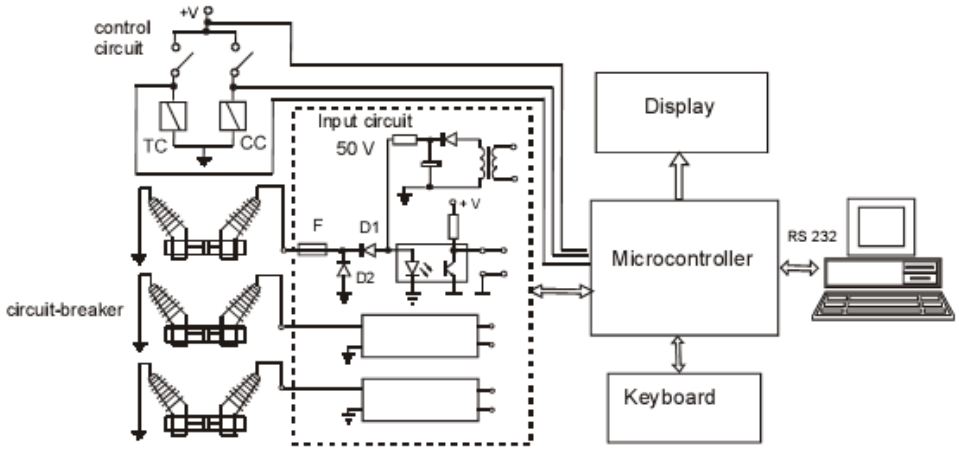
روش انجام آن براساس اتصال یا جداشدن کنتاکتهای بریکر در زمان قطع و وصل می باشد.

با اعمال فرمانوصل و قطع به کویل مربوطه مسیر جریان قدرت چک میشود و براساس آن زمانبرقراریعدم برقراری جریان قدرت اندازه گیری می شود . با توجه به جدا شدن سریع کنتاکتها در حالت قطع انتظار می رود که زمان قطع از وصل بیشتر باشد .

زمان قطع چیزی در حدود ۳۰ میلی ثانیه وزمان وصل حدود ۱۰۰ میلی ثانیه است که با توجه بهمدل تجهیز تفاوتهایی دارد .



The operation times of a circuit-breaker



Block diagram of a meter for measurement of operation times of circuit breaker

طرح سوالات مروری :

با توجه به وظیفه بریکر چه خصوصیات فنی را در ساختمان آنها مشاهده می کنیم ؟
بریکر ها از لحاظ ساختمانی چه تقسیم بندیهایی دارند ؟
اساس کار بریکرهای روغنی چگونه است ؟ توضیح دهید .
خواص مفید گاز SF6 را بیان نمایید .
مکانیزم هیدرولیکی بریکر چگونه عمل مینماید ؟
حفاظت نقص بریکر چیست و چگونه عمل می کند ؟
توضیح دهید تست زمانی بریکرها چگونه انجام می شود ؟