فصل هشتم

کلید قدرت

۸ .کلید قدرت

کلید های قدرت به منظور قطع و وصل خطوط فشار قوی انتقال انرژی ، ترانسفورماتورها ، ژنراتورها و سایر تجهیزات فشار قوی بکار میروند . تجهیزات فشار قوی توسط کلید قدرت به شبکه متصل و یا از شبکه جدا می گردند . هنگامی که لازم است تا دو قسمت شبکه از یکدیگر جدا شده ویا ارتباط دو قسمت برقرار گردد از کلید فشار قوی استفاده می شود . همچنین زمانی که عیبی در تجهیزات و خطوط انتقال انرژی روی می دهد و لازم است تا قسمت معیوب فورا از شبکه جدا گردد ، کلیدهای قدرت در شبکه به دو صورت مختلف زیر انجام می گیرد :

۱ – قطع کلید با برنامه قبلی و با اطلاع مسئولان شبکه به منظور انجام تعمیرات ، سرویس ، بازرسی تجهیزات و غیره . در این حالت کلید بطور دستی توسط اپراتور قطع و وصل می شود .

۲- قطع کلید بدون برنامه قبلی که در نتیجه بروز عیب درشبکه روی می دهد . در این حالت کلید بطور اتوماتیک توسط رله های حفاظتی و سایر سیستمهای کنترل اتوماتیک قطع می گردد . در پاره ای از تجهیزات نظیر خطوط فشار قوی ممکن است کلید بطور اتوماتیک مجددا وصل گردد .

در پستهای بدون برنامه قبلی که در نتیجه بروز عیب صورت گرفته و وصل کلید توسط مرکز کنترل از راه دور (دیسپاچینگ) انجام می گیرد . بنابراین کلیدهای قدرت یکی از تجهیزات اصلی و پر اهمیت شبکه بوده که در هنگام بروز عیب و یا ضرورت برق دار یا بی برق نمودن قسمتی از شبکه قطع و وصل می گردند .نقش اصلی کلیدها در پی بروز عیب در شبکه ظاهر می گردد . چنانچه با بروز عیب و ضرورت قطع اتوماتیک ، کلید خط بعللی عمل نکرده و نا موفق بقطع جریان عیب نگردد ، شبکه با خاموشی موضعی مواجه می گردد . ولی در صورتی که بعللی خاموشی کامل باشد این خاموشی توأم با صدمات و خسارات جبران ناپذیر خواهد بود . کلیدها در شرایط کار عادی شبکه و در هنگام وصل بودن ، نقش مهمی در تأمین انرژی مصرف کننده ها به عهده ندارند . نقش اصلی آنها تنها در هنگام بروز عیب ظاهر می گردد . در هنگام بروز عیب که قطع و یا وصل فوری آنها ضروری است ، باید با صدور فرمان بطور اتوماتیک و با اطمینان کافی

عمل نمایند . اختلاف عمده کلیدها با سایر تجهیزات شبکه از همین جا ناشی می گردد ، در حالیکه کلید در شرایط عادی ممکن است برای مدت طولانی مورد استفاده واقع نگردد ،قطع و وصل آن در لحظه بروز عیب می بایست با اطمینان فوق العاده برخوردار بوده و احتمال و مکانیزم کار آنها حداقل باشد .

قطع و وصل کلیدها در هنگام بروز عیب و بطور اتوماتیک ، پیش از قطع و وصل دستی آنها اهمیت دارد . در هنگام بروز عیب ، جریان خطایی که از کلید می گذرد تا چندین کیلو آمپر رسیده و بسیار بیش از جریان عبور کرده از کلید در هنگام قطع و وصل دستی کلید می باشد . لذا قطع و وصل کلید در هنگام بروز عیب با دشواری بیشتری صورت گرفته و در شرایط سنگین مربوط به عبور جریان عیب انجام می گردد .

۸-۱ . نقش کلیدهای قدرت در شبکه

عمل اصلی حفاظت شبکه در هنگام بروز اتصالیها و برقراری جریان عیب توسط کلیدهای قدرت صورت می پذیرد . با قطع کلید قدرت ، قسمت معیوب شبکه از قسمتهای بدون عیب و در حال کار شبکه جدا شده و ادامه کار و ثبات شبکه تأمین می گردد . بروز هرگونه عیبی در کلید قدرت ، بطوریکه با بروز عیب در شبکه و بکار افتادن رله های حفاظتی ،کلید عمل نکرده و به موقع قسمت معیوب شبکه را جدا ننماید ، قطع بیمورد و نابجای سایر کلیدها و از کار افتادن قسمتی از شبکه را بهمراه خواهد داشت . عیب در کلید ممکن است ناشی از بروز اشکال در مدار فرمان کلید ، بروز عیب در مکانیزم قطع و وصل کلید ، عدم توانائی کلید در قطع جریان عیب ، افزایش زمان قطع کلید و غیره باشد . با توجه به تعداد عیوبی که در خطوط انتقال انرژی و سایر تجهیزات شبکه در سال روی می دهندو در کلیه عیوب روی داده کلیدهای قدرت نقش اصلی را در قطع قسمت معیوب و حفظ شرایط عادی شبکه عهده دار می باشند ، اهمیت کلیدهای قدرت و تأثیر آنان در ادامه کار عادی شبکه روشن می گردد . عدم قطع به موقع و بجای کلیدها در هنگام بروز عیب منجر به قطع سایر کلیدها در نقاط دیگری از شبکه شده و قسمتهای بیشتری از

شبکه را با قطع برق و خاموشی مواجه می نمانید . تأخیر در قطع کلیدها ، مدت باقی بودن عیب و برقراری جریان عیب در شبکه را افزایش داده و بازگشت شبکه را بشرایط ،عادی دشوارتر می نماید .

۸-۲ . اجزاء تشکیل دهنده کلید

اجزای تشکیل دهنده کلید عبارت است از :

- محفظه قطع
- مکانیزم عملکرد
- تابلوی کنترل
- ترمینالهای فشار قوی
- مقره ها
- پایه های نگهدارنده

۸-۳ . نیازهای کلی

بطور کلی کلیدهای قدرت تجهیزاتی هستند که باید توانایی قطع و وصل مدار فشار قوی را هم در شرایط عادی سیستم و هم در شرایط وقوع خطا داشته باشند . یک کلید قدرت مناسب باید بتواند عمل قطع و وصل را در شبکه را در شرایط مختلف بار و اتصال کوتاه در محدوده شرایط و مقادیر نامی تعیین شده برای کلید طوری انجام دهد که خود آسیب ندیده و شبکه نیز نحو مطالب کنترل شود .

بطور کلی کلیدهای قدرت بایستی بتوانند نیازهای زیر را بدون ایجاد اضافه ولتاژ گذاری خارج از تحمل عایق بندی شبکه بدون اینکه آسیبی به خود و سایر تجهیزات شبکه وارد آید بر آورده نمایند :

- تحمل عبور جریان پیوسته نامی مدار بدون اینکه حرارت اضافی در آنها تولید شود و به کلید صدمه ای برسد .
- قطع جریانهای خطا (بدون افزایش غیرمجاز تنشهای حرارتی و مکانیکی)
- قطع و وصل جریانهای خازنی (نظیر جریانهای خطوط انتقال نیروی بی بار با انتهای باز)
- قطع و وصل جریانهای اندوکتیو (نظیر جریانهای ترانسفورماتورهای بی بار)
- قطع جریانهای اتصال کوتاه ترانسفورماتورها و راکتورها
- وصل مجدد اتوماتیک

۸-۴ . اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی

بر اساس استاندارد IEF شماره ۵۶ اطلاعات مورد نیاز جهت انتخاب کلیدهای قدرت عمدتا شامل موارد زیر است :

- مشخصات و ویژگیهای شبکه و سیستمی که کلید در آن نصب و بهره برداری می شود .
- مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی منطقه و محلی که کلید در آن شرایط مورد استفاده قرار خواهد گرفت .

ذیلا به بیان هر کدام از عوامل فوق و پارامترهای مربوط خواهیم پرداخت :

۸-۴-۱ .

الف) مشخصات و ویژگیهای شبکه و سیستمی که کلید در آن نصب و بهره برداری می شود

کلیدهای قدرت در هنگام قطع و وصل در شرایط عادی عملکرد یا اتصال کوتاه باید از عهده انجام وظایف مربوطه بر آمده و ویژگیهای شبکه الکتریکی را بطور ایمن تحمل کند . این شرایط و ویژگیها و محدوده تغییرات آنها بشرح زیر بایستی در هنگام انتخاب کلید دقیقا مورد توجه قرار گیرد :

- ولتاژ نامی
- حداکثر ولتاژ سیستم

- فرکانس نامی

- تعداد فاز

- جزئیات نحوه زمین کردن سیستم

ب) مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی منطقه و محلی که کلید در آن شرایط مورد استفاده قرار خواهد گرفت در انتخاب کلیدهای قدرت شرایط آب و هوائی و محلی از اهمیت زیادی برخوردار است ، زیرا بهمان اندازه که تعیین شرایط محیطی واقعی و مناسب در بهره برداری ایمن در کاهش هزینه های سرویس تعمیرات و استفاده بهینه از سرمایه گذاری اولیه تأثیر دارد ، تعیین شرایط و آب و هوائی نامناسب اعم از شرایط سنگین تر و یا سبکتر از شرایط واقعی ، بهره برداری را نامطمئن و پرمخاطره نمود ، تعمیرات و سرویسها را افزایش داده و استفاده مناسب و بهینه از سرمایه گذاری را نیز ناممکن می سازد . بنابراین دقت در تعیین و انتخاب این شرایط بسیار با اهمیت و حساس می باشد .

لازم به یادآوری است که با توجه به استانداردهای ساخت کلید فقط تعداد محدودی از پارامترهای اقلیمی و محیطی در ساخت و کارکرد آن مؤثر بوده که ذیلا به آنها اشاره می شود :

- ارتفاع محل نصب از سطح دریا

- حداکثر درجه حرارت محیط

- حداقل درجه حرارت محیط

- سرعت باد

- میزان رطوبت نسبی

- شتاب زلزله

- ضخامت یخ

- میزان و نوع آلودگی

- هر نوع شرایط خاص و غیر عادی نظیر بخار آب غیر متعارف ، رطوبت ، گرد و خاک غیر معمول ، گازهای قابل اشتعال و قابل انفجار و خوردگیهای غیر معمول .

۸-۵ . شاخص هاو پارامترهای مشخص کننده طراحی

۸-۵-۱ . نوع کلید

انواع کلیدهای قدرت که در ولتاژهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت بکار می روند به لحاظ ماده خاموش کننده قوس که توسط سازندگان کلید ساخته می شوند بقرار زیر است :

- کلیدهای هوای فشرده
- کلیدهای روغنی
- کلیدهای $SF\,6$

در کلیدهای روغنی ، روغن بهنگام حرکت کنتاکت متحرک و برقراری قوس ، در مسیر حرکت کرده و جابجائی هرچه بیشتر و سریعتر مواد یونیزه حاصل از قوس را موجب می گردد . بطوریکه پس از رسیدن جریان به نقطه صفر ، قوس خاموش می شود . عامل خنک سازی و خاموش کننده جرقه ، گاز هیدروژن است که در اثر تجزیه روغن حاصل شده است . حجم این گاز متناسب با مقدار شدت جریان در لحظه کلید زنی تغییر می نماید . امروزه در ولتاژهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت ، دیگر کلیدهای روغنی ساخته نمی شود ، چرا که ولتاژ عیقی روغن ، وجود محفظه های قطع سری چندگانه را به کلید تحمیل می نماید و از این نقطه نظر ، اقتصادی و مقرون به صرفه نمی باشد .

درولتاژهای بالا به دلیل نیاز به سرعت عمل بیشتر لازم است تا حجم کلید حتی الامکان کاهش یابد ، بطوریکه فاصله بین کنتاکتهای متحرک و ثابت به حداقل رسیده و قوس سریعتر خاموش شود . لذا از موادی با خاصیت عایقی بیشتر که حجم کمتری را اشغال کنند نظیر گاز SF_6 استفاده می‌شود. این گاز ۶ بار از هوا سنگین تر بوده و خاصیت عایقی آن سه برابر هواست . با افزایش فشار گاز ، خاصیت عایقی آن تا چند برابر روغن افزایش می یابد .

انواع کلیدهای فوق برای سطوح مختلف ولتاژ دارای معایب ومزایایی است . به هر حال امروزه با توجه به خواص الکتریکی و شیمیائی گاز SF_6 و امکان بالابردن فشارگاز ، فاصله کنتاکتهای ثابت و متحرک کلید کم شده و در نتیجه علاوه بر کوچک کردن محفظه ها تعداد آنها را نیز کاهش داده اند .مضافا به اینکه با توجه به آمارهای بین المللی و نتایج پرسش نامه آماری – فنی ، نرخ تعمیرات در کلید SF_6 پایین تر از سایر کلیدهاست . بعلاوه نتایج بدست آمده از نظر خواهی انجام شده در پرسش نامه های فنی و آماری نیز نشان می دهد که حدود ۸۰ درصد پاسخ دهندگان کلید نوع SF_6 رابه دو نوع دیگر ترجیح داده اند . بنابراین استفاده از کلید SF_6 در ولتاژهای متوسط عمدتاً به دلیل ناچیز بودن تعمیرات صورت می گیرد . در ولتاژهای بالاتر ، علاوه بر ناچیز بودن تعمیرات ، کاهش تعداد محفظه های قطع باعث می گردد که استفاده از کلیدهای نوع SF_6 از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد .

همانطور که می دانیم ، کلیدهای SF_6 دارای یک محفظه قطع قوس می باشند . بعلت کم بودن فاصله کنتاکتهای ثابت و متحرک در داخل این محفظه ، برای ایجاد استقامت عیفی کافی و نیز برای عملکرد صحیح کلید در خاموش کردن قوس ، فشار گاز SF_6 داخل محفظه قطع باید مقدار معینی داشته باشد و فشار داخل محفظه قطع باید مورد بازرسی منظم قرار گیرد . نحوه خاموش شدن قوس به دو نوع کلی زیر صورت می گیرد :

- **تک دمش با فشار کم :** در این سیستم خاموش کردن قوس از طریق دمیدن گاز با سرعت زیار بین دو کنتاکت در حین جدا شدن آنها صورت می گیرد .

- **دمش خودکار :** در این روش برای خاموش کردن قوس از انرژی خود قوس الکتریکی هم کمک گرفته می شود . در این نوع از کلیه ها انرژی کمتری نسبت به نوع اول برای قطع و وصل لازم است و بنابراین مکانیزم مربوطه کوچکتر و ارزانتر می باشد . در کلید نوع دمش خودکار ، قطع جریانهای کم بعلت انرژی کم قوس در آنها باید مورد بررسی خاص قرار گیرد .

۸-۵-۲ . نوع مکانیزم عملکرد

عمل قطع و وصل کلید و خاموش کردن سریع قوس الکتریکی مستلزم صرف انرژی مکانیکی می باشد . بدنبال فرمان قطع و وصل دستی رله ، انرژی ذخیره شده در مکانیزم توسط یک سری ارتباطات مکانیکی به کنتاکت متحرک که در داخل محفظه قوس قرار دارد منتقل و باعث حرکت سریع آن می شود که با توجه به ساختمان داخلی محفظه باعث خاموش شدن قوس و در نتیجه قطع و وصل مدار الکتریکی می گردد .

از آنجا که کل مدت زمان قطع کلید شامل زمان عملکرد رله حفاظتی ، زمان عملکرد رله های کمکی در صورت وجود و زمان عملکرد مکانیزم عملکرد می باشد که میزان این تأثیر با توجه به نتایج بدست آمده از پرسش نامه های فنی – آماری به حدود ۶۵ درصد می رسد . در حال حاضر از سه نوع مکانیزم فنری ، نیوماتیک (هوای فشرده) و هیدرولیکی بطور وسیع استفاده می گردد .

مکانیزم نسبتا جدیدی به اسم فنری – هیدرولیک اخیرا توسط سازندگان معرفی گردیده است . ذیلا ضمن ضرح مختصر ، مزایا و معایب سه نوع مکانیزم معمول فنری ، هیدرولیک و هوای فشرده بیان می شود .

الف) مکانیزم فنری

در این نوع مکانیزم ، انرژی لازم برای عملکرد کلید در فنر ذخیره می گردد . بطور معمول یک موتور ، فنر مربوط به عمل وصل کلید را شارژ می کند . پس از دادن فرمان وصل انرژی موجود در این فنر باعث حرکت کنتاکت متحرک و وصل کلید می شود . بطور همزمان انرژی فنر مربوط به وصل ، فنر مربوط به قطع کلید را نیز شارژ می نماید در نتیجه پس از هر فرمان وصل همواره فنر قطع شارژ شده در دسترس خواهد بود .

سوئیچ های حدی موجود در مکانیزم در هر بار عمل وصل کلید ، مدار تغذیه موتور برای شارژ فنر وصل را برقرار و یا پس از شارژ فنر ، قطع می کنند .

ارزانی نسبی ، ساده بودن نصب و نگهداری ، امکان شارژ دستی فنر در موقع نبودن برق بعلاوه امکان ساخت در آینده نزدیک در کشور از مزایای مکانیزم فنری و محدود بودن میزان انرژی قابل ذخیره شدن در مکانیزم (بدون شارژ مجدد فنر وصل، این مکانیزم فقط یک سیکل قطع - وصل - قطع را می تواند انجام دهد) و نیاز به وجود سه مکانیزم (یک مکانیزم برای هرقطب) برای عمل قطع و وصل تکفاز و در نتیجه افزایش قابل توجه قیمت کلید از معایب مکانیزم فنری می باشد .

ب) مکانیزم هیدرولیکی

در مکانیزم هیدرولیکی یک موتور پمپ ، روغن را بحرکت در آورده و حرکت پیستونها در سیستم هیدرولیکی باعث ذخیره انرژی بصورت فشرده شدن گاز نیتروژن می گردد . این فشار روی روغن داخل لوله ها باقی مانده و در موقع لزوم سبب قطع و وصل کلید می گردد . فشار روغن باید بوسیله فشارسنج کنترل شده و در مواقع لزوم(مثلا در مواقعی که فشار روغن هیدرولیک از حد معین افت پیدا کند) بوسیله کنتاکتهای این فشار سنج از عمل وصل و یا قطع و وصل مجدد ممانعت بعمل آید .

قابلیت ذخیره انرژی زیاد ، سرو صدای کم هنگام قطع و وصل ، کوچکی نسبی مکانیزم و امکان شارژ دستی از مزایای این نوع مکانیزم و گرانی نسبی ، مشکل بودن نصب و تعمیر و نگهداری نیاز به بازدیدهای دوره ای بیشتر و امکان وجود نشتی روغن و یا نیتروژن از معایب مکانیزم هیدرولیکی می باشند .

ج) مکانیزم هوای فشرده

در این سیستم ، هوای فشرده که در یک مخزن ذخیره شده است بعنوان منبع ذخیره انرژی بکار می رود . یک کمپرسور برای هر کلید و یا یک سیستم کمپرسور مرکزی برای همه کلیدهای

پست ، هوای فشرده را تأمین می کند که البته امروزه سیستم کمپرسور مرکزی با توجه به پائین آوردن قابلیت اطمینان از جهت وابسته کردن کلیه کلیدها به یک سیستم توصیه نمی شود . مخزن هوای کلید باید دارای شیر اطمینان برای تخلیه هوای اضافی و جلوگیری از اضافه فشار هوا باشد . فشار هوا توسط یک فشار سنج که دارای کنتاکتهای لازم است نظارت شده و در موقع کاهش فشار هوا این کنتاکتها به ترتیب مدار آلارم را وصل و مدار قطع و وصل اتوماتیک و همچنین مدار فرمان وصل را مسدود می نمایند .

قابلیت ذخیره انرژی زیاد و در نتیجه امکان انجام تعداد زیادی قطع و وصل (اگر حجم مخزن هوا مناسب باشد) از مزایای مکانیزم هوای فشرده و مشکل بودن نسبی نصب ، نیاز به بازدیدهای دوره ای بیشتر ، صدای شدید در هنگام قطع و وصل امکان وجود نشتی هوا از اتصالات لوله ها و شیرهای اطمینان و عدم امکان شارژ دستی از معایب این نوع مکانیزم می باشند .

امروزه سازندگان مختلف کلید از هر یک از مکانیزم های فوق استفاده می کنند که البته انتخاب نوع بخصوص آن توسط هر سازنده بیشتر ارتباط به روند تکامل کارخانه ، مسائل اقتصادی و سوابق و تجارب بدست آمده از بهره برداری کلید دارد .

نتایج بدست آمده از پرسش نامه های فنی – آماری اولویت مکانیزم های عملکرد را بصورت فنری ، هیدرولیک و هوائی بدست می دهد . گرچه بهره برداری از مکانیزم نوع هوائی نسبت به هیدرولیک ارجح دانسته شده است لیکن بدلیل تعمیرات مشکل تر از امتیاز کمتری برخوردار شده است .

۸-۵-۳ . تعداد پل ها

تعداد پل ها بستگی به تعداد فازهای سیستم دارد که در مورد شبکه قدرت فشار قوی ۳ عدد می باشد .

۸-۵-۴ . کلاس کلید

منظور از کلاس کلید این است که آیا کلید در فضای باز یا در فضای بسته نصب و بهره برداری می شود که با توجه به اینکه کلیدهای فشار قوی ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت در فضای باز نصب خواهد شد ، کلاس کلیدها از نوع فضای باز خواهد بود .

۸-۵-۵ . ولتاژ نامی

ولتاژ نامی کلید قدرت بایستی طوری انتخاب شود که مقدار آن حداقل مساوی حداکثر ولتاژ سیستم در نقطه ای که کلید نصب می شود باشد .

مطابق استاندارد IEC شماره ۶۹۴ مقادیر نامی و ولتاژ استاندارد برای کلیدهای فشار قوی بر حسب کیلوولت مطابق ارقام زیر است :

۷۶۵ – ۵۲۵ – ۴۲۰ – ۳۶۲ – ۳۰۰ – ۲۴۵ – ۱۷۰ – ۱۴۵ – ۱۰۰ – ۷۲/۵ - ۵۲ – ۲۴ – ۱۷/۵ – ۱۲ – ۷/۲ – ۳/۶ ولتاژ نامی کلید ، با توجه به حداکثر ولتاژ سیستم از مقادیر فوق انتخاب می گردد. لازم به یارآوری است که در انتخاب ولتاژ نامی کلید ، مقادیر سطوح عایقی متناظر نیز بایستی مد نظر قرار گیرد . در این رابطه ترکیب مقادیر ولتاژ نامی ، جریان اتصال کوتاه نامی و جریان نامی در استاندارد IEC شماره ۵۶ داده شده است .

۸-۵-۶ . سطوح عایقی نامی

سطوح عایقی کلید قدرت براساس نتایج بدست آمده از مطالعات « هماهنگی عایقی » و با توجه به مقادیر استاندارد که در جداول استاندارد IEC شماره ۶۹۴ داده شده انتخاب می گردد . ضمنا برای کلیدهایی که تحت شرایط خاص (نظیر استفاده از کلید در عمل سنکرون کردن که همزمان با اضافه ولتاژهای قطع و وصل است) ، بهره برداری می شوند ممکن است سطوح عایقی استاندارد کافی نباشد و پیشنهاد می شود که یکی از دو راه حل زیر در نظر گرفته شود :

- کلید استاندارد با ولتاژ نامی بالاتر انتخاب شود .

- کلید مخصوص انتخاب شود بطوریکه شرایط آزمایش در حالت باز بودن کلید سنگین تر در نظر گرفته شود . در این حالت مقدار نامی ولتاژ قطع و وصل قابل تحمل بین دو کنتاکت کلید در حالت باز از استاندارد IEC شماره ۶۹۴ استفاده می شود .

۸-۵-۷ . جریان نامی

جریان نامی کلید باید با توجه به نتایج محاسبات پخش بار و جریان اتصال کوتاه برای محل نصب کلید و با در نظر گرفتن ضریب روند افزایش بار بر اساس برنامه ریزیهای توسعه سیستم و همچنین شرایط محیطی از مقادیر استاندارد موجود در IEC شماره ۵۶ انتخاب شود .

۸-۵-۸ . جریان نامی قطع شارژ خط

جریان نامی قطع شارژ خط عبارت است از حداکثر جریان شارژ خازنی خط که کلید در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص شده برای عملکرد کلید در استاندارد ، بدون تجاوز از حداکثر مقدار اضافه ولتاژ قطع و وصل که توسط سازنده برای کلید مشخص شده و مقدار پیشنهادی آن در استاندارد IEC شماره ۵۶ داده شده ، بایستی قطع کند .

ضمنا لازم است توجه شود که مشخصه جریان نامی قطع شارژ خط کلید تنها محدود به کلیدهایی است که دارای ولتاژ نامی مساوی یا بیش از ۷۲/۵ کیلوولت بوده و به منظور قطع و وصل خطوط هوائی سه فاز مورد استفاده قرار می گیرند .

به منظور تعیین این جریان بایستی از استاندارد IEC شماره ۵۶ و با توجه به ولتاژ نامی کلید استفاده نمود .

۸-۵-۹ . جریان نامی قطع شارژ کابل

جریان نامی قطع شارژ کابل عبارت است از حداکثر جریان شارژ خازنی کابل که کلید بایستی در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص شده برای عملکرد کلید در استاندارد ، بدون تجاوز از حداکثر مقدار اضافه ولتاژ قطع و وصل که توسط سازنده برای کلید مشخص شده و مقدار پیشنهادی آن در استاندارد IEC شماره ۵۶ داده شده بایستی قطع کند .

ضمنا لازم است توجه شود که در مشخصه جریان نامی قطع شارژ کابل برای همه کلیدها الزامی نبوده مگر در مواردی که از کلید برای قطع و وصل کابل استفاده شود که در صورت درخواست این مشخصه توسط سازنده منظور می شود که البته این مشخصه برای کلیدهای دارای ولتاژ نامی مساوی یا کمتر از ۲۴ کیلوولت لازم نمی باشد .

در هرصورت اگر چنین مشخصه ای مورد نظر باشد توصیه می شود که مقادیر مربوطه از استاندارد IEC شماره ۵۶ استخراج گردد .

۸-۵-۱۰ . جریان نامی قطع شارژ یک واحد بانک خازنی

جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی عبارت است از حداکثر جریانی یک واحد خازنی که کلید بایستی در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص شده برای عملکرد کلید در استاندارد ، بدون تجاوز از حداکثر مقدار اضافه ولتاژ قطع و وصل که توسط سازنده برای کلید مشخص شده و مقدار پیشنهادی آن در جدول استاندارد IEC شماره ۵۶ داده شده آنرا قطع کند .

۸-۵-۱۱ . جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی پشت به پشت

جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی پشت به پشت عبارت است از حداکثر جریانی که کلید بایستی در ولتاژ نامی و تحت شرایط مشخص شده برای عملکرد کلید در استاندارد ، بدون تجاوز از حداکثر مقدار اضافه ولتاژ قطع و وصل که توسط سازنده برای کلید مشخص شده و مقدار پیشنهادی آن در استاندارد IEC شماره ۵۶ داده شده آنرا قطع کند .

در هنگام قطع و وصل مجموعه خازنهای پشت به پشت سرعت افزایش جریانی از شیب قابل قبول کلید مربوط به جریان قطع متقارن آن تجاوز نموده ، جریان خازنی مشخصات جریان ضربه ای را دارا می گردد . در این شرایط لازم است کلید خصوصیات قطع جریانهای ضربه ای را دارا باشد . لذا کلیدهای مورد نصب در این مدارها بایستی کلیدهای مخصوص بوده که مشخصه های قطع جریان خازنی آنها براساس مشخصه جریان هجومی انتخاب می گردد .

این مشخصه برای همه کلیدها الزامی نبوده مگر در مواردی که کلید در شرایط فوق قرار گیرد. مقدار این جریان با توجه به ظرفیت بانک خازنی و با استفاده از سری $R\ 10$ تعیین می شود .

همچنین مقدار استاندارد این جریان برای کلیدهای مخصوص در جدول $4\ B$ استاندارد $ANSI.C37.0732$ داده شده است .

۸-۵-۱۲ . جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی

جریان نامی هجومی وصل بانک خازنی عبارت از مقدار پیک جریانی است که کلید (کلید مخصوص) بایستی در ولتاژ نامی و با فرکانسی از جریان هجومی ، مناسب با شرایط بهره برداری (معولا بین ۲ تا ۵ کیلو هرتز) آنرا وصل کند . ضمنا این مشخصه برای کلیدهائی که دارای مشخصه جریان نامی قطع شارژ بانک خازنی پشت به پشت هستند الزامی بوده و مقدار آن با توجه به ولتاژ اعمال شده ، اندوکتانس و کاپاسیتانس منبع تغذیه و خازنهای مورد نظر ، شارژ موجود در خازنها قبل از بستن مدار و میرائی مدار بر اساس روش و فرمولهای ارائه شده در پیوست $B\ \ B$ استاندارد $I\ EC$ شماره ۵۶ محاسبه و با استفاده از سری $R10$ تعیین می گردد . همچنین مقدار استاندارد دامنه جریان و فرکانس آن در جدول $4\ B$ استاندارد $ANSI.C37.0732$ داده شده است .

۸-۵-۱۳ . جریان نامی قطع بار اندوکتیو کم

جریان نامی قطع بار اندوکتیو عبارت است از حداکثر جریان اندوکتیو که کلید بایستی برای حالات زیر قطع کند :

- جریان مغناطیس کننده ترانسفورماتورها

- جریان مغناطیس کننده راکتورها

از آنجائیکه مقادیر و شرایط این جریانها هنوز توسط استاندارد $I\ EC$ تعیین نشده ، لذا تا تعیین آنها ، در صورت نیاز بایستی با توجه به مشخصات ترانسفورماتور و راکتور محاسبه گردند .

۸-۵-۱۴ . جریان نامی قطع اتصال کوتاه

جریان نامی قطع اتصال کوتاه عبارت است از حداکثر جریان خطایی که بایستی تحت شرایط کاربرد و عملکرد مشخص شده در استاندارد ، توسط کلید قطع گردد . کلید در مداری قرار دارد که ولتاژ بازیافت با فرکانس قدرت مدار متناظر با ولتاژ نامی کلید و ولتاژ بازیافت گذرای آن معادل مقادیر نامی مشخص شده دراستاندارد IEC شماره ۵۶ می باشد .

جریان نامی قطع اتصال کوتاه توسط دو مؤلفه زیر مشخص می گردد :

- مقدارمؤثر مؤلفه ACکه جهت اختصار بنام « جریان نامی اتصال کوتاه » نامیده می شود

- مقدار درصد مؤلفه DC

مقدار مؤثر جریان نامی قطع اتصال کوتاه با توجه به محاسبات اتصال کوتاه ، $\frac{X}{R}$ شبکه در آن نقطه و وضعیت حال و آینده (توسعه شبکه) انتخاب می گردد ، ضمن آنکه این جریان بایستی با مقادیر موجود در استاندارد IEC شماره ۵۶ مطابقت داشته باشد .

مؤلفه جریان مستقیم بر حسب درصدی ازجریانAC قطع بیان می شود و بستگی به مدت زمان τ یعنی فاصله زمانی شروع اتصال کوتاه تا لحظه باز شدن کلید دارد . (شامل فرمان خاموش شدن قوس) و به کمک منحنی شکل ۱ بدست می آید .

درصد مؤلفه DC نسبت به زمان τ

‹‹ شکل شماره ۱ ››

در کلیدهایی که بدون استفاده از رله های کمکی فرمان قطع را انجام می دهند مدت زمان τ به صورت حداقل زمان باز شدن کلید در نظر گرفته می شود ، ولی در کلیدهایی که فرمان آنها از های کمکی حاصل می شود τ معادل زمان باز شدن کلید باضافه زمان ۰/۵ سیکل از فرکانس نامی انتخاب می شود .

۸-۵-۱۵ . ضریب افزایش ولتاژ فاز سالم

این ضریب ، ازدیاد ولتاژ به فرکانس شبکه را برای فازی که در شرایط اتصال کوتاه ابتدا و قبل از دو فاز دیگر و در حالیکه دو فاز دیگر هنوز بسته هستند ، باز می شود نشان می دهد . مقدار این ضریب با توجه به نحوه زمین کردن نقطه نوترال شبکه بین ۱ تا ۱/۵ تغییر می کند . مطابق استاندارد برای سیستم هائی که نقطه نوترال آنها بطور مؤثر زمین شده و وقوع اتصال کوتاه سه فاز که شامل اتصال زمین نباشد غیر محتمل باشد این ضریب معادل ۱/۳ و برای سیستمهایی که با امپدانس زمین شده باشند و یا سیسیتم های زمین شده که وقوع اتصال کوتاه سه فاز شامل اتصال زمین ، غیر محتمل نباشد و یا سایر سیستمها این ضریب معادل ۱/۵ در نظر گرفته می شود .

۸-۵-۱۶ . مشخصه های نامی مربوط به اتصالی هایی که عیب با فاصله کم از کلید و در روی خط رخ می دهد .

مشخصه های نامی برای اینگونه اتصالی ها برای کلید سه فازی که بطور مستقیم به خطوط هوائی متصل شده و دارای ولتاژ نامی بیش از ۵۲ کیلوولت بوده و جریان نامی قطع اتصال کوتاه آن از ۱۲/۵ کیلوآمپر بالاتر باشد باید در نظر گرفته شود .

از آنجا که مشخصه های نامی مربوط به اتصالی های با فاصله کم از کلید و در روی خط جهت تعیین شکل موج و مقدار اضافه ولتاژ بازیافتی گذرا در حالت اتصال کوتاه خطوط کوتاه مورد نیاز است ، روش و فرمولهای محاسبه پارامترهای این مشخصه در ضمیمه $A\ A$ استاندارد $I\ EC$ شماره ۵۶ داده شده است .

۸-۵-۱۷ . جریان نامی اتصال کوتاه وصل

جریان نامی اتصال کوتاه وصل ، متناظر با ولتاژ نامی کلید بوده و ۲/۵ برابر مقدار مؤثر مؤلفه AC جریان نامی قطع اتصال کوتاه کلید انتخاب می شود .

۸-۵-۱۸ . توالی عملکرد نامی

مطابق استاندارد ، دو گزینه برای توالی عملکرد وجود دارد .

الف – *o-t-co-t'-co*

که برای کلیدهای بدون سیستم وصل مجدد سریع داریم :

o-3min-co-3min-co

و برای کلیدهایی با سیستم وصل مجدد سریع داریم :

o-0.3s-co-3min-co

ب – *co-t''-co*

که تنها برای کلیدهایی با سیستم مجدد غیر سریع داریم :

co-15s-co

حال با توجه به اینکه کدامیک از سیستمها مورد نظر باشد توالی عملکرد نامی کلید را می توان انتخاب نمود .

۸-۵-۱۹ . مدت زمان اتصال کوتاه

بر اساس تعریف ، این مدت زمان عبارت است از فاصله زمانی که یک دستگاه مکانیکی قطع و وصل می تواند در حالیکه بسته است جریانی معادل جریان نامی قابل تحمل کوتاه مدت را از خود عبور دهد . اساسا این زمان بر حسب مدت برقرار بودن جریان اتصال کوتاه باید انتخاب شود . این مدت زمان مطابق استاندارد یک ثانیه بوده ولی در مواردی که مدت زمان بیشتری مورد نظر باشد ۳ ثانیه توصیه شده است . بهرحال برای زمانهایی بیشتر از زمان نامی ، رابطه بین دامنه جریان و زمان تحمل جریان اتصال کوتاه در صورتیکه فرمول دیگری از طرف سازنده کلید ارائه نشده باشد مطابق رابطه $I^2.t = cte$ خواهد بود .

۸-۵-۲۰ . جریان نامی قطع غیر همفاز

این جریان برای قطع و وصل کلید در شرایطی که شبکه های در طرف کلید غیر سنکرون بوده مشخص و تعیین می گردد . مقدار آن اصولا برای حالتیکه دو شبکه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند محاسبه شده و بسته به امپدانس شبکه های دو طرف کلید ، متغیر می باشد .

این مشخصه برای کلید الزامی نبوده ولی در صورتیکه مورد نظر باشد و مقداری برای آن محاسبه نشده باشد ، مطابق استاندارد می توان مقدار آن را برابر ۲۵ ٪ جریان نامی قطع اتصال کوتاه کلید انتخاب کرد .

۸-۵-۲۱ . زمان قطع نامی

بر اساس تعریف ، زمان قطع نامی کلید عبارت است از فاصله زمانی بین صدور فرمان به بوبین قطع کلید تا خاموش شدن قوس الکتریکی در کلید . با توجه به اثرات مخرب قوس الکتریکی در کنتاکتها و گاز یا مایع داخل محفظه قطع کلید و همچنین نیروهای ناشی از تداوم جریان اتصال کوتاه و اثرات ادامه این جریان در پایداری شبکه (بخصوص در مورد ولتاژهای بالا) اساسا کاهش این زمان همواره مورد نظر استفاده کنندگان و سازندگان بوده و هست که البته در این مورد گذشته از نیازهای سیستم ، امکانات سازندگان نیز بایستی مورد نظر قرار گیرد .

کلید های ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت فعلی ساخت اکثر سازندگان دارای زمان قطع نامی ۲ سیکل بوده که در حال حاضر در شبکه کشور نصب و در حال بهره برداری می باشد . بدیهی است زمان کمتر از آن ارجحیت دارد .

۸-۵-۲۲ . مشخصات مکانیزم عملکرد کلید شامل :

الف – نحوه و روش عملکرد

منظور از روش عملکرد این است که آیا کلید توسط مکانیزم دستی و یا مکانیسم موتوری عمل خواهد کرد ، که با توجه به نیاز به عملکرد اتوماتیک کلید در شرایطی که سیستمهای حفاظتی به کلید فرمان می دهند لازم است عملکرد به شکل موتوری باشد .

ب – تعداد و نوع کنتاکت های کمکی اضافی

به منظور امکان ارتباط عملکرد کلید با سیستمهای حفاظت و کنترل لازم است که تعدادی کنتاکت کمکی اضافی علاوه بر آنچه توسط مدارات کنترل خود کلید توسط سازنده مورد استفاده قرار می گیرد اختصاص داده شود . در این مورد نوع این کنتاکت ها (N/O یا N/C) و تعداد آنها با توجه به سیستمهای حفاظتی و کنترل هر پست خاص بایستی به سازنده کلید اعلام گردد .

ج – ولتاژ و فرکانس تغذیه

تغذیه موتور مکانیزم عملکرد کلید می تواند توسط دو ولتاژ متناوب یا مستقیم انجام گیرد . معمولا در صورتیکه ولتاژ متناوب مطمئن در پست موجود باشد (حداقل دیزل ژنراتور اضطراری در

پست وجود داشته باشد) ولتاژ تغذیه از نوع متناوب انتخاب می گردد ولی درصورتیکه به هردلیل به ولتاژ متناوب اطمینان کافی نباشد ولتاژ تغذیه از نوع مستقیم انتخاب می شود ، که با توجه به تعداد کلیدها در پست عیب این کار بزرگ شدن سیستم جریان مستقیم و صرف هزینه زیاد برای سیستم باطری و شارژ و توزیع ولتاژ مستقیم می باشد .

۸-۶ . محاسبات اتصال کوتاه

۸-۶-۱ . مقدمه

تعیین مقادیر جریان اتصال کوتاه و قدرت اتصال کوتاه در یک پست جهت انتخاب تجهیزات و طراحی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است .

مقدار جریان اتصال کوتاه جهت تنظیم کردن رله‌ها و بدست آوردن قدرت قطع کلیدها و قابلیت تحمل و جریان اتصال کوتاه در بقیه دستگاهها و همچنین انجام محاسبات مکانیکی در باس بارها و سیم‌ها و اتصالات و بطورکلی کلیه قسمتهایی که جریان اتصال کوتاه از آن عبور می‌کند ، مورد توجه قرار می‌گیرد ، از انواع اتصال کوتاهها ، اتصال کوتاه یک فاز به زمین بیشتر از بقیه حالات درشبکه اتفاق می‌افتد . اما اتصال کوتاه سه فاز یا سه فاز با زمین از حالات دیگر مهمتر بوده و محاسبات مربوط به انتخاب جریان اتصال کوتاه و تجهیزات برای این حالت انجام می‌گیرد . قدرت اتصال کوتاه سه فاز نیز از رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$S_{Sc} = \sqrt{3}.V.I_{Sc} \times 10^{-6} (MVA)$$

قدرت اتصال کوتاه را سطح اتصال کوتاه نیز می‌گویند ، جریان اتصال کوتاه بستگی به قدرت ژنراتورهای موجود در شبکه امپدانس معادل بین نقطه ایجاد و منبع تغذیه دارد . جریان اتصال کوتاه از نظر حرارتی و مکانیکی مورد توجه قرار می‌گیرد و نیروهای حاصله از جریان اتصال کوتاه باید در نظر گرفته شود .

۸-۶-۲ . محاسبات اتصال کوتاه

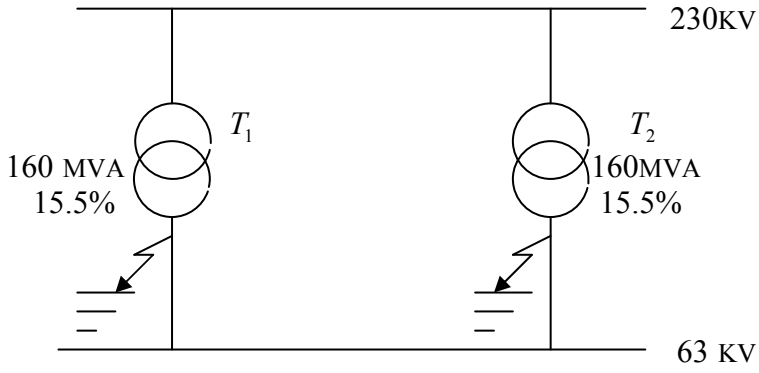
محاسبات در دو حالت صورت می‌گیرد :

۱- اتصال کوتاه بعد از ترانس

۲- اتصال کوتاه قبل از ترانس

۱- اتصال کوتاه بعد از ترانس

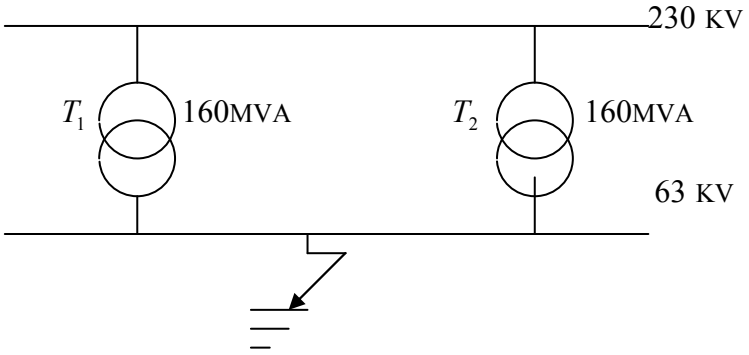
الف) روی هر یک از شینه‌ها :



$$S_1 = \frac{160 \times 100}{15.5} = 1032 MAV \qquad I_{SC_1} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \times U_L} = \frac{1032}{\sqrt{3} \times 63} = 9.46 KA$$

$$S_2 = \frac{160 \times 100}{15.5} = 1032 MAV \qquad I_{SC_2} = \frac{S_1}{\sqrt{3} \times U_L} = \frac{1032}{\sqrt{3} \times 63} = 9.46 KA$$

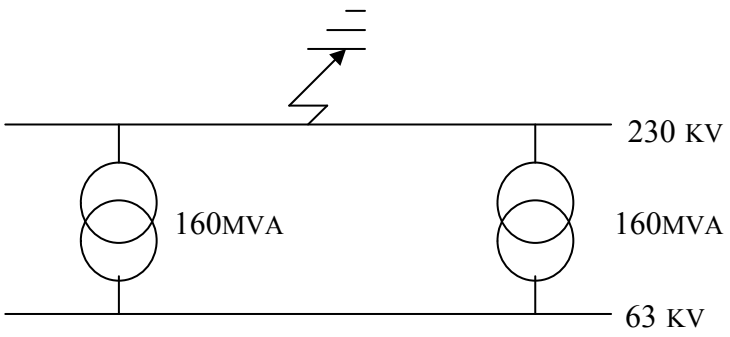
ب) بر روی خط واصل به شینه‌ها :



$$S_D = S_1 + S_2 = 1032 + 1032 \Rightarrow S_D = 2064 MVA$$

$$I_{SC_D} = \frac{S_D}{\sqrt{3} \times 63} = \frac{2064}{\sqrt{3} \times 63} = 19KA$$

۲- قبل از ترانس



با فرض جریان اتصال کوتاه $I_{Sc_E} = 60KA$ به ترتیب زیر اتصال کوتاه بدست می‌آید :

$$S_{Sc} = \sqrt{3} \times 60 \times 230 = 23.9MVA \approx 24MVA$$

۸-۷ . معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کلیدهای قدرت

بریکر یا همان کلید قدرت در یک پست فشار قوی نقش اصلی در قطع و وصل نمودن و وارد و خارج کردن نیروگاهها و مصرف‌کننده‌ها و خطوط انتقال را بعهده دارد و بایستی دارای مشخصات زیر باشد :

ـ در حالت عادی که کلید بسته است باید جریان نامی را از خود عبور بدهد .

ـ امکان انجام مانور در وارد و خارج کردن مدارها در شبکه را براحتی داشته باشد و جریان نامی را بدون اشکال قطع کند .

ـ در حالتی که کلید باز است اختلاف ولتاژ موجود دو طرف کلید را بطور دائمی تحمل کند در موقع بازشدن کلید نیز اضافه ولتاژهای موقتی را تحمّل نماید .

ـ در موقع اتصال کوتاه باید در سریعترین زمان پس از دریافت فرمان قطع جریان اتصال کوتاه را قطع و قسمت معیوب را از شبکه جدا نماید .

۸-۹ . انتخاب کلیدهای قدرت پست ۲۳۰/۶۳ کیلوولت کرج

با توجه به جداول آخر فصل داریم :

الف) طرف ۲۳۰ کیلوولت

جریان نامی: $I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n} = \frac{160\times10^6}{\sqrt{3}\times230\times10^3} \approx 402(A)$

با در نظر گرفتن توسعه پست و اطمینان بیشتر : جریان نامی را 1.2 اضافه در نظر می‌گیریم

$I_n = 1.2\times402 \approx 483(A)$

با توجه به استاندارد $IEC\ 56$ و مطابق جدول کلید را با مشخصات زیر انتخاب می کنیم :

$U_n = 245kv$

$I_n = 2000(A)$

$I_{sc} = 40KA$

ب) طرف ۶۳ کیلوولت

$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n} = \frac{160\times10^6}{\sqrt{3}\times63\times10^3} \approx 1467(A)$

با در نظر گرفتن توسعهٔ پست و اطمینان بیشتر:

$I_n = 1.2\times1467 \approx 1760(A)$

با توجه به استاندارد $IEC\ 56$ و مطابق جدول موجود ، کلید با مشخصات زیر انتخاب می شود :

$U_n = 72.5kv$

$I_n = 2000(A)$

$I_{sc} = 31.5KA$

بریکر *63kv* پست کرج

Pars Switch *Made in IRAN*

Under ABB Switchgear Licence

Circuit-breaker type EDF SK 1-1	*Operating device type SFA 1-F*
No 310322	*No 300322*
Voltage 72.5 kv	*Breaking current 31.5 KA*
Insulation Level 325.140 kv	*DC-Component 40 %*
Frequency 50 HZ	*First – pole-to-clear factor 1.5*
Normal current 2500A	*Making current 79 KA*
Gas pressure SF_6 abs$(+20^\circ c)$	*Short-time current 3Sec 31/5 KA*
MAX working pressure 0.9 M pa	*Mass total 873 kg*
Filling 0.7 M pa	*Mass of gas 2.5 kg*

Signal 0.62 M pa	*Ruies I E C 56*
Blocking 0.60 M pa	*Operating sc ℓ unce 0-0.3s-co-3min-co*
Volume per pole 18 L	*Year of manufctur 1997*

بریکر *63kv* کیلو ولت

Pars Switch *Made in IRAN*

Under ABB Switchgear Licence

Circuit-breaker type HPL 245/31B1	*Operating device type BLG 1002 A*
No 210166	*No 200390*
Voltage 245 kv	*Breaking current 40 KA*
Insulation level	*DC – Component 53 %*
Lightning imp- with – voltage 1050kv	*First – pole – to – clear factor 1.5*
Swiching imp- wich – voltage 1050kv	*Making current 100 KA*
Power freℓuency with – voltage 460kv	*Short – time current 3S 40KA*
Freℓuency 50 HZ	*Line charging breaking current 125 A*
Gas pressure SF6 abs(+20°c)	*Mass total 3×1266 kg*

Normal current 3150A	*Mass of gas 18 kg*
MAX working pressure 0.8 M pa	*Ruies I EC 56 / 1987*
Filling 0.50 M pa	*Operating se ℓ unce o-0.3s-co-3min-co*
Signal 0.45 M pa	*Temperature class* $-30^{\circ}c$
Blocking 0.43 M pa	*Year of manufctur 2002*
Volume per pole 190L	