بخش دوم: کلیدهای فشارقوی

مدرس: دکتر علی کریمی

انواع کلید

❖ کلید قدرت (دژنکتور، مدار شکن، Circuit Breaker):

- ✓ قابلیت عبور جریان نامی بصورت دائمی؛
- ✓ قابلیت عبور جریان اتصال کوتاه نامی در زمان معین و قطع سریع آن؛
- ✓ قابلیت تحمل ولتاژهای بوجود آمده در سیستم مطابق BIL انتخابی (در شرایط بازبودن کلید نیز، باید قادر به تحمل ولتاژ بین کنتاکتها باشد)؛
- ✓ جهت ایجاد قابلیت های فوق، کلیدهای قدرت باید مجهز به محفظه قطع (که Arcing Chamber نامیده می شود و عمل باز و بسته شدن بریکر قابل مشاهده نیست) و مکانیزم فرمان مناسبی جهت قطع سریع قوس ایجاد شده بین کنتاکتها در زمان وصل و به ویژه قطع اتصال کوتاه باشند.

❖ سکسیونر (کلید غیر قابل قطع زیر بار، Disconnecting Switch)؛

- ✓ قابلیت عبور جریان نامی را در شرایط محیطی بصورت دائمی داشته باشد، به نحوی که دمای آن از حد مجاز تجاوز نکند؛
- ✓ قابلیت عبور جریان اتصال کوتاه را تا مدت زمان مشخص و بدون اضافه حرارت داشته باشد؛
- ✓ قابلیت تحمل ولتاژهای بوجود آمده با توجه به BIL را داشته باشد و در شرایط قطع باید قادر به تحمل ولتاژ بین کنتاکتها باشد؛
- ✓ سکسیونرهای مورد استفاده در شبکه انتقال معمولا مجهز به محفظه قطع نبوده و غیرقابل قطع و وصل زیر بار هستند؛

❖ سکسیونر قابل قطع زیر بار (Load Break Switch)؛

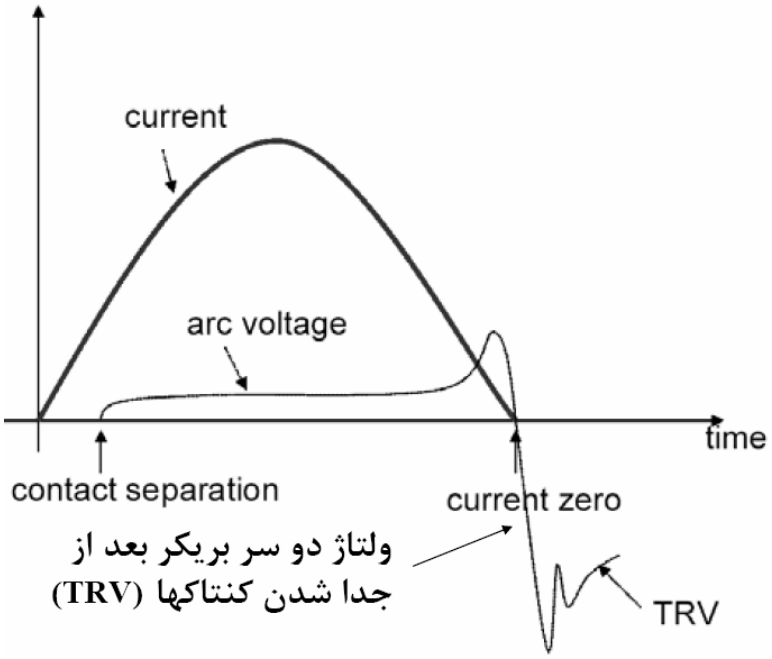
- ✓ دارای مکانیزم جرقه گیر است و قادر است جریان های تا حد بار نامی را قطع و وصل نماید؛
- ✓ با توجه به اینکه قادر به قطع جریان اتصال کوتاه نیست به همراه فیوز استفاده می شود (کلید-فیوز)
- ✓ کاربرد آن بیشتر در سیستم های توزیع و در کنار ترانس های توزیع است.

❖ استانداردهای کلید

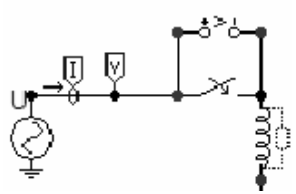
- IEC 60056-1978 , IEEE C37.04-1999, IEEE C37.06-1997, IEEE C37.09-1999, IEEE C37.010-1999, IEEE C37.015-1993

❖ عملیات قطع مدار توسط کلید

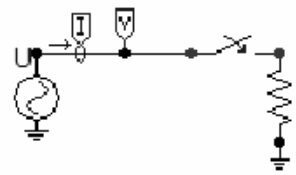
- ✓ بعد از جدا شدن کنتاکتهای کلید، قوس الکتریکی تشکیل می شود؛
- ✓ بعد از صفر شدن جریان، قوس الکتریکی بین کنتاکت های کلید قطع می شود. در این لحظه با توجه به ساختار شبکه دو طرف کلید قدرت، ولتاژ گذرایی به نام TRV (Transient Recovery Voltage) دو سر مدارشکن تشکیل می گردد.
- ✓ عملیات قطع وابسته به نوع جریان کلید (اهمی، خازنی و سلفی) است و این جریان در اندازه TRV موثر است؛
- ✓ هر چه TRV در لحظه صفر جریان کمتر باشد، قوس راحتتر خاموش می شود و امکان برگشت آن نیز کمتر می باشد؛



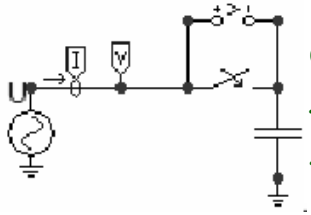
قطع کلید در مدارهای مختلف



- در قطع سلف خالص که ولتاژ و جریان آن ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند، در لحظه صفر جریان که قوس خاموش می شود پیک ولتاژ شبکه دو سر مدارشکن قرار می گیرد که شرایط بسیار سختی را برای خاموش ماندن قوس الکتریکی ایجاد می کند، زیرا در این مدت کوتاه، باید ماده عایقی بین کنتاکت ها، خنک و دیونیزه گردد و در صورتیکه این امر امکان پذیر نباشد، قوس الکتریکی برمی گردد.



- در بار مقاومتی خالص، ولتاژ و جریا ن هم فازند، لذا در لحظه صفر جریان که قوس الکتریکی خاموش می شود، ولتاژ دو سر کلید نیز صفر بوده و به تدریج افزایش می یابد. بنابراین زمان زیادی برای احیاء ماده عایقی بین کنتاکت های کلید و قطع موفقیت آمیز قوس الکتریکی وجود دارد.



- در قطع خازن خالص که ولتاژ و جریان آن ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند، در لحظه صفر جریان که قوس خاموش می شود پیک ولتاژ شبکه دو سر خازن و مدارشکن وجود دارد. بعد از خاموش شدن قوس و قطع ارتباط خازن از شبکه، خازن این ولتاژ را در خود ذخیره نموده و لذا در این حالت ولتاژ دو سر مدارشکن از مقدار صفر به تدریج افزایش یافته و شیب TRV بزرگ نمی باشد.

تمرین شماره ۱ (مهلت تحویل: هفته آینده)

الف) با استفاده از یکی از نرم افزارهای EMTP، PSCAD و یا MATLAB، وضعیت قطع کلید را در مدارهای مختلف اهمی، سلفی و خازنی بررسی و تحلیل نمایید.

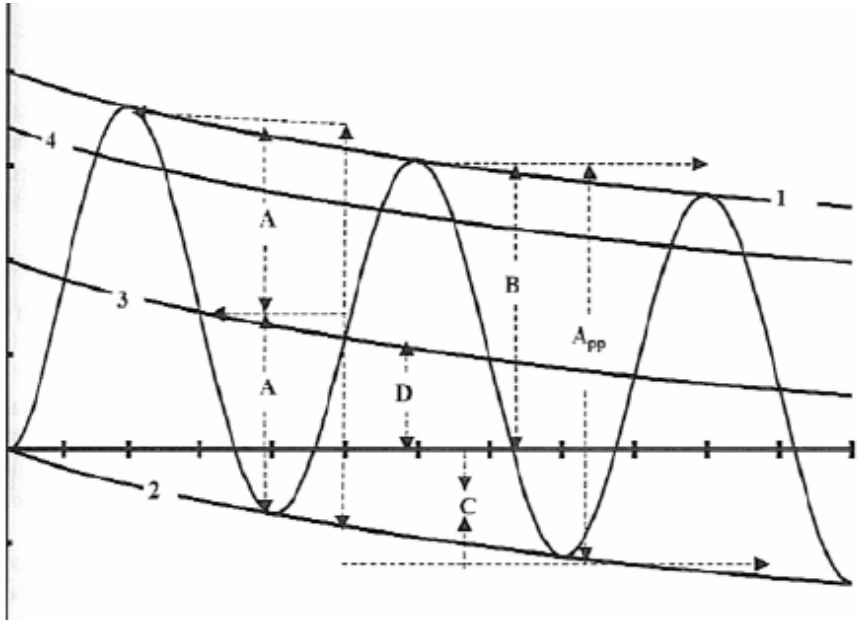
ب) در یک مدار RL، با بررسی حالت های مختلف، پیشنهاد شما برای قطع کلید در چه زمانی مناسبتر است؟

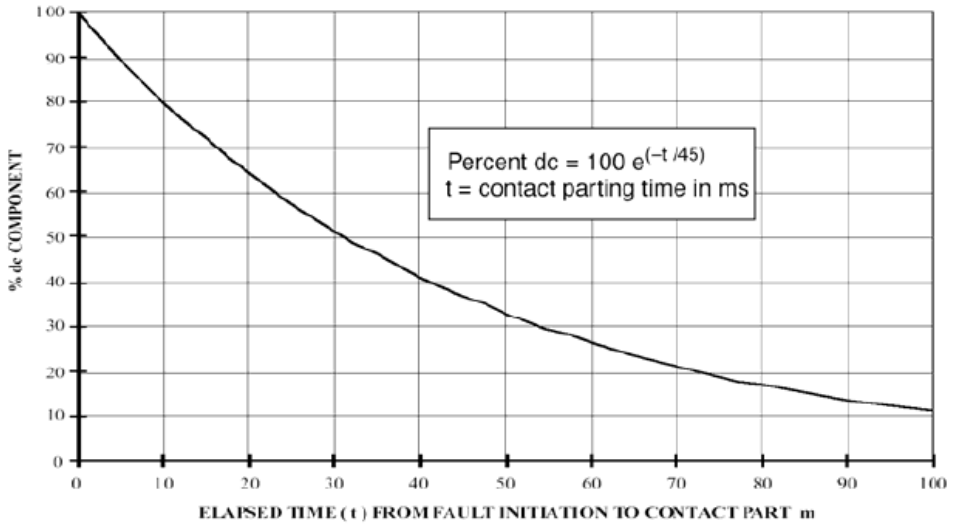
قطع جریان اتصال کوتاه

- مشکل قطع جریان اتصال کوتاه شبکه (علاوه بر TRV) این است که به دلیل مولفه DC جریان خطا، مقدار موثر جریان افزایش یافته و از طرف دیگر زمان صفر شدن جریان ممکن است بیشتر از نیم سیکل شده و کلید بایستی قادر به تلف کردن انرژی حرارتی تولیدی در محفظه قطع باشد.

$$i = I_m \sin(wt) + D$$

$$\%dc = \frac{D}{I_m} \times 100$$





Percent dc component of asymmetric current as a function of contact parting time

بخش های مدارشکن

- ❖ مکانیزم خاموش کننده قوس الکتریکی (Arcing Chamber)
- ❖ کنتاکت های مدار شکن (ثابت و متحرک)
- ❖ مکانیزم عملکرد مدارشکن:
  - ✓ موتور الکتریکی و شارژ فنر (متداول ترین، استفاده در مدارشکن های جدید)؛
  - ✓ سییستم پنیوماتیکی (از طریق پتانسیل هوای فشرده)
  - ✓ سیستم هیدرولیکی (با فشار روغن)
- ❖ سیم پیچ های قطع و وصل (Trip coil & Close coil)
  - ✓ برای فرمان قطع و وصل مدارشکن، ولتاژ DC به سیم پیچ ها اعمال می گردد.
- ❖ کنتاکت های کمکی (Auxiliary Contacts) به صورت های N.O و N.C
  - ✓ با تغییر وضعیت مدارشکن، این کنتاکت ها نیز تغییر وضعیت می دهند؛
  - ✓ به منظور استفاده در مدارهای کنترل، حفاظت، آلارم ها و نشانگرهای وضعیت؛
- ❖ مدارهای کنترل مدارشکن (Control Circuits)
  - ✓ در بخش تابلوی کنترل مدارشکن نصب می شوند

مدارشکن ها از نظر خاموش سازی قوس

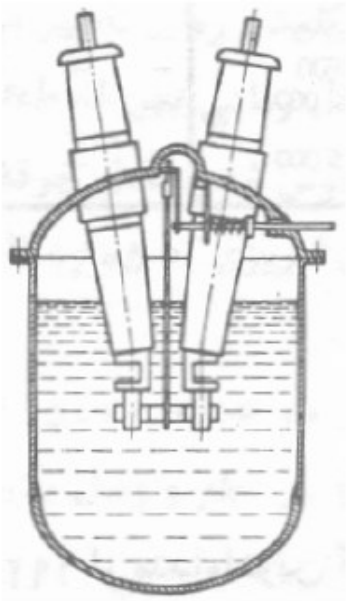
❖ روش های خاموش سازی قوس الکتریکی

- ✓ ازدیاد طول قوس (افزایش سریع فاصله بین کنتاکت ها، استفاده از نیروی الکترومغناطیسی قوی که در کلیدهای کوچک کاربرد دارد)
- ✓ خنک کردن قوس
- ✓ دیونیزاسیون ماده عایقی بین کنتاکت ها و یا جایگزینی آن با عایق خنک و دیونیزه
- ✓ مقطع کردن قوس (چند قطعه کردن قوس در کلیدهای کوچک و یا استفاده از چند محفظه قطع در کلیدهای بزرگ)

❖ انواع مدار شکن:

- ✓ مدارشکن روغنی (Oil CB)
- ✓ مدارشکن کم روغن (Minimum Oil CB)
- ✓ مدارشکن هوایی یا بادی (Air blast CB)
- ✓ مدارشکن خلاء (Vacuum CB)
- ✓ مدارشکن گازی (SF6 CB)

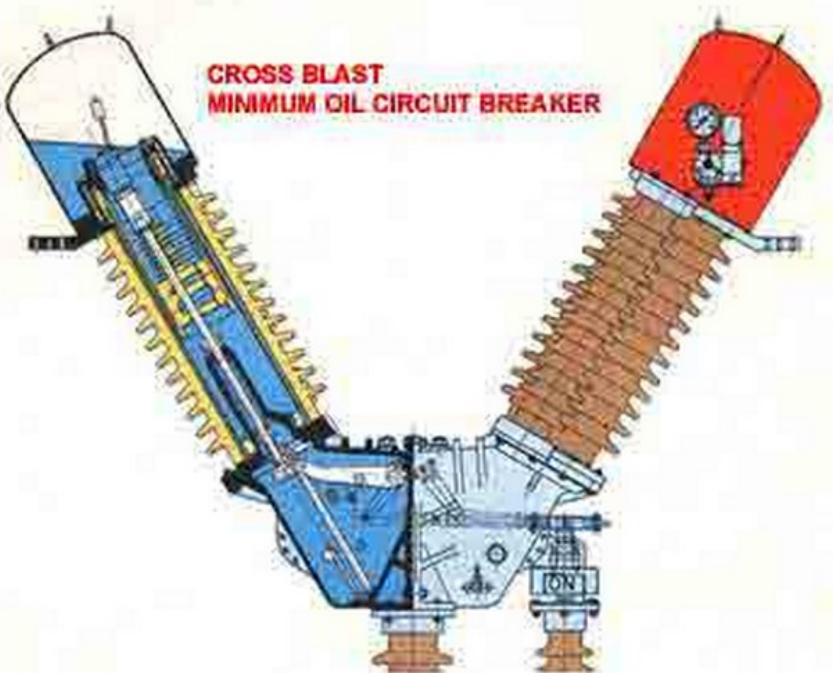
مدارشکن روغنی (Oil CB)

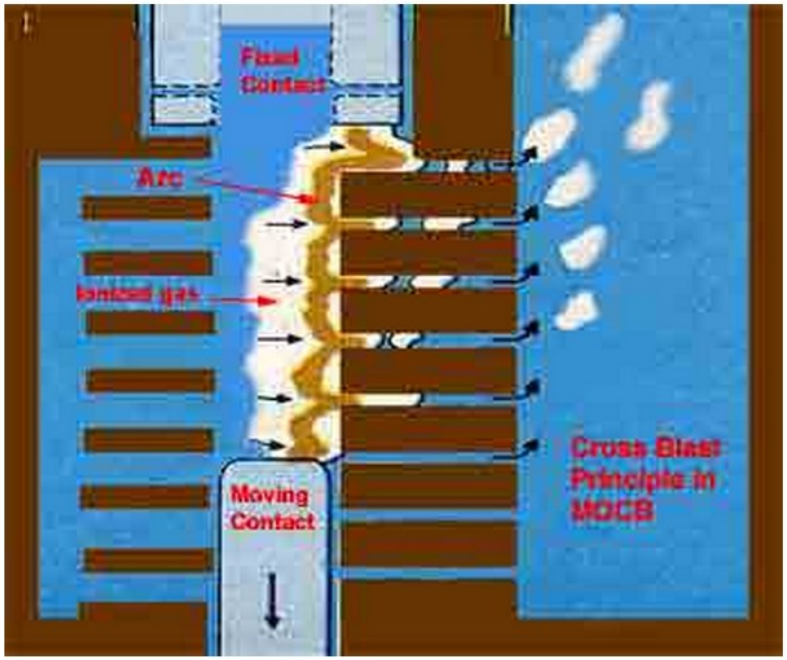


- از روغن به عنوان ماده موثر برای خاموش کردن قوس استفاده می شود؛
- روغن به دلیل دارا بودن ولتاژ تحمل بالا جهت عایق نمودن قسمتهای برقدار از یکدیگر و از بدنه مناسب است؛
- پس از جدا شدن کنتاکت ها، به تدریج فاصله کنتاکتها بیشتر شده و در این مدت انرژی حرارتی قوس صرف تولید گاز در روغن شده تا اینکه در اثر ازدیاد بیش از حد طول قوس، جرقه خاموش می شود؛
- حجم روغن زیاد است (مثلاً در یک مدارشکن ۲۳۰kV، وزن روغن به ۲۰ تن می رسد)؛
- احتمال آتش سوزی وجود دارد و این کلید تقریبا از رده خارج است؛

مدارشکن کم روغن (Minimum Oil CB)

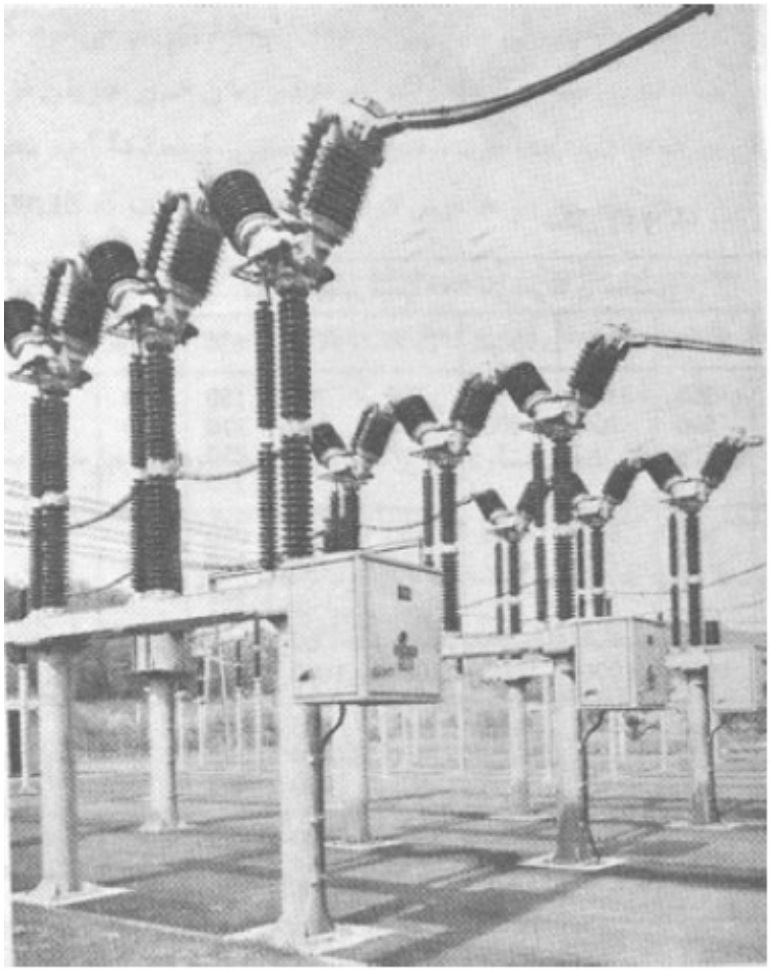
- در مدارشکن های روغنی، از روغن هم به عنوان عایق کاری و هم خاموش کردن قوس استفاده می شود (حجم روغن بالا)، ولی در مدارشکن های کم روغن، فقط برای خاموش سازی قوس استفاده می شود (کمتر از ۱۰ درصد کل روغن لازم است).
- تولید گاز H2 ناشی از تجزیه روغن، نقش مهمی در خنک کردن قوس دارد؛
- وجود قسمتهای مختلف محفظه قطع باعث حرکت عمودی و عرضی روغن و گازهای با دمای کمتر شده که در خنک کردن محل قوس و خروج گازهای یونیزه با دمای بالا اهمیت دارد.
- هر چه شدت جریان بیشتر باشد، عملکرد کلید بهتر خواهد بود و بریکر برای اتصال کوتاه های شدید، موفقتر عمل می کند.
- عیب اصلی آن، از دست رفتن کیفیت روغن پس از چند بار قطع و وصل است.





مدارشکن کم روغن (Minimum Oil CB)

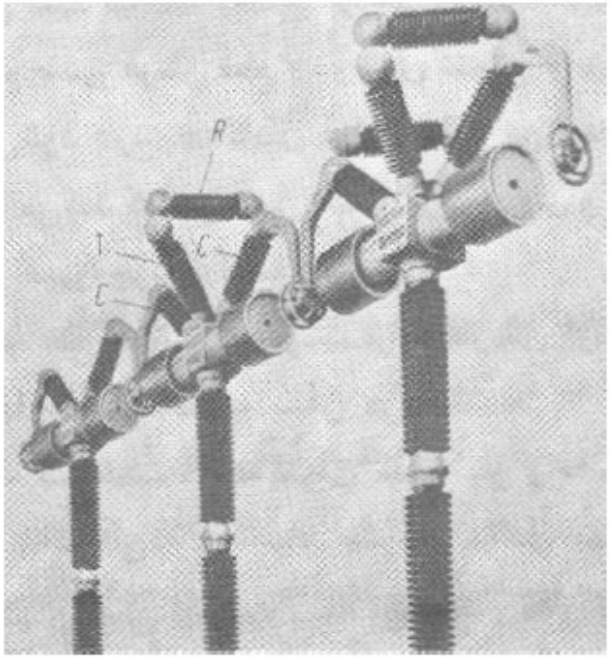
- برای کاهش زمان قطع و وصل در سطوح ولتاژ بالا (معمولا بالاتر از ۱۳۲kV)، از کلیدهای با چند محفظه قطع استفاده می شود که فاصله کنتاکت ها از یکدیگر کمتر بوده و در نتیجه زمان قطع و وصل کاهش می یابد (کلیدهای T و Y شکل و یا اتصال چند کلید از این نوع به یکدیگر).
- در کلیدهای با چند محفظه قطع، به دلیل وجود خازنهای پراکنده، توزیع ولتاژ روی هر محفظه یکسان نبوده و برای تقسیم ولتاژ مساوی، از خازنهای سری بصورت موازی با محفظه قطع استفاده می شود.



مدارشکن هوایی یا بادی (Air blast CB)

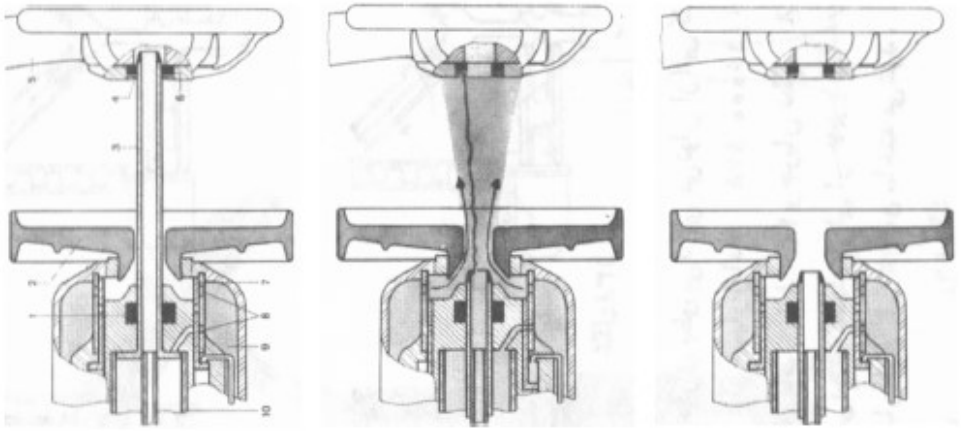
- از هوای سرد فشرده به عنوان ماده موثر خاموش کننده قوس و همچنین عایق بین کنتاکت ها استفاده می شود؛
- هوا توسط کمپرسورهایی همواره تحت فشار معینی نگهداشته می شود. با ایجاد فاصله کم بین کنتاکت ها، هوا با فشار زیاد قوس را فوت کرده و با خنک کردن آن، جابجایی هوای معمولی (عایق) با هوای یونیزه شده و همچنین افزایش طول قوس باعث خاموش شدن آن می شود.
- عیب این نوع کلید صدای بسیار زیاد در موقع عملکرد، نیاز به کمپرسور هوا و لوله های ارتباطی و نیاز به نگهداری بالا و اطمینان از عدم وجود نشتی و قطع جریان قبل از رسیدن به صفر طبیعی و ایجاد اضافه ولتاژ در مدارهای سلفی می باشد.
- برخلاف سایر کلیدها، قدرت قطع در کلید هوایی تابع شدت جریان نبوده و فشار هوای خروجی در تمام مدت عملکرد کلید ثابت است.
- زمان خاموش سازی قوس کمتر از مدارشکن های روغنی است؛
- به دلیل قدرت قطع محدود این روش در ولتاژهای بالاتر از حدود ۱۰۰ کیلوولت، از چند محفظه قطع استفاده می شود.

مدارشکن هوایی یا بادی (Air blast CB)



کلید قدرت ۴۲۰ کیلوولت نوع هوایی با ۶ محفظه قطع

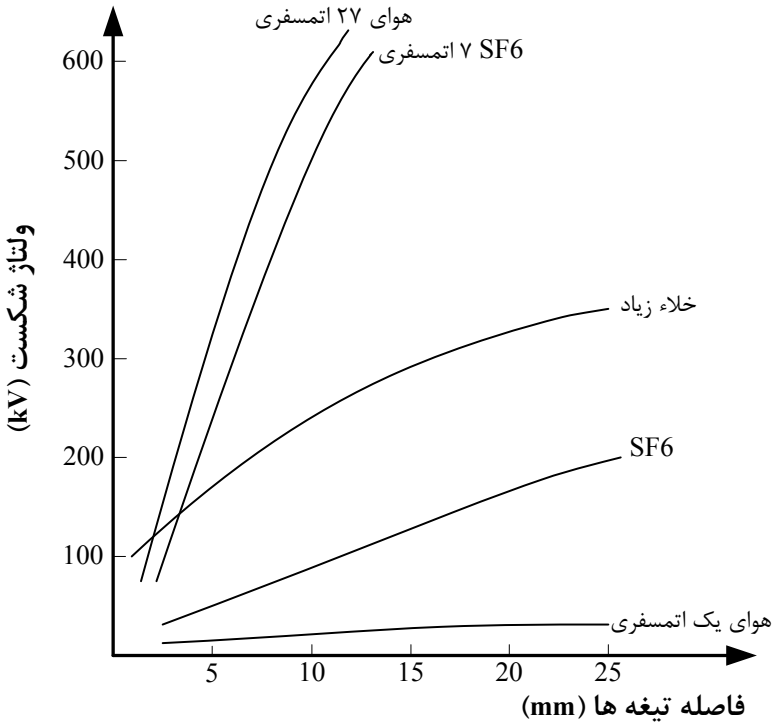
مکانیزم قطع کلید هوایی



حالت قطع | ایجاد قوس و دمیدن هوای فشرده به آن | حالت وصل

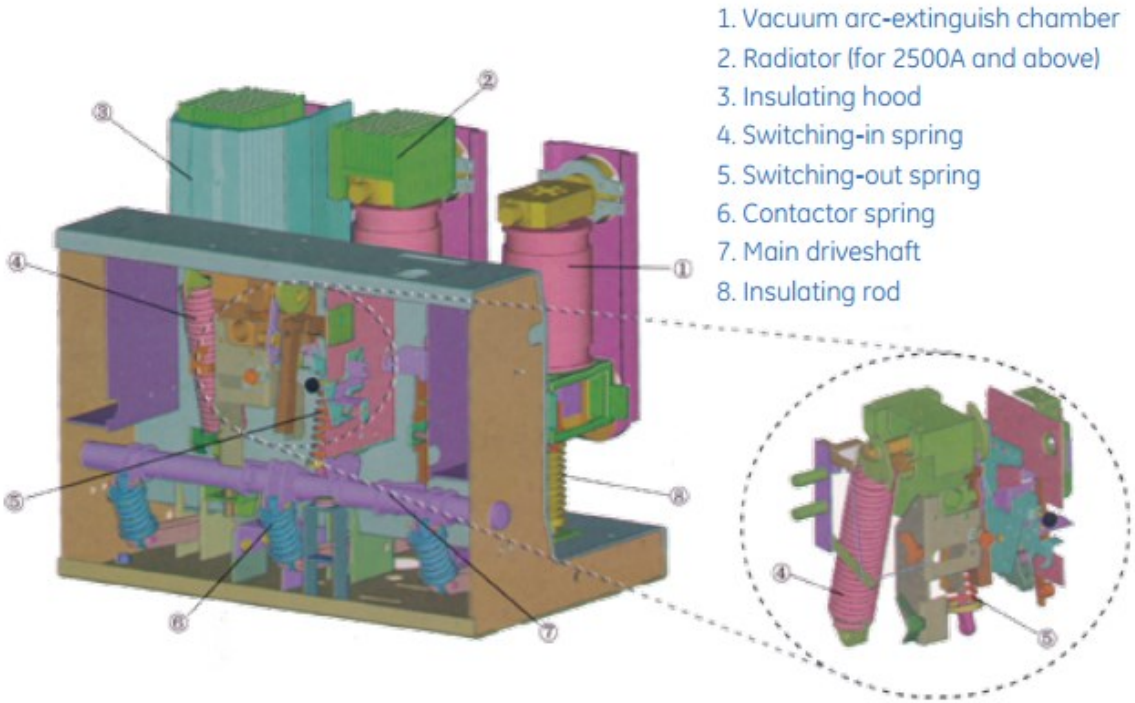
مدارشکن خلاء (Vacuum CB)

- با توجه به اینکه حامل های باردار (از جمله الکترون های آزاد) باعث هدایت جریان و ایجاد قوس می شود، بنابراین با ایجاد خلا استقامت الکتریکی بالا می رود؛
- به دلیل عدم وجود ماده در بین کنتاکت ها به نظر می رسد نباید قوس تشکیل شود (الکترون آزاد وجود ندارد)، ولی عملا به دلیل دمای شدید ناشی از عبور جریان سوزنی از سطح کنتاکت ها و ایجاد بخار فلز، جرقه در هنگام قطع کنتاکت ها بوجود می آید. لذا منحنی ولتاژ شکست در این حالت به جنس کنتاکت بستگی دارد.
- حجم مدارشکن های خلا به مراتب کمتر از سایرمدارشکن هاست.
- زمان قطع کم بوده که باعث محدود شدن انرژی قوس می شود.
- نیاز به تعمیر و نگهداری کمتری دارد.
- به دلیل مشکلات فنی، عمدتا در سطح ولتاژ فشار متوسط (تا ۳۶kV) و گاهی تا ۶۳kV استفاده می شوند و عمر بیشتری نسبت به سایر کلیدها دارند.



مدارشکن خلاء (Vacuum CB)

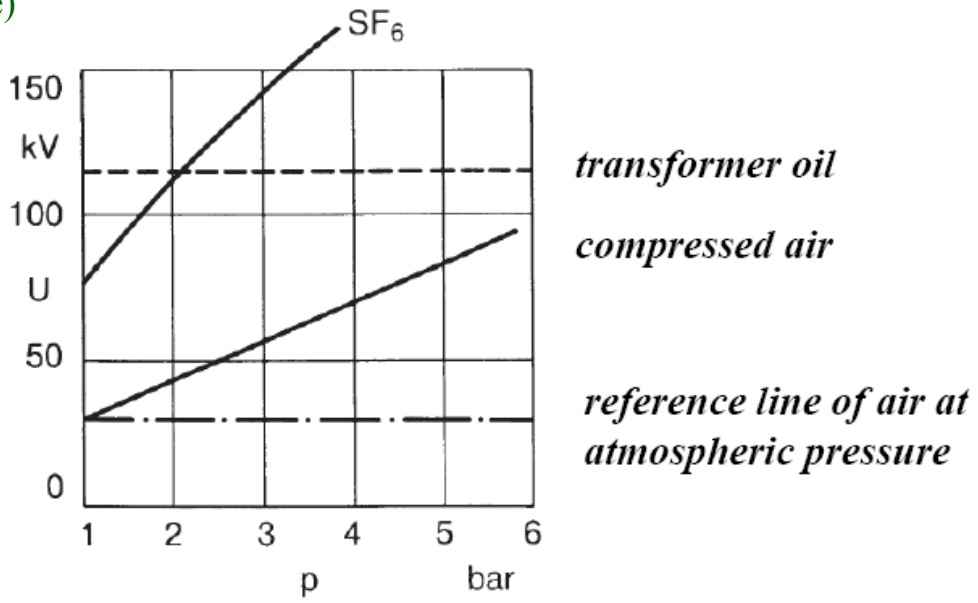
- حاصل ضرب di/dt قبل از صفر جریان در dv/dt ولتاژ بازیابی بعد از صفر جریان، می تواند به عنوان قدرت قطع کلید تلقی گردد و از این جهت مدارشکن خلا دارای قدرت قطع بالاتری نسبت به سایر مدارشکن هاست.
- کلید خلا به دلیل زمان Recovery ناچیز بعد از قطع قوس در صفر جریان، قادر به قطع جریانهای فرکانس بالا می باشد که می تواند در مدارهای با فرکانس بالا مورد استفاده قرار گیرد.



مدارشکن گازی (SF6 CB)

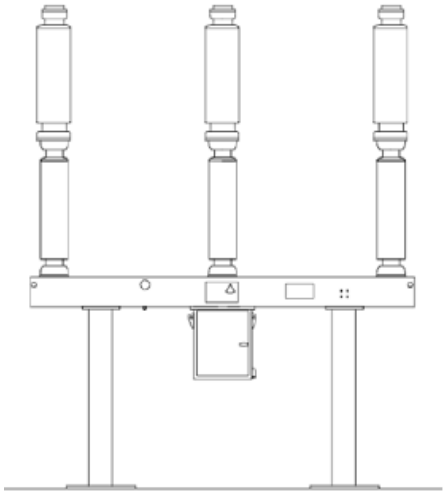
- هگزا فلوراید سولفور (SF6) هم به عنوان خاموش کننده قوس و هم عایق کننده در مدارشکن استفاده می شود.
- گازی الکترونگاتیو و با جذب الکترونهای آزاد، با استقامت الکتریکی سه برابر هوا، بدون رنگ و بو، غیرسمی، غیرقابل اشتعال و ۵ برابر هوا وزن دارد.
- در دمای نرمال بهره برداری از پست میل به ترکیب با فلزات مورد استفاده در تجهیزات (نظیر مس، آلومینیوم و آهن) را ندارد و لذا خوردگی ایجاد نمی کند.
- در کابل ها، کلیدهای قدرت و پست های GIS کاربرد دارد.

Breakdown strength of insulation materials; U (a.c. voltage) with electrode distance 38 mm in function of the pressure

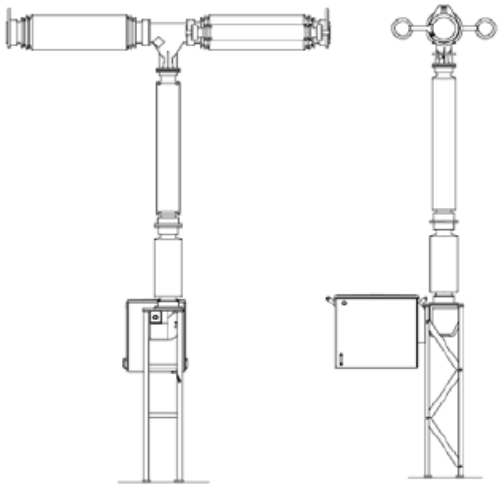


مدارشکن گازی (SF6 CB)

- در فشار پایین استقامت الکتریکی گاز SF6 به مراتب بیشتر از هوا بوده و در فشارهای بالا از روغن نیز بیشتر است.
- در مدارشکن های SF6، در حالت عادی فشار گاز در تمام قسمت ها یکسان است؛ با قطع یا وصل کلید که کنتاکت متحرک بصورت تلسکوپی در داخل کنتاکت ثابت حرکت می کند، فشار گاز SF6 در محفظه قطع افزایش یافته و به هنگام برقراری قوس در زمان قطع، گاز با فشار بالا به محل قوس دمیده می شود.
- هم اکنون از این مدارشکن ها در کلیه سطوح ولتاژ (در ایران، ۲۰ تا ۴۰۰ کیلوولت) استفاده می شود.
- با توجه به کاهش قدرت قطع کلید در اثر افت فشار، لازم است فشار گاز بصورت دائمی اندازه گیری شده و در صورت افت فشار، ابتدا اخطار داده و سپس کلید را قفل نماید که در اینصورت قطع و وصل کلید امکان پذیر نمی باشد؛



Rated voltage 63-132kV



Rated voltage 400kV

نمونه هایی از مدارشکن های گازی در پست ها

a. 63kV CB

b. 230kV CB

❖ دو گزینه برای عملکرد مدارشکن ها:

✓ گزینه اول:

O - t - CO - t'- CO

- O = Open;
- CO = Close-Open;
- t' = 3 min
- t = 0.3sec for circuit breakers rated for rapid reclosing duty and
  = 15sec for circuit breakers not rated for rapid reclosing (IEEE)
  = 3 min. for circuit breakers not rated for rapid reclosing (IEC)

✓ گزینه دوم:

CO - t''- CO

- **t''** = 15 sec for circuit breakers not rated for rapid reclosing

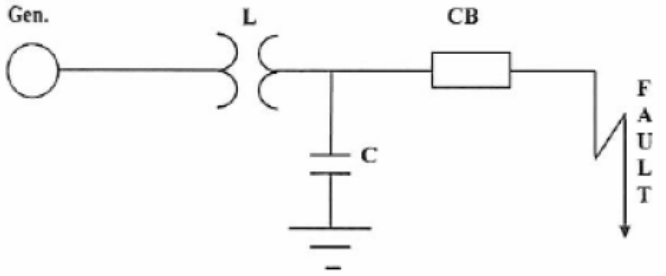
✓ **در کلیدهای** 72.5 **کیلوولت و بالاتر معمولا از توالی عملکرد** O – 0.3sec - CO – 3min - CO **استفاده می شود.**

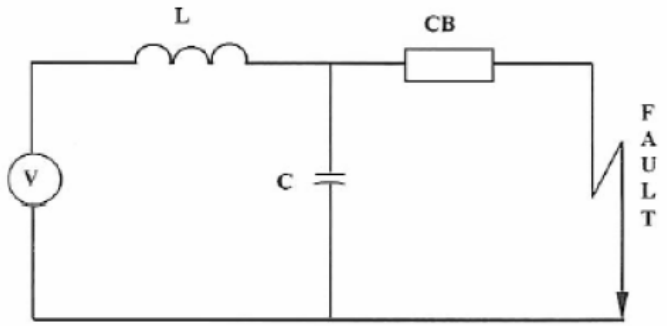
ولتاژ برگشتی در مدارشکن ها

- ولتاژ برگشتی به ولتاژی گفته می شود که پس از قطع جریان، در دو سر تیغه های اصلی مدارشکن به وجود می آید.
- به هنگام باز شدن مدارشکن و قبل از صفر شدن جریان، ولتاژ دو سر تیغه ها ولتاژ قوس است که می توان در برابر ولتاژ شبکه از آن صرف نظر کرد. پس از قطع جریان، ولتاژ پس از حالت های گذرا به حالت ماندگار می رسد که بسته به نوع مدار تا دو برابر ولتاژ شبکه نیز ممکن است برسد.
- از لحظه قطع جریان تا رسیدن به حالت ماندگار، ولتاژ دو سر مدارشکن، ولتاژ گذرای برگشتی یا TRV (Transient Recovery Voltage) نامیده می شود.
- دو تاثیر TRV:

1) پیک آن ممکن است چند برابر پیک شبکه باشد و ستون عایقی بین کنتاکت ها تحمل آن را نداشته باشد و منجر به برگشت قوس (Reignition /Restriking) شود.
2) سرعت افزایش TRV (RRRV: Rate of Rise of Recovery Voltage) از مقدار اولیه که صفر فرض شد تا اولین پیک گذرای آن نیز عامل مهمی در برگشت قوس است (پس از خاموشی قوس، محیط بین تیغه ها بلافاصله قدرت عایقی خود را بدست نمی آورد). در صورتی که سرعت بالارفتن قدرت عایقی محیط تیغه ها از RRRV کمتر باشد، مجددا بین تیغه ها شکست الکتریکی رخ می دهد.

- محاسبات TRV (L معادل اندوکتانس معادل شبکه از محل نصب مدارشکن، C نمایانگر ظرفیت خازنی شبکه و با فرض بدون تلفات):





ولتاژ برگشتی در مدارشکن ها

❖ در شرایط قطع مدارشکن، به دلیل متناوب بودن جریان، جریان در هر سیکل دو بار از صفر می گذرد، در یکی از گذرهای صفر، قوس خاموش می گردد (جریان قطع می گردد). قبل از قطع جریان، خازن نقشی ندارد و جریان سلفی است. پس در صفر جریان، ولتاژ شبکه ماکزیمم است.

❖ ولتاژ دو سر مدارشکن و خازن با هم یکسان است و برابر ولتاژ دو سر قوس می باشد (در مدارهای فشارقوی قابل صرف نظر است).

❖ در مدار LC، انتظار می رود نوسانات بدون میرایی باقی بماند؛ اما در عمل مقاومت اهمی هم وجود دارد که میرایی ایجاد میکند.

$$L\frac{di}{dt}+v_C=V_m\cos\omega t\ \ ,\ i=C\frac{dv_C}{dt}\Rightarrow\frac{d^2v_C}{dt}+\frac{v_C}{LC}=\frac{V_m}{LC}\cos\omega t$$

$$\Rightarrow v_C(t)=\frac{V_m.\omega_0^2}{\omega_0^2-\omega^2}(\cos\omega t-\cos\omega_0 t)\ ,\omega_0=\sqrt{\frac{1}{LC}}$$

معمولا ω_0 از ω خیلی بزرگتر است و $\frac{\omega_0^2}{\omega_0^2-\omega^2}\approx 1$

از طرفی، در زمانی که نوسانات فرکانس طبیعی هنوز میرا نشده، تغییر در جمله $\cos\omega t$ قابل ملاحظه نیست و می توان آن را یک در نظر گرفت:

$$v_C(t)=V_m(1-\cos\omega_0 t)$$

پس ولتاژ دو سر مدارشکن در $t_1=\frac{\pi}{\omega_0}$ به دو برابر ولتاژ شبکه می رسد.

❖ RRRV فاکتور مهمی در مدارشکن محسوب می شود.

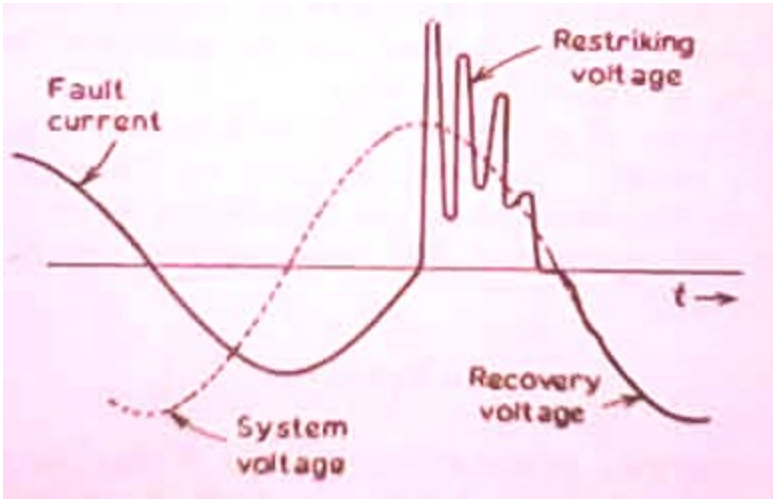
$$RRRV=\frac{2\times V_{peak}}{T/2}=4\times V_{peak}\times f_0$$

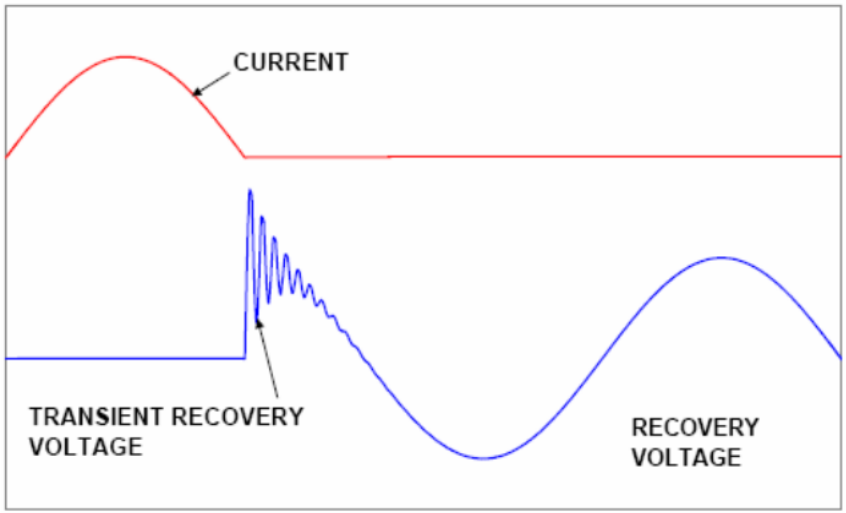
❖ اگر فرکانس طبیعی بزرگ باشد، RRRV هم بزرگ خواهد بود و اگر این سرعت بزرگتر از برگشت قدرت عایقی باشد، شکست رخ می دهد و قوس مجددا برقرار می شود.

ولتاژ برگشتی در مدارشکن ها

❖ به عنوان مثال، اگر L=1mH و ظرفیت خازنی طبیعی شبکه 400PF باشد، فرکانس طبیعی مدار 250kHz خواهد بود.اگر ولتاژ سیستم 13.8kV باشد، میانگین سرعت افزایش ولتاژ برگشتی RRRV در طی نیم پریود اول برابر است با:

$$RRRV = 4 \times V_{peak} \times f_0 = 4 \times \left(\sqrt{2} \times {13.8kV}/{\sqrt{3}} \right) \times 250kHz = 11.3\,kV/\mu s$$





مسائل دیگر در مدارشکن ها

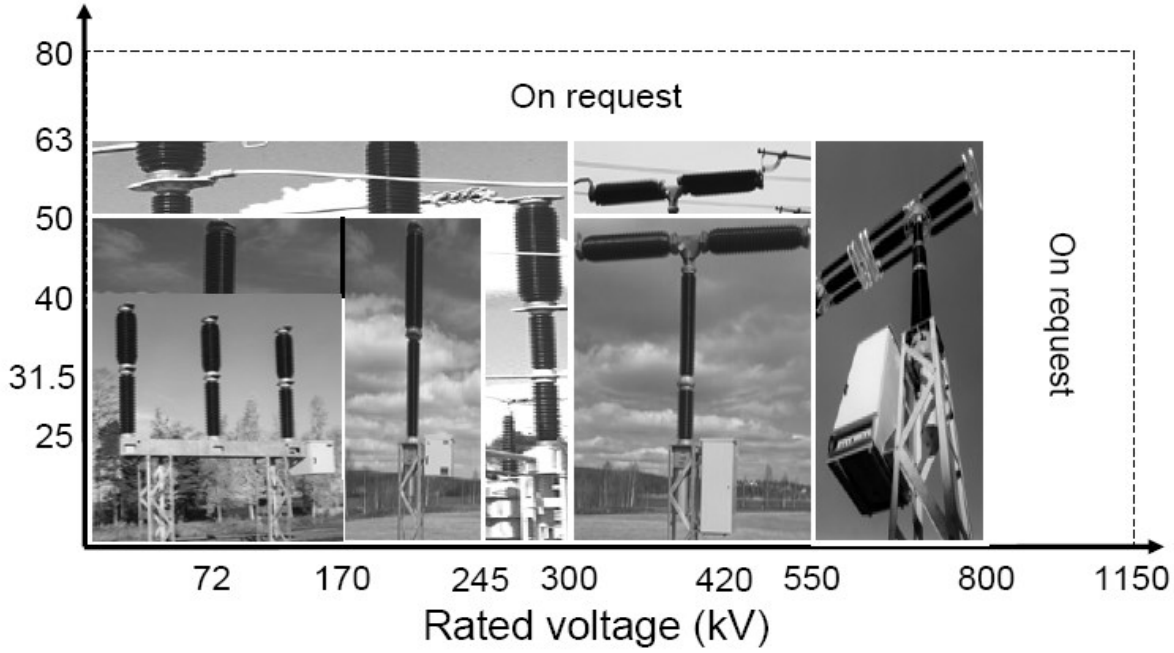
❖ Trip Free

- ✓ در ارسال فرمان تریپ به کلید نباید مانع یا اینترلاکی بجز اطمینان از صحت عمل قطع توسط کلید وجود داشته باشد. مثلا، در کلیدهای SF6 با مکانیزم فنری، با چک کردن شارژ بودن فنر قطع و مناسب بودن فشار گاز SF6 انجام می گردد.

❖ Restrike Free

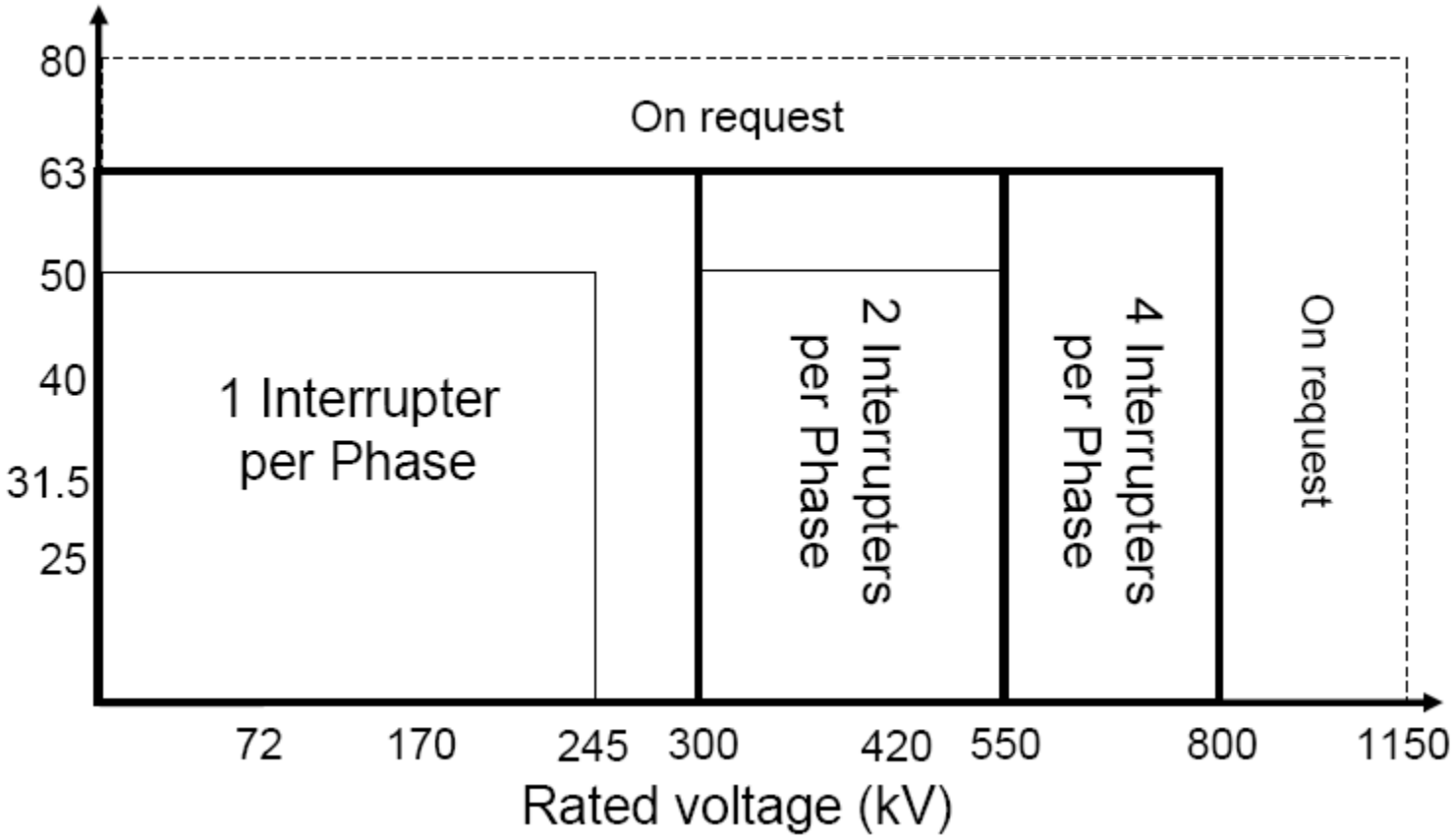
- ✓ در صورتیکه شکست عایقی در محفظه قطع کلید، تا زمان ربع سیکل بعد قطع قوس ایجاد شود به آن Reignition گویند و چنانچه بعد از این زمان اتفاق بیفتد در بار خازنی باعث Recharging خازن شده و جریان بسیار شدیدی از خازن و کلید می گذرد که به شکست عایقی کلید در این حالت Restrike گفته می شود. کلیدهای قدرت باید به نحوی طراحی شوند که این حالت در آنها ایجاد نگردد.

❖ Rated breaking current (kA)



❖ Rated breaking current (kA)

تعداد محفظه قطع کننده



❖ قطع جریان خازنی

✓ کلیدهای 72.5kV و بالاتر باید قادر به قطع و وصل خطوط هوایی سه فاز باشند.

مقادیر در استاندارد IEC:

Rated Voltage [kV]	Rated Line-Charging Breaking Current [A]
72.5	10
145	50
245	125
420	400

✓ کلیه کلیدها باید قادر به قطع جریان شارژ خازنی کابل باشند.

✓ کلیدهایی که برای قطع بانک خازنی مورد استفاده قرار می گیرند باید قادر به قطع جریان شارژ بانک خازنی پشت به پشت در ولتاژ نامی، بدون تجاوز از حداکثر BIL کلید باشند. این جریان مربوط به قطع جریان یک بانک خازنی می باشد در شرایطی که یک یا چند بانک خازنی موازی دیگر به سمت تغذیه کلید متصل باشند.

✓ کلیدهایی که برای قطع بانک خازنی مورد استفاده قرار می گیرند باید قادر به تحمل جریان هجومی وصل خازن در ولتاژ نامی باشند.

مسائل دیگر در مدارشکن ها

❖ جریان قطع بار اندوکتیو کم (Rated Small Inductive Breaking Current)

- ✓ عبارت است از حداکثر جریان سلفی خالص که بایستی در حالات زیر توسط کلید قطع گردد:
  - جریان مغناطیس کننده ترانسفورماتورها
  - جریان مغناطیس کننده موتورها
- ✓ مقدار استانداردی برای این منظور در نظر گرفته نشده است و لذا در صورت لزوم باید با توجه به مشخصات ترانسفورماتور، موتور و یا راکتور شنت تعیین شده و برای بررسی توانمندی کلید در قطع این جریان به سازنده اعلام گردد.

❖ جریان نامی قطع غیر هم فاز (Rated Out of Phase Breaking Current)

- ✓ این جریان برای قطع کلید در شرایطی که شبکه های دو طرف آن غیر سنکرون باشند (ژنراتورها در حالت نوسان توان یا Out of Step)، مشخص می گردد. مقدار حداکثر آن برای حالتی است که ولتاژ دو طرف مدارشکن، اختلاف فاز ۱۸۰ درجه داشته باشند.
- ✓ در چنین شرایطی کلید قدرت قادر به قطع جریان اتصال کوتاه نامی نمی باشد، زیرا مقدار TRV به وجود آمده در سیستم بیشتر از مقدار طراحی شده است.
- ✓ در واقع، کلید قدرت قادر است جریان کمتر از اتصال کوتاه نامی را قطع کند تا حاصلضرب dv/dt*di/dt که بیانگر قدرت قطع کلید است تقریبا ثابت بماند. این مشخصه برای کلید قدرت الزامی نبوده ولی در صورت لزوم مطابق استاندارد برابر ۲۵ درصد جریان نامی قطع اتصال کوتاه در نظر گرفته می شود.

۲) سکسیونر (Disconnector Switch)

- عملیات قطع مدار توسط کلید دو سر کلید قدرت معمولا از سکسیونر استفاده می شود، لذا در صورتی سکسیونر قادر به تغییر وضعیت است که کلید قدرت قطع باشد. با بازکردن سکسیونرهای دو طرف کلید، بدون قطع برق پست می توان نسبت به تعمیر کلید قدرت اقدام نمود.

- هدف از بکارگیری سکسیونر، قطع قابل رویت مدار است تا از قطع بودن مدار اطمینان حاصل شود (جهت اطمینان پرسنل در حین تعمیرات و یا بازرسی های دوره ای و ایمنی آنها لازم است در ولتاژ بالاتر از یک کیلو ولت از سکسیونر نیز استفاده شود و یا قطع بودن مدار قابل رویت باشد).

- وظیفه جدا نمودن شین ها و یا استفاده در شینه بندی چند باسه نیز از دیگر کاربردهای سکسیونر است.

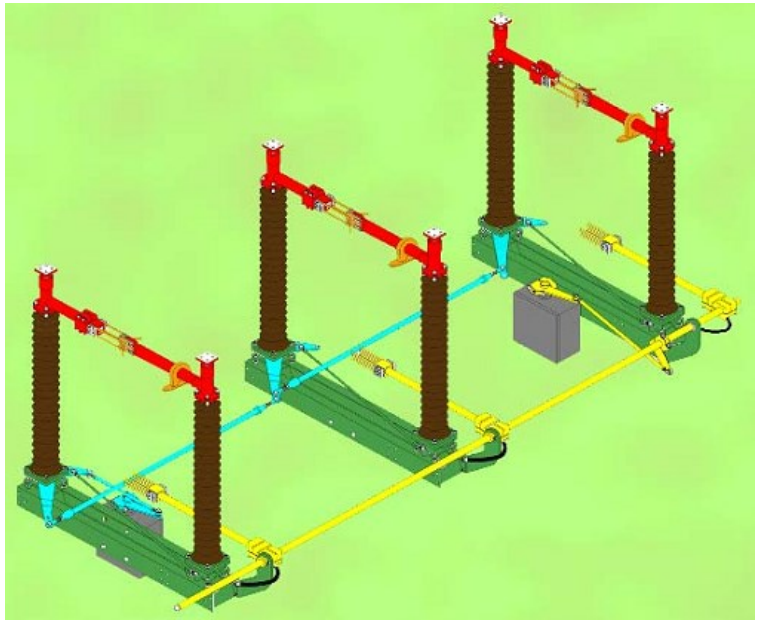
- سکسیونرهای سر خط انتقال مجهز به تیغه زمین است تا بار خازنی خط انتقال را دشارژ نماید. در غیر اینصورت ولتاژ چند ده کیلوولت رو ی خط انتقال باقی مانده و کارکرد روی خط انتقال بسیار خطرناک است. این نوع سکسیونر را «سکسیونر مجهز به تیغه زمین» یا DS/ES (Disconnecting Switch/Earth Switch) می نامند. این تیغه یک اتصال زمین مستقیم (بدون امپدانس) و قابل مشاهده در سر خط انتقال (و یا ثانویه ترانسفورماتور) ایجاد می کند.

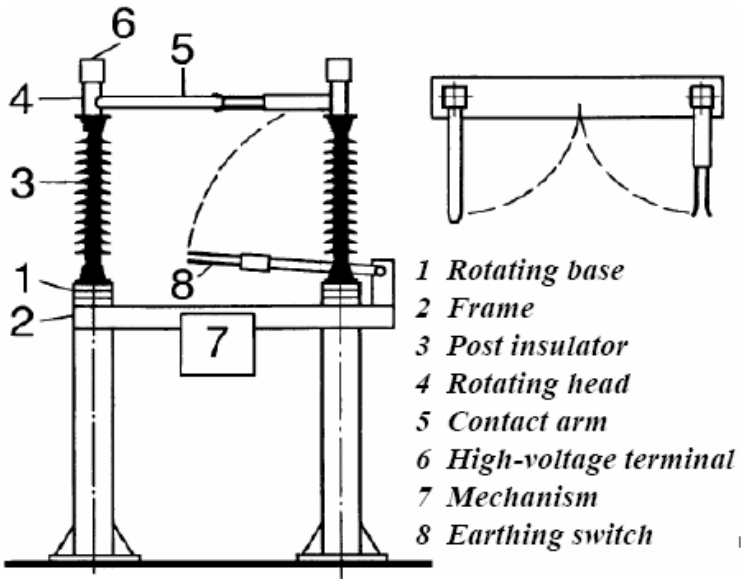
- زمان عملکرد آن نسبتاً طولانی است (بین ۱۰ تا ۳۰ ثانیه).

انواع سکسیونر

۱) سکسیونر دورانی (دو ستونی): Two-Column Rotary Disconnector

- ✓ در سطوح 132kV و بالاتر به طور عمده استفاده می شود؛
- ✓ تیغه حرکت دورانی با گردش ۹۰ درجه؛



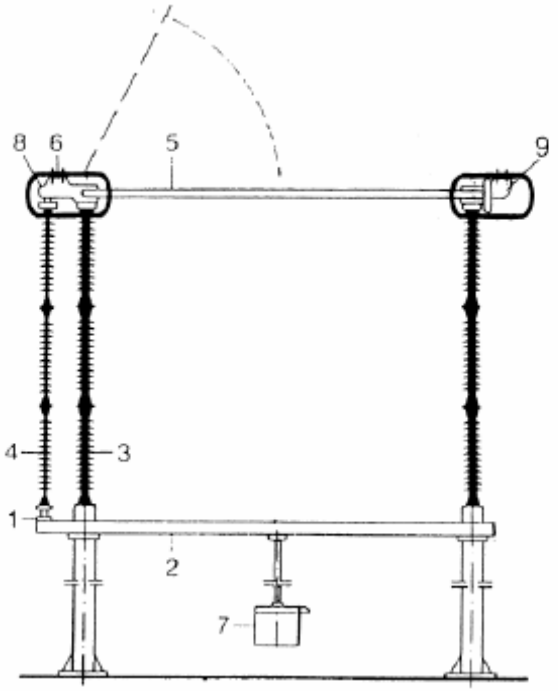


Manual-Operated Mechanism

Motor-Operated Mechanism

۲) سکسیونر دورانی عمودی (دو ستونی): Two-Column Rotary Disconnector

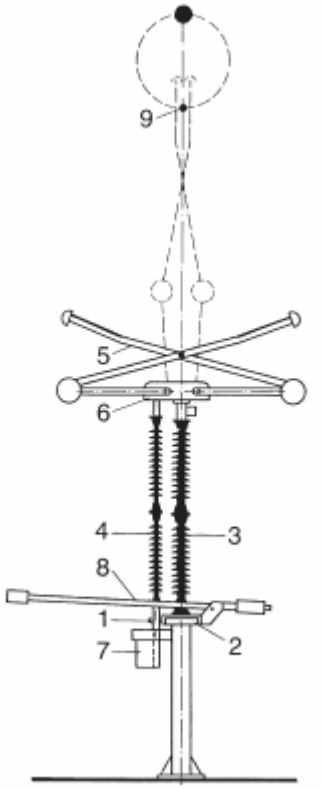
- ✓ در کلیه سطوح ولتاژی استفاده می شود؛
- ✓ حرکت دورانی در صفحه قائم؛



1 Rotary bearing
2 Frame
3 Post insulator
4 Rotating insulator
5 Contact arm
6 High-voltage terminal
7 Mechanism
8 Gearbox
9 Fixed contact

۳) سکسیونر قیچی شکل یا پانتوگراف (تک ستونی): Pantograph Type Disconnector

- ✓ دارای چند تکه بازوی لولایی و دو ترمینال غیر هم سطح در بالا و پایین؛
- ✓ یکی از کنتاکت ها ثابت بوده و دیگری متحرک و بصورت گیره ای است که به باس بار بالا متصل می گردد؛
- ✓ با این نوع سکسیونر که ساختار نسبتا پیچیده تری دارد می توان باس بارها با دو سطح ارتفاع را به یکدیگر متصل نمود والا در جای دیگر کاربردی ندارد.



1 Rotating bearing
2 Frame
3 Post insulator
4 Rotating insulator
5 Pantograph
6 Gearbox
7 Mechanism
8 Earthing switch
9 Fixed contact

انواع سکسیونر

۴) سکسیونر زانویی (دو ستونی): Knee Type Disconnector

- ✓ دارای دو ستون که در یکی از آنها تیغه کنتاکت زانویی قرار می گیرد؛
- ✓ مزیت آن این است که فضای کمتری اشغال می کند (جمع شدن به بالا و ارتفاع آن کمتر)؛

۵) سکسیونرهای دیگر که معمولا کاربرد کمتری دارند؛

نمای سکسیونر در پست

سکسیونر 63kV در یک پست

سکسیونر 230kV در یک پست

نحوه باز کردن

نحوه بستن

بستن در شب

ویژگی های مشترک سکسیونرها

❖ مکانیزم عملکرد دستی یا موتوری

- ✓ تا سطح ولتاژ ۱۳۲ کیلوولت هر دو نوع مکانیزم دستی و موتور ی-دستی مرسوم است و در سطوح ۲۳۰ و ۴۰۰ به دلیل فاصله زیاد از اتاق کنترل تا سکسیونرها، بزرگ بودن سکسیونر و نیاز به نیروی زیاد و ترجیح کنترل سکسیونرها، از راه دور (به ویژه ایجاد قوس به دلیل شارژ خازنی و یا حوادث غیر مترقبه) همواره از مکانیزم موتور ی-دستی استفاده می شود.

❖ تیغه های کنتاکت و ستون های مقره و سایر وسایل جانبی

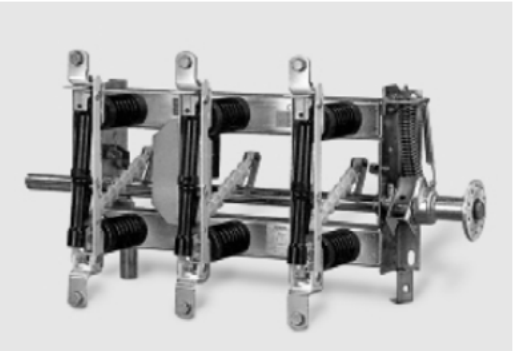
- ✓ تا ولتاژ ۲۳۰ کیلوولت سکسیونر سه فاز بصورت یکپارچه ساخته شده و در سطح ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت به دلیل بزرگ بودن ابعاد تیغه ها و وزن بالا، معمولا بصورت سه واحد مستقل تکفاز ساخته شده که هر فاز دارای مکانیزم فرمان جداگانه ای است تا به راحتی با موتور و نیروی دست قطع و وصل گردد.
- ✓ بین سکسیونر فاز و تیغه ارت، اینترلاک مکانیکی وجود دارد.
- ✓ در مکانیزم موتوری، در صورت عدم برقراری شرایط اینترلاک، امکان ارسال فرمان قطع و وصل به موتور نمی باشد.

❖ تعدادی کنتاکت کمکی (Auxiliary Contacts) N.O و N.C که در مدارهای کنترل،آلارم ها، نشانگرهای وضعیت و اینترلاک ها کاربرد دارند؛

- ✓ به عنوان مثال، دو کنتاکت باز وجود دارد: یکی به محض عملکرد سکسیونر تغییر وضعیت می دهد و دیگری با تاخیر پس از اینکه عملکرد به انتهای خود رسید.

۳) سکسیونر قابل قطع زیر بار (Load Break Switch یا LBS)

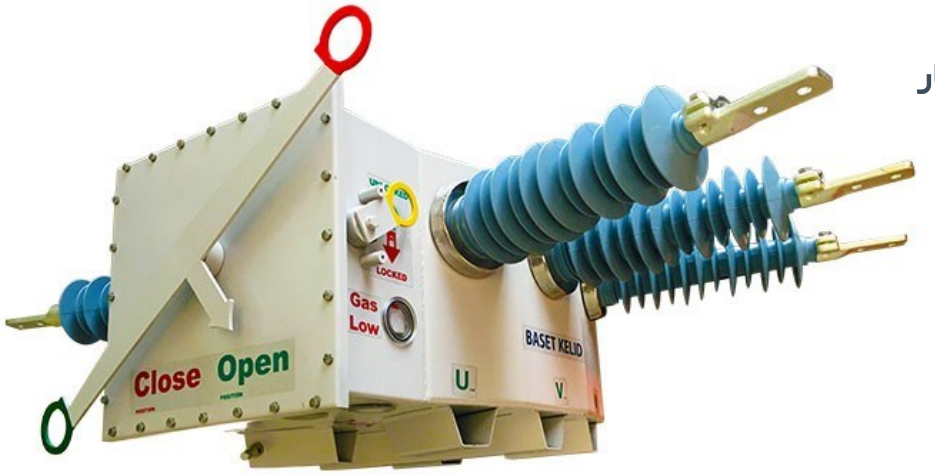
- این سکسیونرها در پست های توزیع و یا خطوط فشار متوسط استفاده می شود و با استفاده از مکانیزم فنری و شکل مناسب کنتاکت ها جهت قطع قوس با شعاع کم، قادر به قطع جریان نامی است (فنر قطع به هنگام عمل وصل دوباره شارژ می شود تا در هنگام قطع بتواند استفاده شود). با توجه به اینکه توانایی قطع جریان اتصال کوتاه را ندارد، معمولا یک فیوز حفاظتی با آن سری می شود.
- بنابراین، این سکسیونر تشکیل یک کلید–فیوز می دهد. در شرایط اتصال کوتاه، فیوز ذوب می شود و از انتهای آن میله فولادی با ضربه به محور نگهدارندهٔ فنر برخورد کرده و آنرا آزاد می کند و سبب باز شدن کلید می کند (پس با هر اتصال کوتاه، ابتدا فیوز قطع شده و سپس کلید باز می شود).



- بدیهی است امکان وصل مدار به صورت خودکار از راه دور (مثل اتاق کنترل) وجود ندارد زیرا تعویض فیوز باید انجام شود و بعد کلید بسته شود.
- معمولا، تا سطح ۳۳kV و برای برقدار کردن ترانس های توزیع تا یک مگاولت آمپر استفاده می شود.

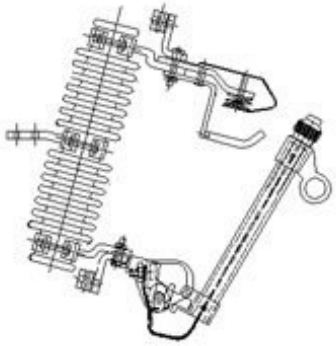
- A disconnector with some optional required modules such as fuses, grounding switches
- Good dielectric properties even under difficult climatic conditions
- Simple maintenance and inspection

انواع دیگری از کلیدهای فشارمتوسط



نمونه ای از سکسیونر گازی هوایی هوشمند قابل قطع زیر بار

❖ Cutout Fuse



- ✓ نظیر سکسیونر می باشد که در آن از فیوز بجای تیغه های سکسیونر استفاده شده است و با مکانیزم دستی قطع و وصل میشود و بعضا قادر به قطع جریان نامی سمت اولیه ترانسفورماتور توزیع هوایی میباشد.
- ✓ جهت جلوگیری از کارکرد شبکه بصورت دو فاز، در صورت سوختن یکی از فیوزها، با فرمان بصورت مکانیکی هر سه فاز قطع خواهد شد.

❖ سکسیونرهای غیر قابل قطع و وصل زیر بار (مانند Cutoutهای تیغه ای)

انواع کلیدهای فشار ضعیف

- کلید قدرت مجهز به رله حفاظتی
  - MCB -
  - MCCB -
  - ACB -
- سکسیونر غیر قابل قطع زیر بار (یا بصورت سری با فیوز)
- سکسیونر قابل قطع زیر بار (یا بصورت سری با فیوز)

MCB (Miniature Circuit Breaker)

- Current ratings 0.5 to 100A at 30 degrees C
- Rated voltage 230 - 400V AC
- Breaking capacity: 16 kA
- Mechanical service life: 20,000 operations
- Add on earth leakage (RCD)
- Manually closed, electrically or manually opened
- undelayed magnetic and delayed thermal trip relays, with fixed setting.
- Capability of mechanically coupled

✓ عملکرد بیمتالی برای حفاظت اضافه بار و عملکرد مغناطیسی جهت حفاظت از اتصال کوتاه

✓ از نظر کاربرد به تیپهای Bروشنایی ، Cموتوری ، D ترانسفورماتوری ، Kقدرت ، Z بسیار حساس تقسیم بندی می گردد.

MCCB
(Moulded Case Circuit Breaker)

- ✓ Designed for In 160 up to 1600A
- ✓ Fixed or withdrawable installation
- ✓ Adjustable or fixed OC/EF relays
- ✓ half cycle operating time in instantaneous operation
- ✓ Electrically Remote control (In some Comp.)

کلید کامپکت یا MCCB دارای رله های مگنتیک و حرارتی
که رله مگنتیک عمل قطع مدار در زمان اضافه جریان
و رله حرارتی قطع مدار در زمان اضافه بار

ACB (Air Circuit Breaker)

- ✓ Designed for rated current up to 3200A
- ✓ Fixed or withdrawable installation
- ✓ Modularity
- ✓ Adjustable OC/EF relays
- ✓ Background Task
- ✓ 1.5~4 cycles operating time in rated short-time withstand current (Icw)
- ✓ Designed for Icw up to 100kA
- ✓ Electrically remote control
- ✓ Mechanical interlock across three CBs
- ✓ IP54

دارای رله هایی که در داخل خود کلید جاسازی شده اند (Built-in)
محفظه‌های جرقه‌گیر بزرگ جهت خاموش کردن جرقه