✓ مراجع

۱. استاندارد IEC
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
- کتابخانه توانیر ← خ ولیعصر بالاتر از میدان ونک، جنب بیمارستان خاتم الانبیا
- کتابخانه پتروشیمی ← خ کریمخان زند، نرسیده به هفت تیر

۲. استانداردهای وزارت نیرو
- مشاور نیرو و بعضی اساتید صنعت برق
- انتشارات توانیر ← میدان ونک، خ برزیل

۳. تجهیزات پست : مسعود سلطانی

۴. Handbook
- Power : ABB
- siemense
- Power : Mc-Graw Hill

✓ سرفصل‌ها

۱. اجزاء تجهیزات پست ۲. انواع پسهای فشارقوی ۳. پارامترهای مهم در انتخاب تجهیزات پست

انتخاب تجهیزات پست
- محیطی
  - حداقل درجه حرارت
  - حداکثر " "
  - ارتفاع
  - آلودگی
  - رطوبت
  - زلزله و ...
- الکتریکی
  - جریان نامی
  - جریان اتصال کوتاه
  - ولتاژ نامی

حداکثر ولتاژ نامی : حداکثر ولتاژی که تجهیزات باشد و آسیب نبینند. مثلاً برای ۲۰KV می‌شود 24KV.

- فرکانس نامی
- سطح عایقی تجهیزات

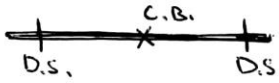
تجهیزات پستهای فشار قوی :

۱. ترانسفورماتور قدرت : یک یا چند هزینه پست را شامل می‌شود .

۲. کلید قدرت : در الکتور یا Circuit Breaker توانایی قطع در حالت اتصال کوتاه را دارد . C.B.

۳. سکسیونر : جداکننده Disconnector Switch توانایی قطع هنگامی که جریان عبور است . D.S.

* اگر در یک خط قدرت بخواهیم C.B را تعمیر کنیم (یا بخواهیم خط را تعمیر کنیم) ، اول باید C.B قطع شود و سپس D.S. ها هم قطع شوند . اگر C.B. تنها داشتیم نمی‌توانیم به آن نزدیک شویم چون یک سمتش هنوز برق دارد ⇐ ابتدا C.B. ها قطع ، سپس D.S. ها .



۴. ترانس جریان یا C.T : خروجی این ترانس ، جریان ۱ ، ۲ و یا ۵ آمپری دارد .

۵. ترانس ولتاژ CVT یا P.T : ورودی هر مقداری باشد ، خروجی ۱۰۰ یا ۱۱۰ ولت .

۶. برقگیر Lightning Arrester یا SA یا LA

۷. تله موج یا موج گیر L.T : جهت ارتباط پستها با هم . هیچ وقت دو تا پست یک فرکانس موج یکسان ندارند .

۸. انواع مشبنه بندی در پست : به نحوه اتصال فیدرها نسبت به هم { در تابلو مشبنه / در پست BusBar } می گویند .

- ساده ۱
  - با شکل
  - با استفاده از مشبنه انتقالی
- دوبل ۲
  - با استفاده از Bus Section
  - با استفاده از مشبنه انتقالی
- ۱/۵ کلیدی ۳
- حلقوی ۴
- سه کلیدی ۵
- دوکلیدی

از نوع Bus Section

۹. دیاگرام تک خطی S.L.D.
Single Line Diagram

انواع پستها از نظر وظیفه‌شان

۱. پستهای افزایش ولتاژ Step Up Substation

۲. " کاهش " Distribution Substation : هرچه پست مصرف کننده‌ی ولتاژ را کاهش می‌دهیم.

۳. پستهای کلیدزنی Switching Substation : شلوغ یک خط وارد پست می‌شود، آن طرف چند خط با ولتاژهای مختلف می‌گذرد.

* * *

انواع پستها از نظر نحوه استقرار فیزیکی

I • پستهای بیرونی یا خارجی Out door : تمامی تجهیزاتشان در فضای آزاد است.

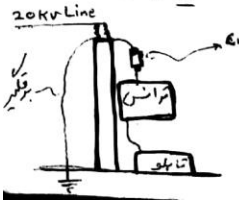
II • پستهای داخلی یا بسته In door : اکثر تجهیزاتشان داخل فضای بسته است. ترانس ممکن است بیرون باشد

* انواع پستهای Out door :

۱. Conventional : معمولی اند. در هوای آزاد نصب شده و عایق بین تجهیزات هواست. در ایران اکثر پستها از این نوع اند. بدلیل ابعاد بزرگ پست، در جایی که زمین ارزش ندارد و ارزان است و همچنین آلودگی هوا (رطوبت، گرد و خاک‌های نوسی و...) کم است.

۲. پستهای GIS < Gas Insulated Subs. > : گازی • بجای هوا "گاز SF6 عایق بین تجهیزات است. خاصیت عایقی‌اش بیشتر از هواست. تجهیزات داخل محفظه‌های فلزی هم پتانسیل با زمین و در کل در هوای آزاد اند. داخل محفظه‌ها گاز SF6 است. این نوع پست در جاهایی که زمین ارزش دارد و محدودیت زمین داریم و همچنین آلودگی هوا به مقدار کم است استفاده می‌کنیم. معمولاً داخل شهر

۳. پستهای هوایی Pole Mounted Subs. : این نوع پست از نظر هزینه ارزان تمام می‌شود در شهرک‌های صنعتی، داخل شهر، سر کنار برق رسانی به روستاها. تجهیزاتش: ترانس، فیوز کات اوت. این ترانس تا قدرت 350 کیلو ولت آمپر ساخته شد و هزینه‌اش کلاً حدود ۲۵ الی ۳۰ میلیون تومان می‌شود.



* انواع پستهای Indoor :

۱. Conventional : پستهای 20-63 کیلو ولت داخل شهر، مناطق شهری . در مورد ولتاژهای بالا ← جایی که زمین ارزش نداشته و آلودگی هوا زیاد است . مثلاً نزدیک کارخانه گچ یا سیمان . تا ولتاژ 63 کیلوولت و تقریباً ولتاژ 132kv ؛ بالاتر نمی سازند . پستهای محلات که درب زرهی دارند از این نوع اند.

---

۲. GIS : در مناطقی که آلودگی هوا زیاد بوده و زمین ارزش دار و گران است . البته در بعضی کشورها مثل ژاپن این نوع پستها زیر زمین هم ساخته می شوند . سیستم خنک سازی ترانس آنها با آب بوده و آب گرم را با رادیاتور ترانس می توانند در سیستم گرمایشی ساختمان استفاده شود.

---

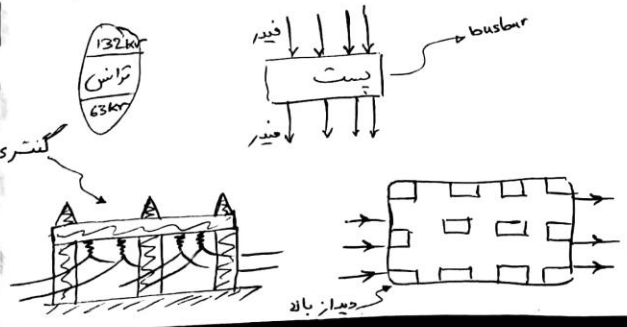
۳. Mobile Substation : تا 100MVA . پست سیار . مثلاً مرکزی داریم که نمی خواهیم برقش قطع شود . اگر پست آن مرکز خراب شود یک پست سیار باتریلی می آورند موقتاً استفاده می کنند . مثلاً چاههای نفت ← مشترک ایران و عراق تا وقتی پست ایران تکمیل شود پست سیار می گذارند تا کار کند . اکثر تجهیزاتشان GIS است . چون می خواهیم حجم کمتری اشغال کند .

اجزای تشکیل دهنده پستها

۱. Switch Gear کلیه تجهیزاتی که عمل ارتباط فیدرهای مختلف را نسبت بهم و نسبت به busbar در یک سطح ولتاژ را انجام می دهند .

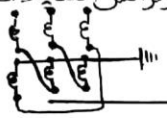
Switch gear :
۱- باس بار - سیم هوایی - مقره - کلمپ (گیره) استرا کچر فلزی - گنتری و ...
۲- کلید قدرت
۳- سکسیونر یا جدا کننده
۴- تجهیزات اندازه گیری PT, CT و ...
۵- تله موج یا موج گیر

مثلاً پست 132/63 kv ← داریم



۲. ترانس قدرت و ترانس تغذیه داخلی ← برای مصرف داخلی خود پست مثلاً 380 ← 20kv .

ترانس ارت : زمانیکه اتصال ما مثلث است ، سیم نول نداریم . برای ایجاد نول مصنوعی از این ترانس استفاده می کنیم که اتصالش زیگزاگ است . ← ترانس قدرت و ترانس تغذیه داخلی 4 تا بوشینگ دارد ولی ترانس ارت 4 تا بوشینگ دارد .



۳. ساختمان کنترل
- اتاق فرمان ← مثلاً فلان کلید قطع بشه . پست های جدید اتاق فرمانشان کامپیوتری هست DCS
- اتاق رله ← کلیه سیستم های حفاظتی در این اتاق هستند.
- اتاق باتری ← رله ها با ولتاژ dc کار می کنند. در این اتاق ac به dc تبدیل می شود ← کاشی های سفید رنگ ← تجهیزات ضد انفجارند چون باتری ها گازهایی تولید می کنند که قابل انفجارند.
- اتاق تغذیه داخلی ← تابلوی ترانس تغذیه داخلی آنجاست . روشنایی محوطه ، شارژ باتری ها و ...

---

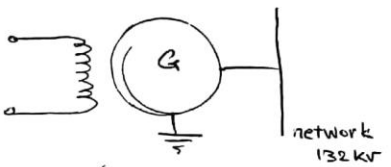
۴. تاسیسات جنبی : دیزل ژنراتور ← برق اضطراری ، سیم ارت ← حفاظت فرد در مقابل برق گرفتگی سیم کارد ← حفاظت در مقابل رعد و برق . ، اتاق نگهبانی ، انبار ، سالن استراحت و ...

---

۵. جبران کننده ها : مثل راکتور ← در 230 و 400kv ← بار خازنی خط بالا میره ← راکتور می گذارند ازنظر ایجادی ممکن است اندازه ترانس باشد ولی نقطه 3 تا بوشینگ دارد .

✓ خازن ← در 63kv به پایین برای تصحیح $\cos\varphi$ ؛ چون سلف بار ما بیشتر است .

✓ Compensator : در پست های 132kv بعضی وقتها سلف بیشتره ، بعضی وقتها خازن . کمپانزاتور یک ژنراتور سنکرون است که با کم و زیاد کردن جریان تحریک ، به بار سلف یا خازن می دهد . ← فضای زیادی را اشغال می کند و هزینه اش هم بالاست . امروزه نصب نمی شوند و اگر هم بخواهند جبران سازی کنند ، در پست های با لاتر می گذارند .



✓ اگر I_f را کم کنیم ، ژنراتور ولتاژش میشه مثلاً 130kv

← می شه موتور ← سلف مصرف می کنه و به شبکه خازن تحویل می ده

✓ اگر I_f را زیاد کنیم ← ولتاژ می خواهد بشود مثلاً 134kv ← میشه ژنراتور ولی ولتاژ سمت شبکه که نمی تواند تغییر کند

← می شود خازن و به شبکه سلف تحویل می دهد .

Standards

علامت استاندارد روی لوازم برقی در ایران بعنی کیفیت نیست، بلکه به این معنی است که شخص مصرف کننده آسیب نمی بیند. در ایران استاندارد IEC رعایت می گردد.

IEC ← استاندارد بین المللی B.S. ← British Standard : استاندارد انگلستان

ANSI ← استاندارد امریکا و کانادا DIN ← استاندارد آلمان

NFPA ← مربوط به سیستم های اطفاء حریق است.

※ پارامترهای مهم در انتخاب تجهیزات ؛

✓ **شرایط محیطی ؛** ① حداکثر و متوسط درجه حرارت : اگر بخواهیم مثلاً یک ترانس قدرت سفارش بدهیم باید حداکثر درجه حرارت منطقه را به سازنده بگوییم. روغن ترانس تا ۱۰۰°c می تواند تحمل کند که ۴۰°c آن مربوط به محیط است، ۶۰°c آن هم مربوط به خود ترانس و سیم پیچ ⇐ اگر بخواهیم ترانس را اجایی نصب کنیم که دمای محیط بیش از ۴۰°c است باید به سازنده بگوییم تا تجهیزات خنک کنندگی بیشتری نصب کند.

---

② حداقل درجه حرارت : چون سکن است گاز SF6 در ترانس بعنوان عایق استفاده شده باشد بنابراین اگر حرارت از حدی پایین تر شود، خاصیت عایقی گاز کم می شود ⇐ این مواقع باید سیستمی داشته باشد که شروع به کار کند و گاز یا روغن را گرم کند ← مناطق خیلی سرد مثل سیبری هیتر

---

③ ارتفاع از سطح دریا : هرچه ارتفاع بیشتر شود، خاصیت عایقی هوا کمتر می شود

$$K = 0.386 \frac{H}{273+t}$$

H: فشار هوا
t: دمای هوای محیط

↑ یا

$$K = \frac{1}{1 + 1.25\times10^{-4}(h_s - 1000)}$$

h_s: ارتفاع

حالا فرض کنیم K برابر شده با ۰/۸

فرض کنیم سطح ولتاژ نامی ما ۲۳۰ کیلوولت است ← $\frac{۲۳۰}{۰/۸} = ۲۸۷/۵ kV$ ⇐ تجهیزاتی استفاده می کنیم که ولتاژ

خامی مشان برابر یا بیش از ۲۸۷/۵ کیلوولت باشد ، مثلاً ۳۰۰kV .

← روش دیگر اینکه مثلاً اگر کلاس عایقی (یا سطح عایقی) ولتاژ ۲۳۰kV ، ۸۵۰kV باشد ←

ولتاژ جدید = $\frac{۸۵۰}{۰/۸}$ بنابراین سطح ولتاژ عایقی تجهیزات را طبق عدد جدید انتخاب می کنیم .

استاندارد IEC به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش نسبت به ۱۰۰۰ متر ، یک درصد به سطح عایقی خارجی دستگاه اضافه کنید . مثلاً یعنی طول موثره را زیاد کنید مثلاً برای ارتفاع ۲۵۰۰ متر ، باید 20% اضافه کنیم .

---

④ یخ : شرایط محیطی را در این مورد هم باید به سازنده بگوییم . مثلاً سکسیونری که در هوای آزاد قطع و وصل میشود ، اگر یخ بزند ، موتوری که آن را قطع و وصل می کند باید بتواند دوباره آن را قطع و وصل کند و اگر نتواند ، می سوزد .

---

⑤ سرعت باد : باد در ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین سنجیده می شود . باد به کابلها و سایر تجهیزات نیرو وارد می کند . (ترانس ، دکل برق ، سکسیونر و ...)

$$Q = 0.625\, V^2\, C\, A \quad [N]$$

Q : نیرو ، V : سرعت باد m/s ، A : سطح مقطع m^2 ، C : بستگی به شکل آن تجهیزات

C بستگی به شکل آن را دارد ، این ضریب ، برای هر چیزی یک عددی ست مثلاً طبق جدول این ضریب برای ترانس برابر با 1 است .

بزرگترین سطح عمود بر جهت وزش باد را سطح مقطع می گیریم . سرعت باد در اکثر نقاط ایران $40\ m/s$ است .

در جنوب ایران $45\ m/s$ است ، مناطق خاص مثل منجیل باید اندازه گیری شود .

نیرویی که باد بر یک متر کابل هوایی وارد می کند

$$q = 0.625\, V^2\, C\, D\, R\, \sin^2\varphi \quad [N/m]$$

D : قطر بر حسب m ، C : برای کابل با قطر بیش از ۱/۵ سانتی متر برابر ۱ است ، برای کلیه کابلهای هوایی = 1

R : برای Span های برابر یا کمتر از ۱۰۰ متر = 1 ، برابر و بیشتر از ۳۰۰ متر = ۰/۶

Span ← فاصله بین دو تیر متوالی

---

⑥ بر اساس بالاترین شدت زلزله در آن منطقه ، مهندس سازه باید آن را در نظر بگیرد . همچنین اگر منطقه زلزله خیز است ، باید تجهیزاتی را انتخاب کنیم که مرکز ثقل آنها به زمین نزدیکتر باشد .

⑦ رطوبت و مقدار باران : در مناطق شرجی و بارانی از تجهیزات مثلاً مقره‌هایی استفاده می‌کنیم به نام مقره‌های صدفیه . استاندارد IEC ← ۱ یا ۱٫۵ میلیمتر باران در دقیقه به مدت ۱ دقیقه روی مقره

استاندارد امریکا ← ۵ میلیمتر باران در ۱۰ ثانیه

---

⑧ آلودگی هوا : آلودگی نم = ۱۶mm
" متوسط = ۲۰mm
" سنگین = ۲۵mm
" خیلی سنگین = ۳۳mm *

آلودگی روی خاصیت عایقی ناشروی گذارد ، به ازای هر 1KV حداکثر ولتاژ ناحی بایستی فاصله خزش در * باشد

مثلاً برای خط ۷۵ کیلوولت در شرایط هوایی آلودگی سنگین

۷۵KV × ۲۵mm = ۷۵ × ۲۵mm = ۱۸۷۵mm = ۱۸۷٫۵ cm = ۱٫۸۷m

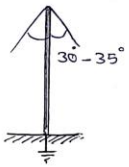
البته این عدد طول مقره نیست
بلکه بیانگر فاصله خزش است .

---

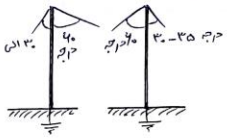
⑨ صاعقه : تجهیزات باید در مقابل اصابت مستقیم صاعقه محافظت شود . مرخطوط انتقال با سیم گارد

گارد یا Shield Wire اینطور می‌شود .

روش میله‌گیر حفاظت از طریق میله‌برقگیر است .



شعاع حفاظت میله‌برقگیر بین ۳۰° الی ۳۵° است .



اگر دو برقگیر کنار هم قرار گیرند ←

* امروزه از برقگیرهای الکترونیکی استفاده می‌شود . شعاع حفاظتشان بین ۳۰ تا ۴۰ متر تا ۱۳۰ تا ۱۴۰ متر هنگامی که امکان دارد رعد و برق بزند سیستم هوشمند تشخیص می‌دهد هوای اطراف میله یونیزه شده و فضای مناسبی برای تخلیه رعد و برق بوجود می‌آید . این نوع برقگیرها تا ساحتان ۲۰ طبقه قابل استفاده هستند .

✓ حداکثر ولتاژ نامی : ماکزیمم ولتاژی که روی تجهیزات بیافتد و کار کند ولی تجهیزات آسیب ببینند .

رنج ولتاژ های استاندارد IEC

ولتاژ نامی ۱۰۰۰ < V ≤ ۱۰۰ V

ولتاژ نامی kV		حداکثر ولتاژ نامی kV
3.3	3	3.6
6.6	6	7.2
(11)	10	12
—	15	17.5
22	(20)	24
(33)	—	36
—	35	40.5

۱۰۰ < V < ۳۵ kV

در جنوب ایران ، ۱۱kV و 33kV داریم که البته ۱۱kV در حال برچیده شدن است .

ایران → 22kV, 11kV, 33kV

در امریکا → 4.16 , 12.47 , 13.2 , 13.8 , 24.94 , 34.5 kV

ولتاژ نامی kV		حداکثر ولتاژ نامی kV
45	—	52
(66)	69	72.5
110	115	123
(132)	138	145
150	—	170
220	(230)	245

۳۵ < V < ۲۳۰ kV

ولتاژ های این رنج در ایران 63 ، 132 و 230 کیلو ولت هستند .

ولتاژ های نامی بیش از ۲۳۰ کیلوولت

در این رنج ، ولتاژ نامی تعریف نشده ، فقط حداکثر ولتاژ نامی تعریف شده است .

300 , 362 , (420) , 525 , 765 , 1200 kV

در کشور ما ، حداکثر ولتاژ نامی 420kV را انتخاب کرده اند که ولتاژ نامی آن 400 کیلو ولت است .

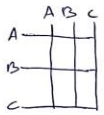
✓ جریان اتصال کوتاه : بیشتر اتصال کوتاه تکفاز با زمین اتفاق می افتد . ولی ما در محاسباتمان باید جریان اتصال کوتاه سه فاز با زمین را محاسبه کنیم ، چون دامنه اش بالاتر است . نرم افزار ETAP برای محاسبه جریان اتصال کوتاه . این محاسبات برای تنظیم رله ها ، CT ها و سایر تجهیزات بکار می رود . برای محاسبه جریان اتصال کوتاه برای یک پست ، باید پارامترهای خط انتقال را از وزارت نیرو بگیریم . داخل پست را خودمان می توانیم محاسبه کنیم .

✓ مزکاس ؛ طبق استاندارد IEC ← 50Hz / 60Hz

سیستم فازها و گروه برداری

تجهیزات گذاری دارند مثلاً اگر ... دراین گذها رقم دوم نشان صفر باشد مربوط به فاز اول، اگر ۲ باشد مربوط به فاز دوم و ... .

۱) A,B,C انگلیس ۲) L_1, L_2, L_3 اروپای متحد
۳) U,V,W استاندارد زیمنس آلمان ۴) R,S,T امریکا
۵) R,Y,B ۶) 5,4,6 قرمز، زرد، آبی ← در تابلوهای برق



4 شمال

ترتیب فازها در سیم‌پیچ، از شمال به جنوب و از غرب به شرق.

یعنی اگر در سمت رو به شمال باشیم، از شمال سمت جنوب، فاز R، S و T داریم.

اتصال ترانسها در ولتاژهای مختلف ← ستاره $V > 63kV$ و ستاره یا مثلث $V = 63kV$ (غلط)
مثلث $V < 63kV$

در ولتاژهای بالا بعلت عایق بندی، ستاره استفاده می‌کنند. چون ولتاژ فاز روی دو تا سیم پیچی می‌افتد.

(غلط)

* نحوه اتصال نول ترانس به زمین ؛ در ولتاژهای بالا چون ولتاژ فاز زیاد است ← جریان اتصال کوتاه و جریان عادی اش کمتر است ← نول ترانس را مستقیماً زمین می‌کنند. در ولتاژ 63kV به پایین، یک امپدانس سر راه نول ترانس به زمین گذاشته می‌شود. بازم افزار ETAP این امپدانس قابل محاسبه است.

اگر نول را با امپدانس سری زمین نکنند و بدون آن زمین کنند، قیمت تجهیزات بالا می‌رود چون باید جریان بیشتری تحمل کند.

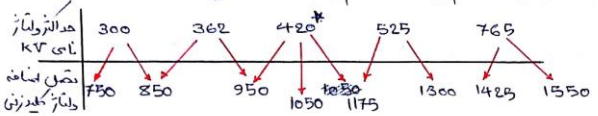
✓ سطح عایقی تجهیزات ؛ تجهیزات باید علاوه بر حداکثر ولتاژ نامی و ولتاژ نامی، باید قادر به تحمل (تحمل) ولتاژهای گذرای بالا هم تحمل کند.

Basic . Insulated . Level

مثلاً BIL برای 400kV، 1800kV است.

← سطح عایقی بیرونی تجهیزات ؛ مثل بوشینگ ترانس که با هوای آزاد در تماس است.
← سطح عایقی داخلی تجهیزات ؛ مثل روغن ترانس. سطح عایقی خارجی معمولاً بیشتر از داخلی است.

اضافه ولتاژها ناشی از ← ① کلیدزنی ، شرایط لحظه کلیدزنی مهم است . معلوم نیست ولتاژ در آن لحظه صفر است، نصف ولتاژ نامی یا ... . دوم اینکه بار شبکه هم باز دست ما نیست .



* برق شبکه ما 400 kV است . از 950 kV تا 1175 kV را با یه تحلیل کند . که در کشور ما تصویب روتین 1050 kV است . دامنه اضافه ولتاژ کلیدزنی در یک شبکه خوب حدود ۲٫۵ پریونیت برابر ولتاژ نامی ست .

← یکی از راههای کاهش اضافه ولتاژ کلیدزنی ، مقاومت بالایی هم موقع وصل کلید و هم موقع قطع کلید بصورت موقت وارد مدار می‌شود و اضافه ولتاژ روی مقاومت تلف می‌شود

---

② ناشی از صاعقه Lightning Over Voltage

دامنه جریان تخلیه صاعقه بین چند صد آمپر تا 150 kA است . هرقدر این جریان کمتر باشد ، زمان تخلیه آن بیشتر می‌شود . اگر امپدانس مشخصه خط برابر با $Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$ که در $400 \ll Z_c \ll 500$ است

← اضافه ولتاژ برابر است با مقدار Z_c در مقدار جریان .

ولتاژ نامی KV	20	33	63	132	230	400
حداکثر ولتاژ نامی KV	24	36	725	145	245	420
متصل اضافه ولتاژهای ناشی از صاعقه KV	125	170	325	550	850	1050

Power Frequency Over voltage

③ اضافه ولتاژهای موقت با فرکانس معمولی «یا نزدیک فرکانس شبکه»

مثل اضافه ولتاژ ناشی از رزونانس ، اثر فرانتی و ... .

که ممکن است فرکانس شبکه را داشته باشند .

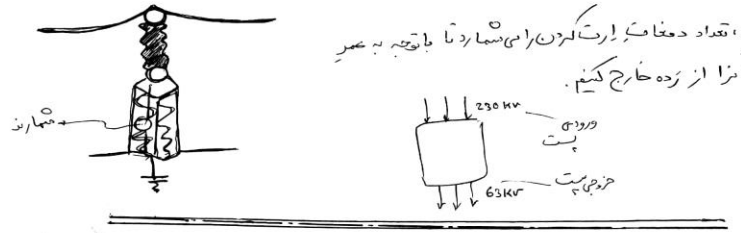
متصل اضافه ولتاژ ناشی از اضافه ولتاژهای گذرا با فرکانس معمولی KV	50	-	140	230	360	680

اگر در یک شبکه ، یکی از ژنراتورها وصل شود ، دیگر ولتاژها ۳ که برابر بیشتر می‌شوند .

یعنی ۲۰٪ بیشتر از ← سطح محافظت شده ← $\frac{1.2}{\text{توسط برقگیر}}$ > سطح عایقی داخلی تجهیزات

در ورودی و خروجی پست برقگیر می گذارند که یک مقاومت غیر خطی ست. یعنی اگر اضافه ولتاژ به ۸۰ درصد مقدارش در جدول پایین صفحه قبل رسید، اضافه ولتاژ از طریق مقاومت زمین می شود.

این نوع برقگیرها در ورودی و خروجی پست و همچنین طرفین ترانس ضروری ست.



شمارنده، تعداد دفعات اِرت کردن را می شمارد تا با توجه به عمر مفیدش آنرا از رده خارج کنیم.

ترانسفورماتورهای قدرت؛

۱- ظرفیت. ۲- نوع سیستم خنک کنندگی ۳- نوع سیم پیچی ← اگر نسبت تبدیل نزدیک به ۲ باشد ← اتوترانس کلمه تو در غیر اینصورت، ترانس عادی

شلاً نسبت تبدیل 132-63 ، می شود اتوترانس استفاده کرد. ۴- گروه برداری: اختلاف زاویه ولتاژ خط ورودی با ولتاژ خط خروجی.

$\frac{Yd5}{yD5}$ ← هردو ستاره به مثلث اند ولی در بالایی HV در ستاره است. در پایینی HV در مثلث است.

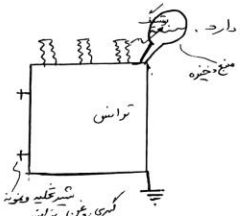
۵- افزایش درجه حرارت سیم پیچی و روغن ترانس نسبت به محیط

۶- نوع نصب > indoor / out door ۷- اسپاسن درصد ترانس

$z\% = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \frac{z\%\ 1pu}{1pu.}$ ← مفهوم اش اینست که اگر شلاً اسپاسن درصد ترانس برابر ۷٪ است اگر ۷ درصد ولتاژ نامی را به این ترانس در حالت اتصال کوتاه اعمال کنیم، جریان نامی از آن می گذرد.

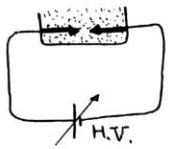
۸- رگولاسیون ولتاژ $\%VR = \frac{\quad}{\quad} \times 100$ ۹- سطح عایق بندی ترانس BIL که جدولش داده می شود

۱۰- شدت صدا: یعنی ترانس زیر بار چند دسیبل صدا باید تولید کند. که جدول دارد.



یک ظرف شیشه ای هست که دو تا الکترود به فاصله 2cm از هم قرار دارند روغن ترانس گیری شده را داخل آن می ریزند ولتاژ را کم کم زیاد کرده تا آرک بزند این کار را چند بار انجام می دهند و از ولتاژ اندازه گیری شده میانگین می گیرند.

سپس عدد را با جدول استاندارد مقایسه کرده و اگر روغن دیگر سطح عایقی مطلوب را تأمین نکند، روغن را عوض می‌کنند. روغن ترانس را بعلت حجم بالا و گرانی، بیرون نمی‌ریزند، بلکه تصفیه می‌کنند.



conservator یا منبع ذخیره روغن در بالای ترانس نصب می‌شود. اگر حجم روغن در اثر گرما زیاد شود یا حتی اگر روغن ترانس نشتی داشته باشد سطح ذخیره کمک حال است. منبع ذخیره ارتفاع نصبش همیشه بالاتر از بوشینگ است.

کنار منبع ذخیره یک Level سنج است که باتوجه به درجه حرارت محیط و براساس آن Level مناسب روغن را نشان می‌دهد. در ترانسهای بزرگ Level سنج بصورت عقربه است که عقربه آن باتوجه به درجه حرارت محیط باید بالاتر از آن عدد باشد. مثلاً درجه محیط ۲۰° است عقربه باید بالاتر از عدد ۲۰ باشد.

برای اینکه سطح روغن مخزن، به مخزن فشار ندارد، با یک لوله با بیرون ارتباط دارد.

برای گرفته شدن رطوبت و گرد و خاک هوا، مخزن سیلیکاژل را در انتهای لوله می‌گذارند. اگر رنگ ۲/۳ آن سیلیکاژل تغییر کند باید عوض شود.

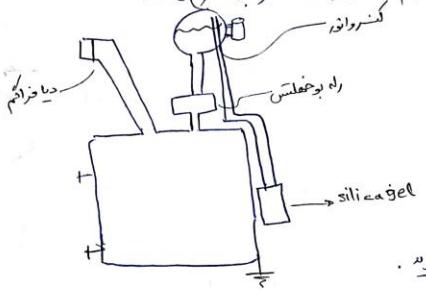
← کنسرواتور دو قسمت دارد یکی می‌رود برای روغن و دیگری می‌رود برای تپ چنجر ترانس ← ۲ تا سیلیکاژل داریم

← بعضی ترانسها، TapChanger هرفازشان، قسمت مجزا در کنسرواتور دارند ← کنسرواتور ۴ قسمت دارد یکی برای ترانس و سه تا هم برای Tapها ← ۴ تا هم مخزن سیلیکاژل داریم.

دیافراگم: در ترانسهای قدیمی بیشتر بود. اگر فشار روغن و گاز داخل ترانس از حدی بیشتر شود ورق آلومینیومی داخل دیافراگم پاره شده و گاز و روغن خارج می‌شود. امروزه یک سنسور روی ترانس قرار دارد که فشار را می‌سنجد. اگر فشار زیاد شود یک دریچه را باز می‌کند تا گاز و روغن خارج شود.

رله بوخهلتس: مابین کنسرواتور و ترانس قرار می‌گیرد. وظیفه‌اش اینست که اگر ترانس گازی تولید کند در محفظه‌اش جمع می‌شود. دو تا شناور دارد. اگر گاز به مقدار زیاد شود شناور اول فعال شده و آلارم می‌دهد

اگر عیب ایجادکنندهٔ گاز برطرف نشود شناور دوم ترانس را کاملاً از مدار خارج می‌کند.

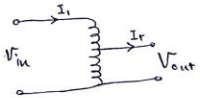


یک دستگاهی هست بنام آنالیزور گاز. این دستگاه را جلوی درپوش دریچهٔ رلهٔ بوخهولتس می‌گیرند و با بازکردن دریچه این دستگاه عیب ایجادکنندهٔ گاز را به ما می‌گوید.

- مشخصات ترانس جهت سفارش:

۱. ظرفیت ۲. نسبت تبدیل مثلاً 230/132 KV و... ۳. نحوهٔ خنک‌سازی ترانسفورماتور

۴. نوع سیم‌پیچی: آیا اتوترانس است یا معمولی ← ترانسهایی که نسبت تبدیلشان نزدیک ۱ است مثلاً 230/132 ، 400/230 و... از اتوترانس استفاده می‌کنند.



ولی 230/63 ترانس معمولی استفاده می‌کنند.

۵. گروه برداری: ترانسهای تکفاز و سیم‌پیچی اولیه با ثانویه اختلاف فازشان یا صفر است یا ۱۸۰ درجه. در ترانس سه‌فاز هم فازها یا باید متناظراً هم‌فاز باشند یا ۱۸۰ درجه. ولی ولتاژ خط اولیه با ولتاژ خط ثانویه می‌تواند اختلاف فاز داشته باشد ← گروه برداری.

نکته‌ای که طراح ترانس باید در نظر بگیرد، افزایش درجه حرارت روغن و سیم‌پیچی نسبت به محیط.

۶. نحوهٔ نصب Indoor / Outdoor

← طبق استاندارد IEC، تعداد استاندارد ترانسهای پست، در یک سطح ولتاژ (تبدیل)، حداقل ۲ تا و حداکثر ۴ تا است. حال فرض کنیم ولتاژ 230/132/63 را داریم. الآن دو تا سطح ولتاژ (تبدیل) داریم پس می‌توان بیش از ۴ تا ترانس داشت.

برای حمل ترانس به محل مورد نظر باید از وزارت راه مجوز گرفته شود، چون مسیری که باید طی شود پلهایی که در راه هست، باید قادر باشد وزن تریلی + ترانس را تحمل کند.

فرض کنید یک پست با ولتاژ 230/63 kV با قدرت 100MVA داریم. حال می‌خواهیم پست را ارتقا دهیم و قدرت را به 310 MVA برسانیم. تعداد ترانس‌ها و ظرفیتشان را اعلام کنید.

80, 125, 160, 180 MVA

برای سطح ولتاژ 230/63 kV وزارت نیرو قدرتهای روبرو را تعیین کرده است.

یک ترانس هم بعنوان رزرو می‌خواهیم.

	۸۰	۱۲۵	۱۶۰	۱۸۰
100 MVA	2+1	1+1	1+1	1+1
310 MVA	4+1	3+1	2+1	2+1
	A	B	C	D

A: تعداد ترانسها بیش از ۴ تا است ← خطی خورد

حالا بین C و D، تعداد یکی است ولی چون 180 MVA

هزینه‌اش بالاتر است پس خطی می‌خورد.

حالا مقایسه بین B و C: $(2+1)\times 160 = 480$ MVA ؛ $(3+1)\times 125 = 500$ MVA به صرفه‌تر است 160 MVA را انتخاب کنیم.

چون هر دو حالت B و C قدرت نزدیک به هم را به ما می‌دهند ولی 160 MVA ارزانتر در می‌آید چون تعدادش کمتر است.

✓ سیستم‌های خنک‌سازی ترانس:

O → oil N → Natural
A → Air F → Forced

ONAN — روغن و هوا بطور طبیعی جریان دارند.

ONAF — هوا توسط فن‌ها جریان پیدا می‌کند.

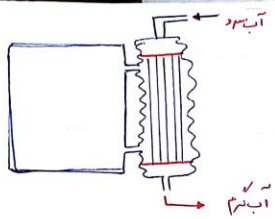
ONAN/ONAF$_1$/ONAF$_2$ → در ابتدا بطور طبیعی، اگر حرارت روغن باز هم بالاتر برود نصف فن‌ها روشن می‌شوند و اگر باز هم بالاتر رفت و شود نصف دوم دیگر فن‌ها روشن می‌شوند.

حال اگر این سیستم باز هم پاسخگو نبود، بین ترانس و رادیاتور پمپ می‌گذارند تا گردش روغن را سریعتر کند.

ONAN/ONAF$_1$/ONAF$_2$/OFOF → در مرحله آخر روغن هم پمپاژ می‌شود

اگر باز هم این سیستم کارساز نشد و درجه حرارت پایین نیامد، بجای روغن از آب استفاده می‌کنند.

درجاهایی که نمی‌خواهند روغن ترانس، محیط را کثیف کند، از ترانسهای خشک استفاده می‌کنند. ولتاژهای ۳۳ و ۲۰ کیلوولت ژنراتور ۳ مگاولت آمپر می‌سازند. بجای مس از آلومینیوم استفاده می‌شود.



علامت خنک‌کننده آب W است.

---

* حداکثر افزایش درجه حرارت روغن نسبت به شرایط استاندارد؟ و سیم پیچی

60°C	حداکثر افزایش درجه حرارت روغن نسبت به شرایط استاندارد
65°C	حداکثر افزایش درجه حرارت سیم پیچی نسبت به شرایط استاندارد

شرایط استاندارد ←

40°C	حداکثر درجه حرارت محیط
30°C	حداکثر متوسط درجه حرارت محیط
-25°C	حداقل درجه حرارت محیط
1000 m	ارتفاع از سطح دریا

برای ترانسهای $S \leq 10\ MVA$ ، فرض کنید ترانس داریم $S = 5\ MVA$ در دمای $52°C$

$52° - 40° = 12$ که درجه استاندارد

12 بیشتر از $5°$ است ⇐ حداکثر افزایش درجه حرارت روغن و سیم پیچی را منهای $10°$ می‌کنیم. یعنی ۱۰ درجه کاهش می‌یابد. اما اگر اختلاف دمای محیط با استاندارد کمتر از $5°$ بود، حداکثر افزایش حرارت روغن و سیم پیچی را منهای $5°$ می‌کنیم.

برای ترانسهای $S \geq 10\ MVA$

فرض کنیم حداکثر درجه حرارت محیط ما $48°$ است.
و حداکثر متوسط درجه حرارت محیط ما $35°$ است.

$48° - 40° = 8°$
$35° - 30° = 5°$

$8°$ بیشتر است ⇐ هر دو عدد استاندارد را

یعنی هم $60°$ و هم $65°$ را منهای $8°$ می‌کنیم.

ONAN : هر ۵۰۰ متر افزایش نسبت به ۱۰۰۰ متر ٪۲

ارتفاع ← ONAF : " " " " " " ٪۳

مثال : ترانسی با مشخصات روبرو داریم :

S = 50MVA

حداکثر حرارت نقطه = 51°C

حداکثر متوسط " " = 39°C

ارتفاع از سطح دریا = 2300m = 2300 m

ONAF

51 − 40 = 11°C ← بزرگتره

39 − 30 = 9°C

$\frac{500}{1300} = \frac{3}{x}$ $\quad x = 7.8\%$

حداکثر افزایش درجه حرارت روغن نسبت به شرایط استاندارد $= 60°C - 11 - [\frac{7.8}{100} \times 60] = 44.32°C$

$\Rightarrow$

حداکثر افزایش درجه حرارت سیم پیچی نسبت به شرایط استاندارد $= 65°C - 11 - [\frac{7.8}{100} \times 65] = 48.93°C$

امپدانس درصد ترانسفورماتور :

KVA	٪Z
631 – 1250	4
1251 – 3150	5
3151 – 6300	6.25
6301 – 12500	8.35
12501 – 25000	10
25001 – 200000	12.5

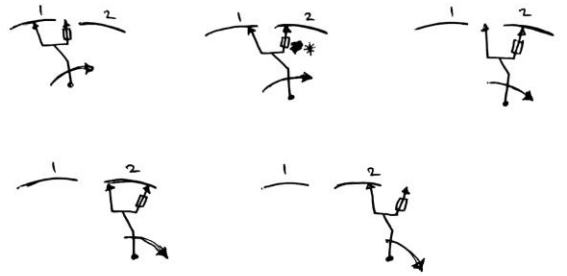
TapChanger وسیله‌ایست که ولتاژ خروجی را مالکزعم ٪15± تغییر می‌دهد.

تعداد دور سیم پیچی را یا در اولیه یا ثانویه تغییر می‌دهد. در سمت H.V قرار می‌گیرد «معمولاً» چون شدت جریان کمتر است.

انواع < offload / on load

offLoad ← اول باید بوشینگ‌های فشار قوی و فشار ضعیف را ارت می‌کنیم، بعد Tap را تغییر می‌دهیم

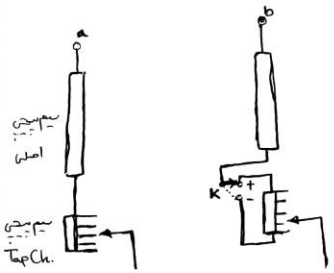
ONLoad ← هنگام کار می‌توان Tap شان را تغییر داد.



این شکل
نشان دهندهٔ یک مقاومت
یا سلف است که باعث
کاهش جریان گردابی بین دو Tap می گردد. هرچه قدر تعداد این پله ها
بیشتر باشد، تعداد Tap ها بالارفته و حساسیت بیشتر است ⇐ گرانتر.

فرض کنید یک Tap نوشته ±10٪ و 21 پله دارد. هر پله چند درصد تغییر می دهد؟
جواب ← 10 پله افزایش 10 پله کاهش ⇐ می شود 20 پله پس هر پله می شود 1٪ و یک پله هم
می اثر است پس Tap تأثیر ندارد.

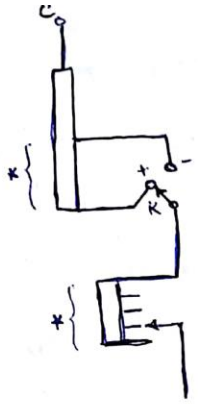
* نحوه قرارگیری سیم پیچی TapCh. با سیم پیچی اصلی:



وقتی کلید k در وضعیت ⊕ باشد
سیم پیچی Tap و سیم پیچی اصلی همدیگر را تقویت می کنند
وقتی کلید k در حالت ⊖ باشد
سیم پیچی Tap و سیم پیچی اصلی همدیگر را تضعیف می کنند

بنابراین اگر Tap اولی یعنی a را پنج حالته بگیریم
شکل b، 10 حالته می شود.

عیب b: تلفات دارم در حالت ⊖
مزیت b: حجم سن مصرفی کم است



مزیت C : هان کار آیی ط را دارد ولی تلفات نداریم. چون Tap ، اصلی را تضعیف نمی کند.

* ها باهم برابرند ولتاژشان

مس بخار رفته در طرف C برابر است.

هرچند تعداد پله های TapCh بیشتر باشد ⇐ دقیقتر ولرانتر

جریان Tap را 20٪ بیشتر از جریان سیم پیچی اصلی می گیرند.

مثال ⇐ S = 50 MVA
132 / 63 kV
پله 21
٪ ±10

۲۱ پله ⇐ ۱۰±٪ ← ۱۰ پله بالا / ۱۰ پله کاهش

هر پله می شود ± ی ۱ درصد ⇐ ۱ پله هم بی اثر

$\frac{132\,kV}{10} = \pm 13.2\,kV$ ← در ۱۰ پله می شود

← 145.2 kV
← 118.8 kV
خروجی ⇐ 132 kV

$$I_{tap\ Changer} = \frac{50000}{\sqrt{3}\times 132\times 0.9}\times 1.2 =$$

چون ولتاژ ۱۰٪ کم شد جریان ۱۰٪ زیاد می شه

کلیدهای قدرت

✓ اگر بار مقاومتی داشته باشیم آمپر فیوز تقریباً ۲۵۰٪ بیش از جریان نامی است ... مثل موتور

✓ " خازنی "

" " 2 برابر جریان نامی می گیریم ⇐ خطوط انتقال، بانک های خازنی

✓ " اهمی "

" " به مقدار بیش از " " " .

ماده خاموش کننده کلیدهای قدرت، نشان دهنده انواع کلید هاست . مثلاً اگر روغن باشد ⇐ کلید روغنی Oil type

اگر هوای فشرده باشد ⇐ کلید هوایی یا Air blast

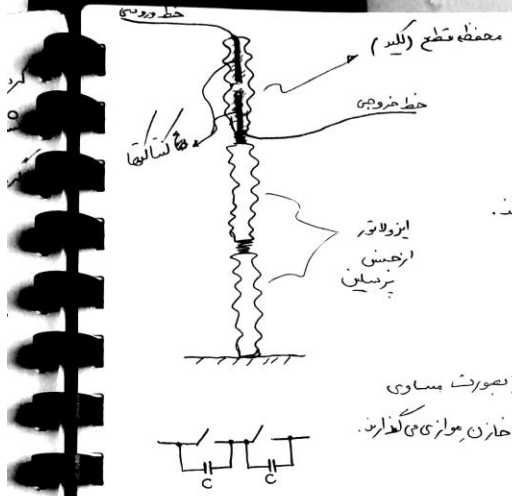
اگر خلا باشد ⇐ کلیدهای خلا یا Vaccum

(I) Oil Type کلیدهای روغنی ⇐ بدنه فلزی دارند

روغن هم وظیفه عایق کردن بدنه را دارد و هم وظیفه خاموش کردن جرقه .

(II) Minimum Oil Type ⇐ کلیدهای کم روغن

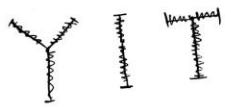
روغن داخل کلید فقط وظیفه خاموش کردن arc است . برخلاف کلیدهای روغنی عادی که وظیفه عایق کردن هم داشت . وعایق کردن نسبت به زمین را یک مقره دیگر از جنس پرسلین انجام می دهد.



قطع جریان به این صورت است
که با آمدن فرمان قطع، کنتاکت متحرک
از کنتاکت ثابت فاصله می‌گیرد. سپس جرقه
زده می‌شود که روغن می‌آید و این جرقه را خاموش می‌کند.

سرولتاژهای بالا، برای کاهش زمان قطع کلید
از سری کردن چند محفظهٔ قطع استفاده می‌شود
همهٔ محفظه‌ها همزمان فرمان می‌گیرند. برای اینکه ولتاژ بصورت مساوی
روی کنتاکتها بیفتد، بصورت موازی با جفت کنتاکتها خازن موازی می‌گذارند.

* شکل‌های مختلف کلیدها:



با سری کردن کلیدها، سطح ولتاژشان قابل افزایش است. یعنی اگر کلیدی داریم ولی سطح ولتاژ
؟ برابر آن را می‌خواهیم استفاده کنیم، ؟ تا از آن کلیدها را باهم سری می‌کنیم.

(III) کلیدهای هوایی Air blast

زیر این کلیدها یک کمپرسور وجود دارد. شکل ظاهری‌شان شبیه کلیدهای کم روغن است.
بنابراین تنها راه تشخیص، همین کمپرسور است.
زمانیکه کنتاکتها از هم فاصله گرفتند، هوای فشرده بصورت عمود بر جرقه وارد می‌شود.
زمان قطع نسبت به کم روغن، زمان بیشتری طول می‌کشد. کلیدهای کم روغن نسبت به این
بیشتر استفاده می‌شود. و این نوع کلیدها یعنی Air blast دیگر استفاده نمی‌شود

(IV) کلیدهای SF_6 گاز

شبیه کلیدهای کم روغن است. و باید پلاک آنها خوانده شود تا بفهمیم چه نوعی است
خاصیت عایقی از روغن و هوا بیشتر است. خاصیت آن را هم زمان از دست نمی‌دهد.

قدرت هدایت حرارتی بالایی دارد . یعنی حرارت جرقه را می‌گیرد . SF6 الکترونهای آزاد را جذب کرده و یون منفی ایجاد می‌کند ← مسیر جرقه را مشکل‌تر می‌کند . عیب : در حرارت‌های پایین فشارش کم شده و خاصیت عایقی‌اش کاهش می‌یابد . ← اگر در نقطه سرد سیر بخواهیم استفاده کنیم باید سیستم گرمایشی « هیتر » بگذاریم .

کلیدهای SF6 < تک فشاری / دو فشاری

دوفشاری : وقتی کلید بسته است

وقتی

بالای کلیدهای SF6 یک دریچه است که فشار گاز را نشان می‌دهد .

اگر فشار گاز زیاد شود ← دریچه باز می‌شود و گاز خارج می‌شود .

(V) کلیدهای خلاء Vacuum

بدلیل سختی ساخت این کلیدها تا 33KV ساخته شده و استفاده می‌شوند . شرکت 63KV

در بیشتر از کلیدهای مخابراتی استفاده نمی‌شود . علت تأخیر در قطع و وصل . مصرف برقش هم بالاست .

---

* مکانیزم فنر

زمان قطع کلیدها چه‌بین ۱ تا ۳ ثانیه است .

مکانیزم فنر قابل شارژ : یک موتور داخل کلید است موتور فنر را شارژ می‌کند ← هنگام نیاز فنر عمل می‌کند

این مکانیزم تنها زمانی قابل استفاده است که فقط یک بار قطع و وصل داشته باشیم یا بین دیگر چند قطع و وصل پشت سرهم نداشته باشیم

چون شارژ فنر توسط موتور حدود ۳۰ دقیقه طول می‌کشد .

مکانیزم هیدرولیکی یا روغنی :

یعنی برای قطع و وصل کلید از فشار روغن پشت پیستون استفاده می‌کند . با این مکانیزم می‌توان ۳ بار عمل قطع و وصل را انجام داد .

مکانیزم پنوماتیکی ← یعنی فشار هوای پشت پیستون کلید را قطع و وصل می‌کند.

زیر این کلید ها کمپرسور هوا است. اما لزوماً این به معنای این نیست که کلید هوایی است.
حتی ممکن است کلید از نوع کم روغن باشد ولی زیرش کمپرسور باشد که این کمپرسور برای مکانیزم عملکرد پیستون‌هاست نه خاموش کردن آرک.

جریان اتصال کوتاه کلید را از محاسبات سه فاز حساب می‌کنیم + ۴۰٪ کرده، سپس یکی از اعداد جدول را در نظر می‌گیریم (۱۲٫۵) kA ۱۰۰ و ۸۰ و ۶۳ و ۵۰ و ۴۰ و ۳۱٫۵ و ۲۵ و ۲۰ و ۱۶ و ۱۰ و ۸ و ۶٫۳ (که نزدیک به عدد ماست)

* ترتیب زمانی قطع و وصل کلید

۱) O – t – CO – t′ – CO $t = 0.3$ ثانیه
۲) – CO – t″ – CO $t' = 3$ min
$t'' = 15$ sec

۱) ← یعنی مکانیزم، منز قابل شارژ با موتور است.

۲) ← هر ۱۵ ثانیه می‌تواند قطع و وصل کند ← مکانیزم هیدرولیکی یا پنوماتیکی است.

O یعنی کلید باز است.
CO یعنی کلید بسته شود و دوباره باز شود.
۳ دقیقه در واقع نشانگر زمانی است که موتور باید کار کند تا منز را دوباره شارژ کند.

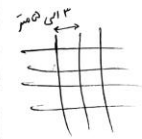
* ولتاژی که بین دو سر کنتاکت قبل از قطع جریان بوجود می‌آید ← اضافه ولتاژ گذرا

فرمولهای تجربی → البته استاندارد IEC جدول استاندارد هم داده است.

for $U > 63$ kv $\rightarrow U_c = \frac{1.4 \times 1.3 \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U$

for $U \leq 63$ kv $\rightarrow U_c = \frac{1.4 \times 1.3 \times \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \times U$

کلیدهای قدرت روی سازه نصب می‌شوند. خود کلیدها یک سازه فلزی دارند.



در پستها، مقاومت ارت باید کمتر از ۱Ω باشد. چاه ارت می‌زنند بلکه میل می‌زنند
میله‌های فلزی که بصورت شبکه‌ای ست در عمق ۸۰ cm نصب می‌شود
اگر کمتر از ۱ اهم نشود زیر تراستها میلهٔ ارت می‌زنند. اینقدر می‌زنند تا مقاومت مطلوب بزنند

سکسیونر: جریان نامی و جریانهای اتصال کوتاه را باید تحمل کند.

سکسیونر کار اصلی اش برای ایزوله کردن است (در ۹۰٪ حالات) یعنی مشکل رو دارد

تنها تفاوت آنها با کلیدقدرت اینستکه زیر بار قابل قطع و وصل نیستند.

سکسیونر
کارخانه سازنده
مثل کلیدفیوز اند ← در ولتاژهای زیر ۶۳ کیلوولت. فضای اقتصادی اشغال
۳۵٪ پیوگاههای ایران هوایی اند.
کشویی: کنتاکتها بصورت عمودی حالت کشویی دارند. فضای افقی اشغال نمی کند، یکی متحرک یکی ثابت
دورانی: ۲۳ پایه بصورت افقی دوران می کند.
دورانی افقی سه پایه: حالت قبلی دو تا پایه داشت.
حالت اول
دورانی عمودی: جایی که محدودیت افقی زمین داریم. جایی که اختلاف ارتفاع Bus Bar داریم.
سکسیونر قیچی یا پانتوگرافی اختلاف ارتفاع سن دو سطح Bus Bar داریم.

سکسیونرها Interlock الکتریکی و مکانیکی با کلیدقدرت دارند. یعنی اول کلیدقدرت باید باز شود تا بتوان سکسیونر را باز کرد.

یک نوع سکسیونر دیگر هم داریم به نام سکسیونر Earth که فازها را به ارت می کند.

مثلاً می خواهیم خط را تعمیرات انجام دهیم ولی بخاطر حالت خازنی حتی بعد از قطع کلید قدرت برق داریم. این سکسیونرها با زمین کردن فازها، حالت خازنی را از بین می برد.

سکسیونرهای طرفین ترانس هم ارت دارند. اگر ارتبار نبودند از سکسیونرهای Portable استفاده می کنند. یک سمت آن را وصل می کنند به ارت، سمت دیگر ~~مخصوص است و~~ ~~مخصوص دارد~~ ~~را توسط یک کابل~~ را که شبیه یک میله است را با علائق مخصوص آن سمت ولتاژ ترانس، به توسط کلمپ ترانس وصل می کنند.

ارت سکسیونرها هم با خود سکسیونر Interlock است. یعنی وقتی سکسیونر باز می شود ارت اش به ~~بدنه~~ سیستم ارت وصل می شود.

مشخصات سکسیونرها : ولتاژ نامی ، جریان نامی ، فرکانس ، BIL و ...

جریان نامی سکسیونرها را یک پله بالاتر از جریان لکیدهای قدرت می‌گیرند. چون درهوای آزاد نصب می‌شوند و داخل روغن ، SF6 یا ... نیستند.

مکانیزم عمل کننده سکسیونرها : 20 kV ، 63 به پایین ⇐ دستی

63kV به بالا ⇐ موتوری و یا دستی هم موتوری

مکانیزم سه فازی توان یکسان و یا متفاوت باشد.

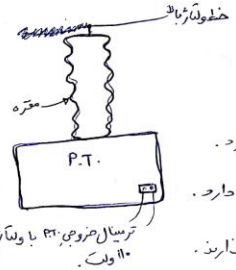
سکسیونر ارت : طرفین تراس قدرت و نزدیکترین سکسیونر به خط

سکسیونر عادی : معمولاً در طرفین لکیدهای قدرت

برای ولتاژهای پایین هرسه فاز یک مکانیزم دارند. ولی در ولتاژهای بالا ممکن سه فاز مکانیزمشان متفاوت باشد

---

* ترانسفورماتور ولتاژ P.T.



ورودی هرچه باشد ، خروجی { ۱۱۰ V یا ۱۰۰ V } است.

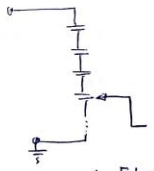
فرض با لکید قدرت : نقطه ورودی وارد آن می‌شود و هیچ خروجی ندارد.

ساختمان P.T. ، شبیه ترانس قدرت است یعنی سیم پیچ اولیه و ثانویه و هسته دارد.

گاهی اوقات ، داخل مقره ، ورقه‌های آلومینیومی می‌گذارند که بیشتر کاغذی می‌گذارند.

این خودش شبیه یک خازن می‌شود.

حال یک انشعاب از این خازنها می‌گیرند



Marshaling Box از خروجی P.T. می‌رود به سپس از آنجا به اتاق کنترل.

الآن ترانس بجای اینکه کل ولتاژ را به ۱۱۰ ولت تبدیل کند ، ولتاژی خیلی کمتر مثلاً 5kV را تبدیل می‌کند. به این نوع P.T. ، C.V.T. می‌گویند. ⇐ حجم ترانس کوچکتر شده و هم از آن مصرفی و همچنین عایق بندی کمتر می‌شود.

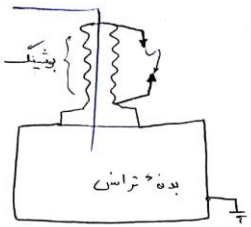
مشخصات P.T.ها : ① نسبت تبدیل

② دقت : یا 0.2 یا 0.5 یا 1 ③ قدرت { ۱۲۰ ۲۰۰ ۵۰۰ } ولت آمپر

* **برقگیرها** : جهت مقابله با اضافه ولتاژهای گذرا یا دائمی حوائز صاعقه ، کلید زنی و ... .

① برقگیر میله ای : ساده ترین نوع است .

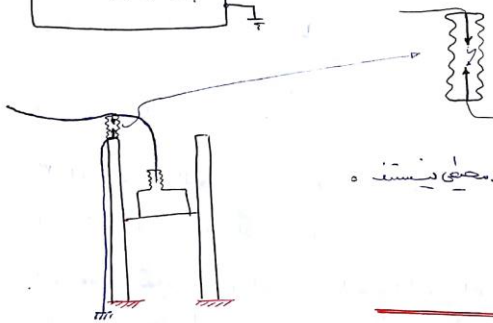
این میله ها دقیقاً روبروی هم نیستند . چون اگر مثلاً باران ببارد ، در ولتاژ ناشی arc نزنند .



② برقگیرهای Expultion :

در انتهای خطوط توزیع استفاده می شوند .

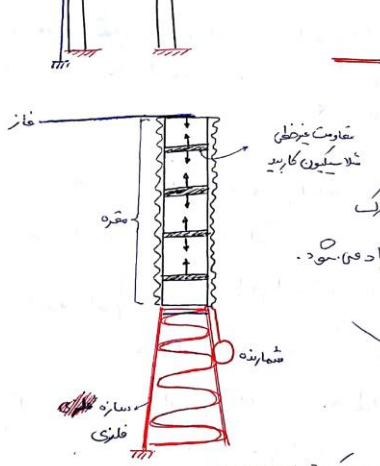
میله ها داخل مقره هستند و وقت شرایط محیطی نیستند .



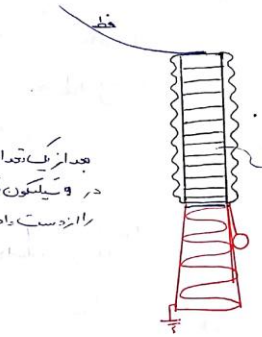
③ برقگیرهای غیرخطی

با افزایش ولتاژ ، مقاومت های غیر خطی مقاومتشان کم می شود و بین میله ها آرک می زند . با رفع اضافه ولتاژ ، دوباره مقاومتشان زیاد می شود .

شمارنده ، تعداد دفعات arc زنی را می شمارد .



بعد از یک تعداد arc زدن در سیلیکون کاربید گاههایی پیدا می شود که نشان می دهد خاصیتش را از دست داده



نوع دیگر همین مقره ها ← .

بلوکهای از جنس ZnO اکسید روی - چون این عنصر در طبیعت به فراوانی یافت می شود .

برای توزیع یکنواخت پتانسیل روی مقره ، حلقه هایی دایره شکل بالای مقره ها می گذارند .

مشخصات برقگیرها : ولتاژ نامی ، حداکثر ولتاژ نامی ، مقدار جریان تخلیه : یعنی وقتی برقگیر عمل می کند چند کیلو آمپر جریان را زمین می کند.

1.5 2.5 5 10 20 KA

Residual Voltage :

محل نصب برقگیرها : 1 ورودی پست 2 خروجی پست

یعنی اضافه ولتاژ خط انتقال را اجازه ندهد وارد پست شود.

3 اولیه ثانویه و ثالثیه ترانسفورماتور . اگر در پست راکتور یا خازن هم داریم ← حتماً موجب آنها هم برقگیر می گذاریم . البته یک طرفشان چون اصلاً دوطرف ورودی و خروجی ندارند.

4 در بعضی پستها روی باس بارها هم برقگیر می گذارند. باس بار مثل یک جوجه پر آب است که تعدادی لوله آب وارد شده و تعدادی خارج .

باس بارها اکثراً لوله هایی آلومینیومی توخالی اند.

C.T. ها : خروجی CT ها ، 1 ، 2 و 5 آمپر است.

خط ما ← اولیه CT است . ثانویه CT هم خروجی ماست که سیم پیچی دارد .

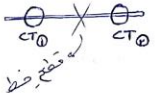
هسته و سیم پیچ ثانویه

CT ها دو نوع اند { هسته اش در پایین است . Tank Type . لمس مناطق زلزله خیز
هسته اش بالاست . در مناطق زلزله جز استفاده نمی شه چون مرکز ثقل آنها بالاست Top Core

سیم پیچ ثانویه و هسته این نوع در بالاست و محفظه اش بشکل آکاردئونی ست برای اینکه وقتی روغن گرم شد و حجم روغن زیاد شد محفظه حجم اش تغییر کند. بالای CT یک رادیاتور هست.

محل CT ها : ① در یک طرف کلید اگر جریان بیشتر از حد مجاز بگذرد ، رله ها فرمان قطع کلید را می دهند.

② در دوطرف کلید ؛ جهت حفاظت دیفرانسیلی



اگر جریانی که CT① می خواند با CT② اختلاف داشته باشد رله فرمان قطع خط را می دهد.

سکسیونرها ، CT ها و کلید ها ← یک ورودی دارند و یک خروجی
PT ها ← فقط ورودی دارند .

ورودی CT هاهم 10 - 12.5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 و 100
و مضارب صحیح این اعداد . مثلاً ۳۰ ← ۳۰۸ به ۵ آمپر

اعداد استاندارد است ✓

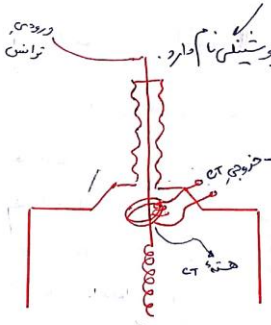
✓ در یک پست ، ممکن است چندین جا جریان خروجی CT بخواهیم . ← نمی توانیم چندین CT ببندیم ، در نتیجه روی یک CT چند تا هسته می گذاریم . البته هسته CT هایی که برای سیستم کنترل و اندازه گیری استفاده می شوند با هسته آنهایی که برای سیستم حفاظت بکار می رود متفاوت است .

✓ سطح مقطع هسته CT هایی که برای حفاظت بکار می رود باید بیشتر باشد تا زمانیکی اتصال کوتاه رخ داد سریع به اشباع نرود تا رله ها بتوانند عمل کنند .

✓ سطح مقطع هسته CT هایی که برای اندازه گیری بکار می رود باید کمتر باشد تا زمانیکی اتصال کوتاه رخ داد عقربه آمپرمتر به کناره آمپرمتر ضربه نزند .

تعداد هسته هایی که هر یک CT هست ، حداکثر ۴ تا است .

علاوه بر CT های Tank Type و Top Core ، یک نوع دیگر داریم که CT ی بوشینگی نام دارد .
روی بوشینگ ترانس قدرت و راکتورها استفاده می شود .



فرض ← اتصال ترانس Y_nd

بعضی وقتها سر راه نول ترانس یک CT می گذارند و سپس زمین می کنند تا زمانیکه جریانهای نامتعادل عبوری از CT از حد مجاز بیشتر شد ، دستگاههای حفاظتی در زمان مناسب ، فرمان مناسب دهند .

سکسیونرها ، CT ها و کلید ها ← یک ورودی دارند و یک خروجی
PT ها ← فقط ورودی دارند .

ورودی CT ها هم 10 - 12.5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 و 100
و مضارب صحیح این اعداد . مثلاً ۱۲۰۰ ← ۱۲۰۰/۸ به ۵ آمپر

اعداد استاندارد است .

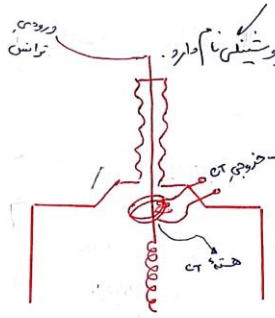
✓ در یک پست ، ممکن است چندین جا جریان خروجی CT بخواهیم . که نمی‌توانیم چندین CT ببندیم ، در نتیجه روی یک CT چند تا هسته می‌گذاریم . البته هسته CT هایی که برای سیستم کنترل و اندازه گیری استفاده می‌شوند با هسته آنهایی که برای سیستم حفاظت بکار می‌رود متفاوت است .

✓ سطح مقطع هسته CT هایی که برای حفاظت بکار می‌رود باید بیشتر باشد تا زمانیکه اتصال کوتاه رخ داد سریع به اشباع نرود تا رله ها بتوانند عمل کنند .

✓ سطح مقطع هسته CT هایی که برای اندازه‌گیری بکار می‌رود باید کمتر باشد تا زمانیکه اتصال کوتاه رخ داد هر به آمپرمتر به کناره آمپرمتر ضربه نزند .

تعداد هسته‌هایی که در یک CT هست ، حداکثر ۴ تا است .

علاوه بر CT های Tank Type و Top Core ، یک نوع دیگر داریم که CT ی بوشینگی نام دارد .
روی بوشینگ ترانس قدرت و رالشورها استفاده می‌شود .



فرض ← اتصال ترانس Y_nd

بعضی وقتها سر راه نول ترانس یک CT می‌گذارند و میبنند زمین می‌کنند تا زمانیکه جریانهای نامتعادل عبوری از CT از حد مجاز بیشتر شد ، دستگاههای حفاظتی در زمان مناسب ، فرمان مناسب دهند .

درصد خطای جریان $= \frac{K_n I_S - I_P}{I_P}$

نسبت تبدیل CT

مثلاً» روی CT نوشته 5P10 یعنی در ۱۰ برابر جریان نامی، ۵٪ خطا دارد.

۷ قدرت خروجی CTها 2.5 5 10 15 30 VA

* یعنی وقتی که می‌خواهیم در خروجی این CT استفاده کنیم، قدرتش باید یکی از اعداد بالا باشد.

* هنگام کار اول دستگاههای حفاظتی و رله‌ها را انتخاب می‌کنیم؛ بعد CT را. اگر مجبور باشیم که حتماً اول CT سفارش دهیم، بالاترین توان یعنی 30 VA سفارش می‌دهیم.

* مشخصات CTها: حداکثر ولتاژ نامی، ولتاژ نامی، BIL

* شرکت تولیدکننده CT در ایران ← شرکت نیروترانس

✓ محل نصب CTها:

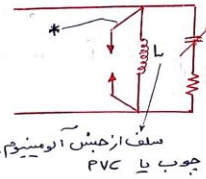
CT ها نزدیک کلیدها نصب می‌شوند ← نزدیک‌ترین المان به کلید قدرت یا سکسیونر است یا CT.

بعضی وقتها CT ها دوطرف کلید نصب می‌شوند (چرا؟) این مواقع حفاظت دیفرانسیلی استفاده شده است.

* تله موج Line Traps یا موج‌گیر

برای ارتباط بین پستها از طریق خطوط انتقال از تله موج استفاده می‌کنند که یک دستگاه فرستنده-گیرنده است.

هر پست یک باند فرکانسی مخصوص به خود دارد. هر وزارت نیرو یک واحد اختصاصی به نام مخابرات هست که پهنای باند هر پست را مشخص می‌کند. هر پست یک پهنای باند و فرکانس مخصوص خود را دارد. در هر پست فیلترهایی برای دریافت این فرکانسها هست. فیلترها ساخته شده‌اند از یک سلف از جنس آلومینیوم با عایق هوا بعلاوه یک خازن



خازن‌ها CVT گاهی اوقات برای اینجا استفاده می‌شوند

* برای محافظت در مقابل اضافه ولتاژها از یک برقگیر موازی با سلف استفاده می‌کنند.

✓ تعیین سطح ولتاژ عمل کردن رله‌گیر

ولتاژ رله‌گیر $> 2\pi f L . I_{sc}$ ⇒ ولتاژ رله‌گیر $> X_L . I_{sc}$

I_{sc} جریان اتصال‌کوتاه

$\omega L . I_{sc}$

ولتاژ عملکرد را معمولاً ۱۰٪ بیشتر از حد بدست آمده می‌گیرند ← ولتاژ رله‌گیر $> 1.1\, 2\pi f L . I_{sc}$

C.V.T را در قدرتهای پایین روی P.T یا C.V.T نصب می‌کنند. اگر روی C.V.T نصب کنند، از خازن آن هم استفاده می‌کنند.

در قدرتهای بالا روی ایزولاتور نصب می‌شود.

در بعضی پستها توسط زنجیره مقره، از گنتری آویزان می‌کنند.

✓ مشخصات الکتریکی تله موج : ۱ جبران‌نامی و جبران اتصال‌کوتاه «چون از آن هم عبور می‌کند»

۲ سطح ولتاژ عملکرد رله‌گیر ۳ فرکانس و پهنای باند ۴ سلف و خازن و مقاومت این مقادیر را تعیین می‌کنند

مقدار سلف داخل تله موج باید یکی از این اعداد باشد.

0.1 0.2 0.32 0.5 , 1mH

حداقل مقدار مقاومت از رابطه روبرو بدست می‌آید

$R_{s_{min}} = K \pi L . \frac{F_2 . F_1}{F_2 - F_1}$

1 to 0.75 معمولاً 0.9

حداقل فرکانس

جدائی فرکانس

باید باشد $\frac{Z_{min}}{R_{s_{min}}} \geq \sqrt{2}$

✻ تله موجها معمولاً در اول و یا آخر خط نصب می‌شوند.

✓ محل قرارگیری و تعداد تله موجها ؟

روی هر خط انتقال حداقل ۲ تا تله موج باید نصب شود چون یکی ارسال است؛ یکی دریافت.

✓ اگر تک مداره باشد ← روی ۲ فاز نصب می‌شه

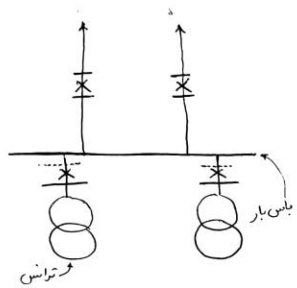
✓ اگر دو مداره باشد ← روی ۱ فاز نصب می‌شه، یعنی مثلاً بر آ فاز R دوتا کابل اومده، روی هرکدام از کابلها یک تله موج می‌گذاریم.

✓ حتی ممکنه روی هر سه فاز هم نصب بشود.

شینه بندی

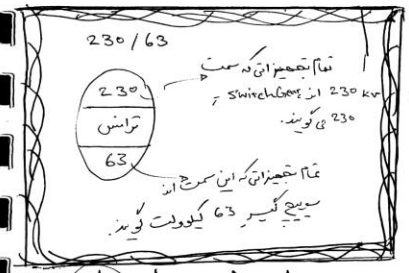
نحوه ارتباط فیدرهای مختلف به هم و نسبت به باس بار را در یک SwitchGear گویند.

۱- شینه بندی ساده



C.B : X
D.S : —
..... : بعضی جاها این سکسیونر را می گذارند بعضی ها هم نه.

اگر بخواهیم روی شینه اصلی یا باس با وسط سکسیونر تعمیرات انجام دهیم، کل برق پست باید قطع شود.

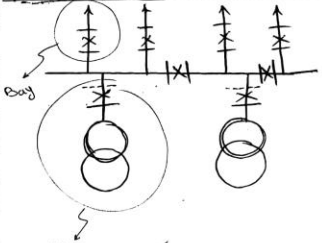


اگر بخواهیم یک فیدر اضافه کنیم، برق کل پست باید قطع شود.

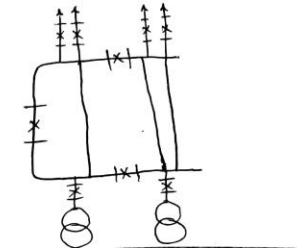
اگر روی باس بار اتصال کوتاه رخ دهد، کل برق پست قطع می شود.

برای رفع معایب ذکر شده در بالا از چند تکنیک استفاده می شود:

شینه بندی ساده
۱. Bus Section: یعنی با استفاده از کلیدها، Bus را به چند قسمت تقسیم می کنیم.
۲. Bus Section به شکل U شکل،

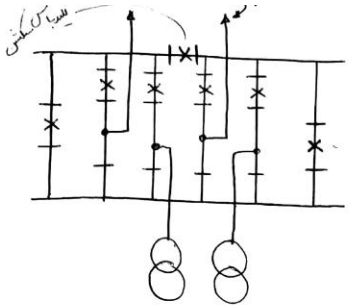


وقتی تعداد فیدرها زیاد است، برای کاهش ابعاد پست از این تکنیک استفاده می شود.



فیدرهایی که هم جوار هستند و بخواهیم به قسمت های مختلف Bus وصل کنیم در این شکل شینه بندی ساده تر است.

شینه بندی ساده ۳- استفاده از شینه انتقالی

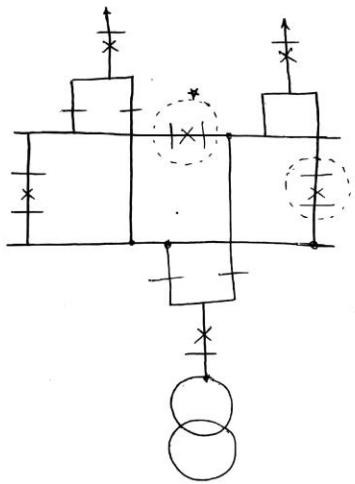


* اگر یک اتصال کوتاه در اینجا رخ دهد، (درحالیکه فیدر در حال تغذیه شدن از شینه انتقالی است، یعنی از طریق CB از شینه اصلی قطع شده باشد) در این وضعیت کلیدهای کوپلاژ وظیفه قطع کردن جریان را بر عهده دارد.

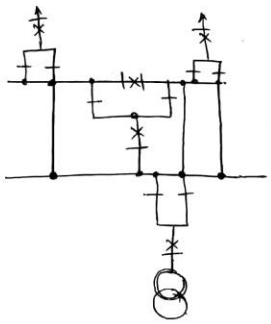
اگر کلیدهای کوپلاژ و همچنین DS های پایین را قطع کنیم، شینه انتقالی از مدار خارج می شود.

اگر کلید بای سکشن نداشتیم، ۲ تا کلید کوپلاژ می گذاشتیم، یکی می گذاریم.

۴- شینه بندی دوبل

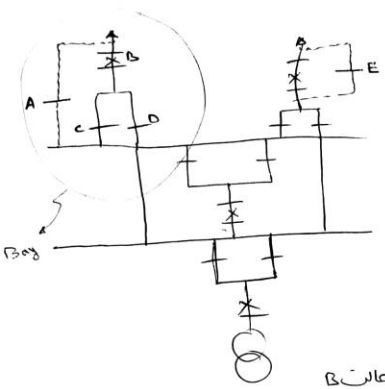


* اگر این Bus Section را بگذاریم، باید کلید دوبل هم سمت راست بگذاریم. برای صرفه جویی در تعداد CB ها و DS ها، از شکل پایینی استفاده می کنیم که معادل همین است.



این دو شکل از نظر کارایی یکسان اند. شکل پایینی به خاطر صرفه جویی در کلید، باصرفه تر است.

③ شینه‌بندی دوبل ← استفاده از سکسیونر By Pass



A : سکسیونر بای پس

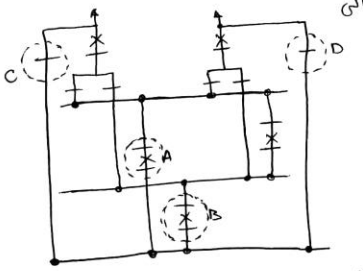
اگر بخواهیم کلید B را تعمیر کنیم. ابتدا A را وصل می‌کنیم، بعد C و D را قطع و نهایتاً خود کلید B را قطع کنیم.

فرق سکسیونر بای پس حالت A با حالت D :

حالت A فقط از شینه‌ی اصلی قابل تغذیه است ولی حالت B هم می‌تواند از شینه اصلی تغذیه شود و هم از شینه انتقالی.

- سکسیونرهای by pass در حالت عادی وصل هستند.

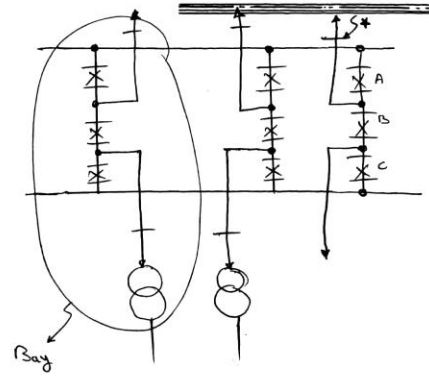
← ممکن است دو تا شینه داشته باشیم + یک شینه‌ی انتقالی



D و C در حالت عادی باز هستند.

B و A " " " وصل هستند.

④ شینه‌بندی $1\frac{1}{2}$ کلیدی



به قسمت‌هایی که تکرار می‌شوند، Bay می‌گویند.

در این نوع شینه‌بندی، هر Bay از دو فیدر تشکیل شده.

یعنی روی فیدر و شر روی شینه

* اگر در مدار ستاره، اتصال کوتاه شود کلیدهای A و B قطع می‌شود.

۵) شبکه بندی ۱/۵ عددی از نوع Inverted یا معکوس.

۶) شبکه بندی صلیبی

سیستم: ۵ فیدر از این نوع شبکه بندی اقتصادی نیست.

تجهیزات در این نوع شبکه بندی باید براساس حداکثر جریان عبوری انتخاب شوند.

این شبکه بندی قابل تبدیل به ۱/۵ کلیدی است.

این شکل، حالت صلیبی شکل است. بدین با اضافه کردن کلیدهای A و B، شبکه بندی را تبدیل به ۱/۵ کلیدی می کنیم.

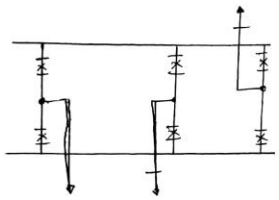
⑧ شینه بندی دو کلیدی

شینه ۱/۵ کلیدی ست ← به ازای هر فیدر ۱/۵ کلید

۲ کلیدی ← به ازای هر فیدر دو کلید

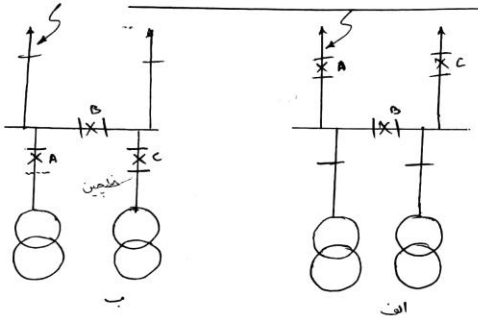
این شینه بندی کمتر استفاده می‌شود.

چون هزینه اش بیشتره ← ۱/۵ کلیدی استفاده می‌شود.



⑨ شینه بندی ۳ کلیدی

زمانی استفاده می‌شود که قرار نیست پست را توسعه دهیم.



اگر اتصال S در حالت الف: کلید A قطع ← دو ترانس + یک فیدر
در حالت ب: کلید A و B قطع ← یک ترانس + یک فیدر
} در مشکل می‌ماند.

دیاگرام تک خطی

نقشه پست تک خط با استفاده از سمبل‌های الکتریکی که نحوه ارتباط فیدرها نسبت به هم و نسبت به باس بار در یک پست را نشان می‌دهد.

چیزهایی که باید بدانیم: چند تا فیدر ورودی داریم؟ ظرفیتشان چقدر است؟ چند تا فیدر خروجی داریم؟ چند تا فیدر در آینده اضافه می‌شود؟ سپس نوع شینه بندی انتخاب می‌کنیم. سپس تعداد ترانس‌ها را انتخاب می‌کنیم

همچنین نوع اتصال { بالای 63 ← ستاره → معمولاً
کمتر از 63 ← مثلث

ظرفیت ترانس براساس تعداد و ظرفیت فیدرهای ورودی یا تعداد و ظرفیت فیدرهای خروجی ← چون پست توان را تبدیل می‌کند

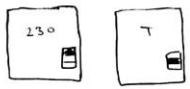
سیستم‌های جبران کننده (کپاسیتور، خازن و ...) ← نحوه اتصال نول مزرعین در ولتاژ 63kV به پایین

← ایده اسن سری با سیم ارت.

یک پارامتر دیگر ← باید در نظر داشته باشیم در آینده چند تا فیدر ممکنه اضافه شود.

محدودیت فیزیکی استقرار تجهیزات: حتماً طراحی باید به ابعاد زمین توجه کنیم.

☑ دیاگرام بلوکی



مثلاً یک پست داریم بصورت ← 230kV / T / 63kV

هر کدام از این سه قسمت را در یک sheet می‌کشیم

تا ابعاد A_2 .

A_2 تا برد؟

☑ اگر نقشه‌ی پست را بصورت دید از بالا بکشیم ← Lay Out

☑ نقشه‌های Plan ← آرایش پست را نشان می‌دهد. مثلاً نگهبانی کجاس، خیابان‌ها و ... اتاق فرمان و ...

☑ نقشه‌های Logic ؛ مثلاً D.S. قراره کی کار بکنه ؛ تقدم یک شرایطی زمان می‌گیره

☑ نقشه‌های سینی کابل ؛ نقشه‌ی سینی کابل برای کابل کشی پست است. فاصله‌ی سینی‌ها نسبت هم

☑ نقشه‌های Section ؛ ارتفاع نصب D.S ها و B.C ها، فاصله‌شان از هم و نسبت به زمین

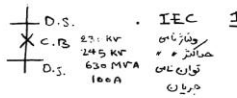
☑ نقشه‌ی ارت ؛ طول و عرض و ارتفاع میله‌های ارت و ... .

☑ نقشه‌ی جزییات ؛ جزییات نقشه . اندازه و نوع پیچ‌ها و ... .

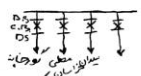
---

* اصول رسم دیاگرام تک خطی :

۱ از علائم الکتریکی استاندارد استفاده کنیم . استاندارد شماره 117 IEC



۲ مشخصات یک فیدر را می‌نویسیم اگر روی فیدرهای بعدی همان مشخصات بود ، دیگر مشخصات رو لازم نیست بنویسیم .



۳ فیدرها و المان‌هایی که در آینده قراره اضافه بشه به پست با خط‌چین می‌کشیم .

۴ جلوی فیدرها باید بنویسیم فیدر از کدام پست آمده یا به کدام پست می‌رود .

۵ نوع کابل زمینی کابل GIM و ... هوایی

۶ ترتیب قرارگیری تجهیزات و Bay ها و فیدرها ، با دیاگرام تک خطی باید متناسب باشد .

باید ۳ ترکیب قرارگیری تجهیزات در پست با دیاگرام تک خطی هم هوایی داشته باشد

ترکیب بار ها از شمال به جنوب و از غرب به سمت شرق

نقشه های { Mark up : اون چیزی که اجرا شده رو، تغییرات رو روی نقشه اصلی اولیه پیاده می کنیم و با خود کار ابیطار را می کنیم. ← سپس همون رو با AutoCad که می شه نقشه As Built
As Built : چیزی که اجرا شده را، با AutoCad تغییراتش را روی نقشه اولیه انجام می دهیم و مُهر As Built روش می زنیم. هزینه این نقشه ها بود تا 3٪ کل هزینه پروژه است.

در این نقشه، می دانیم مکیدمان رو از کجا ضربدیم، چه مارکی؟ مشخصات الکتریکی رو کامل یا تصحیح می کنیم.