بخش سوم:

طرح های شینه بندی در پست (انواع شینه بندی و آرایش فیزیکی تجهیزات پست)

مدرس: دکتر علی کریمی

مفاهیم شینه بندی

- فیدرهای ورودی و خروجی پست ها توسط شینه های فشار قوی به یکدیگر اتصال می یابند (تشکیل گره الکتریکی).
- جریان فیدرهای ورودی در شینه ها با یکدیگر جمع شده و در فیدرهای خروجی توزیع می شود. به همین دلیل لازم است شینه ها از ظرفیت کافی جهت عبور جریان و توزیع آن برخوردار باشند.
- با بروز عیب در هر یک از فیدرها و تجهیزات آنها، جریان خطا از طریق بقیه فیدرها به سمت نقطهٔ عیب جاری شده و در شینه پست با یکدیگر جمع می گردد و جریان اصلی اتصال کوتاه را تشکیل می دهد. در نتیجه شین ها باید از مقاومت مکانیکی و الکتریکی کافی جهت تحمل جریان اتصال کوتاه نیز برخوردار باشند.
- انتخاب شینه بندی مناسب و روش اتصال فیدرها به شینه از جمله مهمترین شاخصهای پست به شمار می رود (انتخاب نوع مناسب شینه بندی و نحوه کنترل کلیدها در شرایط عادی و اضطراری).
- برخی از معیارهای انتخاب شینه بندی: سطح ولتاژ و ظرفیت انتقال انرژی، قابلیت اطمینان تامین انرژی مصرف کنندگان، انعطاف پذیری در تعمیر و نگهداری، وضعیت توسعه پست، محدودیت های فیزیکی مانند زمین و پارامترهای اقتصادی.
- شینه ها از لحاظ مشخصات فیزیکی:
  - ✓ شینه های سخت: معمولاً به شکل لوله یا شمش های مسی یا آلومینیومی (البته، جنس لوله ها معمولاً از آلیاژ آلومینیوم بوده که دارای درصدی از منیزیم و سیلسیم نیز هستند)؛
  - ✓ شینه های نرم: از نوع هادیهای رشته ای (ACSR)؛

گروه بندی پست ها و انتخاب شینه بندی

❖ پست های بسیار مهم (حساس)

- ✓ پست هایی که درآ نها بی برقی کامل پست حتی برای مدت کوتاه برای مصرف کنندگان و یا شبکه قابل تحمل نباشد و اثراتی چون از بین بردن پایداری شبکه و در نتیجه ایجاد خاموشی سراسری و یا خاموشی منطقه ای در پی داشته باشد و یا در مورد صنایع باعث توقف فرآیند تولید و خراب شدن مواد و تجهیزات آنها گردد.
- ✓ برخی معیارها:
  - پست های متصل به نیروگاه های بزرگ با ظرفیت بالا (بیش از ۱۰۰۰ مگاوات)؛
  - پست هایی که در صورت بی برقی کامل آنها پایداری شبکه تحت الشعاع قرار گیرد (تشخیص و تعیین چنین پستی با توجه به مطالعات سیستم صورت می گیرد)؛
  - صنایع بسیار بزرگ و کلیدی که اهمیت ویژه ای از لحاظ تداوم تغذیه دارند.
- ✓ از جمله این پست ها در ایران: زیاران، فیروز بهرام، جلال، گلپایگان و ...

❖ پست های مهم

- ✓ پست هایی که قطع برق به صورت موقت برای آنها قابل تحمل باشد ولی خاموشی دائمی (چند دقیقه) اثرات سوئی بجا گذارد؛
- ✓ برخی معیارها:
  - پست های نیروگاه های متوسط (کمتر از ۱۰۰۰ مگاوات)؛
  - پست های شهری و صنعتی و کشاورزی مهم که قطع آنها باعث ایجاد خاموشی موضعی می شود ولی پایداری سیستم را مختل نمی سازد؛

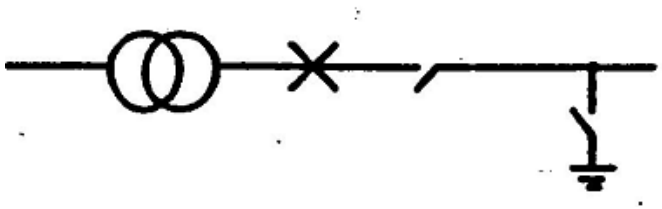
❖ پست های با اهمیت کم

- ✓ پستهایی که قطع برق در مواقع اضطراری (چند ساعت) برای آنها قابل تحمل باشد (پست هایی که بار آنها عمدتاً مصارف خانگی، روشنایی و یا کارگاه های صنعتی کم اهمیت دارد و یا پست هایی که از طریق خطوط تک مداره به صورت شعاعی تغذیه می شوند)؛

انواع شینه بندی

1. بدون شینه بندی
2. شینه بندی ساده (Single Busbar)
3. شینه بندی اصلی و فرعی (Main and Transfer Busbar)
4. شینه بندی دوبل (Double Busbar)
5. طرح شینه بندی یک و نیم بریکری (One & a Half Breaker System)
6. طرح شینه بندی دو بریکری (Double Breaker Double Bus)
7. طرح شینه بندی حلقوی (Ring-Bus System)
8. طرح های ترکیبی (Combined System)
9. طرح شینه بندی با بیش از دو شین
10. طرح های شینه بندی جدید و خاص

۱. طرح بدون شینه بندی



- فیدر مستقیماً از طریق کلید به ترانسفورماتور متصل می گردد.
- در پست های کم اهمیت، موقت یا T-OFF کاربرد دارد.
- معایب:
  - ✓ امکان مانور وجود ندارد؛
  - ✓ برای تعمیر هر بخش (مانند کلید قدرت، سکسیونر، برقگیر و ...)، پست بی برق می شود؛
  - ✓ در صورت وقوع اتصال کوتاه، ترانس از مدار خارج و پست بی برق می گردد.
- مطابق با استاندارد وزارت نیرو قابل قبول نیست (هر چند در نقاطی استفاده شده است!)

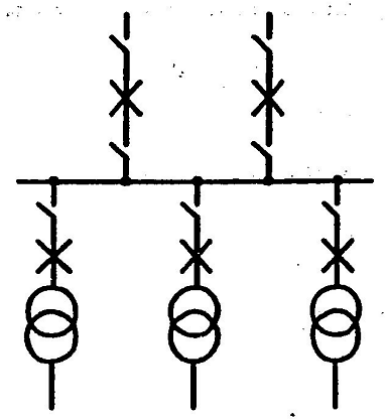
۲. طرح شینه بندی ساده تک شینه (Single busbar)

❖ **این نوع شینه بندی از یک شینهٔ ساده تشکیل یافته است و به انواع زیر تقسیم می گردد:**

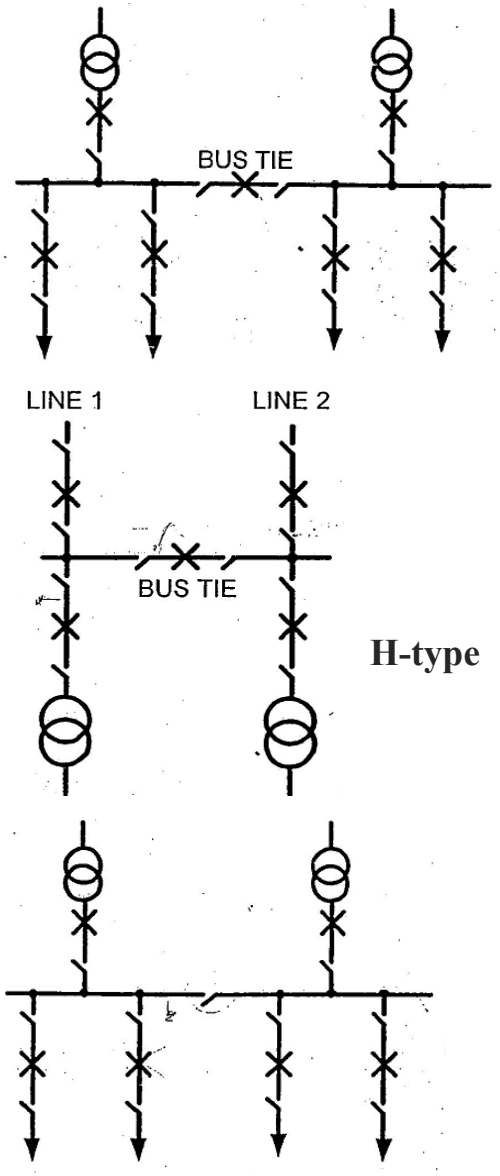
- ✓ شینه ساده تقسیم نشده؛
- ✓ شینه ساده تقسیم شده با کلید
- ✓ شینه ساده تقسیم شده با سکسیونر
- ✓ شینه ساده با آرایش به شکل U (تقسیم شده با کلید یا سکسیونر)

❖ **شینه ساده تقسیم نشده:**

- ✓ هر فیدر از طریق یک کلید و دو سکسیونر به شینه مشترک اتصال یافته است. در این نوع شینه بندی ارتباط فیدرها به شینه ساده بوده و منطق حفاظتی ساده ای بر پست حکمفرما است، اما قابلیت اطمینان آن بالا نیست.
- ✓ اتصال کوتاه در ناحیه شینه (شینه و سکسیونرهای سمت شینه) و همچنین تداوم اتصالی در هر کدام از فیدرها، کل پست را بی برق میکند. در صورت وقوع اتصال کوتاه روی فیدرها و با قطع کلید ، تنها همان فیدر از مدار خارج شده و بقیه پست به کار خود ادامه خواهد داد.
- ✓ هنگام تعمیرات روی شینه یا سکسیونر طرف شینه، کل پست باید بی برق گردد. تعمیرات روی فیدر با قطع کلید و سپس باز کردن سکسیونرهای دو طرف آن به راحتی انجام می گیرد (مانور روی هر فیدر آسان خواهد بود).
- ✓ این شینه بندی حداقل سطح موردنیاز را نسبت به سایر آرایش ها اشغال می کند.
- ✓ توسعه پست بدون بی برق نمودن شینه و قطع بارهای پست مقدور نخواهد بود.
- ✓ معمولاً در سطوح ولتاژ ۶۳ و یا کمتر کاربرد دارد و هزینه احداث آن نسبت به طرح های دیگر شینه بندی کمترین است.



۲. طرح شینه بندی ساده تک شینه



H-type

❖ شینه ساده تقسیم شده با کلید

- ✓ در این آرایش تعداد کلیدها و سکسیونرهای هر فیدر و نحوهٔ اتصال آنها مشابه حالت شینه ساده بوده ولی شینه توسط یک کلید و سکسیونرهای دو طرف آن به دو قسمت تقسیم شده است.
- ✓ چنین آرایشی مستلزم اضافه نمودن تجهیزات اضافی در روی شینه و همچنین تجهیزات حفاظتی مربوطه بوده که هزینهٔ احداث پست را به اندازه هزینه یک کلید و دو سکسیونر و حفاظت مربوطه بالا برده ولی در عوض معایب شینه بندی قبلی را تا حدی مرتفع می سازد.
- ✓ در این آرایش کلید تقسیم کننده شینه (Bus Section یا Bus Tie) در شرایط عادی بسته است ولی در صورت بروز اتصال کوتاه روی شینه، عملکرد کلید مذکور می تواند قسمت معیوب را از شبکه جدا کرده و مابقی فیدرها در سرویس باقی بمانند.

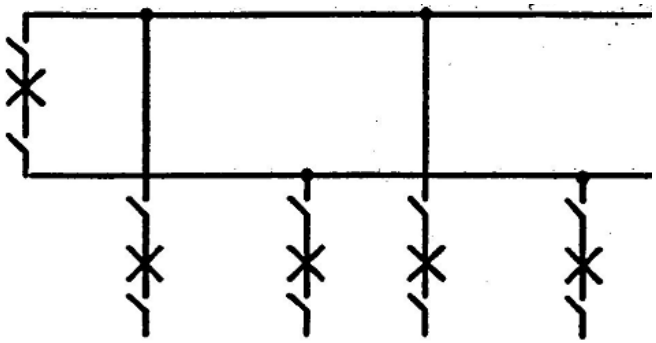
❖ شینه ساده تقسیم شده با سکسیونر

- ✓ ساده تر و کم هزینه تر از شینه ساده تقسیم شده با کلید است.
- ✓ برای قطع و وصل سکسیونر یک طرف از آن را باید بی برق کرد.
- ✓ با اتصال کوتاه روی شین، کل شین بی برق می شود ولی در ادامه می توان بخشی را به مدار برگرداند.
- ✓ ممکن است از دو سکسیونر سری نیز در شین نیز استفاده شود (تا در تعمیر سکسیونر تقسیم کننده پست بی برق نگردد).

۲. طرح شینه بندی ساده تک شینه

❖ شینه ساده با آرایش به شکل U (U-Type)

- ✓ در شرایطی که محوطه پست از لحاظ ابعاد دارای محدودیت است و همچنین در مواردی که خطوط انتقال دو مداره به پست متصل می باشند می توان از نوع دیگری از آرایش شینه بندی ساده تقسیم شده با کلید که به شینه ساده با آرایش U استفاده نمود (فرم شینه به شکل U بوده و فضای مورد نیاز در صورت استفاده از این نوع شینه بندی کاهش می یابد).
- ✓ در این حالت برای خطوط دومداره Cross Over نداریم (یکی از مدارات خط دومداره مجبور نیست که از روی برخی اشعاب ها عبور کرده و همچنین ارتفاع نصب آن بالا رود)



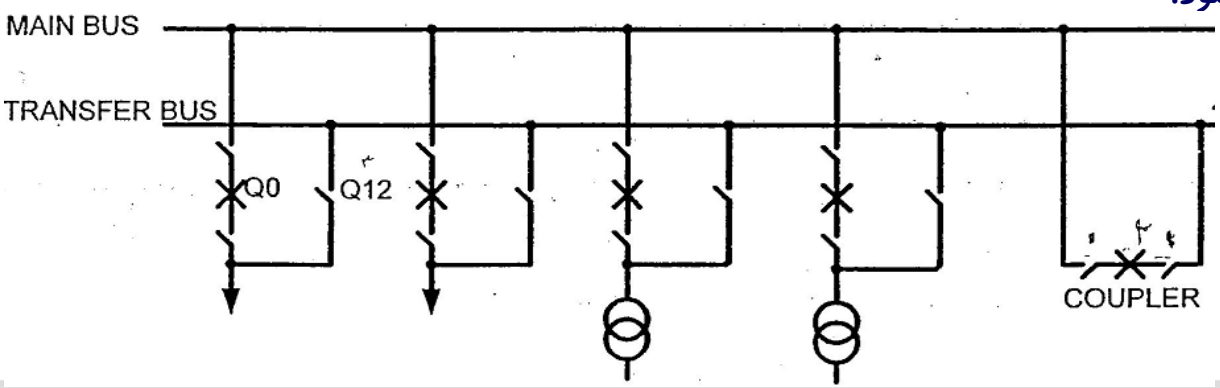
❖ مشکلات شینه بندی ساده با کلید:

- ✓ سرویس و تعمیر مقره ها و سایر متعلقات بدون قطع یکی از بخش ها ممکن نیست؛
- ✓ جهت توسعه پست باید بخش مربوطه را از مدار خارج کرد؛
- ✓ چنانچه در هر انشعاب، مدارشکن یا سایر تجهیزات آن احتیاج به تعمیر داشته باشد، کل انشعاب باید از مدار خارج شود.

❖ بنابراین، بیشتر تا سطوح ۶۳kV (یا ۶۶) و گاهی در سطوح ۱۳۲kV کاربرد دارند.

۳. طرح شینه بندی اصلی و فرعی (Main and transfer busbar)

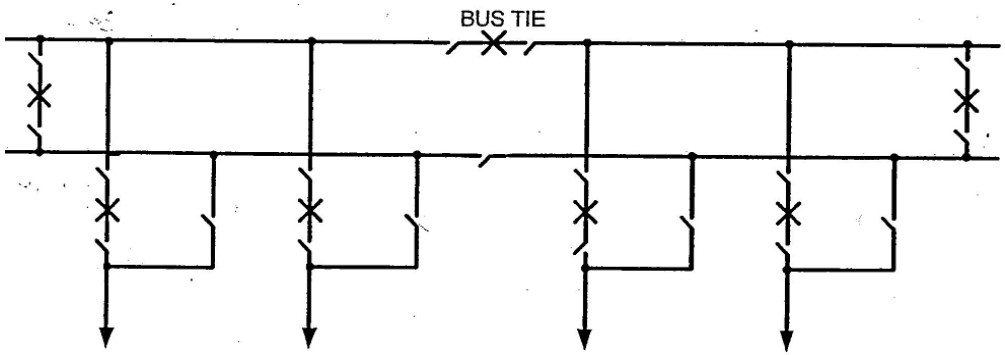
- در این نوع شینه بندی از دو شینه (یکی اصلی و دیگری فرعی) استفاده شده و هر یک از فیدرها توسط یک سکسیونر اضافی به شینه فرعی متصل می گردند. شینهٔ فرعی در موارد لازم توسط کلید کوپلاژ (Bus coupler) به شینهٔ اصلی که همواره برق دار است متصل می گردد.
- کلید کوپلاژ در شرایط عادی باز است و چنانچه بواسطهٔ بروز عیب یا هنگام سرویس و تعمیر کلید یا بخشی از تجهیزات هر یک از فیدرها نیاز به باز شدن کلید مربوطه باشد، می توان ابتدا سکسیونر انتقالی را وصل نموده و با بستن کلید کوپلاژ شینهٔ فرعی را برقدار نمود و سپس با باز کردن کلید مزبور تعمیرات را روی آن انجام داد.
- مزیت این شینه بندی تنها در زمان تعمیر کلید و یا بخشی از تجهیزات فیدرها، خود را نمایان ساخته و با این نوع آرایش می توان امکان در مدار نگاه داشتن یک فیدر که تجهیزات آن معیوب شده را فراهم نمود.
- مثال: اگر بریکر خط ۱ نیاز به تعمیر داشته باشد، ابتدا سکسیونرهای کلید کوپلاژ و خود کلید بسته می شود. سپس، Q12 (مسیر موازی برای تغذیه بار) بسته می شود (اگر ولتاژ دو سر سکسیونر برابر صفر باشد می توان آن را بست). در ادامه، Q0 از مدار خارج و در حین عمل جانشینی بریکرها، تمام سیستم حفاظتی که روی Q0 است توسط یک کلید چند تیغه ای که Transfer Switch نامیده می شود به روی بریکر کوپلاژ منتقل می شود.



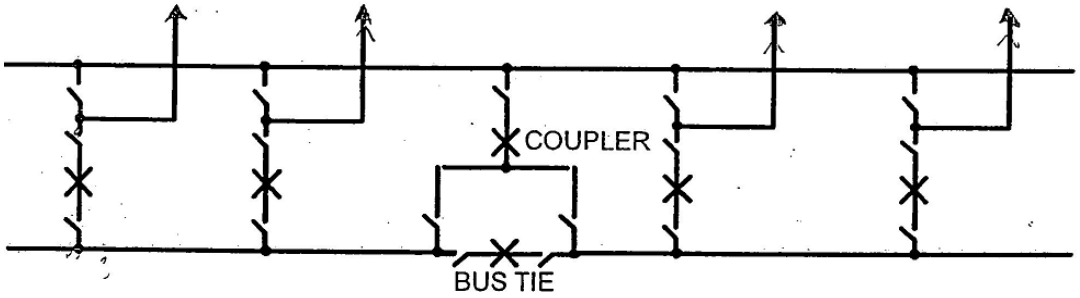
۳. طرح شینه بندی اصلی و فرعی (Main and transfer busbar)

❖ **انواع این نوع شینه بندی عبارتند از:**

- ✓ شینهٔ اصلی تقسیم نشده و شینهٔ فرعی (شکل در صفحه قبل)
- ✓ شینهٔ اصلی تقسیم شده با کلید و شینهٔ فرعی (۲ شکل زیر)
- ✓ شینهٔ اصلی تقسیم شده با سکسیونر و شینهٔ فرعی (شکل در صفحه بعد)

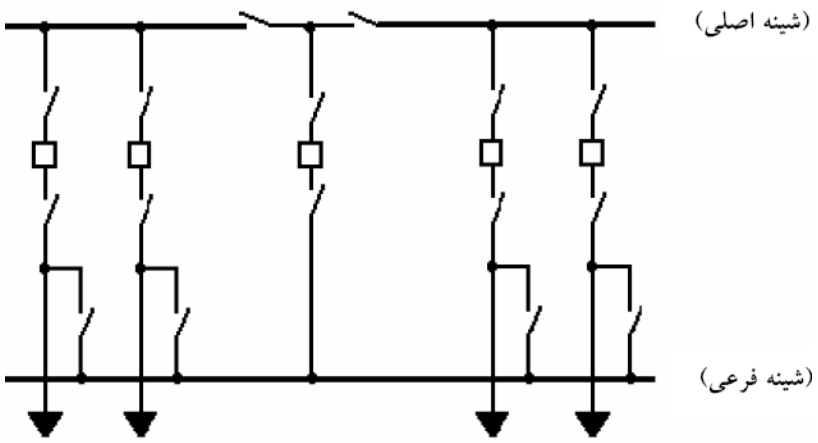


شینه اصلی تقسیم شده با کلید و با دو کلید کوپلر



شینه اصلی تقسیم شده با کلید و با یک کلید کوپلر

۳. طرح شینه بندی اصلی و فرعی (Main and transfer busbar)



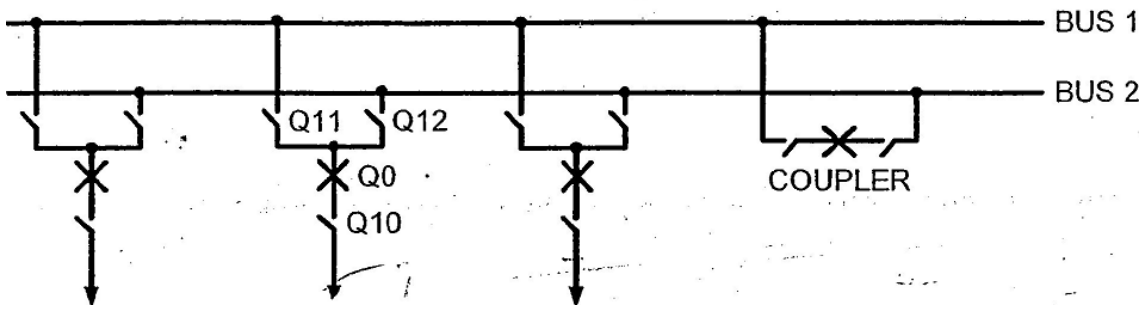
شینه اصلی تقسیم شده با سکسیونر و شینه فرعی

❖ موارد دیگر:

- ✓ در صورت بروز اتصال کوتاه در شینه اصلی یا سکسیونرهای طرف شینه اصلی، پست به طور کامل بی برق می گردد. هنگام تداوم اتصالی به علت اشکال کلید، کلیه فیدرهای پست به طور کامل بی برق خواهند شد.
- ✓ در صورت بروز اتصا لی روی فیدرها، با قطع کلید فیدر، تنها همان فیدر از مدار خارج شده که با استفاده از کلید کوپلاژ می توان فیدر معیوب را برقدار نمود و بقیه پست به کار خود ادامه خواهد داد.
- ✓ به طور معمول تا سطح ۱۳۲kV استفاده می شود.
- ✓ هزینه و فضای موردنیاز در پست کمی بالاتر از شینه بندی ساده است.

٤. طرح شینه بندی دوبل (Double busbar)

- در این نوع شینه بندی از دو شینهٔ اصلی استفاده می شود که هر یک از آنها دارای این ظرفیت و قابلیت هستند که به منظور اتصال به تمامی فیدرها مورد استفاده قرار گیرند (برخلاف شینه بندی اصلی و فرعی). این مزیت موجب می شود تا در شرایط بروز عیب برای هر یک از شینه ها و یا عملیات تعمیرات و سرویس هر یک از آنها بتوان امکان بهره برداری کامل از پست را توسط شینهٔ دیگر فراهم نمود.
- انواع این شینه بندی عبارتند از:
  - ✓ شینه دوبل ساده با کلید کوپلاژ
  - ✓ شینه دوبل با سکسیونر موازی یا By pass
- شینه دوبل ساده با کلید کوپلاژ:



٤. طرح شینه بندی دوبل (Double busbar)

❖ **دو منطق بهره برداری برای شینه دوبل ساده با کلید کوپلاژ:**

1. کلیه فیدرها از طریق یکی از دو سکسیونر به یکی از شینه ها متصل بوده و شینهٔ دیگر بدون ولتاژ و آماده جهت انجام سرویس و تعمیرات می باشد. در این شرایط کلید کوپلاژ بین دو شینه در موقعیت باز قرار دارد.
   - ✓ در صورت بروز هر گونه عیبی در شینهٔ اول و یا لزوم انجام تعمیرات روی آن می توان بدون قطع برق، کلیه فیدرها را به شینه دوم متصل نمود.
   - ✓ روش کار بدین صورت است که ابتدا با بستن کلید کوپلاژ و برق دار کردن شینهٔ دوم، دو شینه را همزمان برقدار کرده و سپس به دلیل هم پتانسیل بودن شینه ها، سکسیونر دوم از سکسیونرهای فیدرها را بدون قطع کلید فیدر و ایجاد وقفه در سیستم، وصل نموده و در نهایت، با باز کردن سکسیونر اول فیدرها و سپس قطع کلید کوپلاژ، شینهٔ اول بی برق می شود و امکان سرویس و تعمیر روی آن ایجاد خواهد شد.
2. هر دو شینه برقدار بوده و کلید کوپلاژ بین دو شینه در وضعیت بسته قرار دارد. تعدادی از فیدرها به شینه اول و بقیه به شینه دوم اتصال دارند. در این حالت، در صورت بروز اشکال و یا لزوم سرویس و تعمیرات در هر شینه می توان با قطع کلید کوپلاژ و با تعویض حالت سکسیونرها و اتصال فیدرها به شینهٔ مورد نظر یکی از شینه ها را جهت انجام تعمیرات و سرویس بی برق نمود.

❖ **در صورت بروز اتصالی روی هر فیدر، با قطع کلید فیدر مربوطه تنها همان فیدر از مدار خارج شده و بقیه پست به کار خود ادامه خواهد داد.** در صورت بروز اشکال در کلید هر یک از فیدرها نیز فیدر مربوطه باید بی برق گردد.

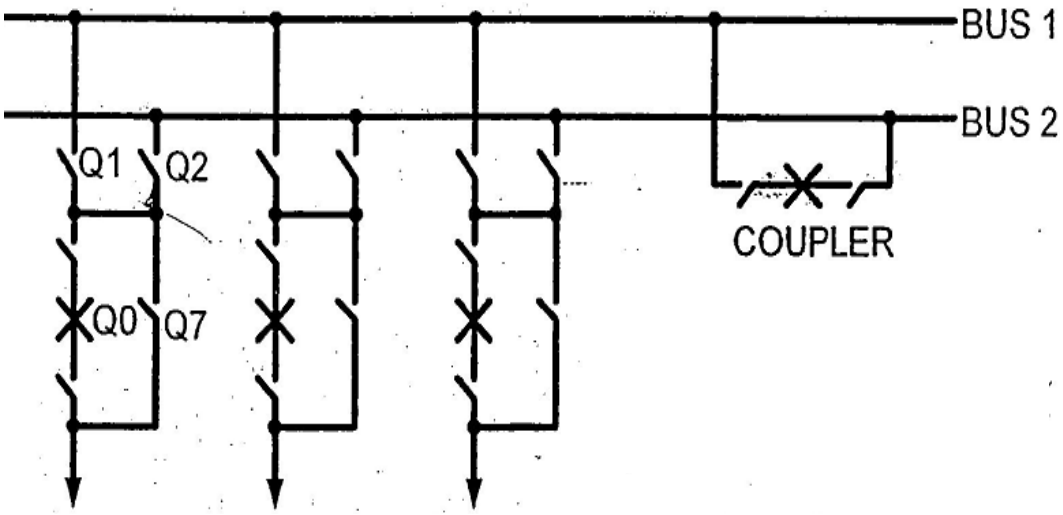
❖ **هنگام وقوع اتصالی در شینه، فیدرهای متصل به آن بی برق شده، اما می توان با وارد کردن شینه دوم و تعویض سکسیونرها مجدداً آنها را برقدار نمود.**

❖ **به طور معمول، تا سطح ولتاژ ۱۳۲kV استفاده می گردد.**

٤. طرح شینه بندی دوبل (Double busbar)

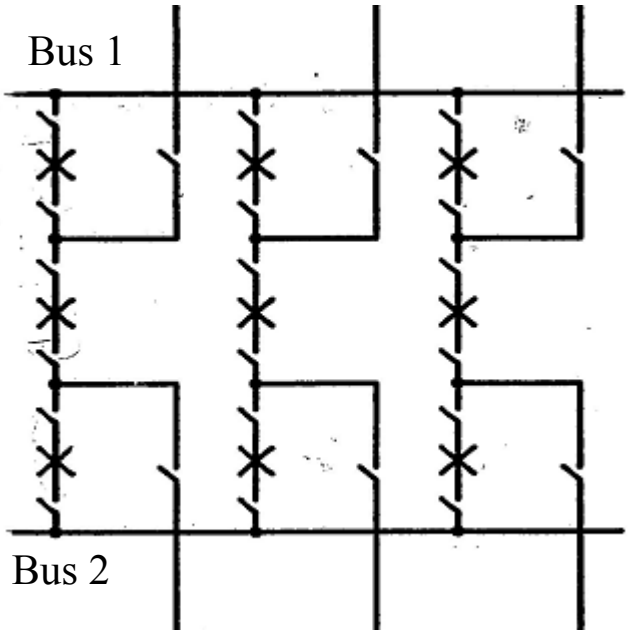
❖ شینه دوبل با سکسیونر موازی یا By pass

- ✓ ترکیبی از دو سیستم شینه بندی دوبل ساده و اصلی-فرعی است. هر یک از دو شین می توانند در حالت عادی در مدار باشند و دیگری به عنوان رزرو باشد.
- ✓ سکسیونر موازی بریکر(مثلاً Q7) می تواند در مواردی که بریکر موازی آن نقصی داشته باشد، مسیری جهت تغذیه انشعاب مربوط به کمک بریکر کوپلاژ ایجاد نماید. بنابراین، مزیت های دو سیستم در یک سیستم جمع شده است.
- ✓ با توجه به تعداد زیاد سکسیونرها، کنترل و حفاظت سیستم پیچیده تر و از نظر اقتصادی نیز گرانتر است.
- ✓ در پست های با اهمیت ۱۳۲kV و گاهی در سطح ۲۳۰kV کاربرد دارد.



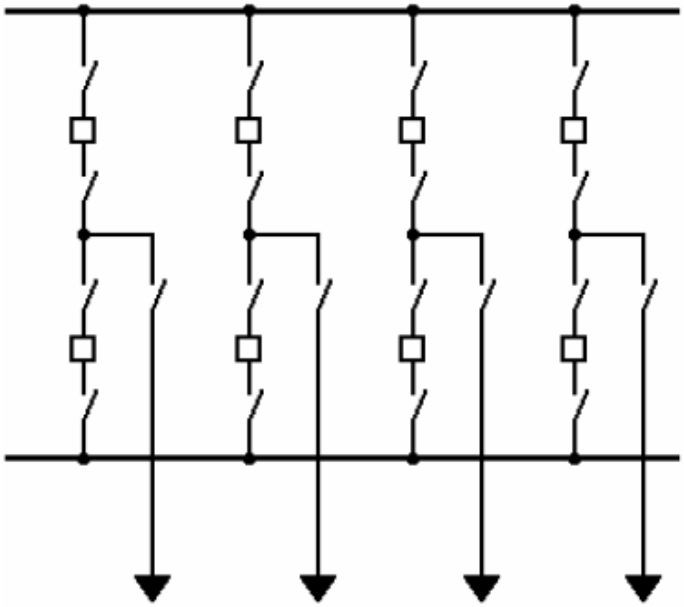
۵. طرح شینه بندی یک و نیم بریکری (One & a Half Breaker System)

- در این آرایش دو شینهٔ اصلی وجود دارد که در شرایط عادی همواره برقدار بوده و توسط بی هایی (Bay) که هر یک شامل ۳ بریکر هستند به یکدیگر متصل می گردند.
- در هر بی دو فیدر و سه بریکر وجود دارد (برای هر فیدر یک و نیم بریکر اختصاص می یابد).
- در حالت عادی تمامی کلیدها در وضعیت بسته قرار دارند و در صورت بروز عیب در یکی از شینه ها و یا در کلید یکی از فیدرها، امکان تداوم سرویس دهی از طریق شینه و کلیدهای دیگر امکان پذیر خواهد بود. در این نوع شینه بندی انجام هرگونه عملیات تعمیر و نگهداری در تجهیزات و شینه ها بدون نیاز به بی برقی و قطعی فیدرها امکان پذیر بوده و همچنین در زمان پیدایش عیب در کلیدهای مجاور شینه و بروز اتصالی در شینه، فیدر می تواند همچنان مورد بهره برداری قرار گیرد.
- در صورت وقوع اتصالی در فیدر و اشکال در کلید (تداوم اتصالی) چنانچه کلید میانی عمل نکند، بی مربوطه از مدار خارج میگردد ولی در صورت عمل نکردن کلیدهای جانبی، تنها همان فیدر از مدار خارج شده و شینه مربوطه نیز بی برق خواهد شد. درهنگام بروز عیب در کلید میانی، قطع موقت دو فیدر لازم خواهد بود.
- جریان نامی تجهیزات باید از جریان نامی انشعابات بیشتر باشد.
- هزینه بالاتر از شینه بندی دوبل و قابلیت اطمینان نسبتاً مناسب؛
- در بسیاری از پست های ۲۳۰ و ۴۰۰kV کاربرد دارد.

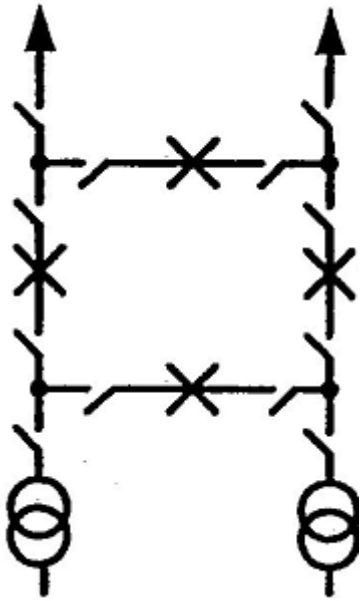


٦. طرح شینه بندی دو بریکری (Double Breaker Double Bus)

- در این نوع شینه بندی هر یک از فیدرها از طریق دو بریکر جداگانه به دو شینهٔ پست متصل می گردند.
- دارای همان مزیت های طرح یک و نیم بریکری است ولی قابلیت اطمینان آن کمی بالاتر و از نظر هزینه گرانتر است.
- با توجه به اینکه سیستم یک و نیم بریکری با ویژگی های مشابه از سیستم دو بریکری ارزانتر است، از طرح دو بریکری به ندرت استفاده می شود مگر در طرح های ترکیبی که بعداً توضیح داده خواهد شد.



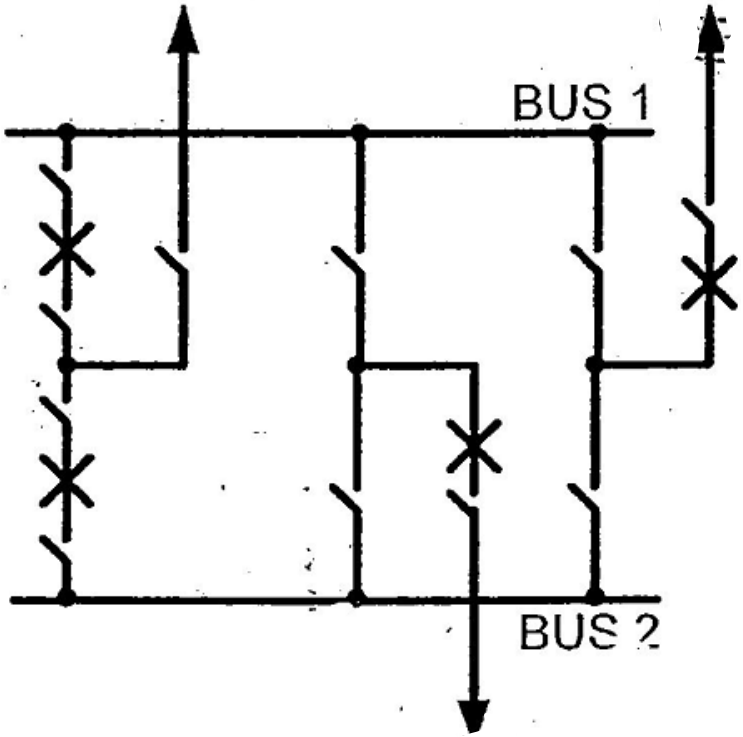
۷. طرح شینه بندی حلقوی (Ring-Bus System)



- در این نوع شینه بندی، نصب کلیدها در طول شینه ها و در فاصلهٔ بین نقاط اتصال فیدرها پیش بینی گردیده و بدین ترتیب اتصال کلیدها به یکدیگر، شینهٔ بسته ای را تشکیل داده است.
- در این طرح، شینه بندی به مفهوم قبل وجود ندارد و بخش های مختلف طرح به وسیله کلید از هم جدا شده و معمولاً نیازی به حفاظت شینه نیست چرا که حفاظت فیدرها، برای حفاظت شینه نیز کفایت می کند.
- در این نوع شینه بندی سیستم حفاظتی وصل مجدد اتوماتیک نسبت به سیستم آرایش شینه بندی دوبل و تک شینه ای پیچیده تر است و درصورتی که تعداد فیدرها کم باشد می توان طرح را بصورت رینگ قابل تبدیل به 1.5بریکری اجرا نمود ودر توسعه تبدیل به 1.5 بریکری کرد.
- هر فیدر از دو مسیر و دو کلید جداگانه تغذیه می شود و لذا، در صورت بروز عیب یا نیاز به تعمیر در هر کلید می توان بدون قطع فیدرها به تعمیر کلید مربوطه پرداخت.
- در صورت بروز اتصالی در هر قسمت از شینه ها نیز کلیدهای مجاور آن قطع شده و تنها یک فیدر بی برق می گردد.
- در عملیات کلیدزنی، همانند طرح 1.5 بریکری، نقش اصلی بر عهدهٔ بریکرهاست و سکسیونرها نقش عمده ای ندارند.

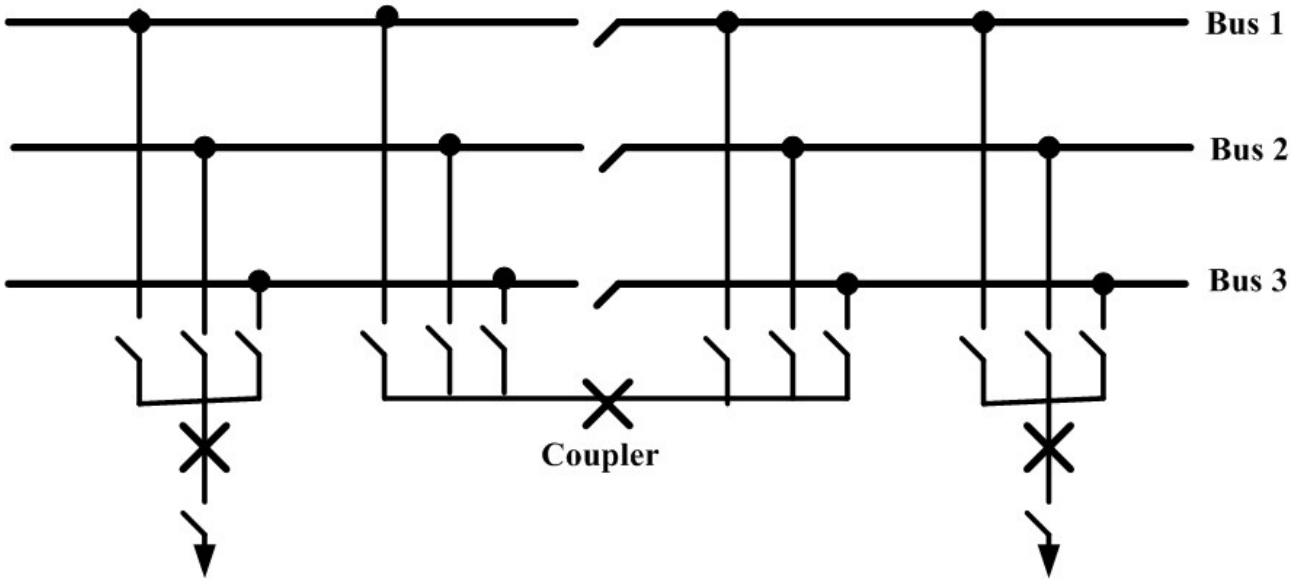
۸. طرح های ترکیبی (Combined System)

- برای بدست آوردن وضعیت مطلوب بین قابلیت اطمینان نسبتاً بالا و هزینه اقتصادی کم، گاهی از طرح های ترکیبی استفاده می شود.
- برای مثال، در یک پست ممکن است برای خط ورودی از دو بریکر استفاده شود ولی برای انشعاب مربوط به ترانس فقط یک بریکر با سکسیونر دوبل استفاده شود:
- کاربرد طرح های ترکیبی در عمل زیاد نیست.



۹. طرح شینه بندی با بیش از دو شین

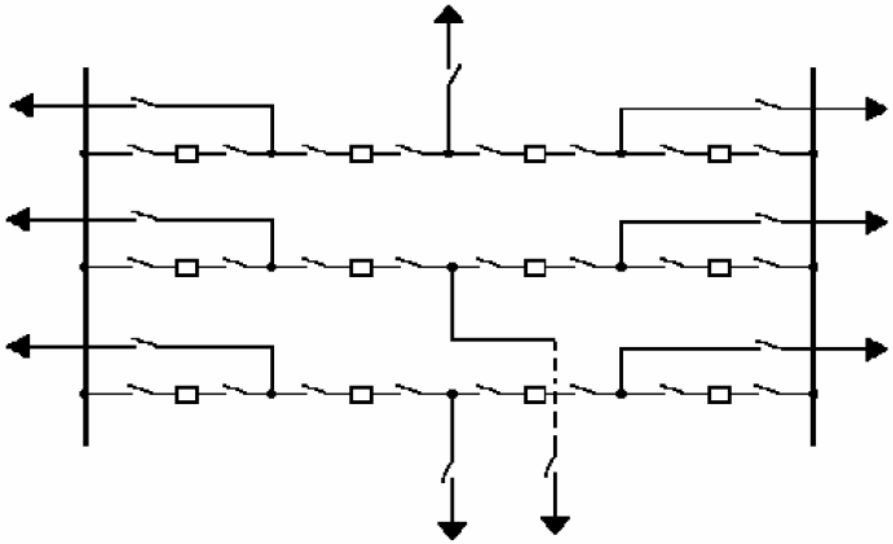
- در نیروگاه های با قدرت زیاد که دارای چندین واحد و خروجی هستند، ممکن است از شین بندی با سه و یا گاهی چهار شین استفاده شود.
- وجود تعداد زیاد شین امکان انجام عملیات بهره برداری روی واحدها و خطوط خروجی را از نظر اتصال فراهم می کند.



۱۰. برخی از طرح های شینه بندی جدید و خاص

❖شینه بندی $1\frac{1}{3}$ بریکری

- ✓ این شینه بندی مشابه شینه بندی یک و نیم بریکری دارای دو شینهٔ اصلی است. در این نوع شینه بندی شینه ها توسط بی هایی به هم اتصال می یابند که در هر بی، چهار کلید قدرت و سه فیدر وجود دارد.
- ✓ البته، از نظر فضا و مسائل مربوط به استقرار تجهیزات باید مطالعات و بررسی های لازم انجام شود.



❖شینه بندی ۶*۴ (مثلثی شکل: ۴ فیدر ورودی و ۶ فیدر خروجی)

❖شینه بندی ۹*۶ (۶ فیدر ورودی و ۹ فیدر خروجی)

❖شینه بندی سه راهی (حلقوی ستاره، ارتباط هر فیدر از طریق سه مسیر بریکردار)

❖و ....

سوال: در مورد دیاگرام طرح های فوق تحقیق کنید.

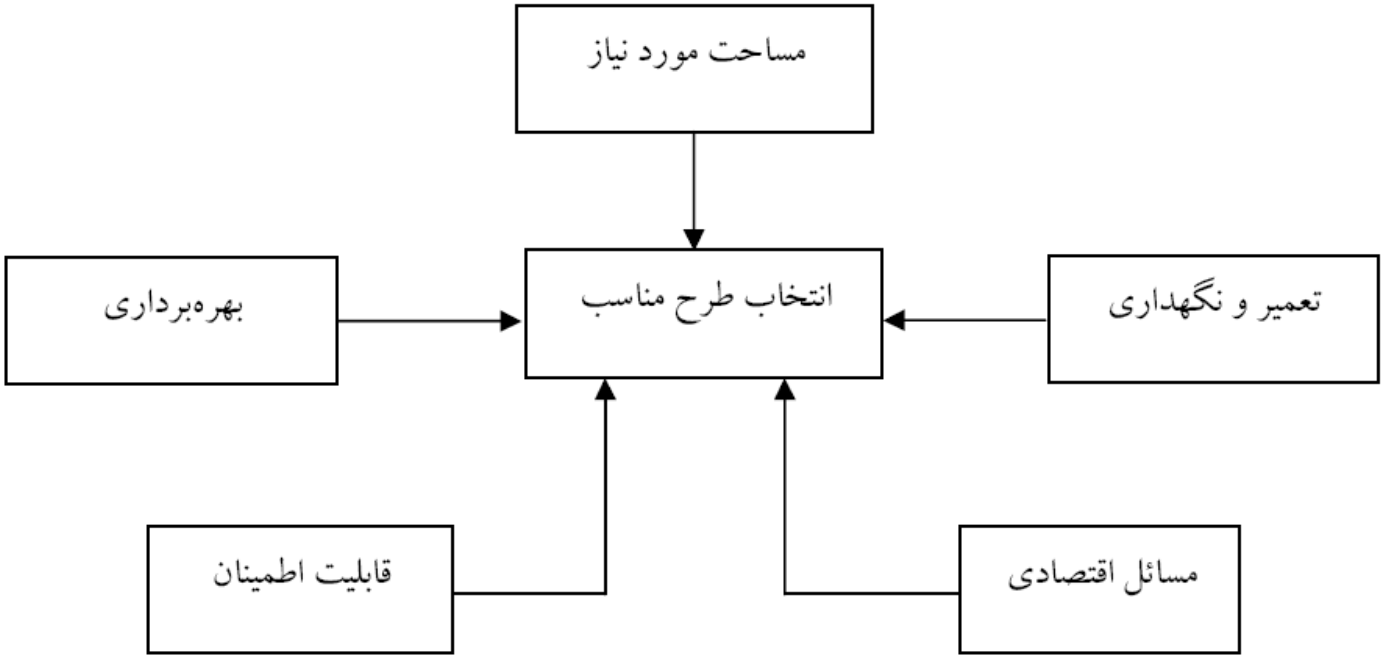
تمرین شماره ۲ (تحویل جلسه بعد)

دیاگرام تک‌خطی پست فشار قوی ۲۳۰/۶۳ کیلوولت با مشخصات زیر را ترسیم کنید (مدارشکن‌ها و سکسیونرها در شکل مشخص باشند):

- ✓ **۴ خط ۲۳۰kV متصل به پست**
- ✓ **۲ ترانس ۲۳۰/۶۳kV**
- ✓ **۶ خط خروجی ۶۳ kV**
- ✓ **طرح شینه‌بندی بخش ۲۳۰kV به صورت یک و نیم بریکری؛**
- ✓ **طرح شینه‌بندی ۶۳kV به صورت ساده** U-type **تقسیم شده با کلید؛**

انتخاب نوع شینه بندی

❖معمولاً قابلیت اطمینان یا تداوم سرویس دهی و مسائل اقتصادی (هزینه های سرمایه گذاری طرح) در تقابل با یکدیگرند. یعنی بالا بردن میزان قابلیت اطمینان منوط به تخصیص هزینه های مالی بالاتر جهت طراحی و اجرای پست خواهد بود. بنابراین میزان اهمیت و موقعیت پست در شبکه می تواند عامل اصلی در انتخاب نوع طرح باشد.



انتخاب نوع شینه بندی (تداوم سرویس دهی)

❖به منظور بررسی نحوه عملکرد هر یک از آرایش ها، شش وضعیت زیر را هنگام بروز عیب یا در مواقع سرویس و تعمیرات پیش بینی شده روی تجهیزات پست و همچنین تداوم اتصالی روی فیدر به همراه اشکال کلید درنظر می گیریم:

- ✓ وضعیت ۱: هیچگونه خاموشی یا وقفه در شرایط بهره برداری پست پیش نیاید و از پست با ظرفیت کامل بهره برداری شود؛
- ✓ وضعیت ۲: وقفه و خاموشی کوتاه مدتی (به منظور انتقال فیدرها) پیش می آید و سپس از پست با ظرفیت کامل بهره برداری گردد,
- ✓ وضعیت ۳: فیدر برای مدتی بی برق شود و سپس تنها از کسری از ظرفیت پست بهره برداری شود؛
- ✓ وضعیت ۴: قسمتی از پست برای مدتی بی برق شود و سپس تنها از کسری از ظرفیت پست بهره برداری گردد؛
- ✓ وضعیت ۵: وقفه و خاموشی کوتاه مدتی در کل پست پیش آید و سپس امکان بهره برداری کسری از ظرفیت پست فراهم گردد؛ و
- ✓ وضعیت ۶ : پست بطور کامل بی برق شود.

❖از آنجا که وقوع خطا یا بروز عیب عمدتاً از ناحیه کلیدهاست، در جدول مقایسه، بروز عیب به این نواحی محدود گردیده است و اثرات دیگر تجهیزات شامل ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ، برقگیرها و غیره در نظر گرفته نشده است. مورد سوم نیز تداوم اتصالی روی فیدر به همراه اشکال کلید است که احتمال وقوع آن در پست بالا بوده و روی تداوم سرویس دهی پست و فیدرها بسیار تأثیرگذار است.

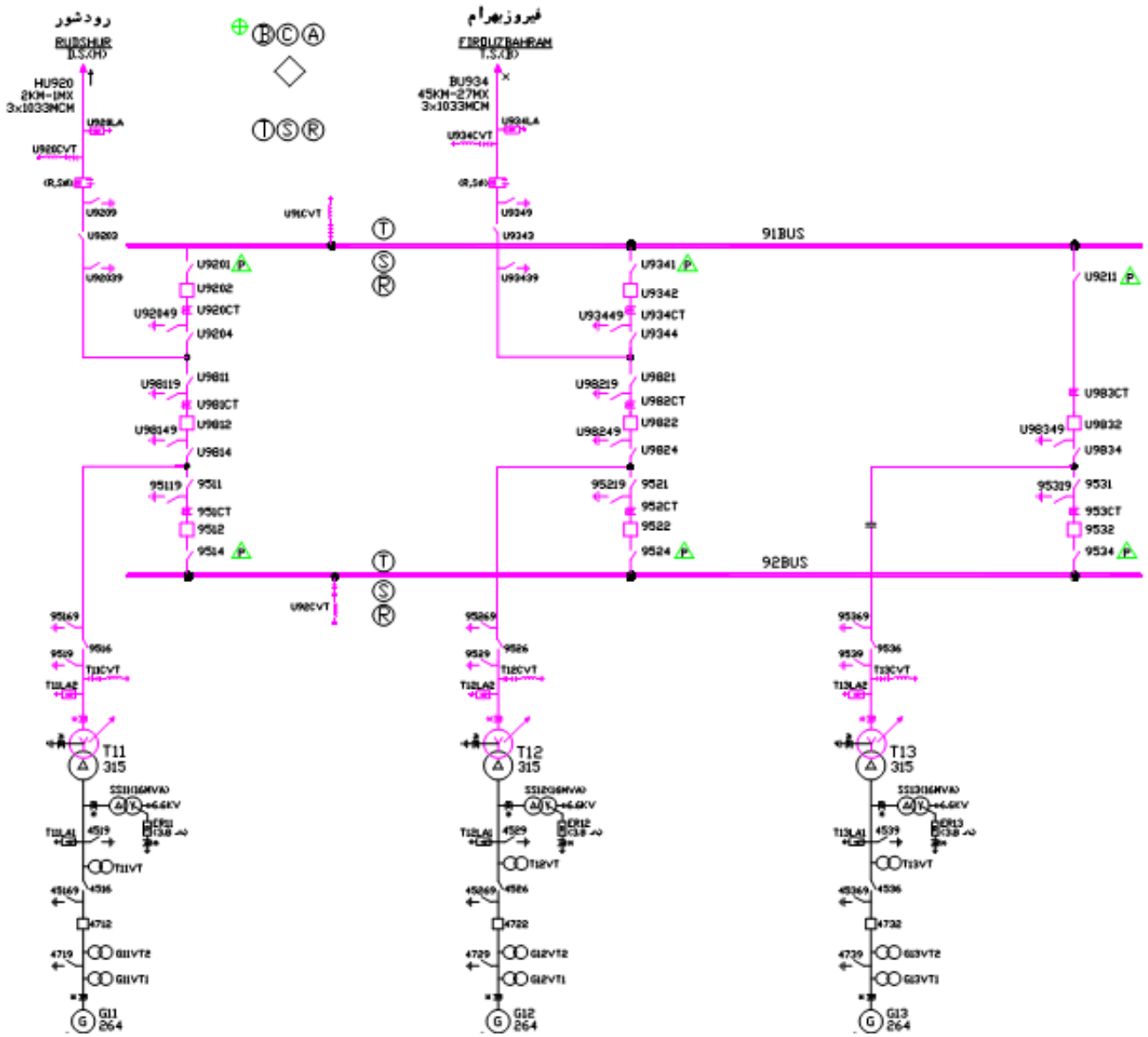
نوع شینه‌بندی	ناحیه کلید	ناحیه شینه	تداوم اتصالی روی فیدر به همراه اشکال کلید
شینه ساده تقسیم نشده	۳	۶	۵
شینه ساده تقسیم شده با کلید	۳	۴	۴
شینه ساده تقسیم شده با سکسیونر	۳	۵	۵

انتخاب نوع شینه بندی (تداوم سرویس دهی)

نوع شینه‌بندی	ناحیه کلید	ناحیه شینه	تداوم اتصالی روی فیدر به همراه اشکال کلید
شینه اصلی تقسیم نشده و شینه فرعی	۲	۶	۵
شینه اصلی تقسیم شده با کلید و شینه فرعی	۲	۴	۴
شینه اصلی تقسیم شده با سکسیونر و شینه فرعی	۲	۵	۵
شینه دوبل ساده (هر دو شینه برقدار و کلید کوپلاژ در وضعیت بسته)	۳	۲	۴
شینه دوبل با سکسیونر By Pass	۲	۲	۴
شینه دوبل با شینه فرعی	۲	۲	۴
شینه دوکلیدی	۱	۱	۳
شینه ۱/۵ کلیدی	۱	۱	۳ یا ۴*
شینه $1\frac{1}{3}$ کلیدی	۱	۱	۳ یا ۴*
شینه نوع H	۳	غیرقابل کاربرد	۴
شینه حلقوی	۳	۳	۴

* در صورت بروز اشکال کلید بر روی کلید میانی، یک فیدر دیگر نیز قطع می‌گردد.

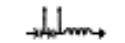
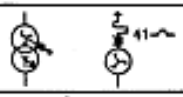
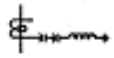
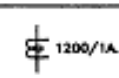
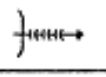
نمونه ای از دیاگرام تک خطی یک پست نیروگاهی



LEGEND

LA	LIGHTNING ARRESTER
SC	SURGE COUNTER
LT	LINE TRAP
CVT	CAPACITIVE VOLTAGE TRANSFORMAER
LMU	LINE MATCHING UNIT
CB	CIRCUIT BREAKER
CT	CURRENT TRANSFORMER
DS	DISCONNECTOR SWITCH
DS/E	DISCONNECTOR WITH EARTHING SWITCH
TR	POWER TRANSFORMER
A.G.TR	AUX.& GROUNDING TRANSFORMER
NCT	NEUTRAL CURRENT TRANSFORMER

راهنمای دیاگرام های تک خطی– علائم تجهیزات (۱)

علائم تجهیزات	اسم فارسی تجهیزات	حروف مختلف
	دستگاه پتانسیل و حامل امواج از خازنهای سری و سلفی (مبدل ولتاژ)	C.V.T. C.C. P.C.
	مبدل مصرف داخلی با اتصال زیگ زاگ با مبدل جریان و مقاومت مشخص	G.T.– (SS.)
	مبدل اتصال زمین با اتصال زیگ زاگ	G.T.
	اتصال مثلث و مثلث باز	——
	اتصال ستاره	——
	اتصال ستاره بازمین	——
	اتصال زیگ زاگ بازمین	——
	مبدل ترکیبی جریان و ولتاژ	P.C.T.
	مبدل جریان با نسبت تبدیل	CT.
	موتور سنکرون (کندانسر) یا مولد تولیدکننده بار راکتیو(مگاوارمثبت و منفی)	C
	خازن	C–S.C.
	راکتور هوازی با ذکر قدرت راکتیو (مگاوار)	R
	کلید هوائی یا روغنی خودکار یا هر نوع دیگر	——
	کلید روغنی ریل دار	——

علائم تجهیزات	اسم فارسی تجهیزات	حروف مختلف
	مولد آبی	H
	مولد بخاری	S
	مولد گازی	G
	مولدهای سیکل ترکیبی (بخار و گاز)	S.G. (Comb.)
	مولد اتمی	NUC.
	مولد دیزلی	D
	مشخصات واحد نمونه (نوع –ظرفیت – شماره)	G1
	مبدل با تنظیم کننده زیربار– ولتاژ و مبدل جریان با ذکر قدرت اسمی و نوع اتصال	T
	مبدل خودکار بانتظیم کننده ولتاژ و با مبدل جریان و ذکر ظرفیت	T
	مبدل خودکار سه سیم پیچ– اتصال ثالث از نوع مثلث	T
	مبدل سه سیم پیچ با تنظیم کننده زیربارورولتاژ	T
	مبدل دو سیم پیچ	T
	مبدل سه سیم پیچ با اتصال ستاره– ستاره–مثلث	T
	مبدل ولتاژ	V.T. P.T. E.T.

راهنمای دیاگرام های تک خطی– علائم تجهیزات (۲)

علائم تجهیزات	اسم فارسی تجهیزات	حروف مختلف
	سکسیونر	
	سکسیونر محوری	
	سکسیونر فیوزدار	-X
	سکسیونر اتصال زمین	
	برق گیر	LA
	موج گیر	L.T. (W.T.)
	خط ۴۰۰ کیلوولت (بضخامت ۲ میلی متر)	
	خط ۲۳۰ کیلوولت (بضخامت ۱٫۵ میلی متر)	
	خط ۱۳۲ کیلوولت (بضخامت ۱ میلی متر)	
	خط ۶۳ کیلوولت (بضخامت ۰٫۵ میلی متر)	
	خط ۳۳ کیلوولت (بضخامت ۰٫۳ میلی متر)	
	خط ۲۰ کیلوولت (بضخامت ۰٫۱ میلی متر)	
	خط باز یا مدار باز	
	در دست اقدام	

علائم تجهیزات	اسم فارسی تجهیزات	حروف مختلف
	آینده	
	عبور صلبی با اتصال	
	عبور صلبی خطوط بدون تماس	
	کابل کابل زیرزمینی	Ca.
	سر کابل	Ca.
	ترتیب برقدار کردن خطوط در برگرداندن سیستم بحالت عادی	
	ادامه دارد	
	یکسو کننده	
	اتصال زمین	
	فیوز	-X
	تقریب	
	دکل	
MIN. OIL	حداقل روغن (روغن مورد استفاده در کلیدهای قدرت)	
SF6	گاز سولفورفلوراید (گاز مورد استفاده کلیدهای قدرت جهت خاموش کردن جرقه)	SF6

راهنمای دیاگرام های تک خطی– علائم تجهیزات (۳)

علائم تجهیزات	اسم فارسی تجهیزات	حروف مخفف
GY827 147KM– 411MM2 21MX 411MM2–755MCM	خط ۲۳۰ کیلوولت (ری گازی -قم) با مشخصات تامل : شماره خط - طول خط - مگاوار خط سطح مقطع خط (برحسب میلیمتر مربع یا سیرکولارمیل)	———
J	اتصال فرعی	J
J1	اتصال فرعی شماره ۱	J1
T.S.	پست (ایستگاه تبدیل)	T.S.
D.S.	ایستگاه تقسیم کننده (بدون مبدل)	D.S.
G.S.	نیروگاه	G.S.
S.S.	ترانس مصرف داخلی	S.S.

رنگ استاندارد تجهیزات AC در نقشه های تک خطی ایران

رنگ	ولتاژ (کیلوولت)	شماره رنگ
قهوه‌ای	بالای ۴۰۰ کیلوولت	RAL ۸۰۲۳
بنفش	۴۰۰ کیلوولت	RAL ۴۰۰۵ ۱۰۶۵ الکلیدی
قرمز	۲۳۰ کیلوولت	RAL ۳۰۰۰ ۸۰۰۵ الکلیدی
سبز	۱۳۲ کیلوولت	RAL ۶۰۱۷ ۷۰۰۴ الکلیدی
آبی	۶۶ و ۶۳ کیلوولت	RAL ۵۰۱۰ ۶۰۰۵ الکلیدی
نارنجی	۳۳ کیلوولت	RAL ۲۰۰۸ ۵۰۰۸ الکلیدی
زرد	۱۱-۲۰ کیلوولت	RAL ۱۰۱۸ ۴۰۰۰ الکلیدی
مشکی	۱۱ کیلوولت به پایین	RAL ۹۰۰۵ ۳۰۰۹ الکلیدی

ترتیب تجهیزات در دیاگرام های تک خطی

بی ترانسفورماتور:

- ✓ سکسیونر؛
- ✓ کلید قدرت؛
- ✓ CT؛
- ✓ برقگیر؛
- ✓ ترانس قدرت؛
- ✓ برقگیر؛
- ✓ CT؛
- ✓ VT؛
- ✓ سکسیونر

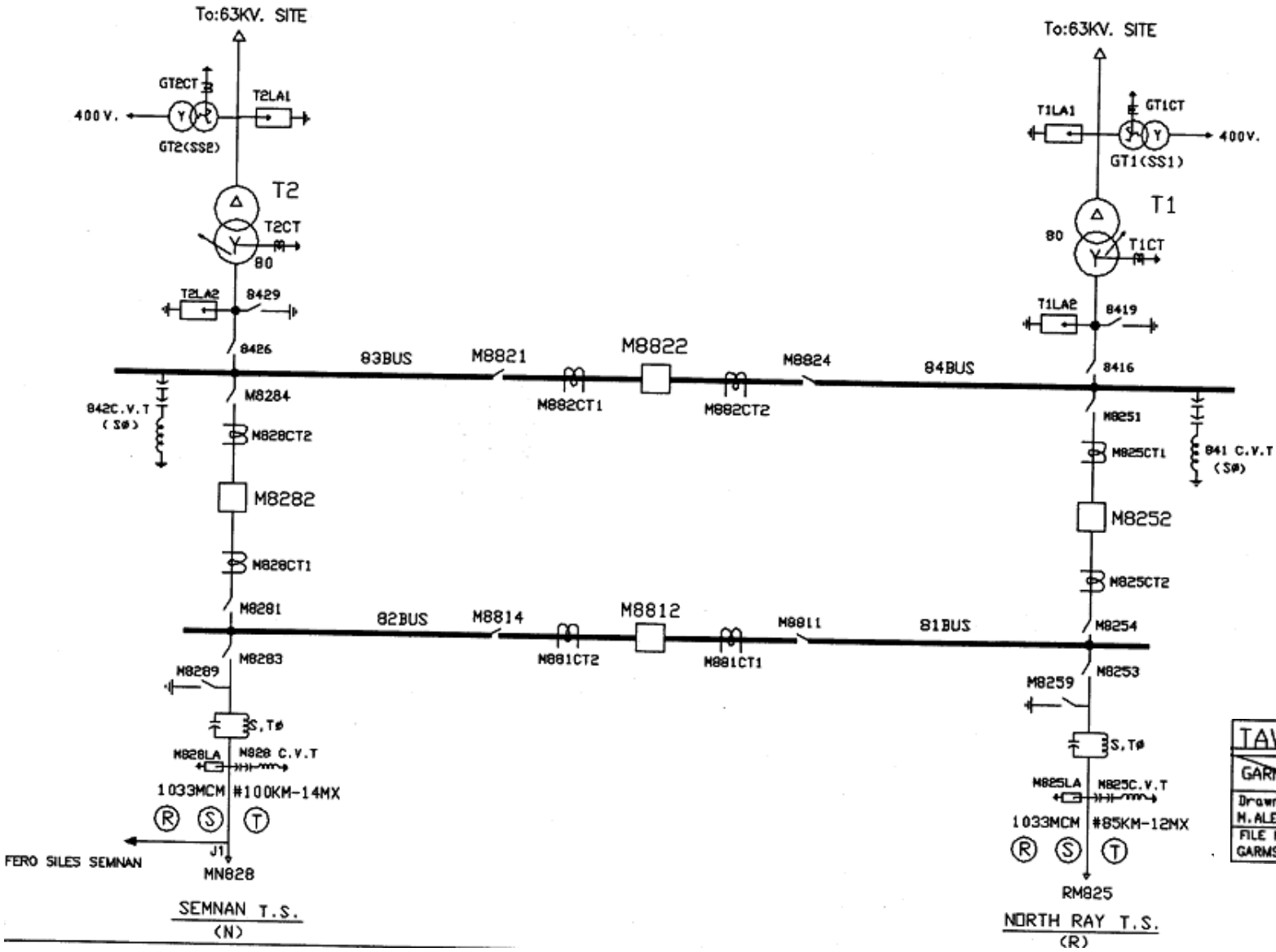
بی خط:

- ✓ برقگیر (حفاظت در برابر صاعقه)؛
- ✓ VT (PT یا CVT)؛
- ✓ موج گیر (Line Trap)؛
- ✓ سکسیونر زمین؛
- ✓ CT؛
- ✓ سکسیونر خط (با CT قابل جابجایی)؛
- ✓ کلید قدرت؛
- ✓ سکسیونر شین؛

نکات رسم دیاگرام های تک خطی

- ✓ از علائم استاندارد استفاده شود؛
- ✓ برخی از مشخصات مهم تجهیزات در کنار آن درج گردد؛
- ✓ فیدرها تماماً رسم گردد (حتی فیدرهای مشابه)؛
- ✓ ارتباط پست با پست های دیگر بیان گردد؛
- ✓ بخش هایی که برای توسعه پیش بینی شده، مشخص گردد (مثلا با نقطه چین)؛
- ✓ اگر نقشه تک خطی بزرگ بود، در چند برگ مجزا ترسیم شود و ارتباط آنها مشخص شود؛
- ✓ دیاگرام بدون مقیاس می باشد و در تهیه آن سعی می شود حتی المقدور با نقشه آرایش فیزیکی پست به لحاظ جغرافیایی و طرز استقرار فیزیکی هماهنگ باشد؛
- ✓ در مرحله بهره برداری که معمولا هر یک از تجهیزات پست با کد عملیاتی مشخص می شوند، دیاگرام باید با کد همراه باشد.

تمرین شماره ۳ (اطلاعات دیاگرام را استخراج کنید – تحویل جلسه بعد)

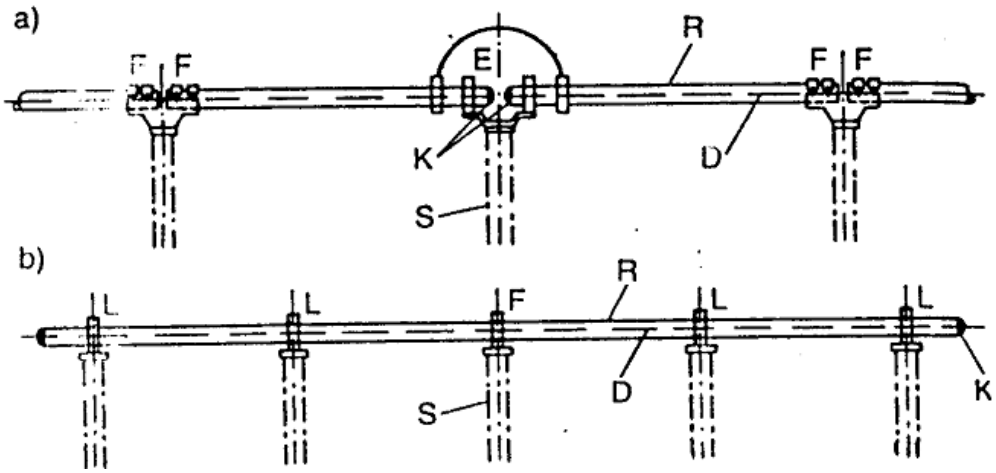


TAVANIR DISPATCHING		
GARMSAR T.S. (M) 230/63 KV.		
Drawn By: M.ALEAHMAD	Checked By: M.MANSOORI	Approved By: N.RAZI
FILE NAME: GARMSAR1	Date: 75-8-16	Drawing No. N.8177

شینه بندی ها و اتصالات آنها

❖ شینه بندی ها در پست با استفاده از انوع کمپ ها به یکدیگر متصل می شوند:

- ✓ کلمپ های ثابت: ارتباط ثابت بین شین سیمی یا لوله ای به ترمینال تجهیزات را برقرار میکند (امکان حرکت ندارد).
- ✓ کلمپ های قابل انعطاف: در اتصال شین های لوله ای یا شمش استفاده می شود (امکان حرکت طولی ناشی از انبساط وجود دارد).
- ✓ کلمپ های نگه دارنده: به عنوان نگه دارنده یا پایه بین شین (لوله یا شین) و مقره اتکایی (که شین بر روی ان قرار دارد) استفاده می شود (یا به صورت ثابت یا متحرک با حرکت طولی). این کلمپ ها وظیفه نگه داری دارند و بنابراین حامل جریان الکتریکی نیستند.



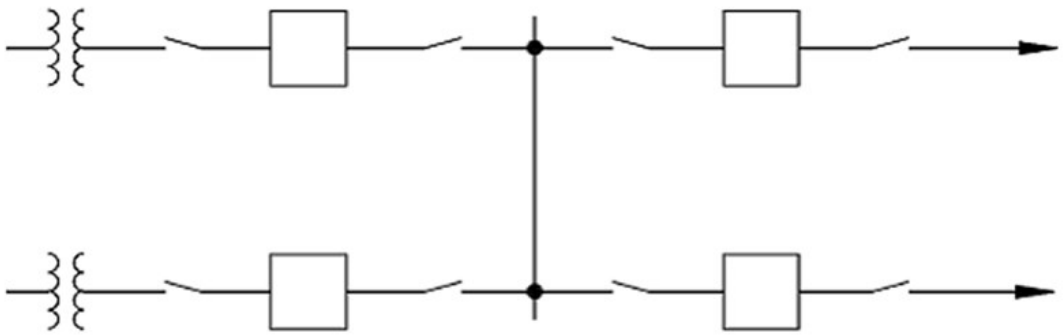
L: کلمپ نگه دارنده قابل انعطاف
F: کلمپ نگه دارنده ثابت
E: کلمپ قابل انعطاف
K: درپوش لوله برای اتصال سیم لرزه گیر
S: مقره نگه دارنده
D: سیم لرزه گیر در داخل لوله
R: شین لوله

❖ ویژگی کلمپ ها:

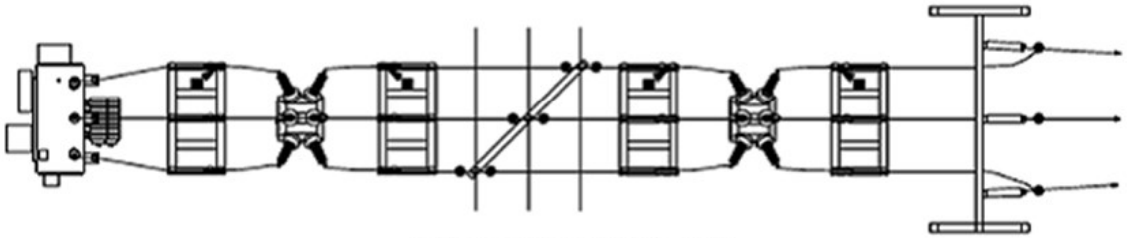
- ✓ در طراحی باید بیشترین سطح تماس با هادی؛
- ✓ تحمل مکانیکی مناسب؛
- ✓ اجزای آن از فولاد زنگ نزن یا آلومینیوم؛
- ✓ اگر حامل جریان باشند، باید توزیع جریان در آنها یکنواخت باشد؛
- ✓ تلفات هیسترزیس و گردابی کم؛
- ✓ هدایت الکتریکی ان بیشتر از شین؛
- ✓ سطح صیقلی و صاف تا باعث افزایش شدت میدان نشود (تلفات کرونا صفر)

آرایش فیزیکی در پست (Layout)

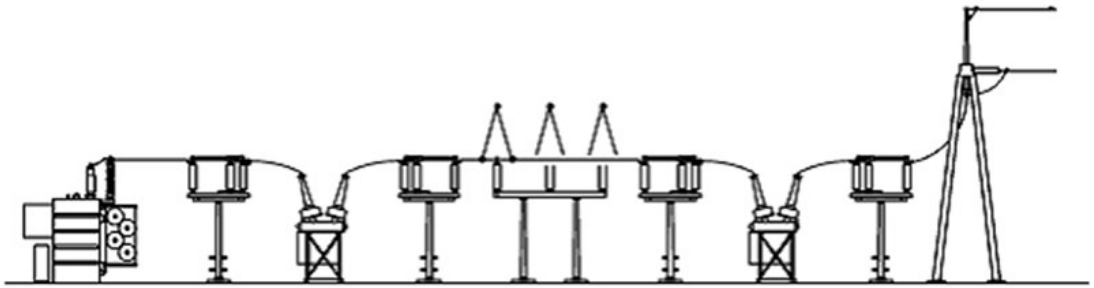
- شکل فیزیکی قرار گرفتن تجهیزات پست (فواصل لازم بین تجهیزات، چیدمان کلی تجهیزات، مدارات و ...)؛
- هر سوئیچگیر در پست از تعدادی واحد مداری مشابه و قابل تفکیک تشکیل می گردد که به آن بی (Bay) گویند؛
- کلمه Bay بیشتر یک مفهوم فیزیکی است تا الکتریکی؛
  - ✓ مثلا هر بی خط شامل برقگیر، VT، CT، سکسیونرها و کلید است؛
  - ✓ ویا هر بی ترانسفورماتور شامل کلید، CT، ترانسفورماتور قدرت، VT و سکسیونرهاست.
- **فواصل اساسی در پست های فشارقوی:** فواصلی که وضعیت قرار گرفتن تجهیزات و قسمت های برق دار را نسبت به هم و زمین مشخص می کند و عبارتند از:
  - ✓ E.C. (Earth Clearance): فاصله بین قسمت های برقدار (زنده) با زمین الکتریکی یا تورهای (فنس های) فلزی (سیمی)؛
  - ✓ P.C. (Phase Clearance): فاصله بین قسمت های برقدار فازهای مختلف (فاصله هوایی فاز به فاز)؛
  - ✓ I.D. (Isolating Distance): فاصله بین ترمینال های کلید یا سکسیونر (فاصله عایقی)؛
  - ✓ G.C. (Ground Clearance): فاصله عمودی بین پایین ترین منطقه فلزی هر مقره (جایی که مقره با قسمت فلزی زمین شده در تماس است) با سطح زمین پست یا به طور کلی ارتفاع استراکچر (فاصله پایه عایقی)؛
  - ✓ S.C. (Section or Safety Clearance): فاصله بخش های زنده یا برقدار تا زمین (فاصله ایمنی)، E.C+G.C=S.C
- Clearance: فاصله ایمنی ; Distance: فاصله فیزیکی
- معمولاً G.C دارای فواصل ثابت (۲۳۰cm یا ۲۴۴cm) است؛ ولی سایر فواصل براساس BIL و همچنین ابعاد ظاهری تجهیزات تعیین می گردند.



TYPICAL ONE-LINE DIAGRAM

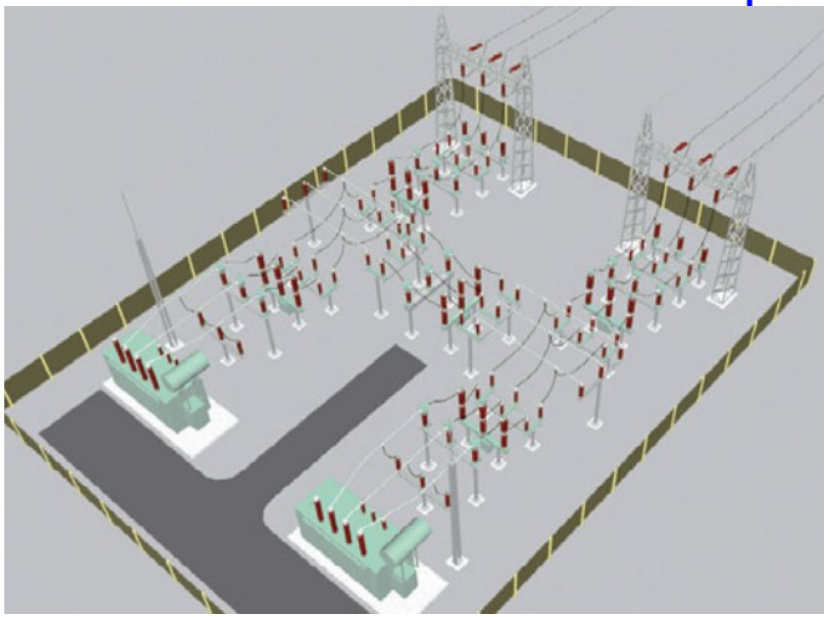


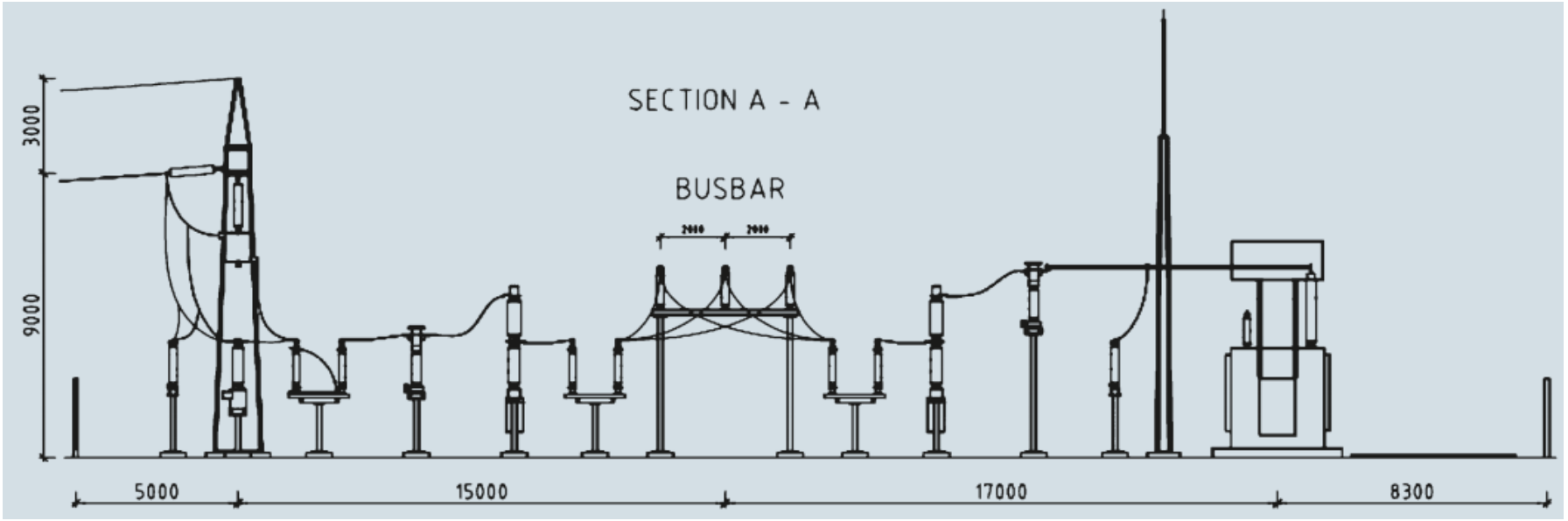
PLAN VIEW—TYPICAL BAY



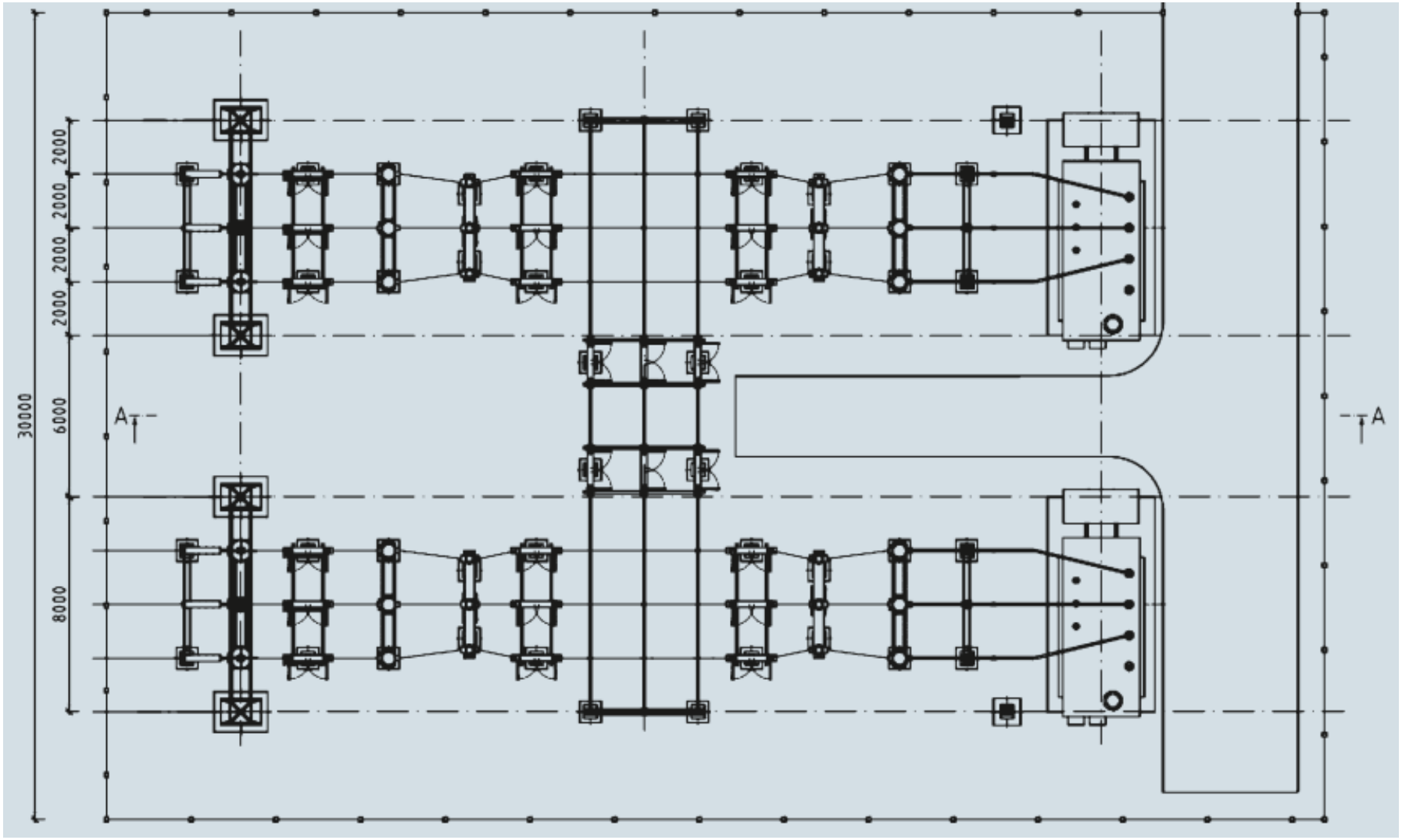
ELEVATION—TYPICAL BAY

110kV H-arrangement conventional AIS layout:





110kV H-arrangement conventional AIS layout:



آرایش فیزیکی در پست (Layout)

❖ به طور کلی، آرایش های طرح های شینه بندی:

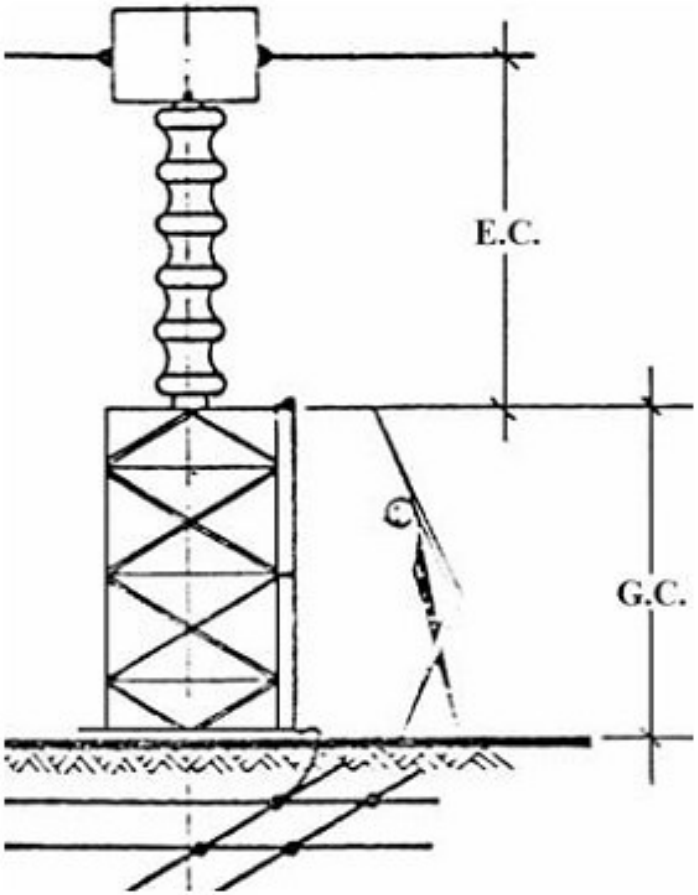
- ✓ آرایش با ارتفاع کم (تا سطح ۲۳۰kV): ارتفاع اول برای تجهیزات پست و ارتفاع دوم (کمی بالاتر) برای شینه بندی و ارتفاع سوم برای خطوط؛
- ✓ آرایش هم راستا (تا ۱۳۲kV): در شینه بندی دوبل استفاده می شود و سکسیونرهای شین با خود شین ها هم راستا هستند؛
- ✓ آرایش متقاطع (تا سطح ۲۳۰kV)
- ✓ آرایش با ارتفاع زیاد (تا ۱۳۲kV): ارتفاع اول برای تجهیزات پست و ارتفاع دوم برای سکسیونرهای شین ها ارتفاع سوم شینه بندی؛
- ✓ آرایش قطری (۲۳۰ و ۴۰۰kV): سکسیونرهای شین از نوع تک ستونی (مثل قیچی شکل)؛
- ✓ آرایش یک و نیم کلیدی (۲۳۰kV به بالا)

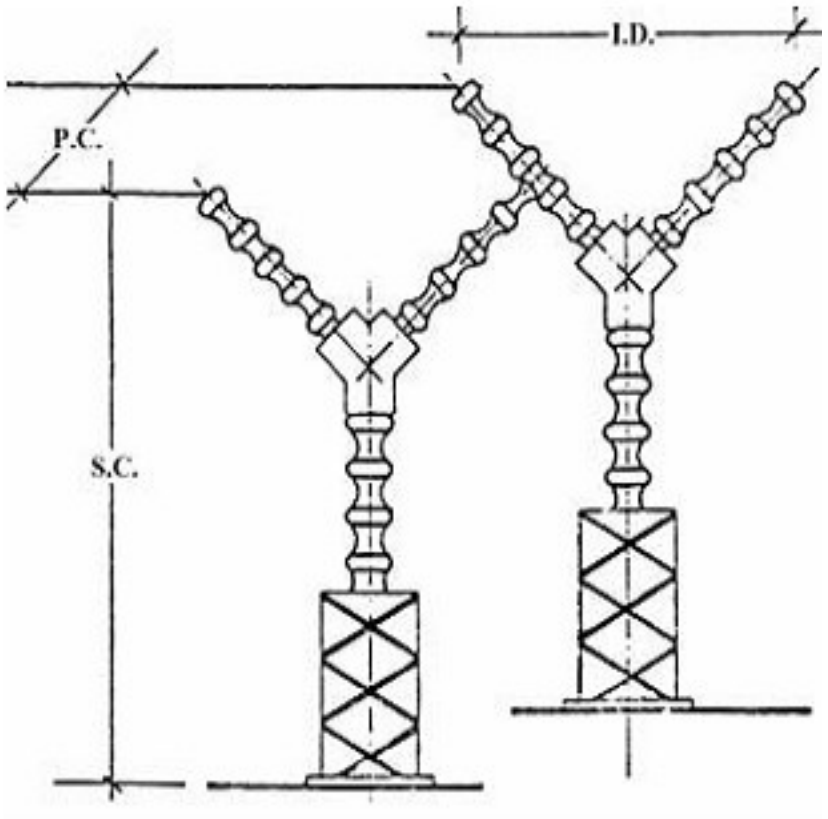
تمرین شماره ۴: در مورد چیدمان فیزیکی آرایش های فوق، نقشه های مناسب را در مراجع جستجو و تحلیل کنید

(مهلت تحویل: هفته آینده)

نمایش فواصل اساسی پست ها

- پنج فاصله اساسی در شکل ها مشخص است:





محاسبه حداقل فواصل اساسی در شرایط جوی استاندارد

1. حداقل فواصل هوایی در پستهای با ولتاژ Um بین ۵۲/۵ تا ۳۰۰ کیلوولت:

- ✓ سطح عایقی پست بر مبنای ولتاژ ضربه ناشی از صاعقه یا LIWV (Lightning Impulse Withstand Voltage) تعیین شده که مقدار E.C و P.C در شرایط استاندارد با رابطه روبرو محاسبه می شود:

$$d_{0\min} = 1.04 \frac{U_{0w}}{E_S} \quad [m]$$

Uow: ولتاژ ایستادگی صاعقه (LIWV) در شرایط استاندارد

Es: میدان متوسط قابل تحمل صاعقه در یک متر فاصله هوایی است که به شکل الکترودها بستگی داردو معمولا 520kV/m در نظر گرفته می شود.

LIWV (Peak)	Minimum proposed E.C. and P.C. of IEC	Calculated Clearances
20	60*	40
40	60	80
60	90	120
75	120	150
95	160	190
125	220	250
145	270	290
170	320	340
250	480	500
325	630	650
450	900	900
550	1100	1100
650	1300	1300
750	1500	1500
850	1700	1700
950	1900	1900
1050 kV	2100 mm	2100 mm

مقایسه فواصل ایمنی محاسبه شده با مقادیر پیشنهادی استاندارد IEC 60071-3 در شرایط جوی استاندارد

تصحیح فواصل اساسی در شرایط جوی غیراستاندارد

❖ حداقل فاصله هوایی موردنیاز تحت شرایط جوی محل پست (غیراستاندارد) و ولتاژ Um بین ۵۲/۵ تا ۳۰۰ کیلوولت

$$d_{1\min} = d_{0\min} \times (K_{atm})^n$$

$$K_{atm} = K_p . K_h . K_\theta$$

شرایط جوی استاندارد:

θ_0=20 °C

h_0=11 g/cm³

P_0=1013 mbar

ضریب تصحیح فشار هوا $K_p = \dfrac{1}{1+0.001(P-P_0)}$

ضریب تصحیح درجه حرارت $K_\theta = \dfrac{1}{1-0.003(\theta-\theta_0)}$

ضریب تصحیح رطوبت $K_h = \dfrac{1}{1+0.01(h-h_0)}$

$$n = \begin{cases} 1 & for\ d_{0\min} < 1[m] \\ -0.12 d_{0\min} + 1.12 & for\ 1 < d_{0\min} < 6 \\ 0.4 & for\ d_{0\min} > 6 \end{cases}$$

2. حداقل فواصل هوایی در پستهای با ولتاژ Um بین ۳۰۰ تا ۷۶۵ کیلوولت:

- ✓ سطح عایقی پست بر مبنای ولتاژ ضربه ناشی از کلیدزنی یا SIWV (Switching Impulse Withstand Voltage) تعیین می شود.
- ✓ در این سطوح ولتاژ، مقدار E.C و P.C با هم متفاوت است و به شکل الکترودها بستگی دارند.

1.2. حداقل فاصله ایمنی فاز به زمین:

- ✓ Uow: ولتاژ ایستادگی کلیدزنی (SIWV) در شرایط استاندارد

$$d_{0\min_Ph-E} = 3.63\times10^{-5}\times 0.6\sqrt{\frac{U_{0w}}{K}} \quad [m]$$

ضریب شکل K	1.05	1.03	1.55	1.9
شکل الکترودها	سوزن-استراکچر	هادی-استراکچر	هادی-کراس آرم	سوزن-هادی

حداقل فاصله ایمنی فاز به زمین در شرایط غیر استاندارد:

$$d_{1\min_Ph-E} = (K_{atm})^{1.666n}\times d_{0\min_Ph-E}$$

2.2. حداقل فاصله ایمنی فاز به فاز:

$$d_{0\min_Ph-Ph} = \frac{8.67U_{0w}}{3400K - 1.084U_{0w}} \quad [m]$$

ضریب شکل K	1.62	1.65	1.45
شکل الکترودها	سوزن–سوزن	هادی–هادی	هادی–سوزن

حداقل فاصله ایمنی فاز به فاز در شرایط غیر استاندارد:

$$d_{1\min_Ph-Ph} = \frac{8.67U_{0w}}{3400K \times (K_{atm})^{-n} - 1.084U_{0w}} \quad [m]$$

Standard phase-to-phase and phase-to-earth insulation levels for Um ≥ 300 kV :

Nominal voltage	Maximum voltage for apparatus	Rated switching impulse withstand voltage phase-to-earth 250/2500 µs	Minimum clearance (*N*) phase-to-earth		Rated switching impulse withstand voltage phase-to-phase 250/2500 µs	Minimum clearance phase-to-phase	
			Conductor/ design	Bar/ design		Conductor	Bar/ conductor
U_n kV	U_m kV	U_{rs} kV	mm		kV	mm	
275	300	750	1600	1900	1125	2300	2600
		850	1800	2400	1275	2600	3100
380	420	950	2200	2900	1425	3100	3600
		1050	2600	3400	1575	3600	4200
480	525	1050	2600	3400	1680	3900	4600
		1175	3100	4100	1763	4200	5000
700	765	1425	4200	5600	2423	7200	9000
		1550	4900	6400	2480	7600	9400

محاسبه حداقل فواصل اساسی

سوال: حداقل فاصله ایمنی فاز به فاز را برای هادی ها در پست ۴۰۰kV با شرایط زیر بیابید:

دما: ۴۰ درجه سانتی گراد، رطوبت: ۲۶ g/cm^3، فشار: ۷۹۶mbar، سطح ایزولاسیون موج کلیدزنی: ۱۵۵۰kV

❖ تصحیح ولتاژ عایقی موردنیاز در شرایط جوی غیراستاندارد:

✓ با توجه به تاثیر کم درجه حرارت و رطوبت (در محدوده تغییرات معمول آنها) در شرایط معمولی فقط از ضریب تاثیر فشار هوا استفاده می شود که بر حسب ارتفاع از سطح پست می توان از یکی از روابط پیشنهادی زیر استفاده نمود:

$$BIL_{Corrected} = \frac{BIL_{Std.}}{K_a}$$

ضریب تصحیح پیشنهادی اغلب سازندگان $K_a = \frac{1}{1+0.0001(H-H_0)}$

H_0 برابر ۱۰۰۰ متر و H ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر می باشد. پیشنهاد برخی سازندگان تجهیزات استفاده از ضریب ۰.۰۰۰۱۲۵ بجای ۰.۰۰۰۱ است.

ضریب تصحیح مطابق IEC 71-2 $K_a = e^{\frac{m\times(H-H_0)}{8150}}$