

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

جزوه تولید و نیروگاه کنترل نیروگاه

مدرس:

مهدی پزشکیان

رشته:

برق - ابزار دقیق - الکترونیک - کنترل



فهرست مطالب

فصل اول (آشنایی با واحد نیروگاه و تجهیزات مربوطه).

فصل دوم (سنکرونیزاسیون).

فصل سوم (نحوه توزیع برق AUX. در نیروگاه)

فصل چهارم (آشنائی با انواع سوئیچهای فشارقوی وضعیف).

فصل پنجم (آشنائی با انواع کابلهای فشارقوی وفشار وضعیف).

فصل ششم (آرایش باس بارها).

فصل هفتم (تشریح شبکه برق در کارخانه)

فصل هشتم (نحوه حفاظت شبکه برق)



فصل اول: آشنایی با واحد نیروگاه و تجهیزات مربوطه

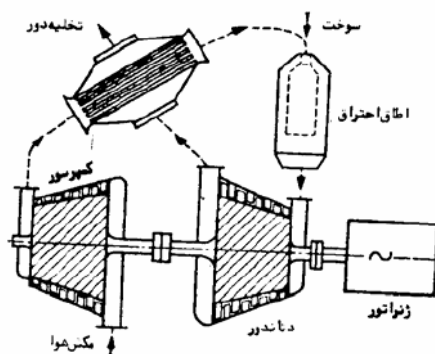
۱-۱) آشنایی با واحد نیروگاه و تجهیزات مربوطه :

در صنایع پتروشیمی عموماً جهت تولید انرژی الکتریکی اصلی مجتمع های تولیدی از نیروگاههای گازی بدلیل مقرون به صرفه بودن و همچنین ارزان بودن و در دسترس بودن سوخت اولیه آنها استفاده می گردد .

هر نیروگاه گازی تشکیل شده از دو بخش ، بخش اصلی به نامهای توربین گازی و ژنراتور می باشد ، با توجه به اهمیت این دو بخش می توان به تشریح آنها پرداخت .

۱-۱-۱) توربین گاز :

توربین گاز در حقیقت نوعی از موتورهای احتراق داخلی است ، در این دستگاه به عوض آنکه اعمال اصلی ، تراکم ، احتراق و انبساط در داخل عضو واحدی به طور متناسب یکی بعد از دیگری صورت گیرد در سه محل و یا عضو جداگانه با نامهای کمپرسور (Compressor) اطلاق احتراق (Combustion Chamber) و توربین (Turbine) به طور دائم انجام می پذیرد . شکل ۱-۱ این سه قسمت را به طور کاملاً شماتیک نمایش می دهد .



شکل ۱-۱

توربین و کمپرسور به صورت استوانه هایی هستند که در محیط آنها در چند ردیف یا حلقه متوالی پره های مورب کار گذاشته اند و یک در میان مابین ردیف پره های متحرک ، پره های ساکن وجود دارد که منصوب به جدار خارجی است . چرخها حرکت دورانی سریع دارد و گاز از میان پره ها حرکت می نماید .

مابین پره های متحرک و ذرات گاز توافق سرعت و تبادل انرژی سینتیک بعمل می آید و در داخل پره های ساکن سرعت و فشار گاز به یکدیگر تبدیل می شوند . به این ترتیب در کمپرسور مرتباً پره های متحرک به ذرات گاز سرعت می دهند و این سرعت در پره های ساکن بعد مبدل به فشار می شود تا اینکه فشار بقدر کافی بالا رود .

هوای فشرده گرم اتصالاً وارد اطلاق احتراق شده و در آنجا با سوخت ترکیب می شود و درجه حرارت بالا می رود .

گاز سوخته داغ متراکم در لابلای پره های ساکن توربین در نتیجه تغییر مقطع کسب سرعت مینماید و چون به پره های متحرک برخورد می کند آنها را به گردش در آورده و انرژی سینتیک خود را از دست می دهد .

در ردیف پره های بعد مجدداً فشار تبدیل به سرعت و سرعت تبدیل به انرژی مکانیکی و منتقل به چرخ می گردد تا آنکه بالاخره فشار به اندازه فشار جو رسیده و گاز سوخته انبساط یافته از دهانه خروجی تخلیه می گردد .

انواع توربینهای موجود در صنایع پتروشیمی

مهمترین انواع توربینهایی که در صنایع پتروشیمی برای تولید برق از آنها استفاده می شود را میتوان به سه دسته تقسیم نمود .

۱) توربینهای بخار آب (Steam Turbine)

توربینهای بخار آب قدیمیترین توربینها در صنعت پتروشیمی می باشند و از نیروی بخار آب برای بحرکت در آوردن توربینها استفاده می شود و از نقطه نظر اینکه احتیاج به دیگ بخار و وسایل دیگر و مخارج زیاد برای نگهداری آنها دارد کمتر مورد استفاده واقع می گردند .

۲) توربینهای گازی انبساطی (Gas Expension Turbine)

توربینهایی که گاز طبیعی با فشار و حرارت معین وارد توربین شده و به تیغه ها برخورد کرده و سبب چرخش توربین می شود و این توربین ها بعلت مصرف زیاد گاز طبیعی مقرون به صرفه نیستند .

۳) توربینهای گازی احتراقی (Gas Combustion Turbine)

در این توربینها مقداری گاز طبیعی و هوای فشرده در محفظه احتراق می سوزد و در اثر سوختن و حرارت ایجاد شده حجم گاز زیاد می شود و گاز با حجم زیاد و فشار بالا و درجه حرارت معین به تیغه های توربین برخورد کرده و سبب چرخش توربین می شود .

اساس کار این توربینها بر آن می باشد که فشار هوا در یک طرف دستگاه چرخنده توربین (Turbine Rotor) بالا می رود و فشار هوای سریع بر روی تیغه ها (Blades) منحنی شکل که

روی Rotor قرار دارند اثر کرده و محور را به چرخش در می آورد ، باید توجه داشت که برای چرخاندن تیغه ها ، هوا باید حرکت داشته باشد .

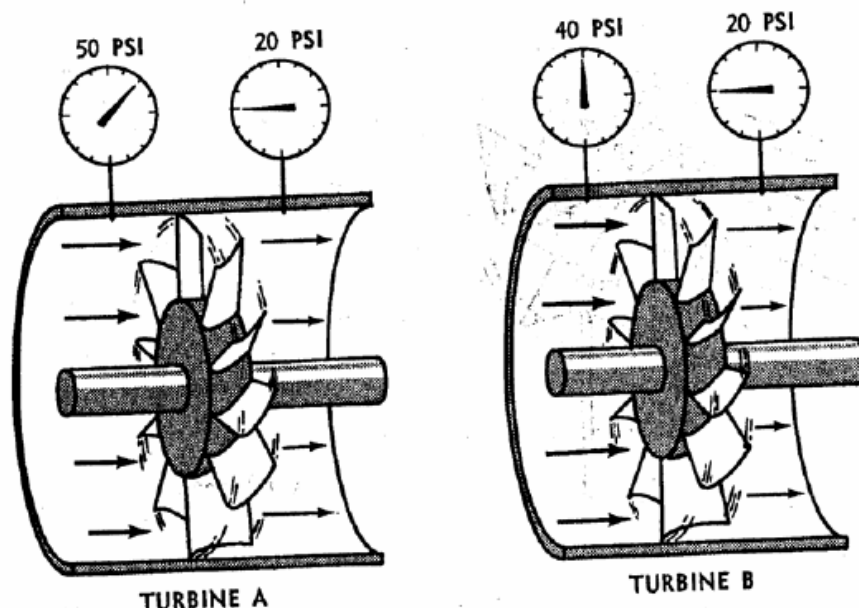
انرژی فشار هوا به انرژی جنبشی هوای متحرک تبدیل شده و در نتیجه محور چرخنده توربین بحرکت در می آید و انرژی هوای سریع تبدیل به انرژی مکانیکی در توربین می گردد .

رتور یک توربین شامل قسمتهای زیر است :

الف) محور Shaft

ب) صفحه مدور Disc

ج) تیغه ها Blades



شکل ۱-۲

فشار هوای ورودی بیشتر از فشار هوای خروجی است و هر چه رتور توربین نیروی بیشتری از هوا را بگیرد فشار گاز خروجی کمتر می شود و اختلاف فشار ورودی و خروجی بیانگر درصد نیرو و یا انرژی منتقل شده به محور چرخنده (Rotor) توربین است.

توربینی که فشار هوای ورودی آن بیشتر است دارای قدرت بیشتری است اگر دو توربین فشار خروجی یکسانی داشته باشند، آنکه فشار ورودیش بیشتر است قدرت زیادتری دارد، هر گاه دو توربین فشار ورودی یکسان داشته باشند آنکه فشار خروجی کمتر دارد، نیروی بیشتری جذب کرده است. هوای خروجی توربین احتراقی معمولاً از طریق دریچه Exust و یا Stack وارد جو می گردد.

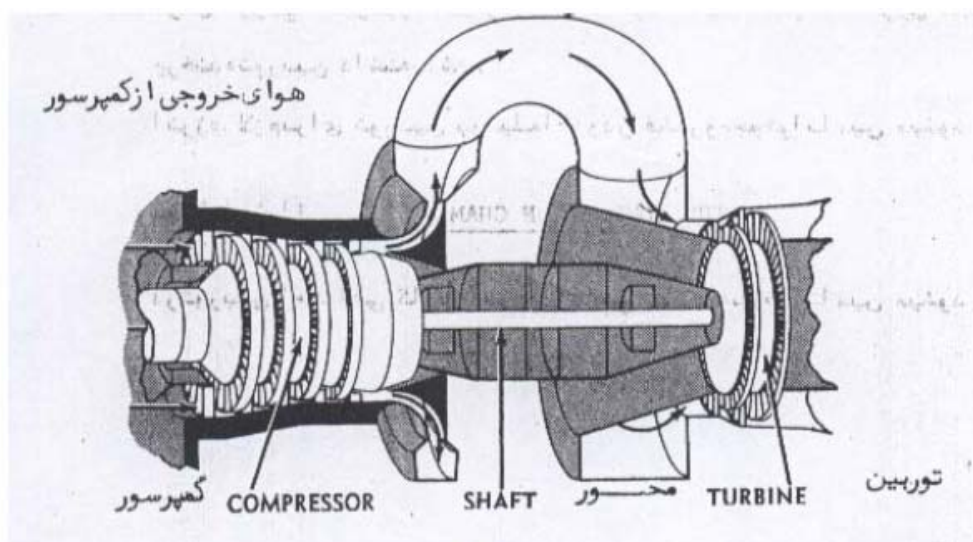
۱-۱-۲) کمپرسور (Compressor)

کمپرسور جهت فشردن هوا بکار می رود و باعث می شود که هوا با فشار زیاد بداخل توربین رانده شود.

یک توربین گازی ساده شامل یک کمپرسور و یک توربین می باشد، کمپرسور هوا را با فشار زیاد جهت توربین تهیه می نماید و در واقع تعدادی تیغه های دوار (Rotating Blades) که بر روی صفحه قرار دارند باعث به جلو راندن هوا به طرف توربین می گردند. نظر به اینکه هوا بین

کمپرسور و توربین جمع شده و فشارش آنقدر زیاد می شود تا اینکه قادر به چرخاندن توربین گشته و سپس از انتهای توربین خارج می شود.

هنگامی که محور چرخنده توربین شروع به دور زدن کند، هوا جریان پیدا کرده و فشارش کم می شود و فشار هوای ورودی توربین بستگی به آن دارد که کمپرسور با چه سرعتی هوا را به داخل توربین می فرستد و با چه سرعتی توربین و یا محور چرخنده به آن اجازه خروج می دهد. از انرژی مکانیک جهت چرخاندن Rotor کمپرسور استفاده می شود.



شکل ۱-۳

در شکل ۱-۳ فوق کمپرسور مستقیماً، به محور توربین متصل است، توربین Rotor کمپرسور را بحرکت در می آورد و انرژی یا نیروی مورد احتیاج جهت چرخاندن کمپرسور تأمین مینماید و کمپرسور باعث فشرده شدن هوا می شود. در شکل ۱-۳ توربین از هوای فشرده توسط کمپرسور نیرو می گیرد. به هر حال کمپرسور نمیتواند قدرتی بیش از آنچه که از توربین می گیرد تولید نماید.

قسمتی از نیروی توربین در اثر اصطکاک قسمتهای متحرک هدر می رود و توربین نمی تواند نیروی کافی از کمپرسور جهت چرخاندن کمپرسور و همچنین جهت نیروی هدر رفته بوسیله اصطکاک بدست آورد، بنابراین مقدار انرژی اضافی باید برای توربین فراهم گردد تا بتواند کمپرسور را چرخانده و جبران نیروی هدر رفته توسط اصطکاک را بنماید و برای سایر عملیات قدرت لازم را داشته باشد.

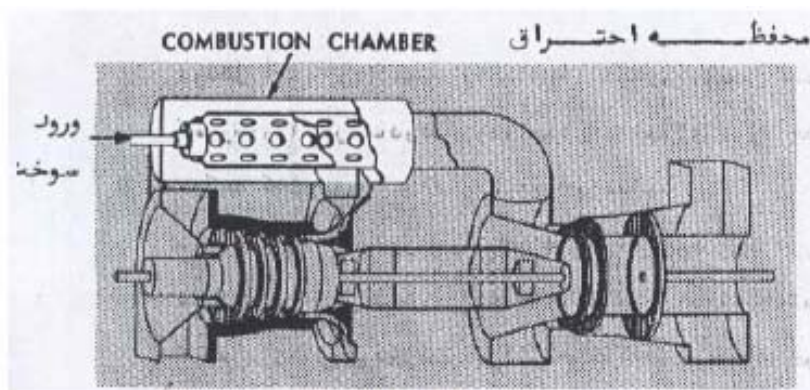
هرگاه حجم هوا را زیاد کنیم، انرژی آن افزوده می شود، پس هرگاه حجم هوای خروجی کمپرسور را زیاد کنیم، دارای انرژی بیشتری می گردد در اثر حرارت حجم آن بدون اینکه فشار بالا رود زیاد می شود.

هوای خروجی کمپرسور باید حرارت داده شود تا اینکه بتواند انرژی کافی جهت چرخاندن محور Rotor توربین را داشته باشد.

انرژی لازم برای توربین بوسیله افزودن فشار و حجم هوا تأمین می شود.

۱-۱-۳) محفظه احتراق (The Combustion Chamber)

در توربین احتراق گازی انرژی اضافی بوسیله سوخت تأمین می گردد که در واقع این عمل از طریق محفظه احتراق صورت می گیرد. شکل زیر محفظه احتراق محلی است که سوخت در آن وارد شده و با هوای خروجی از کمپرسور مخلوط شده و می سوزد و در اثر سوختن درجه حرارت هوا بالا می رود و در نتیجه حجم هوا به نسبت زیادی منبسط می شود، هر گاه به یک محفظه بسته حرارت داده شود در اثر انبساط گازهای داخل محفظه فشارش بالا میرود ولی چون در توربینهای احتراق محفظه احتراق به تیغه های توربین راه دارد و بنابراین فشار در محفظه احتراق بالا نمی رود.



شکل ۱-۴

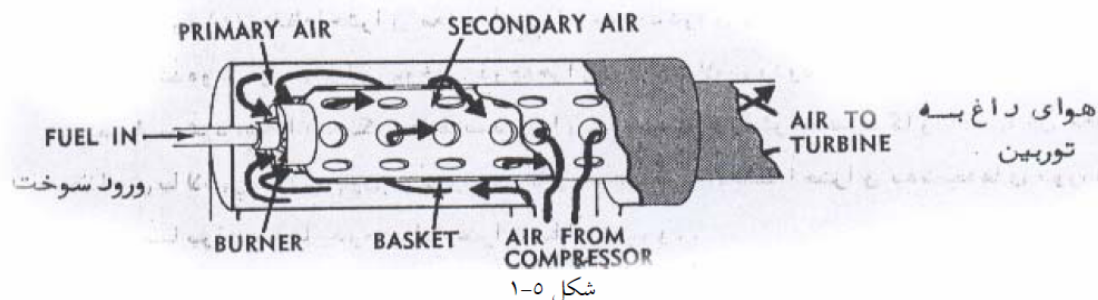
فشار در محفظه احتراق به سه عامل بستگی دارد :

- ۱) سرعت هوا که از کمپرسور وارد محفظه احتراق می شود .
 - ۲) انبساط هوا در اثر جذب حرارت از سوختن ماده سوختنی
 - ۳) سرعت هوای داغ که از محفظه احتراق خارج شده و به محور چرخنده جریان پیدا میکند .
- بنابراین هر چه فشار هوا بیشتر باشد ، توربین نیروی بیشتری جهت چرخش کمپرسور تولید میکند ، پس در اثر ازدیاد حجم هوا در محفظه احتراق هوا انرژی زیادتری کسب کرده و از این نیرو برای جبران اصطکاک ، چرخش کمپرسور و قسمت‌های چرخنده دیگر توربین استفاده میشود .

۱-۲) تشریح جریان هوا و گاز داغ در یک توربین احتراق گازی ساده :

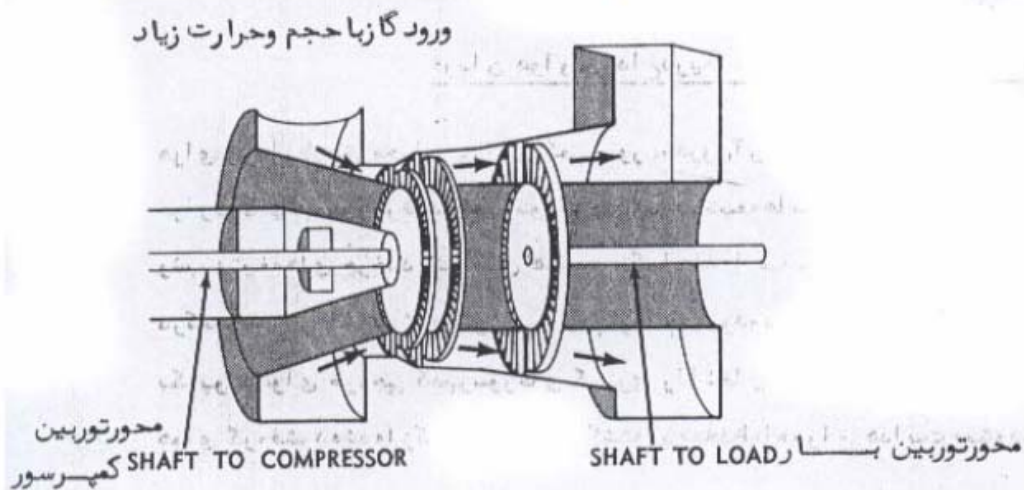
هوای سرد از طریق مجرای ورودی کمپرسور ، به درون آن کشیده می شود (فشار $14/7$ اتمسفر و درجه حرارت محیط) محور Rotor کمپرسور از چند ردیف تیغه هایی که بر روی صفحه هایی قرار دارند و شبیه تیغه های Rotor توربین هستند تشکیل شده است .

در کمپرسور هوا فشرده شده و در نتیجه حجم هوا کم می شود و درجه حرارت هوا بالا می رود ، بنابراین یک پند هوای خروجی کمپرسور جای کمتری را اشغال می کند تا یک پند هوای ورودی به کمپرسور مطابق شکل ۱-۵ هوای گرم فشرده شده از کمپرسور خارج گشته و به محفظه احتراق هدایت می شود .



در محفظه احتراق گاز ، سوخت یا مواد سوختنی با هوای فشرده مخلوط شده و شعله ور میشود ، در اثر سوختن مواد سوختنی ، درجه حرارت هوا بالا می رود و با ازدیاد درجه حرارت حجم هوا بسیار زیاد می گردد .

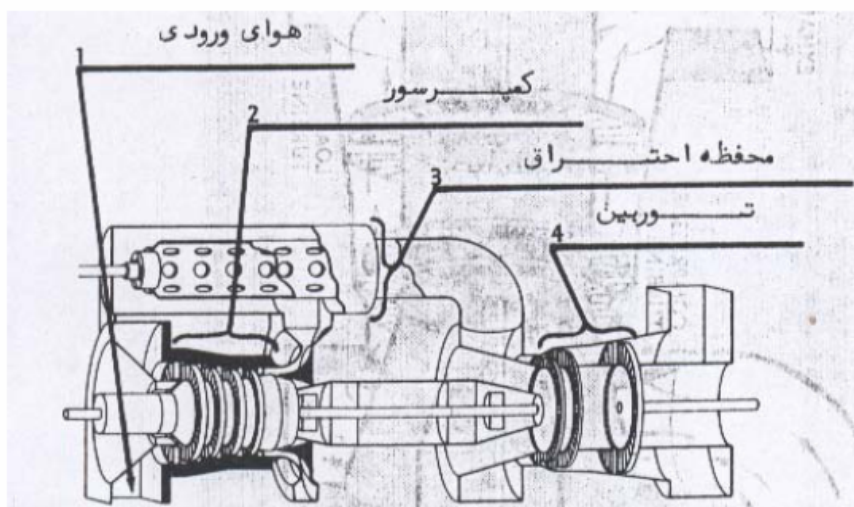
پس گرمای حاصل از مواد سوختنی باعث ازدیاد درجه حرارت و حجم هوا می گردد ، ولی چون محفظه احتراق به تیغه های توربین راه دارد فشار هوا بالا نمی رود ، پس هوا با حجم و حرارت زیاد و فشار معین از محفظه احتراق خارج شده و به تیغه های توربین هدایت می شود .



شکل ۱-۶

همانطوریکه در کمپرسور وقتیکه هوا از بین تیغه های متحرک و ثابت می گذشت فشارش بالا می رفت ، در توربین عمل عکس انجام می گیرد ، یعنی هوای فشرده با حجم و حرارت زیاد به تیغه ها برخورد کرده و پس از اینکه تیغه های متحرک را بحرکت در آورد از فشارش کم میشود و در نتیجه توربین نیرویی بیش از آنچه مورد لزوم کمپرسور است ایجاد می کند زیرا هوای فشرده ای که به تیغه های توربین برخورد می کند ، حجمش به مراتب زیادتر از هوایی است که از کمپرسور خارج می شود .

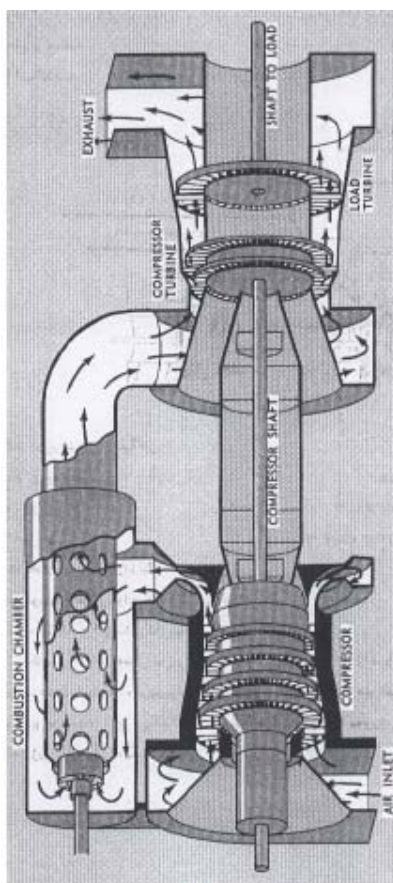
در شکل ۱-۷ خلاصه ای از مطالب ذکر شده در قسمت های قبل نمایش داده شده است :



شکل ۱-۷

- در قسمت کمپرسور فشار هوا زیاد می شود .
- در قسمت توربین فشار هوای داغ کم می شود .
- در قسمت محفظه احتراق فشار ثابت می ماند .

برای اینکه محور Rotor توربین بحرکت درآید باید هوای با فشار زیاد تبدیل به هوا با سرعت زیاد گردد ، سرعت زیاد هوا باعث می شود که Rotor توربین دوران نماید و در نتیجه حرکت دورانی Rotor ، توربین تولید انرژی مکانیکی می نماید .



شکل ۱-۳

۳-۱) استارتر (Starter)

در وقتیکه توربین کار می کند ، نیروی لازم جهت گرداندن کمپرسور بوسیله شافت توربین تأمین می گردد ولیکن قبل از اینکه دستگاه شروع به کار نماید باید به طریقی کمپرسور را چرخاند تا هوای فشرده لازم جهت توربین فراهم گردد ، برای این کار از استارترهای متفاوتی میتوان استفاده نمود که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد .

۱-۳-۱) راه اندازی توسط موتور دیزل :

شافت آن توسط یک دستگاه کلاچ هیدرولیک به شافت مشترک توربین و کمپرسور متصل میگردد و پس از آنکه دور توربین و کمپرسور را به حد مشخصی رسانید و توربین راه اندازی گردید توسط کلاچ مربوطه موتور دیزلی از مدار خارج می شود .

۱-۳-۲) راه اندازی توسط موتور برقی :

همانند موتور دیزلی باعث راه اندازی توربین می شود .

۱-۳-۳) راه اندازی به روش الکتروموتوری :

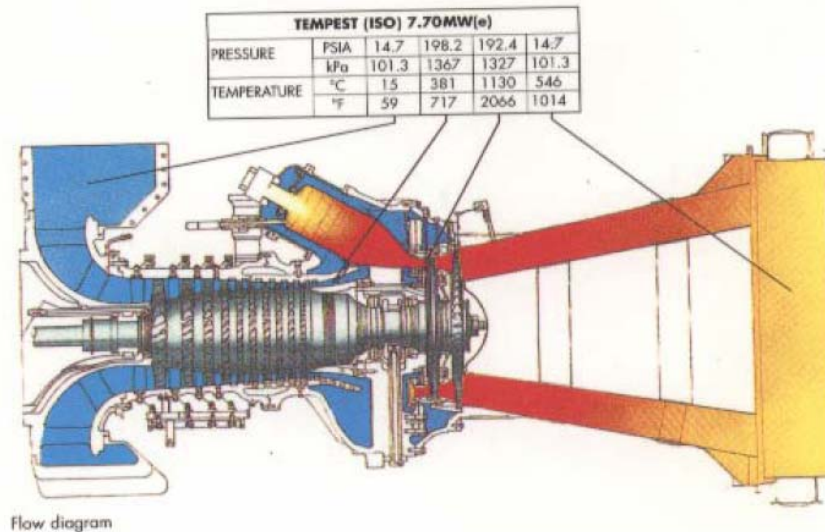
در این روش سیم پیچهای استاتور ژنراتور را ابتدا به برق با ولتاژ مشخصی متصل و سیم تحریک آن را نیز از مدار خارج می نمایند و در واقع ژنراتور را به صورت یک الکتروموتور سنکرون راه اندازی می نمایند و پس از آنکه توربین به دور مشخصی رسید و راه اندازی گردید برق ژنراتور قطع گردیده و ادامه کار توسط توربین انجام خواهد شد .

۱-۳-۴) راه اندازی توسط توربین بخاری :

می توان جهت راه اندازی اولیه نیروگاه از یک دستگاه توربین بخار استفاده نموده و پس از راه اندازی توربین گازی ، توربین بخار از مدار خارج می گردد .

۴-۱) کنترل درجه حرارت قسمتهای مختلف نیروگاه گازی :

مطابق شکل ۹-۱ می بایست بدلیل محدودیتهایی که بواسطه جنس مواد تشکیل دهنده پره های توربین و کمپرسور و همچنین اتاق احتراق و دیگر قسمتهای نیروگاه گازی باعث می شود ، درجه حرارت قسمتهای فوق الذکر نباید از حد مجاز خود در حالت کارکرد نیروگاه تجاوز نماید .
بعنوان نمونه در شکل ۹-۱ یک مجموعه توربین و کمپرسور و اتاق احتراق ساخت شرکت Alstom نشان داده شده است و درجه حرارت قسمتهای مختلف بیان شده است .



شکل ۹-۱

همانگونه که مشاهده میشود نباید درجه حرارت قسمتهای مختلف از حدود مشخص شده تجاوز نماید زیرا این امر می تواند در کوتاه مدت و یا در دراز مدت موجب بروز معایب و مضرات فراوانی از قبیل خراب شدن و خورده شدن پره های توربین و یا کمپرسور و یا بدنه اتاق احتراق گردد .

این مهم توسط کنترل کننده های حرارتی مجهز به سیستم آلارم و یا Shutdown توربین انجام می شود .

۵-۱) انواع نیروگاههای گازی :

با توجه به آشنایی حاصل شده از قسمتهای مختلف یک نیروگاه گازی هم اکنون می توان انواع نیروگاههای گازی که بواسطه نوع قرار گرفتن تجهیزات آنها ، ایجاد می گردد را نام برده و تشریح نمود .

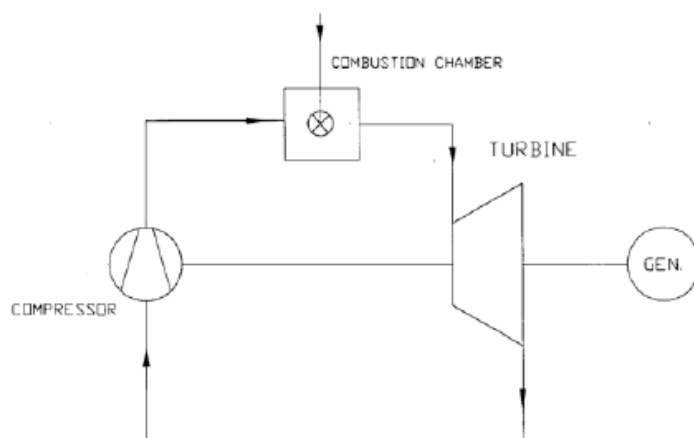
انواع متداول نیروگاههای گازی به قرار زیر می باشد .

۱-۵-۱) نیروگاه گازی مدار باز :

شکل ۱۰-۱ یک نیروگاه گازی مدار باز را نمایش می دهد . همانگونه که مشاهده می گردد ابتدا هوا وارد کمپرسور شده و فشار آن افزایش می یابد و سپس وارد اتاق احتراق گردیده و پس از مشتعل شدن هوای فشرده با حرارت بالا به توربین راه پیدا نموده و موجب حرکت توربین میگردد .

در این نیروگاه دادن و پس دادن کالری با فشار ثابت انجام می گیرد لذا تحویلات ایزو بار است و عنصر کار گر (هوا) از اتمسفر (هوای آزاد) گرفته شده و پس از انجام کار مجدداً وارد اتمسفر میگردد .

علت کم بودن راندمان این نوع نیروگاه گازی ، حرارت زیادی است که بدون بهره از توربین خارج می شود و به همین علت عموماً راندمان این نوع نیروگاهها بین ۱۵% ~ ۲۰% می باشد.



شکل ۱-۱۰

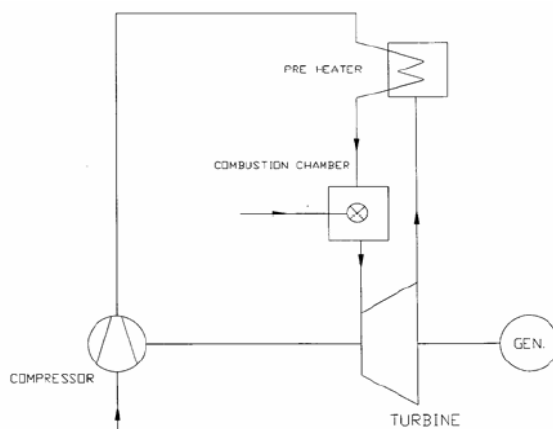
۱-۵-۲) نیروگاه گازی با بازیافت حرارتی :

مهمترین عامل کاهش راندمان نیروگاه گازی مدار باز ، هدر رفتن انرژی حرارتی بسیار زیاد و بدون بهره از طریق خروجی توربین می باشد . لذا در صورتیکه بتوان از انرژی حرارتی خروجی توربین جهت مصارف دیگری بهره جست ، می توان راندمان نیروگاه را افزایش داد .

در شکل ۱-۱۱ این عمل به واسطه قرار دادن یک دستگاه پیش گرم کن انجام گرفته است بدین صورت که گاز خروجی از توربین به درون یک پیش گرم کن راه یافته و به واسطه فیدبک موجود میتوان انرژی کمتری را در اتاق احتراق جهت گرم کردن و مشتعل نمودن گاز و هوای ورودی به اتاق احتراق مصرف نمود ، که در نتیجه تا حد بسیار زیادی در مصرف سوخت صرفه جویی شده و همچنین راندمان نیروگاه افزایش می یابد .

به این نوع نیروگاهها اصطلاحاً نیروگاه گازی با بازیافت حرارتی گفته شده که عموماً راندمان آنها بین ۲۸% ~ ۳۲% خواهد بود .

در واقع در این نوع نیروگاهها نسبت به نوع قبل این مزیت وجود دارد که بعلاوه بازیافت حرارتی گاز خروجی ، حرارت متوسط گاز ورودی بالاتر و حرارت متوسط گاز خروجی کمتر می باشد .

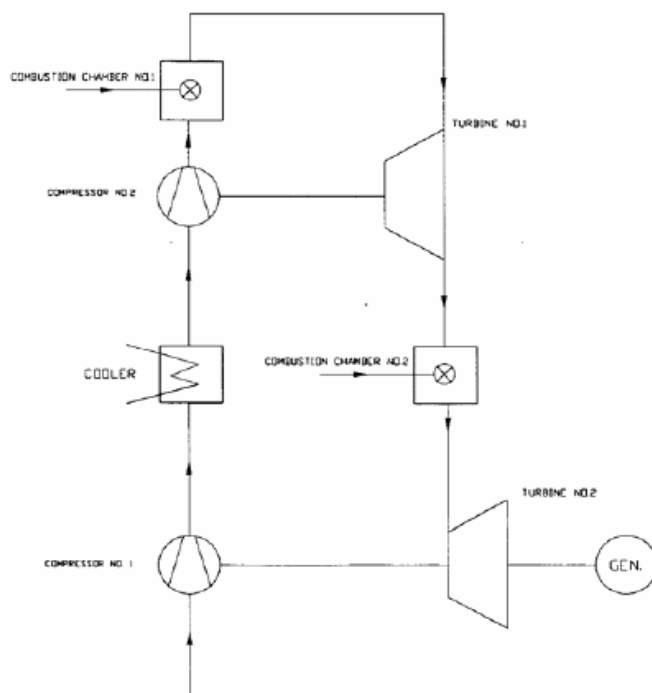


شکل ۱-۱۱

۱-۵-۳) نیروگاه گازی دو مداره :

روش دیگر برای بالا بردن راندمان نیروگاه گازی و بدست آوردن توان مفید بیشتر ، استفاده از نیروگاه گازی دو موجی و یا دو مداره می باشد .

شکل ۱-۱۲ نمایش دهنده یک نیروگاه گازی دو مداره می باشد .



شکل ۱-۱۲

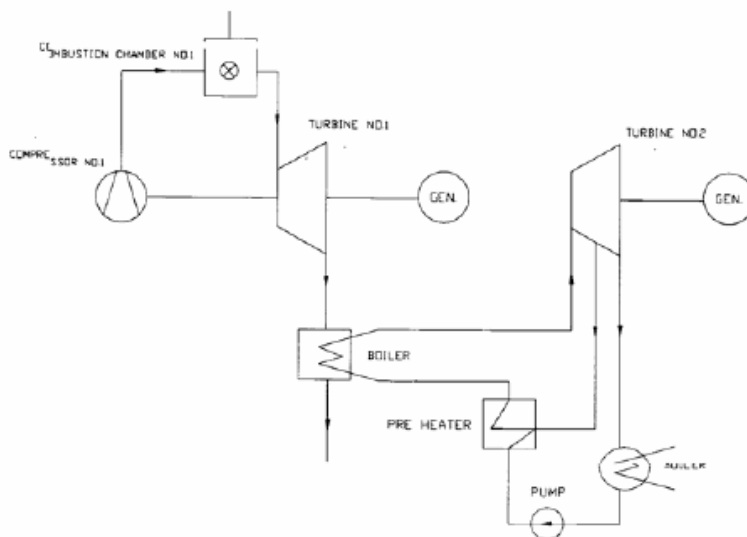
در این نیروگاه همانگونه که در شکل ۱-۱۲ نیز مشخص می باشد تراکم هوا در دو مرحله مختلف صورت می گیرد . مرحله اول توسط کمپرسور فشار ضعیف شماره ۱ و مرحله دوم توسط کمپرسور فشارقوی شماره ۲ انجام می شود .

قسمتی از حرارت ایجاد شده در اثر تراکم فشار ضعیف توسط کولر آب سرد خارج می شود . هوای خارج شده از کمپرسور شماره ۲ با فشار بالا و حرارت مناسب وارد اتاق احتراق فشار زیاد می شود و در آنجا اولین مرحله احتراق صورت می گیرد و گاز محترق شده و تراکم یافته وارد اولین توربین می شود و در آنجا انبساط یافته و درجه حرارت آن کاهش یافته ولی فشار آن افزایش می یابد و گاز تولید شده به اتاق احتراق شماره ۲ کمپرسور فشار زیاد تحویل داده میشود .

سپس گاز در این وضعیت وارد دومین اتاق احتراق شده و در اینجا مرحله دوم احتراق در اثر ورود ماده سوخت و گاز اکسیژن دار انجام می گیرد و درجه حرارت گاز مجدداً افزایش مییابد و گاز با این کیفیت (فشار بالا و درجه حرارت زیاد که معمولاً فشار در حد 20 Kcal/Kggrd و درجه حرارت در حدود 700°C می باشد وارد دومین توربین (مرحله دوم) شده و در اینجا انبساط یافته و در ضمن بکار انداختن کمپرسور فشار ضعیف مقداری نیز کار مفید انجام می دهد که از ژنراتور گرفته می شود و نهایتاً گاز از خروجی توربین وارد جو می شود .
در این نوع نیروگاهها عموماً راندمان نیروگاه بیشتر از ۳۴٪ خواهد بود .

۱-۵-۴) نیروگاه گازی با مدار بسته (سیکل ترکیبی) :

در شکل ۱-۱۳ یک نیروگاه گازی مدار بسته نمایش داده شده است که در این نیروگاه از انرژی حرارتی خروجی توربین جهت تولید بخار و تبدیل آن به انرژی الکتریکی استفاده شده است .



شکل ۱-۱۳

در این نوع توربینهای گازی چون هوا یک مدار بسته را طی می کند باید از نظر شیمیایی کاملاً با ثبات و غیرقابل تجزیه باشد . لذا نمی توان از آن بعنوان هوای سوخت استفاده نمود پس باید هوا بطور غیرمستقیم گرم شود یعنی هوا از لوله های مخصوصی که توسط مواد سوختنی گرم میشوند عبور داده شود مانند دیگ بخار و بالاخره در انتهای تحویلات باید هوا از یک کولر اضافی عبور داده شود تا حرارت ابتدایی برای کمپرسور ایجاد شود .

همانگونه که در شکل نشان داده شده است توربین با مدار بسته علاوه بر چند دستگاه کولر اضافی احتیاج به یک دستگاه کوره جهت داغ کردن هوا دارد که نسبت به اتاق احتراق مدار باز بسیار گرانتز می باشد ولی در ضمن دارای مزایایی به شرح زیر خواهد بود :

- ۱) نظر به اینکه توربینها در مدار بسته با هوای کاملاً تمیز کار می کنند خوردگی و کثیف شدن در اثر گازهای مؤثر و خورنده پیش نمی آید .
- ۲) فشار اولیه لازم نیست برابر فشار جو و یا اتمسفر باشد بلکه می تواند بیشتر یعنی در حدود 20 bar انتخاب گردد و فشار نهایی پس از دوبرار تراکم به 100 bar میرسد و به طوریکه نسبت این دو فشار در حد ۵ می باشد می توان کار معمولی از نیروگاه انتظار داشت .
- ۳) ازدیاد فشار در توربینهای مدار بسته باعث کوچک شدن ابعاد دستگاه و کم شدن قیمت ماشین آلات متحرک می گردد و با تغییر دادن مقدار فشار هوا بدون بالارفتن تلفات حرارتی قدرت توربین تنظیم می گردد در ضمن نظر به اینکه در این نیروگاه مواد سوختنی با هوا در تماس مستقیم نمی باشد میتوان از سوخت ذغال سنگ و مواد سوختنی دیگر دودزا نیز استفاده نمود .

سوالات فصل اول :

- ۱) بخش های اساسی یک توربین گازی نوع احتراقی را نام برده و وظیفه هر بخش را تشریح نمایید .
- ۲) شماتیک یک واحد نیروگاهی گازی را رسم نمایید .
- ۳) روشهای راه اندازی یک نیروگاه گازی را شرح دهید .
- ۴) انواع نیروگاه های گازی را نام ببرید .
- ۵) نمودار تک خطی نیروگاه مدار باز را ترسیم نمایید .
- ۶) نمودار تک خطی نیروگاه گازی با بازیافت حرارتی را ترسیم نمایید .
- ۷) نمودار تک خطی نیروگاه دومداره را ترسیم نمایید .
- ۸) نمودار تک خطی نیروگاه گازی با مدار بسته (سیکل ترکیبی) را رسم نمایید .

فصل دوم: سنکرونیزاسیون

۱-۲) سنکرونیزاسیون و شرایط آن :

ژنراتورها عموماً تنها کار نمی کنند ، بلکه اغلب تعدادی از آنها بطور موازی شبکه مشترکی را تغذیه می کنند . لذا قبل از وصل کردن (موازی کردن) ژنراتور به شبکه ای که زیر ولتاژ است باید ژنراتور تازه وارد را با شبکه یا با ژنراتور دیگر که در حال کار است همراه یا بعبارت دیگر سنکرون کرد . سنکرون حالتی از پارالل کردن را بیان می کند که در آن حالت هیچ نوع جریان ضربه ای قابل ملاحظه ای ایجاد نشود .

برای بوجود آوردن این حالت باید چهار شرط زیر برقرار گردد :

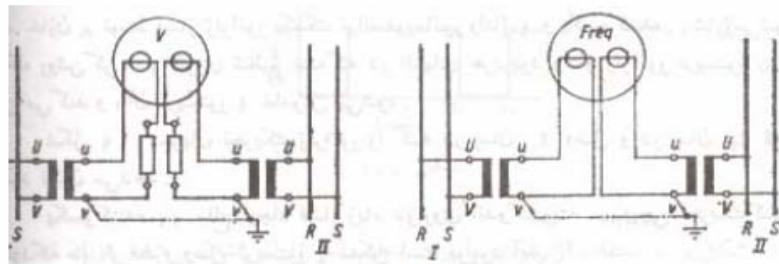
۱) برابری ولتاژها

۲) برابری فرکانسها

۳) برابری فاز اختلاف سطح ها (هم فاز باشند)

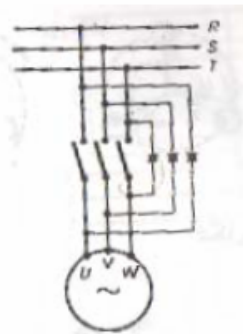
۴) برابری حوزه دوار (ترتیب صحیح فازها) مربوط به سیستمهای سه فاز

برابر کردن ولتاژها و فرکانسها توسط تغییر شدت جریان تحریک ژنراتور و تنظیم عده دور توربین انجام پذیر است و برای کنترل آن از دو ولت‌متر و دو فرکانس متر نشان دهنده استفاده می شود ، که اغلب بصورت ولت‌متر دوپل و فرکانس متر دوپل در یک جعبه نصب می گردد .

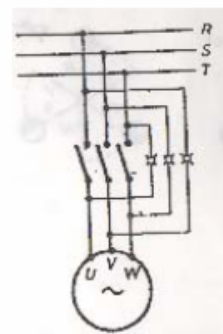


شکل ۲-۱

برابری فازها توسط لامپ حرارتی و یا ولت‌متر که مابین فازهای همنام (اتصال تاریک) و یا مابین فازهای غیرهمنام (اتصال روشن) ژنراتور و شین وصل شده است کنترل میشود . شکل‌های ۲-۲ و ۲-۳ طرز اتصال لامپها بطریقه اتصال تاریک و اتصال روشن لامپها را نشان می دهد .

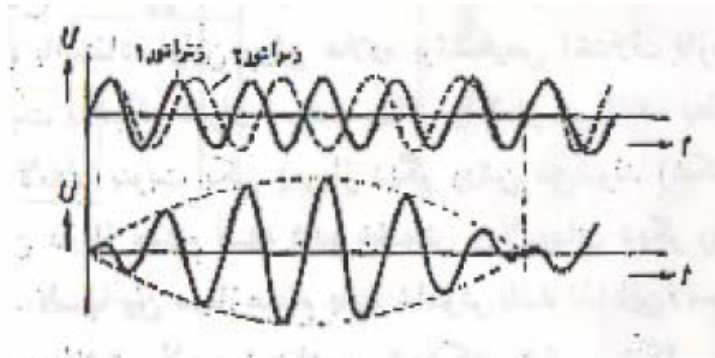


شکل ۲-۲



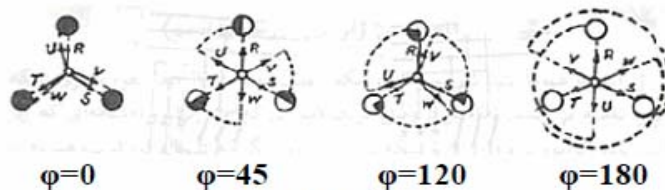
شکل ۲-۳

ژنراتور باید در لحظه ای پارالل شود که ولتاژ دو طرف کلید در لحظه اتصال برابر باشد. اگر ولتاژها برابر باشند ولی فرکانس ها دقیقاً برابر نباشند شکل ۴-۲ (قسمت بالا) ولتاژها در لحظاتی با هم جمع و در زمانی از هم کم می شوند و در نتیجه یک فرکانس موجی طبق شکل ۴-۲ (قسمت پائین) بوجود می آید و لامپها متناسب با همان موج فرکانس خاموش و روشن می شوند



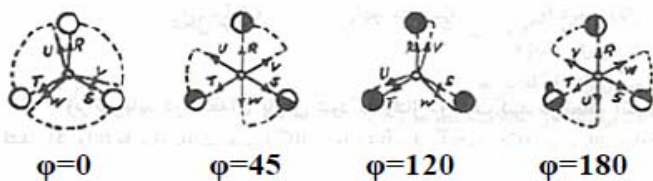
شکل ۴-۲

هر چقدر ماشین به سنکرونیزاسیون نزدیکتر شود این عمل خاموش و روشن آهسته تر انجام میگردد. بطوریکه در حالت سنکرونیزاسیون اگر لامپها به فازهای همنام بسته شده باشند (UR). (WT . VS) اختلاف پتانسیل بین دو سر لامپها صفر شده و لامپ خاموش می ماند شکل ۵-۲



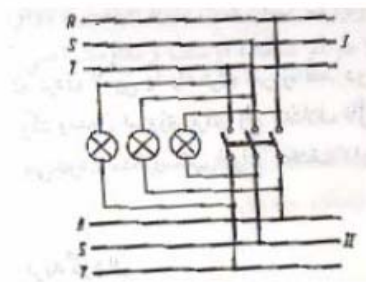
شکل ۵-۲

و اگر لامپها بین فازهای مختلف قرار گرفته باشند (WS . UR . VT) پتانسیل دو سر لامپها برابر و ماکسیمم خواهد بود لذا لامپها تماماً یکنواخت روشن می مانند مانند شکل ۶-۲



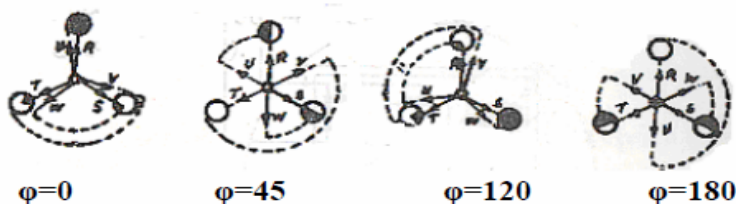
شکل ۶-۲

در بیشتر مواقع بجای اتصال تاریک یا اتصال روشن از روش تاریک و روشن استفاده می شود



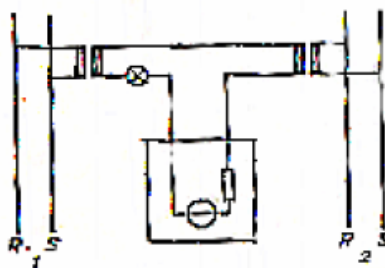
شکل ۷-۲

با استفاده از این روش علاوه بر تشخیص اختلاف فازها می توان فهمید که ژنراتور تازه وارد نسبت به شبکه دارای سرعت بیشتر و یا کمتر می باشد. بطوریکه اگر ژنراتور با شبکه سنکرون نباشد لامپها به نوبت یکی پس از دیگری روشن می شوند.



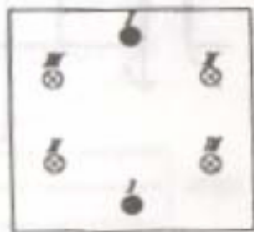
شکل ۸-۲

و در حالت سنکرون لامپی که بین دو فاز همنام بسته شده خاموش و لامپهای دیگر روشن میمانند و چون در حالت سنکرون فقط لامپ بین دو فاز همنام باید خاموش باشد لذا این لامپ قبلاً علامت گذاری می شود. در عمل اغلب از شش لامپ استفاده می شود که به ترتیب مطابق شکل ۹-۲ دوتا تاریک و چهار عدد روشن روی تابلو نصب می گردند.



شکل ۹-۲

در موقعی که ولتاژها برابر باشند ولی فرکانسها کاملاً یکسان نباشد لامپها یکی پس از دیگری روشن و تاریک می شوند به طوریکه یک حرکت نورانی دوار بوجود آید و بر حسب اینکه عده دور ژنراتور نسبت به فرکانس شبکه کم و یا زیاد باشد نور به طرف چپ و یا راست می گردد. این دستگاه لامپی که در گذشته خیلی زیاد جهت سنکرون کردن بکار برده می شد بعلت اینکه زمان ماکسیمم و مینیمم روشنایی لامپها دقیقاً مشخص نمی شد بزودی کنار گذاشته شد و بجای آن از ولتمتر که دقیقتر و لتاژ یا تفاوت ولتاژ را نشان می دهد استفاده شد به طوریکه در اتصال تاریک از ولتمتر مخصوص به اسم ولتمتر صفر استفاده گردید. درجات ولتمتر صفر در روی صفحه غیریکنواخت است به طوریکه در حوالی نقطه صفر درجات از هم باز و در انتها به هم فشرده می شوند. در ضمن می توان توسط سری کردن مقاومت حرارتی (لامپ) که دارای ضریب حرارتی زیاد می باشد دقت ولتمتر را در حوالی صفر بیشتر کرد که این مسئله در شکل ۱۰-۲ نمایش داده شده است.



شکل ۱۰-۲

در اتصال روشن از ولت‌متر با درجات مجذوری که در اواخر صفحه درجات از هم باز هستند استفاده می‌شود. این ولت‌متر در حالت سنکرونیسم هر سه برابر و ماکسیمم مقدار را نمایش می‌دهد.

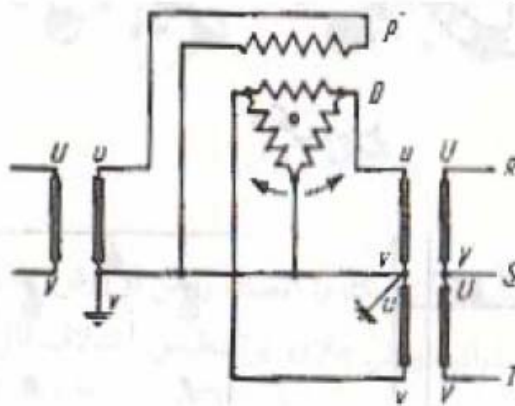
۲-۲) سنکرونسکپ :

از دستگاه سنکرون کردن لامپی یا ولت‌متری امروزه فقط در مراکز کوچک برق استفاده می‌شود، در نیروگاه‌های بزرگ و مدرن امری برای رفع اختلاف فاز ولتاژها معمولاً از دستگاهی بنام سنکرونسکپ استفاده می‌شود.

سنکرونسکپ انواع مختلف دارد ولی اصول کار آنها تقریباً یکسان است.

۲-۲-۱) سنکرونسکپ با عقربه گردان :

این دستگاه تشکیل شده از یک استاتور با یک جفت قطب که سیم پیچی آن P از ژنراتوری که باید به شبکه موازی شود نیرو می‌گیرد و رتور آن با سیم پیچی سه فاز D به شبکه سه فاز متصل میگردد نمای کلی این نوع سنکرونسکپ در شکل ۲-۱۱ آمده است.



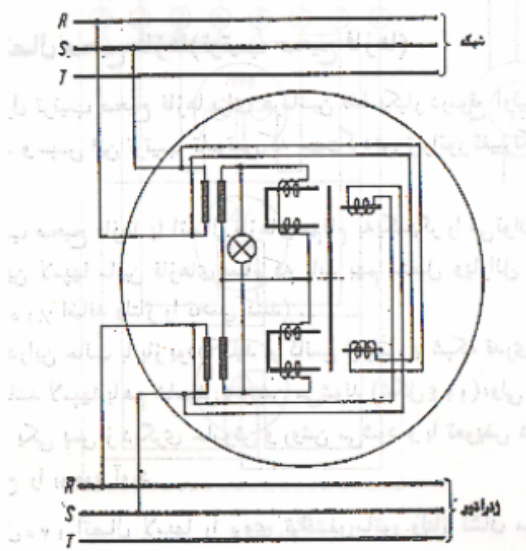
شکل ۲-۱۱

در استاتور توسط جریان متناوبی که هم فاز با ولتاژ ژنراتور است حوزه متغیر و متناوبی با فرکانس ژنراتور ایجاد می‌گردد و در رتور جریان سه فاز حوزه دوار ایجاد می‌کند که سرعت آن متناسب با فرکانس شبکه است. اگر فرکانس این حوزه در رتور و استاتور برابر باشند رتور به نشانه سنکرونیسم از گردش باز می‌ماند متوقف شدن حرکت عقربه دستگاه سنکرونسکپ علامت سنکرونیسم است.

اگر ماشینی که باید پارالل شود خیلی سریع یا آهسته بگردد، عقربه سنکرونسکپ به جهت چپ و یا راست می‌گردد.

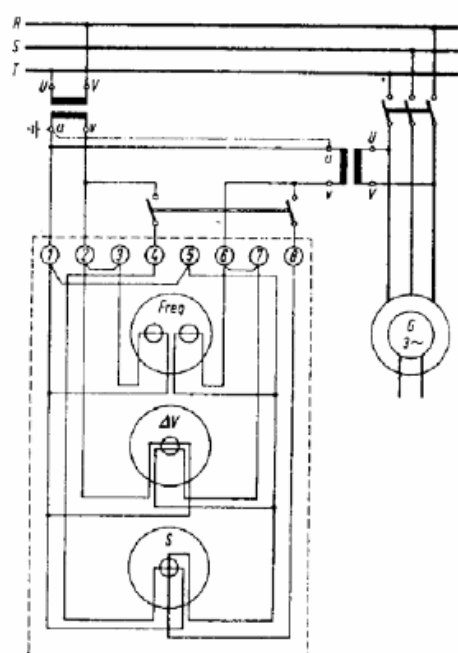
۲-۲-۲ سنکرونسکپ با سایه گردان :

این سنکرونسکپ یک دستگاه اندوکسیون است که دارای دو بوبین ولتاژ است و ساختمان آن شبیه کنتور می باشد. (شکل ۱۲-۲)



شکل ۱۲-۲

عقربه این دستگاه در اثر نامساوی بودن فرکانس ژنراتور با شبکه ۱۸۰ درجه حرکت رفت و آمد نوسانی دارد. پشت عقربه لامپی نصب شده به اسم لامپ تعیین فاز که باعث می شود سایه



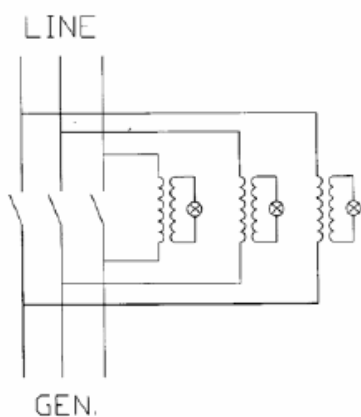
شکل ۱۲-۲

حرکت رفت و آمد عقربه در روی صفحه مات دستگاه مثل یک حرکت دورانی ظاهر شود به محض اینکه فرکانسها با هم برابر شدند عقربه از حرکت می ایستد خواه اختلاف سطحها همگام باشند و خواه همگام نباشند. اگر اختلاف سطحها همگام باشند لامپ مخصوص فاز روشن شده و صفحه مات دستگاه را نورانی میکند و اگر اختلاف سطحها با هم همگام نباشند چراغ خاموش و صفحه مات دستگاه تاریک می شود. سرعت گردش یا تعداد دور اثری که در روی صفحه ظاهر می شود برابر است با تفاوت فرکانس ژنراتور و شبکه جهت گردش این اثر نشان میدهد که ماشین تازه وارد سریع یا آهسته می گردد.

با بکاربردن سنکرونسکپ دستگاه سنکرونیزاسیون نیروگاه تشکیل می شود از یک ولتمتر دوپل و یک فرکانس متر دوپل و یک دستگاه سنکرونسکپ این سه دستگاه در داخل یک جعبه فلزی خارج از تابلوی فرمان و کنترل نیروگاه روی پایه یا لولایی بطور متحرک نصب می شود تا از جلوی تابلوی فرمان و تنظیم عده دور و تحریک ژنراتور بنحوی قابل رؤیت باشد

۲-۳) کنترل اتصال صحیح فازها (ترتیب صحیح فازها) :

فقط یکبار در اولین راه اندازی ماشین چک می شود .
میتوان توسط ۳ عدد لامپ این عمل را کنترل نمود ،
لامپها باید توانایی تحمل ۱۵٪ اضافه ولتاژ را داشته
باشند .

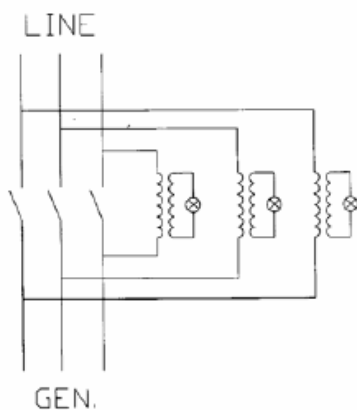


شکل ۲-۱۴

اگر فرکانس ژنراتور با شبکه مقرداری متفاوت ولی
ترتیب فازها صحیح باشد لامپها با هم خاموش و
روشن می شوند ولی اگر فازها غلط باشند چراغها
یکی پس از دیگری روشن و خاموش شوند یعنی
ترتیب فازها نادرست است و باید دو تا از فازها را
جابجا نمود .

۲-۳) کنترل اتصال صحیح فازها (ترتیب صحیح فازها) :

فقط یکبار در اولین راه اندازی ماشین چک می شود .
میتوان توسط ۳ عدد لامپ این عمل را کنترل نمود ،
لامپها باید توانایی تحمل ۱۵٪ اضافه ولتاژ را داشته
باشند .



شکل ۲-۱۴

اگر فرکانس ژنراتور با شبکه مقرداری متفاوت ولی
ترتیب فازها صحیح باشد لامپها با هم خاموش و
روشن می شوند ولی اگر فازها غلط باشند چراغها
یکی پس از دیگری روشن و خاموش شوند یعنی
ترتیب فازها نادرست است و باید دو تا از فازها را
جابجا نمود .

۲-۴) مضرات وجود اختلاف فاز در ولتاژها در زمان پارالل کردن ژنراتور :

در صورتیکه زمان پارالل کردن ژنراتور با شبکه مابین ولتاژ ژنراتور و ولتاژ شبکه اختلاف فاز پس
فاز وجود داشته باشد سبب می شود که در لحظه بستن کلید یک جریان واته (جریان اکتیو) از
شبکه به ژنراتور وارد شود و رتور را با یک ضربه مکانیکی شدید وادار می کند به محل
سنکرونیسم خود برگردد . این ضربه احتمال آسیب رساندن به یاتاقانها و خرابی بیرینگها را
داراست . باید توجه داشت که همیشه آن قسمت (ژنراتور و یا شبکه) که پس فاز است مصرف
کننده می باشد .

۲-۵) مضرات وجود اختلاف پتانسیل در زمان پارالل کردن ژنراتور :

اگر در زمان پارالل کردن مابین ژنراتور و شبکه اختلاف ولتاژ وجود داشته باشد ژنراتور جدید
الورود جریان را اکتیو از شبکه می کشد درواقع مصرف توان را اکتیو افزایش میابد و بدینوسیله
کمبود جریان تحریک خود را برای یکسان سازی ولتاژها جبران میکنند این جریان با آنکه تا حدی بار

ژنراتور را زیاد میکند ولی برای ژنراتور بدون اهمیت و بی خطر است بهمین علت در موازی کردن لازم نیست ولتاژها ۱۰٪ با هم برابر باشند .

۲-۶) نکات مهم در زمان بهره برداری از ژنراتورها :

۱) در صورتیکه ولتاژ ژنراتور پارالل شونده نسبت به ولتاژ شبکه دارای اختلاف فاز پیش فاز باشد به محض بستن کلید ژنراتور به شبکه جریان میدهد . در صورتیکه بعد از سنکرون کردن ژنراتور با شبکه بخواهیم از ژنراتور Load بگیریم می بایست اختلاف فاز (پیش فاز) بین ولتاژ شبکه و ولتاژ ژنراتور ایجاد نمود که این امر توسط کنترل سرعت توربین (افزایش سرعت) از طریق افزایش سوخت ورودی به مجموعه توربین (کاز و یا بخار و یا) امکان پذیر خواهد شد .

۲) توسط جریان تحریک میتوان اختلاف فاز جریان ژنراتورهای موازی و بار راکتیو شبکه را بطور دلخواه تنظیم و بر روی ژنراتورها تقسیم نمود .

۳) اگر دو ژنراتور مشابه با جریان تحریک برابر روی شبکه موازی کار کنند $\cos\phi$ هر دو ماشین برابر خواهد بود .

اگر فقط جریان تحریک یکی از ژنراتورها را بالا ببریم بار راکتیو شبکه به این ژنراتور تحمیل می گردد و ژنراتور دیگر با $\cos\phi$ بهتر (حتی نزدیک $\cos\phi=1$) کار میکند و ولتاژهای ژنراتورها تغییری نخواهد کرد .

اگر جریان تحریک هر دو ژنراتور را با هم و به اندازه هم تغییر دهیم در اینصورت ولتاژ شبکه تغییر خواهد نمود ولی $\cos\phi$ ماشین ها ثابت می ماند .

سوالات فصل دوم :

- ۱) شرایط مورد نیاز جهت سینک نمودن ژنراتور با خط را نام ببرید .
- ۲) روش چک نمودن برابری شرط اختلاف فازها را توسط لامپهای روشن و لامپهای خاموش توضیح و شکل مربوطه را ترسیم نمایید .
- ۳) روش چک نمودن توالی فازها را توسط لامپ توضیح و رسم نمایید .
- ۴) سنکروسکپ را شرح داده و دو نمونه از آن را نام ببرید .
- ۵) روش کار سنکرونسکپ با عقربه گردان را شرح دهید .
- ۶) روش کار سنکرونسکپ با سایه گردان را شرح دهید .
- ۷) مضرات وجود اختلاف فاز در زمان پارالل کردن ژنراتورها را توضیح دهید .
- ۸) مضرات وجود اختلاف پتانسیل در زمان پارالل کردن ژنراتورها را توضیح دهید .

فصل سوم: نحوه توزیع برق. AUX در نیروگاه

۳-۱) نحوه توزیع برق. AUX در نیروگاه:

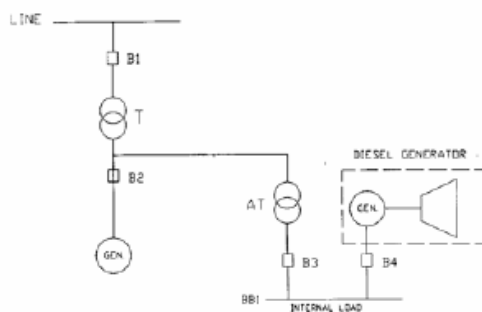
در انواع نیروگاههای گازی موجود در صنایع پتروشیمی یکی از مسائل مهم آن می باشد که بتوان در مواقع اضطراری و همچون توقفهای ناخواسته و خاموشی کامل مجتمع به راحتی از طریق مسیر مطمئن برق مورد نیاز دیگر تجهیزات نیروگاه را تأمین نمود. همچنین در مواقعی که کل نیروگاه در حالت توقف بوده و تصمیم به راه اندازی مجموعه می باشد می بایست برق مصرفی مورد نیاز تجهیزات راه انداز از طریق یک مسیر مطمئن تأمین شود.

لازم به ذکر می باشد که مهمترین تجهیزاتی که در زمان خاموشی ناخواسته نیروگاه و یا در راه اندازی ابتدا به ساکن نیروگاه می بایست دارای برق AUX مطمئن باشد عبارتند از:

- ۱) کلیه الکتروموتورهای مربوط به سیستم روغن کاری توربین و ژنراتور
- ۲) کلیه الکتروموتورهای مربوط به سیستم Turning Gear
- ۳) کلیه سیستمهای تولید کننده برق کنترل جهت کلیدها و رله های حفاظتی نیروگاه
- ۴) کلیه الکتروموتورهای مربوط به تولید هوای ابزار دقیق نیروگاه (در صورت وجود)

۳-۲) روشهای زیر جهت تأمین مصرف داخلی نیروگاه وجود دارد:

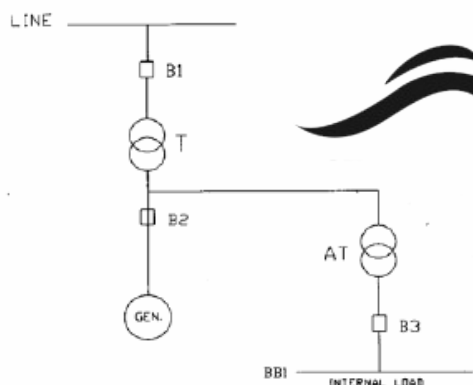
۱) مطابق شکل ۱-۳ میتوان در مواقعی که قدرت ژنراتورها حدود 10MW~20MW میباشد از طریق یک مجموعه دیزل ژنراتور جهت برق AUX استفاده نمود و از این طریق میتوان برق مصرف داخلی نیروگاه را تأمین نمود.



شکل ۱-۳

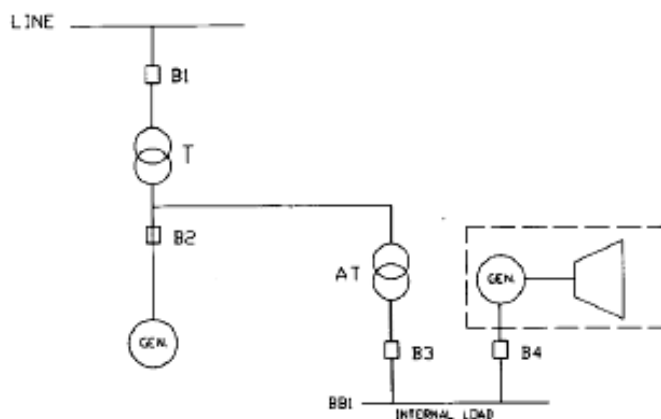
در مجتمع پتروشیمی رازی از روش فوق جهت تأمین مصرف داخلی نیروگاه استفاده شده است

۲) در روش دوم که بصورت شکل ۲-۳ می باشد، می توان از طریق برق شبکه و یک دستگاه ترانسفورماتور کمکی نسبت به تأمین مصرف داخلی نیروگاه اقدام نمود. بدین صورت که در مواقع مورد نیاز در صورت خاموش بودن ژنراتور و باز بودن کلید B2 می توان برق داخلی نیروگاه را از طریق ترانسفورماتور AT تأمین نمود.



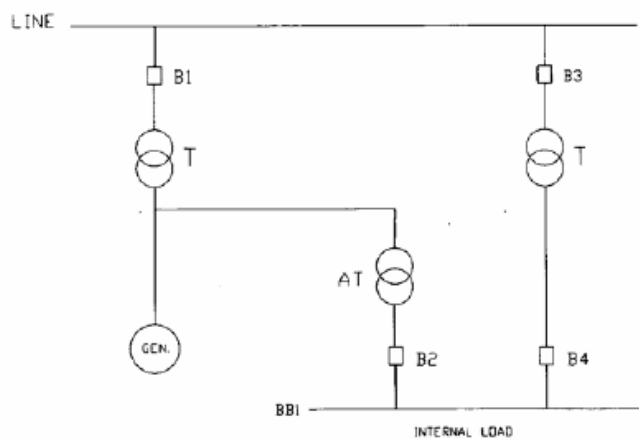
شکل ۳-۲

۳) در مواقعی که قدرت ژنراتورها از 20MW تجاوز می کند می توان مطابق شکل ۳-۳ جهت تامین مصرف برق داخلی نیروگاه از طریق یک دستگاه توربین گازی با توان مشخص استفاده نمود .



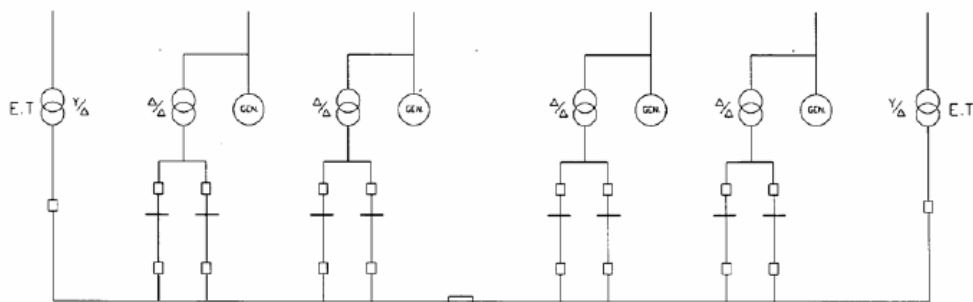
شکل ۳-۳

در مواقعی که قدرت ژنراتورها از 100MW تجاوز می نماید به طور معمول از نصب کلید در خروجی ژنراتور خودداری می شود ، هنگامیکه کلید خروجی ژنراتور حذف می شود ژنراتور با ترانسفورماتور یک پارچه محسوب می شود و واحد را بلوکه یا Unit می نامند و قطع و وصل ژنراتور به شبکه از طریق کلید واقع در خروجی ترانسفورماتور افزایشده صورت می گیرد . در مواقع بروز Fault کلید خروجی ترانسفورماتور باز میشود و شین مصرف داخلی نیز بدون برق میشود بنابراین در این مواقع از ترانسفورماتوری به نام E.T (Emergency Transformer) استفاده میشود که مستقیماً از خط تغذیه میشود . استفاده از E.T همیشه مقرون به صرفه نمی باشد و برای مواقعی که تعداد واحدها از ۲ واحد بیشتر میباشد استفاده میشود و در صورت بی برق شدن هر واحد به طور اتوماتیک شین مصرف داخلی از طریق E.T تامین می شود .



شکل ۴-۲

شکل ۵-۳ نیز روش استفاده از E.T جهت تامین برق Aux. در نیروگاه را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می گردد جهت بالابردن ضریب اطمینان و به علت گستردگی شبکه از دو دستگاه E.T استفاده شده است.



شکل ۵-۲

سوالات فصل سوم :

- (۱) بهینه ترین روش جهت توزیع Aux. در یک نیروگاه با قدرت 10mw~20mw را توضیح و مدار تک خطی آن را ترسیم نمایید.
- (۲) بهینه ترین روش جهت توزیع برق Aux. در یک نیروگاه با قدرت بالاتر از 20mw را توضیح و مدار تک خطی آن را ترسیم نمایید.
- (۳) بهینه ترین روش جهت توزیع برق Aux. در نیروگاه های با توان بالاتر از 100mw توضیح داده و مدار تک خطی آن را ترسیم نمایید.

فصل چهارم: آشنایی با انواع سوئیچهای فشار قوی و ضعیف

۴-۱) کلیدهای فشار ضعیف برای جریان متناوب:

در تاسیسات برق فشار ضعیف (ولت $V < 1000$) برای قطع و وصل مدارهای مختلف الکتریکی و همچنین برای حفاظت سیمها، تاسیسات و مصرف کنندگان بزرگ از کلیدهای فشار ضعیف مختلفی استفاده می شود که بر چهار دسته مهم: کلید دستی - کلید خودکار - کلید محافظ موتور - کلید مغناطیسی (کنتاکتور) تقسیم می شوند.

۴-۱-۱) **کلید دستی:** به کلید تیغه ای (کلید چاقویی) - کلید گردان - کلید فیوز تقسیم می شود:

۴-۱-۱-۱) **کلید دستی از نوع کلید تیغه ای (چاقویی):** با تمام مزایایی که کلید خودکار نسبت به کلید تیغه ای دارد، این کلیدها نیز به علت سادگی و ارزانی بخصوص همراه با فیوز مورد استعمال زیادی دارد.

کلیدهای تیغه ای در تاسیسات روباز برای جریانهای از ۱۰۰ تا ۴۰۰۰ آمپر و تا 1kV بکار برده می شود و دارای این مزیت است که اولاً قطع کنتاکت های کلید حتی از فاصله نسبتاً زیاد نیز به آسانی آشکار می شود در ضمن رساندن برق از یک شین به شین دیگر را میسر و ممکن می سازد

این کلیدها بخصوص برای برق رسانی به موتورهای تکفاز و وسایل برقی جریان دائم نیز بسیار مناسب است ولی در موتورهای سه فاز بهتر است از کلید تیغه ای استفاده نشود زیرا موتور در اثر سوختن یکی از فیوزها و دو فازه شدن ممکن است بسوزد.

کلید تیغه ای مخصوص جریان دائم علاوه بر تیغه اصلی جریان رسان دارای یک تیغه اتصال لحظه ای نیز می باشد که عمل آن قطع و پریدن جرقه در موقع قطع کلید است.

کلیدهای تیغه ای مخصوص جریان متناوب سه فاز و تکفاز فاقد چنین تیغه اضافی می باشند زیرا این کلیدها جریان متناوب را فقط در زمان عبور جریان از صفر قطع می کنند.

کلیدهای مدرن امروزی طوری ساخته می شوند که تیغه و کنتاکت در یک امتداد قرار گیرند و ایجاد یک "خم" در مسیر جریان نکنند زیرا خم ها در جریان اتصال کوتاه ایجاد نیروی دینامیکی بسیار شدیدی در کلید می کنند که اغلب باعث باز شدن بی موقع کلید می شود در ضمن بخاطر بهتر کنتاکت کردن و بهتر خنک کردن تیغه ها و بالابردن استقامت الکتریکی کلید، تیغه متحرک از چند چاقوی موازی ساخته می شود.

نکته ۱: کلیدهای تیغه ای قادر به قطع جریان اتصال کوتاه نیستند و اگر در موقع عبور جریان اتصال کوتاه، تیغه از کنتاکت جدا شود جرقه بین دو کنتاکت مدتی ادامه یافته و باعث سوختن کلید می شود.

نکته ۲: در موقع نصب کلید تیغه ایی باید دقت شود که همیشه جریان به کنتاکت ثابت وصل شود بطوریکه تیغه ها در موقع قطع کلید بدون ولتاژ باشند. از کلیدهای تیغه ایی می توان به عنوان کلید بار و یا کلید بدون بار در شبکه فشار ضعیف برق رسانی از یک تابلو به تابلوی دیگر استفاده کرد و در صورتی که کلید تیغه ایی فقط به عنوان کلید بدون بار استفاده شود فاقد محفظه جرقه گیر خواهد بود.

این کلیدها برای جریان نامی ۱۲۰۰۰ و جریان اتصال کوتاه 200 KA ساخته شده است.

نکته ۳: از کلیدهای جریان (قطع و وصل) از راه دور این کلیدها از نوع جریان موتوری و یا کمپرس و فرمان از نزدیک (دستی اضطراری) ساخته شده است.

۴-۱-۱-۲) کلید گردان: این کلید که برای آمپرهای کم (تا 100A) ساخته می شود. یک کلید قابل قطع زیر بار است و به همین جهت هر یک از کنتاکتهای جریان رسان مربوط به یک قطب در یک محفظه عایق مخصوص بخود، بطور انفرادی نصب شده است بطوریکه هر محفظه جرقه گیر با کنتاکتهای خود یک عنصر مستقل (یک کنتاکتور) را تشکیل می دهد و میتوان با نصب تعداد زیادی از این کنتاکت دهنده ها در مدارهای فرمان از آن به راحتی استفاده کرد.

۴-۱-۱-۳) کلید فیوز: بیشتر حوادث در شبکه فشار ضعیف که منجر به برق گرفتگی می شود مربوط به قوس الکتریکی است که در موقع تعویض فیوز (در آوردن فیوز زیر بار و یا جا انداختن آن در زیر جریان اتصال کوتاه) بوجود می آید لذا برای جلوگیری از خطراتی که در موقع تعویض فیوزها در شبکه فشار ضعیف پیش می آید بهتر و مناسب تر است که بجای کلید و فیوز از کلید فیوز استفاده شود.

نکته ۱: در موقعی که جریان اتصال کوتاه شبکه یا مصرف کننده پشت فیوز خیلی زیاد باشد (تا 100KA) اجباراً باید بجای کلید و فیوز از کلید فیوز استفاده شود.

نکته ۲: کلید فیوز نسبت به کلید خودکار ارزانتر و از نظر جاگیری و ابعاد کوچکتر است لذا مورد استفاده آن در تاسیسات برق فشار ضعیف و توزیع برق در کارخانجات، روشنایی و پست های ترانسفورماتور و خطوط انتقال انرژی شعاعی و باز بسیار زیاد است.

۴-۱-۲) کلیدهای خودکار: به انواع کلیدهای زیر تقسیم می شود:

۱) با رله جریان زیاد و بار زیاد

۲) با رله ولتاژ کم

۳) با قطع کننده برگشت جریان

۴) با رله جریان کم

۴-۱-۲-۱) کلید خودکار بار له جریان زیاد و بار زیاد: این کلیدها در تأسیسات روشنایی، برق صنعتی بخصوص برای حفاظت کابل و سیم و ماشین آلات صنعتی در مقابل بار زیاد و جریان اتصال کوتاه در طرف فشار ضعیف ترانسفورماتورهای محلی برای حفاظت ترانسفورماتور در مقابل خطرات خارجی (اتصال کوتاه و بار زیاد) بکار برده می شود.

رله بار زیاد در این کلید یک رله حرارتی (بی متال) است که ممکن است بطور مستقیم با جریان اصلی (تا 400A) و یا بطور سکوندر (غیرمستقیم) توسط جریان سکوندر ترانسفورماتور جریان تغذیه شود.

این رله در اثر تغییر شکل پیدا کردن (خم شدن) باعث قطع کلید شود که منطقه کار این رله تا $1/2$ برابر جریان نامی می باشد. برای حفاظت شبکه و تأسیسات سه فاز در مقابل بار زیاد از سه رله حرارتی بار زیاد استفاده می شود.

رله جریان زیاد کلید خودکار که بخصوص برای حفاظت سیستم ها در مقابل اتصال کوتاه بکار برده می شود یک رله الکترومغناطیسی قابل تنظیم تا چند برابر جریان نامی (مثلاً ۲-۳ برابر جریان نامی) است که با رله حرارتی بطور سری قرار دارد.

۴-۱-۲-۲) کلید خودکار بار له ولتاژ کم: این کلید علاوه بر قطع کننده های جریان زیاد و بار زیاد مجهز به یک رله ولتمتری (رله ولتاژ کم) نیز می باشد و مورد استفاده این کلید در محلی است که افت ولتاژ بیش از حد مجاز برای مصرف کننده های الکتریکی خطرناک باشد و یا اصولاً در موقع قطع ولتاژ شبکه، ارتباط مصرف کننده ها با شبکه قطع گردد تا در موقع برگشت مجدد و غیرمترقبه، ولتاژ موتورهای الکتریکی موجود در شبکه خودسرانه و بطور ناگهانی بکار نیافتند زیرا همانطور که می دانیم اغلب موتورها بخصوص موتورهای آسنکرون با روتور سیم پیچی شده احتیاج به یک راه اندازی صحیح دارند تا از سوختن آنها در موقع راه اندازی جلوگیری شود برای جلوگیری از قطع بی موقع کلید در اثر تغییرات کوچک ولتاژ و تغییرات آنی و زودگذر اولاً نقطه کار رله ولتاژ کم در حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد ولتاژ نامی انتخاب می شود و در ثانی کلید مجهز به یک رله تأخیری نیز می باشد.

۴-۱-۲-۳) کلید خودکار با قطع کننده برگشت جریان: این کلید بهترین وسیله برای اتصال موازی ژنراتورهای DC و یک سری باطری است که بطور موازی روی شبکه واحد کار می کنند

و باعث می شود که در اثر افت اختلاف سطح در یکی از ژنراتورها یا در یک ردیف از باطری ها جریان بر جهت عکس کشیده نشود و به اصطلاح ژنراتور موتوری کار نکند.

در این کلیدها علاوه بر رله جریان و بار زیاد یک رله مغناطیسی دیگری نصب شده که با تغییر جهت جریان فعال می شود و در شبکه های جریان متناوب این رله مغناطیسی دارای دو پیچک است که یکی با جریان اصلی و دیگری با جریان ناشی از اتصال ولتاژ (ولتاژ نامی شبکه) کار می کند و برحسب حاصل ضرب آنها وات کار می کند که آنرا رله واتمتری می گویند و در حالت موتوری شدن ژنراتور متناوب، کلید باعث قطع خودکار مدار می گردد.

۴-۱-۲-۴) کلید خودکار با رله جریان کم: این کلیدها برای شارژ باطری بکار برده می شوند و در این کلید از یک بوبین مغناطیسی استفاده شده که جریان شارژ باطری از آن می گذرد و باعث نگهداشتن کلید میشود و به محض اینکه جریان شارژ باطری به علت پرشدن باطری قطع شد، مغناطیس نگهدارنده وسیله قطع کلید بطور خودکار را فراهم می سازد.

۴-۱-۳) کلید محافظ موتور: کلید محافظ موتور یک نوع بخصوص از کلید خودکار با قطع کننده جریان زیاد است و میتواند جریان راه اندازی را در زمان راه اندازی تحمل کند بدون اینکه باعث قطع کلید شود.

انواع کلید محافظ موتور: برای راه اندازی سبک - برای راه اندازی سنگین

۴-۱-۳-۱) کلید محافظ برای راه اندازی سبک: این کلید جریان راه اندازی موتور را در صورتیکه از ۵ جریان نامی آن تجاوز نکند تا ۳۰ ثانیه نگه می دارد.

۴-۱-۳-۲) کلید محافظ برای راه اندازی سنگین: این کلید جریان راه اندازی موتور را در صورتیکه از ۱۰ برابر جریان نامی آن تجاوز نکند به مدت ۴ ثانیه نگه می دارد و لذا دیده می شود که این کلید در شرایط مشکلتتری از کلید خودکار معمولی با رله جریان زیاد کار می کند. برای شرایط مشکلتتر راه اندازی می توان از یک قطع کننده حرارتی ثانویه که بر روی ترانسفورماتور جریان اشباع شده بسته می شود استفاده کرد. در چنین کلیدی جریان ثانویه و بدلیل اشباع نمی تواند از یک حد معینی تجاوز کند و در نتیجه می توان در موقع راه اندازی موتور تا ۶ برابر جریان نامی را با زمان تأخیر در قطع در حدود ۴۰ ثانیه بدست آورد بدون اینکه رله حرارتی آن وظیفه حفاظت موتور را در مقابل بار زیاد از دست بدهد.

در کلید حفاظت موتور نیز مثل کلید خودکار برای حفاظت در مقابل بار زیاد از ۳ رله حرارتی قابل تنظیم و برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه و جریان زیاد از سه رله الکترومغناطیسی با قطع سریع استفاده می شود.

۴-۱-۴) کلید مغناطیسی یا کنتاکتور: کلید مغناطیسی عبارتست از کلید با فرمان از دور و بدون نگهدارنده مکانیکی (فنر و چفت و بست نگهدارنده) این کلید فقط تا موقعی که از الکتروموتور مغناطیس نگهدارنده آن جریان عبور می کند بسته است و به محض قطع جریان یا ولتاژ، کلید خودبخود مدار را قطع می کند و باز می شود. کلیدهای مغناطیسی بر دو نوع هستند: هوایی و روغنی و در هر دو حالت می توان کلید را با قطع کننده بی متال حرارتی مجهز کرد و بعنوان کلید محافظ موتور از آن استفاده نمود. بی متال در موقع عبور جریان زیاد باعث قطع برق الکترومغناطیس نگهدارنده می شود و در نتیجه کنتاکت ها از هم رها می شوند. چون کنتاکتورها بر خلاف کلید محافظ موتور فاقد قطع کننده جریان زیاد (رله اتصال کوتاه) می باشند باید برای حفاظت در مقابل جریان زیاد اتصال کوتاه با فیوز مجهز و تکمیل شوند. کنتاکتورها بر اساس قطع و وصل زیاد و متوالی (۱۰ تا ۱۵ میلیون قطع و وصل) ساخته شده اند لذا دارای قدرت قطع زیاد نیستند لذا قطع جریان اتصال کوتاه به عهده فیوز گذاشته می شود.

۴-۲) کلیدهای فشارقوی :

انواع کلیدهای فشارقوی براساس نوع و اهمیت کاربرد آنها به شرح زیر می باشد :

۱) کلید بدون بار یا سکسیونر

۲) کلید قابل قطع زیر بار یا سکسیونر قابل قطع زیر بار

۳) کلید قدرت یا دیژنکتور

۲-۴-۱) کلید بدون بار (سکسیونر) :

سکسیونر وسیله قطع و وصل سیستم هایی است که تقریباً بدون جریان هستند بعبارت دیگر سکسیونر قطعات و وسایلی را که فقط زیر ولتاژ هستند از شبکه جدا می سازد : تقریباً بدون بار بدین معنی است که میتوان به کمک سکسیونر جریانهای L پاسیتو مفره ها ، ماشینها و تأسیسات برقی و کابلهای کوتاه و همینطور جریان ترانسفورماتور ولتاژ را نیز قطع نمود و یا حتی ترانسفورماتورهای کم قدرت را با سکسیونر قطع کرد .

علت بدون جریان بودن سکسیونر در موقع قطع یا وصل ، مجهز نبودن سکسیونر بوسیله جرقه خاموش کن است لذا بطور کلی می توان گفت که عمل قطع و وصل سکسیونر باید بدون جرقه یا با جرقه ناچیزی صورت گیرد . بر حسب این تعریف در صورتیکه از سکسیونر جریان عبور کند ولی در موقع قطع اختلاف پتانسیل بین دو کنتاکت آن ظاهر نشود قطع سکسیونر بلامانع است . همینطور وصل سکسیونری که بین دو کنتاکت آن تفاوت پتانسیلی موجود نباشد گرچه به محض وصل باعث عبور جریان گردد نیز مجاز خواهد بود .

سکسیونر وسیله ای است برای ارتباط کلید قدرت بر شین و یا هر قسمت دیگری از شبکه که دارای پتانسیل است و طبق قوانین متداول الکتریکی جلوی هر کلید قدرتی از IKV به بالا و یا در هر دو طرف در صورتیکه آن خط از دو طرف پتانسیل می گیرد سکسیونر نصب می گردد .

چنانکه می دانیم سکسیونرها باید در مقابل حرارت ناشی از عبور جریان عادی و اسمی و جریان اتصال کوتاه ، کوتاه مدت و نیروی دینامیکی جریان اتصال کوتاه و بخصوص جریان ضربه ایی استقامت کافی داشته باشد و در حالت باز باید عایق خوب و مطمئن برای پتانسیل بین تیغه و کنتاکت ثابت هر فاز و با زمین باشد و مشخصات مهم یک سکسیونر که گویای مشخصات فنی و استقامت الکتریکی و دینامیکی آن می باشد عبارتند از :

۱) ولتاژ نامی U_n

۲) جریان نامی I_n

۳) جریان اتصال کوتاه ضربه ای مجاز I_s

۴) جریان اتصال کوتاه . کوتاه مدت I_{th} (معمولاً بمدت ۱ تا ۳ ثانیه)



۴-۲-۲) کلید قابل قطع زیر بار :

بعلت اینکه در بیشتر شبکه ها و پست های کوچک ، کلید قدرت و سکسیونر و وسایل اضافی مربوط به چفت و بست آنها مبالغ زیادی از مخارج و هزینه کل تاسیسات را شامل می گردد و به علت اینکه در اغلب موارد نصب کلید قدرت با مزایای قطع و وصل سریع آن حتماً لازم و ضروری نیست کلید سکسیونر قابل قطع زیر بار طرح و ساخته شد . کلید فشار قوی قابل قطع زیر بار در ضمن اینکه باید وظیفه یک سکسیونر را انجام دهد یعنی در ضمن برداشتن ولتاژ یک قطع شدگی قابل رویت و مطمئن در مدار شبکه فشارقوی بوجود آورد باید قادر باشد مانند یک دیژنکتور ، قدرتهای کوچک الکتریکی را نیز قطع کند لذا هر سکسیونر قابل قطع زیر باری باید دارای وسیله ای برای قطع فوری جرعه باشد .

سکسیونر قابل قطع زیر بار اصولاً دارای قدرت وصل بسیار زیاد است و می تواند جریانهای با شدت ۲۵-۷۵ کیلو آمپر را بخوبی وصل کند ولی قدرت قطع آن کم و از ۴۰۰ تا ۱۵۰۰ آمپر یعنی در حدود جریان نامی آن تجاوز نمی کند لذا برای قطع جریان اتصال کوتاه ساخته نشده و مناسب نمی باشد در نتیجه در صورتی می تواند قابل قطع زیر بار در شبکه فشارقوی مورد استفاده قرار گیرد که این کلید مجهز به قطع کننده جریان اتصال کوتاه گردد و یا اینکه جریان اتصال کوتاه شبکه از قدرت قطع کلید تجاوز نکند و یا از فیوز فشارقوی قدرت زیاد که در 6-20 KV دارای قدرت قطع حدود ۴۰۰ MVA استفاده کرد و جریان اتصال کوتاه را در همان مراحل ابتدائی قطع کند .

سکسیونر قابل قطع زیر بار فقط برای قطع جریان نامی شبکه مناسب است و جریان اتصال کوتاه را فیوز قطع می کند نه کلید . خاموش کردن جرعه می تواند توسط دمیدن هوا و یا روغن انجام شود .

۴-۲-۳) کلید قدرت یا دیژنکتور :

دیژنکتور کلیدی است که می تواند در موقع لزوم جریان عادی شبکه و در موقع بروز خطا جریان اتصال کوتاه و جریان اتصال زمین و یا هر نوع جریانی با هر اختلاف فازی را سریع قطع کند کلیدهای قدرت و یا دیژنکتورها در انواع مختلفی ساخته میشوند که مهمترین آنها به قرار زیر است :

۱) روغنی (۲ هوایی (۳ گاز SF₆ (هگزا فلورید گوگرد) (۴) خلا

۴-۲-۳-۱) کلید قدرت از نوع روغنی : این کلید در سالهای ۱۹۱۰ تا ۱۹۲۵ از متداولترین

کلیدهای فشارقوی با قدرت زیاد بود ولی امروزه توسط کلیدهای مدرن دیگری جایگزین شده اند .

در این کلیدها در درجه اول از روغن بعنوان عایق استفاده می شود لذا هر چه فشار الکتریکی شبکه بیشتر باشد حجم روغن داخل کلید نیز زیادتر می گردد بطوریکه وزن روغن در کلید روغنی 220KV نزدیک به ۲۰ تن می رسد و همچنین حجم زیاد روغن یکی از بزرگترین معایب آنها بخصوص در موقع آتش سوزی است .

در این کلید برای خاموش کردن جرقه از مکانیسم خاصی استفاده نشده لذا جرقه در اثر ازدیاد طول باید از بین برود لذا کنتاکت های آن طوری ساخته شده اند که جرقه در دو منطقه شروع شده و با یک حرکت قطع کلید ، مدار جریان آن قطع می شود و بدین جهت این کلید از دو کنتاکت ثابت که به انتهای دو مقره عبور نصب شده تشکیل گردیده و تیغه متحرکی که توسط اهرم عایقی فرمان می گیرد ارتباط بین دو کنتاکت ثابت را فراهم می کند .

در موقع قطع کلید و جداسدن تیغه از کنتاکت ، تراکم جریان در یک نقطه از کنتاکت ها بقدری زیاد می شود که باعث شروع جرقه در آن محل می گردد . در اثر حرارت شدید جرقه ، روغن

تجزیه شده و ایجاد گاز می نماید که بصورت حبابی اطراف جرقه را می پوشاند با جداسدن هر چه بیشتر تیغه از کنتاکت ثابت و طولیل شدن جرقه ، حباب گازی نیز بزرگتر می شود و در ضمن اینکه مقداری از حرارت جرقه صرف بخار کردن و تجزیه روغن می شود در اثر ازدیاد بیش از حد طول جرقه ، قوس شکسته و جرقه خاموش می شود . چون حجم حباب گاز بستگی به شدت جرقه و شدت جرقه مستقیماً به شدت جریانی دارد که کلید قطع می کند لذا باید فضای خالی بالای روغن متناسب با شدت جریان اتصال کوتاه شبکه باشد و در صورتیکه شدت جریان اتصال کوتاه به حدی باشد که جرقه قبل از رسیدن سطح روغن به زیر درپوش منبع خاموش نشود ، امکان ترکیدن منبع در اثر ازدیاد فشار داخلی بسیار زیاد است .

در موقع قطع کلید ، حباب های گازی که در محفظه احتراق ایجاد می شود به محض خارج شدن میله از محفظه با سرعت بطرف خارج کشیده شده و در قطع سریع جرقه موثر واقع می شود .

۴-۲-۳-۲) کلید هوایی (ACB - AIR CIRCUIT BREAKER) :

در کلید هوایی اولاً برای خاموش کردن جرقه و خارج کردن ایون ها (دیونیزه کردن) و خنک کردن جرقه از هوای سرد تحت فشار استفاده می شود و در ثانی این تنها کلیدی است که قدرت خاموش کنندگی آن مستقل از جریان است و فقط تابع هوای کمپرس شده است که قبلاً در یک منبع ذخیره شده و با فشار ثابت و مقدار ثابت برای هر شدت جریانی بداخل محفظه احتراق هدایت می شوند لذا این کلیدها برخلاف کلیدهای دیگر که خود وسیله خاموش کردن جرقه را بوجود می آورند دارای زمان قطع بسیار کوتاهی هستند در کلیدهای هوایی کنتاکت ثابت معمولاً بصورت قیف ساخته می شود که در داخل آن کنتاکت میله ای متحرک جای می گیرد و با تماس با آن کلید بسته می شود .

در موقع قطع کلید ، کنتاکت میله ای از کنتاکت ثابت جدا شده و بین این دو کنتاکت ابتدا در هوای ساکن موجود در محفظه ، جرقه ایجاد می شود . فاصله این دو کنتاکت باید به حدی باشد که پس از خاموش شدن جرقه فاصله هوایی دو کنتاکت استقامت الکتریکی کافی برای ولتاژ شبکه را داشته باشد لذا وقتی قوس ، طول مناسب را پیدا کرد میله متحرک از حرکت باز ایستاده و هوای فشرده توسط باز شدن سوپاپ مربوطه به محل جرقه راه پیدا می کند و باعث میشود که جرقه پس از اولین یا دومین موج به محض صغر شدن جریان قطع شود.

جریان هوا تا موقعی ادامه می یابد که محفظه احتراق کاملاً از گازهای ایونیزه شده پاک شده باشد در این موقع سوپاپ دریچه مخزن هوا را می بندد و میله کنتاکت دهنده تا انتهای مسیر خود پایین آمده و فاصله لازم برای اختلاف سطح شبکه را پیدا می کند .

در این کلیدها چون ماده خاموش کننده از خارج هدایت می شود و باید کلید و متعلقات آن تحت مراقبت و کنترل شدید باشند و لازم است هر سال یا حداقل بعد از ۳۰۰۰ قطع و وصل آنرا سرویس و روغن کاری نمود و پس از ۱۰۰۰۰ قطع و وصل باید بکلی آنرا جدا کرده و بعضی از قسمتهای متحرک آنرا تعویض و مرمت نمود .

۴-۲-۳-۳) کلید SF6 :

در این نوع کلید از گاز SF6 بعنوان ماده خاموش کننده جرقه و عایق بین دو کنتاکت نگهدارنده ولتاژ استفاده شده است .

گاز SF6 الکترونیهای آزاد را جذب می کند و ایجاد ایون منفی بدون تحرک می نماید در نتیجه مانع ایجاد ابر بهمنی الکترونها که باعث شکست عایق و ایجاد جرقه می شود می گردد بطوریکه استقامت الکتریکی گاز SF6 به ۲ تا ۳ برابر استقامت الکتریکی هوا می رسد این گاز از نظر شیمیایی کاملاً با ثبات است و میل ترکیبی آن خیلی کم و غیرسمی می باشد و تقریباً ۵ برابر هوا وزن دارد و در مقابل حرارت زیاد نیز پایدار و غیر قابل اشتعال است و دارای قابلیت حرارتی بسیار زیاد میباشد لذا علاوه بر اینکه در خاموش کردن جرقه بسیار موثر است عایق بسیار با ارزشی نیز می باشد .

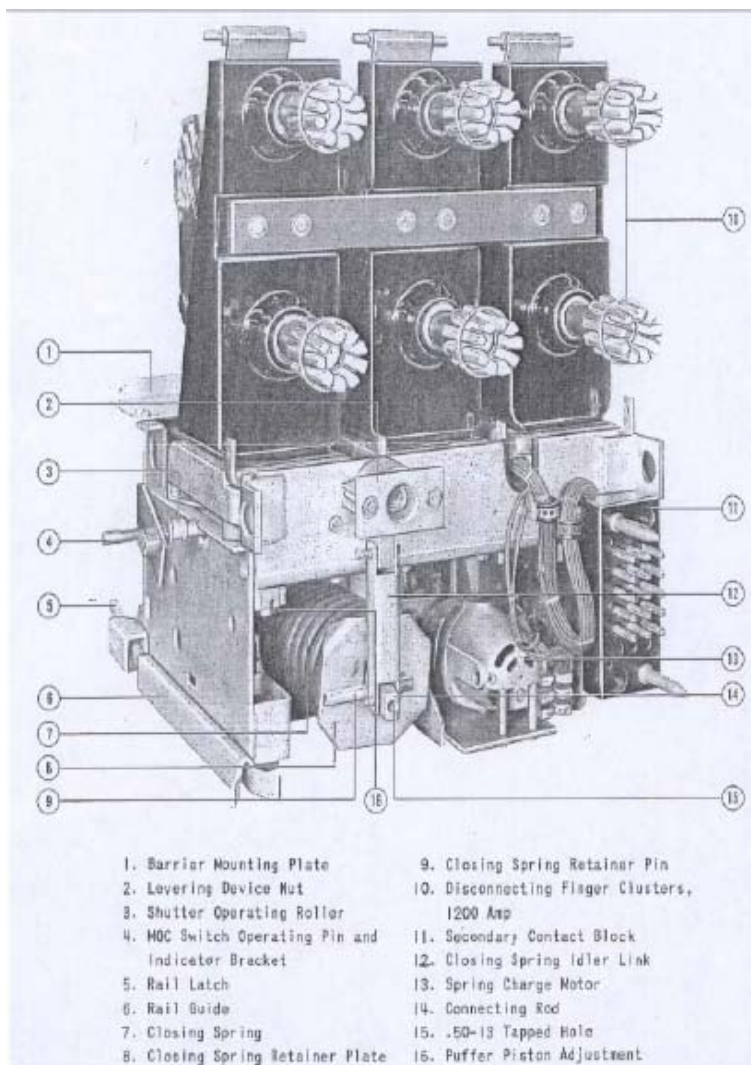
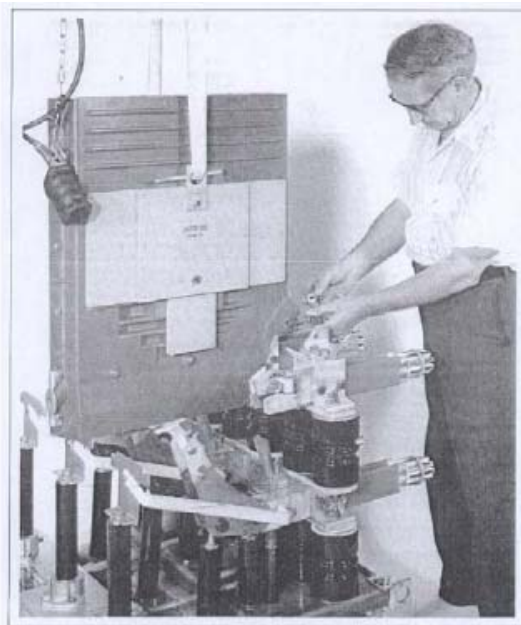
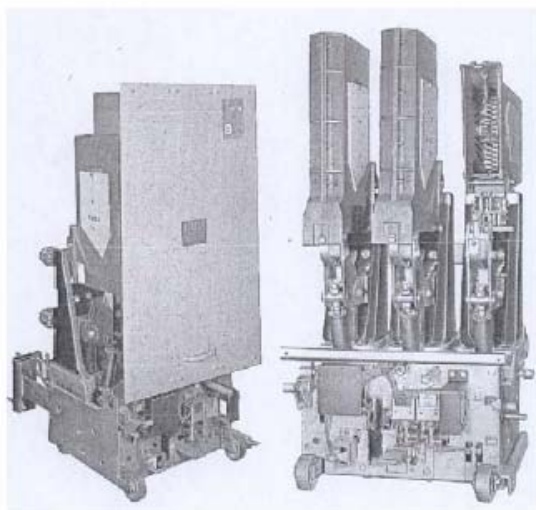
طرز استفاده از این گاز در کلیدها فشار قوی عموماً بر مبنای انژکسیون گاز متراکم شده SF6 به محل قوس الکتریکی (محفظه احتراق) است .

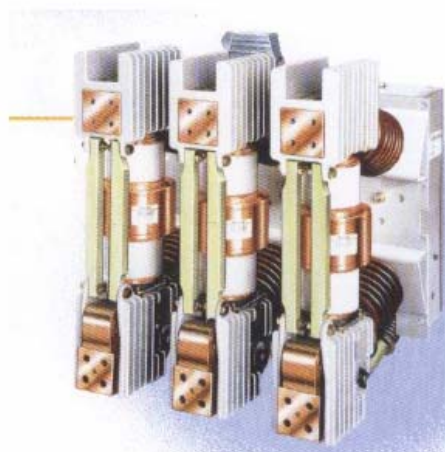
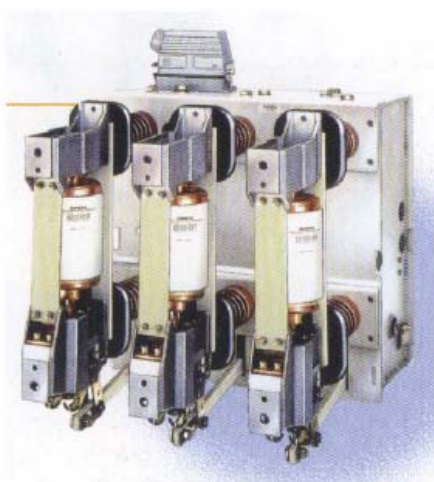
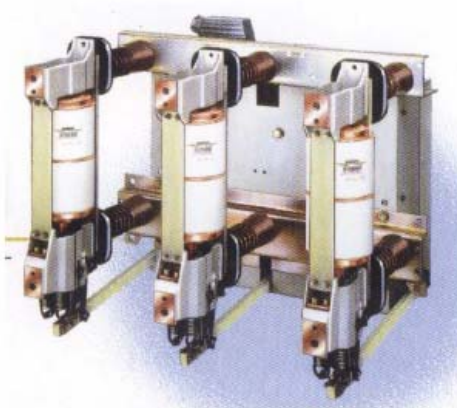
از این کلیدها برای فشار 170KV و جریان قطع 40KA و جریان نامی 4000A نیز ساخته شده فرمان قطع و وصل این کلید معمولاً هیدرولیکی می باشد .

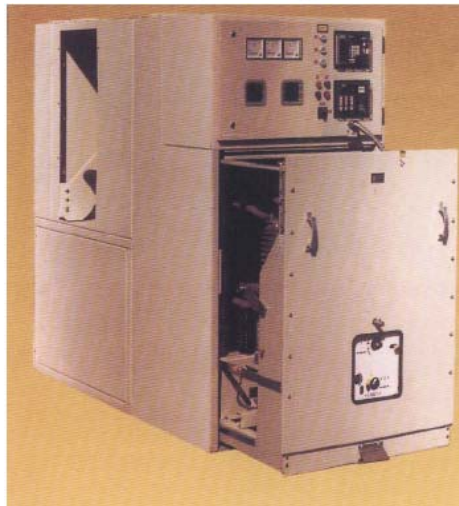
۴-۲-۳-۴) کلید خلاء (VCB-VACUUM CIRCUIT BREKER) :

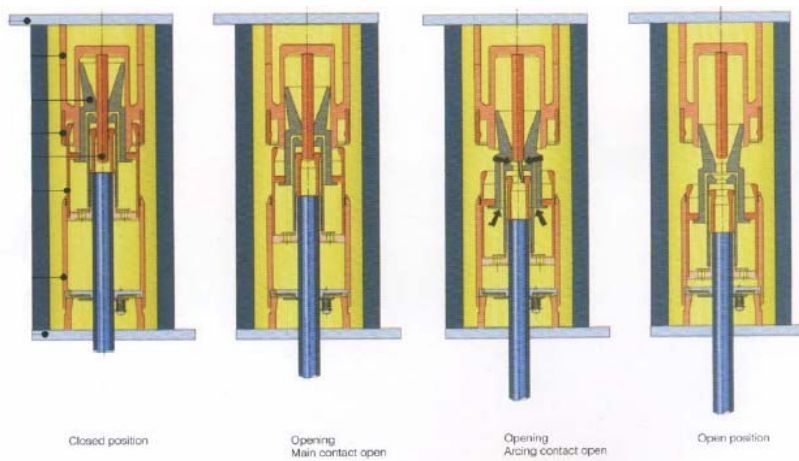
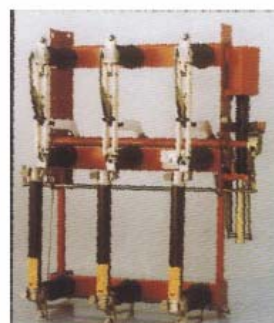
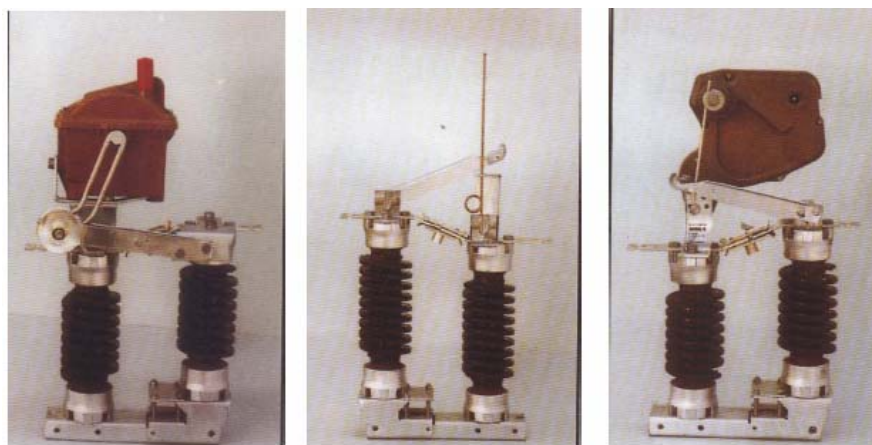
همانطور که میدانیم اصولاً الکترونیهای آزاد (حامل های باردار) باعث هدایت جریان در فلزات و ایجاد قوس الکتریکی در عایق ها می شوند لذا در خلاء کامل چون هیچ عنصری وجود ندارد که حامل الکترونها باشد . باید جدا شدن دو کنتاکت فلزی جریان دار به احتمال قوی بدون ایجاد جرقه انجام شود . زیرا کنتاکت های این نوع کلیدهای فشار قوی در خلاء از هم جدا می شوند . بعلت فشار خیلی کم داخل کپسول کلید (در حدود 10^{-9} Bar) فاصله دو کنتاکت کلید خلاء در حالت قطع برای فشار 30KV خیلی کم و حدود 20 m/m است و زمان جرقه از ۶ میلی ثانیه تجاوز نمی کند .

در ادامه این فصل تصاویری از یک نمونه کلید ۴۰۰۰ ولتی از نوع Vacuum Circuit Breaker نشان داده شده است .









سؤالات فصل چهارم :

- ۱) انواع کلیدهای فشار ضعیف از نوع دستی را نام ببرید .
- ۲) انواع کلیدهای فشار ضعیف از نوع خودکار (اتوماتیک) را نام ببرید .
- ۳) کلید محافظ فشار ضعیف را نام برده و ساختمان آن را تشریح نمایید .
- ۴) کلید خودکار فشار ضعیف از نوع جریان زیاد و بار زیاد را تشریح نمایید .
- ۵) کلید فشار ضعیف مغناطیسی (کنتاکتور) را تشریح نمایید .
- ۶) سه نمونه از کلیدهای فشار قوی را نام ببرید .
- ۷) کلید فشارقوی نوع خلاء را تشریح نمایید .
- ۸) کلید فشارقوی نوع SF6 را تشریح نموده و مزیت استفاده از گاز SF6 را بیان کنید .
- ۹) کلید فشار قوی از نوع روغنی را شرح دهید .

فصل پنجم: آشنایی با انواع کابل‌های فشار قوی و ضعیف

کابل‌های فشار ضعیف و فشار قوی :

کابل‌های موجود در صنایع عموماً به دو دسته کلی فشار قوی و فشار ضعیف تقسیم بندی می شوند با توجه به ولتاژ کارکرد کابل‌های فوق الذکر ، معمولاً کابل‌هایی که جهت مصرف در ولتاژهای تا ۱۰۰۰ ولت استفاده می شوند را کابل‌های فشار ضعیف و کابل‌هایی که برای مصرف در ولتاژهای بالاتر از ۱۰۰۰ ولت طراحی و ساخته می شوند را کابل‌های فشار قوی می نامند .

۵-۱) کابل‌های فشار ضعیف :

برای برق رسانی به نقاط مختلف از سیم‌ها و کابل‌ها استفاده می شود که در ساختمان آنها فلزات هادی جهت حمل جریان برق به نقاط مورد نظر و عایق‌های مناسب به منظور جلوگیری از نشت جریان به نقاط دیگر به کار گرفته می شود .

یک هادی با روکش عایق ، سیم روکش دار یا سیم عایق دار نامیده می شود و در صورتیکه چند هادی عایق بندی شده در داخل یک غلاف مشترک قرار گیرند ، این مجموعه کابل نامیده میشود ، در برق رسانی هوایی از سیم‌های بدون روکش استفاده می شود که سیم لخت نامیده می شوند ، در این قسمت به شرح ساختمان سیم‌های عایق‌دار و کابل‌ها می پردازیم .

از بین فلزاتی که بعنوان هادی در ساختمان سیم‌ها و کابل‌ها مورد استفاده قرار می گیرند مس از همه معمولتر است و معمولاً از مس با درجه خلوص بالاتر از ۹۹/۵ درصد استفاده می شود تا از فعل و انفعالات شیمیایی ناخالصیها جلوگیری بعمل آید .

مس در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد مقاومت مخصوصی برابر $10^{-8} \times 1/724$ اهم بر متر در مقابل جریان مستقیم از خود نشان می دهد ، علاوه بر داشتن مقاومت الکتریکی کم مس در مقابل اثرات جوی مقاوم است و دارای استحکام مکانیکی مطلوب است و به سهولت می توان آنرا به اشکال مختلف درآورد .

فلز دیگری که به این منظور استفاده می شود آلومینیوم است که مقاومت مخصوص آن ۱/۶۵ برابر مس است و وزن مخصوص آن سه برابر کمتر از مس است و قیمت آن نیز کمتر است ولیکن عوامل جوی مانند رطوبت بر روی آن عوامل سوء نظیر خوردگی می گذارد و در اثر اکسید شدن آن اکسید آلومینیوم که جسمی عایق است حاصل می شود و بدلیل استحکام مکانیکی و معایب فوق الذکر معمولاً جهت هادی ها از آلومینیوم کمتر استفاده می شود .

البته در سالهای اخیر برای رفع مشکلات ناشی از حساسیت آلومینیوم به عوامل جوی مانند رطوبت ، سیم‌های آلومینیومی را به جدار نازکی از مس مجهز می کنند . این سیم‌ها سیم‌های آلومینیومی با جدار مس (Copperclad) نام دارند .

برای عایق کردن سیمها و کابلها از کاغذ ، کاغذ آغشته به روغن ، لاستیک طبیعی ، لاستیک مصنوعی و پلاستیک استفاده می شود .

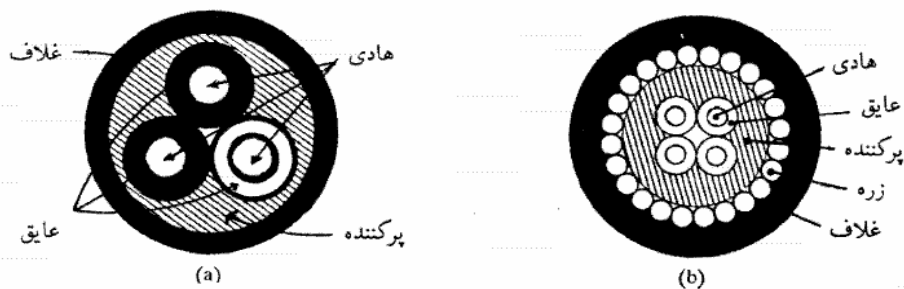
کاغذ اولین عایقی بود که مورد استفاده قرار گرفت و به علت خصوصیات بسیار خوبی که دارد امروزه نیز جزء لاینفک کابل‌های فشار قوی می باشد ولی در فشار ضعیف به علت غیر اقتصادی بودن کمتر استفاده می شود .

لاستیک طبیعی و مصنوعی نیز در عایق بندی کابلها کمتر استفاده می شود زیرا لاستیک به سهولت می سوزد ، در نور آفتاب و گرما ترک می خورد و به سهولت رطوبت جذب می کند .

درسالهای اخیر پلاستیکهای متعددی جهت عایق بندی کابلها استفاده شده که اهم آنها کلروپلی وینیل (P.V.C) می باشد که دارای استحکام مکانیکی خوب و قابلیت انعطاف بوده و به سهولت نمی سوزد و رطوبت جذب نمی کند و لیکن بدلیل آنکه در درجه حرارت بالا نسبتاً کمی ذوب می شود معمولاً در حین کار می بایست درجه حرارت آن از ۷۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند .

کابل‌های فشار ضعیف (تا ۱۰۰۰ ولت) امروزه کلاً با استفاده از هادی مس و عایق PVC ساخته می شوند . در محل‌هایی که خطر ضربات مکانیکی کم باشد از کابل بدون زره و در محل‌هایی که خطر صدمات مکانیکی زیاد است از کابل دارای زره محافظ (آرمر) استفاده می شود .

در شکل ۱-۵ برای نمونه مقاطع دو کابل زره دار و بدون زره نمایش داده شده است .



مقاطع دو کابل سه سیمه (a) بدون زره، (b) با زره محافظ

شکل ۱-۵

به طوریکه در شکل مشخص است هر یک از هادی ها از عایق P.V.C پوشانده شده است ، در شکل هادی ها با مقطع دایره ای نشان داده شده ، لیکن در بسیاری موارد آنها را تقریباً به شکل قطاعی از دایره می سازند که رأس آن در مرکز کابل و قاعده آن به موازات سطح خارجی قرار می گیرد . هادیهای عایق بندی شده به هم تابیده میشوند و در صورتیکه مطابق شکل نمونه دایره شکل باشند با استفاده از پرکننده P.V.C شکل مجموعه را به صورت دایره در می آورند . در صورتیکه هادیها قطاعی اختیار شده باشد مجموعه خود به خود تقریباً دایره شکل میگردد و در این صورت به جای پرکننده آنها را در نوار پلاستیک می پیچند .

در کابل بدون زره با کشیدن غلاف P.V.C به روی کابل کار خاتمه می یابد لیکن در کابل دارای زره محافظ (آرمر) ، به منظور افزایش استحکام مکانیکی زرهی از سیم فولاد گالوانیزه به دور کابل تابیده می شود و سپس غلاف P.V.C روی آن کشیده می شود که غلاف علاوه بر ایجاد استحکام مکانیکی از نفوذ آب به داخل کابل و از اثرات فعل و انفعالیهای شیمیایی بر روی کابل جلوگیری می کند . در کابل با عایق کاغذی که نسبت به رطوبت بسیار حساس است از غلاف فلزی از جنس سرب یا آلومینیوم استفاده می شود .

در کابل‌های چهارسیمی که در شبکه‌های توزیع سه فاز (سه فاز و نوترال) مورد استفاده قرار می‌گیرند نظر به اینکه جریان سیم نوترال معمولاً از جریان فازها خیلی کمتر است سیم نوترال را با مقطعی در حدود نصف مقطع سیم فازها در نظر می‌گیرند.

در استاندارد آلمانی که در ایران معمول شده است ساختمان کابلها با حروف الفباء مشخص می‌شود. در این روش حرف اول جنس هادی را مشخص می‌کند، N علامت مس و NA علامت آلومینیوم است. حرف دوم عایق سیمها را مشخص می‌کند، Y علامت پلاستیک و G علامت لاستیک و در صورتی که حرفی وجود نداشته باشد عایق کاغذی مورد نظر است.

قسمت بعد معین کننده نوع زره می باشد که B مشخص کننده سیمهای فولادی و GB معین کننده سیم فولاد گالوانیزه است، بالاخره قسمت آخر جنس روپوش خارجی را مشخص می کند و در آن A معین کننده الیاف گیاهی (جوت) می باشد در زیر علائم چند کابل ولتاژ ضعیف ذکر گردیده است.

NY Y : کابل با هادی مس ، عایق و غلاف پلاستیک

NA Y Y : کابل به هادی آلومینیوم ، عایق و غلاف پلاستیک

NG G : کابل با هادی مس ، عایق و غلاف لاستیک

NA G G : کابل با هادی آلومینیوم ، عایق و غلاف لاستیک

NY Y GB : کابل با هادی مس ، عایق و غلاف پلاستیک و زره فولاد گالوانیزه .



۵-۲) کابل‌های فشارقوی :

کابل‌های فشارقوی برای فشار الکتریکی از یک کیلو ولت تا ۴۰۰ کیلو ولت جریان متناوب طراحی و ساخته می شوند. چنانچه در آینده انتقال انرژی در محدوده وسیعتری تحت فشار الکتریکی دائم انجام می گیرد، بدون شک ساختمان کابل‌هایی برای فشار الکتریکی تا ۱۲۰۰ کیلو ولت مراحل پیشرفته تری را پشت سر خواهد گذاشت.

طراح و تهیه کابل‌های فشارقوی تقریباً از سال‌های ۱۸۸۰ آغاز گردید و کابل‌های ابتدایی با عایق بندی توسط جوت و گوتا پرشا انجام میگرفت و آنگاه گام بعدی تکامل صنعت کابل‌های فشارقوی برداشته شد که با آن پوششی از لایه نازک سرب بر روی کابل کشیده شده و درز آن تحت فشار بسته شد ساختمان کابل‌های ((کاغذ-روغن)) که در آن کاغذ کابل در روغن غوطه می خورد در ساختمان کابل‌های فشارقوی تنها گامی تکاملی نبود بلکه نقطه عطفی بود که راهگشای ساختن سریع کابل‌های فشارقوی شد.

استفاده از پوشش سربی (غلاف سربی) در کابل‌های فشارقوی ((کاغذ-روغن)) آنرا از نفوذ رطوبت محفوظ نگاه می دارد و اجازه میدهد که کابل‌های فشارقوی برای فشار الکتریکی بیشتر از ۳۰ کیلوولت ساخته شود. همراه با این پیشرفت های تکاملی در صنعت کابل، ساختن کابل‌های فشارقوی و جریان قوی از لاستیک نیز مرسوم شد. عایق بندی کابل بکمک لاستیک در حینی که از قابلیت خمش و نرمش خوبی برخوردار است در مقابل تخلیه ناقص الکتریکی یا تشکیل ازن (Ozon) سخت آسیب پذیر است. بنابراین در مقابل کابل ((کاغذ-روغن)) بسیار کم دوامتر خواهد بود کابل‌های لاستیکی تا فشار الکتریکی ۳۰ کیلو ولت ساخته می شوند. تا سال ۱۹۱۰

کابل‌های تهیه شده طبق استاندارد تا فشار الکتریکی ۱۰ کیلوولت بود، در حالیکه در همین سالها فشار الکتریکی شبکه های هوایی تا حدود ۱۰۰ کیلوولت ارتقاء یافته بود. افزایش ضخامت عایق نشان داد که تنها قادر نیست پاسخگوی فشارهای الکتریکی بزرگ باشد زیرا که افزایش بیش از حد ضخامت سبب سرعت بخشیدن به روند کهنگی و ضعف عایق کابل می شد.

در سالهای ۱۹۲۰ به بعد طی یک سلسله آزمایشات ثابت شد که وجود حبابهای گاز در داخل عایق و تخلیه الکتریکی بر روی سطح کاغذ اثرات بسیار نامطلوبی باقی می گذاشت که در سالهای بعد با بهتر خشک کردن کاغذ و روغن و خلائی کردن آنها توانستند کابل‌های ۳۵ کیلوولتی را تهیه کنند.

تحقیقات و آزمایشات زیادی تا سالهای ۱۹۲۵ در زمینه تهیه کابل برای فشار الکتریکی ۱۱۰ کیلوولت ادامه داشت و به علت وجود حبابهای گاز در داخل کاغذ و بین لایه های کاغذ سرب به نتیجه مطلوب نمی رسید تا از سالهای ۱۹۳۰ به بعد با تهیه کابل‌های روغنی تهیه کابل ۱۱۰ کیلو ولت میسر گردید، در چنین کابل‌هایی کاغذ کابل که از نوع کاغذ کابل ترانسفورماتور بود، با روغنی دارای غلظت کم آغشته شد و در داخل کابل، کانالی برای جریان یافتن روغن تعبیه شد و

در طول کابل در هر ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ متر محلی برای نصب ظروفی محتوی روغن در نظر گرفته شد که فشار داخلی کابل را ثابت نگاه می داشت و از این راه مانع باقی ماندن حبابهای گاز در داخل کابل می شد این فشار در حدود ۳ اتمسفر بود.

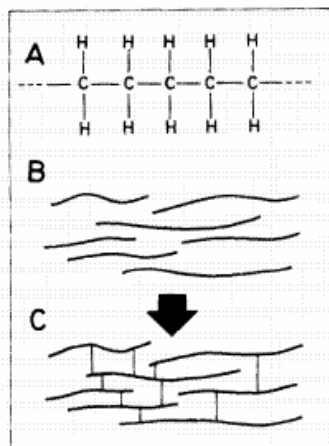
بکار بردن روغن با غلظت کم خود سبب مشکل شدن ساخت کابل ((کاغذ-روغن)) می شد در حالیکه مونتاژ و نصب کابل نیز مشکلتر خواهد بود.

از سال ۱۹۲۸ به بعد نیز تحقیقاتی در مورد بکار گرفتن گاز در عایق‌بندی کابل‌های فشارقوی انجام گردید و نهایتاً تمامی عایق کابل فشارقوی، تحت فشارگازی خنثی قرار گرفت و در سالهای ۱۹۳۰ تا ۱۹۳۲ نمونه هایی از کابل‌های فشارقوی تحت فشار گاز ساخته شد بعلاوه کابل‌هایی با عایق کاغذ میشناسیم که در داخل لوله فولادی قرار میگیرند که تحت فشار گاز و یا روغن واقع شده است.

در سی و پنج سال اخیر تاکنون با طرح و ساختمان کابل‌های از عایق ترموپلاستیک بخش بزرگی از کابل‌های فشارقوی (تا حد ۲۰ کیلوولت) از نوع اخیر تهیه می شود و با تکامل مشخصه حرارتی و الکتریکی این عایقها، چه در نوع پلی وینیل کلراید (P.V.C) و چه در نوع پلی اتیلن آن، امید می‌رود که در آینده کابل‌های ترموپلاستیک جایگزین قسمت مهمی از انواع کابل‌های دیگر شود. با توجه به خواص بسیار خوب الکتریکی ماده پلی اتیلن اقداماتی جهت رفع نقص این ماده که نرم شدن و تغییر شکل آن در درجه حرارت بالا و خواص ضعیف مکانیکی آن بود صورت گرفت.

از سال ۱۹۴۸ این کوششها متمرکز به روی ولکانیزه کردن پلی اتیلن بود تا اینکه در حوالی سال ۱۹۶۰ ماده کراس لینک پلی اتیلن (XLPE) ساخته شد و موجب تحول عظیمی در صنعت کابل‌های فشارقوی گردید.

در شکل ۵-۲ مرحله A ساختمان مولکول پلی اتیلن را نشان می دهد ، مرحله B چگونگی قرارگیری مولکولها در داخل ماده را مشاهده می نمایید در این حالت چون مولکولها آزادی تحرک دارند لذا در درجه حرارتهای بالا ماده به راحتی تغییر شکل می دهد .

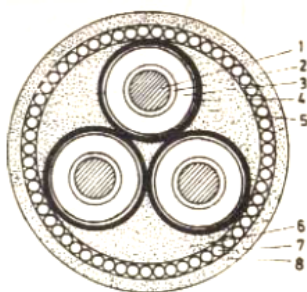


شکل ۵-۲

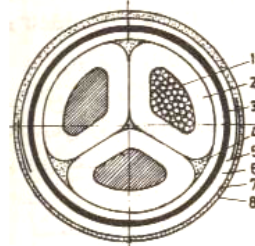
برای جلوگیری از این تحرک و افزایش خواص مکانیکی و حرارتی آن ، مولکولها را در عرض توسط باند شیمیایی به یکدیگر اتصال می دهند (کراس لینک کردن) ، این اتصال سه بعدی مولکولها را در داخل ماده تشکیل شبکه ای فشرده را میدهد (مرحله C) ماده ای را که به این طریق ساخته می شود ، کراس لینک پلی اتیلن می نامند که مخفف آنرا XLPE و یا PEX می نویسند .

ماده XLPE خاصیت ترموپلاستیسیته را از دست می دهد و بخصوص ماده را غیر قابل ذوب می سازد ماده XLPE دارای مقاومت حرارتی ، استقامت مکانیکی و خواص شیمیایی بهتر از پلی اتیلن است .

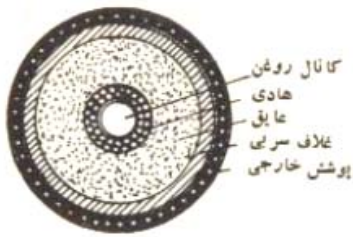
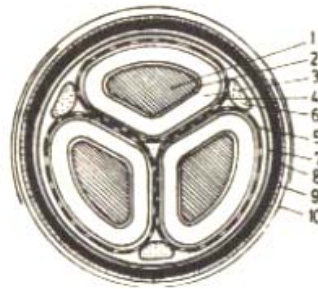
با توجه به مطالب ذکر شده در ادامه تصاویر چند نمونه از انواع کابلهای فشارقوی نشان داده شده است .



کابل سه رشته سه غلافی (کابل زیر آب)
 ۱-هادی با سطح مقطع گرد، ۲-کاغذ نیمه هادی، ۳-عایق دورهادی، ۴-کاغذ نیمه هادی، ۵-غلاف سری، ۶-عایق پرکننده فضای خالی ۷-سیمهای فولادی سفید شده با روی، ۸- پوشش خارجی الیافی



کابل سه رشته قطاعی کمر بندی ۱۰ کیلوولتی ۱-هادی قطاعی، ۲-عایق روی هادی (کاغذ غوطه خورده در عایق مایع) ۳- عایق مشترک (کاغذ غوطه خورده در عایق مایع) ۴- عایقهای پرکننده فضای خالی، ۵- غلاف سری، ۶- کاغذ و الیاف غوطه خورده در عایق مایع، ۷- تسمه به عنوان باند پیچیده شده دور کابل (باند فولادی سفید شده به قطر ۸/۰ میلیمتر) ۸- پوشش عایقی خارجی



کابل ۴۰ کیلوولتی روغنی با کانال روغن درهادی.

کابل قطاعی ۳۵ کیلوولتی که هرهادی دارای پوشش مسی است و هر سه رشته هادی دارای غلاف سربی مشترکی می‌باشند.
 ۱- هادی، ۲- کاغذ نیمه هادی، ۳- نوار کاغذ (کاغذ شوپله خورده درمایع عایق)، ۴- کاغذ نیمه‌هادی، ۵- پوشش مشبک مسی، ۶- عایق پرکننده فضای خالی، ۷- نوار فلزی، ۸- غلاف سربی، ۹- کاغذ شوپله خورده درمایع عایق، ۱۰- نوار فولادی سفیدکاری شده



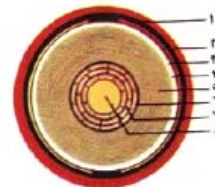
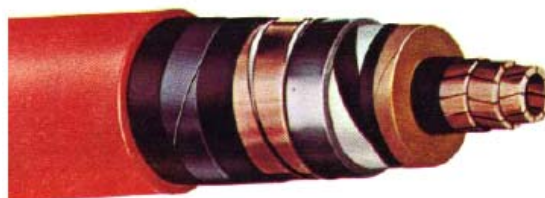
کابل ۶۶ کیلوولتی بین بانوار برنزی خارجی
 ۱ تا ۳ نوار کاغذی، ۴- پوشش سربی، ۵- پوشش هادی شده، ۶- نوار برنزی، ۷- نوار برنزی اکوردلونی، ۸- سیمهای برنزی برای باندریج کابل



کابل ۴۰ کیلوولتی روغنی با لوله‌های ویژه روغن که در فضای خالی زیر عایق کابل تعبیه شده است.



قطعه کابل ۱۱۰ کیلوولتی تحت فشار خارجی



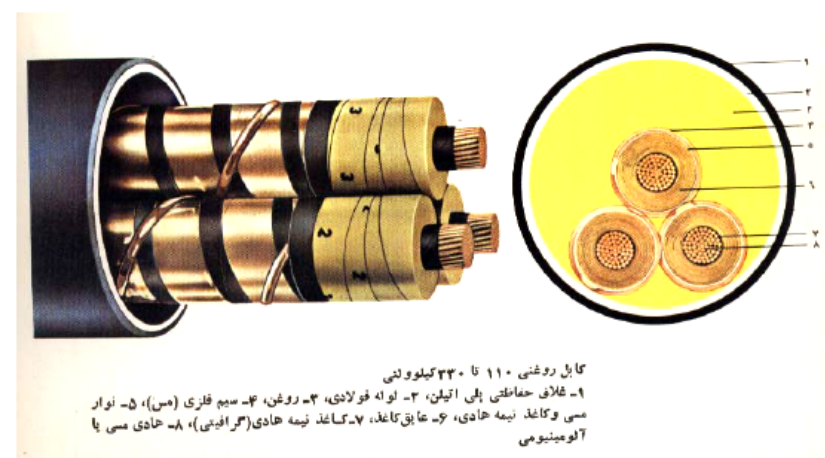
کابل روغنی ۵۰ تا ۳۸۰ کیلوولتی روغنی
 ۱- پوشش حفاظتی با غلاف ترموپلاستیک، ۲- نوار فلزی، ۳- غلاف سربی، ۴- نوار آلومینیومی، ۵- عایق کاغذی، ۶- کاغذ نیمه هادی، ۷- لوله هادی مسی، ۸- کانال روغن



کابل روغنی سه رشته فشاری ۵۰ تا ۶۰ کیلوولتی
 ۱- پوشش حفاظتی باغلاف ترموپلاستیک، ۲- پوشش فولادی، ۳- نوار فیزی، ۴- غلاف سربی، ۵- نوار آلومینیومی و کاغذ، ۶- نوار کاغذی، ۷- کاغذ نیمه‌هادی، ۸- حادی، ۹- روغن



کابل روغنی سه رشته ۳۰ تا ۴۰ کیلوولتی
 ۱- پوشش حفاظتی باغلاف ترموپلاستیک، ۲- غلاف آلومینیومی، ۳- نوار آلومینیوم و کاغذ، ۴- عایق کاغذ، ۵- کاغذ نیمه‌هادی، ۶- حادی، ۷- روغن



کابل روغنی ۱۱۰ تا ۳۳۰ کیلوولتی
 ۱- غلاف حفاظتی پلی اتیلن، ۲- نوله فولادی، ۳- روغن، ۴- سیم فیزی (مس)، ۵- نوار مسی و کاغذ نیمه‌هادی، ۶- عایق کاغذ، ۷- کاغذ نیمه‌هادی (مراغی)، ۸- حادی مسی یا آلومینیومی



کابل ۱۱۰ کیلوولتی جهت فشارمناز
 ۱- پوشش خارجی از پلی اتیلن، ۲- نوله فولادی، ۳- نوار ازت، ۴- سیم مسی حفاظتی، ۵- نوار مسی و کاغذ نیمه‌هادی، ۶- عایق کاغذ، ۷- کاغذ نیمه‌هادی، ۸- حادی از مس یا آلومینیوم.



کابل ۱۱۰ کیلوولتی تحت فشار ساز
 ۱- پوشش خارجی از پلی اتیلن، ۲- فولسه فولادی، ۳- گاز ازت، ۴- غلاف فولادی،
 ۵- نوار مسی، ۶- نوار مسی و کاغذ نیمه هادی، ۷- کاغذ عایق، ۸- کاغذ نیمه هادی، ۹- هادی
 مسی یا آلومینیومی.



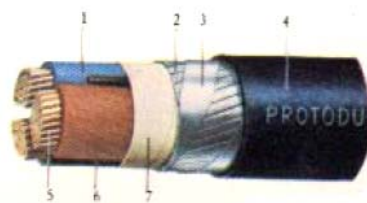
کابل ۱۱۰ کیلوولتی گازی تحت فشار خارجی
 ۱- پوشش خارجی از پلی اتیلن، ۲- فولسه فولادی، ۳- غلاف فولادی، ۴- نوار مسی و
 غلاف نازک عایقی، ۵- غلاف سربی، ۶- نوار آلومینیومی، ۷- عایق کاغذی، ۸- عایق
 پرکننده فضای خالی، ۹- کاغذ نیمه هادی، ۱۰- هادی، ۱۱- گاز ازت.



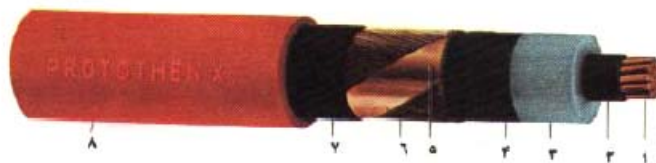
کابل سه رشته آلومینیومی با غلاف مسی و
 نوار دور آن
 ۱- هادی آلومینیومی، ۲- عایق پلی وینیل
 کلرید، ۳- پوشش حفاظتی مسی، ۴- پوشش
 PVC، ۵- عایق پرکننده فضای خالی دور
 رشته‌ها



کابل چهار رشته مسی افشان با پوشش داخلی
 و خارجی از مواد ترموپلاستیک
 ۱- عایق ترموپلاستیک، ۲- پوشش مشترک
 PVC، ۳- هادی مسی، ۴- باند مشترک



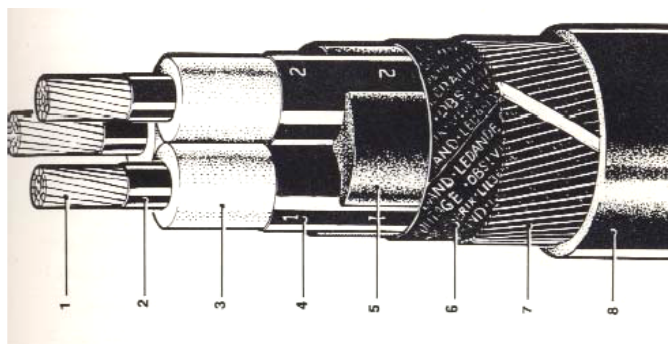
کابل سه رشته مسی افشان با غلاف فولادی و پوشش خارجی ترموپلاستیک
 ۱- عایق PVC، ۲- پوشش فولادی، ۳- نوار فلزی، ۴- غلاف PVC،
 ۵- هادی مسی، ۶- نوار عایقی پرکننده فضای خالی، ۷- نوار مشترک



ساختمان کابل ۳۰ و ۳۰ کیلوولت گراس لینک پلی اتیلن
 ۱- هادی، ۲- نیمه هادی داخلی، ۳- عایق گراس لینک پلی اتیلن، ۴- نیمه هادی خارجی،
 ۵- نوار فرفری، ۶- زره مسی، ۷- نوار، ۸- غلاف خارجی از پی وی سی



کابل سه رشته ۱۰/۱۰/۱۰ با هادی
 قطعی و عایق پلی اتیلن
 ۱- هادی آلومینیومی یا مسی،
 ۲- لایه هادی داخلی، ۳- عایق
 مرکب تهیه شده بر مبنای پلی اتیلن،
 ۴- لایه هادی خارجی، ۵- پوشش
 مشترک خارجی، ۶- پوشش فلزی از
 سیم‌های مسی، ۷- نوار مسی، ۸- لایه
 نازک عایق، ۹- پوشش خارجی از
 پلی وینیل کلراید



کابل ۳۰ کیلوولت ۳ رشته با مقطع ۱۲۰ میلی‌متر مربع
 ۱- هادی گرد پرس شده، ۲- نیمه هادی داخلی، ۳- عایق گراس لینک پلی اتیلن، ۴- نیمه
 هادی خارجی، ۵- برکننده، ۶- نوار، ۷- زره مسی، ۸- غلاف

سوالات فصل پنجم:

- ۱) ساختمان کابل‌های فشار ضعیف را شرح داده و یک نمونه از مقطع کابل فشار ضعیف را ترسیم نمایید.
- ۲) نوع کابل‌های فشار ضعیف با علامت اختصاری زیر را تشریح نمایید.
 NYYGB, NAGG, NAYY, NYY
- ۳) کابل فشار قوی نوع ((کاغذ-روغن)) را تشریح نموده و مقطع یک نمونه از این کابلها را ترسیم نمایید.
- ۴) معایب استفاده از عایق لاستیکی در کابلها را توضیح دهید.
- ۵) مزیت استفاده از ماده XLPE در عایق کابلها را توضیح دهید.
- ۶) مقطع یک نمونه کابل XLPE را ترسیم نمایید.

فصل ششم: آرایش باسها

۱-۶) آرایش باس بارها (شین ها) :

تمام ژنراتورها و ترانسفورماتورها و سیمها و کابلهای یک نیروگاه یا یک تبدیل گاه که ولتاژ مساوی دارند با یک شمش یا یک رسانا بنام شین در هر فاز بهم وصل می شوند در شین تمام انرژی ژنراتورها و یا ترانسفورماتورها و یا هر دو بهم می پیوندند و از آنجا بطور مستقیم با همان ولتاژ و یا بکمک ترانسفورماتور افزایشده یا کاهشده با ولتاژ دیگر بمصرف کننده ها و یا شینهای دیگر هدایت می گردند . لذا میتوان گفت که شین وسیله جمع و پخش انرژی در آن واحد است .

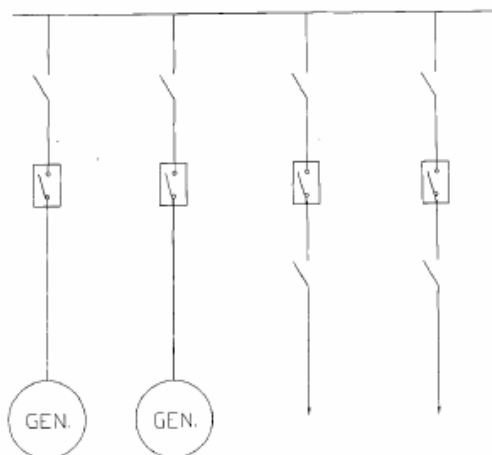
الف) شین ساده

ب) شین چندتایی (شین مرکب)



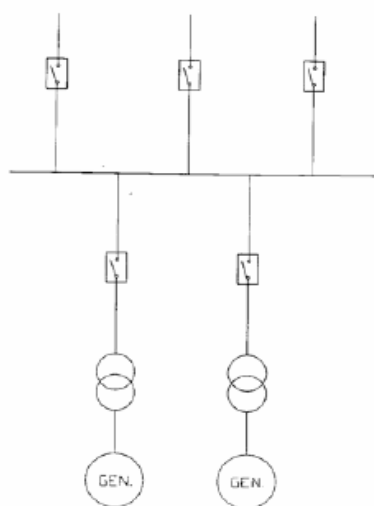
۱-۱-۶) شین ساده

ساده ترین نوع جمع و پخش انرژی شین ساده است . در چنین تأسیساتی به ازای هر فاز یک شین وجود دارد (در شبکه سه فاز سه شین). تمام ژنراتورهای یک نیروگاه به این سه شین بسته میشوند و از همین شین ها برای تغذیه تبدیل گاهها یا مصارف بزرگ استفاده میشود . شکل ۱-۶-۱ شین ساده را با دو ورودی و دو خروجی نشان می دهد . چنانچه دیده می شود در این تأسیسات تقسیم برق با همان ولتاژ ژنراتور صورت گرفته است و هر یک از ژنراتورها و خطوط انتقال انرژی دارای دیژنکتور سه فاز مخصوص به خود می باشند . در ضمن هر یک از کلیدهای قدرت انرژی دارای دیژنکتور سه فاز مخصوص به خود می باشند . در ضمن هر یک از کلیدهای قدرت مربوط به ژنراتور با یک سکسیونر سه فاز به شین ها وصل می شوند تا در موقع قطع ژنراتور بتوان دیژنکتور مربوطه را سرویس و تعمیر نمود . در صورتیکه دیژنکتورها فاقد سکسیونر باشند یکی از قطبهای کلید قدرت که به شین وصل است همیشه ولتاژ شین را خواهد داشت .



شکل ۱-۶-۱

در خطوط انتقال انرژی به همین منظور در هر دو طرف دیژنکتور ، سکسیونر نصب می شود . البته در صورتیکه خط انتقال انرژی کوتاه و یا با انتهای باز باشد (خط شعاعی) در شرایط خاصی میتوان از سکسیونری که به خط انتقال منتهی می شود صرفنظر کرد . حتی در این گونه شبکه ها نیز بخصوص اگر خط انتقال سیم هوایی باشد بهتر است از دو سکسیونر در دو طرف دیژنکتور استفاده شود ، زیرا سیم هوایی اغلب در اثر تأثیرات جوی پتانسیل می گیرد و ممکن است برای اشخاصی که بنحوی با دیژنکتور در تماس هستند خطر برق گرفتگی ایجاد کند . لذا بسیار مناسب است اگر بتوان دیژنکتور تحت سرویس یا دیژنکتوری که به هر علت با آن تماس حاصل می شود ، بطور کامل از شبکه برق خارج کرد . در صورتیکه ولتاژ انتقال بزرگتر از ولتاژ ژنراتور باشد ، به هر ژنراتور یک ترانسفورماتور تعلق می گیرد (شکل ۲-۶) و چون در این حالت ژنراتور و ترانسفورماتور تشکیل یک واحد را می دهند ، لازم نیست که بین ژنراتور و ترانسفورماتور دیژنکتور نصب گردد . بدین جهت فقط طرف فشارقوی ترانسفورماتور مجهز به دیژنکتور میشود این نوع ارتباط ترانسفورماتور - ژنراتور اتصال واحد نامیده می شود . یکی از بزرگترین محاسن اتصال واحدا این است که در موقع اتصال کوتاه شدن شین ، جریان اتصال کوتاه ژنراتورها توسط راکتانس پراکنده ترانسفورماتورها به مقدار قابل ملاحظه ای محدود و کوچک می شود .



شکل ۲-۶

۶-۱-۱-۱) قطع طولی شین :

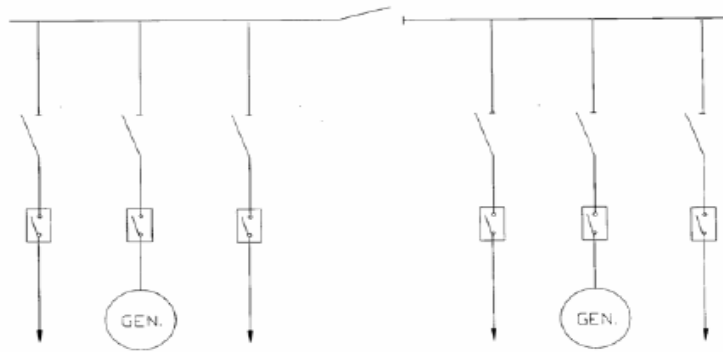
در تأسیسات و نیروگاههای نسبتاً بزرگ که چندین ژنراتور با قدرت زیاد روی یک شین ساده که دارای چند خط خروجی است کار می کنند . علاوه بر اینکه هر اتصال کوتاهی در شین باعث قطع کلیه ژنراتورها و قطع کامل برق می شود . هر اتصال کوتاهی که در هر یک از خطوط خروجی اتفاق می افتد ، سبب عبور جریان اتصال کوتاه بسیار بزرگی میشود که با توجه به اثرات الکترودینامیکی جریان اتصال کوتاه بر شین ها و مقره ها و پایه ها و همچنین بزرگ شدن قدرت قطع دیژنکتورها ، تأسیسات الکتریکی ابعاد بسیار بزرگی پیدا می کند که باعث گران شدن قیمت تأسیسات الکتریکی شبکه فشارقوی می شود . لذا برای جلوگیری از این دو عیب بزرگ شین ساده به قطعات کوچک تقسیم می شود ، بطوریکه هر قطعه شین به یک یا چند مولد و خطوط انتقال تعلق می گیرد . این مقطع کردن شین را تقسیم طولی شین می نامیم . تقسیم طولی شین ها به چند طریق ممکن است :

۶-۱-۱-۱-الف) قطع دائم شین ها :

در قطع دائم شین ها هر قطعه شین شامل مولد و خطوط انتقال مربوط و منحصر به خود می باشد و هیچ وسیله ای برای ارتباط شین ها در این شین بندی پیش بینی نشده است . قطع دائم شینها باعث داشتن ماشین رزر و زیاد و اینکه باید تمام ژنراتورها حتی در موقع کم باری نیز بکار خود ادامه دهند مقرون به صرفه نمی باشد . در ضمن با قطع ژنراتورهای مربوط به یک شین برق خطوط انتقال مربوط به آن شین نیز قطع می شود .

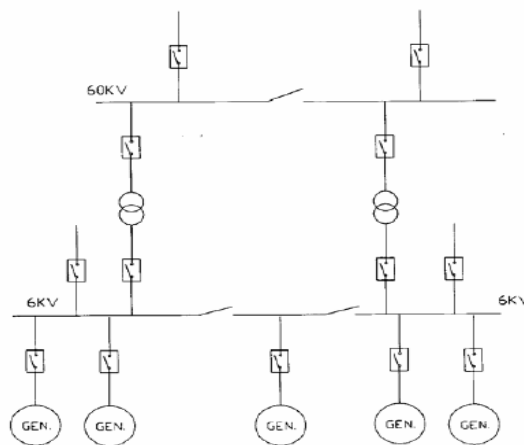
۶-۱-۱-۱-ب) قطع طولی شین ها بوسیله سکسیونر :

در این روش شین توسط یک یا چند سکسیونر به قطعات جدا از یکدیگر تقسیم می شود و در حالت عادی هر کدام از مولدها ، شینهای مربوط به خود را که دارای خطوط انتقال مشخص و معینی است تغذیه می کنند . ولی در موقع کم باری میتوان با بستن سکسیونرها یک یا چند ژنراتور را از مدار خارج کرد ، بدون اینکه برق تعدادی از خطوط انتقال قطع گردد . (مطابق شکل ۳-۶)



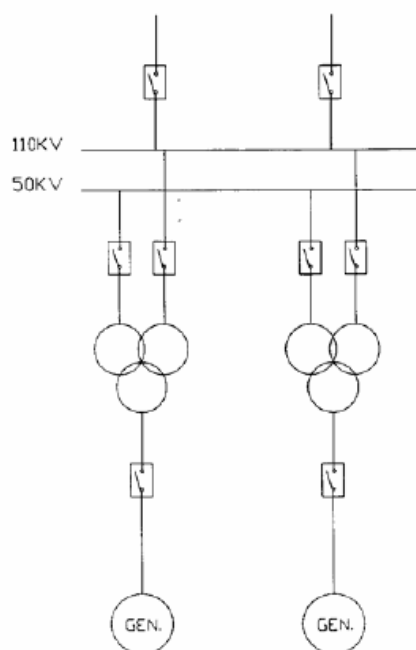
شکل ۳-۶

شکل ۴-۶ شین بندی یک نیروگاه بزرگ را با روش فوق نشان می دهد . چنانچه دیده می شود این نیروگاه شامل یک شین 6kV و یک شین 60kV است . شین 6kV (ولتاژ ژنراتور) مصارف الکتریکی اطراف نیروگاه را تأمین می کند و شین 60kV برای انتقال انرژی به راه تقریباً دور در نظر گرفته شده است . در موقعی که ژنراتورها تقریباً تمام بار می کنند کلید سکسیونرهای طولی باز هستند و مولدها بار مصرف کننده های مربوط به خود را بطور مستقل تأمین میکنند . اگر در همین وضعیت اتصالی در شین یا در یکی از خطوط انتقال بوجود آید جریان اتصال کوتاه به نصف حالتی می رسد (سکسیونر بسته) که تمام ژنراتورها موازی کار کنند .



شکل ۴-۶

در ضمن این نیروگاه دارای یک ماشین رزرو نیز می باشد که بر حسب احتیاج ، به برق شین طرف راست و یا شین طرف چپ کمک می کند .
 در موقعی که بار مصرف کنندگان از قدرت دور ژنراتور تجاوز نمی کند ، میتوان با وصل سکسیونرهای طولی ژنراتورهای اضافی را از مدار خارج کرد .
 هرگاه دو اختلاف سطحی که انتقال داده میشود ، بزرگتر از اختلاف سطح ژنراتورها باشد بهتر است طبق شکل ۵-۶ از ترانسفورماتور سه سیم پیچ استفاده شود . در این حالت باید بین ژنراتور و ترانسفورماتور نیز دیژنکتور نصب گردد تا بتوان در موقع قطع یکی از ژنراتورها مازاد برق یک شین را به روی شین دیگر منتقل کرد .

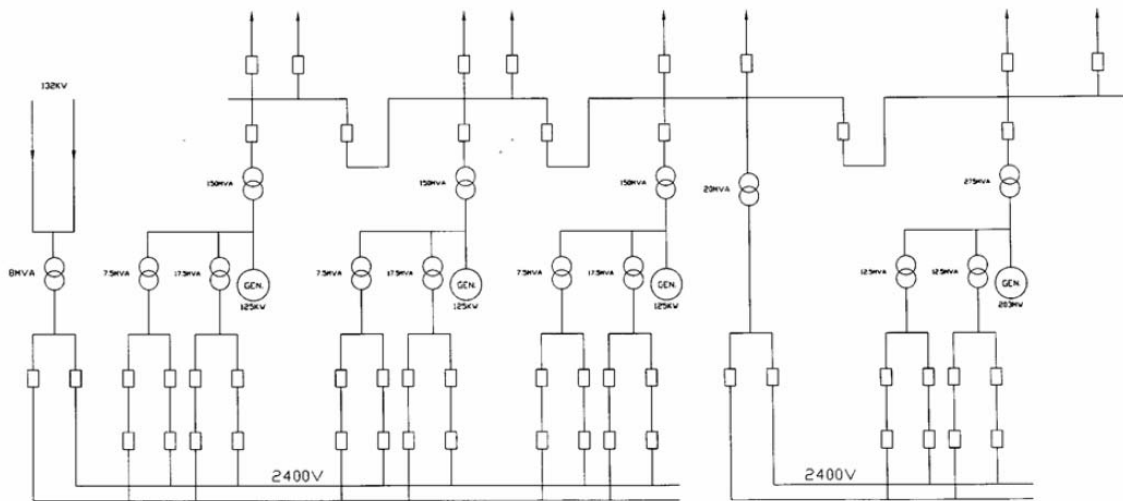


شکل ۵-۶

۶-۱-۱-۲) قطع طولی شین بوسیله دیژنکتور :

در این حالت ارتباط طولی بین شین ها را دیژنکتور برقرار می سازد و یکی از مهمترین تفاوتی که با حالت قبل دارد این است که در موقعی که شین ها بهم مرتبط هستند و یک شین واحد را تشکیل میدهند ، اتصال کوتاه در یک نقطه شین ، باعث قطع تمامی ژنراتورها نمی شود ، بلکه با تنظیم زمان قطع دیژنکتور میتوان ترتیبی داد که فقط قطعه شین اتصالی شده از مدار خارج گردد .

در ثانی چون دیژنکتور قابل قطع و وصل زیر بار است ، برای ارتباط طولی بین شین ها احتیاج به بدون بار کردن شین نمی باشد . شکل زیر ، نیروگاهی را که در آن از شین ساده با قطع طولی توسط دیژنکتور استفاده شده است (شین ۱۳۲ هزارولت) نشان می دهد . در شکل ۶-۶ طرز تأمین مصرف داخلی نیروگاه نیز مشخص شده است .



شکل ۶-۶

۲-۶) شین چند تائی یا شین مرکب :

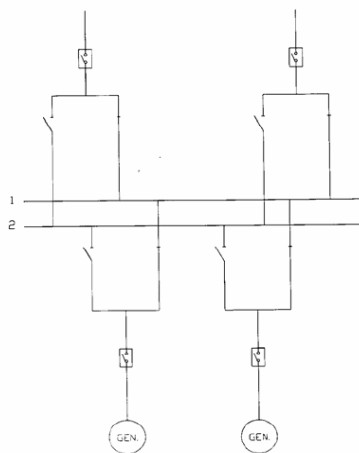
شین ساده که فوقاً به آن اشاره شد دارای معایبی بشرح زیر است :

اول - تمیز کردن مقره ها و متعلقات دیگر شین بدون قطع برق به سادگی ممکن نیست .

دوم - گرفتن انشعاب جدید از شین ساده بدون قطع برق امکان پذیر نیست . بعبارت دیگر توسعه شبکه برق فقط با قطع برق ممکن است .

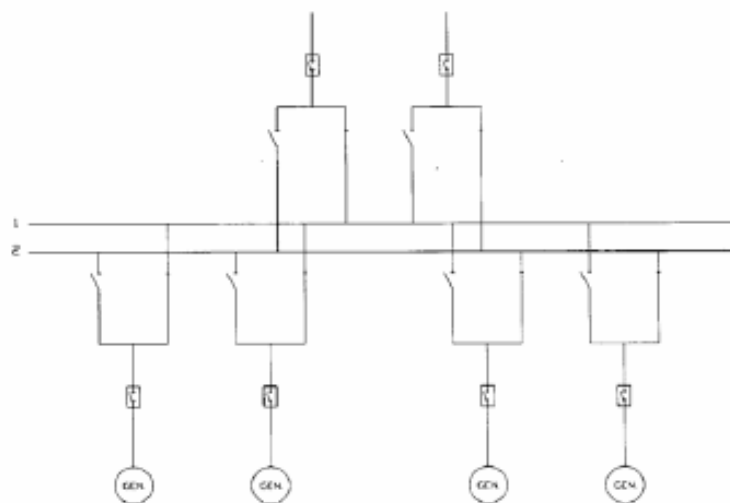
سوم - خراب شدن دیژنکتور هر یک از سیمهای انتقال انرژی باعث قطع برق آن خط میشود برای برطرف کردن معایب فوق امروزه در نیروگاهها و تبدیل گاههای مهم از شین مرکب استفاده می شود . ساده ترین و متداولترین نوع شین مرکب ، شین دابل است . در سیستم شین دابل (دوشین به ازای هر فاز) معمولاً یک شین زیر بار است و شین دیگر بعنوان رزرو بکار گرفته می شود . در شکل زیر شین I زیر بار است و شین II رزرو می باشد .

ارتباط خطوط ورودی و خروجی با هر یک از شینها بکمک یک سکسیونر برقرار می گردد . لذا در حالت کار عادی شبکه ، نیمی از سکسیونرها باز و نیم دیگر بسته هستند . (در شکل ۶-۷ سکسیونرهای مربوط به شین I بسته و سکسیونرهای مربوط به شین II باز هستند) . در موقع تعویض بار از یک شین به شین دیگر ، مثلاً بخاطر تمیز کردن مقره های شین I و یا بخاطر گرفتن انشعاب جدید از شین ها ، سکسیونرهای مربوط به شین II را می بندیم و سکسیونرهای مربوط به شین I را باز می کنیم .



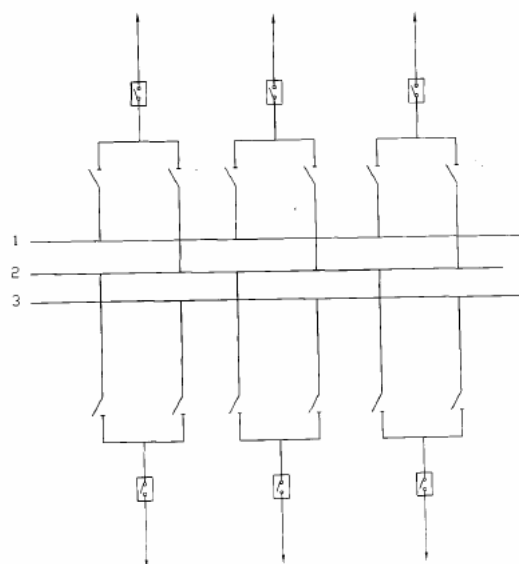
شکل ۶-۷

در ضمن در سیستم شین دوپل می توان در یک حالت کاملا استثنایی از هر دو شین در آن واحد نیز استفاده کرد و ژنراتورها و مصرف کننده ها را روی این دو شین تقسیم کرد . مثلا در شکل ۸-۶ دو ژنراتور و یک خط انتقال انرژی به روی شین I و دو ژنراتور و یک خط خروجی روی شین II بسته شده است و چنانچه دیده می شود ، در این حالت شین دوپل بصورت شین ساده ای در آمده که در طول به دو قسمت شده باشد . این جداکردن خطوط خروجی در ضمن اینکه بطور مؤثر باعث کوچک شدن جریان اتصال کوتاه میشود ، این امکان را هم به ما می دهد که ولتاژ هر خط را متناسب با افت ولتاژ در همان خط تنظیم کنیم .



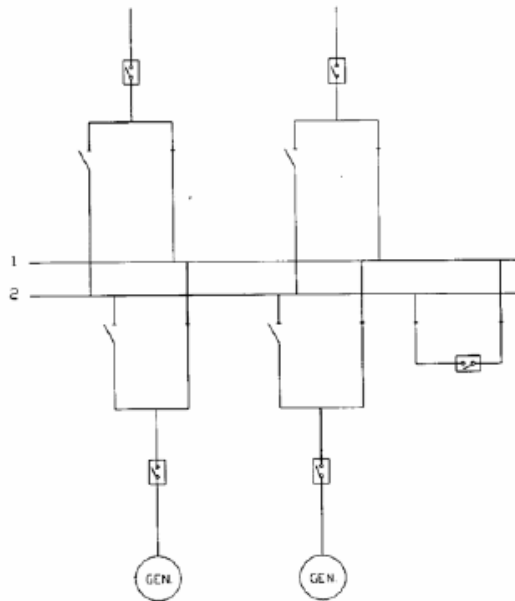
شکل ۸-۶

در ضمن میتوان شین دوپل را طوری نصب کرد که یکی از شینها به شکل نعل شین دیگر را احاطه کند (شکل ۹-۶) این روش بیشتر در شبکه محصور بکار برده می شود زیرا علاوه بر اینکه فضای کمتری احتیاج دارد ، این امکان را هم به ما می دهد که از هر دو طرف شین انشعاب گرفته شود .



شکل ۹-۶

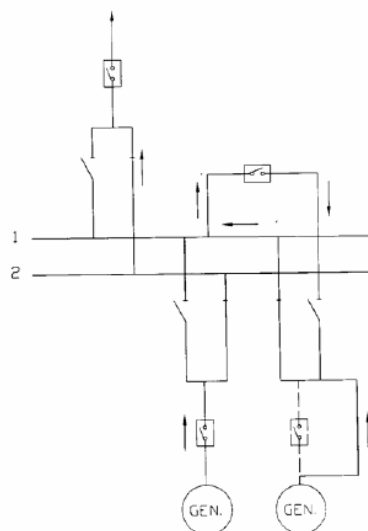
باید توجه داشت که قطع و وصل سکسیونرها همانطور که گفته شد کاملاً بدون بار انجام گیرد. لذا در موقع تبدیل بار از یک شین به شین دیگر باید کاملاً مطمئن بود که شین تازه وارد با وصل اولین سکسیونر جریان نمی کشد. از این جهت است که در سیستم شین دابل ارتباط دو شین بوسیله یک کلید قدرت به نام کلید کوپلاژ (کوپلاژ عرضی) انجام می گیرد (شکل ۶-۱۰)



شکل ۶-۱۰

لذا برای تبدیل بار از یک شین به شین دیگر اول مرتبه کلید کوپلاژ را که از یک دیژنکتور و دو سکسیونر تشکیل شده می بندیم و سپس سکسیونرهای باز را بسته و سکسیونرهای بسته را باز میکنیم و در پایان عمل کلید کوپلاژ باز میشود.

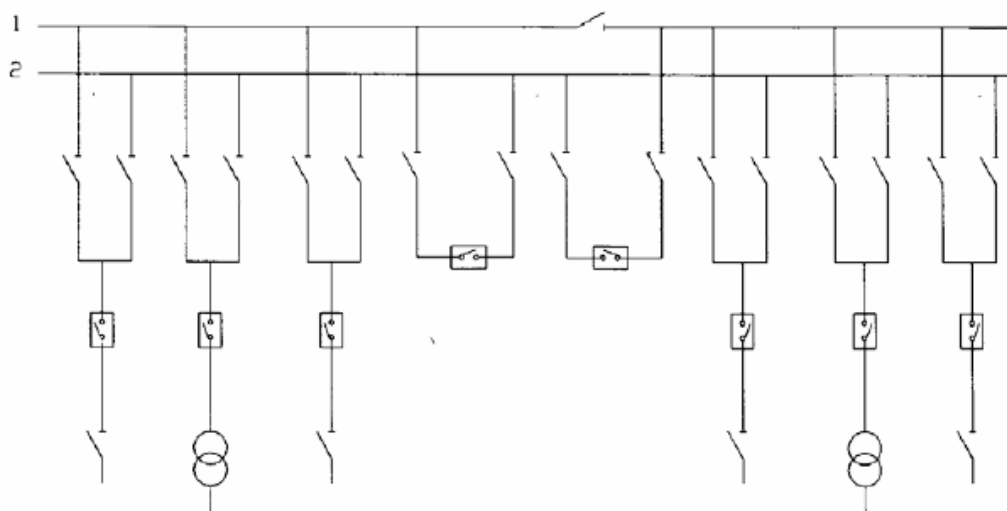
چنانچه دیده میشود با بکاربردن این روش به هیچ وجه سکسیونرها زیر بار قطع و وصل نمی شوند. در ضمن میتوان کلید کوپلاژ را برای مدتی جانشین یکی از دیژنکتورهای خراب شده کرد و برق مصرف کننده را حداقل تا مدتی که ضرورت داشته باشد تامین کرد. (شکل ۶-۱۱) این حالت را برای موقعی که دیژنکتور ژنراتور سمت راست خراب شده است نشان می دهد.



شکل ۶-۱۱

همانطور که در شکل ۱۱-۶ مشخص شده با اتصال کوتاه کردن دیژنکتور و بستن مدار کوپلاژ انرژی ژنراتور از طریق کلید کوپلاژ به شین زیرین منتقل می شود و دیژنکتور مدار کوپلاژ حداقل تا موقعی که کار کردن هر دو ژنراتور ضروری است حفاظت ژنراتور را به عهده میگیرد و در موقعی که یک ژنراتور بتواند به تنهایی مصرف برق شبکه را تأمین کند، ژنراتور سمت راست از مدار خارج می شود و کلید دیژنکتور آن تحت تعمیر یا تعویض قرار می گیرد. البته باید متذکر شد که فقط در صورتیکه تمام ژنراتورها و خطوط انتقال روی یک شین بسته شده باشند، میتوان از دیژنکتور کوپلاژ بعنوان رزرو کلید دیگر استفاده کرد.

با توجه به اینکه در سیستم شین دابل بطور کلی و در شرایط عادی فقط از یک شین استفاده میشود، لذا براساس آنچه که در شین ساده به آن اشاره شد برای کوچک کردن جریان اتصال کوتاه و بخاطر اینکه هر اتصال کوتاهی در شین باعث قطع کامل برق نیروگاه نشود، باید بخصوص در نیروگاههای با ژنراتورهای متعدد و قدرت بزرگ که دارای شین دابل می باشند، نیز از قطع طولی شین استفاده شود شکل ۱۲-۶ شین دابل با قطع طولی در یک شین را نشان می دهد.

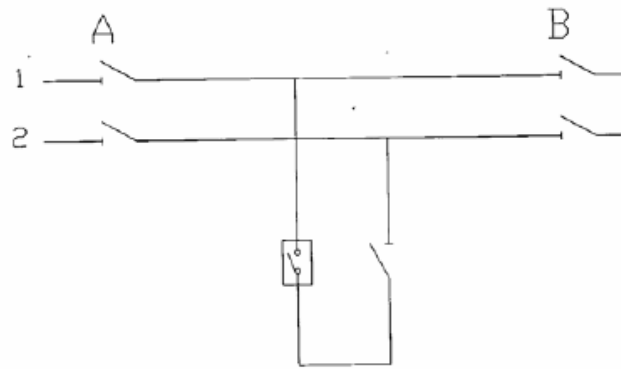


شکل ۱۲-۶

(شین بالایی شین اصلی و شین زیرین رزرو است) چنانچه دیده می شود در این حالت (قطع طولی) هر یک از قطعه شین ها دارای یک کلید کوپلاژ مخصوص بخود می باشد. در صورتیکه هر دوشین مقطع باشند، کوپله کردن و ارتباط دادن قطعات مختلف شین ها به یکدیگر (طولی-عرضی-مورب) حالتها و امکانات مختلفی را پدید می آورد و بر حسب اینکه چه نوع کوپلاژی و چه نوع ارتباطی مورد نظر باشد، کلید کوپلاژ مدار خاصی را پیدا می کند.

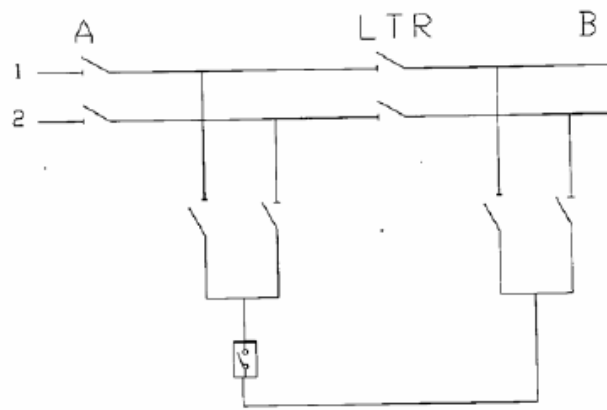
اشکال زیر مدارهای مختلف کلید کوپلاژ را نشان می دهد :

توسط مدار کوپلاژ شکل ۶-۱۳ فقط کوپلاژ عرضی شین I و II برای هر یک از قطعات شین B . A ممکن است .



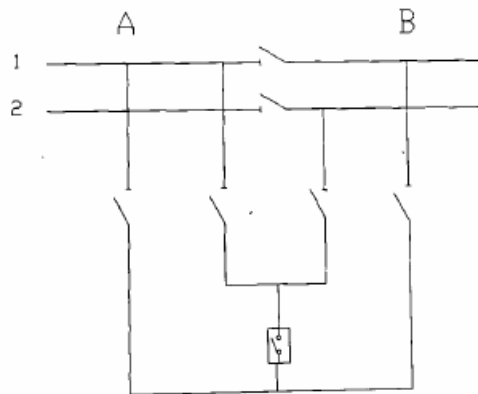
شکل ۶-۱۳

توسط مدار کوپلاژ شکل ۶-۱۴ اولاً میتوان شین های A,B را بهم وصل کرد (کوپلاژ طولی) درثانی با استفاده از سکسیونرهای طولی LTR شین های I و II نیز بهم وصل می شوند. (کوپلاژ عرضی)



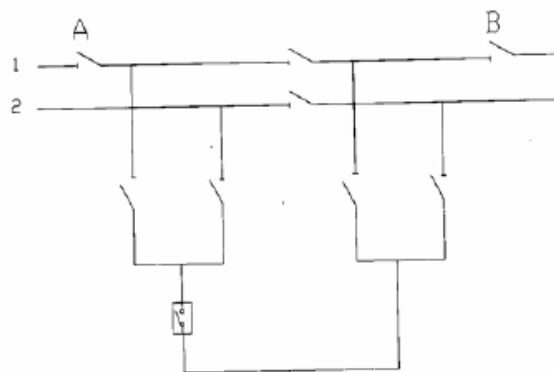
شکل ۶-۱۴

توسط مدار ۶-۱۵ کوپلاژ طولی و عرضی بین شین ها امکان پذیر است ولی امکان اتصال مورب موجود نیست . یعنی نمیتوان قطعه شین AI را به قطعه شین BII وصل کرد .



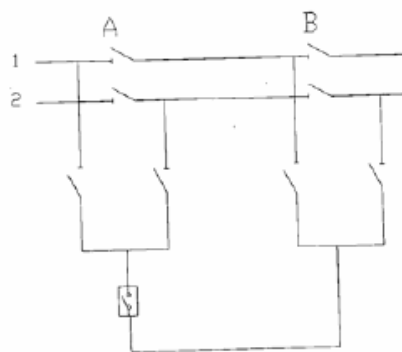
شکل ۶-۱۵

با مدار شکل ۶-۱۶ میتوان شین های A,B را کوپله کرد (کوپلاژ طولی و مورب) ولی کوپلاژ عرضی فقط با بستن کلید سکسیونر طولی شین II میسر می شود.



شکل ۶-۱۶

با مدار شکل ۶-۱۷ میتوان بدون وصل کردن شین های A,B انواع و اقسام کوپلاژها (عرضی، طولی و مورب) را انجام داد.



شکل ۶-۱۷

سؤالات فصل ششم :

- ۱) شین ساده را توضیح دهید .
- ۲) طریقه ارتباط ترانسفورماتور و ژنراتور به صورت اتصال واحد را توضیح داده و شکل آن را ترسیم نمایید .
- ۳) روش قطع طولی شین ها توسط سکسیونر را توضیح داده و شکل آن را ترسیم نمایید .
- ۴) روش قطع طولی شین ها توسط دیژنکتور را توضیح داده و شکل آن را ترسیم نمایید .
- ۵) معایب استفاده از شین ساده را بیان نمایید .
- ۶) دو نمونه از شین های مرکب را تشریح نموده و شکل آنها را ترسیم نمایید .

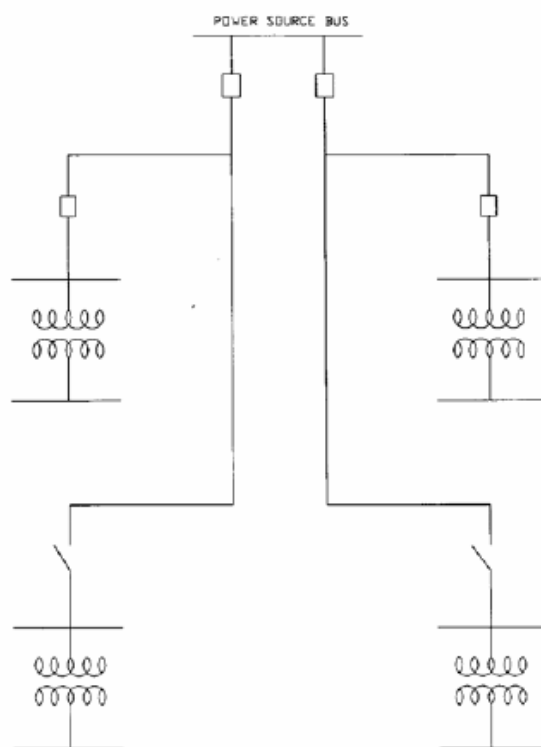
فصل هفتم: تشریح شبکه برق در کارخانه

تشریح شبکه توزیع برق در کارخانه :

عموماً شبکه توزیع برق در کارخانجات صنعتی بر سه نوع می باشد که در زیر شرح داده می شود.

۱-۷) سیستم های شعاعی :

سیستم شعاعی ساده ترین و عمومی ترین نوع مورد استفاده سیستم های توزیع می باشد. از فیدر اولیه اصلی فیدرهای دیگری منشعب میشود که به نوبه خود به چند زیر فیدر می رسند و ترانسفورماتور را تغذیه می کنند.

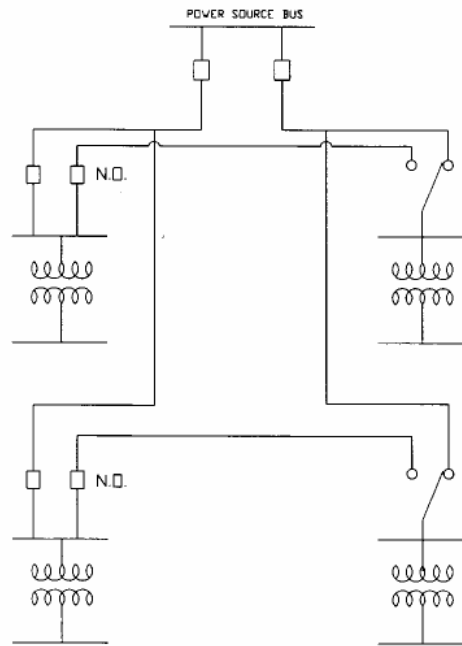


شکل ۷-۱

معمولاً انشعابات فرعی از طریق فیوز به مدارهای فشار توسط اصلی متصل می شود، به طوریکه اتصالی در انشعابات فرعی، نمی تواند باعث قطع در سراسر فیدر تغذیه شود. اما اگر اتصالی در روی فیدر اصلی باشد، کلید پست عمل کرده و کل خط بی برق می ماند. این مسأله در صورتی که فیوز خط فرعی هم عمل نکند پیش می آید.

البته برای پایین نگه داشتن وسعت و مدت قطعی برق، تجهیزاتی مانند سکسیونر در نظر گرفته می شود. مدار فیدر اولیه سه فاز سه یا چهار سیمه و مدار فیدر فرعی سه فاز یا تکفاز است. قابلیت اطمینان فیدرهای شعاعی کم است.

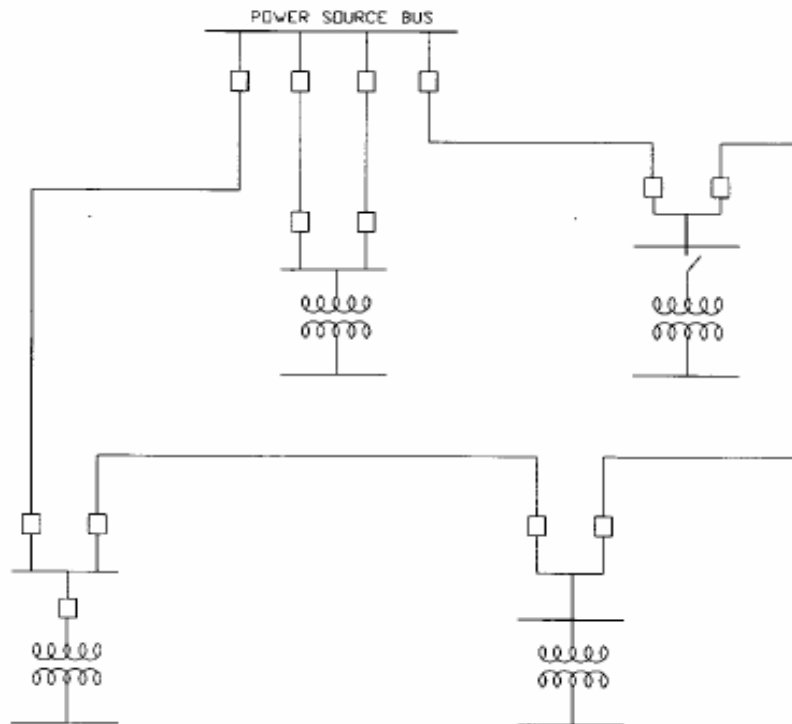
قطع طولانی برق بیمارستانها ، تأسیسات نظامی و دیگر مصرف کننده های حساس قابل تحمل نمی باشد . در چنین شرایطی فیدر دوم پیش بینی می شود که گاهی در مسیر جداگانه قرار میگیرد تا از منبع دیگری تغذیه شود . یک کلید Chang Over جهت تغذیه تعبیه می شود .



شکل ۷-۲

۷-۲) سیستمهای حلقوی :

این سیستم ها امکان تغذیه از دو سو برای مصرف کننده ها را فراهم می کند. سیستم حلقوی میتواند به صورت باز یا بسته باشد .

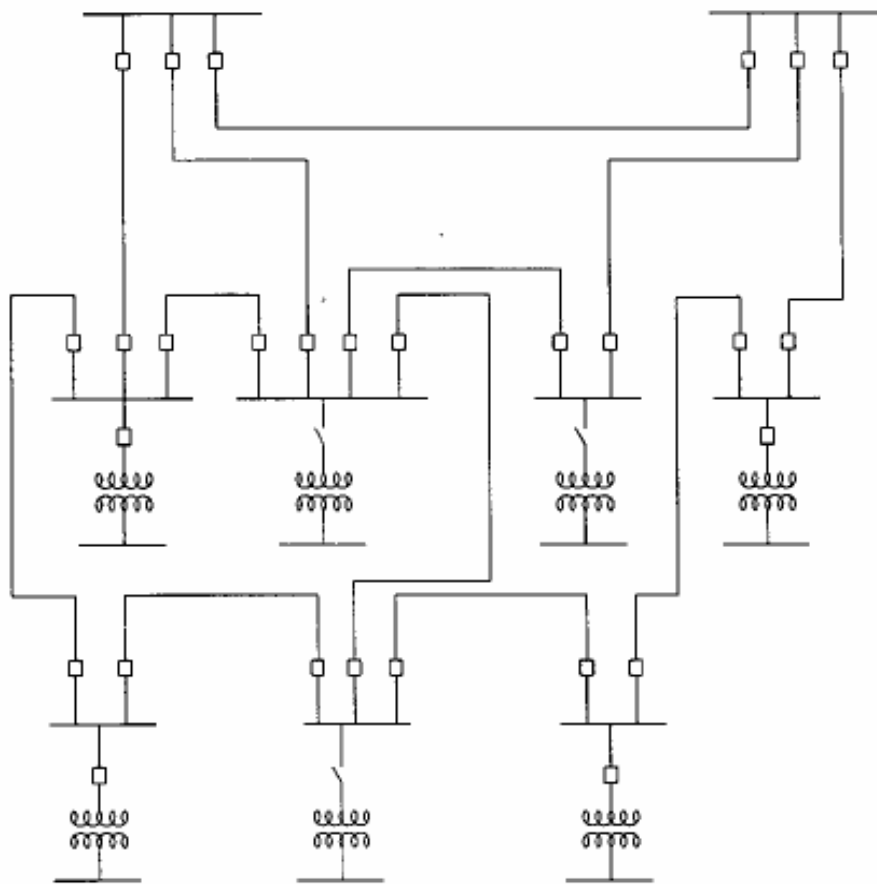


شکل ۷-۳

یکی از دژنکتورها معمولاً باز است و وقتی اتصال کوتاهی صورت می گیرد می توان توسط آن کلید سیستم را برقرار کرد . در صورتیکه درجه بالاتری از قابلیت اطمینان مورد نظر باشد . فیدر حلقوی به صورت بسته بهره برداری می شود .

۳-۷) سیستم غربالی (شبکه ای) :

سیستم غربالی سیستمی متشکل از فیدرهای به هم پیوسته ای است که از چند پست تغذیه میشوند . هر خوراننده برای داشتن کمترین بار قطع شده در موقع بروز عیب در فیدر ارتباط ، دو کلید وابسته در دو سر دارد . بطور کلی ، اتلاف سیستم غربالی بسیار بالاتر از آرایشهای حلقوی و شعاعی است ، هر چند که طراحی و بهره برداری آن دشوارتر است .



شکل ۴-۷

این نوع سیستم ، سیستمهای معمولی و تغذیه کننده های طولانی فشار متوسط اصلی را حذف کرده و آنها را با تعداد زیادی از سیستمهای کیوسکی جایگزین نموده است .

سوالات فصل هفتم :

- ۱) انواع شبکه های توزیع برق در کارخانه را نام ببرید .
- ۲) شبکه توزیع برق شعاعی را شرح داده و یک نمونه از آن را ترسیم نمایید .
- ۳) شبکه توزیع برق حلقوی را شرح داده و یک نمونه از آن را ترسیم نمایید .
- ۴) شبکه توزیع برق غربالی را شرح داده و یک نمونه از آن را ترسیم نمایید .

فصل هشتم: نحوه حفاظت شبکه برق

نحوه حفاظت شبکه برق :

در شبکه های برق به دلیل آنکه اجرا و نصب تجهیزات مربوطه بسیار پر هزینه می باشد و همیشه احتمال وقوع حوادث و اتصال کوتاه های ناخواسته ای به اشکال مختلف در هر شبکه ای وجود دارد می بایست نسبت به جلوگیری از آسیب دیدن این تجهیزات در حوادث و اتصال کوتاه ها چاره ای اندیشید که این مهم در صنعت از طریق دستگاه هایی به نام رله های حفاظتی صورت می گیرد که در واقع کار رله حفاظتی عمل کردن به موقع در زمان وقوع خطا بر روی شبکه و صدور فرمان قطع به نزدیکترین کلید و قطع نمودن ارتباط محل عیب با دیگر قسمت های شبکه جهت جلوگیری از آسیب دیدن دیگر تجهیزات می باشد .

بسته به نوع خطایی اتفاق افتاده در هر شبکه و اهمیت درجه حفاظت آن از انواع رله های حفاظتی به اشکال مختلف در شبکه استفاده می شود که در زیر مهمترین انواع رله های حفاظتی آمده است .

۸-۱) رله Overcurrent

می تواند به صورت Primary یا Secondary انتخاب شود . یعنی با فشار متوسط قرار بگیرد یا در شبکه LV قرار داده شود و با استفاده از CT خطا را بفهمد . البته رله های جریانی به صورت رله خطای بار ، رله Inverse , Very Inverse و یا ترکیبی از اینها استفاده می شوند .

۸-۲) رله های Under & Over voltage

که جهت تغییرات ولتاژ شبکه فشار متوسط به کار می روند . البته نوع Under Voltage مورد استفاده زیادتری دارد . این رله ها می توانند به صورت سه فاز یا تکفاز مورد استفاده قرار گیرند .

۸-۳) رله های حفاظتی دیفرانسیل

که معمولاً جهت حفاظت ترانسفورماتور استفاده می شوند . این رله ها با استفاده از دوست CT تغذیه می شوند و می توانند خطا را تشخیص دهند . البته گاهی اوقات برای فیدرهای موتوری با توان بالا نیز رله دیفرانسیل استفاده می شود .

۸-۴) رله Earth Fault

جهت خطای زمین مورد استفاده قرار می گیرند . این رله ها معمولاً در هر فیدر فشار متوسط به کار می روند . نوعی از این رله ها که حساس به جریان نشتی زمین است نیز مورد استفاده قرار

می گیرد (Earth Leakage Relay) و اساس آن جمع جریان فیدرهاست که اگر صفر نبود دستور عمل کرد را صادر می کند .

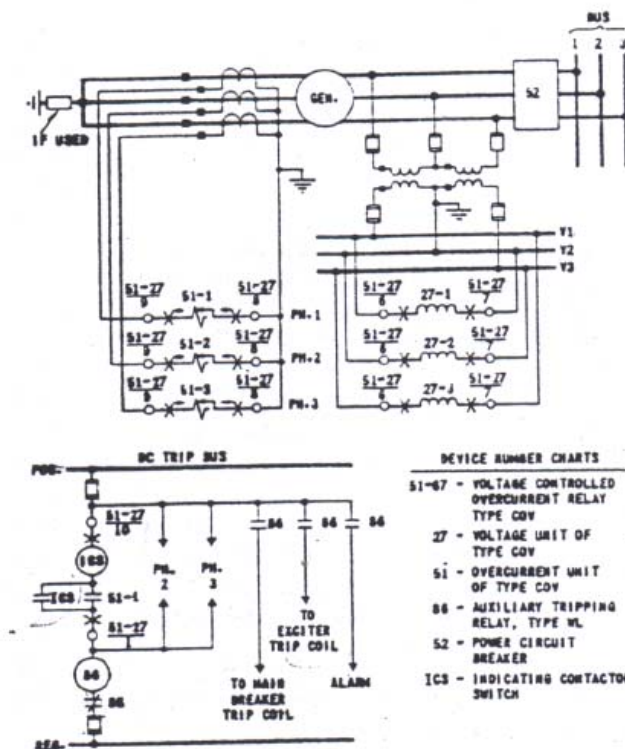
علاوه بر رله های نامبرده که به طو رعام در فیدرها و خطوط فشار متوسط استفاده می شوند رله های دیگر نیز مانند Synchrochek و MPR و مورد استفاده های خاص قرار می گیرند .

رله های فوق الذکر از نظر ساختمان داخلی در انواع مغناطیسی ، الکترونیکی و میکروپروسسوری ساخته می شوند

همچنین در خصوص ژنراتورها نیز به دلیل اهمیت و نقش حیاتی که در یک شبکه برق دارند حفاظت های خاصی را در نظر می گیرند که در ادامه جهت آشنایی با انواع این حفاظتها مدارات تک خطی به طور خلاصه آمده است.

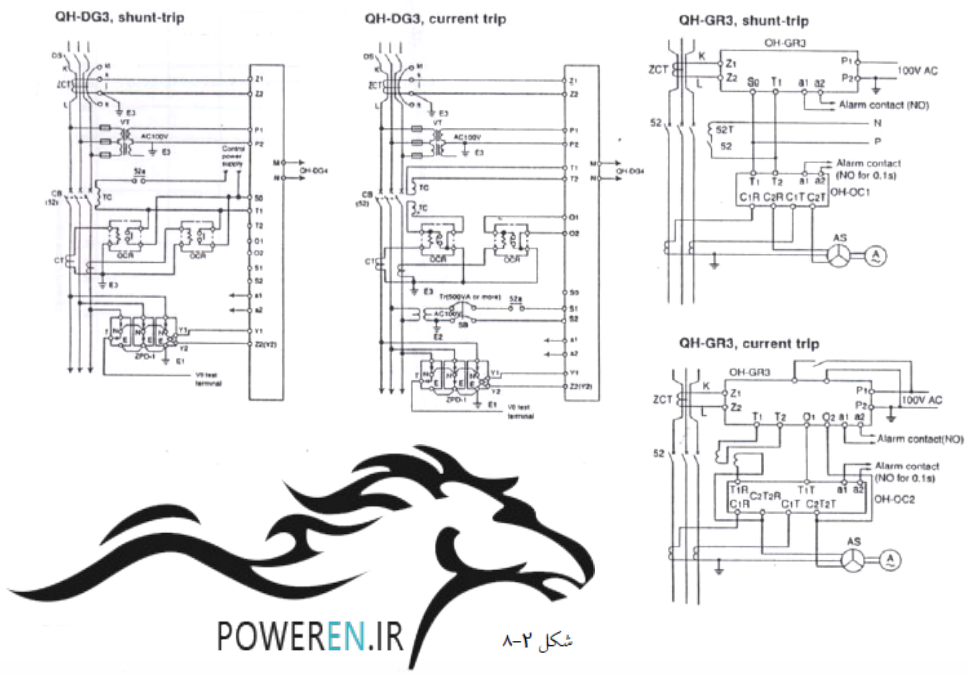
۱) رله کنترل ولتاژ و اضافه جریان :

در شکل ۸-۱ نقشه مدار تک خطی رله کنترل ولتاژ و اضافه جریان که وظیفه حفاظت یک ژنراتور در مقابل افزایش ولتاژ و یا جریان را بر عهده دارد آمده است .



۲) رله اضافه جریان :

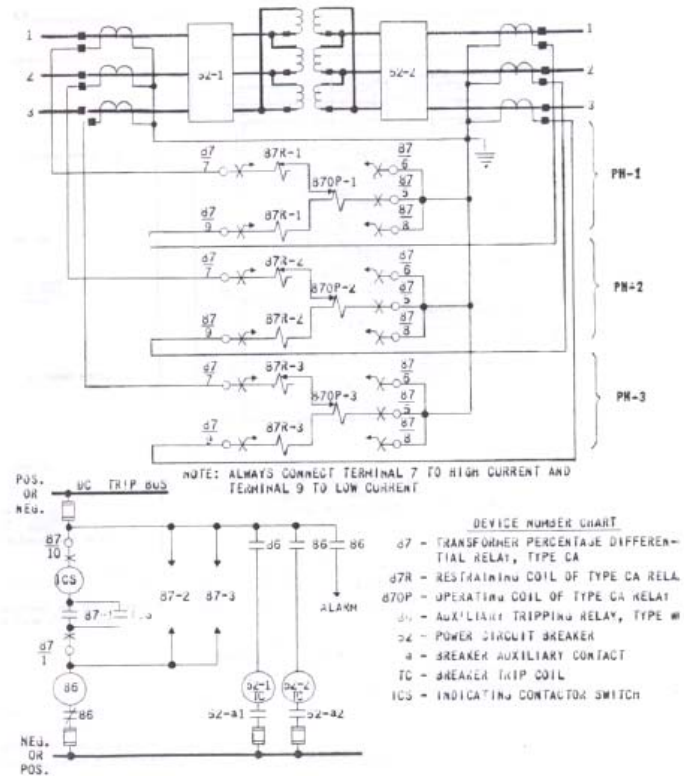
در شکل ۸-۲ نقشه مدار تک خطی یک نوع رله اضافه جریان که وظیفه حفاظت شبکه در مقابل افزایش بیش از حد جریان را بر عهده دارد آمده است .



شکل ۲-۸

۳) رله دیفرانسیل :

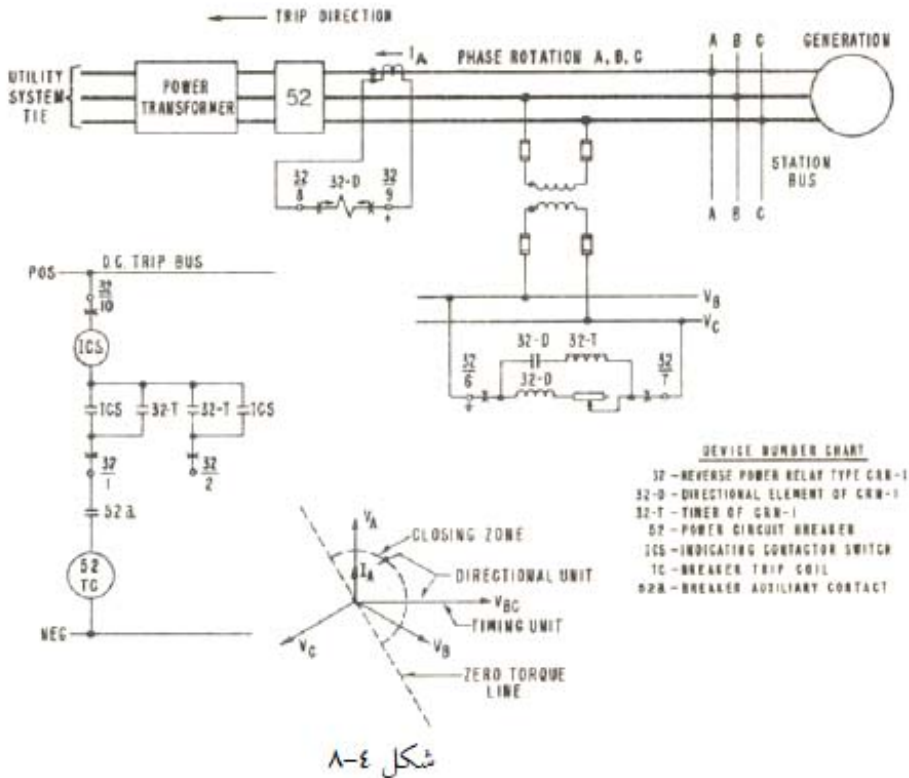
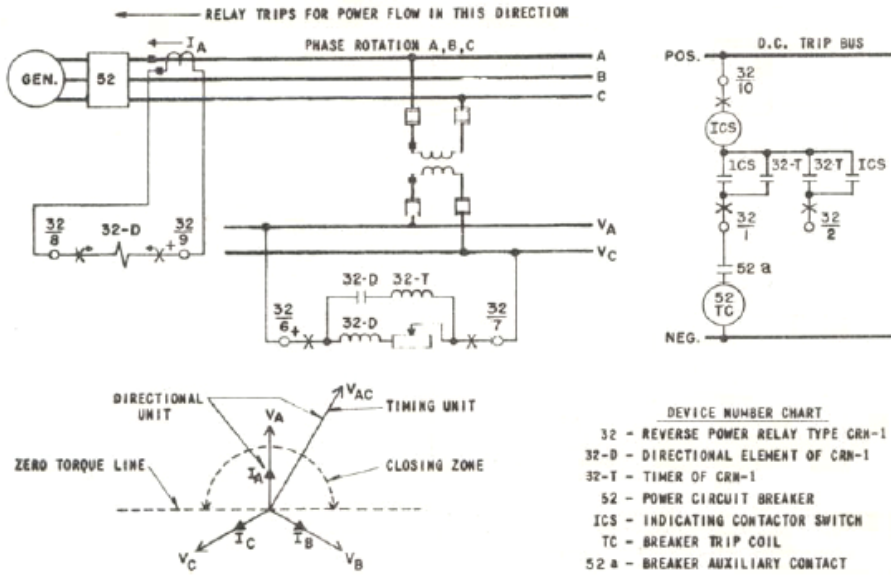
رله های دیفرانسیل در خصوص حفاظت ژنراتورها ، ترانسفورماتورها و بعضاً در مورد کابلهای باس بارها بکار می روند و وظیفه حفاظت محدوده عملکرد خود را در مقابل اتصال کوتاه های فاز به زمین و یا فاز به فاز و یا دو فاز به یکدیگر را بر عهده دارند .
 در شکل ۳-۸ یک نمونه از مدار تک خطی حفاظت ترانسفورماتور و حفاظت ژنراتور توسط رله دیفرانسیل آمده است .



شکل ۳-۸

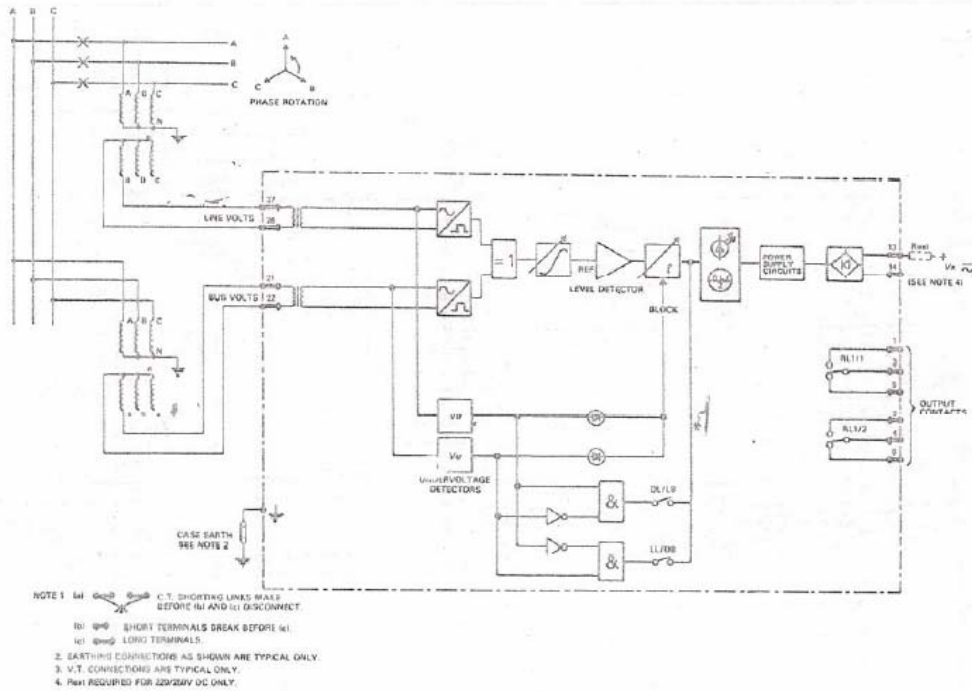
(۴) رله برگشت توان :

رله های نوع Revers Power وظیفه حفاظت ژنراتور و یا در بعضی مواقع ترانسفورماتور و خط را در مقابل برگشت توان (تغییر جهت مسیر جریان) را بر عهده دارند در شکل ۸-۴ یک نمونه از این رله ها جهت حفاظت ژنراتور آمده است .



۵) رله سنکرون چک :

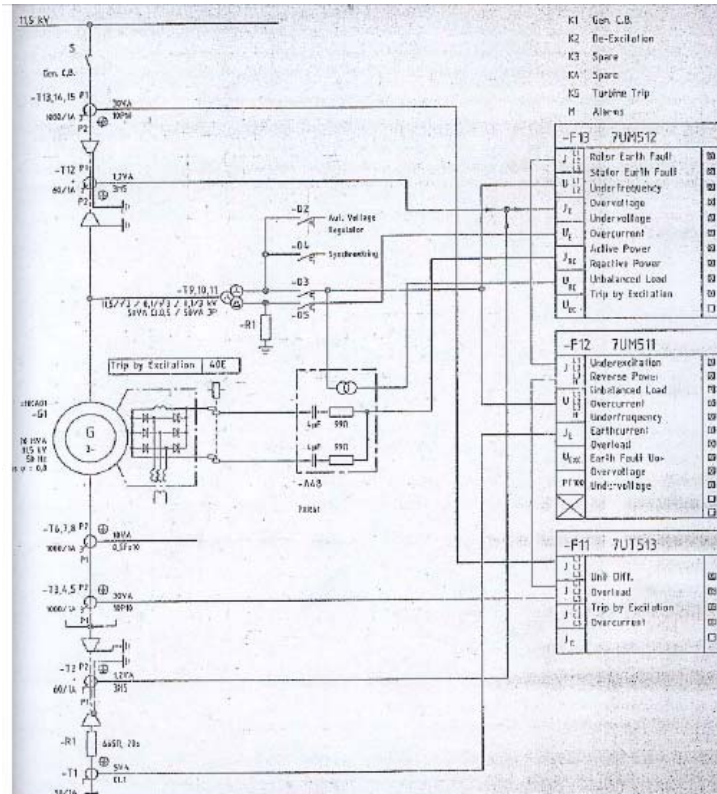
جهت چک کردن وضعیت در مواقع سینک کردن ژنراتورها و یا ترانسفورماتورها با شبکه استفاده می شود و در شکل ۵-۸ یک نمونه از آن آمده است .



شکل ۵-۸

۶) حفاظت ژنراتور :

در شکل ۶-۸ حفاظت تقریباً کامل از یک ژنراتور آمده است .



شکل ۶-۸

سوالات فصل هشتم :

- ۱) رله Earth Fault را توضیح دهید و طریقه نصب آن در شبکه را به صورت نمودار تک خطی ترسیم نمایید .
- ۲) رله دیفرانسیل را توضیح داده و طریقه نصب آن جهت حفاظت یک دستگاه ترانسفورماتور را به صورت تک خطی نمایش دهید .
- ۳) رله برگشت توان را توضیح داده و نمودار تک خطی یک نمونه از این رله را ترسیم نمایید (
- ۴) حفاظتهای مورد نیاز یک ژنراتور را نام برده و مدار تک خطی آن را ترسیم نمایید .



مراجع :

- ۱) تولید الکتریسیته و بهره برداری
 - ۲) طرز کار توربین های احتراقی گازی
 - ۳) مهندسی تأسیسات الکتریک
 - ۴) تکنولوژی فشارقوی
 - ۵) شین و شین بندی در شبکه
 - ۶) کلیدهای صنعتی
 - ۷) کاتالوگ کلیدهای ساخت شرکت Westing House
 - ۸) کاتالوگ کابلهای فشارقوی ساخت شرکت Simense
- تألیف : مهندس مسعود سلطانی
تألیف : مهندس احمد صفائی
تألیف : دکتر حسن کلهر
تألیف : دکتر محمد قلی محمدی
تألیف : مهندس مهرداد ترابی
تألیف : مهندس جواد جعفر بلند