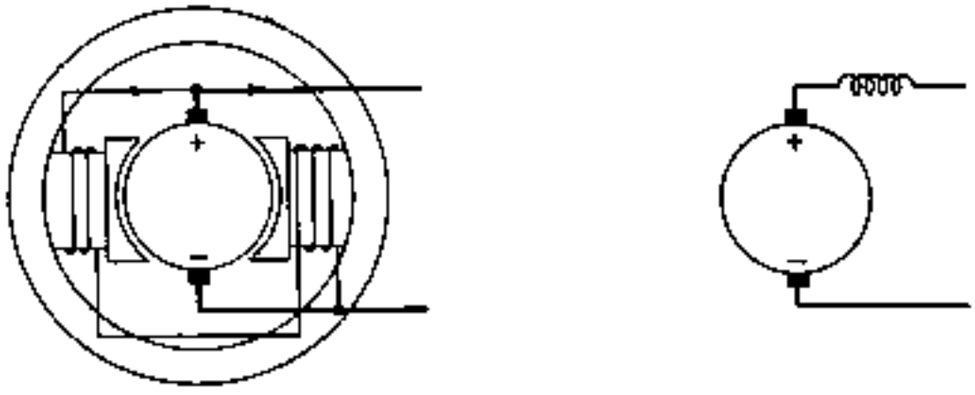
۳ ــ موتورهای با تحریک سری ــ در این موتورها سیم‌پیچ قطبها با سیم‌پیچ روتور (آرمیچر) بطور سری متصل میشود، بنابراین تمام جریان ورودی به موتور از این سیم‌پیچ نیز میگذرد. چون جریان زیادی از این سیم‌پیچ خواهد گذشت آنرا از سیمهای با مقطع بزرگ و با دور کم انتخاب میکنند تا مقاومت آن کم شده جریان براحتی از آن عبور کرده مقدار تلفات نیز کم باشد.

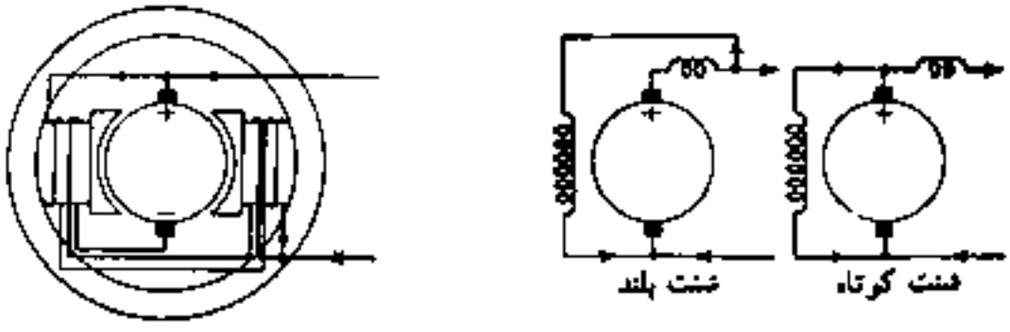


(شکل ۳۱ ــ ۴) موتور با تحریک سری

۴ ــ موتور با تحریک کمپوند (مختلط) ــ در این موتورها روی قطبها دو نوع سیم‌پیچ یکی ضخیم با تعداد دور کم و دیگری نازک با تعداد دور زیاد انجام میشود.

سیم‌پیچ ضخیم بطریقهٔ سری و سیم‌پیچ نازک بطریقهٔ موازی با سیم‌پیچ روتور اتصال می‌یابند.

اگر سیم‌پیچ موازی با ابتدای سیم‌پیچ سری و انتهای سیم‌پیچ آرمیچر (روتور) موازی بسته شوند آنرا شنت بلند و اگر فقط با سیم‌پیچ آرمیچر موازی باشد آنرا شنت کوتاه نامند. این دو طرز اتصال سیم‌پیچ موازی تأثیر مهمّی در طرزکار و مشخّصات ماشین ندارد. انتخاب هریک از این دو طریقه بستگی به ملاحظات مکانیکی و موتور و کلیدهای معکوس‌کنندهٔ جریان دارد.



(شکل ۳۲ ــ ۴) موتور با تحریک مختلط

موتورهای جریان متناوب (یکفاز و سه فاز)

موتورهای جریان متناوب که عامل تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی میباشند به دو دستهٔ

اصلی تقسیم میشوند:

۱ ــ موتورهای سنکرون. ۲ ــ موتورهای آسنکرون.

موتورهای سنکرون Synchronous Motors ــ ساختمان موتورهای سنکرون شبیه ساختمان آلترناتورها (مولّدهای جریان متناوب) است. درنتیجه میتوان از یک آلترناتور بجای موتور سنکرون استفاده نمود. در آلترناتورها جریان متناوب از استاتور گرفته میشود (در مولّدهای با مغناطیس گردان). برای تبدیل آنها به موتور سنکرون باید از یک منبع ولتاژ متناوب خارجی جریان لازم به کلافهای استاتور آن داده شود. بنابراین استاتور این موتورها کاملاً شبیه استاتور آلترناتورها ساخته میشود.

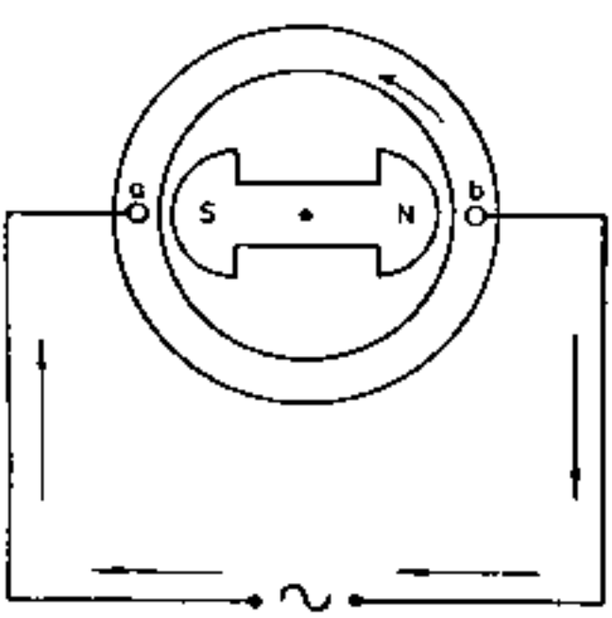
در شکل ۳۳ ــ ۴ و ۳۴ ــ ۴ حروف a و b دو سر کلاف استاتور موتور جریان متناوب یکفازی را نشان میدهد. قطب N روتور مقابل b و قطب S مقابل a است. عبور جریان از کلاف ab مطابق شکل ۳۳ ــ ۴ یک میدان مغناطیسی در استاتور بوجود میآورد. تأثیر میدان مغناطیسی روتور و استاتور بر یکدیگر باعث میشود قطبهای N و S طبق قانون سه انگشت دست راست بحرکت‌درمی‌آیند (قطب شمال North بطرف چپ و قطب جنوب South بطرف راست). بطوریکه روتور گردشی درجهت خلاف عقربه‌های ساعت دارد. با تعویض جهت جریان (شکل ۳۴ ــ ۴) جهت میدان مغناطیسی استاتور عوض شده باعث تعویض جهت حرکت قطبهای N و S میشود یعنی حرکت روتور عکس میشود.

اگر فرکانس جریان متناوب را مثلاً ۵۰ درنظر بگیریم (فرکانس برق در ایران) ملاحظه میشود که جهت جریان و درنتیجه جهت میدان مغناطیسی استاتور ۵۰ مرتبه در ثانیه عوض میشود و مجدداً به جهت اوّلیه خود بازمیگردد. بعبارت دیگر در یک سر کلاف ۵۰ مرتبه جریان مثبت و ۵۰ مرتبه منفی ایجاد میگردد. بنابراین در مدّت یک ثانیه روتور بایستی ۵۰ مرتبه به چپ و ۵۰ مرتبه به راست حرکت نماید که عملاً غیرممکن است لذا موتور چرخشی نداشته و یک لرزش خفیف در آن مشاهده میشود.

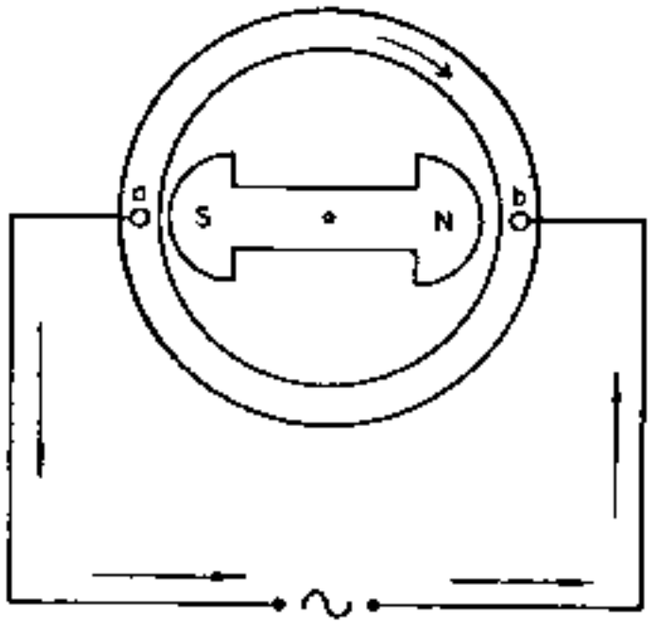
حال چنانچه با یک وسیلهٔ خارجی روتور را قدری دوران دهیم بطوریکه در مدت لازم برای تعویض جهت جریان ($\frac{۱}{۱۰۰}$ ثانیه) روتور نیز نیمدور گردش کرده جای قطبین N و S نسبت به b و a عوض شود مولفهٔ تأثیر میدان مغناطیسی استاتور و روتور بر یکدیگر همیشه در یک جهت باقی خواهد ماند. بنابراین روتور درجهت چرخش ایجاد شده به حرکت خود ادامه خواهد داد.

نتیجه اینکه با چرخش اوّلیه‌ای که در روتور ایجاد میشود (راه‌اندازی بوسیلهٔ موتور خارجی) چرخشی در همان جهت و با تعداد دور ثابت که متناسب با فرکانس منبع تغذیهٔ آن است در موتور ایجاد میشود.

چنانکه گفته شد موتورهای سنکرون بدون راه‌اندازی اوّلیه قادر به حرکت نیستند. بنابراین



(شکل ۴-۳۳)



(شکل ۴-۳۴)

باید از یک وسیلهٔ راه انداز خارجی که ممکن است یک موتور یا یک سیم پیچ فرعی بر روی روتور باشد استفاده نمود.

درموتورهای نوع اخیر روتور از جهتی شبیه روتور آلترناتور و از جهتی شبیه روتور موتور آسنکرون که شرح آن بعداً خواهد آمد میباشد بدین شکل که:

از این جهت شبیه آلترناتورهاست که قطبهای آن دارای سیم‌پیچ القاء کننده است و با جریان مستقیم تحریک میشود و از این جهت شبیه موتورهای آسنکرون است که روتور آن دارای شیارهائی در محیط خود بوده که قفسی از سیمهای هادی که بصورت اتصال کوتاه در داخل آنها قرار داده شده (در هر سمت روتور کلیه سیمها بهم اتصال داده شده‌اند).

در شرحی که گذشت راجع به طرز کار موتور سنکرون بکمک یک محرک خارجی نظیر یک موتور راه‌انداز بحث شد. حال با طرز کار موتور سنکرون با سیم‌پیچ فرعی آشنا میشویم.

طرز کار موتور سنکرون با سیم‌پیچ فرعی ــ قبلاً گفتیم قطبهای روتور این موتور از طریق سیم‌پیچ القاء کننده‌ای با جریان مستقیم تحریک میشوند و در شیارهای محیطی روتور قفسه‌ای از سیمهای هادی بصورت اتصال کوتاه وجود دارد (سیم‌پیچ فرعی).

در موقع راه‌اندازی این موتور (موتور سنکرون با سیم‌پیچ فرعی) ابتدا جریان مستقیم (جریان تحریک روتور) را قطع و فقط سیم‌پیچ استاتور را به شبکهٔ متناوب متصل میکنند. حوزهٔ دوّار میدان مغناطیسی استاتور سیم پیچ فرعی را قطع کرده در آن نیروی محرکه‌ای القاء میکند. چون سیمهای سیم‌پیچ فرعی اتصال کوتاه هستند جریانی در آنها بوجود میآید. تأثیر میدان مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ فرعی حاصل از جریان القائی با میدان مغناطیسی استاتور نیروئی را به سیم پیچ وارد که گشتاور حاصل از آن روتور را به حرکت درمی‌آورد. با شروع حرکت جریان

مستقیم تحریک قطبها را وصل کرده با تغییر مقاومت راه‌انداز جریان تحریک را افزایش داده، شدت میدان مغناطیسی قطبها افزایش یافته، نیروی وارد بر سیم‌پیچ فرعی افزایش یافته، سرعت چرخش روتور زیاد میشود تا به سرعت سنکرون برسد. در اینحالت تعداد دور روتور و میدان مغناطیسی دوّار استاتور همزمان شده، نیروی محرکه‌ای در سیم‌پیچ فرعی القاء نمیشود.

بنابراین جریان در سیم‌پیچ به صفر میرسد و گشتاور حاصل از آن حذف میگردد و موتور با سرعت سنکرون به حرکت خود ادامه میدهد.

پس وقتی که موتور با سرعت سنکرون گردش میکند سیم پیچ قفسه‌ای فرعی نقشی در کار موتور ندارد. ولی چنانچه براثر تغییر بار سرعت موتور کم شود، به نسبت تغییر سرعت مجدداً جریانی در سیم‌پیچ مذکور القاء و گشتاور محرک حاصل در جهت حرکت به روتور وارد و از تغییر دور ناگهانی روتور جلوگیری میشود. بنابراین سیم پیچ فرعی نقش راه‌انداز و ایجاد تعادل در دور موتور را دارد.

از موتورهای سنکرون در وسائل دقیق که احتیاج به دور معینی دارند و همچنین برای اصلاح ضریب قدرت مدار استفاده میشود.

موتورهای آسنکرون ــ این موتورها مانند موتورهای دیگر از دو قسمت تشکیل شده‌اند:

الف ــ استاتور (قسمت ثابت).

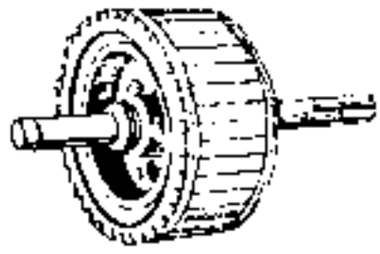
ب ــ روتور یا آرمیچر (قسمت متحرک).

استاتور Stator ــ این قسمت استوانه‌ایست توخالی که از ورقه‌های نازک فولاد سیلیسیم‌دار به ضخامت ۰/۵ میلیمتر ساخته شده‌اند و در داخل یک پوسته چدنی محکم شده است. جدار داخلی استوانه شیارهائی در امتداد محور خود دارد. در داخل این شیارها کلافهائی از سیمهای عایق‌دار قرار داده شده که نسبت به بدنه استاتور نیز عایق میباشند.

(شکل ۳۵-۴) یک استاتور در حال جاگذاری کلافهای سیم

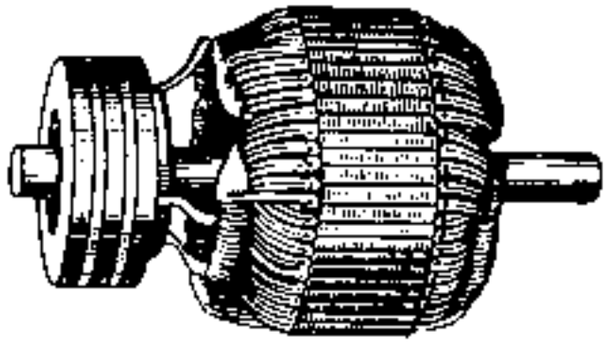
روتور Rotor ــ این قسمت نیز بشکل استوانه‌ایست که از ورقه‌های فولادی مخصوص و عایق نسبت به یکدیگر ساخته شده که روی محوری مستقر شده. در محیط آن سوراخها یا

شیارهائی به موازات محور تعبیه شده است. کلافهای سیم‌پیچ در داخل این شیارها و یا سوراخها قرار میگیرند. روتورها برحسب نوع سیم‌پیچی بنام روتور با سیم‌پیچ قفسه‌ای یا روتور سیم‌پیچی شده خوانده میشوند.



(شکل ۳۶-۴) روتور با سیم پیچ قفسه‌ای

(شکل ۳۷-۴) قفسه جدا شده از هستهٔ روتور



(شکل ۳۸-۴) روتور سیم‌پیچی شده

طرز کار موتور آسنکرون با روتور قفسه‌ای ــ وقتی سیم‌پیچ استاتور به منبع جریان متناوب خارجی وصل شود یک میدان دوّار مغناطیسی با سرعت حرکت معینی در هستهٔ استاتور بوجود میآید. خطوط قوای این میدان که با سرعت سنکرون می‌چرخد میله‌های قفسه‌ای روتور را قطع کرده در آنها نیروی محرکه‌ای القاء و جریانی برقرار میشود.

تأثیر میدان مغناطیسی حاصل از جریان القاء شده بر میدان مغناطیسی استاتور نیرویی را بر سیمهای قفسه وارد می‌سازد که گشتاور حاصل از آن باعث چرخش روتور میگردد.

وقتی سرعت چرخش مساوی سرعت میدان مغناطیسی استاتور باشد میله‌های روتور خطوط قوا را قطع ننموده جریانی در آنها بوجود نمی‌آید و نیروئی از این بابت به میله‌های قفسه وارد نخواهد شد، در اینصورت موتور میل به ایستادن نموده از سرعت آن کاسته میشود. بنابراین سرعت چرخش روتور از سرعت میدان مغناطیسی استاتور عقب مانده سیمهای قفسه خطوط قوا را قطع، جریانی در آنها القاء و مجدداً نیروئی در جهت گردش به میله‌های قفسه وارد میشود. گشتاور حاصل از این نیرو سعی میکند سرعت روتور را به سرعت حرکت میدان دوّار استاتور (سرعت سنکرون) برساند. بنابراین سرعت روتور همیشه کمی عقب‌تر از سرعت میدان دوّار

استاتور است، بهمین جهت این نوع موتور را آسنکرون یا غیر همزمان گویند.

مزایای موتور آسنکرون با روتور قفسه‌ای

۱ ــ راه‌اندازی آن نسبت به موتور سنکرون ساده است و احتیاج به عامل خارجی ندارد.
۲ ــ ساختمان آن ساده است.
۳ ــ بار زیادتر از حدّ مجاز را تحمّل مینماید.
۴ ــ تغییرات سرعت آن در اثر تغییرات بار ناچیز است.
۵ ــ راندمان بهتری نسبت به موتورهای آسنکرون با رونور سیم‌پیچی شده دارد.

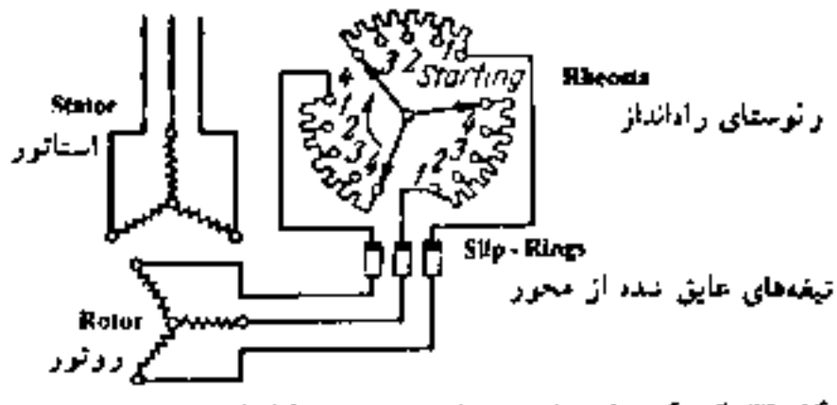
معایب موتورهای آسنکرون با روتور قفسه‌ای

۱ ــ در موقع شروع بکار جریان زیادی را از شبکه میگیرد.
۲ ــ گشتاور شروع بکار آن کم است.
۳ ــ در موقعی که بار آن به حدّ کافی نیست راندمان (ضریب قدرت) کمی دارد.
۴ ــ در مقابل تغییرات فشار الکتریکی حساسیّت دارد.
۵ ــ تنظیم تعداد دور آن مشکل است.

طرز کار موتور آسنکرون با روتور سیم‌پیچی شده

برای رفع نسبی معایب موتور آسنکرون با روتور قفسه‌ای از رونور سیم‌پیچی شده استفاده میشود. در این موتورها یک رئوستا در سر راه سیم‌پیچی روتور قرار داده میشود. در هنگام راه‌اندازی تمام مقاومت رئوستا در مدار قرار دارد و مقاومت سیم‌پیچ روتور را افزایش میدهد.

با اتصال سیم‌پیچ استاتور به منبع خارجی و شروع گردش روتور دستهٔ رئوستا را به آرامی در جهت عقربه‌های ساعت گردانده و بتدریج مقاومت رئوستا را از مدار سیم‌پیچ روتور خارج مینمایند تا دور موتور به حدّ نرمال رسیده مانند موتورهای روتور قفسه‌ای بکار خود ادامه دهد.



(شکل ۳۹-۴) یک رئوستای سه فاز در شروع راه‌اندازی موتور سیم‌پیچی‌شدهٔ سه فاز

مزایای موتورهای آسنکرون با روتور سیم‌پیچی شده

۱ ــ گشتاور قوی در موقع شروع به کار.
۲ ــ در ابتدای شروع بکار جریان زیادی از شبکه نمی‌گیرد.
۳ ــ تغییرات بار اثر شدید بر تعداد دور آن ندارد.
۴ ــ تعداد دور آن بوسیلهٔ رئوستای سری شده با مدار تحریک روتور قابل تنظیم است.
۵ ــ تحمّل بار اضافی را دارد.

معایب موتورهای آسنکرون با روتور سیم‌پیچی شده.

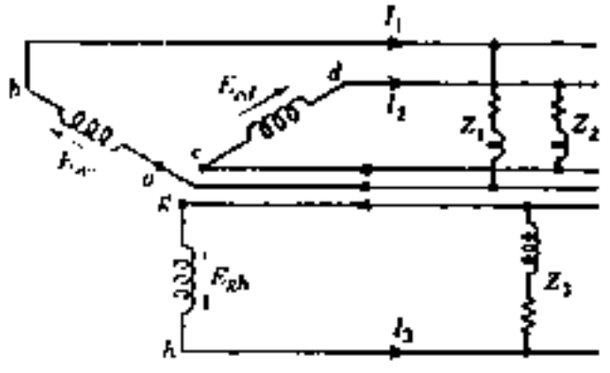
۱ ــ در مقابل تغییرات ولتاژ حساسیّت دارد.
۲ ــ ضریب قدرت آن دربارهای کم پائین است.
۳ ــ نسبت به موتور آسنکرون با موتور قفسه‌ای راندمان (ضریب قدرت) کمتری دارد.

موتورهای سه فاز

همانطور که در بحث مولدهای متناوب نیز گفته شد چنانچه بجای یک گروه سیم‌پیچ در استاتور، سه گروه با فاصلهٔ ۱۲۰° از هم داشته باشیم، موتور را سه فاز متناوب نامند. چنین موتورهائی بایستی توسط شبکهٔ سه فاز نیز تغذیه شوند. چون هر گروه از سیم‌پیچها دو سر آزاد دارند پس تعداد سرسیمهای خروجی از موتور ۶ عدد خواهد بود.

اتصال ستاره و اتصال مثلث در ماشینهای سه فاز

جریان سه فاز، جریانی است که از ترکیب سه جریان یکفاز با اختلاف فاز ۱۲۰° نسبت بهم حاصل میشود. چنانچه در بحث مولّدها و موتورهای سه فاز گفته شد هر گروه سیم‌پیچ دارای دو سر آزاد بوده، بنابراین یک ماشین سه فاز (مولّد یا موتور) جمعاً دارای شش سر خروجی خواهد بود.



(شکل ۴۰-۴) یک مولّد سه فاز ۶ سیمه

در مولدهای سه فاز ممکن است هر یک از فازها یکی از مصرف کننده‌های Z_1 یا Z_2 یا Z_3 را تغذیه نمایند.

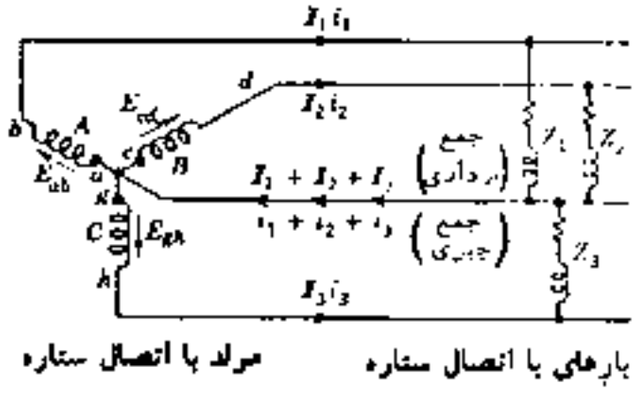
برای اینکه از تعداد سیمهای شبکهٔ انتقال انرژی کاسته شود سه رشته سیمی که مربوط به برگشت جریان هستند را میتوان معمولاً به یک رشته کرد. در اینصورت جریان برگشت هر سه فاز از این سیم خواهد گذشت. این سیم را سیم صفر یا خنثی گویند و با MP نشان میدهند.

عموماً در یک سیستم توزیع انرژی سیم خنثیٰ در یک یا چند نقطه به زمین متصل میشود. بنابراین فشار الکتریکی بین این سیم و زمین صفر خواهد بود. سه سیم باقیمانده هرکدام متعلق به یکی از فازهاست و سیم فاز نامیده میشوند. این سیمها را با R و S و T نمایش میدهند.

جریان عبوری از سیم خنثیٰ در هر لحظه مساوی جمع برداری جریانهای عبوری از سه فاز میباشد. در صورتیکه جریانهای مذکور مساوی باشند با توجّه به جهت جریانها و اختلاف ۱۲۰ درجه‌ای آنها، جریان عبوری از سیم خنثیٰ مساوی صفر خواهد بود. بعبارت دیگر در صورت متعادل بودن جریان هر سه فاز احتیاجی به سیم خنثیٰ یا سیم صفر نخواهد بود. بنابراین اتصال ستاره به دو شکل است:

۱ ــ اتصال ستارهٔ سه سیمه

۲ ــ اتصال ستارهٔ چهار سیمه



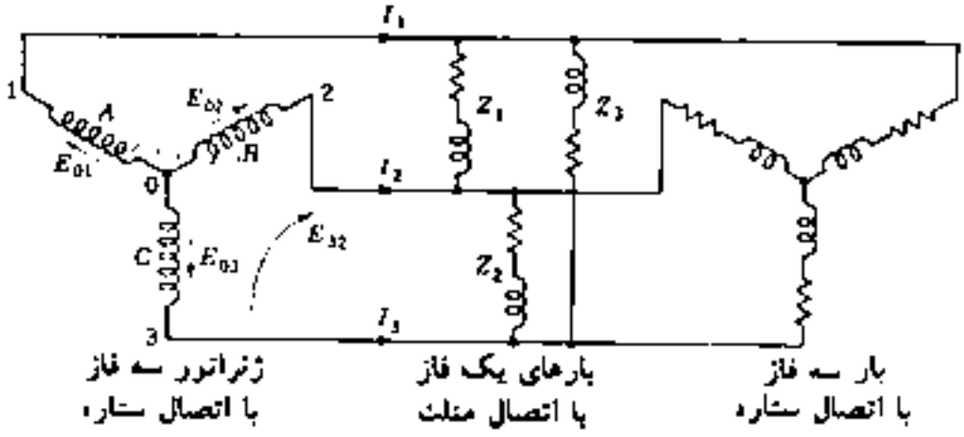
(شکل ۴۱-۴) اتصال ستاره چهار سیمه

هر دو نوع اتصال ستارهٔ سه سیمه و چهار سیمه مورد استعمال زیادی دارند. اتصال چهار سیمهٔ مولّدها برای توزیع انرژی بین مصرف کننده‌های یکفاز مانند وسائل الکتریکی و روشنائی منازل و موتورهای یکفاز و غیره بکار میرود. هرگاه اغلب مصرف کننده‌ها سه فاز بوده و یا بار هر سه فاز غالباً متعادل باشند از اتصال ستارهٔ سه سیمه استفاده میشود ولی در هر صورت برای حفظ ایمنی نقطهٔ صفر را در ابتدا و انتهای شبکه (محل مولّد و مصرف کننده) به زمین متّصل میکنند. در اینصورت زمین بجای سیم صفر عمل مینماید. بهمین جهت سیم صفر را سیم زمین نیز نامند. البتّه از زمین در موقعی بجای سیم صفر استفاده میشود که جریان سه فاز در حال تعادل نسبی باشند.

بعبارت دیگر چنانچه عدم تعادل زیادی بین فازها باشد نمیتوان از زمین بعنوان سیم صفر استفاده نمود.

مصرف کننده‌های سه فاز را می‌توان به شکل دیگری غیر از اتصال ستاره به شبکهٔ سه فاز متصل نمود، به این شکل که ابتدای هر سیم‌پیچ را به یکی از فازها متصل و سر دیگر آنرا به فاز مجاور، فاز قبلی متصل میسازند. بعبارت دیگر به هر فاز سر یک سیم پیچ و بازگشت سیم پیچ دیگر متصل میگردد. این شکل اتصال را اتصال مثلث (Δ) گویند.

با توجه به مطالب فوق نتیجه میشود که در سیستم توزیع سه فاز چهار سیمه مصرف کننده‌های سه فاز میتوانند بصورت Y یا Δ به شبکه متصل کرد ولی در سیستم سه فازهٔ سه سیمه فقط اتصال Δ میسّر است و اتصال نقطهٔ صفر مصرف کننده به زمین نیز به آسانی میسّر نیست.



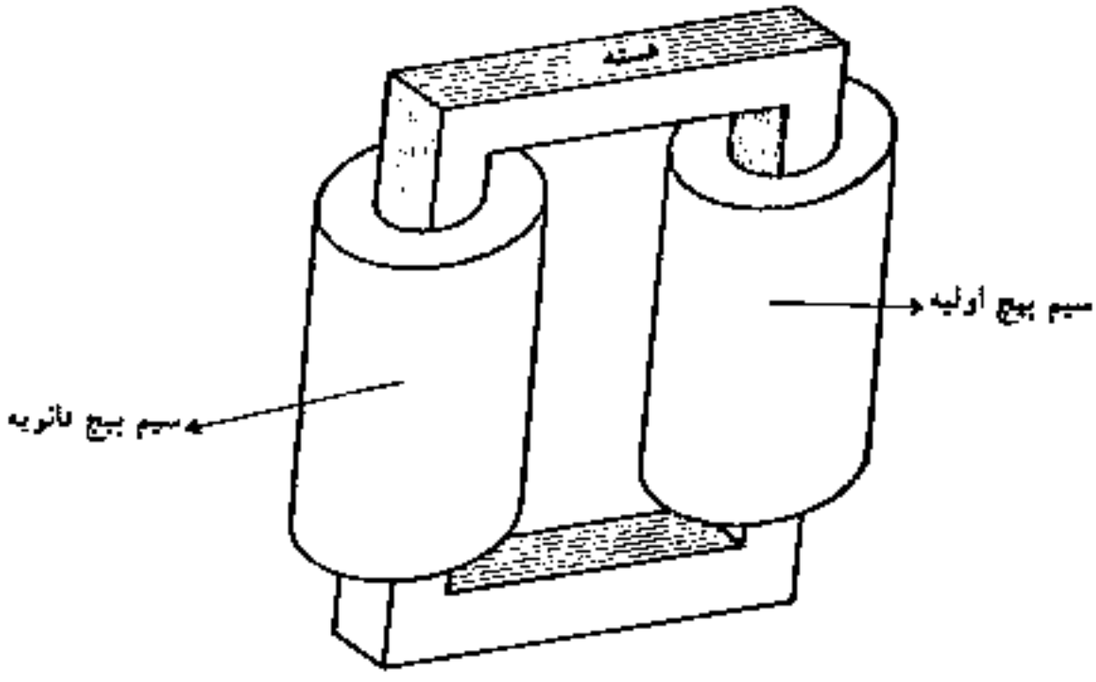
(شکل ۴۲-۴) سیستم سه فازهٔ سه سیمه، اتصال مولّد ستاره و دو مصرف کننده بصورت ستاره (Y) و مثلث (Δ)

ترانسفورماتورها (Transformers)

برای اینکه انتقال انرژی الکتریکی بفواصل دور ممکن و با صرفه باشد باید از شدّت جریان کاسته شده و فشار الکتریکی افزایش داده شود. با اینکار مخارج خرید و نصب کابلهای انتقال بسیار کاهش می‌یابد و در محلّ مصرف به لحاظ ایمنی و برای امکان استفاده از وسائل الکتریکی، توزیع جریان بایستی با فشار الکتریکی پائین انجام گیرد. بعبارت دیگر انتقال انرژی الکتریکی بایستی با فشار قوی و مصرف آن با فشار ضعیف انجام گیرد. ترانسفورماتور دستگاهی است که انرژی الکتریکی را از یک سمت دریافت و از سمت دیگر این انرژی را با فشار کمتر یا بیشتر تحویل میدهد. همانطور که در انتقال انرژی مکانیکی برای تغییر سرعت و نیروی مکانیکی مثلاً از دو چرخدنده استفاده میشود تا نیرو و سرعت معینی را به نیرو و سرعت معیّن دیگری تبدیل کند. در انتقال انرژی الکتریکی نیز از ترانسفورماتورها برای تبدیل اختلاف سطح و شدت جریان استفاده میشود.

ساختمان یک ترانسفورماتور بطور کلی از دو سیم پیچ که روی یک هستهٔ آهنی پیچیده شده‌اند تشکیل میشود، یکی از آنها که انرژی را دریافت میکند سیم پیچ اولیّه ـ (Transformer Primery) و دیگری که انرژی تبدیل شده را تحویل میدهد سیم پیچ ثانویه ـ (Transformer Secondery) نامند.

هستهٔ ترانسفورماتور از ورقه‌های نازک به ضخامت ۰/۳۵ تا ۰/۵ میلیمتر از جنس فولاد سیلیسیم‌دار که آلیاژی است از آهن و ۴ تا ۵ درصد سیلیسیم ساخته شده میشود. برای جلوگیری از تلفات زیاد ورقه‌های مذکور بایستی نسبت بهم عایق گردند.



(شکل ۴۳-۴) شکل ساده ترانسفورماتور

سیم‌پیچهای اولیّه و ثانویّه که روی دو بازوی هسته پیچیده میشوند دارای قطر و تعداد حلقه‌های مختلف میباشند. بنابراین در انتقال انرژی الکتریکی، با استفاده از یک ترانسفور ماتور افزاینده فشار الکتریکی را بالا برده شدت جریان را کاهش میدهند و پس از انتقال در محلّ مصرف مجدداً توسط یک ترانسفور ماتور کاهنده فشار الکتریکی را تا حدّ قابل مصرف پائین آورده شدت جریان را افزایش میدهند.

ترانسفورماتورها معمولاً دارای راندمان خوبی هستند و انرژی الکتریکی در داخل آنها افت چندانی ندارد. بنابراین قدرتی که به ترانس داده میشود تقریباً با قدرت دریافتی از آن برابر است. پس:

$$P_1 = P_2$$

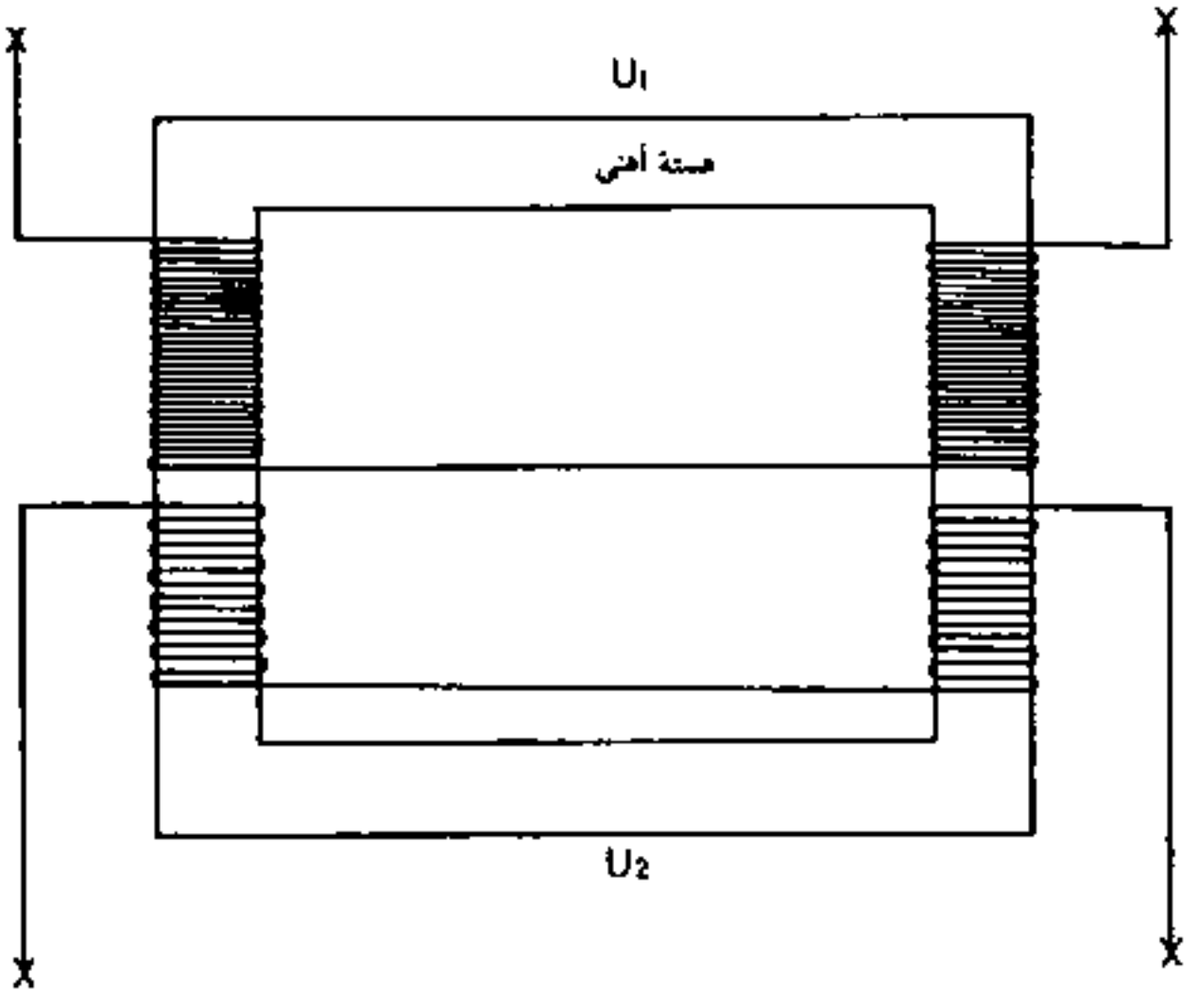
$$U_1 \times I_1 = U_2 \times I_2 \longrightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \qquad (1)$$

چون نسبت اختلاف سطح‌های سیم پیچ اوّلیه به ثانویه مساوی نسبت تعداد حلقه‌های این دو سیم پیچ است. بنابراین با توجّه به رابطهٔ (۱) داریم:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

ترانسفورماتورهای هسته‌ای و جداری ــ (شکل ۴۴-۴) یک ترانسفورماتور هسته‌ای (Core-type) و (شکل ۴۵ ــ ۴) یک ترانسفورماتور جداری (Shell-type) را نشان میدهد.

در ترانسفورماتور هسته‌ای نیمی از سیم پیچ اولیّه و نیمی از سیم پیچ ثانویّه روی یکی از بازوهای هسته و دو نیمهٔ دیگر سیم پیچها روی بازوی دیگر هستهٔ ترانسفورماتور قرار میگیرند. خطوط قوا در داخل هسته یک مسیر بسته را تشکیل میدهند. بعبارت دیگر در این ترانسفورماتور یک مسیر بسته برای خطوط قوا وجود دارد.

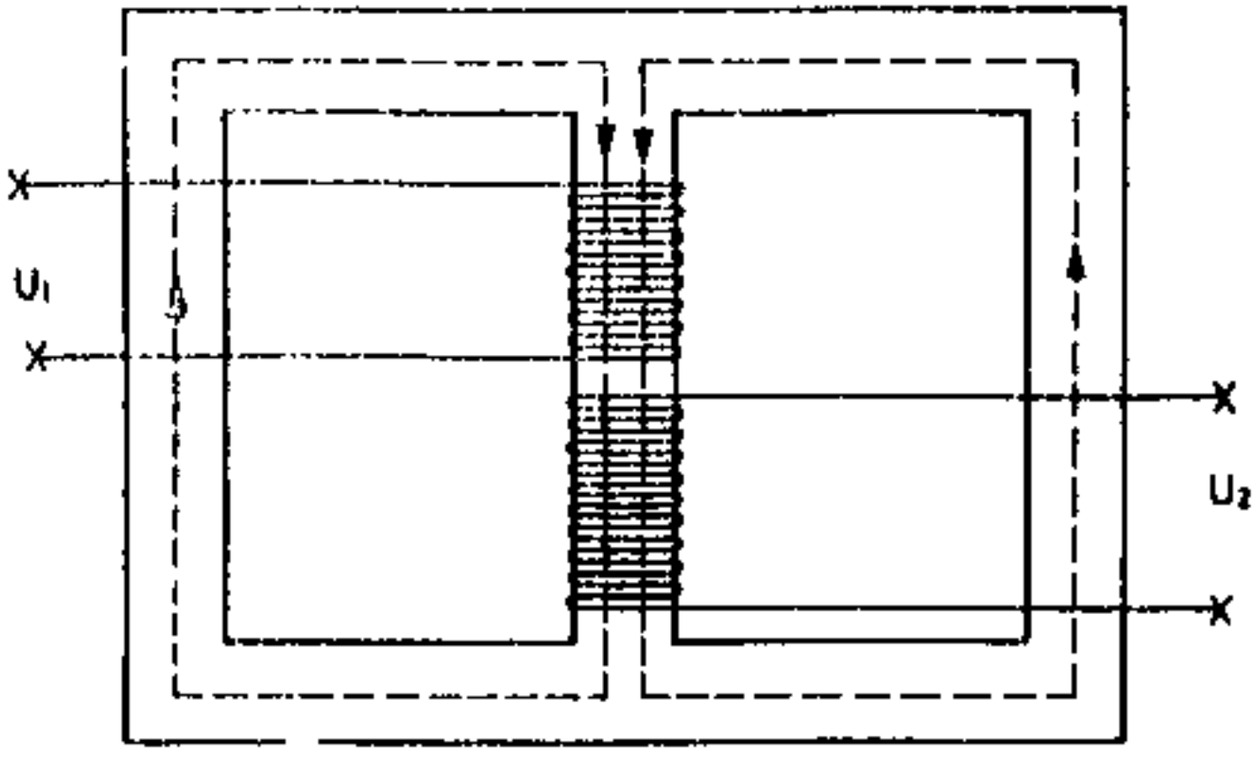


(شکل ۴۴ ــ ۴) ترانسفورماتور هسته‌ای

در ترانسفورماتور جداری، هسته دارای سه بازو بوده و سیم پیچ‌های اوّلیه و ثانویه کلاً روی بازوی وسط قرار میگیرند. خطوط قوای مغناطیسی عده‌ای از بازوی سمت راست و عده‌ای

از بازوی سمت چپ می‌گذرند. بنابراین در ترانسفورماتور جداری در مسیر بسته برای خطوط قوای مغناطیسی تشکیل میشود.

معمولاً از ترانسفورماتورهای جداری برای فشار ضعیف و نوع هسته‌ای آن در فشار قوی مورد استفاده قرار میگیرند.

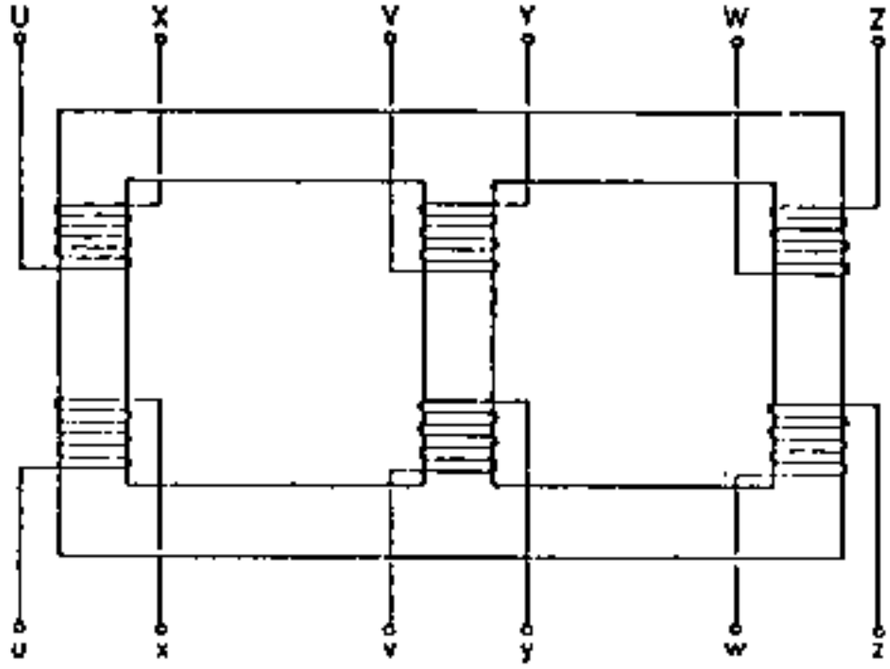


شکل ۴۵ ــ ۴) ترانسفورماتور جداری

ترانسفورماتورهای سه فاز ــ ترانسفورماتور سه فاز اصولاً شامل سه ترانسفورماتور یکفاز است که دارای هستهٔ آهنی مشترک میباشند. در مدارهای سه فاز استفاده از یک ترانسفورماتور سه فاز بجای سه ترانسفورماتور تکفاز نیز معمول است که هم از لحاظ قیمت و هم از حیث اشغال محلّ نصب با صرفه‌تر است. مهمترین عیب این ترانسفورماتورها آنست که اگر سیم‌پیچ یکی از فازها معیوب شود، برای تعمیر بایستی تمام ترانسفورماتور را از خط خارج نمود و مخارج تعمیر آن نیز گرانتر است.

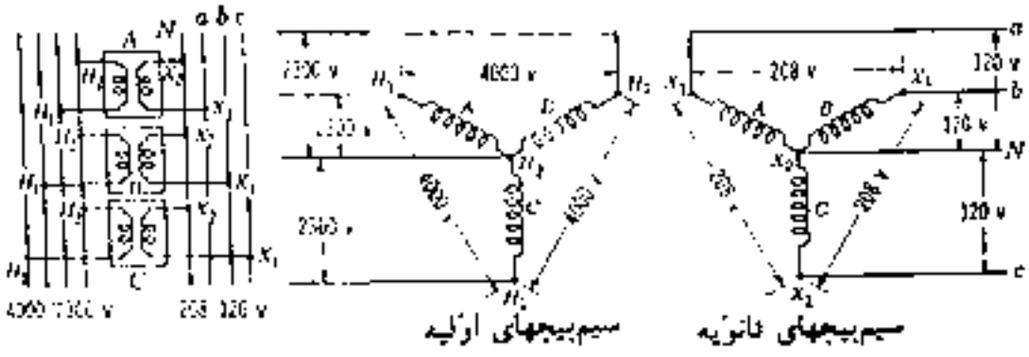
در تأسیسات بزرگ غالباً ترجیح میدهند از چهار ترانسفورماتور یکفاز استفاده شود که سه تای آن در مدار سه فاز بکار رفته و چهارمی بعنوان یدکی برای مواقعی که ترانسفورماتور یکی از فازها احتیاج به تعمیر داشته باشد آماده نگهداشته میشود.

در شکل ۴۶ ــ ۴ یک ترانسفورماتور سه فاز با هستهٔ مشترک نشان داده شده. در روی هر بازوی هسته دوبوبین پیچیده شده که یکی مربوط به مدار اوّلیه و دیگری مربوط به مدار ثانویه هر فاز است. ترانسفورماتور مذکور برای انتقال جریان شش سیمه بکار رفته است (ورودی و خروجی ترانسفورماتور هر کدام سه فاز مستقل از هم را تشکیل میدهند).

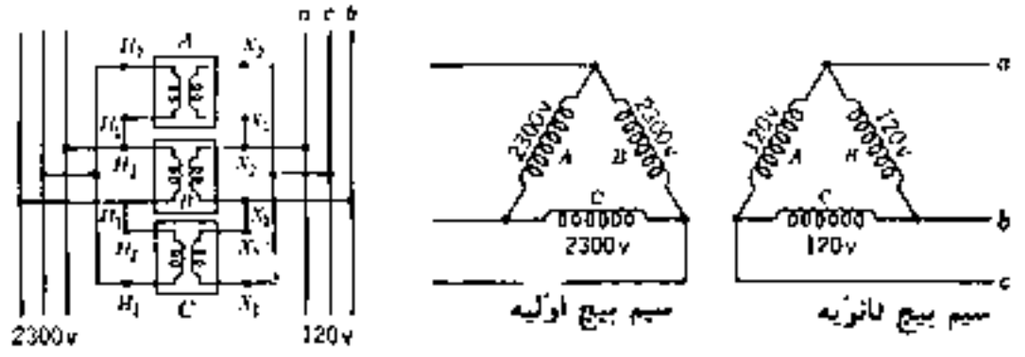


(شکل ۴۶ ــ ۴) ترانسفورماتور سه‌فاز شش سیمه

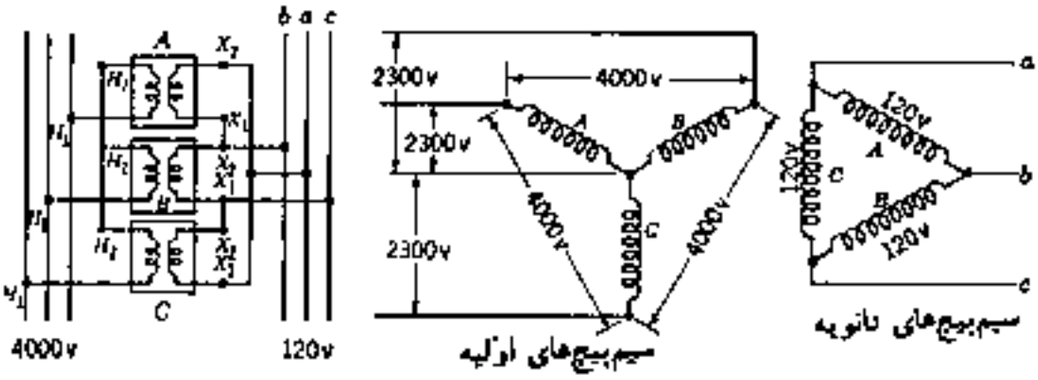
همانطور که در مولّدها و موتورهای سه فاز، سه فاز را میتوان بصورت Δ یا Y بهم اتصال داد. در ترانسفورماتورها نیز سه‌فاز ورودی و خروجی را میتوان به یکی از اشکال Δ یا Y بهم اتصال داد و در نتیجه حالات مختلفی بوجود خواهد آمد که اَهمّ آن در اشکال ذیل نشان داده شده است.



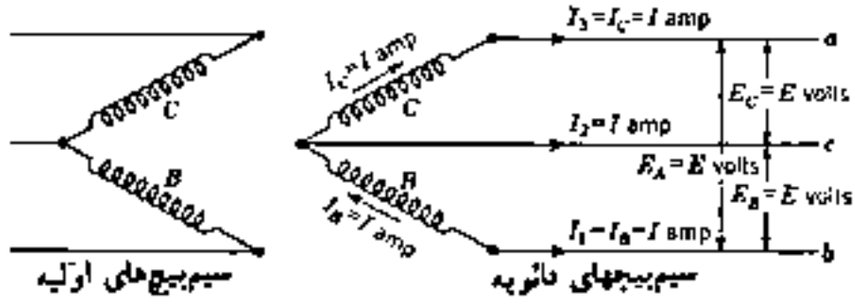
(شکل ۴۷ ــ ۴) اتصال Y-Y ترانسفور ماتور سه فازه به مدار چهار سیمه.



(شکل ۴۸ ــ ۴) اتصال Δ ــ Δ ترانسفورماتور سه فازه به مدار سه سیمه



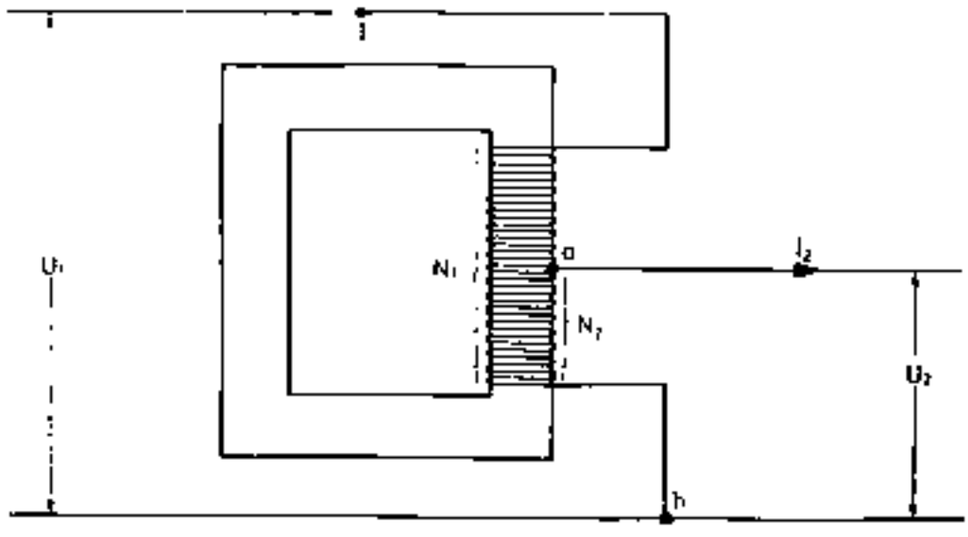
(شکل ۴۹ ــ ۴) اتصال Δ - Y ترانسفورماتور سه‌فازه



(شکل ۵۰ ــ ۴) اتصال مثلث باز یا اتصال V در ترانسفورماتور سه‌فاز

اتو ترانسفورماتور **Autotransformer** ــ در مواقعی که فشار الکتریکی متغیّر است و به‌یک فشار الکتریکی ثابت احتیاج میباشد و یا فشار الکتریکی نسبتاً ثابت است ولی به فشار متغیر یا فشارهای متفاوت نیاز است و به شرط آنکه نسبت تبدیل کوچک باشد از اتوترانسفورماتور استفاده میشود.

اتو ترانسفورماتورها نیز مانند ترانسفورماتورهای معمولی یا افزاینده هستند یا کاهنده، یکفاز هستند یا سه‌فاز. در شکل ۵۱ ــ ۴ ترانسفور ماتور یکفاز کاهنده نشان‌داده شده است.

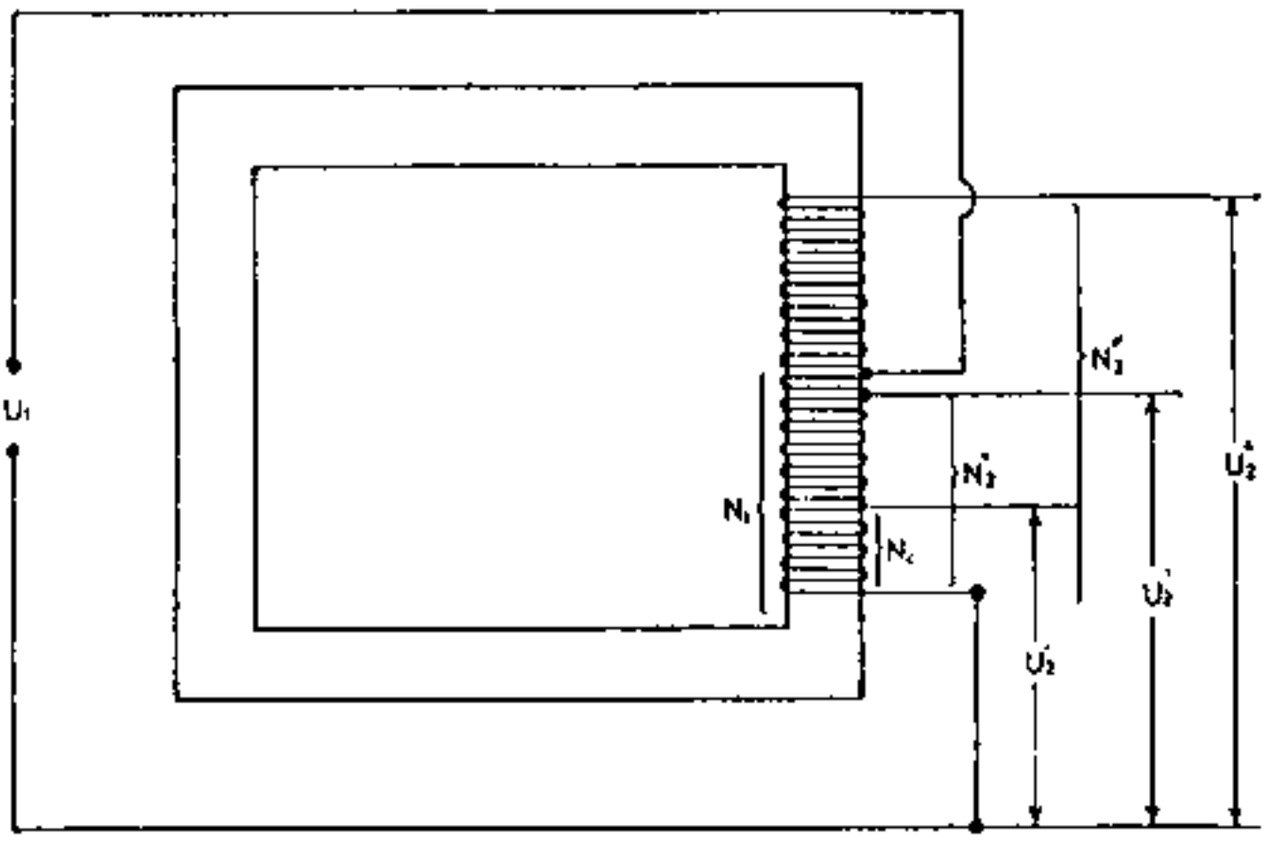


(شکل ۵۱ ــ ۴) اتو ترانسفورماتور یکفاز کاهنده

چنانچه در شکل مشاهده میشود سیم پیچی با تعداد حلقهٔ N_1 بر روی یک بازوی هستهٔ آهنی پیچیده شده که سیم پیچ اوّلیه را تشکیل میدهد و ولتاژ ورودی به دو سر آن متصل میشود. این ولتاژ بین حلقه‌های سیم پیچ مذکور تقسیم میشود. اگر از تعدادی از حلقه‌های همین سیم پیچ بجای سیم پیچ ثانویه استفاده شود ولتاری کوچکتر از ولتاژ ورودی خواهیم داشت. ولتاژ مورد نظر را بین نقطهٔ ثابت a و نقطهٔ متحرک a میتوان دریافت نمود. چون همیشه تعداد حلقه‌های N_2 جزئی از N_1 است، پس همیشه $U_2 < U_1$ خواهد بود.

در اتوترانسفورماتورهای افزاینده برخلاف اتوترانسفورماتورهای کاهنده تعداد حلقه‌های سیم پیچ اوّلیه (N_1) همیشه جزئی از تعداد حلقه‌های سیم پیچ ثانویه (N_2) است. و همیشه $U_2 > U_1$ خواهد بود.

بنابراین، ترانسفورماتور افزاینده همان ترانسفورماتور کاهنده است که محل ورودی و خروجی آن عوض شده باشد. در بعضی از اتوترانسفورماتورها حالات کاهنده و افزاینده توأم شده است بدینطریق که: یک ردیف سیم پیچ روی یک بازوی هستهٔ آهنی ترانس انجام شده، قسمتی از این سیم پیچ بطور ثابت سیم پیچ اوّلیه ترانس را تشکیل میدهد (N_1) ولی N_2 بین دو سر سیم‌پیچ میتواند اختیار شود. بعبارت دیگر ممکن است با تعداد حلقه‌ای کوچکتر یا بزرگتر از N_1 باشد بنابراین اختلاف سطحی کوچکتر یا بزرگتر از اختلاف سطح ورودی دریافت میشود.



(شکل ۵۲ ــ ۴) اتوترانسفورماتور مرکب

$N_2 > N \longrightarrow U_2 > U_1$

$N_2 = N \longrightarrow U_2 = U_1$

$N_2 < N \longrightarrow U_2 < U_1$

خنک کردن ترانسفورماتورها

ترانسفورماتورها دارای راندمان بالائی هستند ولی در هر صورت مقداری از انرژی الکتریکی در آنها تلف شده و به حرارت تبدیل میشود و باعث گرم شدن ترانسفورماتور میگردد.

بالا رفتن حرارت باعث ازدیاد افت قدرت گردیده و در صورتیکه از حدّ معینی بگذرد عایق سیم پیچها را خراب نموده و باصطلاح باعث سوختن ترانس میشود. لذا بایستی ترانسفورماتور خنک گردد.

در ترانسفورماتورهای کوچک عمل خنک کاری توسط جریان هوای محیط انجام میگیرد ولی ترانسفورماتورهای بزرگ توسط روغن خنک میشوند.

جعبهٔ این ترانسفورماتورها بصورت یک مخزن فولادی ساخته شده آنرا از روغن عایق پر میکنند. برای احتراز از آتش‌سوزی بخصوص اگر پیش‌بینی وسائل حفاظت روغن در مقابل آتش‌سوزی مشکل یا غیر ممکن باشد از روغنهای غیر قابل اشتعال مانند پیرالن یا پیرانول (Pyranol یا Pyralene) استفاده میشود که از روغنهای معمولی گرانتر است ولی عملاً خطر آتش‌سوزی از بین میرود.

روغن ترانسفورماتور عایق سیمها و هستهٔ آهنی را در مقابل گرما محافظت کرده و در اثر جریان مداومی که توسط پمپ دارد گرمای سیم پیچها و هستهٔ آهنی را به خارج هدایت میکند.

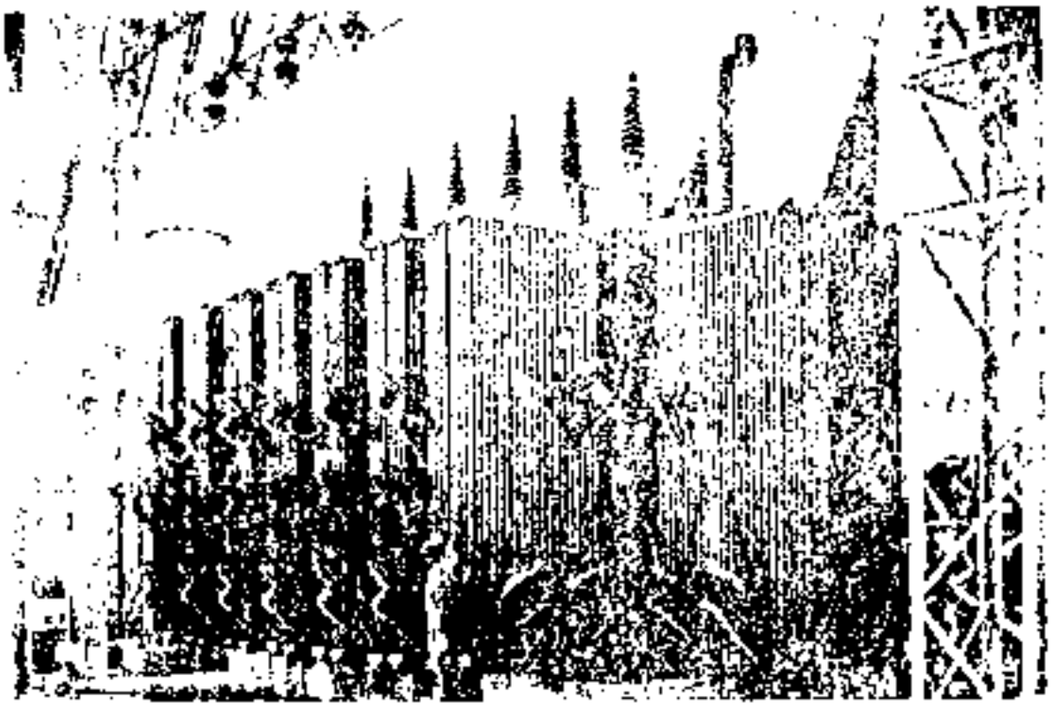
در ترانسفورماتورهائی که توان آنها تا ۵۰۰KW است دیوار جعبهٔ آنرا موجی شکل یا پره‌دار میسازند تا سطح تماس آن با هوا زیادتر شده روغن زودتر خنک شود. برای ترانسفورماتورهای با قدرت بیش از ۵۰۰KW به سه طریق عمل خنک کاری انجام میشود:

۱ ــ مخزن روغن را به رادیاتورهای خارجی مجهز نموده و با دمیدن هوا توسّط بادبزن عمل خنک‌کاری انجام میشود.

۲ ــ در مخزن روغنی که بالای ترانسفورماتور قرار گرفته است لوله‌های مارپیچ مسی تعبیه شده، روغن بوسیلهٔ پمپ از درون این مخزن عبور داده میشود و در همین حال آب سرد را از درون لوله‌های مسی عبور داده باعث خنک شدن سریع روغن میشود.

۳ ــ روغن را بوسیلهٔ پمپ از یک رادیاتور که در معرض هوای سرد قرار دارد عبور داده پس از سرد شدن به مخزن باز میگردانند (نظیر سیستم خنک کنندهٔ اتومبیل).

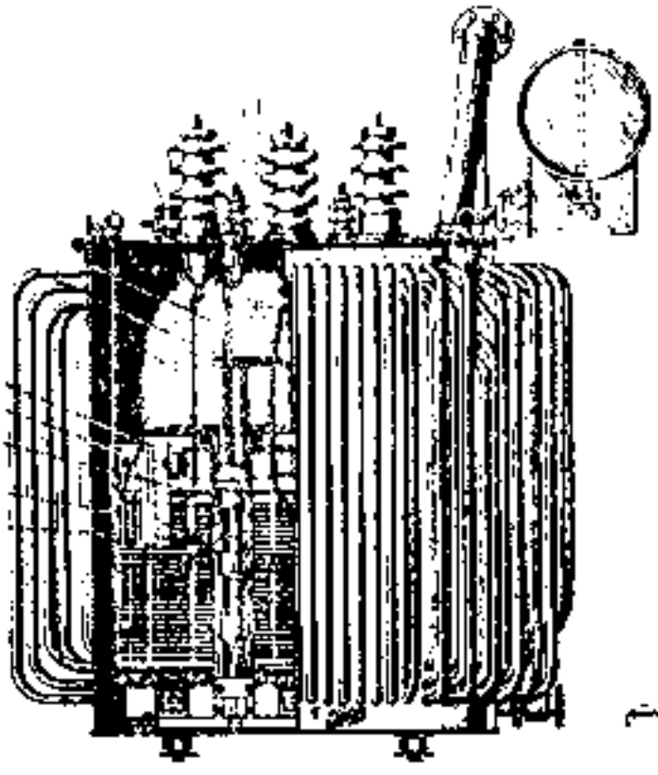
ترانسفورماتورهای نوع دوّم در صورت وجود آب کافی و مناسب در قدرتهای زیاد بسیار



(شکل ۵۳ ــ ۴) یک ترانسفورماتور سه فاز با توان ۶۶۰۰۰ KVa
۲۱۵۰۰۰/۶۰۰۰۰/۱۲۰۰۰ ولت که بادمیدن هوا خنک میشود.

مورد استفاده است. ولی ترانسفورماتورهای نوع اوّل بیشتر متداول است.

ترانسفورماتورهای خشک (بدون روغن) که با دمیدن هوا خنک میشوند از نظر کمتر بودن خطر آتش سوزی در آنها و صرفه‌جوئی از نظر وزن و قیمت روغن و مخزن مربوطه مورد استعمال زیادی دارند ولی این ترانسفورماتورها در موارد خاص برای ولتاژهای کمتر از ۱۱۰۰۰ ولت بکار میروند.

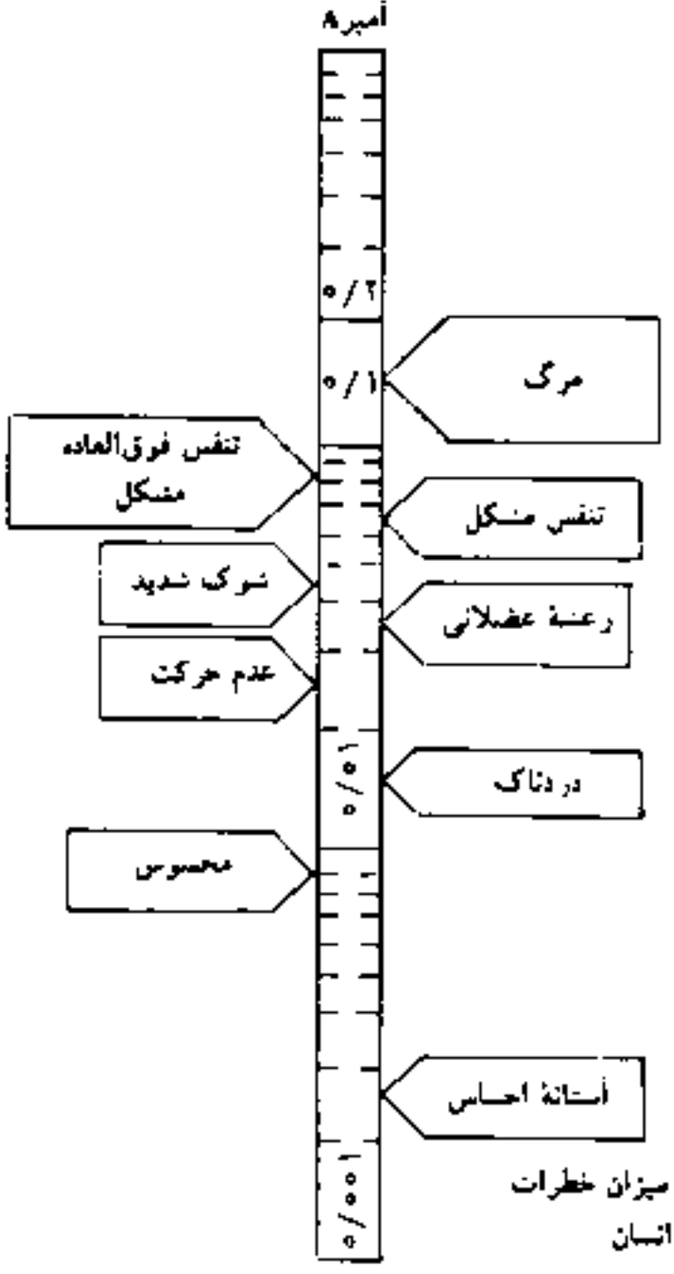


(شکل ۵۴ ــ ۴) ترانس روغنی با سیستم
رادیاتور خنک کننده

نکات ایمنی و حفاظتی دستگاههای برقی

نظر به توسعه و پیشرفت فنّ الکتریسیته و نفوذ ادوات الکتریکی در صنعت و احتیاجی که امروزه مردم به دستگاههای الکتریکی چه در منازل و چه در کارخانجات و آزمایشگاهها و... پیدا میکنند لازم است اطلاعات مختصری دربارهٔ خطرات احتمالی و طرق جلوگیری از پیش آمدهای ناگهانی در دسترس عموم و بخصوص کارگران فنی و هنرجویان قرار گیرد تا رعایت موارد ایمنی و انجام مراقبتهای لازم در موقع کار با هریک از دستگاههای الکتریکی، خود را از خطرات احتمالی برهانند.

نیروی برق که قادر به گرداندن بزرگترین و عظیم‌ترین ماشینها و موتورهاست به آسانی میتواند انسان را از پای درآورد. عبور جریان بیش از ۲۵ A/۰ از بدن انسان بخصوص اگر از نزدیکی قلب بگذرد خطرناک است و چنانچه این جریان به ۱ A/۰ برسد مرگ انسان تقریباً حتمی است.درنمودار ذیل میزان خطرات برق برای انسان باتوجه‌به‌مقدارجریان‌عبوری از بدن نشان داده‌شده است:



(شکل ۵۵ ــ ۴) دیاگرام میزان خطرات جریان برق برای انسان

قدرت یا توان الکتریکی عبارت است از: P=U×I

که عاملی است برای انجام کارهای بسیار مفید، همین قدرت چنانچه کنترل نشود و یا با بی‌احتیاطی با آن برخورد گردد قادر است خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری را بوجود آورد.

در موقع کار با وسائل و دستگاههای برقی به نکات ذیل دقت نمائید:

۱ ــ با وسائل الکتریکی که آشنا نیستید کار نکنید و حتی‌الامکان از دست زدن به آنها بپرهیزید.

۲ ــ با دست تر یا نمناک با کلیدها و پریزها و دیگر لوازم برقی کار نکنید.

۳ ــ به قسمتهای فلزی و نقاطی که امکان وجود جریان برق در آنها میرود (مانند کلید و پریزهای شکسته و قسمت فلزی لامپ و....) دست نزنید.

۴ ــ سیمهای حامل جریان برق را در مسیر عبور و روی زمین رها نسازید.

۵ ــ سیمهای حامل جریان برق را که احتمال زدگی و فرسودگی در آنها میرود، دائماً مورد بازرسی قرار دهید و در صورت هرگونه عیبی بلافاصله نسبت به تعویض آنها اقدام کنید.

۶ ــ در موقع نصب ماشین آلات از اتصال صحیح سیم زمین اطمینان حاصل کنید.

۷ ــ در موقع هر نوع تعمیر یا تعویض قطعات برقی حتماً جریان برق را قطع کنید.

۸ ــ در موقع تعمیر دستگاهها و وسائلی که سیم‌کشی ثابت داشته و بوسیلهٔ فیوز از مدار خارج میشوند، حتماً فیوزهای مربوطه را باز کرده در جیب خود بگذارید تا مطمئن باشید جریان برق در وسیلهٔ مورد تعمیر قطع گردیده و تا پایان کار وصل نخواهد شد.

۹ ــ وقتی به هر علتی برق دستگاه یا قسمتی از کارگاه را قطع نموده‌اید، برای وصل مجدّد جریان باید اطمینان حاصل کنید که کسی مشغول کار با دستگاههای مربوط به جریان مذکور نیست.

۱۰ ــ در موقع کار با وسائل الکتریکی معیوب احتیاط بیشتری بنمائید.

۱۱ ــ در موقع خاموشی‌ها از خاموش بودن دستگاهها و کار نیفتادن آنها با رسیدن جریان مجدد مطمئن باشید.

۱۲ ــ در موقع کار با وسائل برقی از کفشهائی که کف عایق دارند استفاده کنید.

۱۳ ــ به تصوّر اینکه فشار ضعیف خطرناک نیست، نباید در قسمتهائی که تحت این فشار کار میکند بدون قطع جریان اقدام به تعمیر یا تعویض قطعات الکتریکی نمود زیرا چنانچه بدن انسان مرطوب باشد باعث عبور جریان الکتریکی خطرناکی میشود.

۱۴ ــ در موقع بازدید از کارخانجات و قسمتهای فشار قوی از کلاه ایمنی و کفشهای کف‌لاستیکی استفاده نموده، دستهای خود را نیز در جیبهایتان قرار دهید. زیرا با نزدیک شدن دست به خطهای فشار قوی جریان برق از راه یونیزاسیون هوا ممکن است وارد بدن انسان شود.

۱۵ ــ هرگاه روی تابلو علامت مشاهده کردید از دست زدن به قطعات و کلیدهای آن خودداری کنید.

۱۶ ــ هنگام برق گرفتگی فرد، قبل از هر عمل بایستی جریان برق را قطع کنید و شخص برق گرفته را بوسیله قطعه‌ای چوب یا میله‌ای عایق از محل اتصال برق جدا کنید.

۱۷ ــ ضمن انجام کمکهای اولیه ــ سعی به شخص آسیب دیده پزشک را مطّلع سازید.