تعدادی الکترون گردیده، بالا رفتن تعداد الکترونهای آزاد در جسم قابلیّت هدایت الکتریکی آنرا بالا میبرد. بنابراین تابش نور به اجسام مذکور باعث ایجاد هدایت الکتریکی موقّت مینماید. اینحالت تا موقعی که نور به جسم می‌تابد ادامه دارد و بمحض قطع تابش از قابلیّت هدایت آن کاسته میشود. بالا رفتن هدایت الکتریکی این اجسام رابطه مستقیم با شدّت نور تابیده شده به آنها دارد.

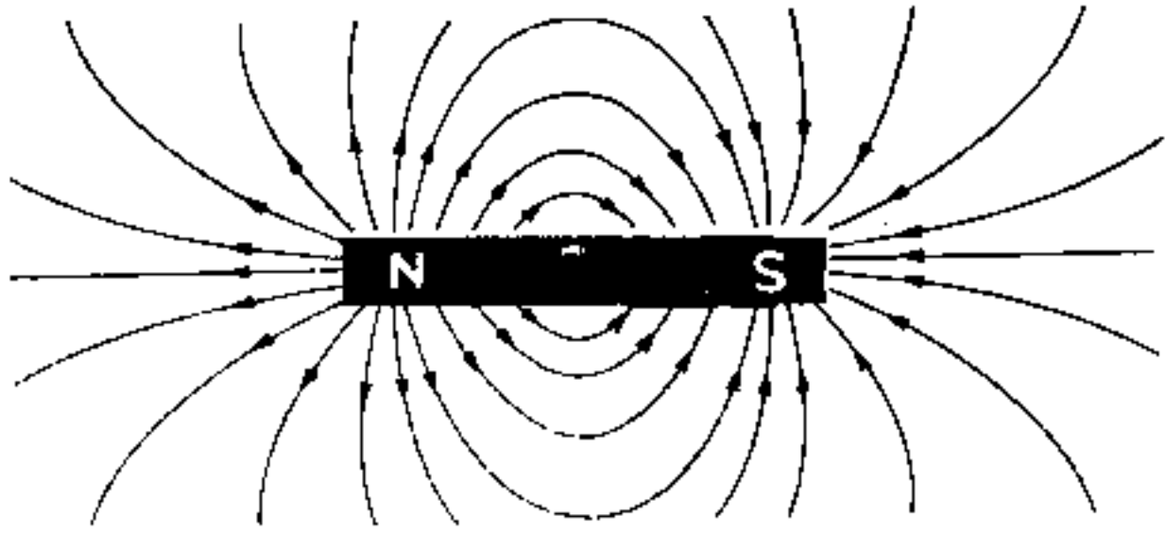
تولید الکتریسیته بوسیلهٔ مغناطیس Magneto Electricity

هر آهنربائی در فضای اطراف خود اثراتی دارد که فضای مذکور را میدان مغناطیسی آن آهنربا گویند.

میدان مغناطیسی هر آهنربا از نظر تئوری دارای وسعت بینهایت است ولی عملاً تا فاصلهٔ معیّنی محسوس است چون اثر مغناطیس با فاصله نسبت عکس دارد. بعبارت دیگر هر چه از آن دور شویم اثر آن کوچکتر خواهد شد تا جائیکه دیگر قابل تشخیص نخواهد بود. تشخیص و اندازه‌گیری اثر مغناطیس یک آهنربا بستگی به دقّت و حساسیّت وسیلهٔ اندازه‌گیری دارد.

اگر عقربه‌ای مغناطیسی در میدان اثر آهنربائی واقع شود امتداد عقربه طوری قرار خواهد گرفت که قطب شمال عقربه به سمت قطب جنوب آهنربا و قطب جنوب عقربه به سمت قطب شمال آهنربا متمایل باشد (اثر نیروی جاذبهٔ بین قطبهای غیر همنام). در اینحالت امتداد قطبین عقربه مماس بر منحنی رابط بین قطبین آهنربا میباشد. این خط منحنی و بینهایت خطوط مشابه دیگر میدان آهنربا را تشکیل میدهند و خطوط قوای مغناطیسی نامیده میشوند.

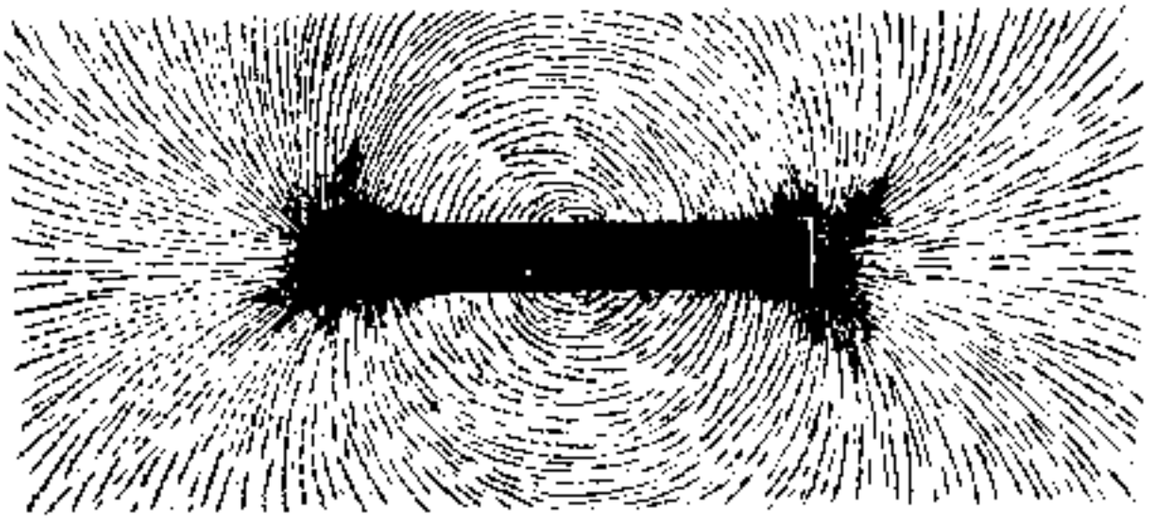
بنابر قرارداد جهت تأثیر قوای مغناطیسی از قطب شمال آهنربا (N) به سمت قطب جنوب آن (S) میباشد. بنابر این اگر عقربهٔ مغناطیسی را در میدان اثر آهنربائی قرار دهیم امتداد جنوب به



(شکل ۱۰ ــ ۴) دیاگرام خطوط قوای مغناطیسی

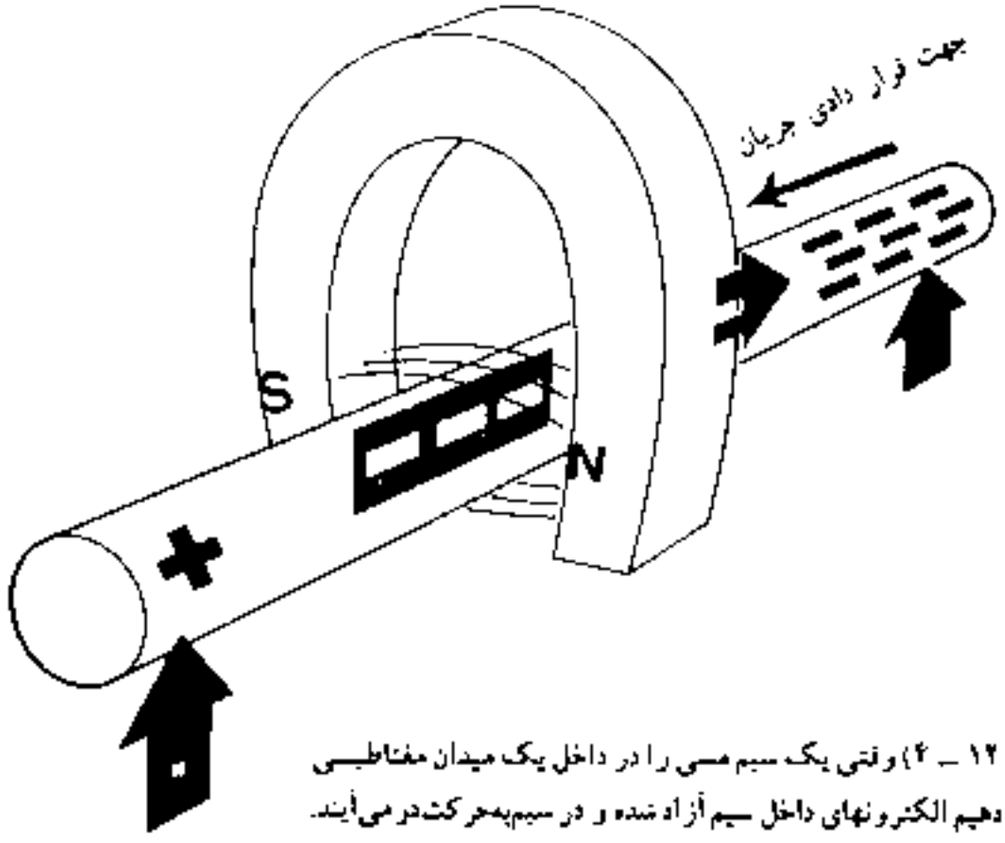
شمال عقربه، جهت خطوط قوای مغناطیسی آهنربا را نشان میدهد.

برای تعیین خطوط قوا و میدان مغناطیسی یک آهنربا از براده‌های آهن نیز میتوان استفاده کرد. بدینطریق که آهنربا را روی سطح صاف غیر مغناطیسی قرار داده براده‌های آهن روی صفحهٔ پاشیده میشود. این براده‌ها تحت تأثیر مغناطیس در امتداد خطوط قوای آهنربا قرار گرفته و میدان مغناطیسی آهنربا را مشخص میسازند.



(شکل ۱۱ ــ ۴) نمایش خطوط قوا و میدان مغناطیسی آهنربا بوسیله براده‌های آهن

از نیروی میدان مغناطیسی میتوان برای آزاد کردن و حرکت الکترونها (تولید الکتریسیته) استفاده نمود. چنانچه یک هادی خوب مانند سیمی مسی را در میدان مغناطیسی آهنربائی عمود بر خطوط قوا حرکت دهیم نیروی میدان بر اتمهای آن تأثیر نموده از مدار والانس خود الکترون آزاد



(شکل ۱۲ ــ ۴) وقتی یک سیم مسی را در داخل یک میدان مغناطیسی حرکت دهیم الکترونهای داخل سیم آزاد شده و در سیم بحرکت در می‌آیند.

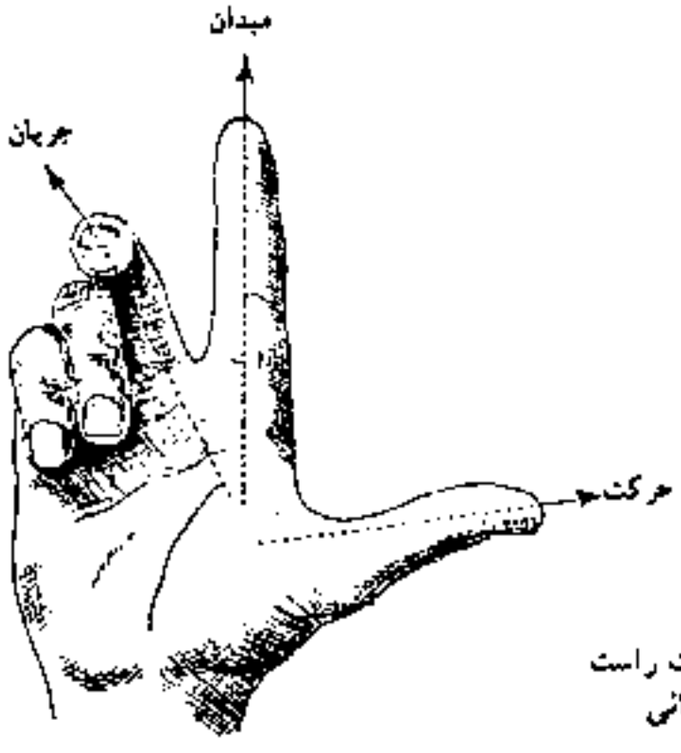
مینمایند و الکترونهای آزاد شده در جهت معینی حرکت مینمایند.

چنانچه گفته شد برای ایجاد نیروی محرّکه در سیم هادی (اثر نیروی مغناطیسی روی الکترونهای سیم هادی) سیم بایستی عمود بر خطوط قوا حرکت کند تا آنها را قطع نماید. در صورتیکه سیم بموازات خطوط قوا حرکت کند نیروی محرّکه‌ای در آن القاء نمیشود. بنابراین هرچه زاویه حرکت از حالت قائم بر خطوط قوا خارج شود از مقدار نیروی محرّکهٔ القائی نیز کسر می‌گردد تا موقعی که این زاویه صفر شود (حرکت بموازات خطوط قوا) که نیروی محرّکهٔ القائی نیز صفر خواهد شد.

بطور خلاصه مقدار نیروی محرّکهٔ القائی در سیم هادی متناسب با تعداد خطوط قوای قطع شده و زاویه امتداد حرکت سیم با خطوط قوا میباشد. البتّه منظور از قطع خطوط قوا تنها حرکت سیم هادی در میدان مغناطیسی نیست، منظور حرکت نسبی سیم هادی و میدان مغناطیسی است. بنابراین چنانچه سیم هادی ثابت و آهنربا حرکت داده شود باز همین پدیدهٔ القاء نیروی محرّکه در سیم بوجود میآید.

دانستیم که حرکت سیم هادی در میدان مغناطیسی، قطع خطوط قوا و القاء نیروی محرّکه در سیم هادی باعث حرکت الکترونها از یک سمت سیم به سمت دیگر شده و با تغییر جهت حرکت، جهت حرکت الکترونها نیز عوض میشود. مثلاً وقتی سیم مسی را به دهانهٔ آهنربای نعلی شکل وارد میکنیم جریان الکترونها در جهت معینی میباشد و وقتی که آنرا از دهانه خارج میکنیم جهت حرکت الکترونها نیز عکس جهت قبلی خواهد بود.

اتّصال دو سر سیم هادی به یکدیگر باعث میشود الکترونهای تحریک شده در سیم به



(شکل ۱۳ ــ ۴) نمایش قاعدهٔ دست راست
برای تعیین جهت جریان القائی

حرکت در آمده جریان الکتریسیته بوجود آید. جهت نیروی محرکهٔ القائی و جریان الکتریکی حاصل (که طبق قرارداد عکس جهت حرکت الکترونها میباشد) را میتوان از طریق قاعدهٔ دست راست تعیین نمود بدینطریق که:

اگر سه انگشت شست، سبّابه و وسطی دست راست را بشکل محورهای مختصات نسبت بهم عمود نگهداشته، انگشت شست را در جهت حرکت سیم هادی و انگشت سبّابه را در امتداد خطوط قوای مغناطیسی قرار دهیم انگشت وسطی جهت نیروی محرّکهٔ القائی و جهت جریان الکتریکی در مدار بسته را نشان میدهد. این روش تولید الکتریسیته اساس کار ترانسفورماتورها را تشکیل میدهد.

آثار جریان الکتریسیته

انرژی موجود در جریان الکتریکی را میتوان برای تولید حرارت، نور، فشار (نیرو)، مغناطیس و ایجاد فعل و انفعالات خاصّ شیمیائی بکار برد. این آثار الکتریسیته خود همان عوامل تولید الکتریسیته میباشند که قبلاً شرح آن گذشت.

تولید حرارت بوسیلهٔ الکتریسیته ــ عبور جریان الکتریسیته از یک هادی ایجاد حرارت مینماید. مقدار حرارت ایجاد شده رابطهٔ مستقیم با مقاومت الکتریکی هادی دارد. بنابراین هر چه قابلیّت هدایت الکتریکی بالا باشد (مقاومت کمتر) حرارت کمتری ایجاد میشود و هر چه قابلیّت هدایت الکتریکی پائین باشد (مقاومت بیشتر) حرارت بیشتری ایجاد میشود. چون هر هادی بسیار خوب هم بدون مقاومت نیست، هیچ هادی وجود ندارد که عبور جریان از آن حرارت، (اگر چه ناچیز باشد) ایجاد ننماید.

مقدار حرارت با مجذور شدّت جریان عبوری و زمان عبور جریان نیز متناسب است. واحد سنجش حرارت ژول (J) است. یک ژول مقدار حرارتی است که در سیمی به مقاومت یک اُهم در اثر عبور شدن جریانی برابر با یک آمپر در مدّت زمان یک ثانیه ایجاد شود.

$$Q = RI^2t \qquad \text{حرارت به ژول (J)}$$

واحد دیگر سنجش حرارت کالری (Cal) است. هر ژول معادل ۰/۲۴ کالری است.

$$Q = 0/24\,RI^2t \qquad \text{حرارت به کالری (Cal)}$$

حرارت ایجاد شده در بعضی از وسائل نظیر بخاری، اجاق و اطو برقی مفید است و سعی بر این میباشد که حداکثر حرارت تولید شود. برای اینمنظور از سیمهای مخصوص با مقاومت الکتریکی زیاد استفاده می‌شود.

در بعضی از وسائل حرارت ایجاد شده زیانبار است مانند ترانسفورماتورها و موتورهای برقی. چون علاوه بر مصرف بیهودهٔ مقداری انرژی، چنانچه حرارت ایجاد شده از حدّ معیّنی

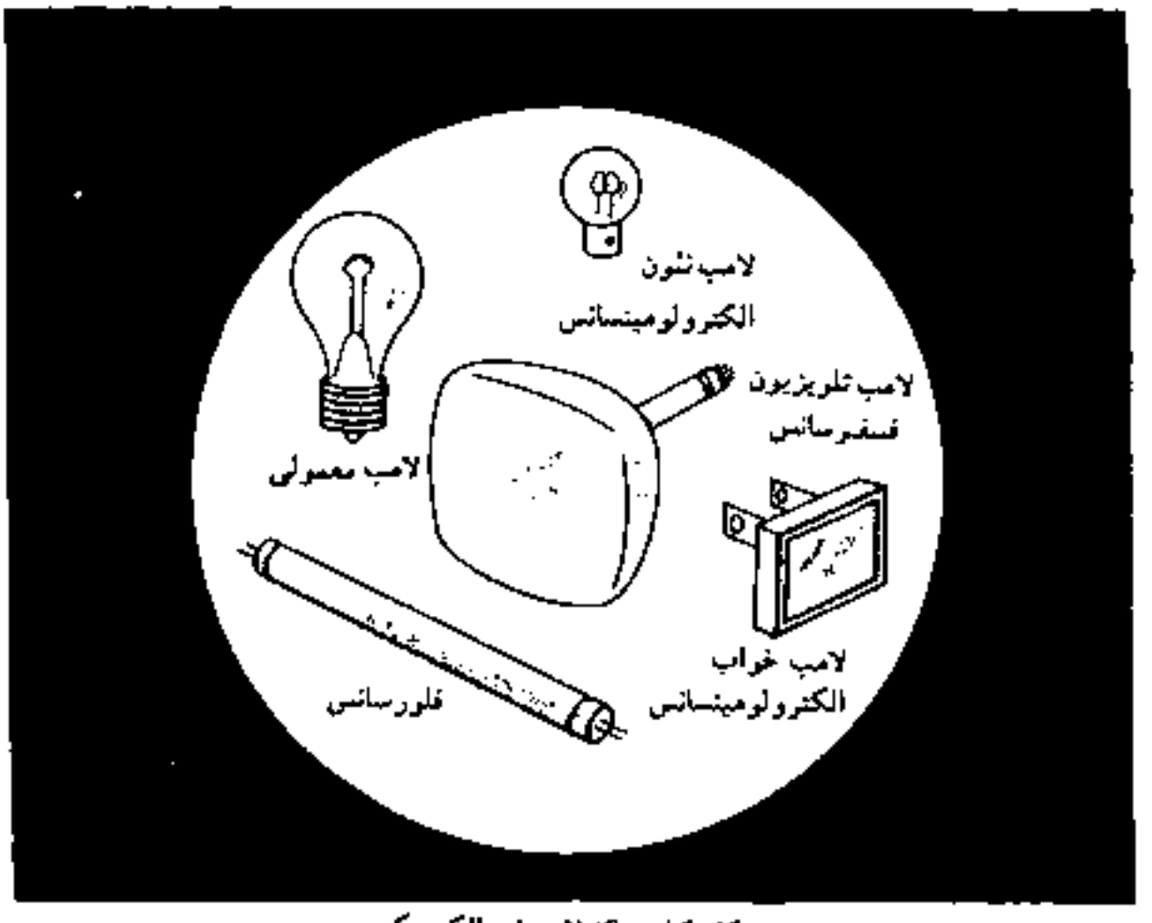
بگذرد باعث سوختن عایق سیم پیچهای موتور میشود که نتیجه‌اش سوختن موتور الکتریکی است.

در لامپهای روشنائی معمولی حرارت ایجاد شده مفید نیست ولی **الزامی** است. چون تا رشتهٔ مقاومت داخل لامپ حرارت نبیند و سرخ نشود تشعشع نمینماید.

تولید نور بوسیلهٔ الکتریسیته ــ خیلی از هادیهای ضعیف (مقاومتهای قوی) در هنگام عبور جریان در اثر حرارت زیادی که در آنها ایجاد میشود افروخته شده نور قرمز یا سفید از خود ظاهر میسازند. این پدیده اساس ساخت لامپهای معمولی را تشکیل میدهد.

ایجاد نور بکمک الکتریسیته بدون اینکه حرارت زیادی تولید گردد امکان پذیر میباشد. این عمل به سه طریق انجام میشود که عبارتند از: فسفرسانس، الکترولومینسانس و فلورسانس (فلوئورسنت) هنگام برخورد الکترونها با بعضی از فسفرها و مواد دیگر پدیدهٔ فسفرسانس بوجود میآید که لامپ تصویر تلویزیون نمونه‌ای از آنست.

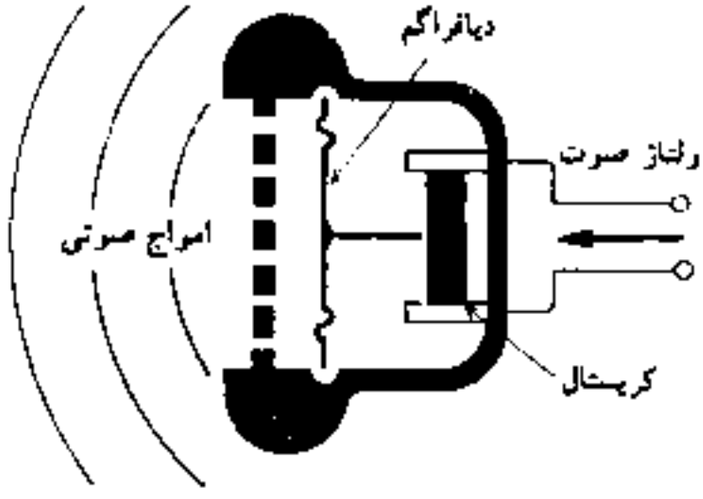
بعضی از اجسام جامد بهنگام عبور جریان الکتریکی از آنها مقدار کمی نور تولید میکنند. عده‌ای از گازها نظیر نئون، آرگون، و بخار جیوه نیز هنگام عبور جریان الکتریکی از آنها یونیزه شده و تشعشعات نوری تولید میکنند. این پدیده را الکترولومینسانس گویند که از آن در ساخت چراغها و تابلوهای تبلیغاتی فروشگاهها استفاده میشود.



(شکل ۱۴ ــ ۴) لامپهای الکتریکی

ترکیبی از فسفرسانس و الکترولومینسانس را فلورسانس گویند. مثلاً گازی مانند بخار جیوه هنگام عبور جریان الکتریکی یونیزه شده اشعهٔ ماوراء بنفش از خود متصاعد میکند، برخورد این تشعشعات با لایهٔ فسفرسانس باعث ایجاد نور سفیدی میشود.

تولید فشار بوسیله الکتریسیته ــ همانطور که وارد نمودن نیرو یا فشار خمشی یا پیچشی به کریستالهای تیرو موجب تولید بار الکتریکی میشود عکس آن نیز صادق است یعنی یک ولتاژ الکتریکی میتواند باعث خمش یا پیچش در کریستالهای پیزو گردد. بعبارت دیگر اتصال دو سر یک کریستال پیزو به یک منبع ولتاژ الکتریکی، یک فشار پیزو الکتریکی در کریستال ایجاد نموده و شکل آنرا تغییر میدهد. این پدیده اساس کار گوشی‌های کریستالی و وسیله‌ایست برای خط انداختن صفحات گرامافون بهنگام ضبط صدا بر روی آنها.



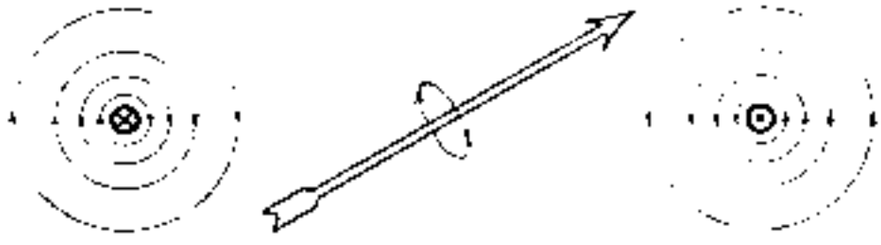
وقتی ولتاژهای صوتی به کریستالهای گوشی داده میشوند کریستالها ارتعاش کرده باعث لرزش دیافراگم می‌شود که این باعث تنیده شدن صدا بوسیلهٔ گوشی میگردد.

(شکل ۱۵ ــ ۴) گوشی کریستالی

تولید مغناطیس توسط الکتریسیته ــ در اطراف هر سیم حامل جریان یک میدان مغناطیسی بوجود میآید که خطوط قوای آن بشکل دوائری که مرکز مشترک آنها مرکز سیم است، سیم را احاطه مینماید.

اگر به مقطع سیم حامل جریان نگاه کنیم و جریان الکتریکی از طرف چشم ما به سمت مقطع سیم باشد این جریان دور شونده را با علامت ⊕ نشان میدهند. در اینصورت جهت خطوط قوای مغناطیسی موافق جهت حرکت عقربه‌های ساعت خواهد بود.

چنانچه جهت جریان از سمت مقطع سیم به طرف چشم ما باشد این جریان نزدیک شونده

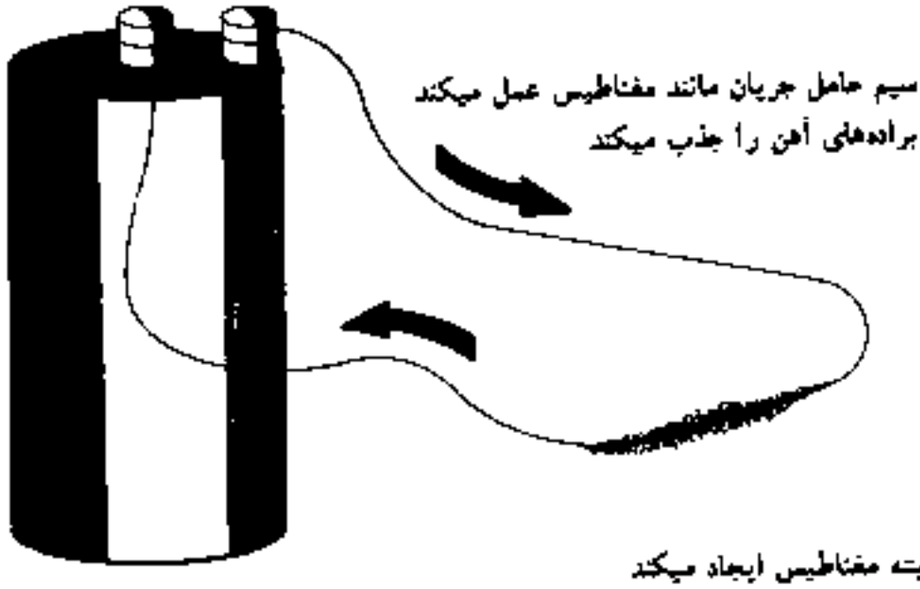


(شکل ۱۶ ــ ۴) جهت خطوط قوای مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

را با علامت ⊙ نشان میدهند. در اینصورت جهت خطوط قوای مغناطیسی مخالف جهت حرکت عقربه‌های ساعت خواهد بود.

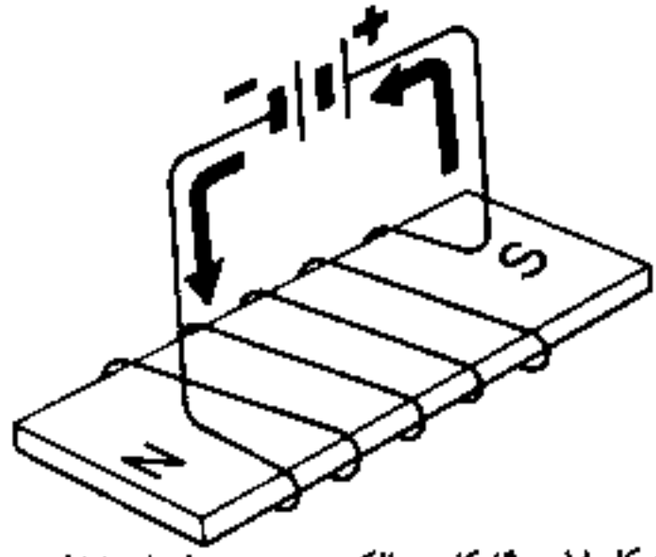
میدان مغناطیسی ایجاد شده در اطراف سیم حامل جریان مانند یک مغناطیس میتواند عمل نماید یعنی براده‌های آهن را جذب و عقربهٔ مغناطیسی را منحرف سازد.

میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریسیته را میتوان برای تهیه مغناطیس بکار برد.



(شکل ۱۷ ــ ۴) الکتریسیته مغناطیس ایجاد میکند

چنانچه سیمی را بدور قطعهٔ آهنی پیچیده جریان الکتریسیته را از آن عبور دهیم میدان مغناطیسی حاصل از جریان باعث مغناطیس شدن قطعهٔ آهن میشود.



(شکل ۱۸ ــ ۴) کاربرد الکتریسیته جهت ایجاد مغناطیس SN

چنانچه پس از قطع جریان خاصیّت مغناطیسی قطعه به سرعت از بین برود، مغناطیس را موقّت گویند. برای تهیه مغناطیس موقت از آلیاژ آهن خالص با سیلیس استفاده میشود. در صورتیکه پس از قطع جریان خاصیّت مغناطیسی قطعه برای مدتی طولانی باقی بماند، مغناطیس را دائمی نامند. برای تهیه مغناطیس دائمی از آلیاژهای فولاد و کبالت که آهن سخت نامیده میشود

استفاده میکنند.

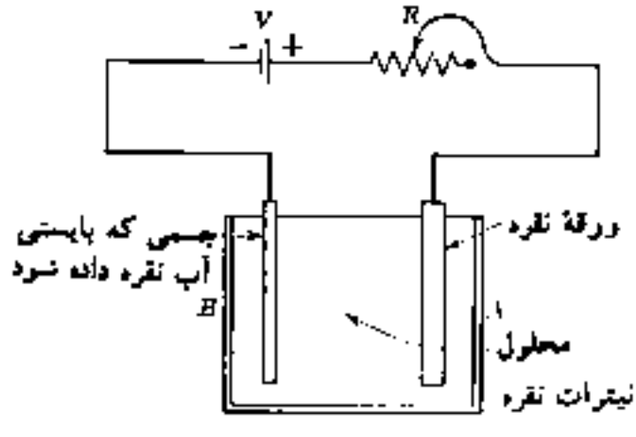
تأثیر شیمیائی جریان الکتریسیته ــ محلولها و مایعاتی که هادی جریان الکتریسیته هستند (الکترولیتها) در نتیجهٔ عبور جریان الکتریسیته از آنها تجزیه میشوند. این عمل را الکترولیز یا تجزیه الکتریکی نامند.

از الکترولیز برای تجزیهٔ آب و تصفیهٔ الکتریکی فلزات و آبکاری استفاده میشود. (آبکاری عملی است برای روکش دادن فلزات بکمک الکتریسیته Electro plating).

مثلاً در آب نقره کاری در محلول نیترات نقره NO_3Ag به یونهای NO_3^- و Ag^+ تجزیه میشود. یک ورقهٔ نقره‌ای (A) و جسمی که بایستی روکش شود (B) داخل محلول قرار داده میشود. ورقهٔ نقره به قطب مثبت پیل و جسم روکش شونده به قطب منفی آن وصل میشود. در نتیجه صفحهٔ A دارای بار مثبت و B دارای بار منفی خواهد شد. با توجه به اینکه بارهای غیر همنام یکدیگر را جذب و بارهای همنام یکدیگر را دفع میکنند یونهای مثبت Ag^+ جذب صفحه منفی B شده روی آن می‌چسبد و به ضخامت آن میافزاید. یونهای منفی NO_3^- باعث جدا شدن نقره بصورت Ag^+ از صفحهٔ نقره و وارد شدن آنها در محلول میگردد باین ترتیب از غلظت محلول کاسته نشده و فعل و انفعالات قبل تداوم می‌یابد. بنابراین نتیجهٔ فعل و انفعالات فوق جدا شدن ذرات نقره از صفحهٔ A و چسبیدن آنها به جسم B است.

در این عملیات هر یون نقره که روی B می‌نشیند یک الکترون از صفحهٔ B دریافت میکند و هر اتم نقره که از صفحهٔ A جدا میشود یک الکترون در آن باقی میگذارد. بنابراین تعداد اتمهای کسر شده از صفحهٔ A مساوی تعداد اتمهای نقره‌ایست که روی صفحهٔ B می‌نشیند.

عبور جریان الکتریسیته در یک جهت معین (جریان مستقیم) عامل نقل و انتقال ذرات نقره از صفحهٔ A به B است. بطور کلی در عمل الکترولیز هیدروژن و فلزات در جهت جریان حرکت میکنند و جذب قطب منفی میشوند. مقدار تجزیه در یک عمل الکترولیز رابطهٔ مستقیم با تعداد الکترونهای جریان یافته در مدار دارد. بنابراین با تغییر شدت جریان میتوان سرعت تجزیه را تغییر داد که این عمل بکمک یک رئوستا (R) انجام میشود.



(شکل ۱۹ ــ ۴) آبکاری از طریق الکترولیز

انواع جریان الکتریسیته

هرگاه جهت جریان در یک سیم حامل جریان الکتریکی تغییر ننماید و در تمام مدت عبور جریان جهت ثابتی داشته باشد، جریان مستقیم خوانده میشود که آنرا جریان DC نیز گویند.

چنانچه جهت جریان در یک سیم حامل جریان الکتریکی متناوباً عوض شود، جریان متناوب خوانده شده که آنرا جریان AC نیز گویند.

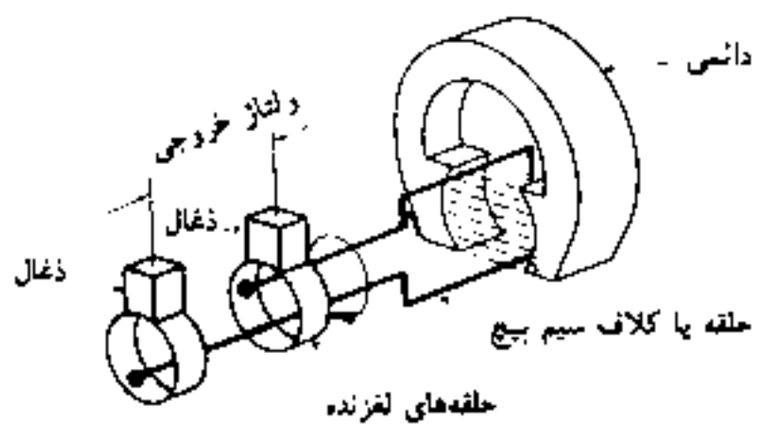
بنابراین جریان مستقیم (DC) نسبت به زمان ثابت و جریان متناوب دارای یک منحنی سینوسی است.

جریان متناوب یکفاز ــ از گردش یک حلقه سیم هادی بین قطبین N و S یک آهنربای نعلی شکل، نیروی میدان مغناطیسی آهنربا بر الکترونهای سیم هادی تأثیر نموده نیروی محرکهٔ متناوبی بین دو سر آن ظاهر میشود.

هرچه تعداد حلقه‌های سیم هادی را زیادتر و سرعت گردش بیشتر باشد نیروی محرکهٔ بالاتری ایجاد خواهد شد. بدینجهت بجای یک حلقهٔ سیمی از کلافی با چندین حلقه که دور هسته‌ای آهنی پیچیده شده‌اند استفاده میشود (بکار بردن هستهٔ آهنی برای آنست که خطوط قوای مغناطیسی فاصلهٔ هوائی کوتاهتری را طی کرده مقاومت مدار مغناطیسی حتی الامکان کاهش یابد).

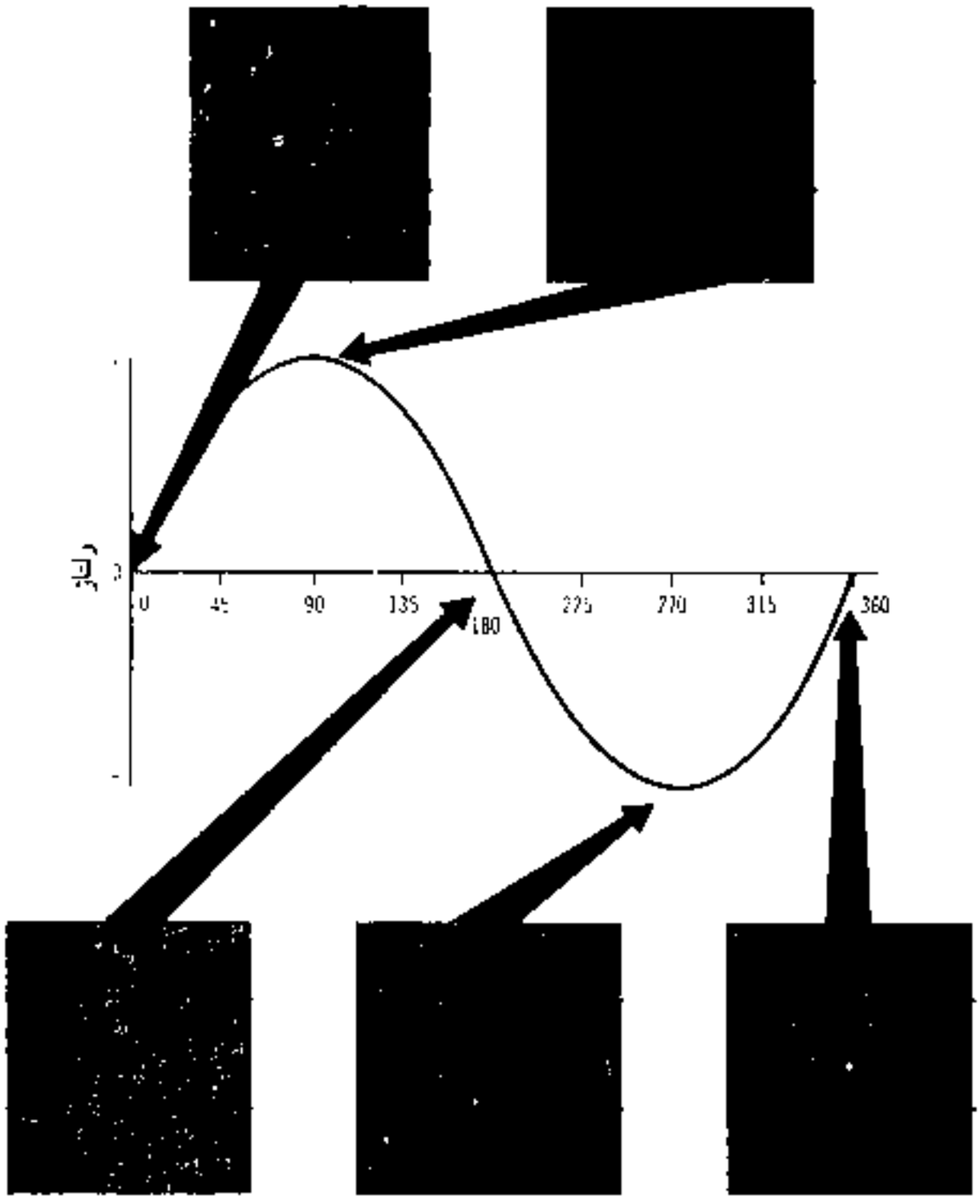
برای انتقال ولتاژ حاصله از حلقه‌های لغزندهٔ فلزی (Slipring) و جاروبکها یا ذغالها (Brushes) استفاده میشود. حلقه‌های لغزنده دارای سطحی صاف بوده و از هادیهای خوب ساخته میشوند. به هر سر کلاف سیم پیچ یکی از این حلقه‌ها متصل شده و همراه با آن گردش می‌نماید. بنابراین ولتاژ القائی در سیم پیچ بین این دو حلقه واقع خواهد شد. جاروبکها (ذغالها) روی این حلقه‌ها قرار گرفته ولی در جای خود ثابت هستند. تماس دائمی ذغالها با حلقه‌های لغزنده امکان انتقال ولتاژ تولیدی را به مصرف کننده‌های خارجی بوجود میآورد.

مطالب فوق اساس تولید جریان الکتریکی متناوب را تشکیل میدهد. بطور خلاصه میتوان گفت: جریان یکفاز متناوب از چرخش یک کلاف سیم پیچ با هستهٔ آهنی در میدان مغناطیسی یک آهنربا بوجود میآید.



(شکل ۲۰ ــ ۴)

قطعهٔ ab از کلاف سیم پیچ را در نظر بگیرید. موقع چرخش کلاف سیم هیچ یک هستهٔ آهنی (آرمیچر) در حالتیکه خطوط قوا عمود بر سطح کلاف هستند حرکت در امتداد خطوط قوا است و هیچ کدام از خطوط قطع نمیشوند بنابراین ولتاژ صفر است. ادامهٔ چرخش باعث میشود هر لحظه خطوط بیشتری نسبت به لحظهٔ قبل توسط کلاف قطع شود. ولتاژ رفته رفته بالا رفته تا موقعی که امتداد حرکت بر خطوط قوا عمود گردد (خطوط قوا موازی سطح کلاف شود). در اینحالت ولتاژ به حداکثر خود میرسد. از این نقطه به بعد ولتاژ شروع به کم شدن میکند تا به صفر برسد (امتداد حرکت موازی خطوط قوا). با ادامهٔ حرکت ولتاژ شروع به زیاد شدن میکند ولی در جهتی خلاف



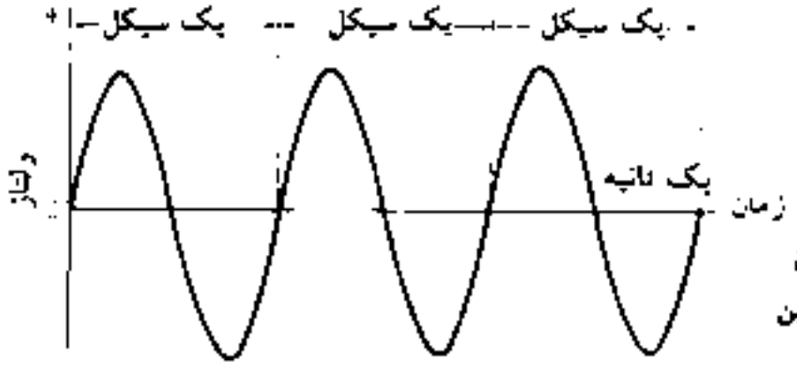
(شکل ۲۱ ــ ۴) مادام که آرمیچر ژنراتور دوران میکند اندازه و جهت ولتاژ تولید شده از یک منحنی سینوسی پیروی میکند

جهت قبل تا وقتی که به حداکثر خود در جهت مخالف برسد، مجدداً به تدریج از ولتاژ کاسته شده تا به صفر برسد. در این حالت قطعهٔ ab از کلاف سیم‌پیچ پس از یکدور کامل به نقطه شروع رسیده است. به عبارت دیگر در یکدور کامل آرمیچر ولتاژ از صفر به ماکزیمم رسیده مجدداً صفر شده و بعد به ماکزیمم در جهت مخالف جهت قبلی رسیده مجدداً صفر می‌شود.

از رسم تغییرات ولتاژ در یکدور چرخش آرمیچر منحنی تغییرات ولتاژ بدست میآید. متداولترین مولدها آنهایی هستند که منحنی تغییرات ولتاژشان یک منحنی سینوسی است. در این مولدهای جریان متناوب (ژنراتورها) در هر لحظه ولتاژ متناسب با سینوس زاویه بین میدان مغناطیسی (خطوط فوا) و بردار جهت حرکت آرمیچر است. چنانچه زاویه مذکور را با θ نشان دهیم خواهیم داشت:

$$e = E_{max} \times \sin\theta$$

تغییرات ولتاژ و شدت جریان از صفر تا ماکزیمم و برگشت صفر و رسیدن به ماکزیمم در جهت مخالف و برگشت مجدّد به صفر را یک سیکل کامل گویند. فرکانس عبارت است از تعداد سیکلهایی که در مدت یک ثانیه انجام میگیرد. واحد فرکانس سیکل بر ثانیه (CPS) است. بنابراین هرچه آرمیچر تندتر بچرخد فرکانس بیشتری ایجاد میشود.



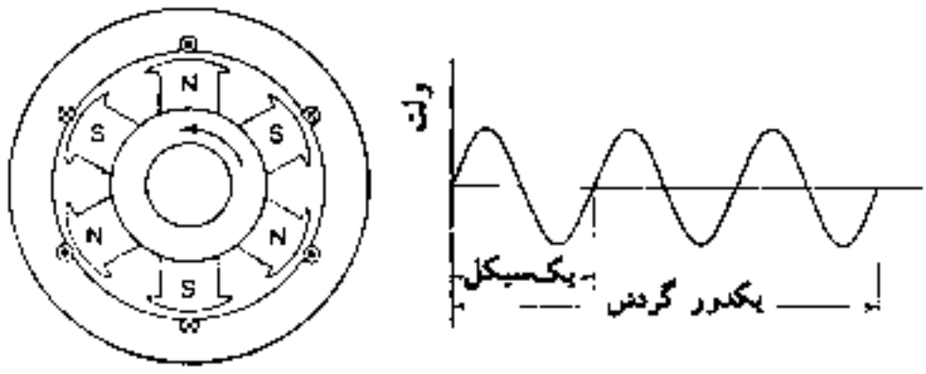
(شکل ۲۲ ـ ۴) فرکانس ولتاژ یا جریان تعداد سیکل‌ها در ثانیه است. فرکانس این ولتاژ ۳CPS است.

فرکانس برق در ایران برابر ۵۰CPS میباشد که بر روی اغلب دستگاههای برقی ذکر شده است. دستگاهی که برای فرکانس معینی ساخته شده چنانچه به فرکانس دیگری متصل شود یا اصلاً کار نمیکند و یا کار نامرتبی خواهند داشت. برای بالا بردن فرکانس بدون احتیاج به افزایش تعداد دور آرمیچر از چند کلاف سری شده که با زاویه مساوی روی یک آرمیچر قرار دارند استفاده میشود. مثلاً اگر از سه کلاف استفاده شود در هر دور چرخش آرمیچر سه سیکل کامل خواهیم داشت.

در مولّدهای کوچک معمولاً قطبهای مغناطیسی ثابت و سیم پیچ گردان میباشد مانند شرحی که برای جریان یکفاز گذشت. ولی در مولّدهای بزرگ سیم‌پیچ ثابت و قطبهای مغناطیس عمل چرخش را انجام میدهند. شکل ۲۳ ـ ۴ یک مولّد ۶ قطبی جریان متناوب با مغناطیس گردان را نشان میدهد.

جریان و ولتاژ حاصل از کار مولدهائی که شرح آنها بیان شد، جریان و ولتاژ متناوب یکفاز نامیده میشوند. مولدهای مذکور دارای یک کلاف یا چند کلاف سیم پیچی سری شده هستند و در

نهایت دو سر سیم خروجی دارند.



(شکل ۲۳ ـ ۴) یک مولد ۶ قطبی جریان متناوب

جریان متناوب سه فاز

چنانچه در مولّدی مانند آنچه برای جریان متناوب یکفاز شرح داده شد بجای یک کلاف سیم پیچ دارای سه کلاف مجزا بوده و هریک با دیگری ۱۲۰° اختلاف روی آرمیچر قرار گیرد. در نهایت ۶ سرسیم خروجی خواهیم داشت و هر دو سر که مربوط به یک کلاف است مانند یک مولد یکفاز متناوب عمل مینماید. بنابراین مولّد مذکور در مجموع مانند سه مولّد یکفاز جداگانه است و آنرا مولّد سه فاز متناوب نامند. جریان و ولتاژ حاصله نیز بنام جریان و ولتاژ سه فاز متناوب خوانده میشود.

از ولتاژ و جریان هر فاز میتوان جداجدا برای وسائل و ماشین آلات یکفاز متناوب و بصورت گروهی برای مصرف کننده‌های سه فاز متناوب استفاده نمود.

کابلهای انتقال انرژی الکتریکی

در انتقال انرژی الکتریکی با قدرت زیاد برای جلوگیری از افت حرارتی زیاد در سیمها بوسیلهٔ ترانسفورماتور ولتاژ خط را بالا میبرند که با توجّه به رابطهٔ توان الکتریکی ($P = U \times I$) اگر قدرت را مقدار ثابتی فرض کنیم شدت جریان کوچک خواهد شد. همانطور که برای انتقال آب با فشار زیاد از یک مقطع کوچک باید لوله را با جدارهٔ ضخیم انتخاب کرد تا در اثر فشار زیاد پاره نشود، برای انتقال جریان الکتریکی با ولتاژ زیاد بایستی سیمهای انتقال را با روپوش و عایقی ضخیم و مناسب انتخاب شود تا جریان به خارج آن نفوذ نکند. ضمناً عایق مذکور باید حفاظت کابل در مقابل عوامل مختلف طبیعی و مصنوعی را نیز انجام دهد. بطور خلاصه میتوان گفت:

هر نوع هادی الکتریسیته که توسط ماده‌ای از محیط اطراف خود عایق شده باشد بطوریکه فشار الکتریکی بین سطح خارجی عایق نسبت به زمین برابر صفر باشند کابل نامیده میشود.

عایق نمودن کابل برای جلوگیری از اتصال هادی به زمین در موقع نصب آن در زمین میباشد. روی کابلها علاوه بر مشخصات فنی آنها که شامل سطح مقطع، نوع عایق، جنس عایق از نظر مقاومتهای مکانیکی است باید ولتاژ مجاز و یک یا چند رشته‌ای بودن آن ذکر گردد.

کابلها بطور کلی از سه قسمت تشکیل شده‌اند:

۱ ــ عایق کابل

۲ ــ قسمت هادی کابل

۳ ــ غلاف کابل

بعضی از کابلها ممکن است فاقد غلاف باشند ولی کلیه کابلها قسمت هادی و عایق را دارا میباشند. در کابلهای مرکب تعداد لایه‌های عایق، روپوش، غلاف و تعداد رشته‌های هادی کابل متفاوت است.

۱ ــ عایق کابل ــ عایق کابل متناسب با نوع مصرف از مواد مختلف ساخته میشود که مهمترین آنها عبارتند از:

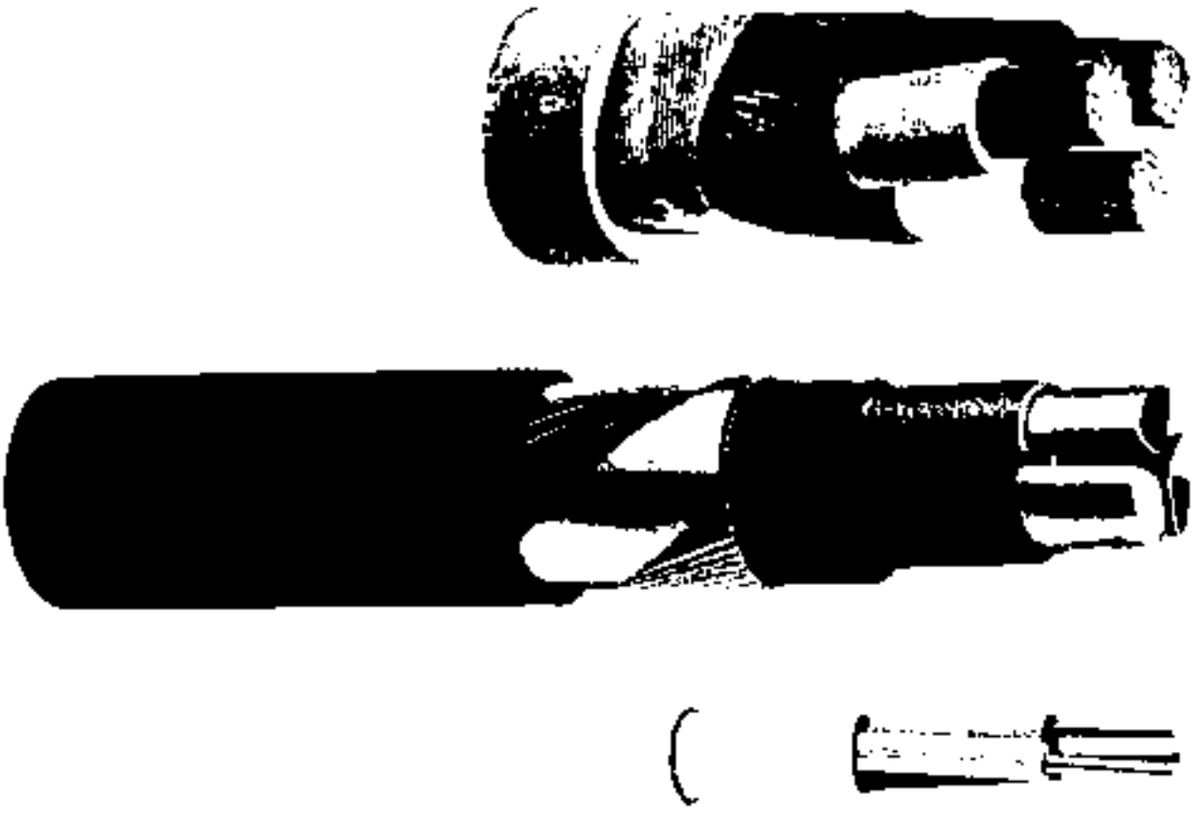
کاغذهای آغشته به روغن، مواد لاستیکی و P.V.C (پلی‌وینیل کلراید) که بهترین و متداولترین آنها عایق P.V.C است که پروتودور نیز نامیده میشود. مواد اولیه P.V.C از ذغال، اسید کلریدریک، آهک، کاربیدو استیلن تشکیل شده است. از ترکیب این مواد P.V.C بصورت پودر حاصل میشود که در ساختن عایق کابلها به مصرف میرسد. این عایقها (P.V.C) نسوز بوده و در مقابل رطوبت و عوامل جوّی مقاوم هستند.

۲ ــ هادی کابل ــ هادی کابل قسمت اصلی آنست که جریان الکتریکی را هدایت میکند. جنس هادی کابل معمولاً از مس یا آلومینیوم است. برای تشخیص جنس این قسمت کافیست به رنگ هادی توجه شود. از نظر شکل مقطع هادی ممکن است دایره‌ای یا مثلثی (سکتور Sector) تهیه شود.

۳ ــ غلاف کابل ــ برای محافظت کابل در مقابل رطوبت روی عایق کابل را با روکشی از جنس سرب می‌پوشانند. در کابلهائی که تحت فشار و ضربه قرار میگیرند برای محافظت از نوارهای فولادی استفاده میشود و برای حفاظت از نوارهای فولادی مذکور لایه‌های قیرگونی بکار میرود.

کابلهائی که علاوه بر عایق شدن برای محافظت دارای غلاف سربی و نوارهای فولادی باشند بنام کابل مسلّح و کابلهائی که فقط از نظر الکتریکی عایق شده‌اند کابل معمولی یا کابل غیر مسلّح نامیده میشوند.

مشخصات کابل روی قرقرهٔ مربوطه و در بعضی موارد روی بدنهٔ کابل با حروف مشخّصه‌ای نوشته میشود که بعضی از این حروف برحسب استانداردهای V.D.E آلمان بقرار



(شکل ۲۲ ــ ۴)

ذیل است:

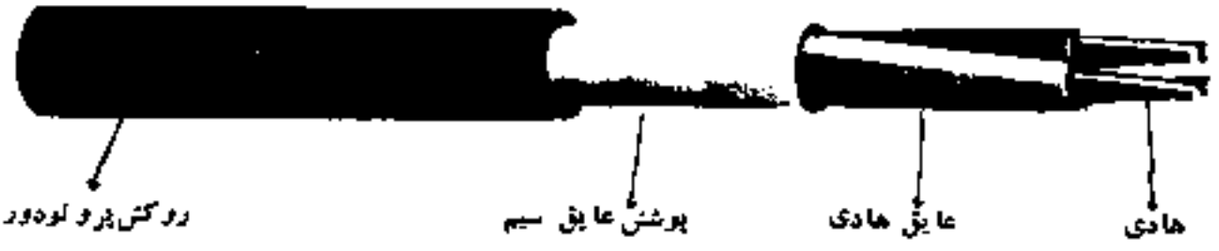
کابل با سیم مسی (کابل نرمال).	N
کابل با سیم‌آلومینیومی.	NA
عایق پروتودور (اوّلین Y در ردیف حروف).	Y
روپوش پروتودور (دوّمین Y در ردیف حروف).	Y
سیم با مقطع گرد یک لا (تک رشته‌ای).	re
سیم با مقطع گرد چند لا (چند رشته‌ای).	rm
سیم با مقطع مثلثی یک لا (سکتور تک رشته‌ای).	se
سیم با مقطع مثلثی چند لا (سکتور چند رشته‌ای).	sm
کابل مسلح با سیم تخت.	F
کابل مسلح با سیم گرد.	R
کابل مسلح با نوار فلزی (بانداژ فولادی).	B
کابل مسلح با سیم پروفیلی.	Z
حفاظت با نوار فولادی.	Gb
سیم حفاظت یا سیم صفر (سیم نول MP).	C
غلاف سربی.	K

A غلاف خارجی دوبل.

T کابل تحمّل کننده برای کابل کشی هوائی.

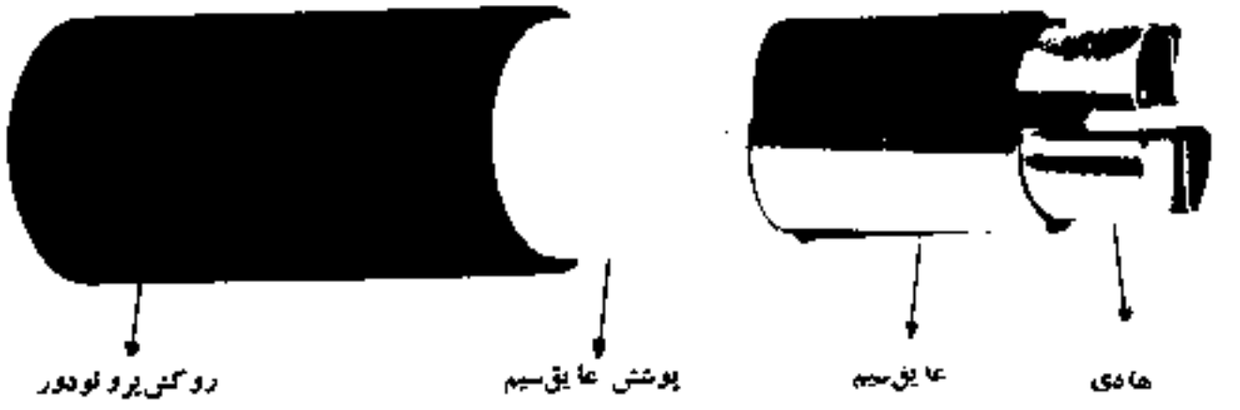
H هر رشته با کاغذ آغشته به گرافیت یا با ورقهٔ متالیزه روکش شده است.

مثال ۱ ــ کابل Nyy4 × re0.6/1KV ــ یعنی کابل نرمال با عایق و روکش پروتودور، غیر قابل اشتعال و پایدار در مقابل رطوبت و عوامل جوّی، چهار سیمه با مقطع چهار میلیمتر مربع، مقطع مفتولها دایره‌ای تک رشته‌ای، کابل برای فشار ۰/۶ کیلو ولت بین هر فاز و زمین و یک کیلو ولت بین هر دو فاز آن.



شکل ۲۵ ــ ۴ کابل NYY

مثال ۲ ــ کابل NAYY4 × 50Se0.6/1KV ــ یعنی کابل نرمال با جنس هادی از آلومینیوم، عایق و روپوش پروتودور، غیر قابل اشتعال و مقاوم در مقابل رطوبت و عوامل جوی، چهار سیمه، هر سیم به مقطع ۵۰ میلیمتر مربع، با شکل مقطع سکتورتک رشته‌ای (مثلثی یک لا) کابل برای ۰/۶ کیلو ولت فشار بین هر فاز و زمین و یک کیلو ولت بین هر دو فاز آن.

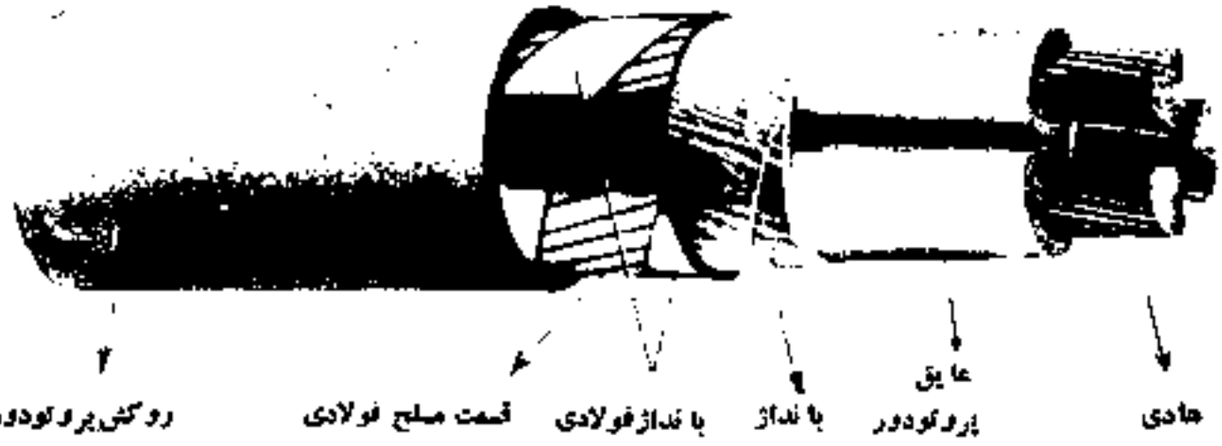


(شکل ۲۶ ــ ۴) کابل NAYY

مثال ۳ ــ کابل NYFGBY3 × 50Sm3.6/6KV ــ یعنی کابل نرمال با عایق پروتودور، غیرقابل اشتعال و پایدار در مقابل رطوبت و عوامل جوّی، مسلّح شده با سیمهای فولادی تخت و حفاظت با نوار فولادی، روکش پروتودور، سه سیمه هر سیم کلاً به سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع،

سیمهای سکتور چند رشته‌ای (مثلثی چند لا). کابل برای ۳/۶ کیلو ولت فشار بین هر فاز و زمین و ۶ کیلو ولت بین هر دو فاز آن ساخته شده.

(کابل مسلح نشده یعنی میتواند در مقابل فشار و ضربات احتمالی مقاومت نماید).



شکل ۲۷ ــ ۴ کابل NYFGbY

سیمهای انتقال انرژی الکتریکی

سیمها هادیهائی را گویند که بدون روپوش و عایق و... و یا فقط با یک روپوش برای انتقال انرژی الکتریکی بکار میروند.

در مواردی که تعداد زیادی مصرف‌کننده بایستی از یک خط تغذیه شوند باید دقت زیادی بشود. چنانچه میدانیم مقاومت یک هادی رابطهٔ عکس با سطح مقطع آن دارد. بعبارت دیگر هرچه مقطع آن بزرگتر باشد دارای مقاومت کمتر نسبت به هادی همجنس خودش میباشد (با طول مساوی) و افت کمتری در طول خط ایجاد نموده و حرارت کمتری بوجود خواهد آمد. بنابراین انتخاب صحیح هادی باعث جلوگیری از افت ولتاژ و ایجاد حرارت زیاد در خط که ممکن است باعث آتش‌سوزی گردد خواهد شد.

برای سیم‌کشی روکار از سیمهای افشان (چند لا) و برای سیم‌کشی توکار از سیمهای افشان یا تک‌رشته‌ای استفاده میشود.

برای نقاطی که از لولهٔ توکار نمیتوان استفاده کرد سیمهای مخصوص زیرگچی که دارای عایق چند لایه بوده و به شکل تسمه‌ای ساخته میشوند استفاده میشود.

برای سیمها، کابلهای روکار و سیمهای زیرگچی جداول استانداردی تهیه شده است که به کمک آنها میتوان سیم مناسبی را برای سیم‌کشی انتخاب کرد. قسمتی از این جداول درصفحهٔ بعد نشان داده شده است.

قسمتی از جدول حداکثر جریان مجاز سیم‌های استاندارد شدهٔ مسی

مقطع سیم به mm^2	شدت جریان مجاز سیم برحسب آمپر برای سیمهای مسی					
	سیم‌های با عایق تا حداکثر ۳ سیم در هر لوله		کابل‌های روکار و سیم‌های زیر گچی		سیم‌های هوائی	
۰/۷۵	۴	آمپر	۶	آمپر	۱۰	آمپر
۱	۶	آمپر	۱۰	آمپر	۱۵	آمپر
۱/۵	۱۰	آمپر	۱۵	آمپر	۲۰	آمپر
۲/۵	۱۵	آمپر	۲۰	آمپر	۲۵	آمپر
۴	۲۰	امپر	۲۵	آمپر	۳۵	آمپر

مقطع سیم به mm^2	شدت جریان مجاز سیم برحسب آمپر برای سیمهای آلومینیومی					
	سیمهای عایق‌دار تا حداکثر ۳ سیم در هر لوله		کابلهای روکار و سیمهای زیر گچی		سیمهای هوائی	
۲/۵	۱۰	آمپر	۱۵	آمپر	۲۰	آمپر
۴	۱۵	آمپر	۲۰	آمپر	۲۵	آمپر
۶	۲۰	آمپر	۲۵	آمپر	۳۵	آمپر
۱۰	۲۵	آمپر	۳۵	آمپر	۵۰	آمپر

فیوزها

چنانچه در بخش اوّل کتاب نیز آمده است، فیوزها از تجهیزات ایمنی و حفاظتی مدارهای الکتریکی هستند. فیوز عبارت است از قطعه‌ای فلزی که در مسیر جریان قرار میگیرد تا چنانچه جریان بعلّتی از حدّ مجاز تجاوز نماید فلز مذکور که ضعیفتر از قسمتهای دیگر مدار انتخاب شده، ذوب گردیده، جریان از بقیه مدار قطع و از وارد شدن خسارت به آنها جلوگیری نماید.

ذوب فلز و قطع شدن جریان در فیوز همراه با جرقّه و قوس الکتریکی است. بنابراین باید آنرا در محفظه‌ای نسوز از جنس فیبر استخوانی یا چینی قرار داد. گاهی این محفظه را که معمولاً به شکل استوانه است با پودرهای نسوز یا روغن پر میکنند تا در موقع ذوب فلز فیوز، قوس الکتریکی ایجاد شده بلافاصله خاموش شود.

هر فیوز دارای دوام حرارتی خاص میباشد بدینجهت کار کنتاکتور مغناطیسی و رلهٔ حرارتی را به تنهائی انجام میدهد. فیوزها ازنظر سرعت قطع کردن مدار به دو دسته تقسیم میشوند:

تند کار و کند کار.

از فیوز تندکار در مواردی استفاده میشود که عبور جریان زیاد به مدّت طولانی برای تجهیزات مدار مضر باشد و بالعکس از فیوزهای کندکار در مواردی استفاده میشود که باید فیوز جریان زیادی را برای مدّت کمی تحمّل نماید. مثلاً فیوزهائی که در مدار موتورهای الکتریکی بکار میروند باید جریان زیادی را که در لحظهٔ راه‌اندازی از مدار میگذرد تحمّل نمایند.

در موقع انتخاب فیوز برای مصارف روشنائی یا موتورهای الکتریکی و غیره بایستی دقت کرد فیوزهای تندکار یا کندکار مناسب وضعیّت آنها درنظر گرفته شود.

معمولترین فیوزها فیوز فشنگی است که در صنعت بسیار متداول است. قسمتهای مهم این فیوز عبارتند از: فشنگی، پایه و کلاهک.

فشنگی همان استوانه‌ایست که سیم ذوب شونده در داخل آن قرار گرفته است. در مجاورت این سیم یک سیم دیگر نیز قرار گرفته که یک پولک رنگی را نگهداری میکند. هرگاه سیم فیوز بعلّت جریان اضافی ذوب شود سیم نگهدارندهٔ پولک نیز ذوب شده آنرا رها مینماید و این نشانه‌ایست برای تشخیص سالم یا سوخته بودن فیوز. مقرّرات ایمنی بین‌المللی ترمیم کردن فیوز فشنگی را منع کرده است و باید فشنگی جدیدی بجای فشنگی سوخته قرار داد. رنگ پولک فیوزها نشان‌دهندهٔ جریان اسمی فیوز است. مثلاً: پولک قرمز برای فیوز ۱۰ آمپر، پولک صورتی برای فیوز ۲ آمپر، پولک سفید برای فیوز ۵۰ آمپر و... پایه یا بدنهٔ فیوز که جریان از شبکه به پیچ محل اتصال ته فشنگی وارد و از پیچ مربوط به محلّ اتّصال سر فشنگی که محلّ بستن کلاهک است بطرف مصرف‌کننده هدایت میشود.

کلاهک فیوز به پایه پیچ شده و فشنگی را در محلّ خود نگهداری میکند و در پیشانی آن شیشه‌ای نصب شده که ازطریق آن رنگ پولک فیوز قابل تشخیص است.

موتورهای جریان مستقیم

طریقهٔ تولید الکتریسیتهٔ متناوب را قبلاً مطالعه کردیم که بطور خلاصه چنین است:

کلافی سیم‌پیچ در میدان مغناطیسی آهنربائی حرکت نموده نیروی محرکهٔ القائی فشاری بین دو سر سیم پیچ ایجاد مینماید که جهت جریان بین دو نقطهٔ مذکور دائماً در تغییر است. برای انتقال جریان و ولتاژ متناوب حاصله به خارج از مولّد از حلقه‌های لغزنده و جاروبکها (زغالها) استفاده میشود.

درصورتیکه بجای دو حلقهٔ لغزنده از دو نیم حلقه که هریک به یکسر کلاف وصل شده و همراه با آن گردش میکند استفاده کنیم، ذغالها که عامل انتقال جریان و ولتاژ به خارج از مولّد هستند بر آنها تکیه داشته ولی با آنها چرخش نمی‌نمایند. بنابراین همزمان با تغییر جهت جریان

بین دو سر کلاف، نیم حلقه‌های مماس بر جاروبکها نیز محلّشان عوض میشود. درنتیجه جریان در مدار خارجی (مدار مصرف) همیشه در یک جهت خواهد بود (جریان و ولتاژ مستقیم). این ماشین انرژی مکانیکی را به الکتریکی تبدیل میکند و ژنراتور جریان مستقیم یا دینامو (Dynamo) نامیده میشود.

چنانچه از سیم پیچ این ماشین جریان مستقیم (جریان DC) عبور داده شود قادر است انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل، و آرمیچر را به گردش درآورد. در اینحالت ماشین را موتور جریان مستقیم (Direct Current Generator) نامند.

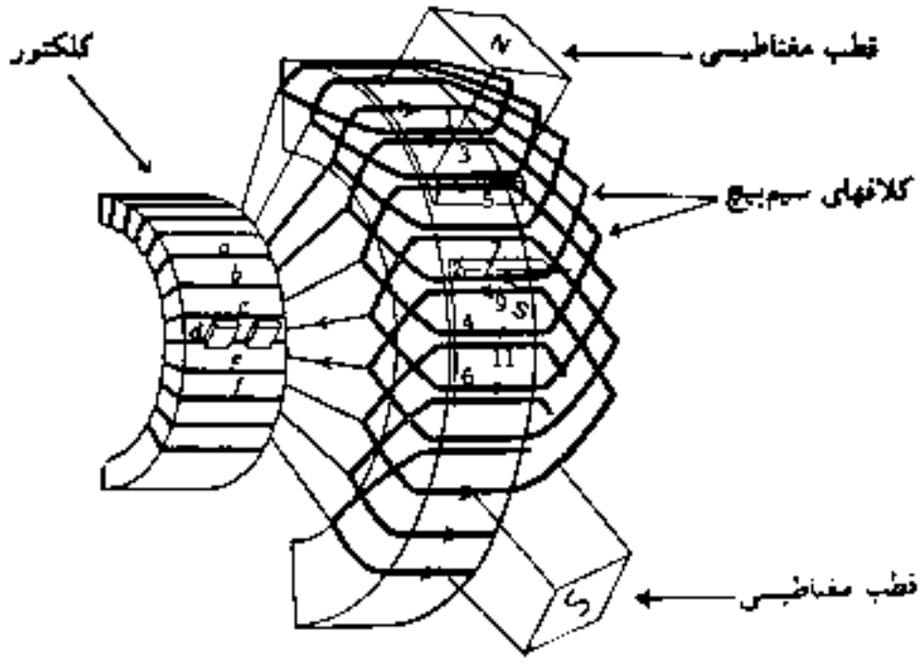
برای بالا بردن تعداد دور موتور بجای یک جفت قطب از چند جفت قطب و بجای یک کلاف از چندین کلاف سیم‌پیچ که روی یک هستهٔ آهنی قرار دارند (آرمیچر یا روتور Rotor) استفاده میشود. هریک از سرهای خروجی کلافها به تیغه‌ای مسی متّصل است که مجموعهٔ این تیغه‌ها پهلوی یکدیگر با عایق‌بندی بین آنها استوانه‌ای را تشکیل میدهند که کلکتور یا کموتاتور (Commutator) نامیده میشود و زغالها برای رساندن انرژی الکتریکی به سیم‌پیچها روی آن تکیه دارند.

در موتورهای کوچک برای قطبها از مغناطیس دائمی و در موتورهای بزرگتر از قطبهای الکترومغناطیسی استفاده میشود. برحسب نوع قطبهای مغناطیسی و شکل تأمین جریان تحریک آنها موتورهای جریان مستقیم به شکل ذیل تقسیم میشوند:

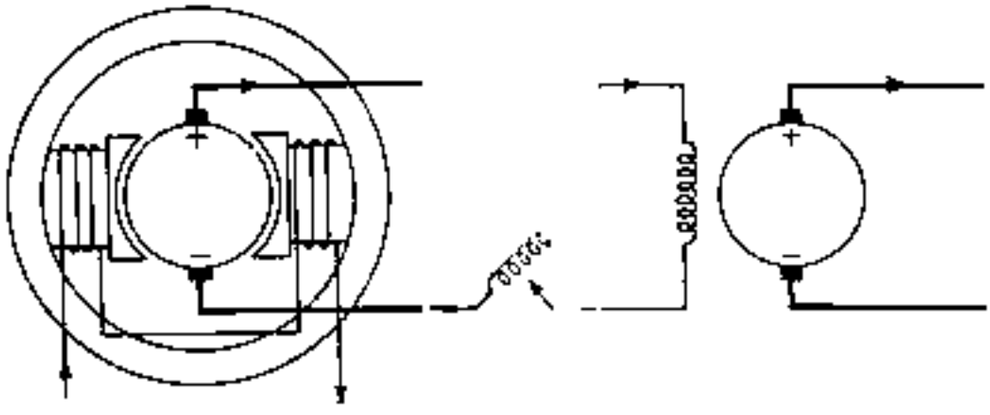
موتورهای جریان مستقیم
- ۱ ــ قطبها از مغناطیس دائمی
- ۲ ــ قطبها از مغناطیس الکتریکی
  - ۱ ــ موتورهای با تحریک جداگانه یا مستقل
  - ۲ ــ موتورهای با تحریک شنت یا موازی
  - ۳ ــ موتورهای با تحریک سری
  - ۴ ــ موتورهای با تحریک کمپوند یا مختلط

۱ ــ موتورهای جریان مستقیم با تحریک جداگانه یا مستقل ــ در این موتورها تحریک قطبها توسط یک منبع مستقل خارجی تأمین میشود که جدا از منبع تغذیه سیم‌پیچهای روتور میباشد. سیم‌پیچ روتور این موتور با یک مقاومت متغیّر بعنوان مقاومت راه‌اندازی سری شده که پس از راه‌اندازی موتور مقاومت مذکور بتدریج از مدار خارج میشود.

۲ ــ موتورهای با تحریک شنت (موازی) ــ در موتورهای شنت سیم‌پیچ قطبها بطور موازی با سیم‌پیچ رونور اتّصال می‌یابد. بنابراین قسمتی از جریان راه‌اندازی از سیم‌پیچ‌القاء ــ

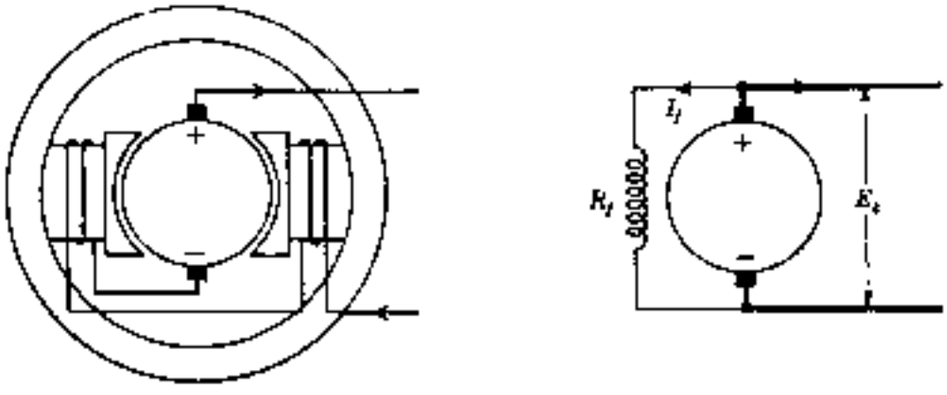


(شکل ۲۸ ــ ۴) قسمتی از یک روتور



(شکل ۲۹ ــ ۴) موتور با تحریک مستقل

کننده خواهد گذشت. این سیم‌پیچ را از سیم نازک و با تعداد دور زیاد انتخاب میکنند تا مقاومت آن بالا رفته بخش کمی از جریان ورودی به موتور وارد این سیم‌پیچ گردد.



(شکل ۳۰ ــ ۴) موتور با تحریک موازی