فصل اول

الکتریسته ساکن

اهداف آموزشی فصل اول :

۱- شناخت ساختمان اتم
۲- آشنایی با عوامل تأثیر گذار در نیروی بین بارهای الکتریکی
۳- شناخت انواع میدانهای الکتریکی
٤- آشنایی با انواع مواد وعوامل تأثیر گذار در مقدار مقاومت
۵- آشنایی با تأثیر دما در مقدار مقاومت اجسام

۱-۱- مقدمه

یونانیان باستان اولین بار مشاهده کردند که وقتی ماده ای بنام کهربا به یک تکه پارچه پشمی مالیده می شود اشیاءِ سبک مثل تکه های کاغذ و براده های چوب را جذب می کند عاملی که این خاصیت جذب را به کهربا میبخشد الکتریسیته نامیده شد.الکتریسیته از کلمه الکترون که نام یونانی کهربا می باشد گرفته شده است.

در زمان بنیامین فرانکلین (دانشمند آمریکایی) دانشمندان می دانستند که الکتریسیته مایعی است که می تواند بارهای مثبت و منفی داشته باشد. ولی امروزه دانشمندان معتقدند که الکتریسیته از اجسام بسیار ریزی بنام الکترون و پروتون تولید می گردد که این ذرات بسیار ریز در تمام مواد وجود دارند.

۱-۲- ساختمان ماده

هر چیزی که وزن دارد و فضایی را اشغال می کند ماده نامیده می شود. ماده در طبیعت به سه حالت یافت می شود:

الف – جامد مانند یخ، آهن، چوب، سنگ، فلز

ب – مایع مانند آب، الکل، بنزین، روغن

ج – گاز مانند هیدروژن، اکسیژن، هوا

عناصر، اجزاءِ اصلی تشکیل دهنده ماده هستند. عنصر جسمی است که نمی توان آن را با وسایل شیمیایی به اجسام ساده تری تجزیه کرد. عنصر در طبیعت بطور طبیعی یافت می شود مانند اکسیژن، هیدروژن، مس، نقره و طلا و بقیه بطور مصنوعی ساخته می شوند.

۱-۳- اتم و ساختمان آن

کوچکترین ذره تشکیل دهنده هر عنصر را که هنوز خواص اولیه آن را دارا باشد اتم گویند.ساختمان اتم بسیار شبیه به منظومه شمسی می باشد که خورشید در مرکز منظومه و سیارات دیگر در اطراف آن در حال گردشند.اتم نیز دارای یک هسته مرکزیست که دارای ذارات ریزی بنام پروتون و نوترون می باشد. در اطراف هسته اتم، الکترونها که کوچکترین ذرات الکتریسیته هستند در روی مدارهای معینی با سرعت زیادی حرکت می کنند. اتم هر عنصر با اتم عنصر دیگر فرق دارد زیرا که تعداد متفاوتی ازاین ذرات دراتمهای آنها موجود می باشد.

پروتونها دارای بار الکتریکی مثبت و نوترونها دارای بار الکتریکی خنثی می باشند. بنابراین هسته اتم دارای بار الکتریکی مثبت است. چون نوترونها از نظر الکتریکی خنثی می باشند در طبیعت الکتریکی اتمها زیاد دخالتی ندارند . همچنین چون جدا کردن یک پروتون از هسته اتم کار بسیار مشکلی می باشد و پروتونها اجزاءِ دائمی هسته به حساب می آیند در عبور یا انتقال انرژی الکتریکی دخالت زیادی نخواهند داشت. بنابراین چون الکترونها به آسانی حرکت می کنند در ایجاد انرژی الکتریکی بسیار فعال می باشند.

۱-۴- بار الکتریکی

در شرایط عادی تعداد الکترونها و پروتونهای هر اتم مساوی می باشد یعنی بارهای مثبت و منفی که مساوی و مخالف یکدیگرند همدیگر را خنثی کرده و در نتیجه اتم در حالت عادی خنثی می باشد. ولی چنانچه تعدادی الکترون از یک اتم کم یا به آن اضافه شود دارای خاصیت الکتریکی می شود که اصطلاحاً می گویند آن اتم باردار شده است. اگر تعداد الکترونهای یک اتم کمتر از پروتون هایش باشد. بار منفی خواهد داشت، یعنی جسمی که الکترون می گیرد دارای بار منفی و جسمی که الکترون از دست می دهد دارای بار مثبت می شود.

۱-۵- روشهای بار دار شدن اجسام

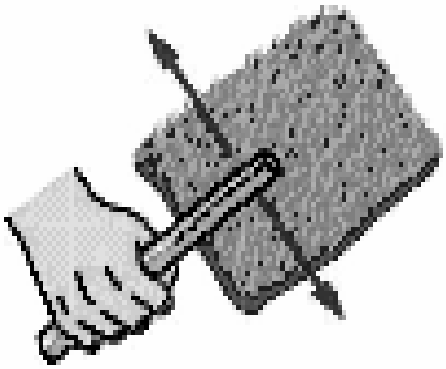
روشهای مختلفی برای باردار کردن اجسام وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از روش مالش یا القاءِ، استفاده از مولدهای شیمیایی و باردار کردن جسم بر اثر حرارت.

۱-۵-۱- روش مالش

اگر یک میله شیشه ای یا لاستیکی را مطابق شکل (۱) با پارچه پشمی مالش داده و سپس به اجسام سبک مثل کاه یا ذرات کاغذ نزدیک کنیم آنها را جذب می کند که در این صورت میله شیشیه ای یا لاستیکی باردارشده و عاملی که باعث جذب این ذرات سبک می شود را جاذبه الکتریکی می نامند.

آیا هیچگاه هنگامیکه بروی فرش راه رفته اید با دست زدن به دستگیره در دچار شوک الکتریکی شد ه اید؟

با مالش کفش بر روی فرش، در آن باری تولید می شود که به بدن شما منتقل شده و بوسیله دستگیره در تخلیه می شود. به این بارها الکتریسیته ساکن می گویند .



شکل (۱)

۱-۵-۲- روش القاء (مجاورت)

اگر یک جسم باردار شده مثلاً میله ای از جنس ابونیت که بار منفی دارد را به دو کره فلزی A و B متکی بهم که روی دو پایه عایق نصب شده اند نزدیک کنیم در کره فلزی A بار منفی القاءِ می شود که با جدا کردن دو کره از هم، کره A که نزدیک تر به میله باردار منفی بوده بار مثبت و کره B دارای بار منفی می شود.

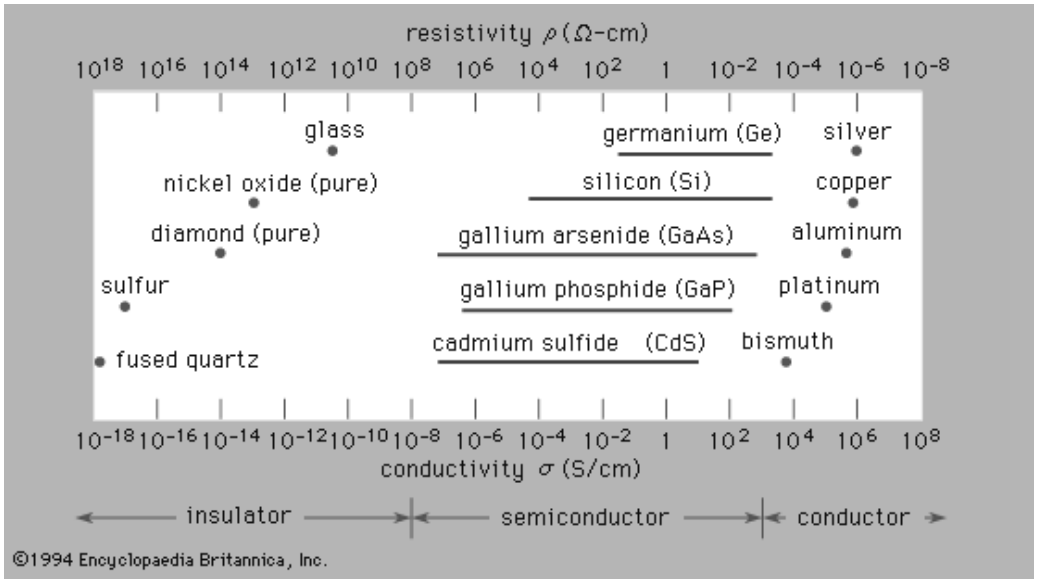
علت ایجاد دو نوع الکتریسیته القائی در دو کره A و B را با استفاده از فرضیه الکترونی می توان چنین توجیه کرد که با نزدیک کردن میله ای که بار منفی دارد به کره A ،الکترونهای

آزاد این کره به سوی کره B رانده می شوند. لذا تعدادی از الکترونهای کره A به کره B منتقل می گردد. پس کره A بار مثبت و کره B بار منفی پیدا می کند.

۱–۶–اجسام رسانا و نارسانا

به اجسامی که بارهای الکتریکی (الکترونها) در آنها می توانند جابجا شوند، رسانا یا هادی گفته می شود. فلزات، کربن و مایعات جزء این گروه هستند. در بین فلزات نقره، مس و آلومینیم رساناتر از بقیه هستند.

به اجسامی که بار الکتریکی در آنها جابجا نمی شود یا به آسانی جابجا نمی شوند نارسانا یا عایق گفته می شود. مانند چینی، شیشه، مواد پلاستیک، کهربا و میکا. اجسام دیگر مانند سیلیسیوم و ژرمانیوم که خاصیت رسانایی متوسط دارند، نیمه رسانا نامیده می شوند. در شکل (۲) مقدار رسانایی بعضی از مواد نشان داده شده است.



شکل (۲)

۱–۷–پخش بار الکتریکی بر روی اجسام رسانا

بار الکتریکی فقط در سطح خارجی اجسام (اعم از توپر یا توخالی) جمع می گردد. و تراکم الکتریسیته ساکن یا چگالی سطحی در محلهایی که برجستگی وجود دارد یا به عبارتی نوک تیز است بیشتر است. بنا به تعریف، چگالی سطحی عبارتست از مقدار بار الکتریکی که بر روی واحد سطح جسم رسانا جمع می شود.واحد چگالی سطحی کولن بر متر مربع است.

۱–۸– قانون کولن

همانطوری که گفته شد الکتریسیته کمیتی است کوانتائی که کوچکترین اندازه آن همان بار الکترون است. واحد بار الکتریکی در دستگاه SI کولن و برابر با بار $۱۰^{۱۸}$ × ۶/۲۵ الکترون می باشد لذا بار الکتریکی الکترون برابر $e = ۱/۶ * ۱۰^{-۱۹}$ کولن می باشد. بارهای الکتریکی از خاصیت جذب و دفع آنها شناخته می شوند. لذا دو بار همنام همدیگر را دفع و دو بار غیر همنام یکدیگر را جذب می کنند.

دو جسم باردار با ابعاد خیلی کوچک (نقطه باردار) به نام $q_۱$ و $q_۲$ که فاصله بین آنها را با r نشان می دهیم را در نظر بگیرید .در این صورت نیروی جاذبه یا دافعه F از رابطه (۱) محاسبه می شود.

$$F = K\frac{q_۱ q_۲}{r^۲} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

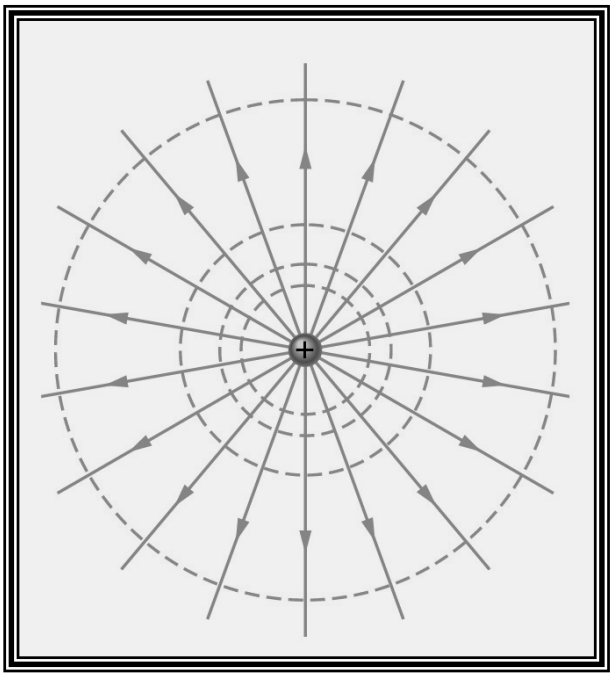
شکل و ابعاد و چگونگی توزیع بار الکتریکی، جنس محیطی که دو جسم در آن قرار دارند و همچنین ماده پرکننده بین دو جسم ازعوامل مؤثردراندازه نیرو هستند. اگر بار مثبت را با (+) و بار منفی را با (-) نشان دهیم. در این صورت نیروی دافعه (نیروی حاصل از دو بار همنام) با علامت مثبت و نیروی جاذبه (نیروی حاصل از دو بار غیر همنام) با علامت منفی بدست می آید.

K در رابطه (۱) بستگی به واحدهای انتخاب شده و جنس محیط دارد.در خلاءِ مقدار K در دستگاه SI که q بر حسب کولن (C) و r بر حسب متر و F بر حسب نیوتن است برابر $۱۰^{۹}$ ×۹ می باشد.

۱–۹–میدانهای الکترواستاتیک

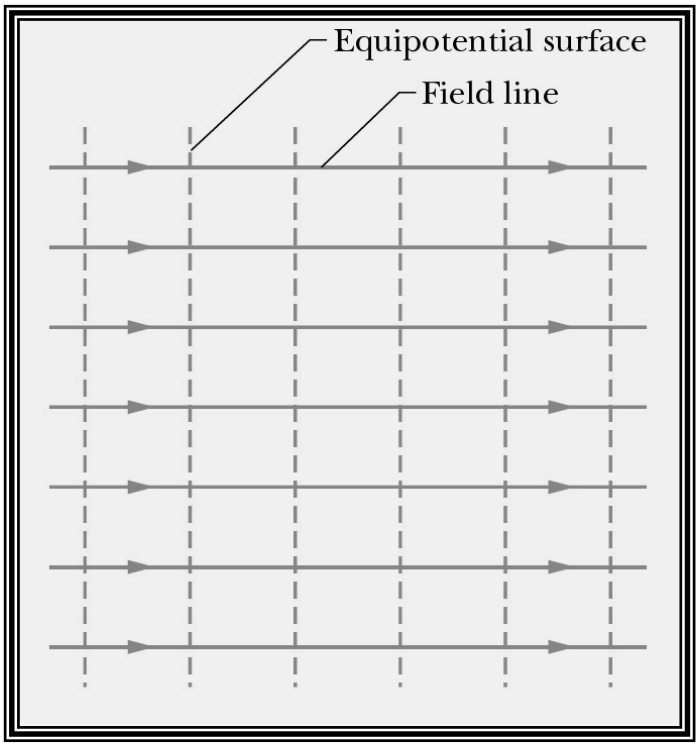
یک جسم باردار بر روی اجسام باردار دیگر که در فضای اطراف آن قرار دارد، نیرو وارد می کند. این فضای اطراف جسم باردار ، میدان الکتریکی نامیده می شود.

در شکل (۳) میدان الکتریکی با خطوط نیروی الکتریکی نشان داده شده است. این خطوط جهت دار بوده، جهت آنها هم جهت با نیروئی است که بر بار مثبت آزمون واقع در آن نقطه وارد می شود.



شکل (۳)

میدان الکتریکی یکنواخت میدانی را گویند که شدت و جهت آن مطابق شکل (٤) در نقاط مختلف یکسان و ثابت باشد. در نظر بگیرید که در یک میدان یکنواخت E بار الکتریکی q که نیروی F بر آن اثر می کند بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل V به اندازه d منتقل گردد. در این صورت کار انجام شده $W = F.d$ ، اختلاف پتانسیل $V = \frac{W}{q}$ و شدت میدان الکتریکی برابر $E = \frac{F}{q}$ می باشد.



شکل (٤)

۱–۱۰– شدت میدان الکتریکی

نیروی وارد بر واحد بار مثبت الکتریکی واقع در هر نقطه از میدان الکتریکی را شدت میدان الکتریکی در آن نقطه گویند.

اگر بار مثبت q' در نقطه ای مشخص از میدان الکتریکی قرار داشته باشد و بر آن نیرویی وارد بشود در این صورت شدت میدان الکتریکی (E) در آن نقطه برابر است با :

$$E = \frac{F}{q'} = K\frac{q}{r^2}$$

شدت میدان الکتریکی کمیتی برداریست یعنی دارای اندازه ، جهت و راستا می باشد. E و F هم راستا هستند . نیروی وارد بر بار مثبت هم جهت با میدان و نیروی وارد بر بار منفی خلاف جهت میدان است.

۱–۱۱– اختلاف پتانسیل الکتریکی

عامل مسبب جریان الکترونها بین دو جسم را اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو جسم گویند. پتانسیل هر جسم باردار نسبت به مبدأ پتانسیل سنجیده می شود. اگر یک جسم باردار توسط هادی به زمین وصل شود در صورتیکه الکترونها از زمین بسوی جسم جاری شوند پتانسیل الکتریکی جسم مثبت و چنانچه الکترونها از جسم به زمین جریان یابند پتانسیل جسم منفی می گردد و اگر انتقال الکترون صورت نپذیرفت پتانسیل جسم برابر پتانسیل زمین یعنی صفر است.

۱–۱۲– اندازه پتانسیل الکتریکی و و احد آن

بنا بر تعریف، پتانسیل الکتریکی یک جسم باردار عبارتست از کاری که باید انجام بگیرد تا واحد بار الکتریکی مثبت از زمین (مبدأ پتانسیل) به جسم منتقل گردد. پس برای انتقال بار مثبت q_1 ،کار لازم است که معادل W ژول است. پس پتانسیل جسم برابر $V = \frac{W}{q}$ ولت است.

حال اگر به جای زمین جسم باردار دیگری در نظر گرفته شود. اختلاف پتانسیل بین دو جسم باردار با پتانسیلهای V_1 و V_2 بنا بر تعریف عبارتست از انرژی که باید صرف شود تا واحد بار الکتریکی مثبت از یک جسم به جسم دیگری منتقل گردد.

واحد اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت است و برابر اختلاف پتانسیل میان دو نقطه ایست که اگر یک کولن الکتریسیته از یک نقطه به نقطه دیگر انتقال یابد یک ژول کار انجام دهد.

۱-۱۳- مقاومت

مقاومت یک جسم به تعداد الکترونهای آزاد آن بستگی دارد. خاصیت هر جسمی که باعث شود آن جسم با جاری شدن یک جریان الکتریکی یا عبور الکترونها مخالفت کند را مقاومت می نامند. مواد از لحاظ مقدار مقاومت به سه دسته تقسیم می شوند: هادی ، عایق و نیمه رسانا.

۱-۱۳-۱- هادیها

وقتی انرژی به الکترونهای آخرین مدار (لایه والانس) اتمی داده می شود آن الکترونها انرژی را بین خود تقسیم می کنند. بنابراین اتمهائی که الکترونهای آخرین مدارشان کمتر است خیلی راحتر می توانند الکترونهایشان را آزاد کنند و جریان الکتریکی بوجود آورند.

لذا به موادیکه الکترونهایشان براحتی می توانند آزاد گردند هادی می گویند. به عبارت دیگر هادیها اجسامی هستند که مقاومت کمتری در برابر عبور جریان از خود نشان می دهند.

معمولاً اتمهای هادیها فقط ۱ یا ۲ الکترون در آخرین مدار خود دارند و اجسامیکه اتمهایشان فقط یک الکترون در آخرین مدار خود دارند بهترین هادیها می باشند.

هادیها عبارتند از فلزات- زغال- آب ناخالص (مخلوط اسیدها و املاح) و غیره .

بهترین فلزات هادی بترتیب عبارتند از : نقره- مس- طلا- آلومینیم.

۱-۱۳-۲- عایق ها

عایقها موادی هستند که تعداد الکترونهای آخرین مدارشان کاملند و یا اینکه بیشتر از نصف ظرفیت مدار آخرشان کامل نمی باشد. در نتیجه تمایل به از دست دادن الکترون نداشته و درعوض تمایل به گرفتن الکترون جهت کامل کردن مدارشان دارند.

بنابراین عایقها موادی هستند که آزاد کردن الکترون از آنها بسیار مشکل است و یا به عبارت دیگر اجسامی هستند که مقاومت بسیار زیادی در برابر عبور الکترونها یا جریان از خود نشان می دهند.

عایقها مانند: شیشه- چینی- مرمر- لاستیک- چوب خشک- آب خالص- روغن وغیره.

۱-۱۳-۳- نیمه هادیها

نیمه هادیها اجسامی هستند که مقاومت زیادتری نسبت به هادی ها و مقاومت کمتری نسبت به عایقها در برابر عبور الکترونها از خود نشان می دهند. نیمه هادیها مانند : ژرمانیوم و سیلیسیوم

۱-۱۴- مقاومت مخصوص اجسام

مقاومت مخصوص یک هادی عبارتست از مقاومت یک متر از آن هادی که مقطع آن یک میلیمتر مربع باشد. مقاومت مخصوص هر هادی به جنس هادی و دمای محیط بستگی دارد.

مقاومت مخصوص برای یک سیم مسی (۰/۰۱۷۸۵) و برای سیم آلومینیمی (۰/۰۲۶۸۶) محاسبه شده است.

مقاومت یک سیم هادی از فرمول زیر بدست می آید:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

در این فرمول R مقاومت سیم هادی برحسب اهم ، L طول سیم هادی بر حسب متر ، A سطح مقطع هادی بر حسب میلیمتر مربع و ρ مقاومت مخصوص سیم است.

چنانچه از فرمول مقاومت ملاحظه می شود مقاومت سیم هادی با طول سیم نسبت مستقیم و با سطح مقطع سیم نسبت عکس دارد. واحد مقاومت اهم است و برابر مقاومت یک سیم هادی است که اگر ولتاژی معادل یک ولت در دو سر آن اعمال گردد جریانی معادل یک آمپر از آن عبور می کند. عکس مقاومت یک جسم را می توان هدایت الکتریکی نامید و واحد آن mho است. هدایت الکتریکی میزان موافقت در برابر عبور جریان را اندازه گیری می کند. قابلیت هدایت عکس مقاومت مخصوص می باشد.

۱-۱۵- تغییرات مقاومت در اثر حرارت

مقاومت الکتریکی هر جسمی با تغییر درجه حرارت آن تغییر می کند. مقاومت فلزات خالص با افزایش درجه حرارت زیاد و مقاومت عایق ها و شبه فلزات با افزایش درجه حرارت کم می شود. بعضی از اجسام مانند شیشه که در درجه حرارت معمولی عایق خوبی هستند بر اثر گرم شدن خاصیت اصلی خود را از دست می دهند.

افزایش مقاومت بعضی از آلیاژ ها مانند منگانین بر اثر تغییر درجه حرارت بسیار ناچیز و قابل صرف نظر می باشد. بطور کلی مقدار تغییر مقاومت یک جسم به مقدار افزایش درجه حرارت و جنس بستگی دارد.

۱-۱۶- ضریب حرارتی مقاومت

مقدار ازدیاد مقاومت برای یک اهم مقاومت اولیه وقتی که درجه حرارت به اندازه یک سانتیگراد افزایش یافته باشد را ضریب حرارتی می نامند. به عبارت دیگر اگر تغییر درجه حرارت به اندازه یک درجه سانتیگراد باشد مقاومتی که مساوی یک اهم است به اندازه (α) ضریب حرارتی تغییر خواهد کرد.

اگر درجه حرارت اولیه به اندازه گرمای معمولی محیط یعنی ۲۰ درجه سانتیگراد باشد در این صورت مقدار افزایش مزبور را که ضریب حرارتی می نامند با $\alpha_{۲۰}$ نشان می دهیم.

اگر $R_۱$ مقاومت اولیه یک جسم در ۲۰ درجه سانتیگراد و $R_۲$ مقاومت ثانویه جسم در دمای جدید $(t_۲)$ و $\alpha_{۲۰}$ ضریب حرارتی مقاومت مربوطه در دمای ۲۰ درجه باشد مقدار افزایش مقاومت از فرمول زیر به دست می آید.

$$R_۲ = R_۱\left[۱ + \alpha_{۲۰}(t_۲ - ۲۰)\right]$$

در جدول (۱) مشخصات الکتریکی بعضی از مواد آورده شده است.

جدول (۱)

ماده	مقاومت مخصوص	ضریب حرارتی
Silver	۱,۵۹ x ۱۰-۸	۳,۸ x ۱۰-۳
Copper	۱,۷۰ x ۱۰-۸	۳,۹ x ۱۰-۳
Gold	۲,۴۴ x ۱۰-۸	۳,۴ x ۱۰-۳
Aluminum	۲,۸۲ x ۱۰-۸	۳,۹ x ۱۰-۳
Tungsten	۵,۶۰ x ۱۰-۸	۴,۵ x ۱۰-۳
Iron	۱۰,۰ x ۱۰-۸	۵,۰ x ۱۰-۳
Platinum	۱۱,۰ x ۱۰-۸	۳,۹۲ x ۱۰-۳
Lead	۲۲,۰ x ۱۰-۸	۳,۹ x ۱۰-۳
Nichrome	۱,۵۰ x ۱۰-۶	۰,۴ x ۱۰-۳
Carbon	۳,۵۰ x ۱۰-۵	-۰,۵ x ۱۰-۳
Germanium	۰,۴۶	-۴۸ x ۱۰-۳
Silicon	۶۴۰	-۷۵ x ۱۰-۳
Glass	۱۰۱۰ to ۱۰۱۴	
Hard Rubber	~ ۱۰۱۳	
Sulfur	۱۰۱۵	
Quartz (fused)	۷۵ x ۱۰۱۶	
Silver	۱,۵۹ x ۱۰-۸	

پرسشهاي فصل اول :

۱- اتم از چه اجزایی تشکیل شده است ؟

۲- روشهای بار دار شدن اجسام را نام ببرید.

۳- نیروی بین دو بار الکتریکی به چه عواملی بستگی دارد؟

٤- شدت میدان الکتریکی را تعریف کنید؟

۵- مقاومت یک جسم به چه عواملی بستگی دارد؟

۶- ضریب حرارتی مقاومت چیست؟

فصل دوم

الکتریسیته جاری و قوانین مدار

اهداف آموزشی فصل دوم :

۱- آشنایی با طریقه شکل گیری جریان

۲- شناخت انواع الکتریسته

۳- آشنایی با انواع جریان الکتریکی

٤- آشنایی با قوانین مدار

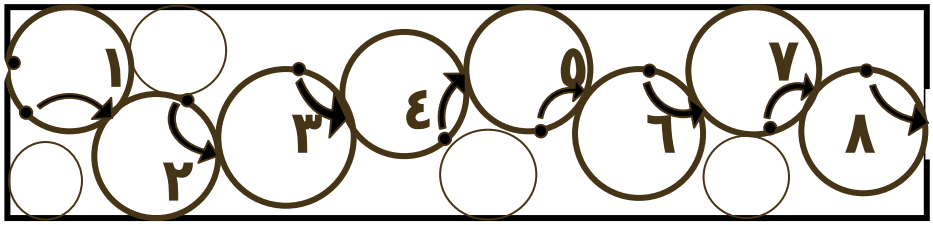
۵- آشنایی با مفاهیم انرژی و توان

۲-۱- جریان الکتریکی

حرکت الکترونهای آزاد در یک سیم را جریان برق یا جریان الکتریکی می نامند. هر چه تعداد الکترونهایی که در حرکت هستند بیشتر باشد شدت جریان بیشتر خواهد بود.

وقتیکه انرژی به یک الکترون داده می شود تا مدارش را ترک کندالکترون مطابق شکل(۵) فوراً به مداری از اتم مجاورش می رود. این بدین دلیل است که تمام مدارهای خارجی اتمها با هم تلاقی داشته و راه عبور الکترون آزاد را مسدود می کند. همینکه الکترون آزاد شده به مدار جدید وارد شد بار منفی اش با بار منفی الکترونی که در آن مدار قرار دارد وارد عمل می شود. الکترون اول، الکترون دیگر را که از مدارش خارج شده دفع می کند و انرژی اش را به آن منتقل می کند. و این پدیده در تمام طول سیم ادامه می یابد و جریان الکتریکی را بوجود می آورد.

جریان برق یک جریان آنی است و سرعت آن برابر با سرعت نور یعنی ۳۰۰/۰۰۰ کیلومتر در ثانیه می باشد.



شکل(۵)

جریانی که بوسیله باطری تولید می شود همیشه دارای یک جهت بوده و قطبهای آن مشخص است به این جریان مستقیم می گویند. جریان برق شهر دارای جهت متغیری بوده و قطبهای آن ثابت نیست.این جریان را جریان متناوب گویند.

واحد شدت جریان آمپر است و عبارتست از مقدار جریانی که در یک ثانیه از سیم عبور می کند. به عبارت دیگر هرگاه در مدت یک ثانیه از یک سیم به اندازه ($۶/۲۸ \times ۱۰^{۱۸}$) الکترون بگذرد شدت جریان برابر یک آمپر خواهد بود. شدت جریان را با دستگاهی بنام آمپرمتر اندازه گیری می کنند که بطور سری در مدار بسته می شود.

۲-۲- ساختمان باطریها (پیلها)

پیلها مولدهائی هستند که در آنها انرژی شیمیائی به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. اصولاً هر پیل از دو قطعه فلز غیر همجنس بنام الکترود که داخل یک محلول رسانای الکتریکی (محلول الکترولیت) قرار دارند تشکیل یافته است.

برخی از مواد وقتی به صورت محلول در آیند یونیزه می شوند یعنی اتمهای آنها بار الکتریکی پیدا می کنند. چنین محلولی را مایع الکترولیت می نامند و عبارتند از اسیدها- بازها- و املاح.

اگر مقداری نمک طعام در یک ظرف آب حل شود این محلول یونیزه شده و بصورت یونهای سدیم و کلر درمی آید. یونهای سدیم که الکترونهای آن کم شده بار الکتریکی مثبت و یونهای کلر که الکترونهای اضافی بدست آورده بار الکتریکی منفی پیدا می کند. حال اگر صفحه روی را در محلول قرار دهیم صفحه روی رفته رفته در محلول حل می شود. یونهای روی که وارد محلول می شوند مثبت هستند زیرا دو تا از الکترونهای خود را روی صفحه باقی گذاشته اند.

بنابراین خود صفحه روی که الکترونهای اضافی دارد دارای بار الکتریکی منفی می باشد. یونهای مثبت روی با یونهای سدیم یکدیگر را دفع ولی یونهای کلر یکدیکر راجذب می کنند و ماده ای بنام کلرور روی بوجود می آورند . حال یک صفحه مسی را وارد محلول می کنیم. یونهای رانده شده سدیم بطرف صفحه مسی حرکت می کنند، مقداری از الکترونهای مس را گرفته و خنثی می شوند و در این حال چون صفحه مسی کمبود الکترون دارد بار الکتریکی مثبت پیدا می کند. اکنون این پیل تا وقتیکه یونهای روی وارد محلول می شوند و صفحه روی باقیست کار می کند یا ممکن است بدلیل پلاریزاسیون پیل از کار بیفتد.

یونهای خنثی شده سدیم با آب ترکیب می شوند و مایعی بنام سودسوزآور تولید می کند و در اثر این فعل و انفعالات شیمیایی حبابهای هیدروژن روی صفحه مسی جمع می شوند و قشر ضخیمی را در اطراف آن تشکیل می دهند و نمی گذارند که یونهای مثبت سدیم به صفحه مس برسند و الکترونهای آنرا بگیرند تا خنثی شوند در نتیجه اختلاف سطح صفحه مسی تدریجاً پائین آمده و بالاخره جریان قطع می شود، این عمل را پلاریزاسیون یا فاسد شدن پیل می نامند و برای به تعویق انداختن فساد پیل می توان ماده ای به محلول الکترولیت اضافه کرد تا با هیدروژن ترکیب شده آنرا از بین ببرد.

۲-۳- تعریف الکتریسیته جاری

الکتریسته ای که در آن الکترونها حرکت کرده و از سیم عبور می کند را الکتریسیته جاری می نامند و به دو دسته تقسیم می شوند.

الف- جریان دائم یا مستقیم یا D.C

ب) جریان متناوب یا A.C

۲-۳-۱- جریان دائم یا مستقیم

موقعیکه قطب مثبت و منفی یک باتری بوسیله لامپ کوچکی بهم وصل می شود الکترونها از داخل لامپ عبور می کند. یعنی بین دو قطبی که در یکی فزونی الکترون (قطب منفی) و در دیگری کمبود الکترون (قطب مثبت) می باشد تمایل به ایجاد تعادل می باشد و لذا الکترونها از

قطب منفی بطرف قطب مثبت حرکت می کند. و چون محل قطبهای منفی و مثبت ثابت اند جهت حرکت الکترونها همیشه از یک طرف خواهد بود. (از قطب منفی بطرف قطب مثبت).

بنابراین جریانی را که در آن جهت حرکت الکترونها همیشه ثابت است جریان مستقیم می نامند.

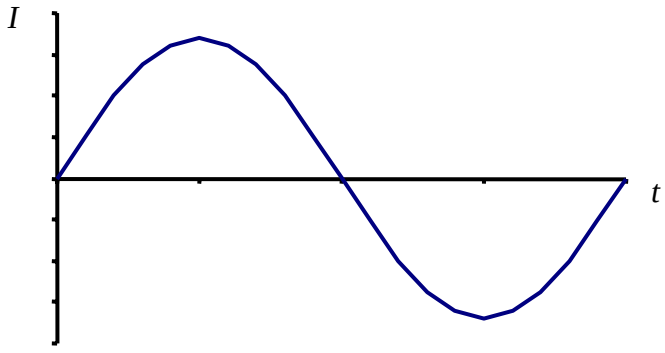
۲-۳-۲- جریان متناوب

حال اگر قطبها متناوباً جایشان عوض شود جهت حرکت الکترونها هم تغییر خواهد کرد. بنابراین جریان متناوب جریانی است که تغییرات جریان در آن بر حسب زمان متناوب باشد. بعبارتی پس از زمانهای مساوی T (زمان تناوب) شدت جریان به همان میزان اولیه خود بازمی گردد. جریان متناوب سینوسی جریانیست که تغییرات آن یک تابع سینوسی از زمان باشد. یعنی :

$$I = I_m \sin \omega t$$

که I جریان لحظه ای، I_m جریان ماکزیمم، ω فرکانس زاویه ای و t زمان است. از طرفی داریم $W = ۲\pi f = \frac{۲\pi}{T}$ که f فرکانس و T پریود یا زمان تناوب می باشد. بنابراین معادله را بدین صورت می توان نوشت $I = I_m \sin ۲\pi f t = I_m \sin \frac{۲\pi}{T} t$

همانطور که از نمودار شکل(۶) پیداست جهت جریان در هر نیم پریود تغییر می کند و در نیم پریود دوم دارای جهتی مخالف نسبت به نیم پریود اول است.



شکل(٦)

۲-۴- انرژی الکتریکی

عبور جریان برق که در حقیقت تغییر مکان الکترونها است در مقاومتها تبدیل به حرارت ، در موتورها تبدیل به کار مکانیکی و در لامپ ها تبدیل به انرژی نورانی میشود.

مقدار حرارت ایجاد شده بر اثر عبور جریان الکتریکی از یک هادی به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- مجذور جریان I^2

۲- مقاومت هادی R

۳- زمان جاری شدن جریان t

واحد گرمای ایجاد شده کالری میباشد و یک کالری مقدار حرارتی است که اگر به یک گرم آب داده شود دمای آن یک درجه سانتیگراد بالا خواهد رفت.

واحد انرژی الکتریکی ژول است و عبارت است از مقدار انرژی الکتریکی که در نتیجه عبور جریانی بشدت یک آمپر با ولتاژ یک ولت در مدت یک ثانیه بدست می آید.

$$W = RI^2 t$$

در این رابطه :

W= انرژی الکتریکی بر حسب ژول

V= ولتاژ بر حسب ولت

I= شدت جریان بر حسب آمپر

t= زمان عبور جریان بر حسب ثانیه

R= مقاومت بر حسب اهم

۲-۵- قدرت یا توان الکتریکی

مقدار انرژی الکتریکی مصرف شده با کار الکتریکی انجام شده در واحد زمان را توان گویند و از رابطه زیر حساب می شود:

$$P = VI$$

P= توان الکتریکی بر حسب وات

V= ولتاژ بر حسب ولت

I= شدت جریان بر حسب آمپر

برای مقاومتهای اهمی خالص می توان توان را از فرمول زیر نیز محاسبه کرد:

$$P = RI^2$$

واحد توان وات است و عبارت است از میزان انجام یک ژول کار در هر ثانیه

واحدهای بزرگتر توان کیلو وات و مگاوات می باشد.

توان موتورها اغلب با قوه اسب داده میشود.که یک اسب برابر با ۷۳۶ وات یا ۰/۷۳۶ کیلو وات میباشد.

۲-۶- قوانین مدار

۲-۶-۱- قانون اهم

ولتاژ دو سر یک هادی با شدت جریان و مقاومت آن نسبت مستقیم دارد. بعبارت دیگر اگر مقاومت هادی (R) را ثابت نگه داریم جریان با اختلاف سطح بین دو سر هادی نسبت مستقیم دارد. یعنی :

شدت جریان × مقاومت = ولتاژ

$$V = R \times I$$

که در آن:

V= ولتاژ بر حسب ولت

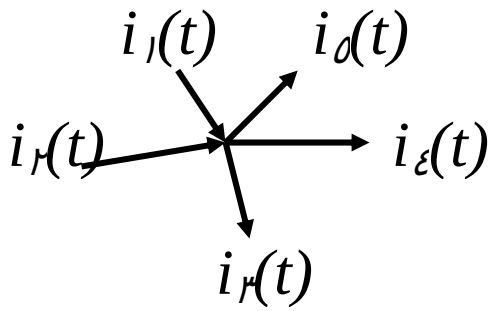
R= مقاومت ها دی بر حسب اهم

I= شدت جریان بر حسب آمپر

۲-۶-۲- قوانین کریشهف

الف- قانون جریانها:

این قانون بیان می دارد که مجموع جبری جریانهایی که بر هر نقطه از مداری وارد می شود در هر لحظه مساوی صفر است. بعبارت دیگر مجموعه جریانهایی که به یک گره در یک مدار الکتریکی وارد می شوند برابر مجموع جریانهایی ایست که از آن گره در مدار خارج می شوند. (شکل (۷))



$$\sum_{j=1}^{n} i_j(t) = 0$$

شکل (۷)

ب- قانون ولتاژها:

در هر مدار بسته مجموع جبری افت ولتاژها مساوی مجموع جبری نیروهای محرکه ایست که در این مدار وجود دارند. بعبارت دیگر در یک مدار بسته جمع جبری افت ولتاژها و نیروهای محرکه برابر صفر است. یعنی $\sum v_j = ۰$

۲-۷- اتصال مقاومتها

مقاومتها به دو صورت سری و موازی به یکدیگر متصل می شوند.

۲-۷-۱- اتصال سری

اگر چند مقاومت بطور سری (متوالی) بهم متصل باشند مقاومت کل یا مقاومت معادل آنها برابر مجموع مقاومتها است. شدت جریان (I) در تمام نقاط این مدار یکسان می باشد زیرا فقط یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد:

$$Rt = R۱ + R۲ + \ldots + Rn$$

۲-۷-۲- اتصال موازی

اگر چند مقاومت بطور موازی بهم متصل شوند مقاومت معادل آنها برابر مجموع عکس آن مقاومتها است، افت ولتاژ در این مقاومتها مساوی است ولی جریان در مدار به نسبت مقاومتها تقسیم می شود:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \ldots \frac{۱}{R_N}$$

پرسشهاي فصل دوم :

۱- جریان الکتریکی چگونه بوجود می آید؟

۲- باطری از چه اجزایی تشکیل گردیده است؟

۳- الکتریسته جاری با الکتریسته ساکن چه تفاوتی دارد؟

٤- جریانهای مستقیم و متناوب چه تفاوتی دارد؟

۵- انرژی و توان را تعریف کنید؟

۶- قوانین KCL , KVL را بیان کنید.

فصل سوم

مغناطیس و الکترومغناطیس

اهداف آموزشی فصل سوم :

۱- آشنایی با شار مغناطیسی وخواص آن

۲- آشنایی با قانون فاراده

۳- شناخت جریانهای گردابی وتأثیرات آن در هسته وسایل الکتریکی

٤- آشنایی با مفهوم نیروی محرکه القا شده و عوامل مؤثر در ایجاد آن

۳-۱-تئوری مغناطیسی ماده

کلمه مغناطیس که به آهنربا گفته می شود از ماگنز نام محلی که برای اولین بار سنگ آهنربای طبیعی یعنی ماگنتیت (Fe_3O_4) در آنجا پیدا شده است گرفته شده است.

بر اساس نظریه وبر هر ملکول از جسم مغناطیسی مانند آهنربای کوچکی است که دارای دو قطب است. بعضی اجسام چون آهن، کبالت و نیکل به خوبی جذب شده، دارای خاصیت مغناطیسی می گردند، که آنها را فرومغناطیس نامند. به اجسامی نظیر مس، برنج، شیشه و چوب که جذب آهنربا نمی شوند اجسام غیر مغناطیسی گفته می شود. اجسام غیر مغناطیسی نیز به دو گروه دیامغناطیس و پارامغناطیس تقسیم می گردند.

۳-۱-۱- مواد دیامغناطیس

در این مواد الکترونها با دو گروه مساوی ولی در خلاف جهت یکدیگر به دور هسته می چرخند و آثار مغناطیسی یکدیگر را خنثی می سازند. لذا چنین موادی فاقد خاصیت مغناطیسی هستند. اگر این ماده در یک میدان مغناطیسی قوی قرار گیرد در مدارهای الکترونی آنها آشفتگی کمی ایجاد می گردد و خاصیت مغناطیسی ضعیفی در این ماده پدید می آید. چنین ماده ای را دیامغناطیس گویند. اگر از این مواد تیغه یا میله ای ساخته شود و در یک میدان مغناطیسی

آویزان گردد بطور عمودی در راستای خطوط نیروی مغناطیسی قرار می گیرد. (برخلاف اجسام فرومغناطیس و پارامغناطیس). همه غیر فلزها به جز O_2 و بسیاری از نمکها و اکثریت ترکیبات آلی جزءِ مواد دیامغناطیس به شمار می روند.

در این مواد تعداد الکترونهایی که در دو دسته برخلاف جهت یکدیگر به دور هسته می چرخند برابر نیست. در نتیجه خاصیت مغناطیسی هر اتم ماده صفر نیست و چون اتمهای مولکولها نامنظم قرار گرفته اند خاصیت مغناطیسی ندارند. ولی اگر در یک میدان مغناطیسی قرار گیرند مولکولها تا حدودی هم جهت میدان خارجی قرار می گیرند. فلزاتی از جمله پلاتین، سدیم، آلومینیوم، کرم و منگنز از این گروه هستند.

۳-۱-۲- مواد فرومغناطیس

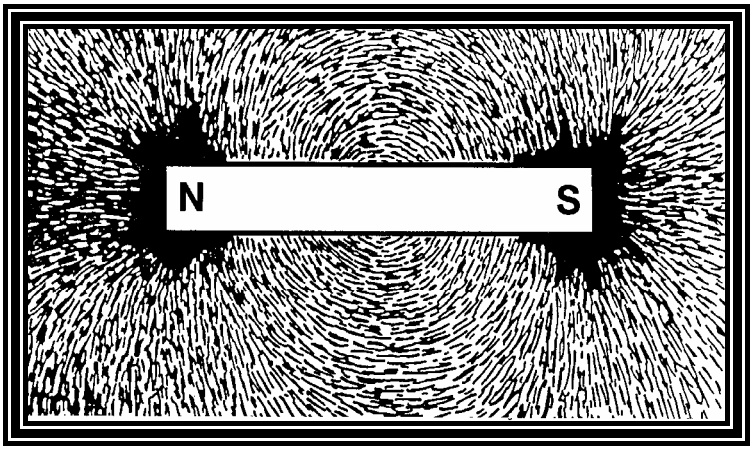
در این مواد اتمهائی که از نظر حرکت الکترونها دارای وضعیت مشترک هستند به هم پیوسته وگروه کوچکی بنام بخش میکروسکوپی را می سازند. اتمهای این بخش در حقیقت طوری قرار گرفته اند که بصورت حوزه کوچک مغناطیسی عمل می کنند. قبل از اینکه این حوزه ها در یک میدان مغناطیسی واقع گردند محورهای مغناطیسی آنها در جهت های مختلف واقع شده اثر یکدیگر را خنثی می سازند.ولی هنگامی که در یک میدان مغناطیسی قرار گیرند محورهای مغناطیسی حوزه ها هم راستای میدان خارجی شده ودر نتیجه در جسم خاصیت مغناطیسی ایجاد می گردد. آهن، فولاد و نیکل از گروه مواد فرومغناطیس می باشند.

۳-۲- قطب های آهن ربا

اگریک آهن ربای میله ای در براده های آهن قرار گیرد، براده ها مانند شکل (۸)به دو سرآهنربابیشتر می چسبند.تراکم براده ها در وسط میله خیلی کمتر از دو سر آهنربا است . لذا به دو سر آهنربا که دارای خاصیت آهن ربائی بیشتر است قطبین آهنربا گفته میشود.

اگر این آهنربای میله ای راتوسط نخ از وسط آویزان کنیم آهنربای مغناطیسی در نهـایت در راستای تقریباً شمال وجنوب قرار می گیرد. قطبی که به طرف شمال است قطب شمال (N) وقطب دیگر را قطب جنوب یا (S) نامند.

برای آهن ربای آویخته شده می توان محوری را فرض کرد که خاصیت مغناطیسی در اطـراف آن متقـارن باشد صفحه قائمی که از این محـور فرضـی می گذرد صـفحه نصف النهار مغناطیسی گفته میشود.



شکل (۸)

۳-۳- روش ساخت آهن ربای مصنوعی

به طرق الکتریکی، القا،ومالش می توان آهن ربای مصنوعی ایجاد کرد.

۳-۳-۱- روش الکتریکی

اگر سیم مسی روپوش داری را به دور تیغه فولادی بپیچیم ودو سر سیم را به یک باطری وصل کنیم پس از وصل جریان الکتریکی تیغه فولادی درون سیم پیچ برای مدتی دارای خاصیت مغناطیسی می گردد.

۳-۳-۲- روش القاء

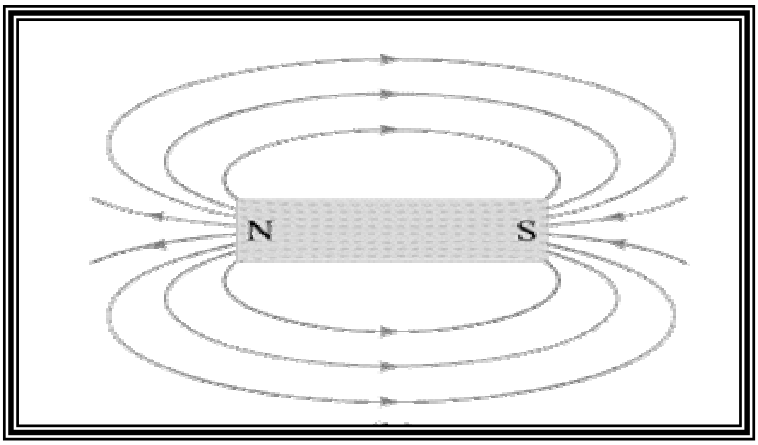
هرگاه یکی از قطب های آهنربا را به یک تیغه فولادی که خاصیت مغناطیسی ندارد نزدیک کرده یا به آن وصل کنیم در تیغه فولادی خاصیت مغناطیسی ایجاد می شود.در این حالت نحوه آهنرباشدن تیغه فولادی بدین صورت است که قطب های غیر همنام مجاور، همدیگر را جذب می کنند.همچنین دلیل ا تصال چند سنجاق که به دنبال هم به یک آهنربا جذب شده اند این است که در اثر خاصیت مغناطیسی ایجاد شده ، مغناطیس شده و سپس جذب آهنربا میشود.

بین این دو پدیده یعنی القای الکتریکی و القای مغناطیسی یک تفادت عمده وجود دارد و آن اینکه دو بار الکتریکی مثبت و منفی القاءِ شده را می توان از هم جدا نمود در حالیکه جدا کردن دو قطب یک آهنربا به هیچ وجه امکان پذیر نیست.

خاصیت مغناطیسی یک آهنربا را میتوان به طرق مختلف از بین برد. این روشها عبارتند از حرارت دادن، چکش کاری کردن و استفاده از سیم پیچ جریان متناوب.

در فضای اطراف هر آهنربا آثار مغناطیسی وجود دارد. اگر جسمی مثلاً یک قطعه کوچک آهن در این فضای محدود قرار گیرد به آن نیرو وارد شده وجذب آهنربا می گردد. این فضا را میدان مغناطیسی گویند. میدان مغناطیسی را با خطوطی به نام خطوط میدان مغناطیسی نشان می دهند. مجموعه این خطوط را طیف مغناطیسی نامند.

جهت این خطوط از قطب N به قطب S بوده و وضعیت آنها به نحوی است که یکـدیگر را قطع نمی کنند. ضمناً در هر نقطه از میدان که خطوط نیرو متراکم تر باشند میدان دارای شـدت بیشتری است. (شکل (۹))



شکل (۹)

۳-۴- میدان مغناطیسی زمین

وقتی بر روی کره زمین عقربه مغناطیسی در جهت مشخصی قرار می گیرد این ادعا را به اثبات می رساند که اطراف کره زمین میدان مغناطیسی وجود دارد. بنابراین زمین را می توان مانند یک مغناطیس بزرگ فرض کرد که محور آن با محور دوران زمین زوایه ای حدود ۱۵ درجه می سازد و قطب شمال مغناطیسی آن در مجاورت قطب جنوب جغرافیائی و قطب جنوب مغناطیسی در مجاورت قطب شمال جغرافیایی قرار دارد. میدان مغناطیسی زمین یکنواخت نیست و اندازه و شدت آن در مکانها و زمانهای مختلف متفاوت است.

۳-۵- زاویه انحراف و زاویه میل

در هر نقطه، زاویه افقی بین نصف النهار جغرافیایی را زاویه انحراف آن نقطه می گویند. در فنون هواپیمایی و کشتیرانی جهت استفاده از قطب نما دانستن زاویه انحراف مغناطیسی و تغییرات آن حائز اهمیت است.

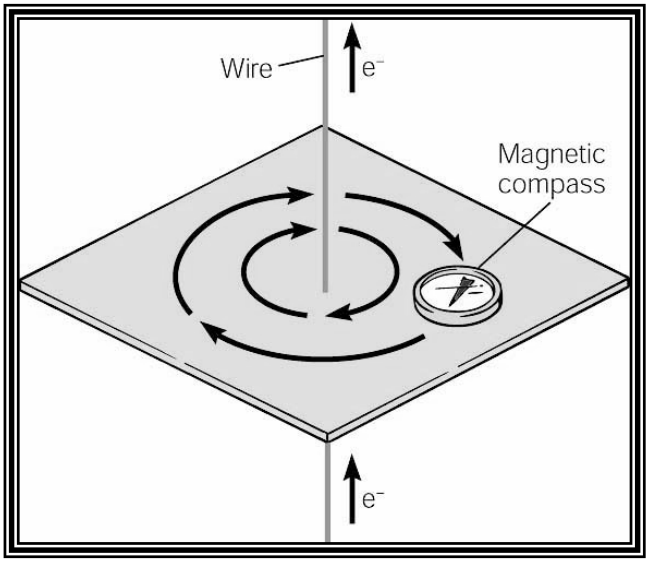
به زاویه ای که بین امتداد میدان مغناطیسی در هر نقطه با سطح افق آن نقطه تشکیل میشود زاویه میل گفته می شود. این زاویه در استوا برابر صفر و در قطبین برابر ۹۰ درجه میباشد.

۳-۶- اثر مغناطیسی جریان الکتریسیته

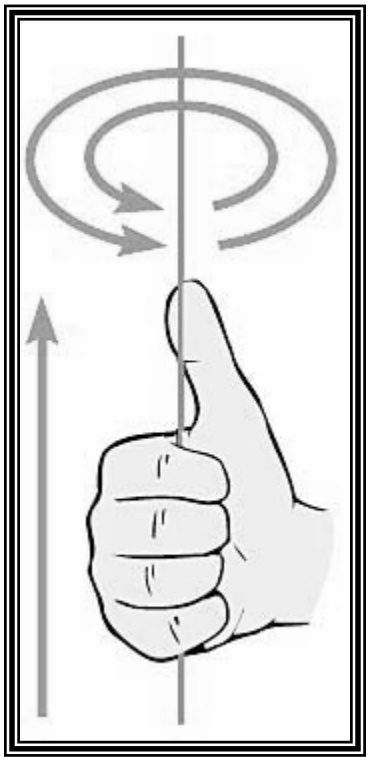
یک بار الکتریکی ساکن در اطراف خود فقط میدان الکتریکی ایجاد می کند در حالیکه بار متحرک یا به عبارتی جریان الکتریسیته در اطراف خود علاوه بر میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی

نیز به وجود می آورد. اورستد با قرار دادن عقربه مغناطیسی در مجاورت یک سیم حامل جریان برق برای اولین بار این خاصیت را کشف کرد که عقربه مغناطیسی مطابق شکل از راستای خود منحرف می شود و انحراف عقربه بستگی به جهت جریان و طرز قرار گرفتن سیم نسبت به عقربه دارد.

آزمایش نشان می دهد که دراطراف سیم حامل جریان مانند شکل (۱۰- الف) خطوط میدان مغناطیسی که معرف شار مغناطیسی است وجود دارد. اگر جهت جریان عوض شود عقربه نیز در خلاف جهت اولیه قرار می گیرد ولی شکل طیف تغییر نمی کند. با روش ساده زیر موسوم به دستور دست راست می توان جهت خطوط میدان را مشخص کرد. اگر سیمی که از آن جریان الکتریسیته می گذرد مانند شکل (۱۰- ب) نسبت به دست راست طوری باشد که انگشت شست در جهت جریان واقع شود، جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر، جهت خطوط میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می دهد.



شکل (۱۰- الف)



شکل (۱۰- ب)

۳-۷- شدت میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست

شدت میدان مغناطیسی که به آن اندوکسیون مغناطیسی یا القاءِ مغناطیسی نیز گفته میشود در حقیقت بیانگر چگالی شار مغناطیسی در هر نقطه اطراف سیم راستی است که از آن جریان الکتریسیته می گذرد وآنرا با B نمایش می دهند.

میزان شدت میدان مغناطیسی یا اندوکسیون درهر نقطه اطراف سیم حامل جریان با شدت جریان عبوری از سیم نسبت مستقیم و با فاصله نقطه از سیم نسبت معکوس دارد. یعنی :

$$B = K\frac{I}{d}$$

در دستگاه واحدهای بین المللی که I بر حسب آمپر و d برحسب متر است B برحسب تسلا یا نیوتن بر آمپر بیان می شود.

مقدار K را بصورت $\frac{\mu_0}{2\pi}$ نیز نشان می دهند که μ_0 را قابلیت نفوذ مغناطیسی خلاءِ گویند و اندازه آن $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ است. بنابراین رابطه شدت میدان مغناطیسی اطراف سیم راست را می توان چنین نوشت:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi}.\frac{I}{d}$$

۳-۸- شدت میدان مغناطیسی در مرکز یک مدار دایره ای

وقتی جریانی با شدت I از یک مدار دایره ای به شعاع r بگذرد شدت میدان مغناطیسی (القای مغناطیسی) در مرکز حلقه برابر است با $B = K\frac{I}{r}$

اگر مدار شامل N حلقه باشد شدت جریان هم N برابرخواهد شد. لذا اندازه اندوکسیون یا میدان مغناطیسی نیز N برابر می شود.

$$B = \frac{\mu_0}{2} * \frac{NI}{r}$$

و یا

$$B = 2\pi * 10^{-7}\frac{NI}{r}$$

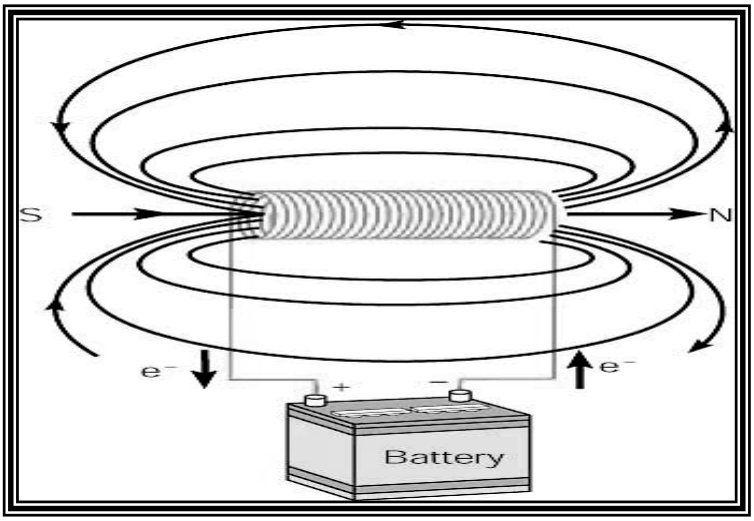
که I بر حسب آمپر و r بر حسب متر و B بر حسب تسلا می باشد.

۳-۹- میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم پیچ (سولنوئید)

وقتی از یک سیم پیچ الکتریکی مطابق شکل (۱۱) جریانی عبور کند، در داخل آن میدان مغناطیسی به وجود می آید .اگر خطوط قوای مغناطیسی با هم موازی باشند میدان را یکنواخت گویند.اگر تعداد حلقه های سیم پیچ برابرNو طول سیم پیچ را به L و شدت جریان را با I نشان دهیم در این صورت شدت میدان در وسط سیم پیچ برابر است با $B = ۴\pi * ۱۰^{-۷} \frac{N.I}{L}$

معمولاً در رابطه فوق $\mu_{\circ} = ۴\pi * ۱۰^{-۷}$ و مقدار $m = \frac{N}{L}$ یعنی تعداد حلقه ها در واحد طول سولنوئید در نظر گرفته می شود. بنابراین :

$$B = \mu_{\circ} m I$$



شکل (۱۱)

۳-۱۰- تعیین نیروی حاصل از میدان مغناطیسی بر ذره باردار

اگر سیم حامل جریان الکتریسیته را در یک میدان مغناطیسی آویزان کنیم به سیم نیرو وارد شده وبه حرکت در می آید. با توجه باین مطلب که جریان الکتریسته در حقیقت عبور الکترونها می باشد می توان نتیجه گرفت که نیروی وارده همان برآیند نیروهای وارد بر الکترونها می باشد. اگر یک الکترون با بار e و با سرعت V در میدان مغناطیسی به چگالی B عمود بر راستای خطوط نیروی میدان حرکت کند، نیروی منحرف کننده الکترون برابر است با :

$$F = K.e.V.B$$

اگر F بر حسب نیوتن و e بر حسب کولن و V بر حسب متر بر ثانیه و B بر حسب تسلا در نظر گرفته شود K=۱ خواهد بود و داریم : $F = e.V.B$

در میدان مغناطیسی نه تنها بر الکترون بلکه بر هر نوع باری (مثبت یا منفی) در موقع حرکت، نیرو وارد می شود.

بنابراین نیروی وارد بر بار الکتریکی برابر است با : $F = q.V.B$

در حالت کلی که راستای حرکت ذره باردار عمود بر راستای خطوط نیروی میدان نباشد و این دو زاویه α با یکدیگر بسازند مقدار نیرو برابر است با : $F = q.V.B.\sin\alpha$

توجه داشته باشیدکه راستای نیروی F همواره بر صفحه تشکیل دهنده راستای حرکت ذره (V) و میدان مغناطیسی (B) عمود است (دستور دست راست).

۳-۱۱- شار مغناطیسی

به مجموع خطوط القائی که ازیک سطح محدود می گذرد شار یا فلوی مغناطیسی گفته می شود وبا φ نشان می دهند. اگر اندازه سطح را با A و چگالی میدان مغناطیسی را با B و زاویه ای که امتداد خطوط قوای مغناطیسی با خط عمود بر سطح می سازد را با α نشان دهیم، داریم :

$$\varphi = B.A\cos\alpha$$

اگر دررابطه فوق A برحسب مترمربع و B بر حسب تسلا باشد، φ بر حسب وبر (Wb) است. وبر واحد شار مغناطیسی می باشدو برابرشار مغناطیسی است که از سطحی برابر یک متر مربع می گذرد وقتی این سطح عمود بر میدانی به شدت یک تسلا قرار گرفته باشد.

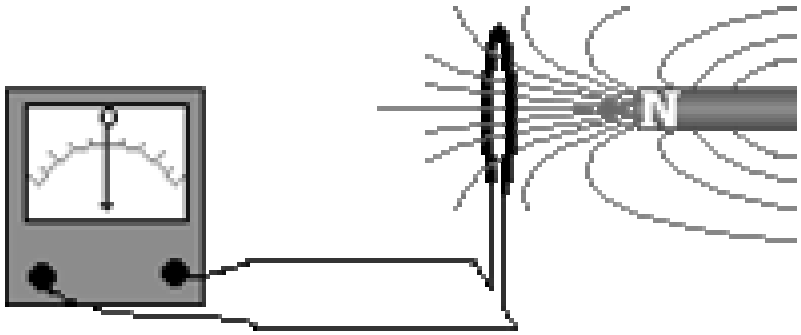
۳-۱۲- جریان القائی

وقتی شار مغناطیسی که از یک مدار بسته می گذرد تغییر نماید در آن مدار، جریان الکتریکی بوجود می آید که به آن جریان القائی گفته می شود. مثلاً اگر یک آهنربا مطابق شکل(۱۲) در داخل سیم پیچی که متصل به میلی آمپرمتر است حرکت داده شود، عقربه میلی آمپرمتر (گالوانومتر) منحرف می گردد. علت این امر بوجود آمدن جریان القائی در سیم می باشد.

وقتی آهنربا نسبت به سیم پیچ حرکت می کند شار مغناطیسی داخل سیم پیچ را تغییر می دهد. در حقیقت الکترونهای آزاد موجود در سیم پیچ شروع به حرکت کرده و جریان القائی بوجود می آید. همچنین اگر آهنربا را از سیم پیچ دور کنیم باز هم عقربه میلی آمپر متر منحرف می شود ولی جهت انحراف ، عکس حالت قبلی است که آهنربا به سیم پیچ نزدیک میشود. این پدیده را القای الکترومغناطیسی و جریان القائی نامند.

جریان القائی درصورتی درسیم پیچ بوجود می آید که شار مغناطیسی که از درون آن می گذرد تغییر کند. لذا اگر آهنربا در مقابل سطح سیم پیچ بدون حرکت باشد با آنکه شار

مغناطیسی از درون سیم پیچ می گذردولی در سیم پیچ جریان القائی بوجود نمی آید. عامل بوجود آورنده جریان القائی را نیروی محرکه القائی گویند.



شکل (۱۲)

۳-۱۳- نیروی محرکه القائی

وقتی بار الکتریکی q با سرعت ثابت V در یک میدان مغناطیسی که چگالی شار مغناطیسی آن B باشد ، عمود بر راستای خطوط القای مغناطیسی حرکت کند نیروئی بر این بار الکتریکی وارد می شود که مقدار آن برابر است با : $F = B.q.V$

(راستای نیروی F عمود بر صفحه تشکیل دهنده B و V است.)

نیروی محرکه ای که بدین صورت در یک هادی بطول L ایجاد می گردد بیانگر مقدار کاری است که بر روی واحد بار الکتریکی هنگام عبور جریان از یک سر هادی به سر دیگر آن انجام می گیرد.

۳-۱۴- قانون فاراده در مورد نیروی محرکه القائی

نیروی محرکه القائی که بر اثر تغییر شار مغناطیسی در یک مدار ایجادمی گردد برابر است با اندازه تغییر شار مغناطیسی در واحد زمان.

نیروی محرکه القائی بنابر قانون فاراده به صورت زیر بیان می شود:

$$E = -N\frac{d\varphi}{dt}$$

همانطوری که قبلاً گفته شد برای تولید جریان القائی باید شار مغناطیسی که از مدار بسته ای می گذرد تغییر کند. چون $\varphi = B.A\cos\alpha$ می باشد، برای تغییر شار می توان یکی از عوامل سطح مدار، شدت میدان مغناطیسی و یا زاویه راستای بردار القای مغناطیسی با خط عمود را تغییر داد.

طبق قانون لنز جهت حرکت نیروی محرکه القائی با جهت جریان القائی یکی است و جهت آن همواره چنان است که مانع تغییر شار مغناطیسی می گردد. برای تعیین جهت نیروی محرکه

القائی در یک سیم راست می توان از دستور دست راست استفاده کرد. اصولاً برای مطرح کردن قانون لنز نیروی محرکه القائی را بصورت زیر نشان می دهند.

$$E = -\frac{d\phi}{dt}$$

علامت منفی در اندازه نیروی محرکه تأثیر ندارد و فقط جهت نیروی محرکه (قانون لنز) را مشخص می کند.

۳-۱۵- جریانهای گردابی یا جریانهای فوکو

در بعضی از وسایل الکتریکی مانند دینامو، یک هسته فلزی نیزدر میدان مغناطیسی حرکت می کند و در برخی دیگر مانند ترانسفورماتور هسته فلزی در میدان مغناطیسی متغیر قرار دارد.در هردو صورت ، داخل این قطعات فلزی مانند هسته نیز جریان القائی در مسیرهای مسدود و دایره ای شکل بوجود می آید که آنها را جریانهای گردابی یا جریانهای فوکو می نامند.

جهت این جریانها طوری است که میدانهای مغناطیسی حاصل از آنها بر میدان مغناطیسی اصلی طبق قانون لنز اثر می کند و مانع حرکت آنها می شود.

پرسشهاي فصل سوم :

۵- اجسام فرو مغناطیس چه خواصی دارند؟

۶- آهنربای مصنوعی به چه روشهایی ساخته می شود؟

۷- شار مغناطیسی چیست؟

۸- قانون فاراده را بیان کنید.

۹- جریانهای گردابی چگونه بوجود می آید؟

۱۰- نیروی محرکه القا شده در یک سیم به چه عواملی بستگی دارد؟

۱۱-قانون لنز را بیان کنید.

فصل چهارم

مدارهای جریان متناوب

اهداف آموزشی فصل چهارم :

۱- آشنایی با جریانهای متناوب و اساس تولید آن

۲- شناخت جریان و ولتاژ مؤثر

۳- شناخت مفاهیم همفازی و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ

٤- شناخت مفهوم توان

۴-۱-اساس تولید جریان متناوب

سیم پیچی که به شکل یک قاب و متعلق به یک دینامو‌ی ساده مولد جریان متناوب است را مطابق شکل (۱۳) در نظر بگیرید. جریان حاصل از این دینامو را به این جهت متناوب گویند که جهت و اندازه نیروی محرکه آن مرتباً تغییر و این تغییر به صورت منظم تکرار می شود. قاب را می توان سطحی به حساب آورد که در میدان مغناطیسی یکنواخت بدور محور خود می چرخد.

در اثر تغییر شار مغناطیسی که از این سطح می گذرد نیروی محرکه القائی ایجاد می گردد. فرض کنید در لحضه شروع (t=۰) سطح قاب بر خطوط نیروی مغناطیسی عمود باشد.

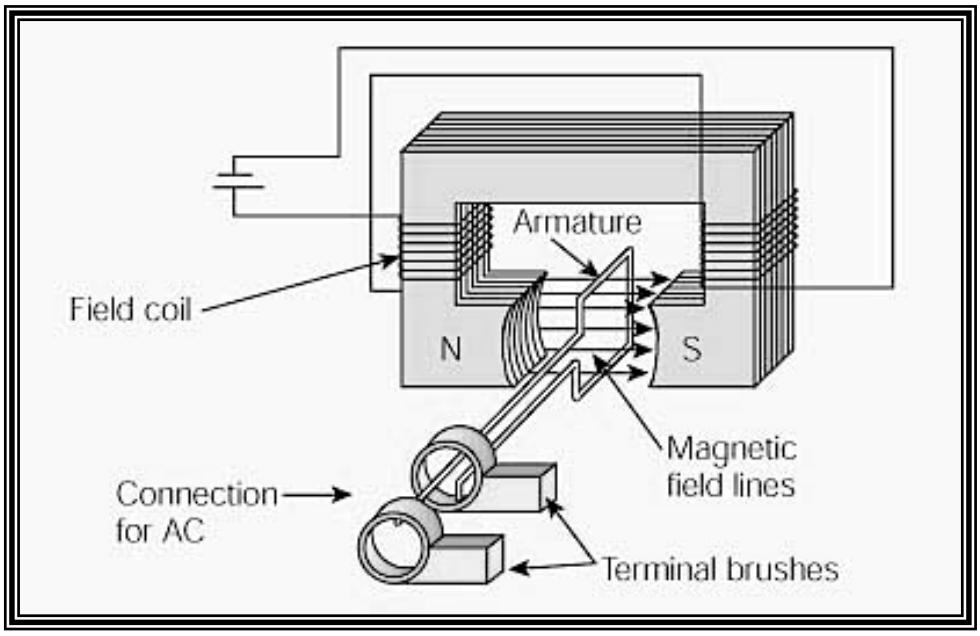
در این وضعیت شار عبوری از سطح قاب ماکزیمم است. پس از t ثانیه اگر قاب به اندازه $\theta = \omega t$ چرخیده باشد شار مغناطیسی که از قاب می گذرد برابر است با:

$$\varphi = AB\sin\omega t$$

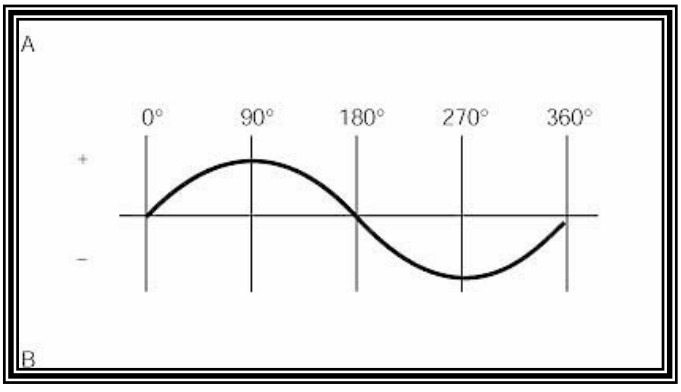
این شار مغناطیسی متغیر در هر دور سیم پیچ قاب نیروی محرکه القائی تولید می کند که از رابطه $E = -\frac{d\varphi}{dt} = B.A\omega\sin\omega t$ بدست می آید. اگر قاب دارای سه دور سیم پیچی باشد نیروی محرکه القا شده در سیم پیچ قاب برابر است با :

$$E = -N\frac{d\varphi}{dt} = N.B.A\omega\sin\omega t$$

بنابراین اگر سیم پیچی با سرعت زاویه ای ثابت ω در یک میدان مغناطیسی یکنواخت بچرخددرآن نیروی محرکه سینوسی متناوبی القاء می گردد که اندازه آن برابر $E = E_{\max}\sin\omega t$ است که $E_{\max} = N.B.A\omega$ نیروی محرکه ماکزیمم است . (شکل ١٤)



شکل (۱۳)



شکل (۱٤)

۴-۲- شدت جریان متناوب

وقتی دو سر سیم پیچ را به دو طرف یک رسانا با مقاومت R ببندیم شدت جریان الکتریکی که از این رسانا می گذرد برابر است با : $I = \frac{E}{R} = I_m \sin \omega t$

در رابطه فوق I_m شدت جریان ماکزیمم مربوط به نیروی محرکه ماکزیمم است. در جریان متناوب ، شدت جریان که تابع سینوسی از زمان است در فاصله زمانی $T = \frac{۲\pi}{\omega}$ تکرار می گردد. T را زمان تناوب گویند و از رابطه $f = \frac{۱}{T}$ بدست می آید. همانطور که قبلاً گفته شد در هر پریود جریان در بار تغییر جهت می دهد که زمان لازم برای هر تغییر جهت برابر $\frac{T}{۲}$ (نیم پریود) است که آنرا آلترنانس گویند. در شبکه سراسری برق کشور ما فرکانس جریان $f = ۵۰HZ$ است. بنابراین پریود آن $\frac{۱}{۵۰}$ ثانیه و آلترنانس آن $\frac{۱}{۱۰۰}$ ثانیه می باشد.

۴-۳- تعریف شدت جریان مؤثر

شدت مؤثر یک جریان متناوب برابر شدت جریان پیوسته ای است که در یک مقاومت الکتریکی در یک مدت معین گرمایی معادل جریان متناوب تولید کند . بین شدت جریان مؤثر و شدت جریان ماگزیمم رابطه زیر برقرار است :

$$Ie = \frac{I_m}{\sqrt{۲}}$$

۴-۴- نیروی محرکه مؤثر و اختلاف پتانسیل مؤثر

بین نیروی محرکه مؤثر ونیروی محرکه ماکزیمم رابطه زیر بر قرار است:

$$E_e = \frac{E_m}{\sqrt{۲}} = ۰.۷۰۷E_m$$

همچنین بین اختلاف پتانسیل مؤثر و اختلاف پتانسیل ماکزیمم رابطه زیر برقرار است:

$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} = ۰.۷۰۷V_m$$

اختلاف پتانسیل مؤثر بوسیله ولت سنج گرمائی اندازه گیری می شود . ولت سنج گرمائی همان آمپرسنج گرمائی است که مقاومت فوق العاده زیادی بطور سری باآن بسته شده و آن را بوسیله یک جریان پیوسته و برحسب ولت مدرج می کنند .

۴-۵- نیروی محرکه القایی

مدار بسته ای را در نظر می گیریم که از آن جریانی میگذرد ، این جریان در اطراف خود میدانی مغناطیسی تولید می کند. حال اگر به عللی جریان در مدار قطع یا تغییر کند . میدان، جریان و در نتیجه شار مغناطیسی نیز که از مدار میگذرد تغییر می کند . آزمایش نشان میدهد که در اینصورت نیزیک نیروی محرکه القائی درمدارایجاد می گردد.درست مانندحالتی که تغییرات شار بوسیله یک عامل خارجی ایجاد شده باشد . اینگونه القاء را که توسط خود جریان در مدار خودش تولید می شود را خود القایی می نامند . قوانین القاء و قانون لنز در مورد خود القاء نیز صادق است . یعنی جریان خود القاء با تغییرات جریان القاء کننده مخالفت می کند . همانطور که گفته شد هنگامیکه از مدار جریان I میگذرد در اطراف این مدار میدان مغناطیسی **B** بوجود می آید و این میدان مغناطیسی باعث عبور شارمغناطیسی از درون مدار می گردد که متناسب با **i** می باشد . $\varphi = Li$

L ضریب ثابتی است که به آن ضریب خود القاء یا اندوکتانس مدار گفته می شود و وابسته به ساختمان مدار دارد.

وقتی شدت جریان **(I)** تغییر کند شارمغناطیسی φهم تغییر می کند که این تغییر شار باعث بوجود آمدن نیروی محرکه خودالقا می شود و مقدار آن برابر است با $e = -\frac{d\varphi}{dt} = -L\frac{di}{dt}$

واحد ضریب خود القائی (اندوکتانس) در دستگاه **SI** هانری **(H)** می باشد. بنا به تعریف هانری ضریب خود القائی مداری است که اگر شدت جریان در آن به اندازه یک آمپر در یک ثانیه بطور یکنواخت تغییرکنددرمدار نیروی محرکه ای برابر یک ولت تولید می شود.

مقدار انرژی ذخیره شده در یک سیم پیچ که آنرا انرژی الکترومغناطیسی جریان می نامند بنابر محاسبه متناسب با اندوکتانس و مجذور شدت جریان است .

$$W = \frac{1}{2}LI^2$$

در فرمول فوق **I** بر حسب آمپر ، L بر حسب هانری و W برحسب ژول است .

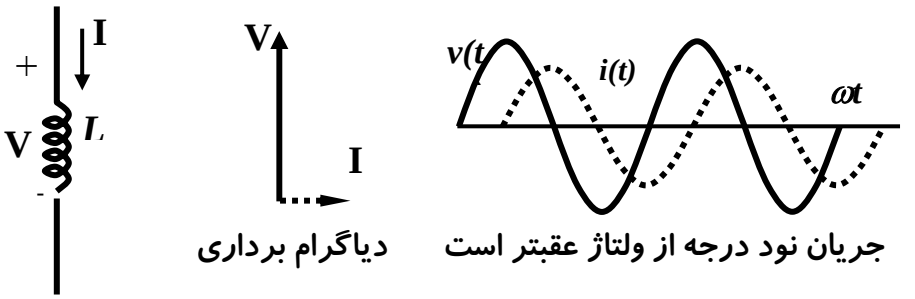
۴-۶- مدارهای جریان متناوب

در جریان مستقیم وقتی از مقاومت R شدت جریان **I** عبور کند اختلاف پتانسل برابر V = Ri خواهد بود .بعبارت دیگر فرمول $I = \frac{V}{R}$ در جریان مستقیم طبق قوانین اهم بدست می آید ولی در جریان متناوب اگر سلف و خازن وجود داشته باشد خارج قسمت عددی بزرگتر می شود و قانون اهم بصورت معمولی بکار نمی رود .

با وجود سلف وخازن در مدار اگر شدت جریان لحظه ای متناوب که از مدار می گذرد بصورت تابع سینوسی باشد اختلاف پتانسیل نیز تابع سینوسی با همان پریود خواهد بود ولی بین شدت جریان و اختلاف پتانسیل اختلاف فازی برابر φ وجود خواهد داشت .

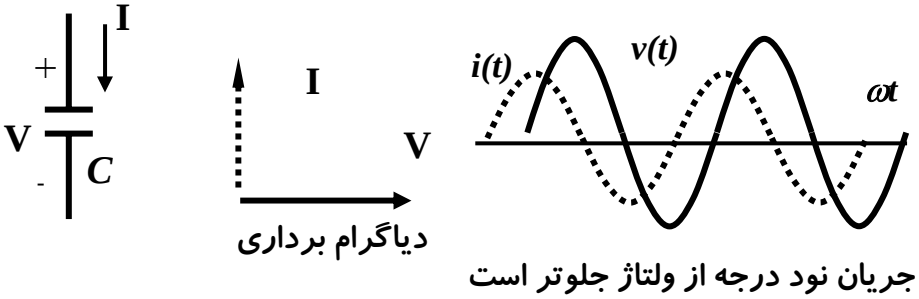
وقتی $\varphi > 0$ باشد جریان نسبت به ولتاژ عقب تر است. وقتی $\varphi < 0$ باشد جریان نسبت به ولتاژ جلو تر است و وقتی $\varphi = 0$ باشد اختلاف پتانسیل و شدت جریان هم فاز می باشند .

این اختلاف فازها برای انواع مدارها در شکل (۱۵) آمده است .



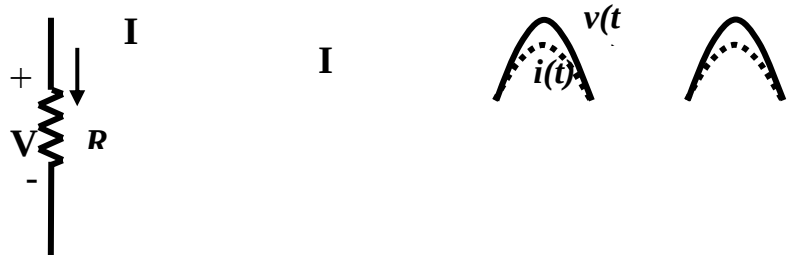
دیاگرام برداری

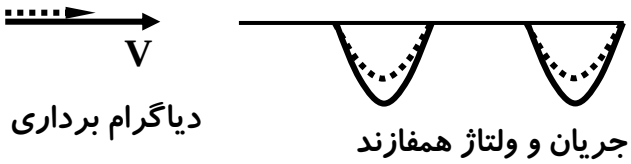
جریان نود درجه از ولتاژ عقبتر است



دیاگرام برداری

جریان نود درجه از ولتاژ جلوتر است





شکل (۱۵)

۴-۷- توان در جریان متناوب

توان در جریان مستقیم از رابطه $P = VI$ بدست می آید و واحد آن ولت آمپر یا وات است . توان در جریان متناوب متناسب با شدت جریان لحظه ای و ولتاژ لحظه ای است یعنی :

$$P = V_e I_e \cos\varphi$$

که φ اختلاف فاز است .

می توان گفت در حالتی که مدار فقط شامل سلف یا فقط شامل خازن است مقدار P صفر است .

یعنی در مدارهای جریان متناوب خازن و سلف توان تلف نمی کنندوفقط اختلاف فاز ایجاد می کنند این المانها مقاومت ظاهری مداررا زیاد کرده سبب کاهش شدت جریان می گردند .

پرسشهاي فصل چهارم :

۱- جریان متناوب چگونه بوجود می آید؟

۲- زمان تناوب را تعریف کنید؟

۳- جریان مؤثر چیست و چه رابطه ای با جریان ماکزیمم دارد؟

٤- ولتاژ مؤثر چیست؟

۵- مفهوم همفازی ، پیش فازی وپس فازی جریان نسبت به ولتاژ را بیان کنید.

۶- توان در جریان متناوب چگونه بیان می شود؟

فصل پنجم
آشنایی با ماشینهای الکتریکی
وترانسفور ماتور

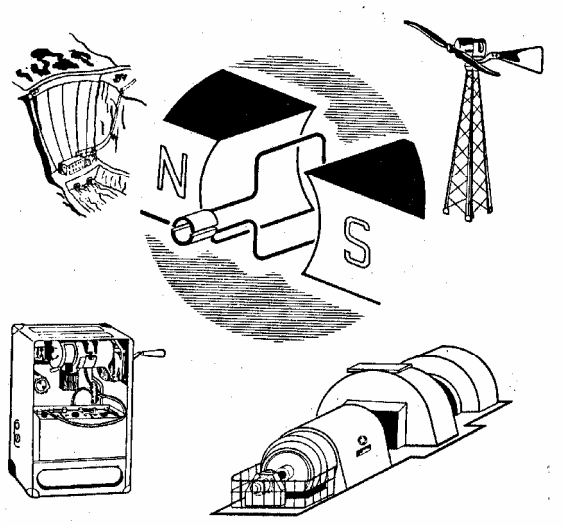
اهداف آموزشی فصل پنجم :

۱- آشنایی با اصول کار ژنراتورها، موتورها و ترانسفورماتورها
۲- آشنایی با عملکرد کموتاتور وطریقه یکسوسازی جریان در ماشینهای DC
۳- آشنایی با انواع ژنراتورها و موتورهای جریان متناوب
٤- شناخت ترانسفورماتور و موارد کاربرد آن
۵- آشنایی با موارد استفاده ترانسفورماتور در سیستمهای انتقال انرژی

۵-۱- اصول کار ژنراتورها

شما بخوبی با چراغ قوه ، رادیوهای جیبی و سیستم برق اتومبیل که در آنها باطری منبع قدرت است ، آشنا هستید . در این موارد جریانی که از باطری کشیده می شود کم است . باید دانست باطری موقعی که جریان کمی مورد نیاز باشد می تواند مدتها بدون شارژ شدن جریان بدهد . باطری ها می توانند بخوبی برق دستگاههای برقی را تأمین کنند . اما عده زیادی از دستگاههای برقی به مقدار زیادی جریان، با ولتاژ بالا احتیاج دارند تا کار کنند . برای مثال لامپهای برق و موتورهای قوی احتیاج به جریان و ولتاژی دارند که هیچ باطری نمی تواند آن را تأمین کند بنابراین غیر از باطری منابع قدرت دیگری برای تأمین برق اینگونه وسایل مورد نیاز است . این قدرت زیاد در اثر چرخش ماشین الکتریکی بنام ژنراتور تولید می شود . ژنراتورها می توانند جریان مستقیم (D.C) و یا جریان متناوب (A.C) تولید کنند ، که توان آنها می تواند مقدار خیلی کم و یا تا چندین مگاوات باشد .

می دانید که ولتاژ القایی (نیروی محرکه الکتریکی) از چرخاندن یک میدان مغناطیسی ایجاد می شود . امروزه در سراسر دنیا تقریباً تمام نیروگاههای برق که برق مصرفی قسمت وسیعی از جهان را تولید می کنند از همین روش برا ی تبدیل سایر انرژی ها به انرژی الکتریکی استفاده می کنند . امروزه بیشتر نیروگاه های برق از انرژی شیمیائی سوخت ها نظیر سنگ یا نفت و یاآب برای گرداندن توربین ها که ژنراتورها به آنها متصل اند استفاده می کنند. (شکل۱۶)

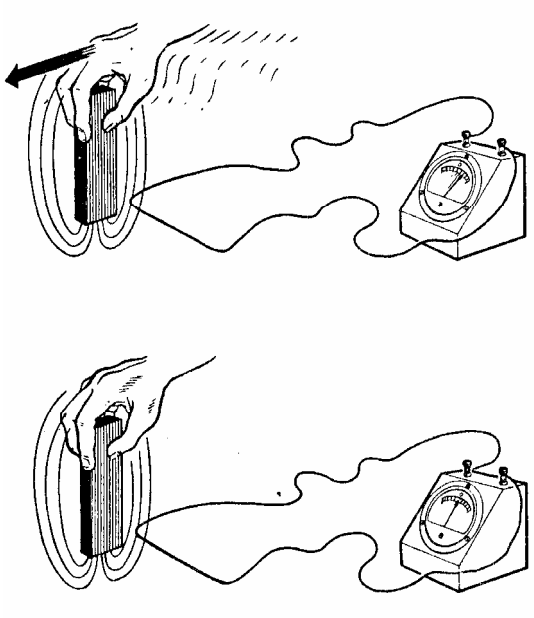


شکل (۱٦)

در بخشهای قبل گفته شد که جریان برق از حرکت هادی در یک میدان مغناطیسی ایجاد می شود . علت بوجود آمدن جریان برق حرکت نسبی بین هادی و میدان مغناطیسی است اگر

این حرکت نسبی وجود نداشته باشد جریان تولید نمی شود . جریان تولید شده یا ولتاژ تولید شده را ولتاژ القائی می گویند و روش تولید این ولتاژ را که بعلت قطع کردن یک میدان مغناطیسی بوسیله یک هادی ایجاد می شود القاءِ الکتریکی می گویند .

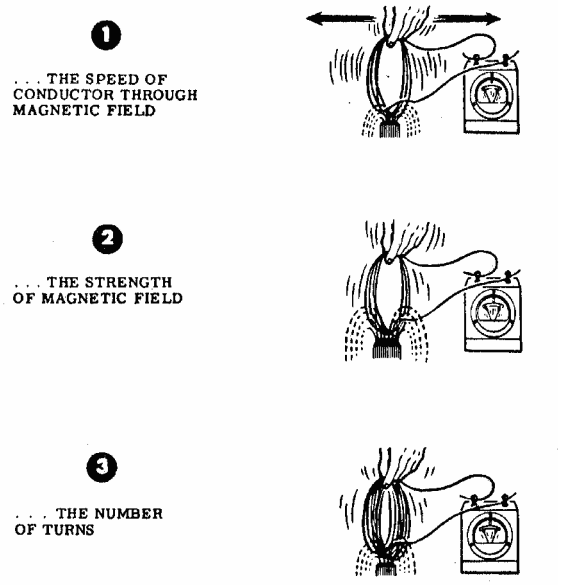
این ولتاژ القاءِ شده در صورتیکه دو سر هادی به هم متصل باشد جریانی در این مدار بسته ایجاد می کند. آنچه که در شکل (۱۷) نشان داده شده است گویای همین مطلب است .



شکل (۱۷)

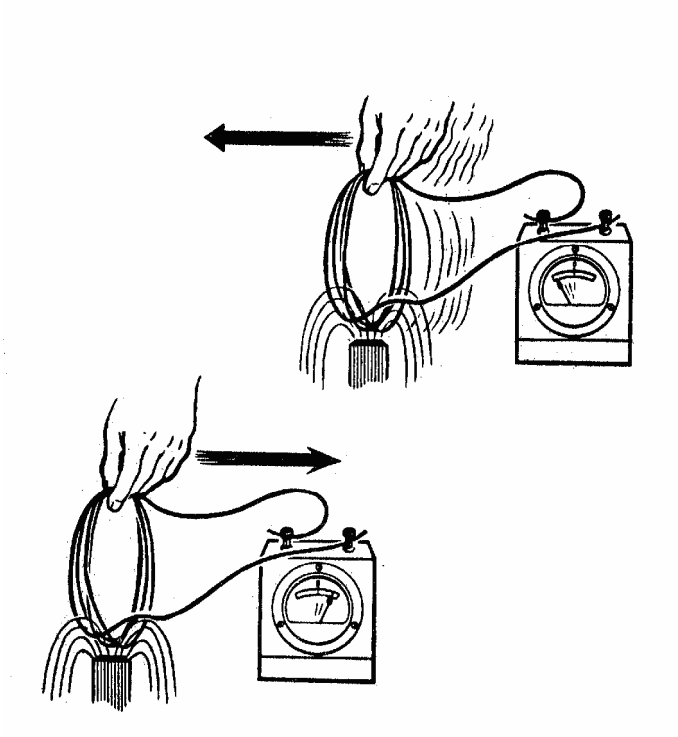
ولتاژ القاءِ شده در هادی که میدان مغناطیسی را قطع می کند به عوامل زیادی بستگی دارد . اول آنکه اگر سرعت نسبی قطع کردن بین سیم و میدان زیاد شود ولتاژ القاءِ شده زیاد می شود . دوم اینکه اگر شدت (قدرت) میدان مغناطیسی زیاد شود ولتاژ القاءِ شده هم زیاد می شود و سوم اینکه اگر تعداد دفعات قطع کردن میدان زیاد شود ولتاژ القاءِ شده هم زیاد می شود . (شکل۱۸)

جهت ولتاژ القاءِ شده آنچنان خواهد بود که جریان ایجاد شده می تواند میدانی تولید کند که مخالف میدان مغناطیسی اولی بوده (میدان مغناطیسی اصلی را تضعیف می کند) ومی خواهد از حرکت هادی جلوگیری کند. این پدیده طبق قانون لنز گویای این مطلب است که در تمام حالات القائی الکترومغناطیسی، جهت ولتاژ القاءِ شده طوری است که میدان مغناطیسی حاصل از آن با حرکت عاملی که آن را بوجود می آورده مخالفت می کند .



شکل (۱۸)

پس می توان گفت ولتاژ القایی القاءِ شده (E) در هر هادی با شار میدان مغناطیسی و سرعت حرکت هادی در میدان متناسب است. همانطور که در شکل (۱۹) نشان داده شده است جهت جریان تولید شده به جهت حرکت نسبی بین میدان مغناطیسی و جسم هادی که میدان را قطع می کند بستگی دارد .



شکل (۱۹)

بنابراین بطور خلاصه می توان گفت :

۱- حرکت یک هادی درون یک میدان مغناطیسی ولتاژ القایی تولید میکند که این ولتاژ القایی جریانی در مدار ایجاد می کند .

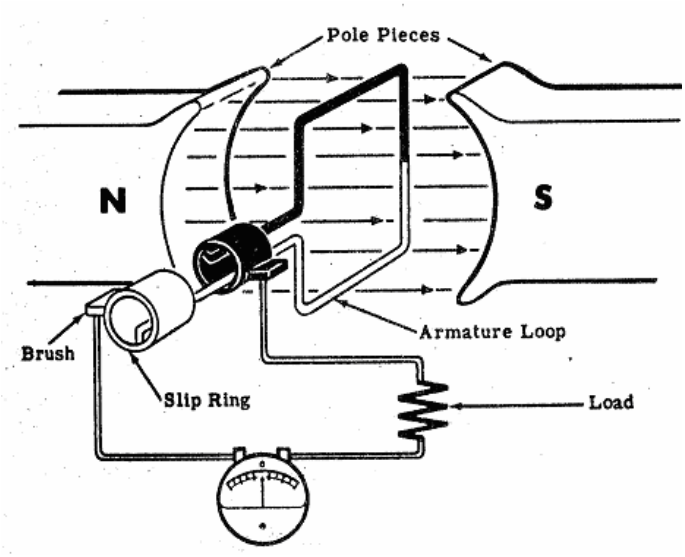
۲- هر چه هادی تندتر میدان مغناطیسی را قطع کند ویا هر چه میدان مغناطیسی قویتر باشد ولتاژ القایی بیشتر خواهد شد .

۳- با عوض کردن جهت حرکت هادی ، جهت ولتاژ القاء شده هم عوض شده و بنابراین جهت جریان در مدار عوض می شود .

۵-۲- ژنراتورهای ابتدایی

برای فهم بهتر طرز کار یک ژنراتور ابتدا یک ژنراتور ابتدائی را که از یک هادی و یک میدان مغناطیسی تشکیل شده است در نظر می گیریم . دقت کنید که این وسیله چگونه می تواند جریان برق تولید کند . با فهم اینکه یک ژنراتور ابتدائی چطور کار می کند به آسانی می توان فهمید که چگونه می شود یک ژنراتور ابتدائی را تبدیل به ژنراتوری کرد که برای کارهای عملی بکار رود .

یک ژنراتور ابتدائی مطابق شکل (۲۰) از یک حلقه سیم تشکیل شده است و این حلقه سیم طوری قرار گرفته است که می تواند در یک میدان مغناطیسی یکنواخت دوران کند تا در آن جریان الکتریکی القاء شود . برای اینکه بتوان از این ولتاژ القاء شده استفاده کرد حلقه را بوسیله اتصالهای متحرکی به مدار خارج وصل می کنند . میدان مغناطیسی نامبرده بوسیله قطب های S , N ایجاد می شود. حلقه سیم را آرمیچر می نامند و انتهای این حلقه سیم به دو رینگ فلزی متصل است که آنها را رینگ های لغزنده نیز می گویند و همراه آرمیچر می چرخند . ذغالها نیز بر روی رینگ ها سوار شده و آرمیچر را به مدار خارج وصل می کنند .



شکل (۲۰)

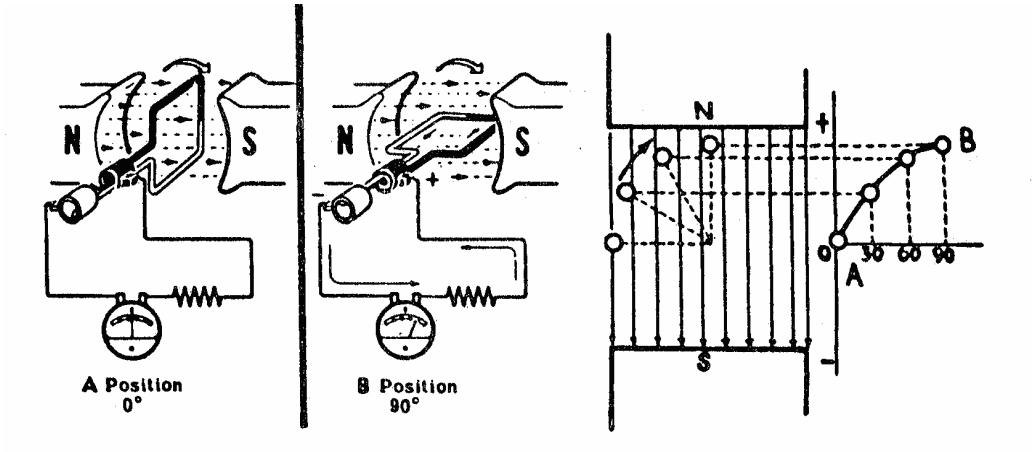
در تشریح کار ژنراتور یک حلقه سیم را مجسم کردید که درون یک میدان مغناطیسی می چرخد که در اثر قطع کردن میدان مغناطیسی یک ولتاژ القایی در آن تولید شده جریانی در حلقه ها ، ذغالها و آمپرمتر که با هم سری هستند بوجود می آید . باید دانست جهت ولتاژ القاءِ شده در آرمیچر و بنابراین جریانی که در مدار تولید می شود به وضعیت آرمیچر نسبت به میدان بستگی دارد .

فرض کنید که آرمیچر مطابق شکل (۲۱) در جهت عقربه های ساعت دوران کرده و محل اولیه آن در نقطه A قرار دارد (زاویه صفر درجه) . در محل A سیم بر میدان مغناطیسی عمود است و هادی های سیاه و سفید به موازات میدان قرار دارند. می دانیم که اگر یک هادی به موازات میدان مغناطیسی حرکت کند هیچیک از خطوط میدان مغناطیسی را قطع نکرده و بنابراین ولتاژی در آن القاءِ نخواهد شد. وقتی آرمیچر در محل A قرار دارد همین حالت اتفاق می افتد و هیچ ولتاژی در آن القاءِ نخواهد شد و بنابراین هیچ جریانی در مدار ایجاد نشده و عقربه آمپرمتر صفر را نشان خواهد داد .

همینکه آرمیچر از حالت A به حالت B چرخید ، خطوط بیشتری از میدان مغناطیسی را قطع می کند. در حالت B زاویه بین حلقه و میدان ۹۰ درجه می شود که در این حالت بیشترین مقدار خطوط نیرو را قطع می کند. به عبارت دیگر بین صفر و ۹۰ درجه ولتاژ القاءِ شده از صفر تا بیشترین مقدار خود خواهد رسید. توجه داشته باشید که بین صفر و ۹۰ درجه هادی سیاه میدان مغناطیسی را در قسمت پائین قطع می کند در حالیکه در همین موقع هادی سفید در قسمت بالا خطوط میدان مغناطیسی را قطع می کند. چون ولتاژهای القایی در هر دو قسمت سری هستند ولتاژ حاصل بین دو سر ذغالها (ولتاژ خروجی) مجموع دو ولتاژ القایی است.

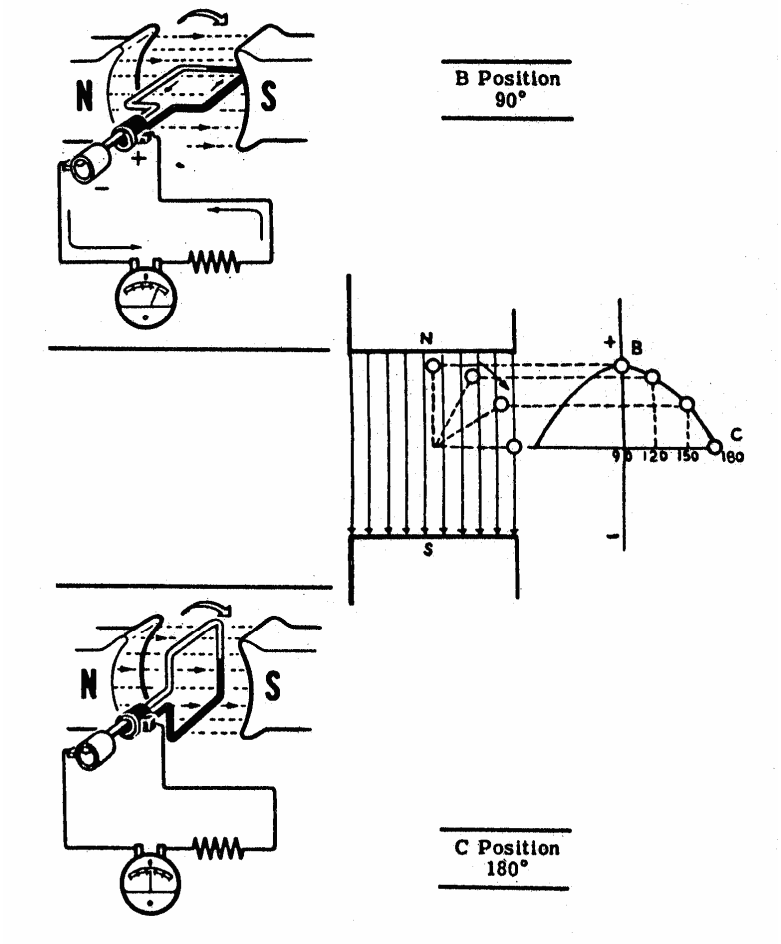
بعلت اینکه جریان حاصل در مدار متناسب با ولتاژ القاءِ شده است وقتی آرمیچر صفر تا ۹۰ درجه می چرخد جریان هم بین صفر تا مقدار ماگزیمش تغییر خواهد کرد . حال فرض کنید که آمپرمتر که صفر آن در وسطش قرار داد بتواند تغییرات جریان را نشان دهد. در اینصورت وقتی آرمیچر از حالت A به حالت B میرسد عقربه آمپرمتر بیشتر بسمت راست منحرف خواهد شد(درصورتیکه جریان گذرنده ازمدار مطابق جهت نشان داده شده در شکل(۲۱) باشد)

جهت ولتاژ القاءِ شده و جهت جریان گذرنده از مدار به جهت میدان مغناطیسی و جهت گردش آرمیچر بستگی دارد . شکل موج نشان داده شده در زیر چگونگی تغییر ولتاژ دو سر (خروجی) ژنراتور ابتدائی را بین حالت A وB نشان می دهد .



شکل (۲۱)

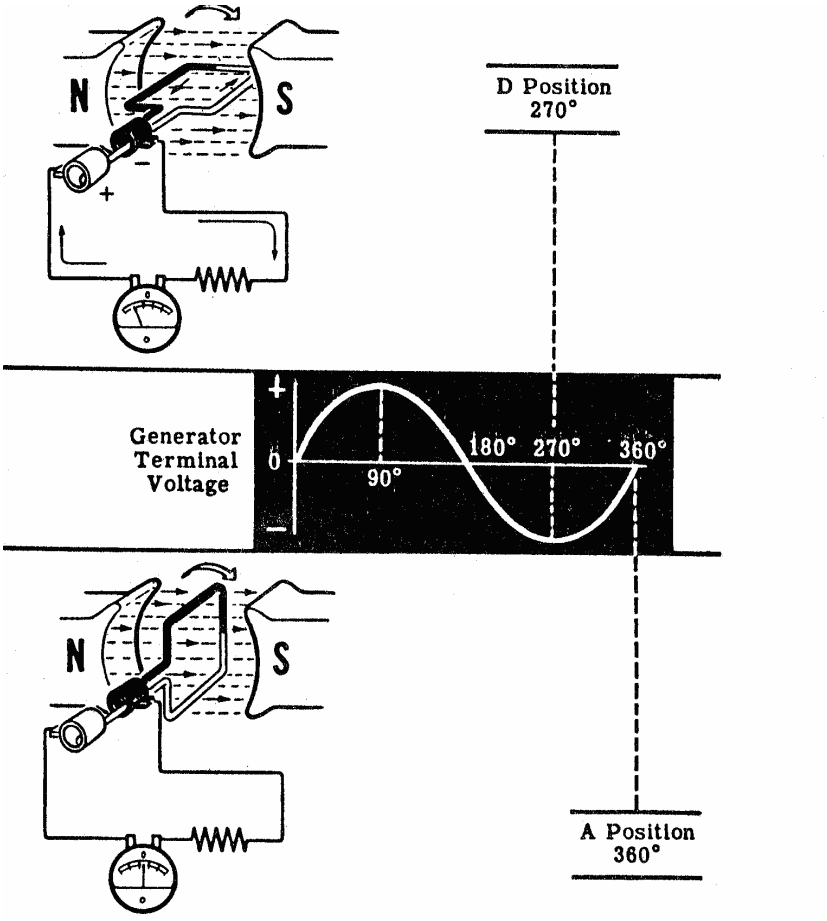
وقتی آرمیچر مانند شکل(۲۲) بچرخد و از حالت B (زاویه ۹۰ درجه) به حالت C (زاویه ۱۸۰ درجه) برسد، حلقه سیم که در حالت B ماکزیمم خطوط میدان را قطع می کرد در این فاصله تعداد کمتری را قطع خواهد کرد. در حالت C حلقه به موازت خطوط میدان قرار گرفته و هیچیک از خطوط را قطع نخواهد کرد. وقتی آرمیچر از ۹۰ درجه تا ۱۸۰ درجه می گردد ولتاژ القاءِ شده بتدریج کم شده تا در حالت C صفر می شود به همین ترتیب جریان هم در مدار کم می شود.



شکل (۲۲)

بین صفر تا ۱۸۰ درجه ، سیم های آرمیچر در یک جهت یکسان درون میدان مغناطیسی حرکت می کنند ولی همینکه آرمیچر بیش از ۱۸۰ درجه چرخید که دوباره به حالت A برسد، جهت قطع کردن خطوط میدان مغناطیسی برعکس می شود . در این موقع هادی سیاه رنگ در بالا و هادی سفید رنگ در پائین، خطوط میدان مغناطیسی را قطع خواهند کرد. در نتیجه جهت ولتاژ القایی و همچنین جهت جریان در مدار عکس خواهد شد .

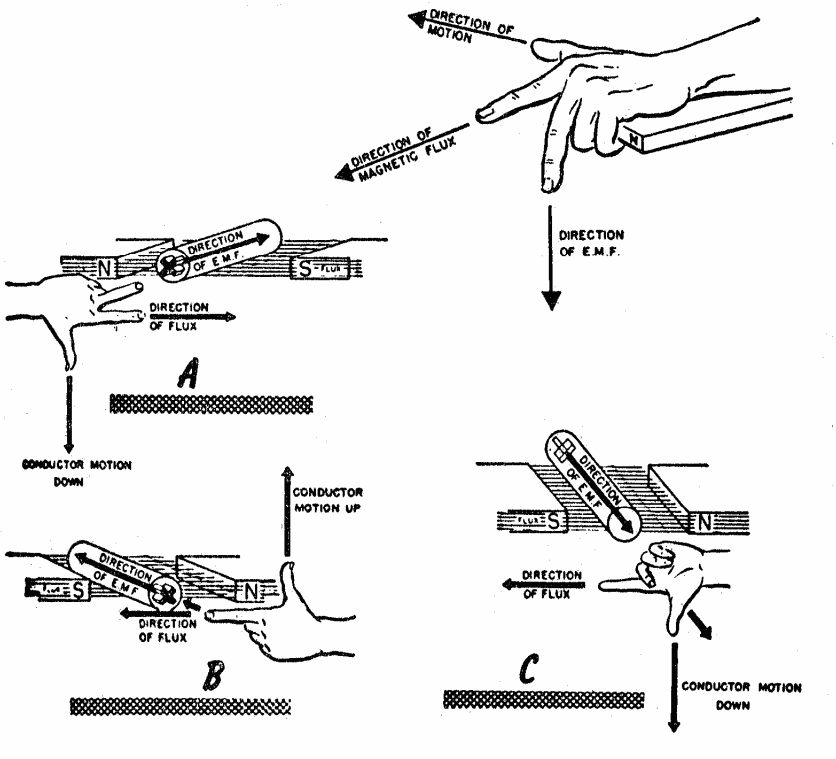
شکل موج ولتاژ خروجی برای تمام حالات در شکل (۲۳) نشان داده شده است . ولتاژ القاءِ شده، متناوب بوده در نتیجه یک جریان متناوب در مداری که به آن متصل است (مدار خروجی) ایجاد می کند .



شکل (۲۳)

۵-۳- قاعده انگشتان دست چپ

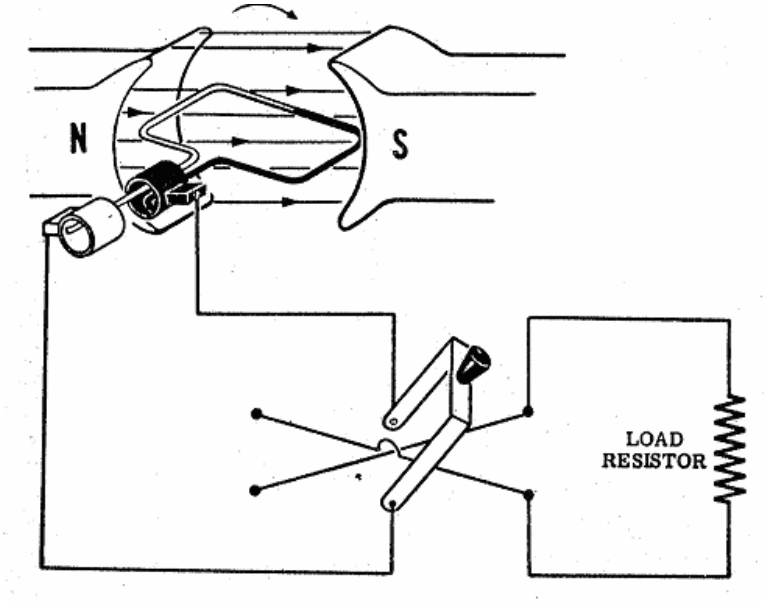
روشی که در زیر گفته می شود یک راه ساده برای تعیین جهت جریان القاءِ شده در یک هادی است که در یک میدان مغناطیسی حرکت میکند. این روش را قاعده انگشتان دست چپ برای ژنراتورها گویند . بر طبق این قاعده اگر انگشت شست و نشان دست چپ را مانند شکل (۲٤) طوری بگیرید که بر هم عمود باشند بطوریکه انگشت نشان در جهت شار مغناطیسی و انگشت شست در جهت حرکت هادی باشد در اینصورت انگشت وسطی جهت ولتاژ القاءِ شده را نشان خواهد داد . جهت ولتاژ القاءِ شده یعنی جهت جریانی که در اثر ولتاژ القایی از مدار عبور خواهد کرد .



شکل (۲٤)

۵-۴- عملکرد کلکتور

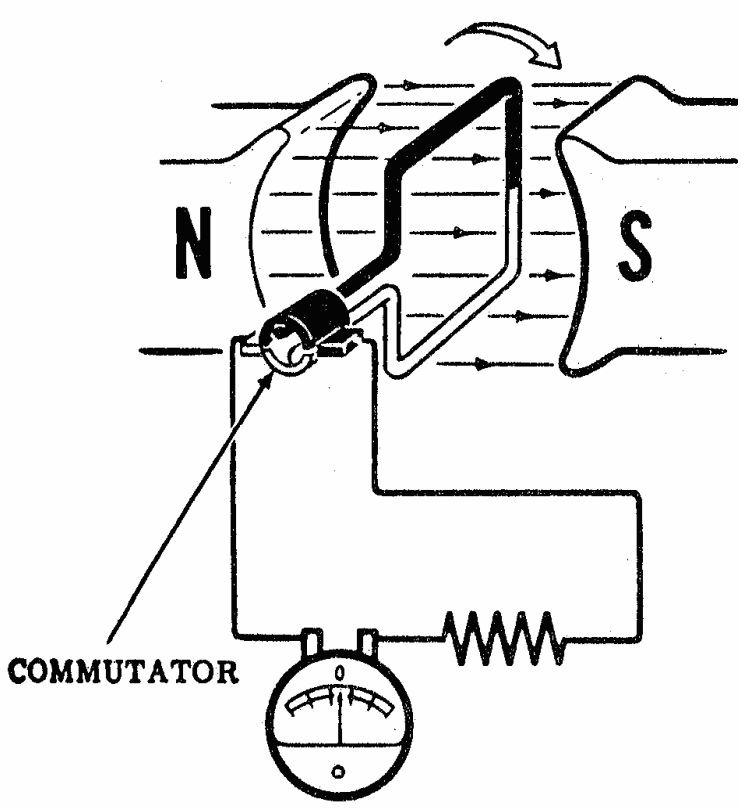
در ژنراتور اولیه، جهت ولتاژ .A.C القاء شده در حلقه وقتی که آرمیچر از صفر تا ۱۸۰ درجه بگردد برعکس می شود. در این موقع هادی حلقه (هادی های سیاه و سفید) نیز جهت حرکتشان در میدان مغناطیسی عوض می شود. چون آرمیچر پیوسته در میدان می چرخد همیشه در حلقه های آرمیچر یک ولتاژ القایی متناوب بوجود می آید. بنابراین تنها راه دریافت جریان .D.C از ژنراتور اینست که جریان .A.C تولید شده را به جریان .D.C تبدیل کنیم . یک راه حل برای انجام اینکار اینست که یک کلید، طوری در سر راه جریان خروجی ژنراتور قرار داده شود که وقتی جریان برعکس می شود اتصال بار با ژنراتور را تغییر دهد تا جهت جریان در بار همیشه در یک جهت بماند . کلیدی که در شکل (۲۵) نشان داده شده است باید هر وقت جهت ولتاژ عوض می شود بوسیله دست حرکت داده شود. اگر اینکار انجام شود ولتاژ بار همیشه یک جهت خواهد داشت و جهت جریان هم در بار ثابت خواهد بود فقط مقدار آن بر اثر چرخش آرمیچر کم و زیاد می شود .



شکل (۲۵)

برای تبدیل کردن ولتاژ متناوب تولید شده به ولتاژ DC کلید مذکور باید برای هر دور آرمیچر دو بار عمل کند. حال اگر جریان خروجی پنجاه بار در ثانیه تغییر کند کلید صد بار در ثانیه باید عمل کند تا جریان A.C را به D.C تبدیل کند واین که کلید مذکور بوسیله دست با یک چنین سرعتی عمل کند غیر ممکن است . همچنین هیچ وسیله مکانیکی هم عملاً نمی تواند این کلید را بکار اندازد اگر چه از نظر تئوری کلید می تواند اینکار را انجام دهد ولی در عمل باید با دستگاه دیگری که بطور واقعی با این سرعت زیاد کار کند عوض شود .

راه حلی دیگری که به توسط آن جریان تولید شده ژنراتور ابتدائی یکسو می گردد آنست که یکی از حلقه های لغزنده را حذف کرده و دیگری را در امتداد محورش دو نیمه می کنیم و دو سر حلقه سیم را به دو نیمه وصل می کنیم . دو نیمه طوری نسبت به هم عایق شده اند که هیچ اتصال الکتریکی بین آنها و محور ژنراتور و یا هر قسمت دیگر آرمیچر وجود ندارد. در این حالت دو نیم حلقه لغزنده مجموعاً کلکتور خوانده می شود و عملکرد آن تبدیل جریان A.C به جریان D.C می باشد. این عمل را کموتاسیون گویند . همانطور که در شکل (۲۶)مشاهده می گردد ذغالها در مقابل یکدیگر قرار گرفته و دو نیمه کلکتور طوری بهم چسبانده شده اند که وقتی حلقه از نقاطی که ولتاژ آنها صفر است عبور می کند بوسیله ذغالها اتصال کوتاه می شوند . توجه داشته باشید که چون حلقه می چرخد هر یک از هادی ها بوسیله کلکتور ابتدا به ذغال مثبت و سپس به ذغال منفی متصل خواهد شد. موقعی که آرمیچر به اندازه ۱۸۰ درجه (نصف دور) چرخید کلکتور بطور اتوماتیک انتهای حلقه را از یکی از ذغالها به دیگری وصل می کند و این عمل درست نظیر همان کلید معکوس کننده است .



شکل (۲۶)

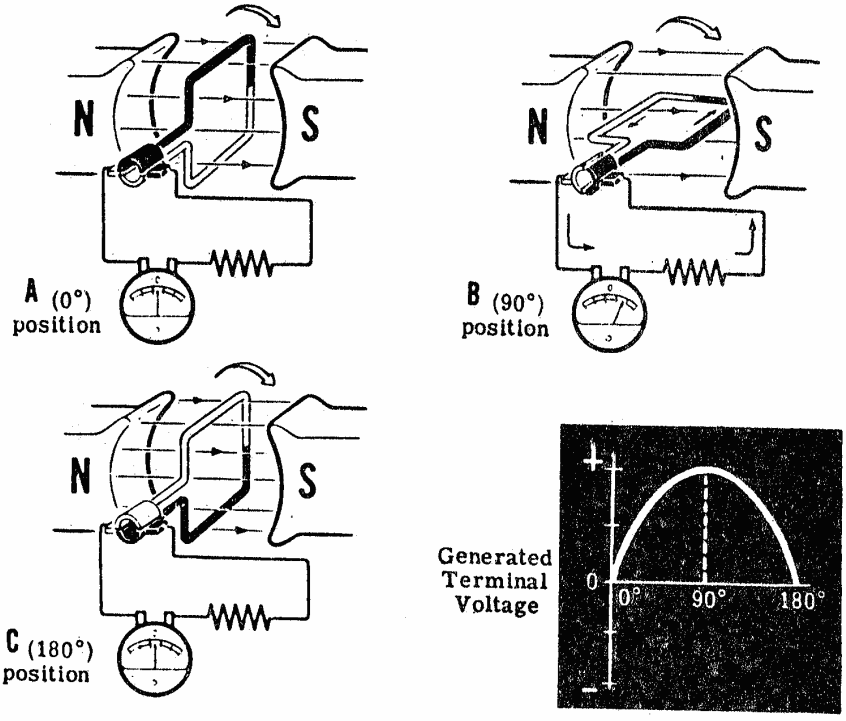
۵-۵- تبدیل جریان A.C به جریان D.C بوسیله کلکتور

حال طرز کار کلکتور در تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم مورد مطالعه قرار می گیرد . در حالت A مطابق شکل (۲۷) حلقه بر میدان عمود است .در این حالت هیچ ولتاژ القایی در حلقه بوجود نخواهد آمد. بنابراین هیچ جریانی در مدار نخواهیم داشت . توجه داشته باشید که در این حالت ذغالها با هر دو نیمه اتصال دارند و حلقه را اتصال کوتاه می کنند . این عمل هیچ اشکالی ایجاد نخواهد کرد چون در این حالت هیچ جریانی در مدار وجود ندارد . در لحظه ای که حلقه آهسته از حالت A (زاویه صفر درجه) میچرخد اتصال کوتاه هم باقی نخواهد ماند. در این موقع ذغال سیاه با نیمه سیاه و ذغال سفید با نیمه سفید حلقه اتصال دارد . موقعی که حلقه در جهت عقربه های ساعت از حالت A به حالت B می چرخد ولتاژ القائی از صفر زیاد شده تا اینکه در حالت B (زاویه ۹۰ درجه) ماکزیمم می شود . از آنجائیکه جریان متناسب با ولتاژ القایی تغییر می کند در این حالت جریان هم ماگزیمم خواهد بود . همینکه حلقه از حالت B به حالت C چرخید ولتاژ القائی کم خواهد شد تا اینکه در حالت C(زاویه ۱۸۰ درجه) دوباره صفر خواهد شد . شکل موج نشان داده شده در شکل (۲۷) نشان می دهد که چطور ولتاژ خروجی ژنراتور بین زاویه صفر و ۱۸۰ درجه تغییر می کند .

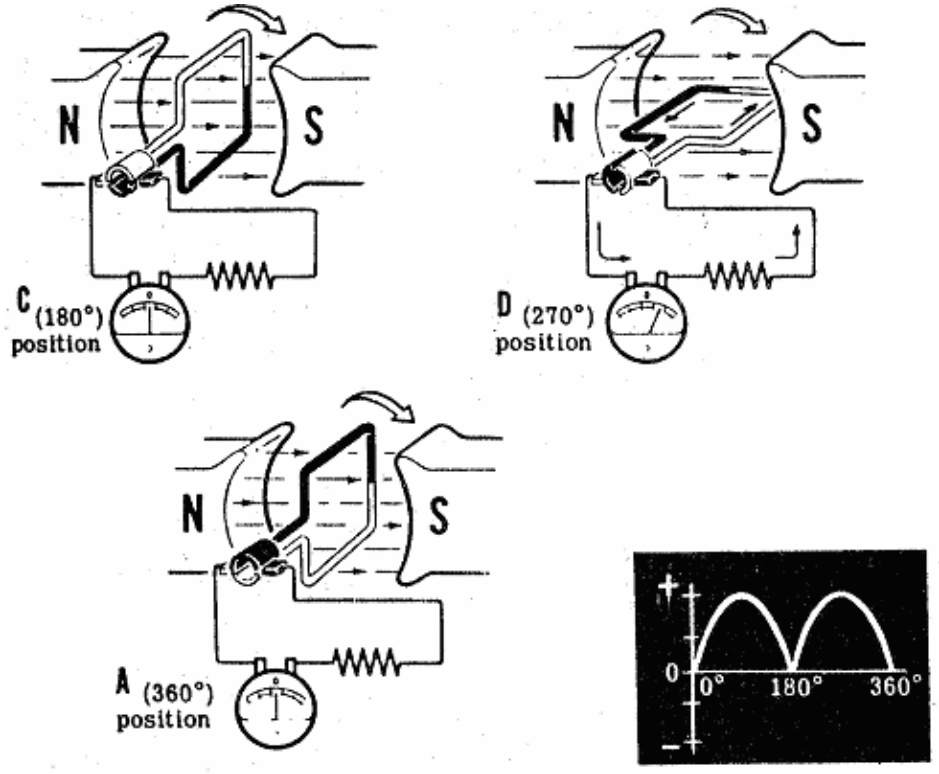
توجه داشته باشید که در حالت C ذغال سیاه از روی نیمه سیاه حلقه لغزیده و به قسمت سفید میرود. در همین موقع ذغال سفید هم از روی نیمه سفید لغزیده و به قسمت سیاه متصل می شود. در این روش ذغال سیاه به نیمه ای از هادی متصل است که در زیر قرار دارد و ذغال سفید با آن نیمه از هادی اتصال دارد که در بالا قرار گرفته است . از آنجائیکه در نیمه بالای حلقه جهت جریان بطرف ذغال می باشد، ذغال سفید قطب منفی وذغال سیاه قطب مثبت ژنراتور را تشکیل می دهد .

با توجه به شکل (۲۸) ، وقتی حلقه به چرخش خود ادامه دهد و از حالت C (زاویه ۱۸۰ درجه) به حالت D(زاویه ۲۷۰ درجه) و بالاخره به حالت A برگردد (زاویه ۳۶۰ درجه) ذغال سیاه به هادی سفید که در قسمت پائین حرکت می کند و ذغال سفید به هادی سیاه که در قسمت بالا حرکت می کند اتصال پیدا می کند. در نتیجه ولتاژ شبیه ولتاژی که بین زاویه صفر و ۱۸۰ درجه تولید شده بود بین زاویه ۱۸۰ و ۳۶۰ درجه نیزتولید خواهد شد. توجه داشته باشید اگر چه جهت جریان در آرمیچر در هر نیم دور عوض می شود ولی جریان در آمپرمتر در دو حالت در یک جهت خواهد بود.

بنابراین ولتاژ خروجی در تمام لحظات جهت یکسانی خواهد داشت اما مقدارش کم و زیاد می شود. بدین ترتیب که در هر دور که حلقه می گردد ولتاژ خروجی از صفر زیاد شده تا به مقدار ماگزیمم میرسد و سپس صفر شده و دوباره ماگزیمم می شود و باز صفر می شود .

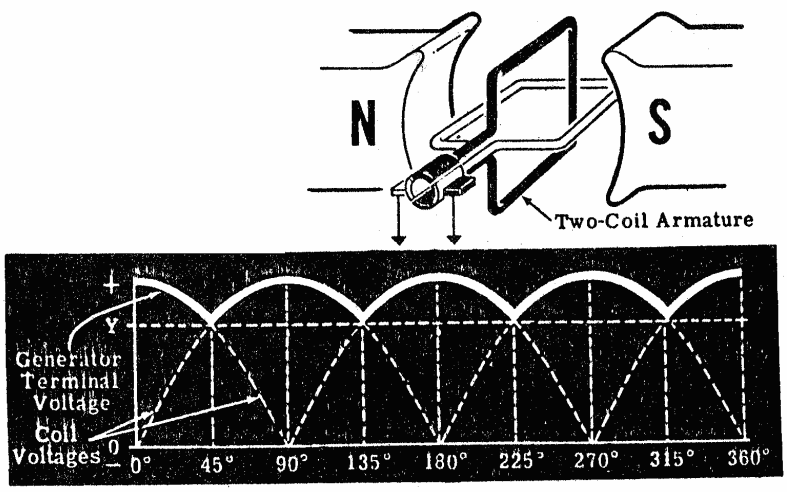


شکل (۲۷)



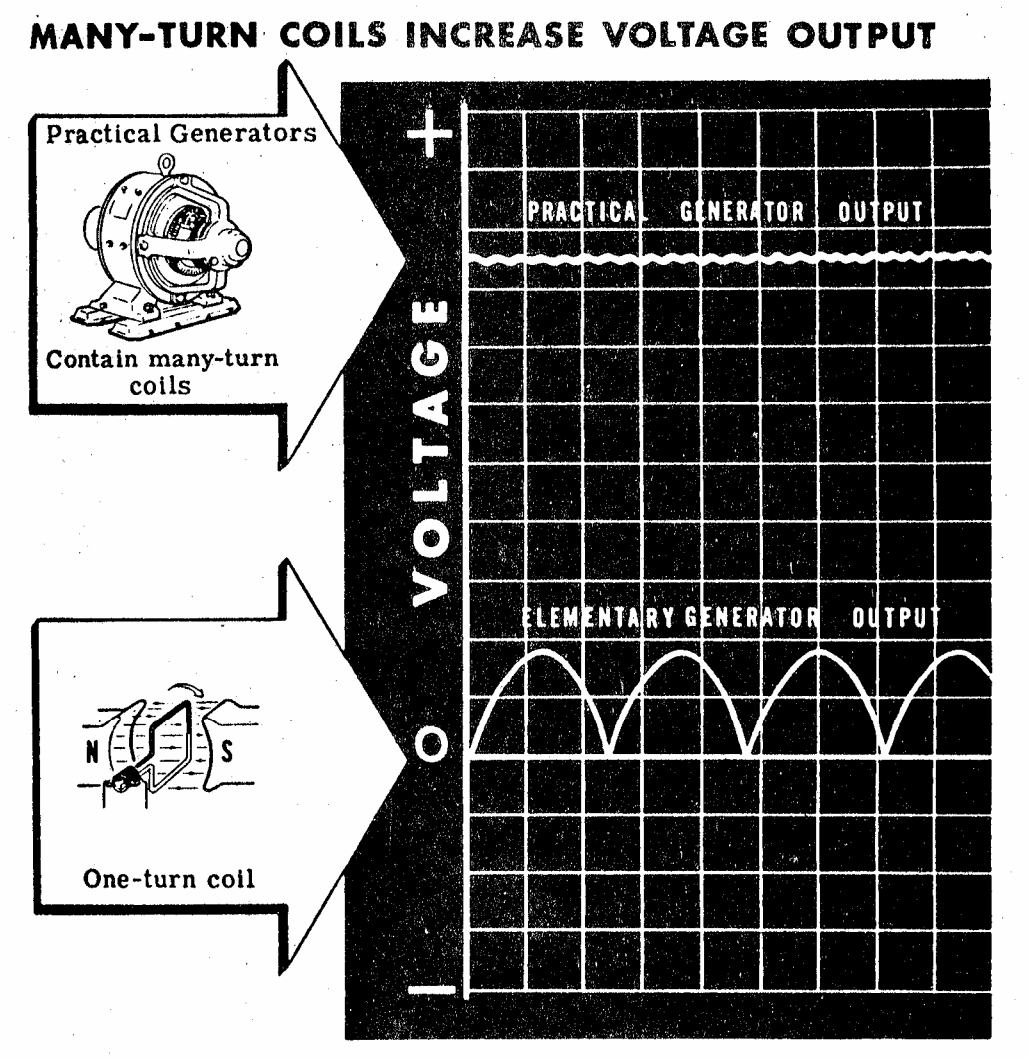
شکل (۲۸)

شکل موج ولتاژ خروجی ترکیب دو حلقه برای یک دور کامل در شکل (۲۹) نشان داده شده است. توجه داشته باشید که خروجی هیچگاه از نقطه Y پائین تر نمی آید . بنابراین ولتاژ خروجی بین Y و مقدار ماگزیمم کم و زیاد می شود و این حالت بهتر از حالتی است که ولتاژ خروجی بین صفر و مقدار ماگزیممش تغییر می کرد . در این حالت ولتاژ خروجی ژنراتور D.C را موج دار می گویند. واضح است که خروجی آرمیچر دو حلقه ای صافتر و ثابت تر ازخروجی آرمیچر یک حلقه ای است .



شکل (۲۹)

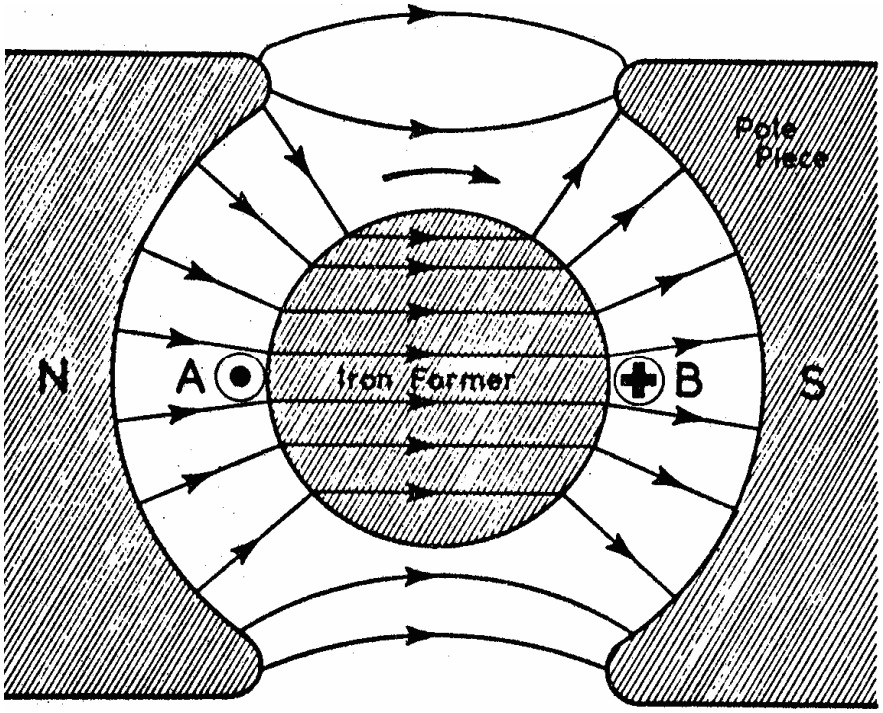
با وجود اینکه ولتاژ خروجی آرمیچر دو حلقه ای صاف تر از خروجی آرمیچر یک حلقه ای است ولی هنوز این ولتاژ به اندازه کافی ثابت و صاف نیست که برای دستگاههای الکتریکی بتوان از آن استفاده نمود. برای اینکه ولتاژ خروجی واقعاً صاف شود آرمیچر را با تعداد زیادی حلقه میسازند و بهمین ترتیب کلکتور هم به تعداد زیادی تیغه تقسیم می شود. حلقه ها طوری در اطراف آرمیچر قرار می گیرند که در هر لحظه میدان مغناطیسی چند بار بوسیله حلقه ها قطع می شود. در نتیجه ولتاژ خروجی آرمیچر مانند شکل (۳۰) تعداد کمی موجک خواهد داشت و می تواند برای تمام منظورهای عملی بعنوان ولتاژ ثابت و مستقیم بکار رود . ولتاژ القاءِ شده در حلقه ای که دارای یک دور سیم است، زیاد نیست. برای افزایش ولتاژ خروجی در ژنراتورهای عملی هر حلقه را با تعداد زیادی دور سیم که بطور سری قرار گرفته اند می سازند. در نتیجه ولتاژ خروجی خیلی زیادی تولید خواهد شد .



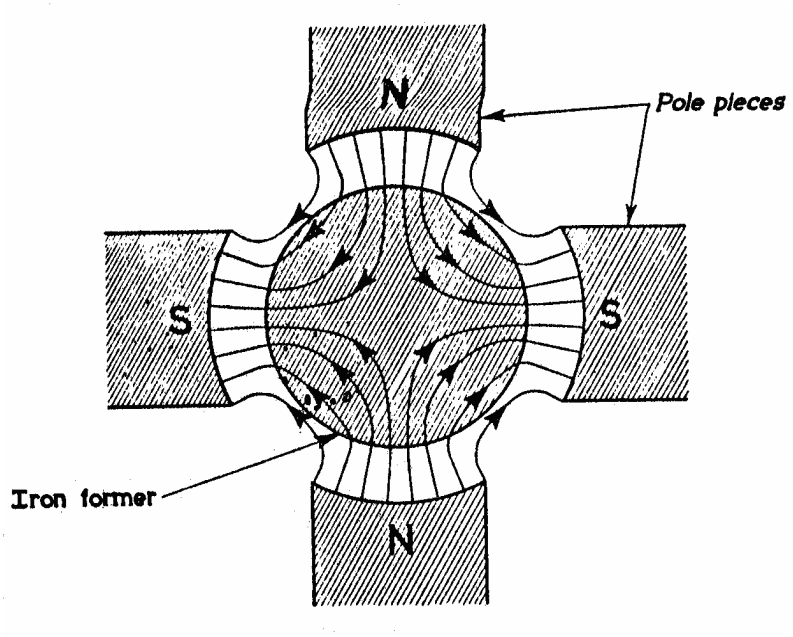
شکل (۳۰)

در ژنراتور ابتدائی حلقه آرمیچر در یک میدان یکنواختی دوران میکنـد. بـرای ایجـاد ایـن میدان یکنواخت در ژنراتورهای عملی از قطب های مقعر مانندشـکل (۳۱) اسـتفاده مـی شـود و حلقه های آرمیچر بوسیله هسته آهنی حمل می شوند .

با بکاربردن بیش از یک جفت قطب مطابق شکل(۳۲)، می توان شار مغناطیسی را بیـشتر و خطوط مغناطیسی یکنواخت تری بدست آورد. در عمل معمـولاً از دو جفـت قطـب اسـتفاده مـی شود ولی در ماشینهای بزرگ از تعداد بیشتری قطب استفاده می شود .



شکل (۳۱)



شکل (۳۲)

۵-۶- اصول کار موتورهای الکتریکی

در ژنراتورها انرژی مکانیکی آرمیچر را می چرخانـد و گـردش آرمیچـر تـوان الکتریکـی تولید می کند. ولی در موتورها قدرت الکتریکی ، آرمیچر را وادار به گردش مـی کنـد .بنـابراین ژنراتورها انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند ولی موتورها انرژی الکتریکی را به مکانیکی تبدیل می کنند .

برای درک بهتر عملکرد موتورهای الکتریکی ، اصول کار موتورهای جریان مستقیم مـورد بحث قرار می گیرد.

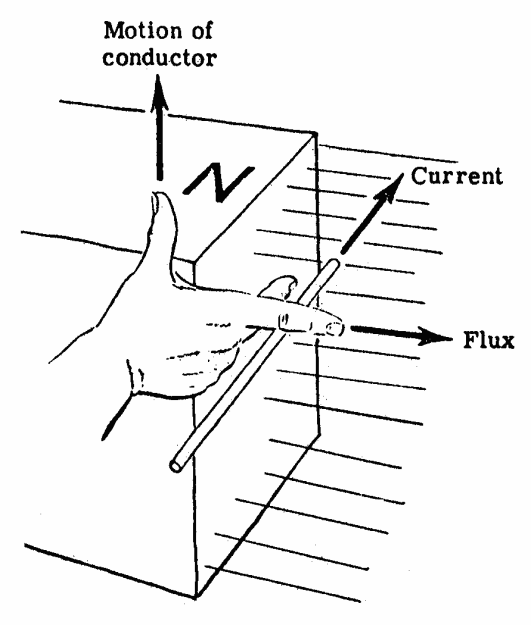
دو دانشمند قرن نوزدهم هنریخ لنز از آلمان و سرجان آمپـر وفلمینـگ از انگلـستان کـه سالها در مورد موتورهای جریان مستقیم تحقیق کرده اند مطالبی را کشف کرده اند که بیان ایـن مطالب درک اصول اساسی موتورها را تسهیل می بخشد.

وقتی یـک هـادی در حـال حرکـت خطـوط میـدان مغناطیـسی را قطـع کنـد یـک نیـروی الکتروموتوری در آن القاءِ خواهد شد. جهت این ولتـاژ و جهـت جریـان ناشـی از آن اگـر هـادی جزئی از یک مدار بسته باشد طوری است که با تغییر عامل بوجود آورنده خود مخالفت می کند . قانون فوق برای تمام موارد که جریان القاءِ شده از مدار بسته ای بگذرد درست است و بـه آن قانون لنز گفته می شود .

فلمینگ روش مشخص کردن جهت گردش یک موتور را بـا معلـوم بـودن جهـت جریـان گذرنده از موتور کشف کرد. او دریافت که یک رابطه معینی بین جهت میدان مغناطیسی و جهت جریان گذرنده از هادی و جهتی که هادی می خواهد حرکت کند وجود دارد ایـن رابطـه توسـط قانون دست راست برای موتورها مشخص می گردد که به صورت زیر بیان می شود.

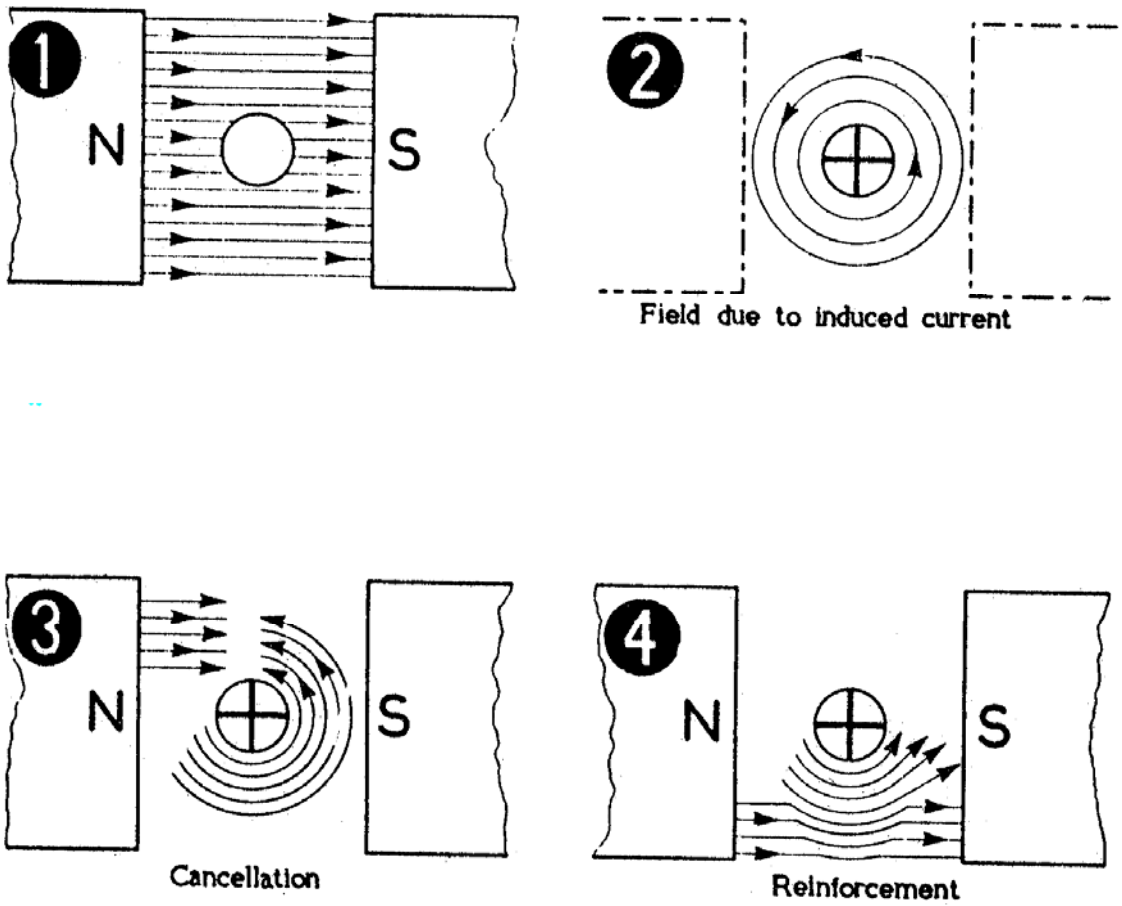
اگر انگشت شست و انگشت نشان و انگشت سوم دست راست مانند شکل(۳۳)نسبت به هم با زاویه ۹۰ درجه قرار بگیرند و انگشت نشان در جهت شار مغناطیسی (جهت میدان مغناطیسی) و انگشت سوم درجهت جریان گذرنده ازهادی باشد انگشت شست جهت حرکت هادی را نشان خواهد داد . بدیهی است که اگر جهت میدان مغناطیسی معلوم نباشد ولی جهت حرکت هادی و جهت جریان گذرنده از آن معلوم باشد انگشت نشان جهت میدان مغناطیسی را معین خواهد کرد .

فلمینگ اولین کسی بود که برای بخاطر سپردن جهت نیروی الکتروموتوری القاء شده در ژنراتورها این قاعده را کشف کرد.



شکل (۳۳)

عبور جریان از یک هادی باعث می شود که یک میدان مغناطیسی در اطراف آن ایجاد شود. اگر این هادی در میدان قطب های یک مغناطیس قرار بگیرد دو میدان روی هم تاثیر میگذارند .چون میدانهای مغناطیسی هیچگاه همدیگر را قطع نمی کنند یا با هم جمع شده ویا یکدیگرراحذف خواهندکرد(بنابراین میدان منتجه قوی یا ضعیفی تولیدمی کنند) درشکل (۳-۳٤) دو میدان مغناطیسی مخالف یکدیگرندو یکدیگر را حذف خواهند کرد در نتیجه یک میدان مغناطیسی ضعیف در بالای هادی بوجود خواهد آمد . شکل(٤-۳٤) نشان میدهد که میدان های مغناطیسی در زیر هادی هم جهت بوده و بنابراین به یکدیگر اضافه شده و یک میدان مغناطیسی قوی ایجاد خواهند کرد .



شکل (۳٤)

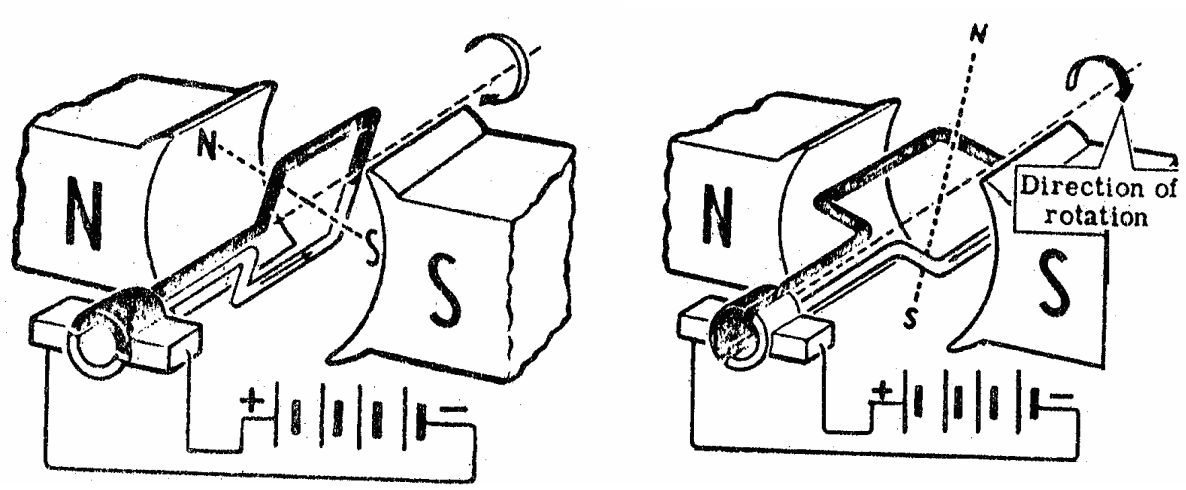
بخاطر داشته باشید که خطوط میدان مغناطیسی مایلند یکدیگر را دفع کنند همچنین خطوط مغناطیسی نشان داده شده در زیر هادی شکل فوق در حالت دفع هادی ، میدان مغناطیسی آهنربا را قطع کرده و در نتیجه یک نیروی الکتروموتوری در هادی القاءِ می شود که جهت این نیروی الکتروموتوری طبق قانون لنز طوری است که با حرکت عامل بوجود آورنده خود مخالفت می کند بنابراین آنرا نیروی ضد الکتروموتوری می گویند .

نیروی ضد الکتروموتوری هیچگاه باندازه نیروی محرکه اعمال شده بزرگ نخواهد شد. اختلاف بین نیروی محرکه اعمال شده و نیروی ضد الکتروموتوری همیشه طوری است که جریانی می تواند از هادی بگذرد و باعث حرکت آن شود .

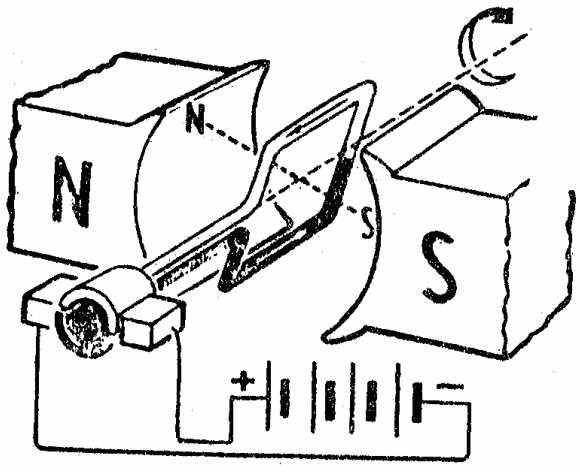
موتور ابتدائی جریان مستقیم مانند شکل (۳۵) شبیه ژنراتور ابتدائی می باشد و شامل یک حلقه سیم است که بین دو قطب یک آهنربا قرار گرفته است. انتهای این حلقه به تیغه ها و کلکتور متصل است و به نوبت با ذغالها اتصال پیدا می کند. ذغالها واسطه اتصال منبع ولتاژ خروجی و هادی می باشند .

با توجه به شکل (۳۵- الف) وبر طبق قاعده دست چپ ، جریان گذرنده از حلقه باعث می شود که نیمه بالای حلقه قطب شمال و نیمه پائین حلقه قطب جنوب شود. قطبهای مغناطیسی حلقه بوسیله قطب های غیرهمنام میدان جذب خواهد شد. در نتیجه حلقه در جهت عقربه های ساعت شروع به گردش می کند تا قطب های مخالف روبروی یکدیگر قرار بگیرند. وقتی حلقه باندازه ۹۰ درجه چرخید یعنی حالت شکل (۳۵- ب) کموتاسیون انجام شده، دو جهت جریان در حلقه برعکس می شود و در نتیجه میدان مغناطیسی تولید شده بوسیله حلقه معکوس می شود . دوباره حلقه برای اینکه قطب های مخالف را در مقابل یکدیگر بیاورد به گردش خود ادامه می دهد .

۱۸۰ درجه بعد از حالت شکل (۳۵- ب) حلقه به حالت شکل (۳۵- ج) می رسد. حالا شرایط نظیر حالت شکل (۳۵- ب) است و دوباره کموتاسیون اتفاق می افتد و حلقه به حرکت خود ادامه می دهد .



ب الف



ج

شکل (۳۵)

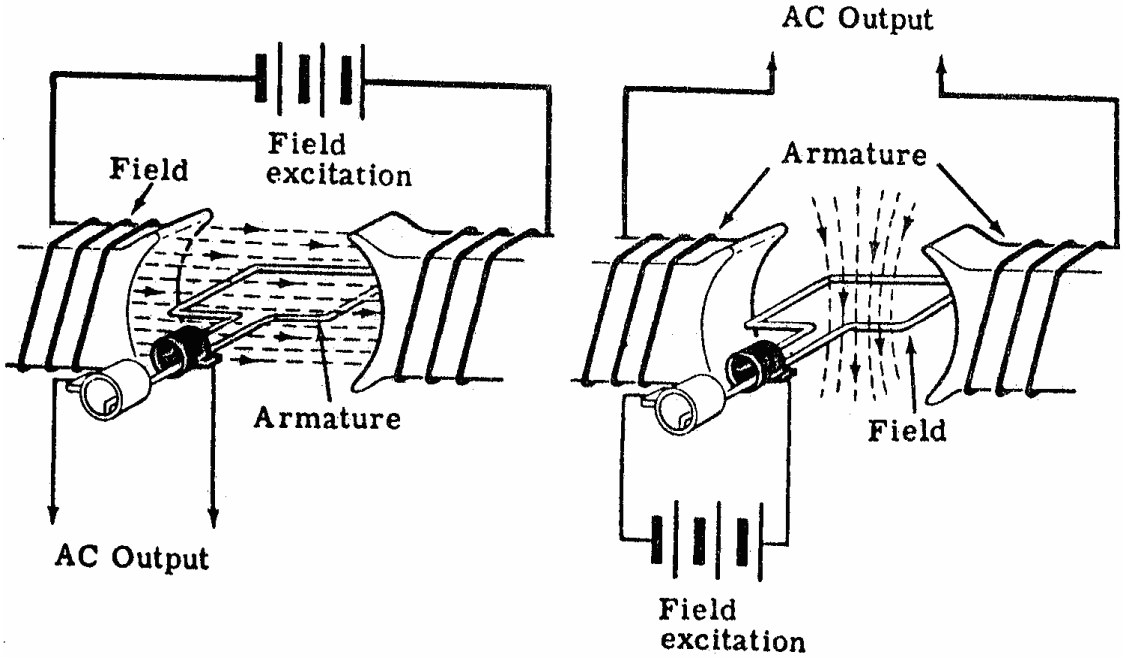
۵-۷- آشنایی با ژنراتورهای جریان متناوب

ژنراتورهای جریان متناوب وسایل بسیار مهمی هستند که برای تولید توان الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد . ژنراتورهای جریان متناوب یا آلترناتور ها بسته به قدرتی که تولید می کنند دراندازه های مختلف وجود دارند.برای مثال ژنراتورهای ac که در نیروگاه های اتمی بکار می روند بزرگ هستند و صدها کیلووات توان با ولتاژ بالا تولید می کنند. صرف نظر از اندازه، تمام ژنراتورهای الکتریکی چه جریان مستقیم و چه جریان متناوب اساس کارشان بر اساس حلقه ای است که یک میدان مغناطیسی را قطع کرده و یا یک میدان مغناطیسی که حلقه را قطع می کند. چون بین حلقه ومیدان مغناطیسی حرکت نسبی وجود دارد در آن ولتاژ تولید خواهد شد. بنابراین ژنراتورها را طوری میسازند که دارای دو قسمت یعنی روتور و استاتور باشند .

۵-۸- انواع ژنراتورهای ac

میدانید که در یک ژنراتور جریان مستقیم قسمت چرخنده اغلب آرمیچر است اما در یک ژنراتور جریان متناوب همیشه این موضوع صادق نیست به طور کلی دو نوع ژنراتور ac وجود دارد . نوعی که آرمیچر آن می گردد و نوعی که میدان آن می گردد . ساختمان ژنراتورهای ac شبیه ژنراتورهای جریان مستقیم است و در آنها آرمیچر درون یک میدان مغناطیسی ثابت می چرخد ولی در ژنراتور مذکور نیروی الکتروموتوری تولید شده بدون کلکتور به جریان مستقیم تبدیل می شود در حالیکه در ژنراتورهای ac مانند شکل (۳۶) نیروی الکتروموتوری متناوب تولید شده بدون تغییر بوسیله رینگ های متحرک به بار وصل می شود .

اما نوع آرمیچر گردان فقط در ژنراتورهای ac که قدرت الکتریکی کمی تولید می کنند بکار می رود و همه جا از آنها استفاده نمی شود . در ژنراتورهای ac که میدان آن گردان است ، سیم پیچی آرمیچر ثابت و سیم پیچی میدان متحرک است. فایده ثابت بودن سیم پیچی آرمیچر اینست که ولتاژ تولید شده را می توان مستقیماً بدون استفاده از اتصال های متحرک (ذغالهای و کلکتور) به بار وصل نمود و دیگر با مشکل ایجاد جرقه و قوس در رینگ های متحرک مواجه نخواهیم شد .



الف) میدان گردان است. ب) آرمیچر گردان است.

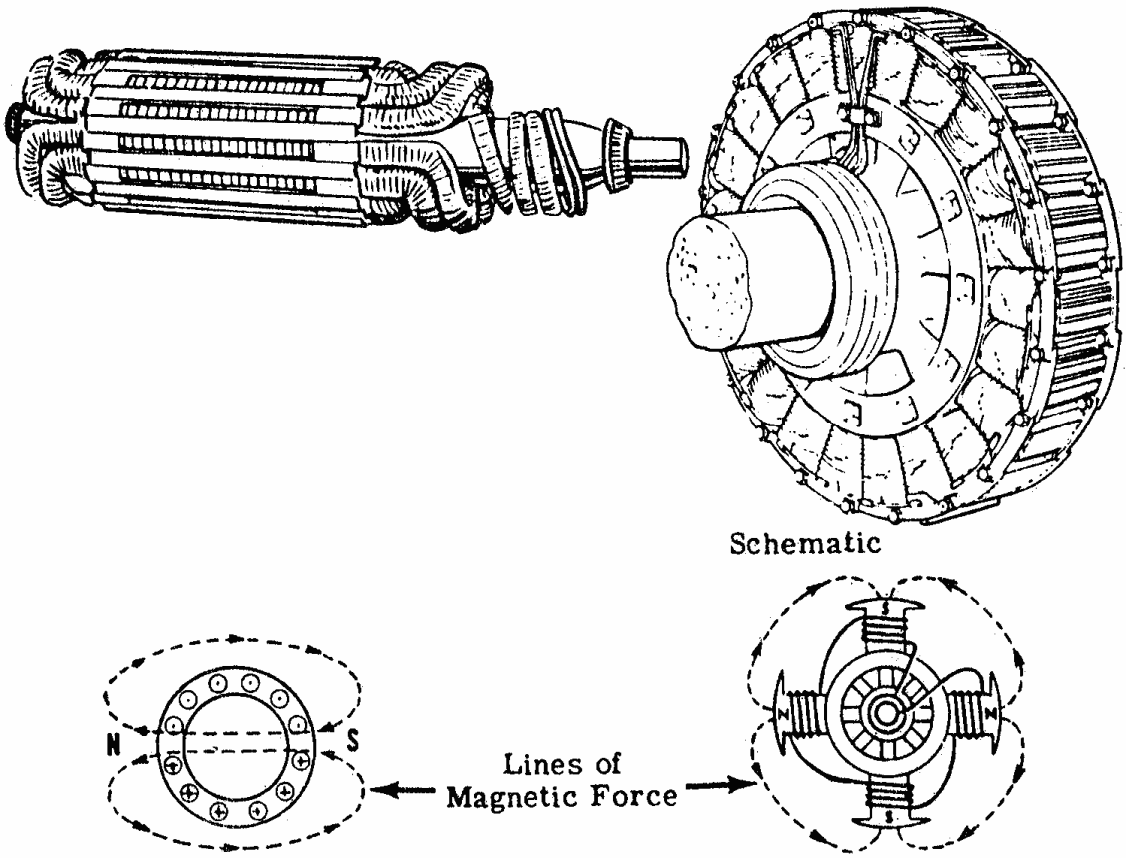
شکل (۳۶)

۵-۹- ساختمان ژنراتورهای ac

ژنراتورهای ac که قدرت خروجی آنها زیاد باشد بوسیله توربین هایی با سرعت زیاد گردانده می شوند توربین های مذکور معمولاً از نوع توربین بخار هستند که بوسیله بخار آب تحت فشار زیاد کار می کنند. روتور ژنراتورهای ac که بوسیله این توربین ها گردانده می شود مانند شکل(۳۷) استوانه ای شکل با قطر کوچک است که سیم پیچی های ظریفی در شکافهای روی آن جا داده شده است . این سیم پیچی ها طوری قرار گرفته اند که ۲ و یا ٤ قطب برای میدان ایجاد می کنند. فقط با این ترکیب است که روتور می تواند نیروی زیاد گریز از مرکز را که در سرعتهای بالا ایجاد می شود بدون پرتاب شدن اجزای آن به اطراف تحمل کند.

در سرعتهای پایینتر که ژنراتور بوسیله موتور دیزل،توربین های آبی و یا موتورهای الکتریکی گردانده می شود روتور با قطب های برجسته بکار می رود.

صرفنظر از نوع میدانی که برای روتور بکار رفته است معمولاً سیم پیچی آن بوسیله یک ژنراتور جریان مستقیم که تحریک کننده نامیده می شود بطور جداگانه تحریک می شود در ژنراتورهای ac جریان خروجی در سیم پیچی قسمت ثابت (سیم پیچی که در استاتور ثابت یا آرمیچر ثابت قرار دارد) تولید می شود که این سیم پیچی بوسیله میدان گردان ژنراتورهای ac قطع می شود سپس جریان تولید شده به بار متصل می شود .



شکل (۳۷)

۵-۱۰- انواع موتورهای جریان متناوب

چون مقدار زیادی از توان الکتریکی تولید شده بصورت متناوب می باشد بیشتر موتورها طوری طرح شده اند که با جریان متناوب کار کنند. این موتورها در بیشتر موارد می توانند دو برابر موتورهای جریان مستقیم کار کنند و زحمت آنها در موقع کار کردن کمتر است. چون در موتورهای جریان مستقیم همیشه اشکالاتی در کموتاسیون آنها ایجاد می شود که مستلزم عوض کردن ذغالها یا ذغالگیرها و یا تراشیدن کلکتور است . بعضی موتورهای جریان متناوب با موتورهای جریان مستقیم کاملاً فرق دارند بطوریکه حتی در آنها از رینگ های لغزنده هم استفاده نمی شود و برای مدت طولانی بدون ایجاد دردسر کار می کنند .

موتورهای جریان متناوب عملاً برای کارهایی که احتیاج به سرعت ثابت دارند مناسب هستند چون سرعت آنها به فرکانس جریان متناوب اعمال شده به سرهای موتور بستگی دارد. اما بعضی از آنها طوری طرح شده اند که در حدود معین دارای سرعت متغیر باشد .

موتورهای جریان متناوب می توانند طوری طرح شوند که با منبع جریان متناوب تک فاز و یا چند فاز کار کنند . ولی چه موتور یک فاز باشد و یا چند فاز روی اصول یکسانی کار می کنند. اصول مزبور عبارتست از این که جریان متناوب اعمال شده به موتور یک میدان

مغناطیسی گردانی تولید می کند و این میدان باعث می شود که روتور بگردد . موتورهای جریان متناوب عموماً به دو نوع تقسیم می شوند :

موتورهای سنکرون

موتورهای القایی

موتور سنکرون در واقع یک آلترناتور است که بعنوان موتور کار می کند و در آن جریان متناوب به استاتور و جریان مستقیم به روتور اعمال می شود. موتورهای القایی شبیه به موتورهای سنکرون هستند با این تفاوت که در آنها روتور به منبع قدرت وصل نمی شود .

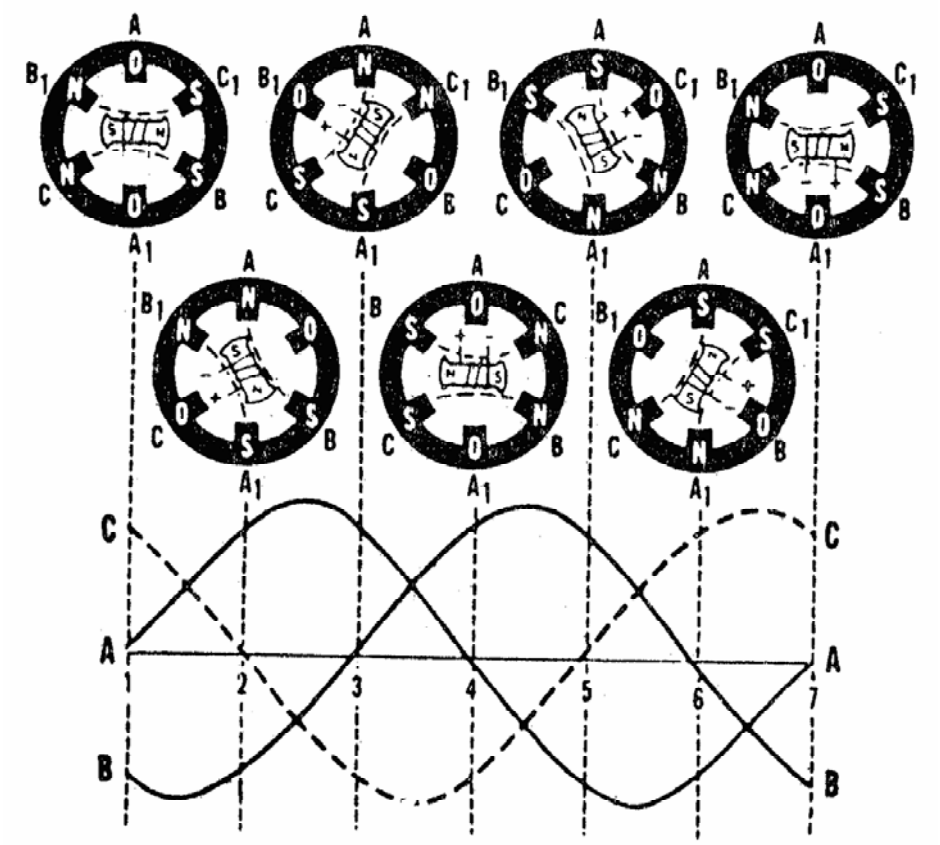
از دو نوع موتورهای جریان متناوب ذکر شده موتورهای القائی به مراتب خیلی بیشتر از موتورهای سنکرون مورد استفاده قرار می گیرند .

۵-۱۱- میدان گردان

همانطور که گفته شد میدان گردانی که از اعمال جریان متناوب به موتور تولید می گردد باعث گردش روتور می شود.بطور خلاصه می توان گفت اعمال جریان متناوب سه فاز به سه سیم پیچی که بطور قرینه در اطراف استاتور جای گرفته باشند باعث ایجاد یک میدان مغناطیسی گردان می شود که این میدان باعث دوران روتور می شود .

۵-۱۲- موتورهای سنکرون

علت اینکه به این نوع موتورها سنکرون می گویند این است که روتور آن مانند شکل(۳۸) با میدان مغناطیسی گردان تولید شده در استاتور همگام است. ساختمان این موتورها اساساً شبیه به آلترناتور قطب برجسته است همانطور که گفته شد اعمال جریان سه فاز به استاتور، یک میدان مغناطیسی گردان در اطراف روتور تولید می کند اما چون روتور به یک منبع جریان مستقیم وصل است مانند یک آهنربای میله ای عمل خواهد کرد. بنابراین موتور سنکرون مانند یک آهنربای میله ای عمل کرده و در امتداد میدان مغناطیسی تولید شده دراستاتور قرار خواهد گرفت. در این حالت اگر میدان مغناطیسی دوران کند روتور هم همراه آن دوران خواهد کرد.



شکل (۳۸)

سرعت گردش میدان مغناطیسی به فرکانس جریان سه فاز اعمال شده به استاتور بستگی داردوچون فرکانس جریان ثابت است موتورهای سنکرون نیز با یک سرعت معین کار می کننـد. در نتیجه برای مواردی مورد استفاده قرار می گیرند که از حالت بی باری تا حالتی که بار موتـور ماگزیمم است سرعت ثابتی مورد نیاز باشد .

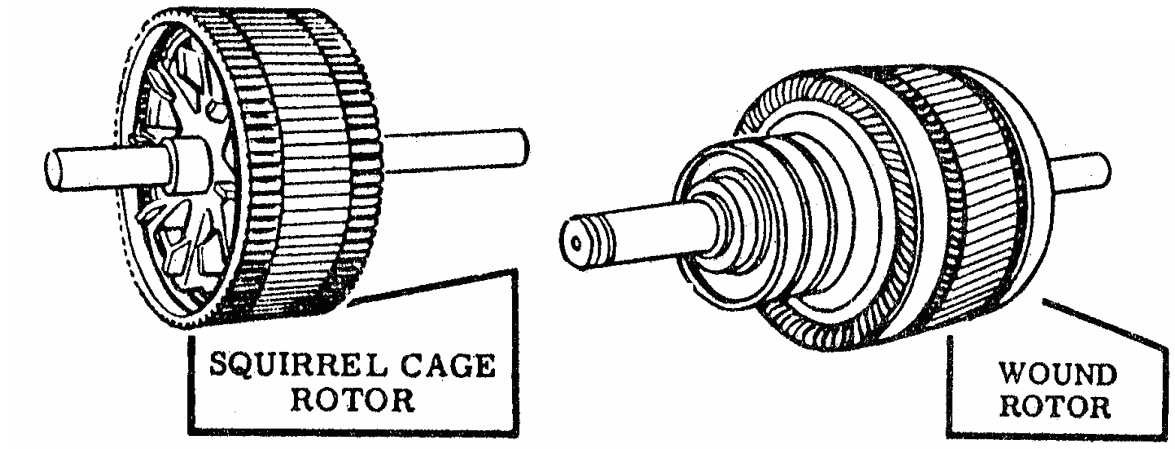
یکی از عیبهای موتور سنکرون این است که نمی تواند از حالت سـکون و بـا اعمـال جریـان متناوب سه فاز شروع بکار کند. دلیل این امر آنست که جریان متناوب اعمال شده به استاتور یک میدان گردانی با سرعت زیاد تولید می کند . این میدان گردان، قطبهای روتـور را آنقـدر سـریع عقب میزند که موتور فرصت پیدا نخواهد کرد راه اندازی شود .

به عبارت دیگر موتور سنکرون در موقع راه اندازی هیچ کوپلی نخواهد داشت و بنابراین همیشه بوسیله یک موتور القائی کوچک و یا بوسیله سیم پیچ هائیکه معادل ترکیب فوق باشند راه اندازی می شود. سپس وقتی سرعت موتور به سرعتی نزدیک به سرعت سنکرون رسید به یـک منبع جریان مستقیم وصل می شودو روتور با میدان گردان به گردش ادامه می دهد .

۵-۱۳- موتورهای آسنکرون یا القائی

موتور القائی از انواع موتورهای جریان متناوب است که بعلت سادگی ، محکم بودن، قیمت ارزان و ساختمان آن بیش از هر موتوری مورد استفاده قرار می گیرد. این خصوصیات موتور القائی به این علت است که روتور آن به هیچ منبع ولتاژ خارجی وصل نمی شود. دلیل اینکه به این نوع موتور، موتور القائی گفته می شود اینست که در اثر دوران میدان مغناطیسی استاتور جریانهای متناوبی در مدار روتور القاءِ می شود. ساختمان استاتور موتور القائی و موتور سنکرون تقریباً یکسان است اماروتورهای آنها کاملاً با هم فرق می کنند. روتورموتورهای القائی از یک استوانه مورق ساخته شده است که در روی آن شیارهایی وجود دارد و سیم پیچهایی در این شیارها قرار می گیرد . این سیم پیچها دو نوع هستند که نوع معمولی آن از سیم های ضخیم مسی یا آلومنیومی تشکیل شده است که سرهای آن بوسیله دو حلقه فلزی به یکدیگر متصل است و شکلی میسازند که شبیه قفس سنجاب می باشد. بعلت ولتاژ خیلی ضعیفی که در سیم های روتور تولید می شود هیچ عایقی بین هسته روتور و سیم ها وجود ندارد . ضمناً فاصله هوایی بین روتور و استاتور خیلی کوچک در نظر گرفته شده است تا ماگزیمم شدت میدان روی روتور عمل کند .

نوع دیگر سیم پیچی روتور در موتورهای القائی که در شکل (۳۹) نشان داده شده است دارای کلافهایی است که در شیارهای روتور قرار می گیرند.به این نوع موتورها، موتور با روتور سیم پیچی شده می گویند .



شکل (۳۹)

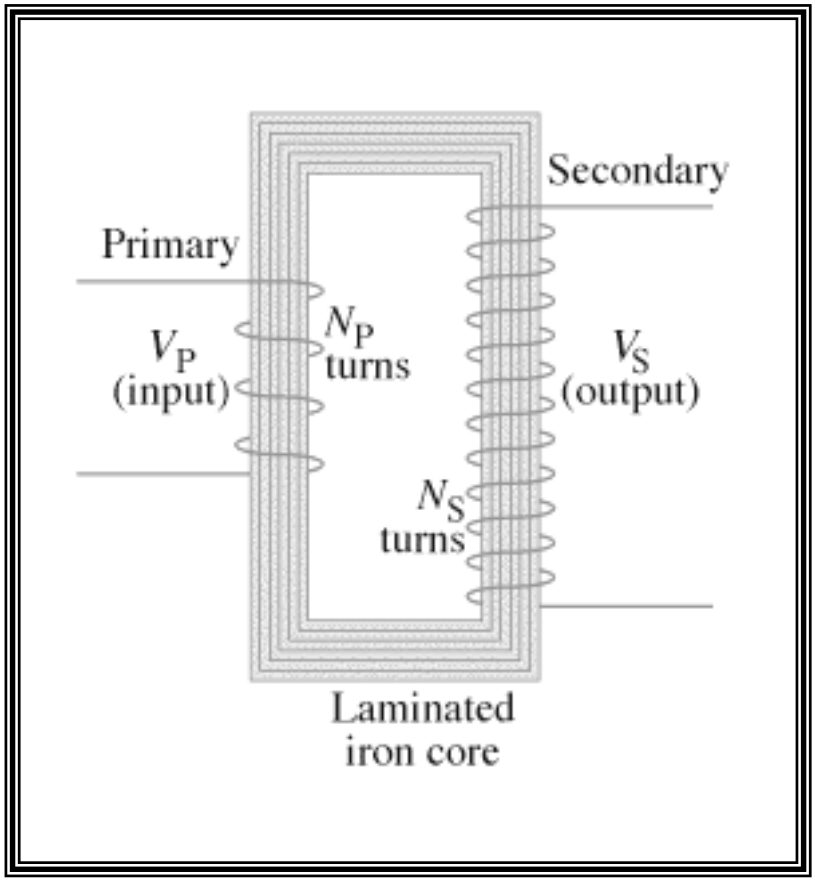
صرفنظر از نوع روتوری که در موتورهای القائی مورد استفاده قرار می گیرد اساس کارشان یکی است یعنی در هر دو حالت وقتی جریان متناوب به سیم پیچهای استاتور اعمال می شود میدان مغناطیسی گردانی تولید می شود. این میدان مغناطیسی سیم های روتور را قطع کرده جریانی در آنها القاءِ می کند. این جریان القاءِ شده یک میدان مغناطیسی در اطراف هادی های روتور ایجاد می کند که میدان مزبور کوشش می کند با میدان استاتور همگام شود اما

چون میدان استاتور دائماً در حال گردش است روتور نخواهد توانست به آن برسد ولی همیشه میدان مزبور را تعقیب می کند .

همانطور که از قانون لنز می دانید هر جریان القائی کوشش می کند که با تغییر میدانی که آنرا القاءِ کرده است مخالفت کند. در مورد موتور القائی عامل تغییر حرکت، میدان استاتور است. بنابراین در اثر عکس العمل بین میدان روتور و استاتور نیرویی به روتور وارد می شود که حرکت دائم میدان استاتور را از بین ببرد . به عبارت دیگر روتور در همان جهتی خواهد چرخید که میدان استاتور می گردد و کوشش خواهد کرد که به آن برسد و در عمل تا آنجا که وزن و مقدار باری که روی موتور است اجازه بدهد سرعت روتور تا نزدیکی های سرعت میدان استاتور خواهد رسید .

۵-۱۴- ترانسفورماتور

برای تغییر سطح اختلاف پتانسیل جریانهای متناوب از ترانسفورماتورها استفاده می شود . ساختمان ترانسفورماتورها مانند شکل (٤٠) تشکیل شده از یک هسته آهنی که دو سیم پیچ برروی آن پیچیده شده است. وقتی به سیم پیچ اولیه جریان متناوبی اعمال گردد ، شار متناوبی از هسته می گذرد که این شار در سیم پیچ دوم جریان متناوبی القاءِ می کند . نیروی محرکه القا شده در سیم پیچ دوم بستگی به نیروی محرکه اولیه (اختلاف پتانسیل دو سرمدار) و نسبت حلقه های دو سیم پیچ دارد .



شکل (٤٠)

اگر تعداد حلقه های مدار اولیه را n_1 و اختلاف پتانسیل آنرا V_1 و همچنین تعداد حلقه های مدار دومی را n_2 و اختلاف پتانسیل آنرا V_2 بنامیم داریم:

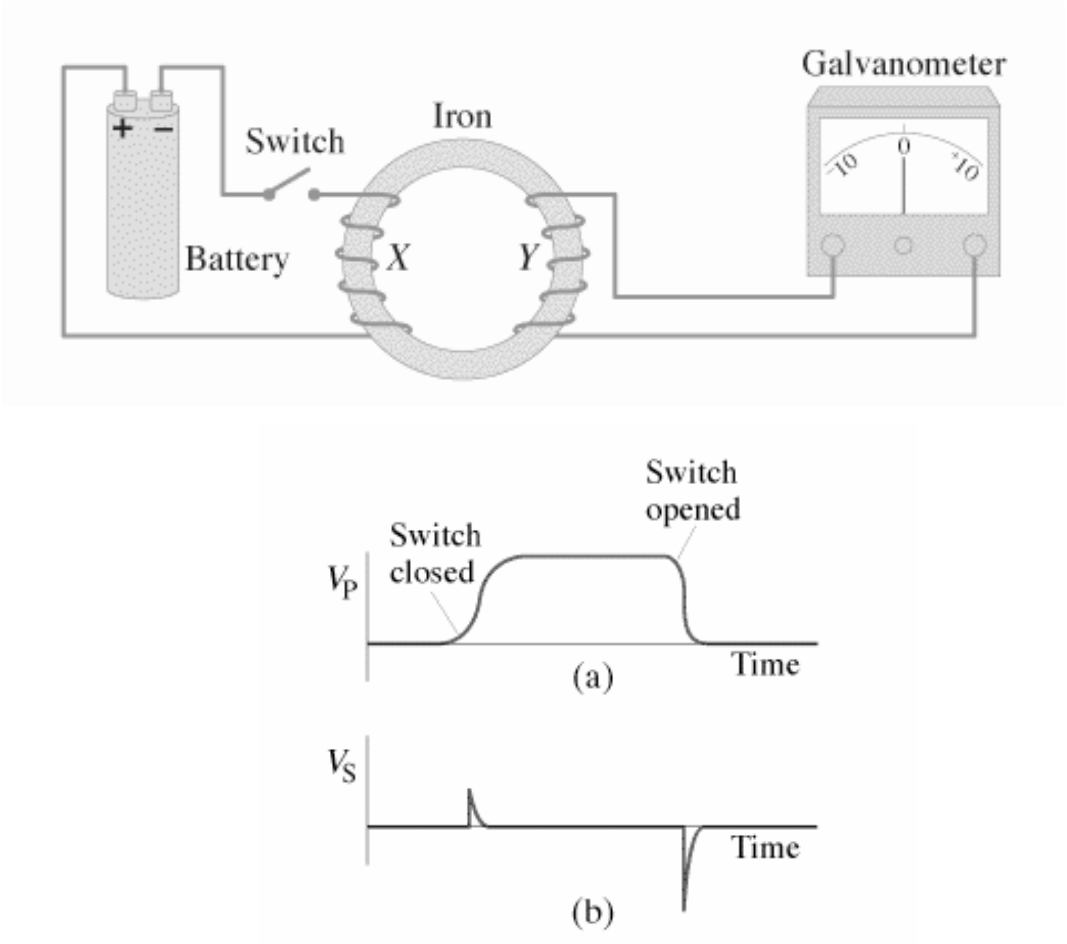
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} = K$$

که در آن k را ضریب تبدیل گویند .

اگر $K > 1$ باشد ترانس کاهنده و اگر $K < 1$ باشد ترانس کاهنده است . چنانچه جریانهای مؤثر اولیه و ثانویه را با I_1 و I_2 نشان دهیم بطور تقریب می توان نوشت:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

نکته قابل توجه آنست که ترانسفورماتورها با جریان مستقیم کار نمی کنند زیرا جریان مستقیم ایجاد شار ثابت می کند . همانطور که در شکل (٤١) نشان داده شده است فقط در حالت کلید زنی، تغییرات شار باعث القای ولتاژی ناچیز در ثانویه می گردد.



شکل (٤١)

در ترانسفورماتور واقعی ولتاژ ثانویه بعلت نشت شارمغناطیسی و مقاومت سیم پیچ ها افت خواهد داشت لذا ترانسفورماتور ایده آل آنست که چنین افت ولتاژی وجود نداشته باشد .

با چنین فرضی می توان گفت در ترانسفورماتور ایده آل توان گرفته شده از ثانویه با توان داده شده به اولیه مساوی است .

لذا در ترانسفورماتور ایده ال خواهیم داشت : $\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_2}{N_1}$

اگر در مدار ثانویه، مصرف کننده ای قرار گیرد در صورتیکه ترانسفورماتور ایده آل باشد توان مصرفی مدار ثانویه مساوی حاصلضرب ولتاژ در شدت جریان است. به عنوان مثال

اگر نسبت ترانسفورماتور برابر سه باشد ولتاژ مدار ثانویه سه برابر ولتاژ اولیه است. و برای اینکه دو توان با هم مساوی باشد لازم است که شدت جریان آن یک سوم شدت جریان اولیه باشد.

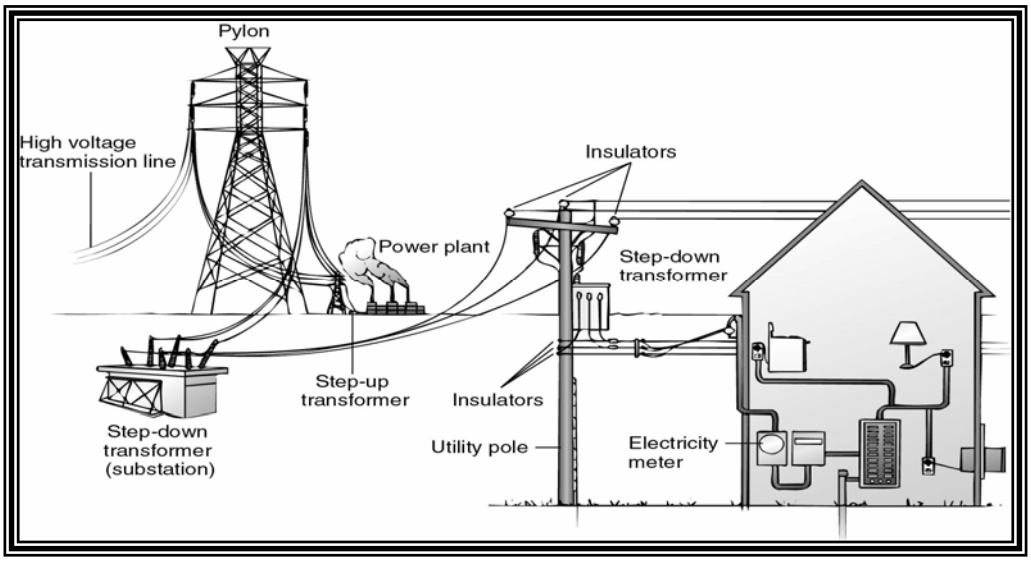
بازده یا راندمان ترانسفورماتور می تواند تا ۹۹٪ برسد یعنی تلفات آن خیلی کم است. با اینحال نمی توان از این تلفات که در اثر جریان فوکو،اثرهیسترزیس مغناطیسی و همچنین مقاومت سیم پیچها وشار نشتی است چشم پوشید.

۵–۱۵– کاربرد ترانسفورماتور درانتقال انرژی الکتریکی

اگر بخواهیم انرژی الکتریکی ژنراتوری که توان مفید آن P وات است را توسط سیمهای انتقال با مقاومت R از مرکز تولید به محل مصرف انتقال دهیم مقداری توان به شکل گرما در سیمهای رابط تلف می شود که مقدار آن برابراست با : $P = RI^2$

بنابراین توان قابل استفاده (P۲) در محل مصرف از مقدار توان اولیه کمتر است.برای کم کردن توان تلف شده در مسیر باید اختلاف پتانسیل دو سر مولد را توسط ترانس افزایش داد و مقاومت سیمهای انتقال دهنده را کم کرد . (شکل (۴۲))

برای کم کردن R طبق رابطه $R = \rho\frac{L}{A}$ باید از فلزاتی مانند مس و آلومینیوم که قابلیت انتقال آنها زیاد است استفاده نمود و سطح مقطع سیم را زیاد انتخاب نمود. ولی عامل مهم و مؤثر اختلاف پتانسیل (V) است . زیرا همانطور که از رابطه انتقال انرژی پیداست توان تلف شده با مجوز V نسبت معکوس دارد .



شکل (۴۲)

پرسشهاي فصل پنجم :

۱- وظیفه ذغالها در ماشینهای DC چیست؟

۲- عملکرد کلکتور در ماشینهای DC چیست؟

۳- علت چرخش یک موتور الکتریکی را بیان کنید.

٤- فایده ثابت بودن سیم پیچ آرمیچر در ژنراتورهای AC چیست؟

۵- موتورهای AC در چه مواردی به کار می روند؟

۶- موتورهای سنکرون چگونه کار می کنند؟

۷- عیب موتور سنکرون در چیست؟

۸- چرا ترانسفورماتورها در جریان DC کار نمی کنند؟

۹- کاربرد ترانس را در سیستم انتقال انرژی توضیح دهید؟

فصل ششم
آشنایی با دستگاههای اندازه گیری الکتریکی

اهداف آموزشی فصل ششم :

۱- آشنایی با اصول اساسی دستگاههای اندازه گیری الکتریکی
۲- شناخت ساختمان داخلی گالوانومترها
۳- آشنایی با آمپر متر، ولتمتر و اهم متر و روشهای نصب آن در مدار

۶-۱- مقدمه

به هر وسیله ای که برای آشکار سازی و نمایش دقیق یک کمیت الکتریکی به شکلی که به وسیله انسان قابل قرائت باشد، ساخته شود یک وسیله اندازه گیری الکتریکی گفته می شود . معمولاً این فرم قابل قرائت یا به صورت حرکت یک عقربه برروی اشل ویابه صورت نمایش دیجیتالی است .

بیشتر دستگاه های اندازه گیری مدرن به صورت دیجیتالی طراحی می شوند به این معنی که نمایشگر آنها به شکل نمایشگرهای رقمی می‌باشد. وسایل اندازه گیری قدیمی به صورت مکانیکی بوده که در آنها برای نمایش کمیت مورد اندازه گیری از وسایلی مانند عقربه استفاده می شود . در هر دو حالت فوق قوانینی که برای اندازه گیری ولتاژ ، جریان ویا مقاومت به کار می رود یکسان است و تنها تفاوت بین آن دو در عملکرد قسمت نمایش است . مکانیزم نمایش یک وسیله اندازه گیری اغلب به صورت یک انحراف در نظر گرفته می شود که در واقع همان حرکت عقربه بر روی اشل است. اگر چه در وسایل اندازه گیری مدرن هیچ قسمت متحرکی وجود ندارد کلمه انحراف به همان قسمتی اطلاق میشود که عمل نمایش را انجام می دهد.

۶-۲- گالوانومترها

عملکرد اغلب وسایل اندازه گیری مکانیکی بر پایه این قانون الکترومغناطیسی استوار است که اگر جریان الکتریکی از یک هادی عبور کند یک میدان مغناطیسی عمود بر حرکت الکترونها تولید می شود . هرچه جریان الکتریکی بیشتر باشد میدان مغناطیسی تولید شده نیز قویتر است . اگر میدان مغناطیسی که توسط هادی ایجاد شده است در تداخل با یک میدان مغناطیسی دیگر قرار گیرد بین این دو منبع میدان، نیرویی به وجود می آید . حال اگر یکی از این منابع بتواند نسبت به دیگری حرکت کند با عبور جریان از هادی انحرافی متناسب با شدت جریان بوجود می آید.

گالوانومتر ها از جمله اولین وسایل اندازه گیری انحرافی ساخته شده هستند که معمولاًبا بیشترین حساسیت ساخته می شوند . یک گالوانومتر بسیار ساده را میتوان با یک عقربه مغناطیسی که از طریق یک نخ در داخل یک سیم پیچ آویزان شده است ساخت. با عبور جریان از این سیم پیچ یک میدان مغناطیسی ایجاد می شود که عقربه را از موقعیت میدان مغناطیسی زمین منحرف می کند .

یک گالوانو متر بسیار قدیمی در شکل (٤٣) نشان داده شده است. این نوع گالوانومتر به هر نوع حرکت ویا هر اعوجاجی که در میدان مغناطیسی زمین رخ دهد حساس است .

شکل (٤٣)

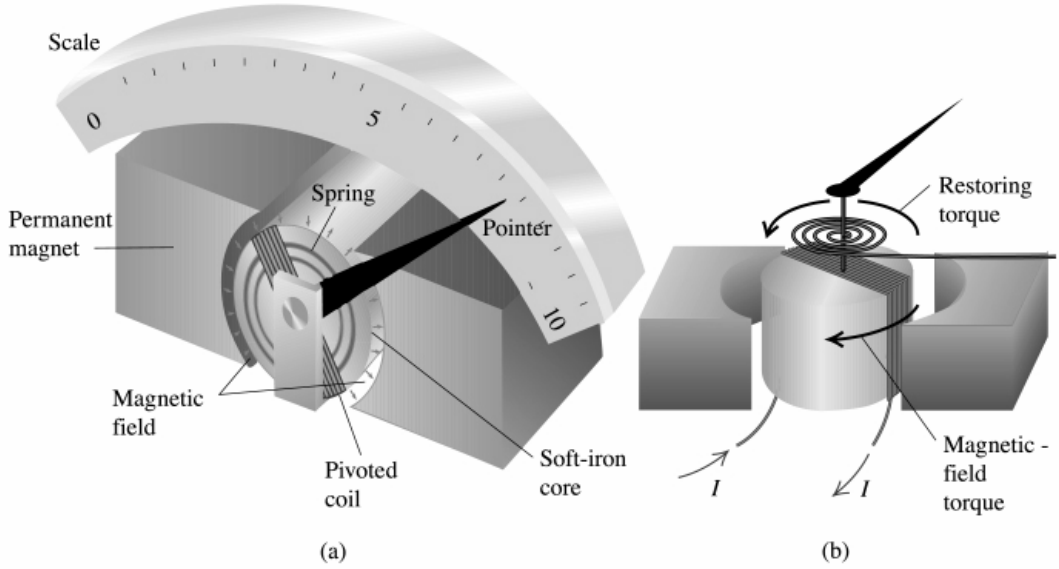
امروزه عبارت گالوانومتر به هر وسیله اندازه گیری الکترومغناطیسی که برای موارد حساس ساخته می شود گفته می شوند . وسایل اندازه گیری الکترومغناطیسی عملاً از یک سیم پیچ که در یک میدان مغناطیسی قوی قرار دارد ساخته می شود . به گونه ای که از هر گونه تأثیرمغناطیسی خارجی در امان است . این نوع وسایل به عنوان وسایل مغناطیس دائم یا سیم پیچ گردان یا PMMC شناخته می شوند ،

غالباً این دستگاه دارای عقربه ای است که با وارد شدن نیروئی در مقابل صفحه مدرج حرکت می کند. علاوه بر نیروی فوق یک نیروی کنترل کننده نیز لازم است که دوباره عقربه را به حالت اول یعنی روی عدد صفر برگرداند. در عمل این نیروی کنترل کننده جلوی نیروی وارد بر عقربه را گرفته و درنتیجه در جائی که این دو نیرو همدیگر را خنثی کنند می ایستد. همچنین لازم است که عقربه فوراً در مقابل یک عدد بایستد، یعنی مقابل چند عدد نوسان نکند. بنابراین حرکت رفت و برگشتی عقربه به وسیله ای ترمز می شود.

اساس کار این نوع دستگاه یک نیروی موتوری است. میدان مغناطیسی یک سیم پیچ حامل جریان مانند شکل (٤٤) در میدان یک آهنربای دائمی قرار گرفته و در نتیجه دو میدان رویهم اثر کرده و باعث انحراف عقربه می گردد.

جهت حرکت عقربه بستگی به جهت جریان دارد. لذا لازم است در این مورد دقت شود که دستگاه با پلاریته مناسب به ولتاژ متصل گردد.

بطوریکه در شکل(٤٤) دیده می شود جریان برق به سیم پیچ اعمال می گردد و آنرا منحرف می سازد. از فنرها یی که در این شکل مشاهده می گردد به منظور نیروی کنترل کننده حرکت عقربه استفاده می شود. سیم پیچ روی قاب آلومینیمی پیچیده شده است که همراه با سیم پیچ و عقربه حرکت می کند.



شکل (٤٤)

برای اندازه گیری های برقی فقط می توان از مشاهده اثر ولتاژ و شدت جریان برق استفاده نمود. دستگاههائی که بتواند این اثر را نشان دهد برای اندازه گیری برق بکار می رود. اصلی ترین دستگاههای مورد استفاده در صنعت عبارت است از آمپرمتر، ولتمتر و اهم متر که در ادامه مورد بحث قرار می گیرد.

۶-۳- آمپرمتر

آمپر متروسیله ای است که برای اندازه گیری جریان الکتریکی به کار می رود. برای اندازه گیری شدت جریان الکتریکی ، مدار را در یک نقطه قطع کرده و آمپر متر را بطور سری در مدار قرار می دهیم، در این صورت کل شدت جریان مدار از آمپرمتر عبور می کند.

وقتی آمپرمتر وارد مدار شود چون خود آمپرمتر نیز دارای مقاومت است ، جریان مداررا تغییر می دهد. بنابراین آمپرمتری ایده آل است که مقاومت داخلی آن ناچیز باشد.

با بکار بردن یک مقاومت شنت می توان حدود شدت جریانی را که آمپرمتر می تواند اندازه گیری کند افزایش داد. مقاومت شنت عبارت است از یک مقاومت معلوم که با آمپرمتر بطور موازی قرار می گیرد و قسمتی از جریان از آن عبور می کند. بقیه این جریان از آمپرمتر می گذرد.به عنوان مثال فرض کنید یک آمپرمتر با سیم پیچ گردان تا ۱۵ میلی آمپر درجه بندی شده است، یعنی حداکثر شدت جریانی که می تواند اندازه بگیرد ۱۵ میلی آمپر است. اگر بخواهیم چنین آمپرمتری را برای اندازه گیری شدت جریان های تا ۱۵۰ میلی آمپر بکار ببریم باید مقاومتی با آن موازی کنیم که بیشتر از ۱۵ میلی آمپر جریان از آمپرمتر نگذرد به عبارت دیگر ۱۳۵= ۱۵-۱۵۰ میلی آمپر بقیه از مقاومت شنت عبور نماید.

۶-۴- ولتمتر

برای اندازه گیری ولتاژ از ولتمتر استفاده می شود. ولتمتر به نقاطی که منظور، اندازه گیری ولتاژبین آن دو نقطه است متصل می گردد.لذاولتمتربطورموازی در مدار قرار می گردد و فقط لازم است شدت جریان کافی از آن بگذرد تا دستگاه کار کند.

چون ولتمتر به طور موازی درمدار قرار می گیرد لذا برای کاهش خطای اندازه گیری باید مقاومت داخلی ولتمتر زیاد باشد.

یک آمپرمتر با قاب گردان را می توان به یک ولتمتر تبدیل نمود. این کار با سری کردن یک مقاومت خیلی زیاد با آمپرمتر انجام می گیرد.در این صورت فقط ولتاژ مختصری به دو سر آمپرمتر می رسد ولی آمپرمتر بر حسب ولت مدرج شده و ولتاژ بین نقاطی را که دستگاه به آن وصل شده نشان می دهد.

در عمل اکثراً برای اندازه گیریها بجای آمپرمتر از ولتمتر استفاده می شود. این بخاطر آن است که آمپرمتر باید بطور سری در مدار قرار گیرد یعنی مدار قطع گردد. اگر ولتاژ دو سر یک مقاومت معلوم تعیین گردد، به آسانی می توان از تقسیم کردن ولتاژ بر مقدار مقاومت شدت جریان را بدست آورد.

۶-۵- اهم متر

چنانچه که از قانون اهم می توان نتیجه گیری کرد با یک ولتاژ ثابت دائم (DC) هر چقدر مقاومت بیشتر باشد شدت جریان کمتر است . این اساس عملکرد یک اهم متر است که از یک آمپرمتر، یک باطری و یک مقاومت متغیر تشکیل یافته است.

اگر یک مقاومت ۱۰۰ اهمی به این دستگاه وصل شود، شدت جریان کم می شود زیرا مقاومت زیاد شده است. حال در جائی که عقربه می ایستد باید عدد ۱۰۰ نوشته شود. به همین

ترتیب می توان با اتصال یک مقاومت ۱۰۰۰ اهمی به دستگاه محلی را که عقربه می ایستد برای ۱۰۰۰ اهم مدرج نمود، و بدین ترتیب می توان همه صفحه دستگاه را بر حسب اهم درجه بندی نمود.

در مورد درجه بندی اهم متر ذکر دو نکته حائز اهمیت است، یکی آنکه صفر دستگاه در قسمت راست قرار گرفته است و دیگر آنکه درجه ها غیر مساوی یعنی درجه بندی غیر خطی یا غیر یکنواخت است. در شکل (٤٥) دیده می شود که چطور درجه بندی در قسمت چپ صفحه فشرده تر است.

شکل (٤٥)

اهم مترها دارای یک مقاومت متغیر برای تنظیم صفر عقربه هستند. قبل از هر اندازه گیری باید سر دو رابط دستگاه را بهم وصل نمود وبا تنظیم پیچ اهم متر، عقربه را روی صفر تنظیم نمود. این بدان دلیل است که اثر ولتاژ باطری که پس از مدتی کاهش می یابد خنثی گردد.

اهم مترها به صورت سری با مقاومتی که منظور تعیین مقدار آن است قرار گرفته و مدار بسته ای را تشکیل می دهد. بدین لحاظ هیچگونه منبع ولتاژ دیگری نباید در این مدار باشد وگرنه اهم متر مقدار غلطی را نشان می دهد. همین طور اگر مقاومت در مداری باشد که شامل خازن است باید خازن را تخلیه نمود.

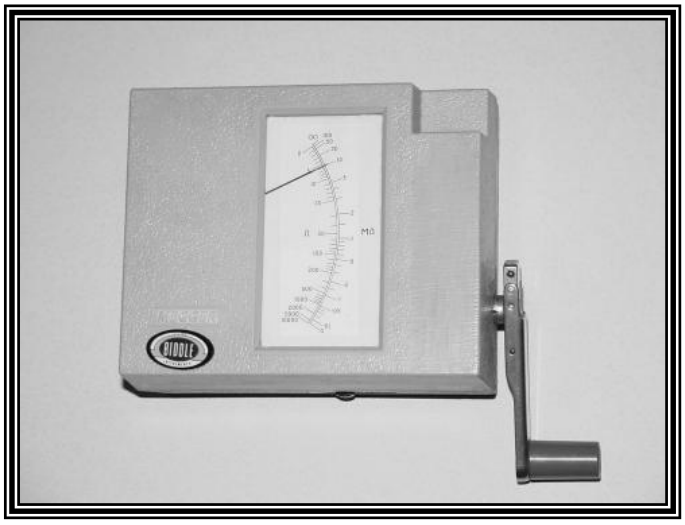
یکی دیگر از کاربرد های اهم مترها پیدا کردن محل عیب در یک مدار است. برای پیدا کردن خرابی در یک مدار دانستن مقدار دقیق مقاومت لازم نیست. فقط کافی است بدانیم مقاومت مدارکم است یا زیاد.

به عنوان مثال وقتی کابلی را تست می کنند برای مطمئن شدن از اینکه تمام اتصالها برقرار و مدار کامل است کافی است اهم متر مقاومت کوچکی را نشان دهد.

از طرف دیگر موقعی که می خواهیم ببینیم دو سیم نسبت بهم کاملاً عایق بوده و اتصال کوتاه نشده است کافی است که دستگاه اندازه گیری ، مقاومت را خیلی زیاد نشان دهد، بدین معنی که آنها با هم در تماس نیستند. بنابراین دیگر مطرح نیست که مقاومت بین آنها ۱۲ مگا اهم است یا ۱۳ مگا اهم. یکی از این دستگاهها که در صنعت برای عیب یابی کابلها از آن استفاده می شود میگر می باشد .شکل (٤۶)

عایقهای الکتریکی در ولتاژهای زیاد ممکن است خراب شده یا بسوزند. لذا برای آزمایش عایق بندی یک دستگاه آنرا تحت ولتاژ قرار داده تا مطمئن شوند ولتاژ مورد نظر را می تواند تحمل کند. برای اینکار از میگر استفاده می شود.

میگر در حقیقت یک اهم متر است که مولد آن در نمونه های قدیمی تر یک ژنراتور دستی بوده و بسته بسرعتی که چرخانده می شود ولتاژ آن تغییر می کند. مثلاً اگر آنرا با سرعت ۱۶۰ دور در دقیقه بگردانیم ولتاژ آن ۵۰۰ ولت خواهد بود.



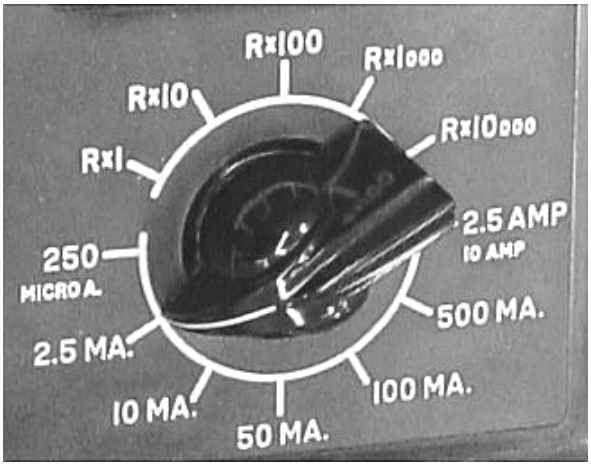
شکل (٤٦)

۶-۶- مالتی مترها

چون غالباً در یک مدار احتیاج به اندازه گرفتن ولتاژ، شدت جریان و مقاومت است، می توان توسط یک دستگاه به نام مالتی متر هر سه کمیت را اندازه گرفت. این دستگاه که در شکل (٤٧) نشان داده شده است ممکن است آنالوگ ویا دیجیتال باشد.

مالتی مترها دارای یک کلید چند وضعیتی مانند شکل (٤٨) هستند. که با تغییر وضعیت آن می توان کمیت مورد نظر را اندازه گرفت .

شکل (٤٧)



شکل (٤٨)

پرسشهاي فصل ششم :

۱- وسیله اندازه گیری الکتریکی را تعریف کنید.

۲- اساس کار وسایل اندازه گیری الکتریکی چیست؟

۳- آمپرمتر برای اندازه گیری چه کمیتی به کار می رود و چگونه در مدار قرار می گیرد؟

٤- ولتمتر برای اندازه گیری چه کمیتی به کار می رود و چگونه در مدار قرار می گیرد؟

۵- اهم متر برای اندازه گیری چه کمیتی به کار می رود و چگونه در مدار قرار می گیرد؟

۶- درجه بندی اهم متر چه تفاوتی با درجه بندی آمپرمتر دارد؟

۷- میگر چیست و در چه مواردی از آن استفاده می شود؟

مراجع

۱- تکنولوژی برق جلد اول تالیف B.L Traja ترجمه سعید شعاری نژاد.

۲- اصول مقدماتی الکتریسته " ا. فلاحی" مرکز آموزش وآزمون مهارتهای فنی مناطق نفت خیز.