فصل اول

اصول اساسی ماشینهای الکتریکی

اهداف آموزشی فصل اول :

۱- شناخت ساختمان و اصول کار ژنراتورها

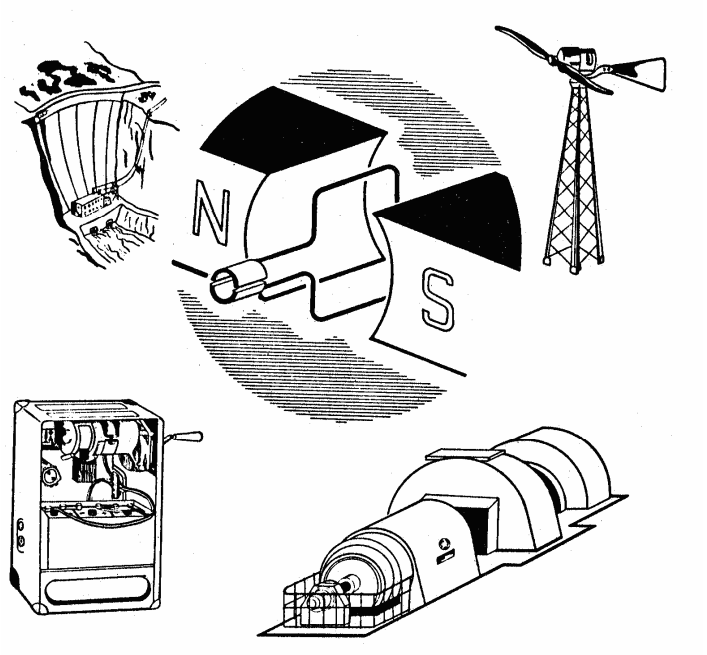
۲- آشنایی با عملکرد کلکتور

۳- شناخت نقش کلکتور در یکسوسازی ولتاژ

۱-۱- 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 .

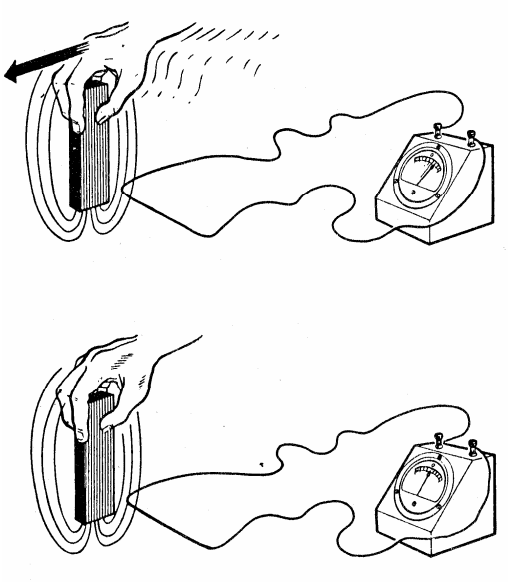
می دانید که ولتاژ القایی (نیروی محرکه الکتریکی) از چرخاندن یک میدان مغناطیسی ایجاد می شود . امروزه در سراسر دنیا تقریباً تمام نیروگاههای برق که برق مصرفی قسمت وسیعی از جهان را تولید می کنند از همین روش برا ی تبدیل سایر انرژی ها به انرژی الکتریکی استفاده می کنند . امروزه بیشتر نیروگاه های برق از انرژی شیمیائی سوخت ها نظیر سنگ یا نفت و یاآب برای گرداندن توربین ها که ژنراتورها به آنها متصل اند استفاده می کنند. (شکل ۱)



شکل (۱)

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 .

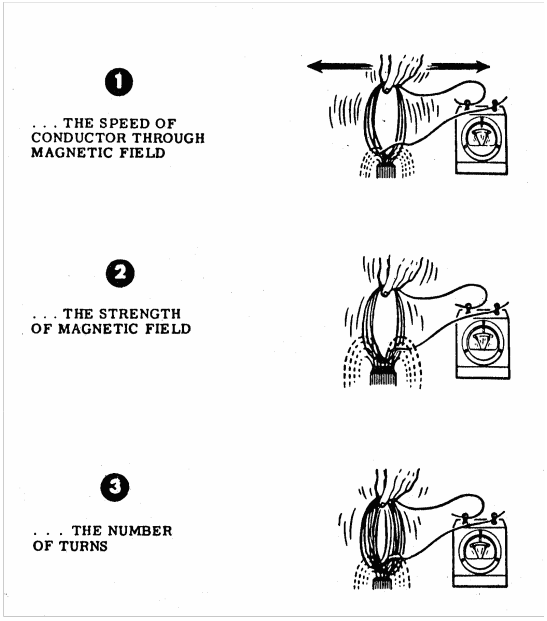
این ولتاژ القاءِ شده در صورتیکه دو سر هادی به هم متصل باشد جریانی در این مدار بسته ایجاد می کند. آنچه که در شکل (۲) نشان داده شده است گویای همین مطلب است .



شکل (۲)

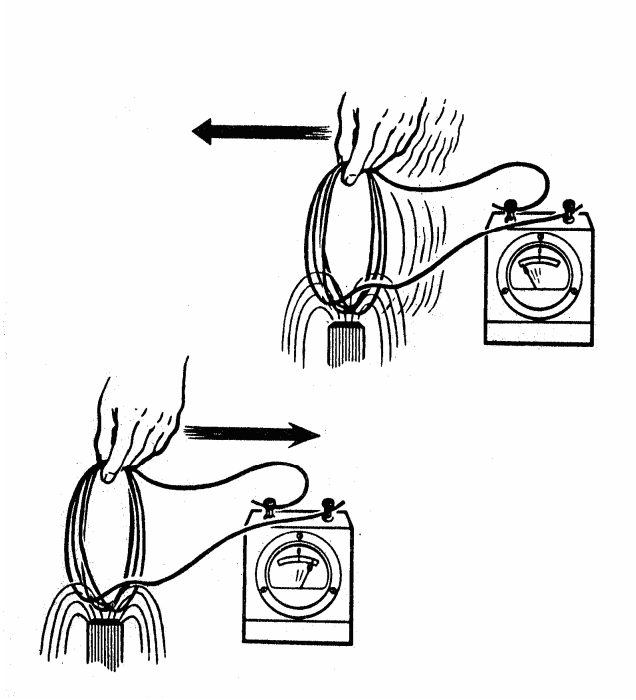
ولتاژ القاءِ شده در هادی که میدان مغناطیسی را قطع می کند به عوامل زیادی بستگی دارد . اول آنکه اگر سرعت نسبی قطع کردن بین سیم و میدان زیاد شود ولتاژ القاءِ شده زیاد می شود . دوم اینکه اگر شدت (قدرت) میدان مغناطیسی زیاد شود ولتاژ القاءِ شده هم زیاد می شود و سوم اینکه اگر تعداد دفعات قطع کردن میدان زیاد شود ولتاژ القاءِ شده هم زیاد می شود . (شکل۳)

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 تصعیف 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 (۳)

پس می توان گفت ولتاژ القایی القاءِ شده (E) در هر هادی با شـار میـدان مغناطیـسی و سرعت حرکت هادی در میدان متناسب است. همانطور که در شکل (٤) نشان داده شده است جهت جریان تولید شده به جهت حرکت نسبی بین میدان مغناطیسی و جسم هادی که میـدان را قطع می کند بستگی دارد .



شکل (۴)

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 .

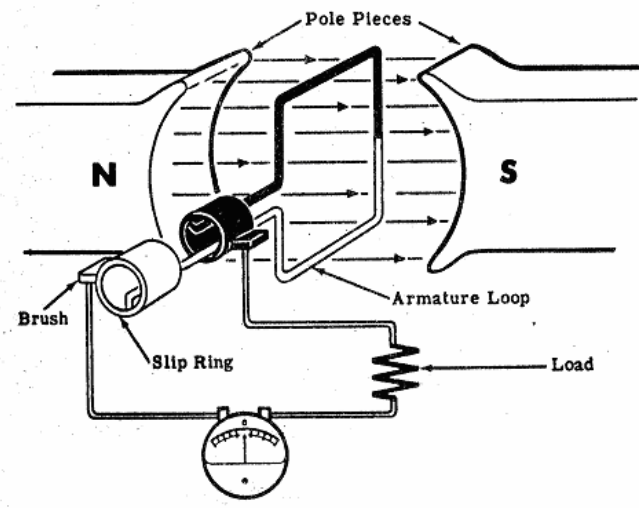
۲- هر چه هادی تندتر میدان مغناطیسی را قطع کند ویا هر چه میدان مغناطیسی قویتر باشد ولتاژ القایی بیشتر خواهد شد .

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

۱-۲- 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 (۵) 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 القاءِ شود . برای اینکه بتوان از این ولتاژ القاءِ 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 (۵)

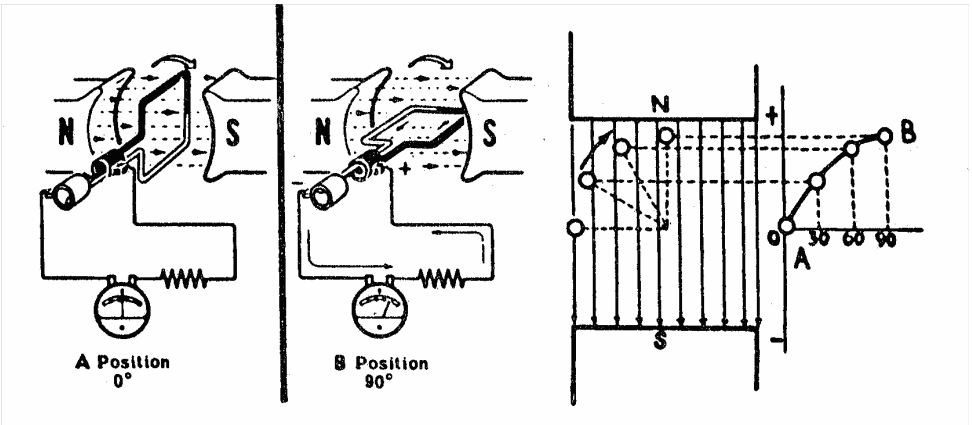
در تشریح کار ژنراتور یک حلقه سیم را مجسم کردید که درون یک میدان مغناطیسی می چرخد که در اثر قطع کردن میدان مغناطیسی یک ولتاژ القایی در آن تولید شده جریانی در حلقه ها ، ذغالها و آمپرمتر که با هم سری هستند بوجود می آید . باید دانست جهت ولتاژ القاءِ شده در آرمیچر و بنابراین جریانی که در مدار تولید می شود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

فرض کنید که آرمیچر مطابق شکل (۶) 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.

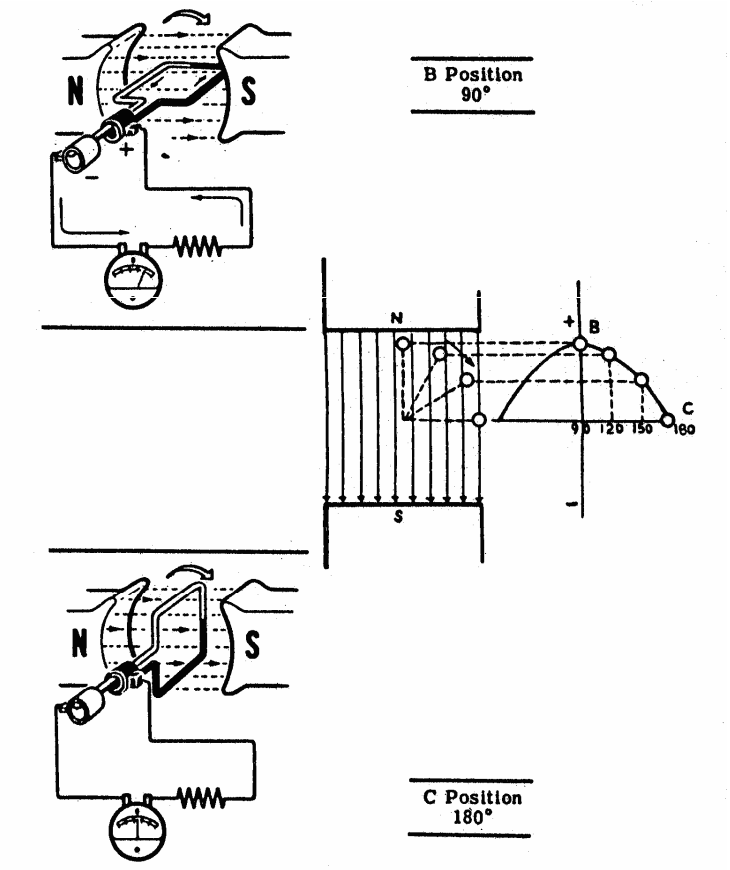
بعلت اینکه جریان حاصل در مدار متناسب با ولتاژ القاءِ شده است وقتی آرمیچر صفر تا ۹۰ درجه می چرخد جریان هم بین صفر تا مقدار ماگزیمش تغییر خواهد کرد . حال فرض کنید که آمپرمتر که صفر آن در وسطش قرار داد بتواند تغییرات جریان را نشان دهد. در اینصورت وقتی آرمیچر از حالت A به حالت B میرسد عقربه آمپرمتر بیشتر بسمت راست منحرف خواهد شد(درصورتیکه جریان گذرنده ازمدار مطابق جهت نشان داده شده در شکل(۶) 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 (۶)

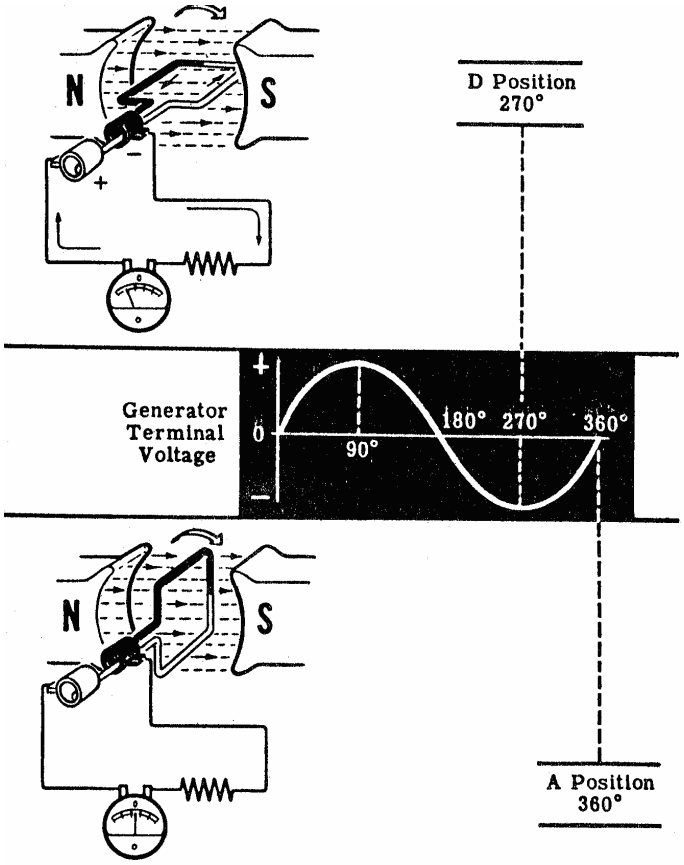
وقتی آرمیچر مانند شکل(۷) بچرخد و از حالت B (زاویه ۹۰ درجه) به حالت C (زاویه ۱۸۰ درجه) برسد، حلقه سیم که در حالت B ماکزیمم خطوط میدان را قطع می کرد در این فاصله تعداد کمتری را قطع خواهد کرد. در حالت C حلقه به موازت خطوط میدان قرار گرفته و هیچیک از خطوط را قطع نخواهد کرد. وقتی آرمیچر از ۹۰ درجه تا ۱۸۰ 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 (۷)

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 (۸) 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 .

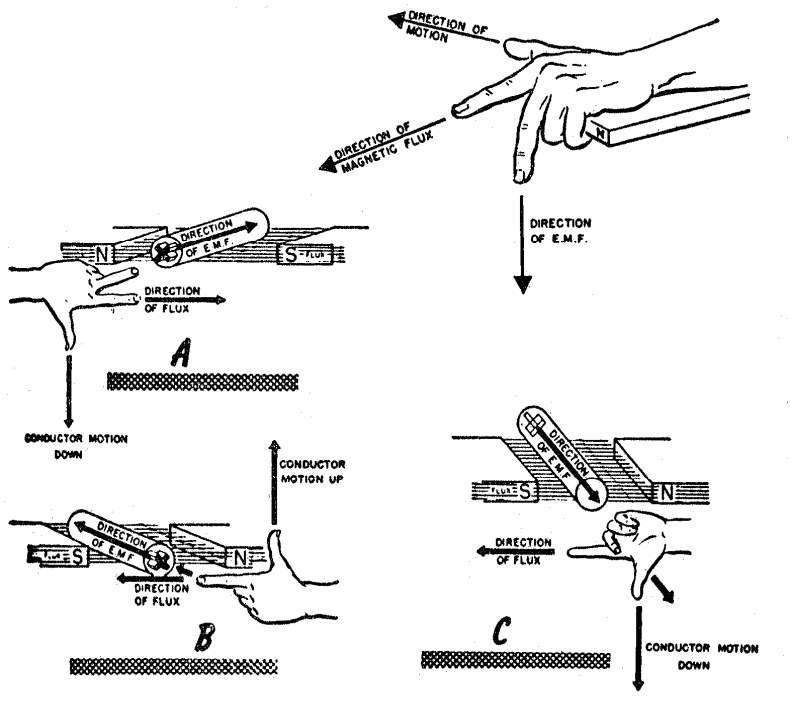


شکل (۸)

۱–۳– 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.برطبق این قاعده اگر انگشت شست ونشان دست چپ را مانند شکل (۹)

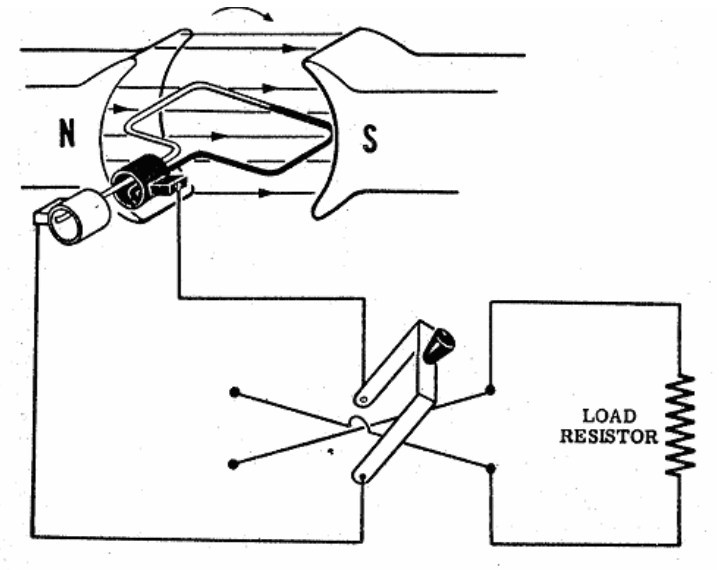
طوری بگیرید که بر هم عمود باشند بطوریکه انگشت نشان در جهت شار مغناطیسی و انگشت شست در جهت حرکت هادی باشد در اینصورت انگشت وسطی جهت ولتاژ القاءِ شده را نشان خواهد داد . جهت ولتاژ القاءِ شده یعنی جهت جریانی که در اثر ولتاژ القایی از مدار عبور خواهد کرد .



شکل (۹)

۱-۴- عملکرد کلکتور

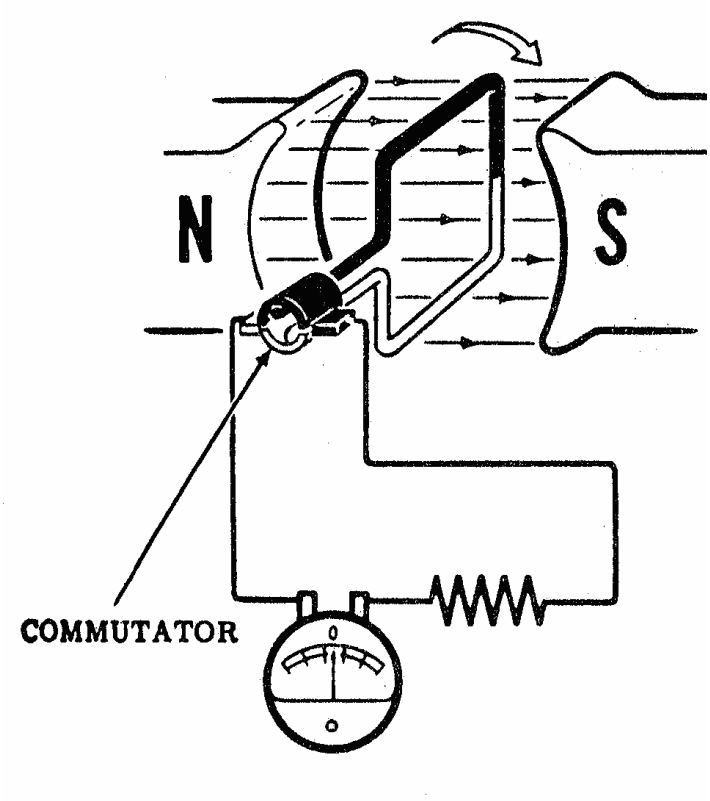
در ژنراتور اولیه، جهت ولتاژ .A.C القاءِ شده در حلقه وقتی که آرمیچر از صفر تا ۱۸۰ درجه بگردد برعکس می شود. در این موقع هادی حلقه (هادی های سیاه و سفید) نیز جهت حرکتشان در میدان مغناطیسی عوض می شود. چون آرمیچر پیوسته در میدان می چرخد همیشه در حلقه های آرمیچر یک ولتاژ القایی متناوب بوجود می آید. بنابراین 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 (۱۰) 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 (۱۰)

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 راکموتاسیون گویند . همانطور که در شکل (۱۱)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 (۱۱)

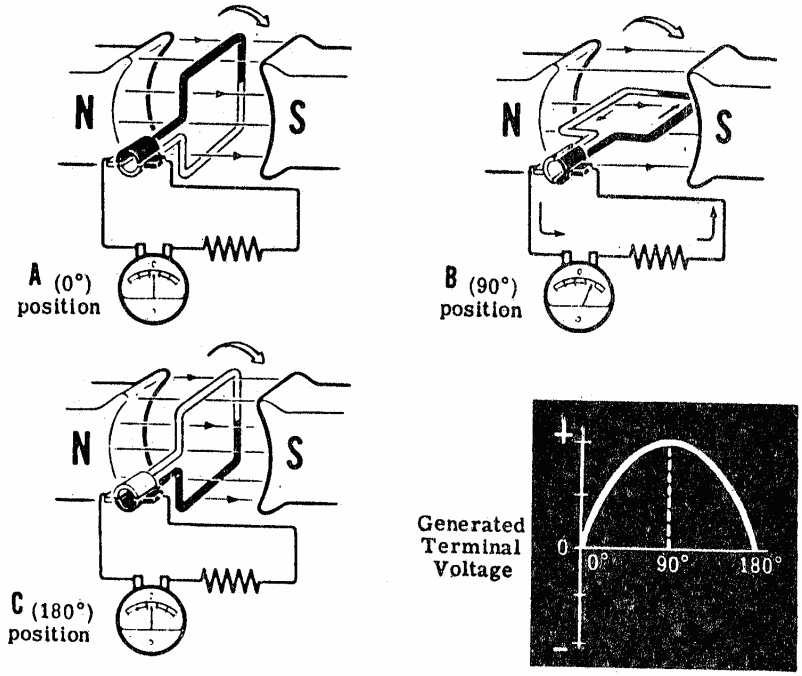
۱–۵– تبدیل جریان A.C به جریان D.C بوسیله کلکتور

حال طرز کار کلکتور در تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم مورد مطالعه قرار می گیرد . در حالت A مطابق شکل (۱۲) 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 صفرخواهد شد . شکل موج نشان داده شده در شکل (۱۲) نشان می دهد که چطور ولتاژ خروجی ژنراتور بین زاویه صفر و ۱۸۰ درجه تغییر می کند .

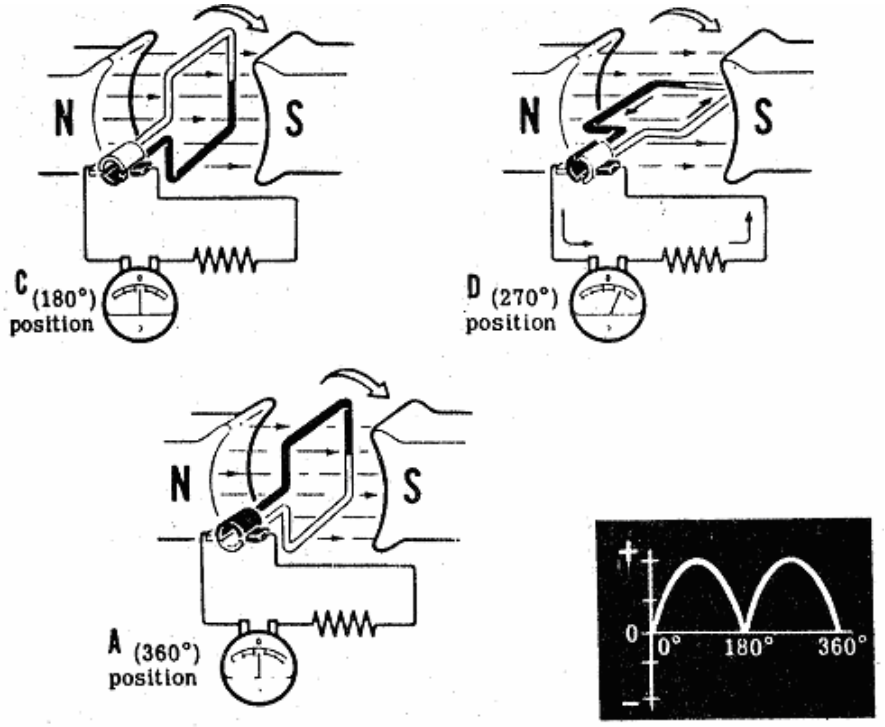
توجه داشته باشید که در حالت C ذغال سیاه از روی نیمه سیاه حلقه لغزیده و به قسمت سفید میرود. در همین موقع ذغال سفید هم از روی نیمه سفید لغزیده و به قسمت سیاه متصل می شود. در این روش ذغال سیاه به نیمه ای از هادی متصل است که در زیر قرار دارد و ذغال سفید با آن نیمه از هادی اتصال دارد که در بالا قرار گرفته 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 (۱۳) ، 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 .

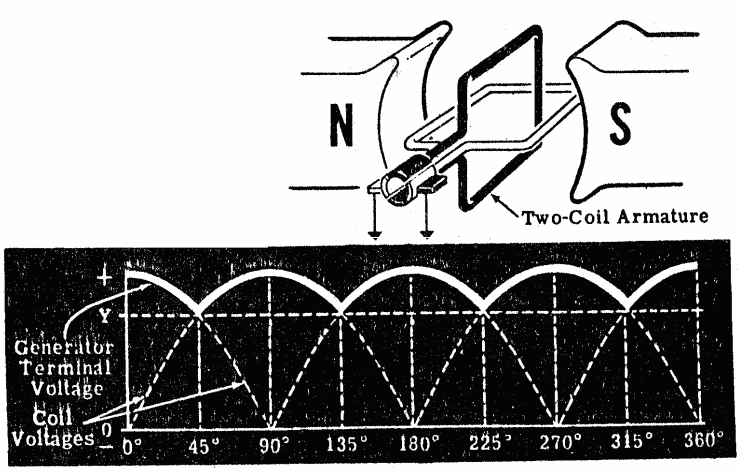


شکل (۱۲)



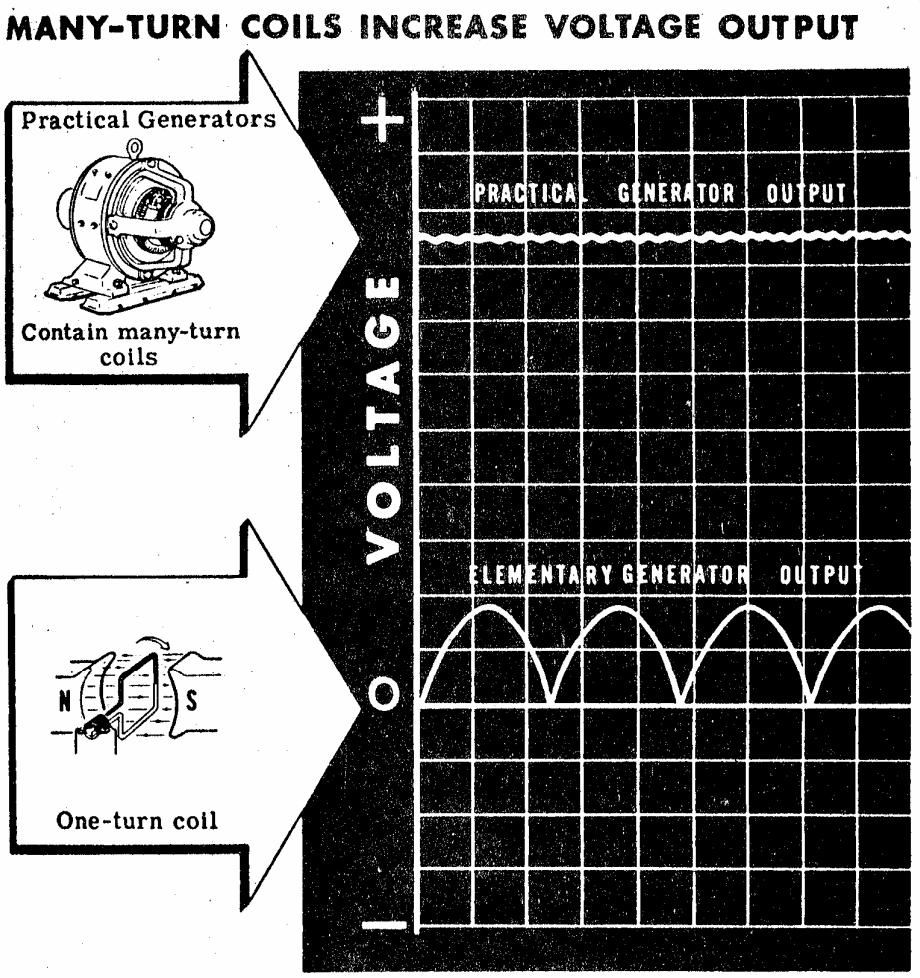
شکل (۱۳)

شکل موج ولتاژ خروجی ترکیب دو حلقه برای یک دور کامل در شکل (۱٤) 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 (۱۴)

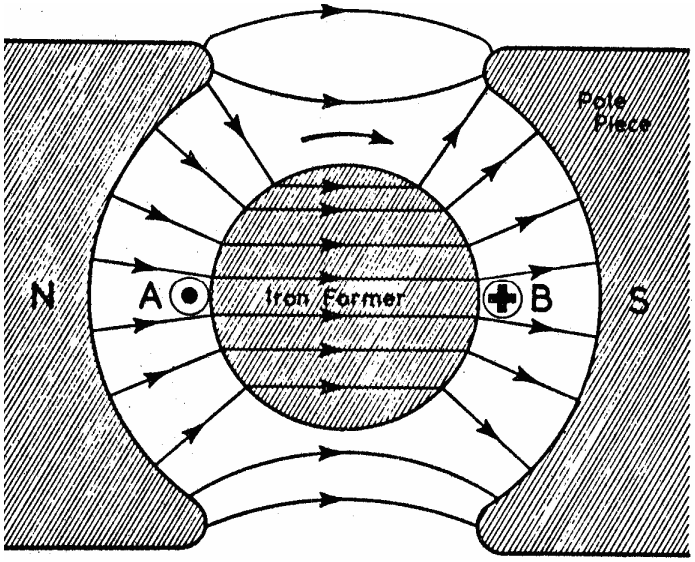
با وجود اینکه ولتاژ خروجی آرمیچر دو حلقه ای صاف تر از خروجی آرمیچر یک حلقه ای است ولی هنوز این ولتاژ به اندازه کافی ثابت و صاف نیست که برای دستگاههای الکتریکی بتوان از آن استفاده نمود. برای اینکه ولتاژ خروجی واقعاً صاف شود آرمیچر را با تعداد زیادی حلقه میسازند و بهمین ترتیب کلکتور هم به تعداد زیادی تیغه 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 (۱۵) تعداد کمی موجک خواهد داشت و می تواند برای تمام منظورهای عملی بعنوان ولتاژ ثابت و مستقیم بکار رود . ولتاژ القاء 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 .



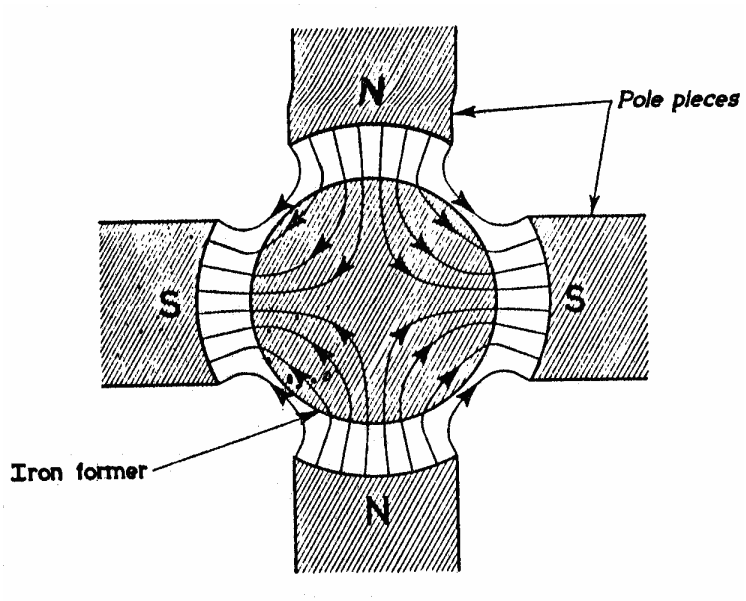
شکل (۱۵)

در ژنراتور ابتدائی حلقه آرمیچر در یک میدان یکنواختی دوران میکند. برای ایجاد این میدان یکنواخت در ژنراتورهای عملی از قطب های مقعر مانندشکل (۱۶) استفاده می شود و حلقه های آرمیچر بوسیله هسته آهنی حمل می شوند .

با بکاربردن بیش از یک جفت قطب مطابق شکل(۱۷)، می توان شار مغناطیسی را بیشتر و خطوط مغناطیسی یکنواخت تری بدست آورد. در عمل معمولاً از دو جفت قطب استفاده می شود ولی در ماشینهای بزرگ از تعداد بیشتری قطب استفاده می شود .



شکل (۱۶)



شکل (۱۷)

پرسشهای فصل اول :

۱- مقدار ولتاژ القایی در ژنراتورها به چه عواملی بستگی دارد؟

۲- جهت ولتاژ القا شده چگونه تعیین می شود؟

۳- کموتاسیون چیست؟

٤- نقش کلکتور در ولتاژ تولید شده چیست؟

فصل دوم

ژنراتورهای DC

اهداف آموزشی فصل دوم :

۱- شناخت ساختمان و اصول کار ژنراتورهای D.C

۲- شناخت جریانهای فوکو و روش کاهش آن

۳- آشنایی با انواع روشهای سیم بندی

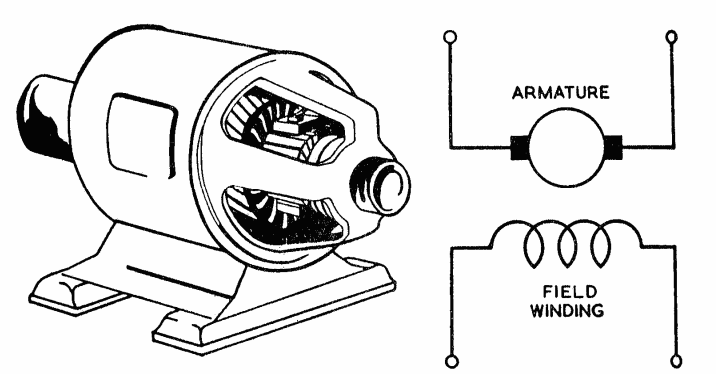
٤- شناخت انواع ژنراتورهای DC و مشخصه های آنها

۲-۱- ساختمان ژنراتورهای جریان مستقیم

اساس کار ژنراتورها و تئوری کار ژنراتورهای ابتدائی D.C , A.C در قسمت قبل مورد بحث قرار گرفت. دراین قسمت به بحث پیرامون ژنراتورهای حقیقی و ساختمان آنها خواهیم پرداخت .

ژنراتورها دارای اجزاء مختلفی می باشند . وقتی اجزاء اصلی و ساختمان ژنراتورا شناخته شد می توان در موقع لزوم به آسانی عیب های ژنراتور را پیدا کرده و آنرا تعمیر نمود .

تمام ژنراتورهای A.C و D.C دارای یک قسمت گردان و یک قسمت ثابت میباشند. در بیشتر ژنراتورهای D.C حلقه های آرمیچر روی قسمت گردان قرار گرفته اند که روی هم رفته به آن آرمیچرگفته می شود و حلقه های تولید کننده میدان در قسمت ثابت قرار دارند. ولی در بیشتر ماشینهای A.C عکس این مطلب وجود دارد یعنی میدان در قسمت گردان (روتور) و سیم بندی آرمیچر در قسمت ثابت (استاتور) قرار گرفته است. شکل (۱۸)

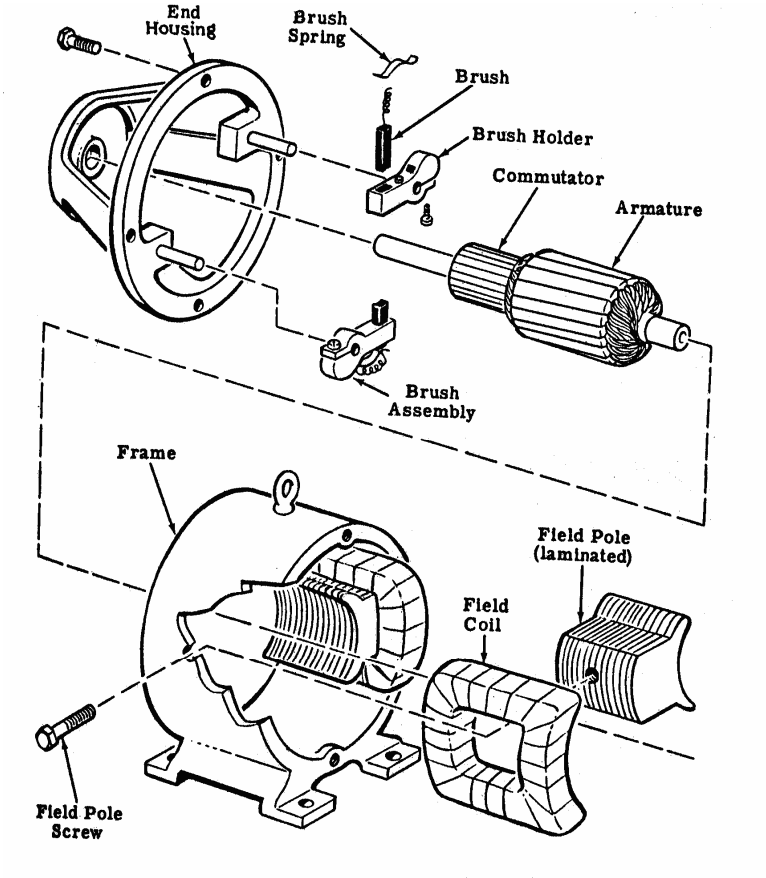


شکل (۱۸)

چون بین آرمیچر و سیم بندی میدان یک حرکت نسبی وجود دارد حلقه های آرمیچر خطوط شارمغناطیسی را قطع می کندو در نتیجه یک نیروی محرکه الکتریکی (نیروی الکتروموتوری) در حلقه های آرمیچر القاء شده و جریانی از مدار خواهد گذشت .

تمام ژنراتورها باید با ماشین های مکانیکی کوپل شوند تا انرژی مکانیکی لازم برای چرخاندن قسمت گردان فراهم گردد. این ماشین ها را محرک اولیه می گویند که ممکن است ماشینهای بخار، موتورها ویا سیستم توربینی که بوسیله احتراق ذغال سنگ، نفت یا آب کار کند باشد .

رابطه اجزای مختلف ژنراتورهای جریان مستقیم درشکل (۱۹) نشان داده شده است . همانطوریکه می بینید میدان در استاتور قرار گرفته و آرمیچر همراه با ذغالها در فضای بین قطب ها و دو انتهای قاب ژنراتور قرار گرفته است این اجزا در قسمتهای بعد بطور کامل تشریح خواهد شد .



شکل (۱۹)

قسمت های اصلی یک نوع ژنراتور D.C در شکل (۲۰) نشان داده شده است . که در ادامه وظایف هر کدام تشریح خواهد شد:

قاب اصلی :

این قسمت که بعضی اوقات YOKE هم خوانده می شود مثل ستون ماشین است و سایر قسمت های ماشین را نگهداری میکند. علاوه بر این، قاب اصلی باعث می شود که مدار مغناطیسی قطب ها کامل شود .

قطب ها :

قطب ها از صفحات نازک آهن یا فولاد تشکیل شده اند. این صفحات به یکدیگر متصل بوده و به داخل قاب ژنراتور پیچ شده اند . سیم پیچهای تولید کننده میدان بر روی قطب ها جای گرفته و قطب ها نگهدارنده آنها می باشند . هدف از مورق ساختن قطب ها کاهش جریانهای گردابی است که در اثر قرار گرفتن یک جسم آهنی در میدان مغناطیسی در حجم آن ایجاد می شود .

سیم بندی میدان :

وقتی سیم بندی میدان روی قطب ها قرار گرفت قطب های مغناطیسی بوجود می آیند که میدان لازم برای کارکردن ژنراتوررا تولید می کند . اغلب به مجموع سیم بندی و قطب ها میدان گفته می شود . سیم بندی از سیم های عایق تشکیل شده و بطور یکنواخت اطراف قطب ها پیچیده می شوند . جریانی که از این سیم بندی عبور میکند میدان مغناطیسی را تولید می کند .

ژنراتورها ممکن است دارای دو ویا چند قطب باشند. صرف نظر از تعداد قطب ها ، قطبهای متوالی همیشه مخالف هم هستند . سیم بندی ممکن است با آرمیچر به طورسری یا موازی یا شنت باشد .سیم بندی شنت دارای تعداد دور زیاد بوده واز سیمهای نازک تشکیل شده است.درحالیکه سیم بندی سری ازسیمی باتعدادحلقه های کم وضخیم ترساخته شده است .

نگهدارنده های بلبرینگ ها :

این قسمت ها در دو انتهای قاب اصلی قرارگرفته و بلبرینگ های آرمیچر را نگهداری میکند .

ذغال گیر :

این قسمت، ذغالها و سیم های اتصالشان را نگه میدارد . ذغالها بوسیله بست هائی به نگهدارنده بلبرینگ جلوئی محکم شده اند . در بعضی ژنراتورها ذغال گیرها میتوانند برای تنظیم در اطراف محور ژنراتور بگردند .

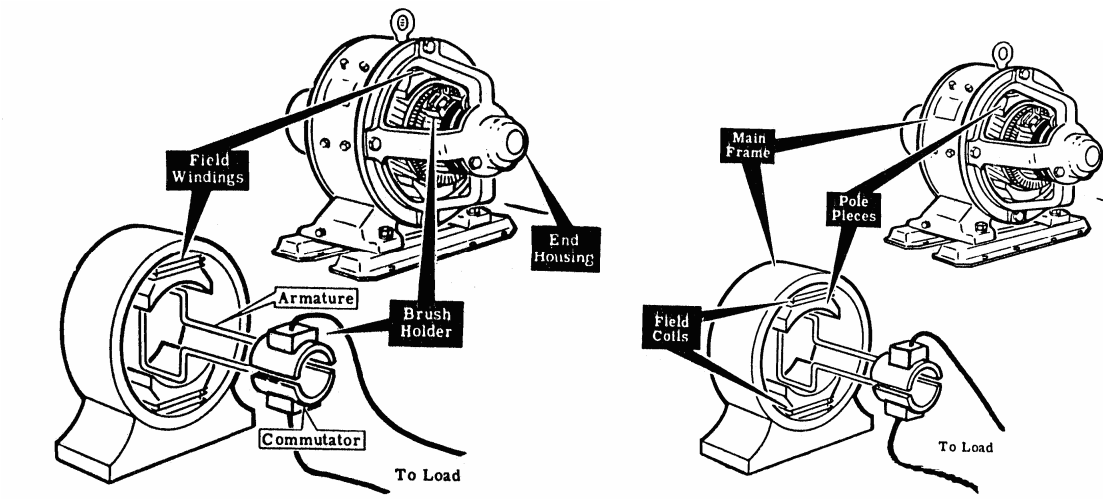
اجزاء آرمیچر :

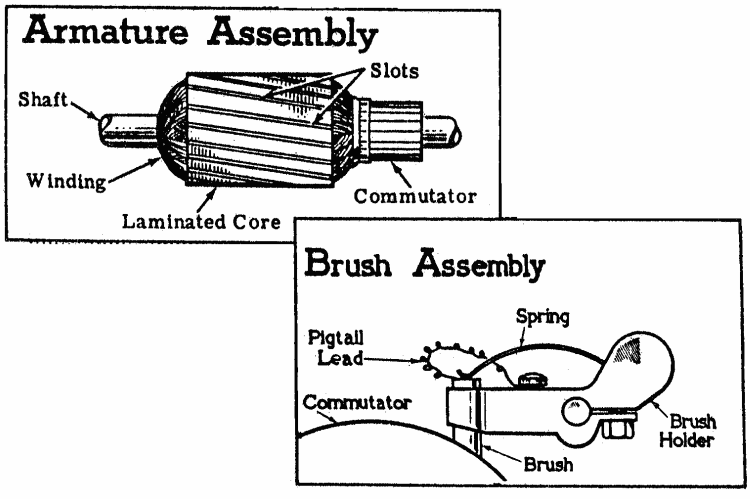
آرمیچر از شافت (محور) ، هسته فلزی ، سیم بندی آرمیچر و کلکتورتشکیل شده است . هسته آرمیچر مورق است و دارای شیارهایی است که سیم بندی آرمیچر در آن جای میگیرد . معمولاً سیم بندی آرمیچر را ابتدا به شکل مخصوص پیچیده بعد در شکاف های هسته جای میدهند .

کلکتور از تیغه های مسی که از یکدیگر و از محور بوسیله میکاعایق شده اند تشکیل شده است. تیغه ها بوسیله حلقه های نگهدارنده حفاظت می شوند تا در اثر چرخش کنده نشوند . همچنین شکاف های کوچکی در انتهای تیغه ها تعبیه شده است که سرهای سیم بندی آرمیچر به آن لحیم می شود . محور آرمیچر ، تمام اجزاء آرمیچر را نگهداری کرده و در دو سر آن دو بلیرینگ وجود دارد . بین هسته آرمیچر و قطب ها یک فاصله هوایی ناچیزی برای جلوگیری از اصطکاک موتور و قطعات به یکدیگر وجود دارد . فاصله هوائی باید خیلی کوچک باشد تا شدت میدان مغناطیسی همیشه ماگزیمم مقدار خود را داشته باشد و از قدرت موتور کاسته نشود .

ذغالها :

ذغالها بر روی کلکتور سوار بوده و ولتاژ تولید شده را به خارج میرساند . ذغالها از نوعی کربن مخصوص همراه با مواد دیگر که سختی لازم را به آن بدهد ساخته می شوند و بوسیله ذغال گیرها در جای خود نگهداری می شوند . ذغال ها می توانند در نگهدارنده های خود بالا و پائین شوند تا قادر باشند از ناهمواری های جزئی سطح کلکتور عبور کنند . یک سیم ضخیم هر یک از ذغالها را به مدار خارج وصل می کند.

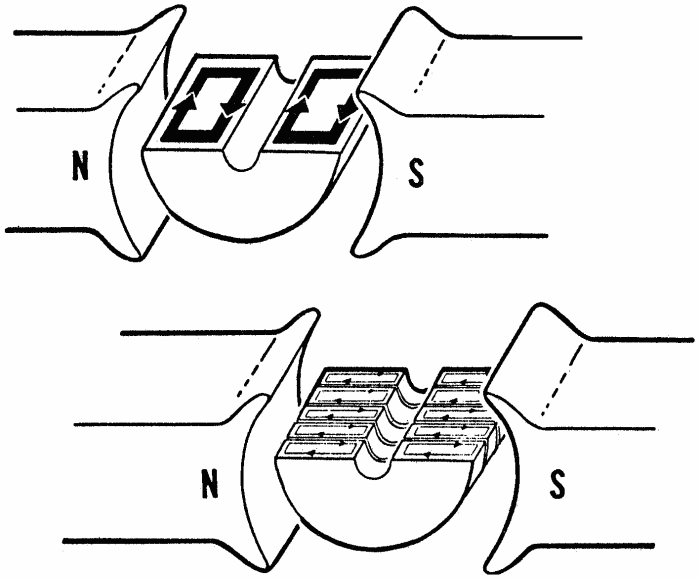




شکل (۲۰)

گفته شد که اگریک هادی میدان مغناطیسی را قطع کند در آن جریان القا می شود. اگر به جای سیم هادی یک جسم توپر فلزی میدان مغناطیسی را قطع کند در حجم آن جریان القا خواهد شد که به جریانهای گردابی معروفند و چون سطح مقطع جسم زیاد است بنابراین مقاومت کمی در مقابل عبور جریان نشان میدهد.

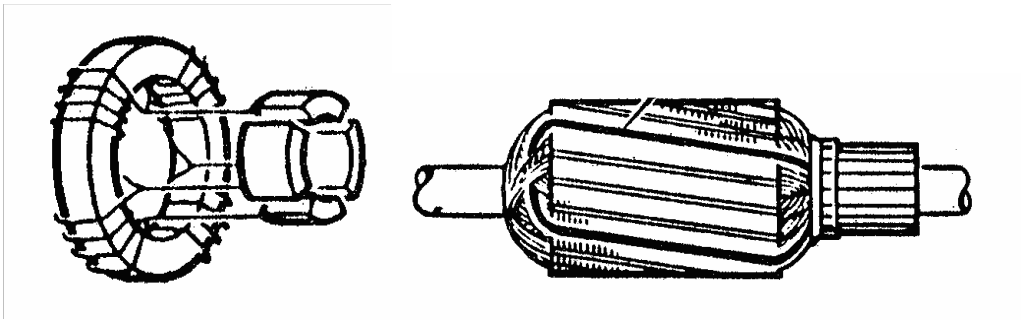
سیم های هادی در ژنراتورها و موتورها دور هسته فلزی سیم پیچی می شود حال وقتی هسته فلزی شروع به گردش کند جریان های گردابی در آن القاء خواهد شد. این پدیده درست شبیه القاء شدن جریان مفید در سیم های ژنراتور است با این تفاوت که جریانهای گردابی جریانهای تلف شده هستند و هسته آرمیچر را گرم کرده و در نتیجه راندمان ژنراتور را کاهش خواهد داد . جهت کاهش جریانهای گردابی ، هسته فلزی ژنراتورها و موتورها را از ورقهای نازک میسازند . این ورقها از یکدیگر عایق بوده و هیچ ارتباط الکتریکی با یکدیگر ندارند. در نتیجه مدار جریانهای گردابی محدود تر شده و از اثر آنها کاسته می شود . شکل (۲۱) اثر مورق کردن هسته فلزی در محدود کردن جریانهای گردابی را نشان می دهد .



شکل (۲۱)

۲-۲- انواع آرمیچر

آرمیچر هایی که در ژنراتورهای D.C بکار میروند به دو نوع حلقوی و استوانه ای تقسیم می شوند . این دو نوع در شکل (۲۲) نشان داده شده است. در نوع حلقوی کلافهای آرمیچر دور یک هسته فلزی حلقه ای شکل بطور حلزونی پیچیده شده است و دو سر هر کلاف به کلکتور وصل می شود. این نوع آرمیچر در گذشته برای ماشینهای الکتریکی طرح میشد ولی امروزه بندرت مورد استفاده قرار می گیرد .



نوع استوانه ای نوع حلقه ای

شکل (۲۲)

در داخل شیارهای هسته استوانه ای آرمیچر ، عایق قرار دارد . در بیشتر ژنراتورهای جریان مستقیم ابتدا حلقه های آرمیچر بوسیله ماشین مخصوص با تعداد دور صحیح و به شکل مرتب سیم پیچی شده و سپس حلقه را بصورت کلاف در شیارهای آرمیچر جا میدهند .

کلاف ها را طوری در شیارها قرار میدهند که دو ساق هر حلقه در زیر قطب های غیر همنام قرار بگیرند . در ماشین های دو قطبی ساق های هر حلقه در زیر قطب های مخالف قرار می گیرد و بنابراین ساقها برای همیشه بطور اتوماتیک در زیر قطب های مختلف خواهند بود . در ماشین چهار قطبی ساق های هر حلقه در یک چهارم محیط آرمیچر قرار می گیرند و دوباره ساق ها در زیر قطب های غیر همنام قرار خواهند گرفت .

۲-۳- انواع سیم بندی آرمیچر

سیم بندی آرمیچر استوانه ای به دو صورت موجی و حلقوی انجام می گردد. در سیم بندی حلقوی دو سر هر حلقه به دو تیغه مجاور هم کلکتور اتصال دارد در شکل (۲۳) این نوع سیم بندی برای یک ژنراتور چهار قطبی نشان داده شده است .

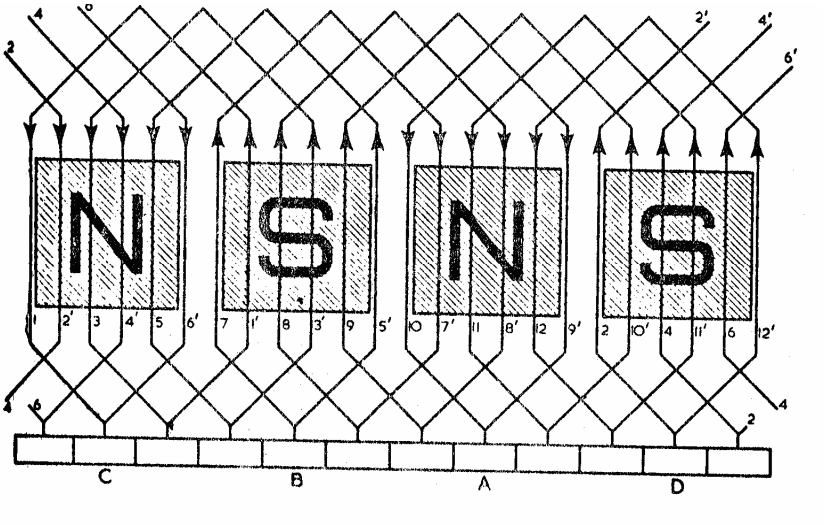
جهت نیروی الکتروموتوری در هر هادی و طریقه اتصال حلقه ها در سیم بندی حلقوی در دیاگرام شکل (۲٤)نشان داده شده است .

با توجه به این دیاگرام ملاحظه می شود که دردو نقطه یعنی نقطه A و نقطه C نیروی الکتروموتوری در دو هادی مجاور هم به یکدیگر میرسند. همچنین دو نقطه وجود دارد که نیروی الکتروموتوری در دو هادی مجاور هم از یکدیگر دور میشوند(نقاط B وD)

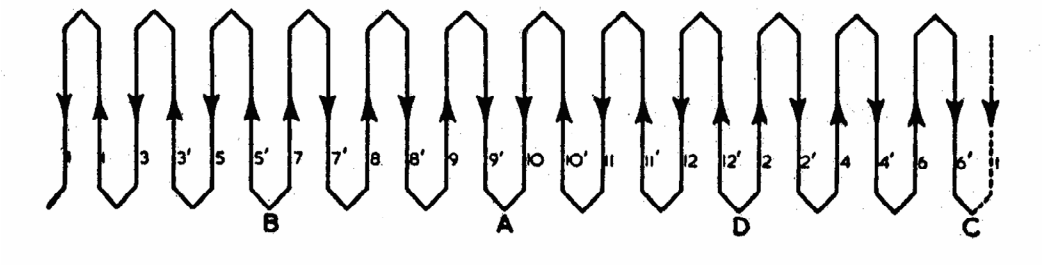
حال اگر ذغالها را در این نقاط قرار دهیم جریان آرمیچر از نقاط A , C خارج شده و در نقاط B , D وارد سیم بندی آرمیچر می شود .

می توانیم ذغالهایی را که دارای جهت یکسانی می باشند به یکدیگر وصل نمود. در اینصورت آرمیچر بطور مؤثر دارای چهار مسیر موازی جریان خواهد بود .

معمولاً در سیم بندی حلقوی مسیرهای موازی مساوی تعداد قطب ها می باشد. در نتیجه نیروی الکتروموتوری خروجی برابر نیروی الکتروموتوری خروجی هر یک از مسیرهای جریان می باشد. ولی جریان خروجی مساوی مجموع جریان های هر یک از مسیرهای سیم بندی می باشد . به این دلیل سیم بندی حلقوی در موارد یکه احتیاج به جریان زیاد است مورد استفاده قرار می گیرد .



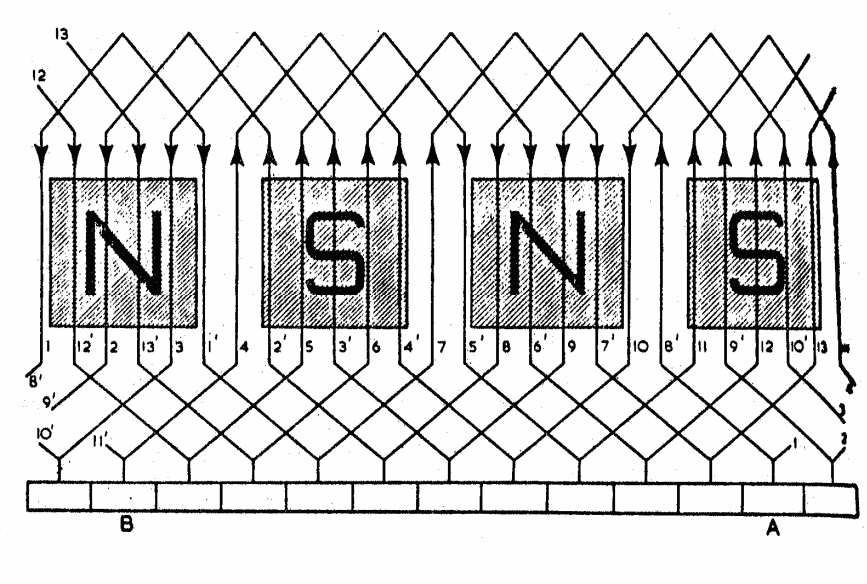
شکل (۲۳)



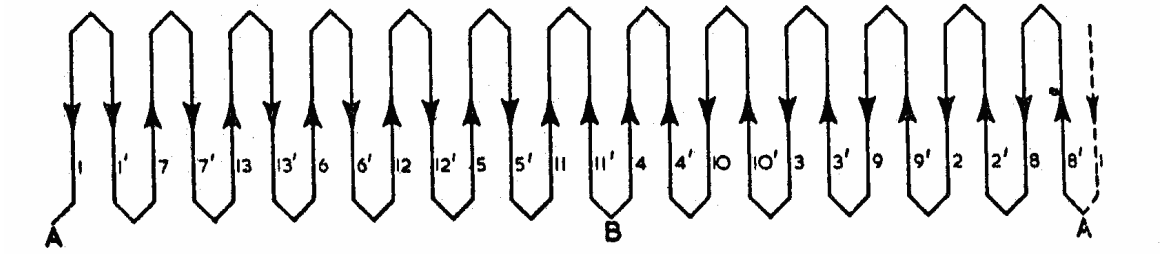
شکل (۲۴)

سیم بندی دیگری که در آرمیچر استوانه ای مورد استفاده قرار می گیرد سیم بندی موجی می باشد که در شکل (۲۵) نشان داده شده است. در این نوع سیم بندی نحوه اتصال سیم بندی طوریست که سیم بندی قبل از اینکه به قطبی که از آن شروع به حرکت کرده بود برگردد از زیر تمام قطب ها میگذرد .

طریقه اتصال حلقه ها در سیم بندی موجی در دیاگرام شکل (۲۶)نشان داده شده است . توجه دارید که در این نوع سیم بندی فقط دو مسیر موازی وجود دارد.



شکل (۲۵)



شکل (۲۶)

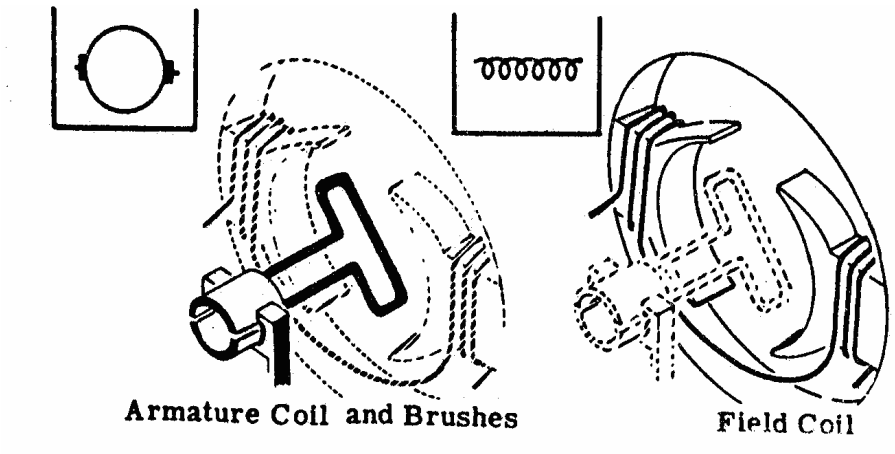
عموماً سیم بندی موجی فقط دارای دو مسیر موازی جریان است و صرفنظر از تعداد قطب ها فقط دو ذغال می تواند داشته باشد. نیروی الکتروموتوری قابل استفاده در یک سیم بندی موجی مساوی نیروی الکتروموتوری القاءِ شده در نصف تمام هادی های آرمیچر می باشد . به همین جهت سیم بندی موجی در مواردی که احتیاج به ولتاژ زیاد باشد بکار میرود . همچنین جریان داده شده به مدار خارج دو برابر جریان هر یک از هادی های آرمیچر می باشد .

۲-۴- انواع ژنراتورهای جریان مستقیم

برای تولید میدان مغناطیسی ثابت در ژنراتورها باید سیم پیچ های تولید کننده میدان به یک منبع ولتاژ جریان مستقیم (D.C) وصل شوند. جریان مستقیمی که از حلقه های میدان عبور می کند را جریان تحریک می گویند که ممکن است از یک منبع جداگانه D.C تأمین شود و یا از خروجی D.C خود ژنراتور استفاده شود.

اگر میدان توسط جریان منبع خارجی تأمین شود ژنراتور را تحریک جداگانه گویند و اگر قسمتی از خروجی خود ژنراتور برای تحریک میدان مورد استفاده قرار بگیرد آن را تحریک خودی گویند . در ژنراتورهای با تحریک خودی ممکن است سیم بندی میدان بطور سری (ژنراتور سری) یا موازی (ژنراتور شنت) و یا قسمتی سری و قسمتی موازی با آرمیچر قرار بگیرد (ژنراتور کمپوند).

شکل های نشان داده شده در زیر برای نشان دادن مدار آرمیچر و سیم بندی میدان در ژنراتورهای مختلف بکار میرود .

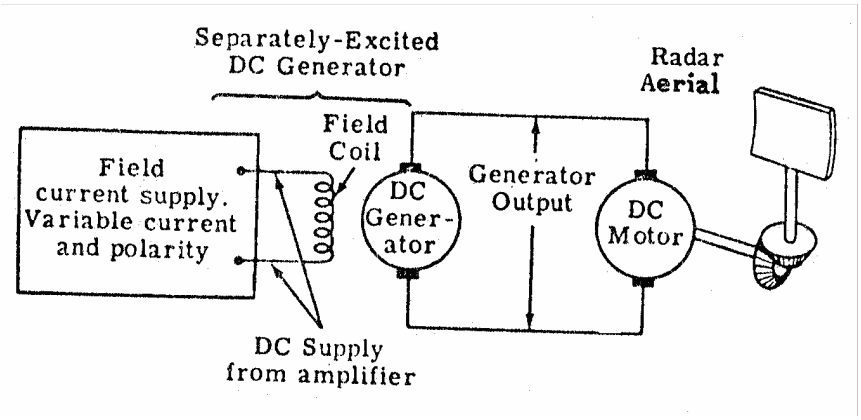


شکل (۲۷)

۲-۴-۱- ژنراتور جریان مستقیم با تحریک جداگانه

در ژنراتور جریان مستقیم با تحریک جداگانه میدان مستقل از آرمیچر است زیرا جریان میدان از یک ژنراتور (تحریک کننده) ویا باطری تأمین می شود . در ژنراتور تحریک جداگانه می توان خروجی ژنراتور را به راحتی کنترل کرد چون بایک تغییر جزئی و ناچیز در جریان تحریک تغییر بزرگی در جریان خروجی ژنراتور بوجود خواهد آمد .

ژنراتورهای تحریک جداگانه غالباً در سیستم های کنترل اتوماتیک موتورها بکار میرود. در این سیستم ها جریان خروجی تحریک میدان مطابق شکل (۲۸) بوسیله یک آمپلی فایر کنترل می شود و خروجی ژنراتور جریانی را که موتور را به کار میاندازد تأمین می کند.



شکل (۲۸)

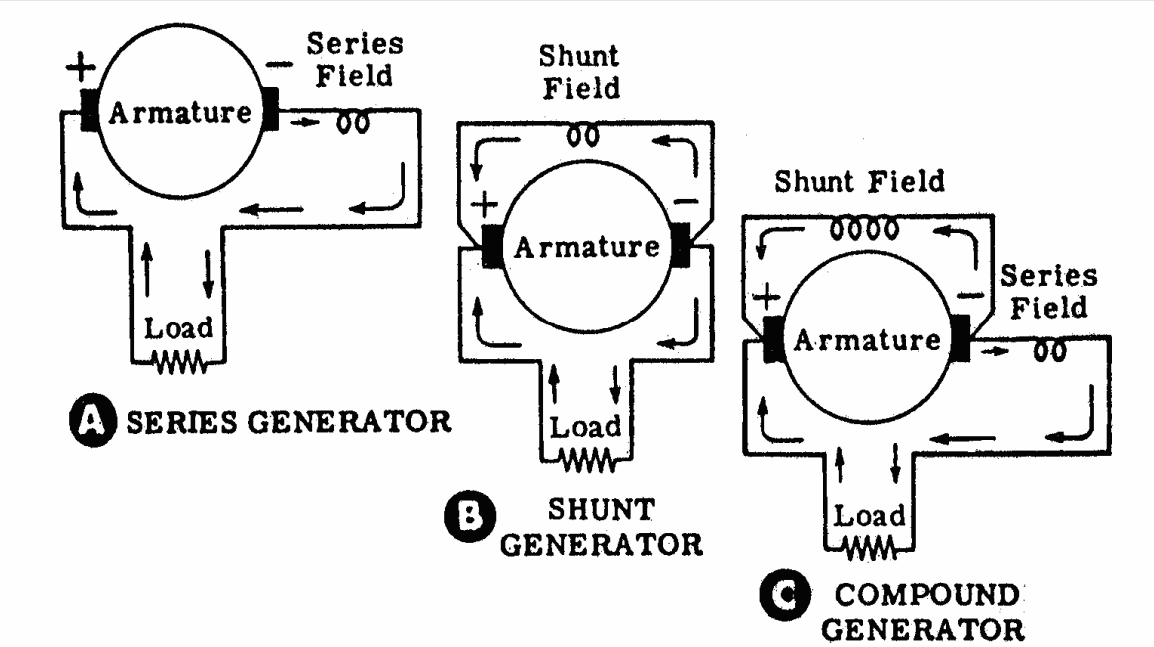
۲-۴-۲- ژنراتورهای جریان مستقیم با تحریک خودی

در ژنراتورهای جریان مستقیم با تحریک خودی از قسمتی از جریان خروجی ژنراتور برای جریان تحریک استفاده می کنند . این ژنراتورها بر حسب نوع اتصال میدانشان تقسیم بندی می شوند .

همانطور که از شکل (۲۹) مشاهده می گردد ، در ژنراتورهای سری سیم پیچ میدان با آرمیچر سری می باشد . بنابراین تمام جریان آرمیچر از سیم پیچی میدان و بار میگذرد . اگر ژنراتور به بار وصل نباشد مدار کامل نیست و جریانی برای تولید میدان وجود نخواهد داشت و در نتیجه ژنراتور کار نخواهد کرد. سیم پیچی میدان سری فقط دارای چند دور سیم ضخیم می باشد .

در ژنراتورهای شنت میدان ژنراتور با مدار آرمیچرموازی می باشد و فقط قسمت کوچکی از جریان آرمیچر از سیم پیچی میدان تحریک می گذرد. از آنجائیکه سیم پیچی میدان شنت با آرمیچر مداری را تشکیل می دهد و این مدار مستقل از بار است اگر باری هم در مدار نباشد، باز ژنراتور کار خواهد کرد . سیم پیچی میدان شنت از تعداد زیادی سیم نازک تشکیل شده است . شکل (۲۹)

ژنراتور کمپوند دارای یک سیم پیچ سری و یک سیم پیچ موازی بوده و تشکیل یک میدان سری- موازی میدهند . بنابراین روی هر یک از قطب ها دو سیم پیچی وجود دارد یکی مربوط به میدان سری ودیگری مربوط به میدان شنت. سیم پیچی میدان شنت بوسیله قسمتی از جریان آرمیچر تغذیه می شود در حالیکه تمام جریان بار از سیم پیچی میدان سری عبور می کند. بنابراین هر چه جریان بار اضافه شود شدت میدان سری هم بیشتر می شود.

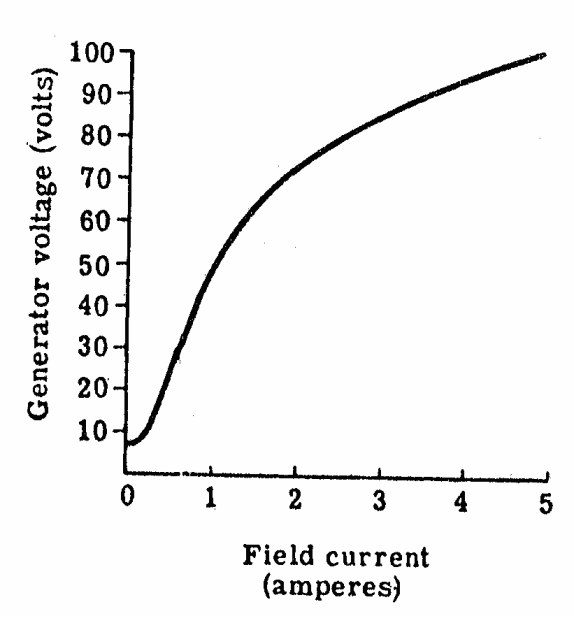


شکل (۲۹)

تقریباً تمام ژنراتورهای جریان مستقیم که برای روشنائی بکار میروند از نوع تحریک خودی می باشند که در آن ازجریان آرمیچر برای تولید میدان استفاده می شود. اما تا وقتی آرمیچر در میدان مغناطیسی نچرخد، هیچ جریانی در سیم بندی آن القاءِ نمی شود.سوال اینست که در موقعیکه ژنراتور می خواهد شروع بکار کند و هیچ جریان تحریکی در مدار نیست خروجی ژنراتور چگونه بوجود می آید ؟

چگونگی بوجود آمدن خروجی ژنراتور به این ترتیب است که بعلت خاصیت مغناطیسی فولادی که در ساختمان قطب های ژنراتور بکار رفته است، قطب ها مقداری خاصیت مغناطیسی در خود ذخیره می کنند که آنرا خاصیت پسماند مغناطیسی می گویند. این پسماندمغناطیسی یک میدان مغناطیسی ضعیف تولید می کند. وقتی آرمیچر شروع به چرخش می کند این میدان اگر چه خیلی کم است ولی باعث القای ولتاژ در سیم بندی آرمیچر می شود .این نیروی الکتروموتوری القاءِ شده جریانی در سیم پیچی میدان میفرستد که باعث تقویت میدان اصلی شده و میدان کلی را قوی تر می کند . قوی شدن میدان مغناطیسی باعث می شود که نیروی الکتروموتوری بیشتری در ژنراتور تولید شده و جریان گذرنده از سیم پیچی میدان زیاد شود .تا وقتی که ماشین به شدت مغناطیسی میدان نرمال خود برسد .

تمام ژنراتورهای سری تحریک خودی به این روش کار می کنند. زمان رسیدن ژنراتور به حالت دائمی اش بین ۵ تا ۳۰ ثانیه است. منحنی شکل (۳۰) نشان می دهد که چگونه ولتاژ و جریان میدان در ژنراتور شنت به مقدار نرمال خود میرسد .



شکل (۳۰)

بخاطر داشته باشید که خروجی یک ژنراتور، الکتریکی است و ژنراتور همیشه نیاز دارد که بوسیله یک محرک اولیه ای چرخانده شود . با این وجود زمان رسیدن به حالت دائمی در ژنراتورها به چرخش مکانیکی آن مربوط نیست بلکه به خروجی الکتریکی آن مربوط است .

بعضی اوقات ژنراتور نمی تواند به حالت دائمی خود برسد . وقتی این امر اتفاق بیافتد یکی از چند عیب زیر ممکن است وجود داشته باشد :

۱- ممکن است میدان مغناطیسی پس ماند خیلی کم و یا صفر باشد. در اینصورت برای تولید میدان اولیه مورد نیاز باید ژنراتور بوسیله یک منبع خارجی جریان مستقیم تحریک شود که این عمل را تقویت میدان پس ماند گویند .

۲- اگر جهت حرکت ژنراتور با جهت پسماند یکسان نباشد میدان اولیه بیشتر ضعیف شده و ژنراتور هیچگاه به حالت دائمی اش نخواهد رسید .

۳- درژنراتورهای شنت اغلب رئوستایی بطور سری با سیم پیچی میدان قرار می گیرد تا جریان میدان را کنترل کند . اگر این رئوستا در ابتدا مقاومت زیادی را به مدار اضافه کند جریان تحریک میدان خیلی کم خواهد بود و ژنراتور به حالت دائمی اش نخواهد رسید .

٤- بالاخره اگر مدار میدان در جائی قطع شده باشد ژنراتور به حالت دائمی اش نمی رسد که با پیدا کردن محل قطع شدن مدار عیب برطرف می شود .

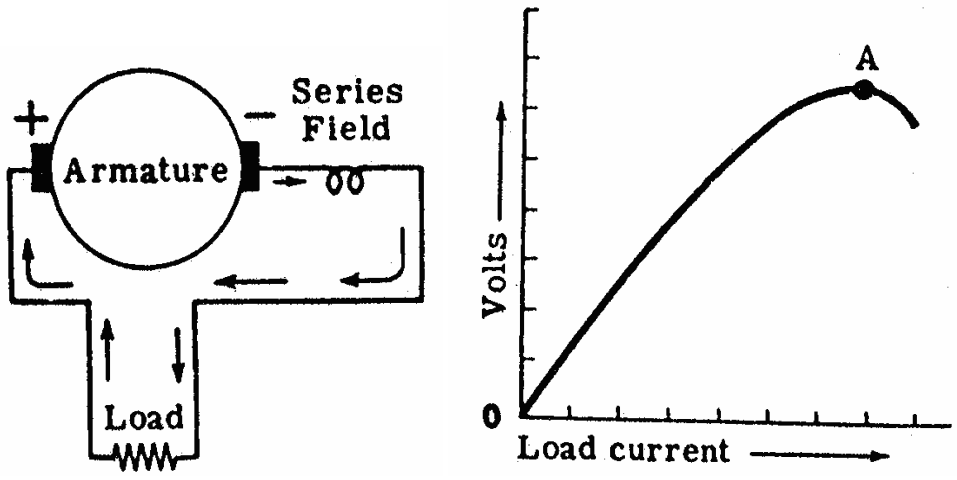
۲-۴-۲-۱- ژنراتورهای سری

در ژنراتور سری سیم پیچی میدان آرمیچر و مدار خارج بطور سری قرار دارند در نتیجه جریانی که از آرمیچر و مدار خارج می گذرد بطور یکسان از سیم پیچی میدان هم خواهد گذشت. چون جریان میدان که جریان بار نیز هست زیاد است. شدت میدان مغناطیسی مورد نیاز بستگی به تعداد دور های سیم پیچی میدان دارد.

شکل (۳۱) مدار یک ژنراتور سری را نشان می دهد. اگر باری در مدار وجود نداشته باشد جریانی هم در مدار نخواهیم داشت و بنابراین نیروی الکتروموتوری خیلی کمی در مدار القاءِ خواهد شد که مقدار آن بستگی به قدرت مغناطیسی پس ماند دارد. اگر باری در مدار باشد مدار آرمیچرو سیم پیچی میدان بسته خواهد شد و در مدار جریان برقرار خواهد شد و در نتیجه شدت میدان بمقدار اصلی خود خواهد رسیده و ولتاژ خروجی زیاد می شود. وقتی مقدار جریان بار زیاد شود شدت میدان مغناطیسی هم زیاد شده و ولتاژ بیشتری در سیم پیچی آرمیچر القا می شود .

با توجه به منحنی مشخصه شکل (۳۱) هر چه جریان بار اضافه شود ولتاژ بیشتری در آرمیچرتولید می شود. ولی وقتی جریان بار به مقدار معینی رسید (نقطه A) دیگر افزایش جریان بار باعث افزایش ولتاژ نمی شود چون در این حالت میدان مغناطیسی به حد اشباع خود رسیده است .

ژنراتورهای سری بعنوان یک ژنراتور معمولی مورد استفاده قرار نمی گیرد و بعلت اینکه ولتاژ خروجی آن به نسبت جریان آرمیچر تغییر می کند (تا قبل از رسیدن میدان به حالت اشباع در موارد بخصوص مورد استفاده قرار می گیرد .

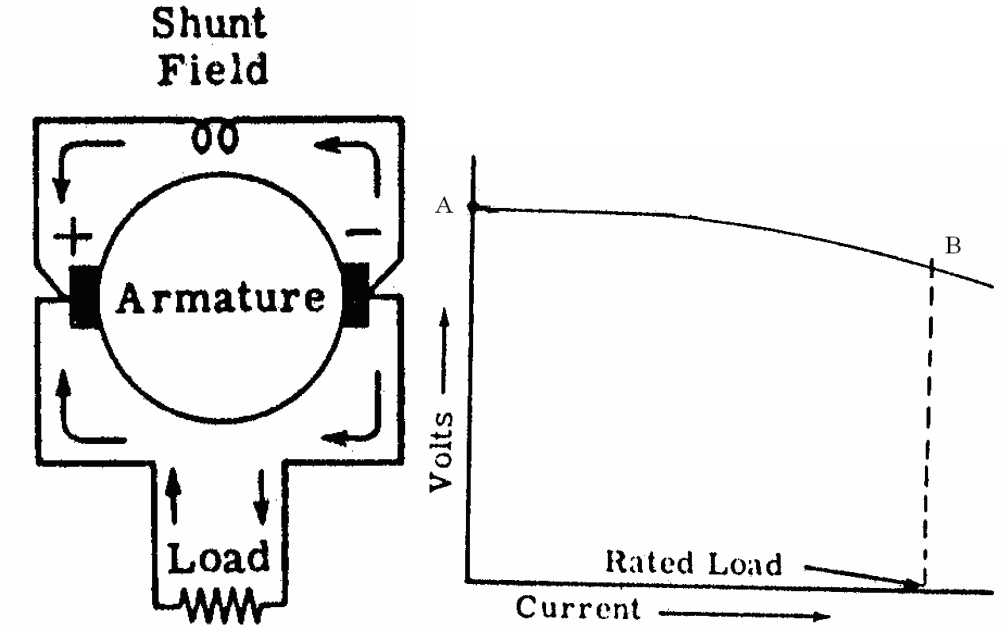


شکل (۳۱)

۲-۴-۲-۲- ژنراتورهای شنت

در ژنراتور شنت، سیم پیچ میدان بطور موازی با آرمیچر قرار دارد. بنابراین جریان گذرنده از سیم پیچی میدان به ولتاژ خروجی و مقاومت سیم پیچی میدان بستگی دارد . چون سیم پیچی میدان شنت دارای تعداد زیادی دور می باشد، نیاز به جریان کمی خواهد داشت تا میدان لازم را تولید کند .

وقتی یک ژنراتور شنت شروع به کار می کند مدت زمان بارگیری (مدت زمانیکه طول میکشد تا ژنراتور به حالت نرمال برسد) برای ولتاژ خروجی آن سریع است و اگر میدان خروجی باز باشد باز هم در سیم پیچی میدان جریان وجود خواهد داشت . وقتی بار و جریان بیشتری از آرمیچر بگذرد ولتاژ خروجی کم می شود. چون زیاد شدن افت ولتاژ آرمیچر، ولتاژ تولید شده را کم می کند. شکل (۳۲) دیاگرام شماتیک ژنراتور شنت و منحنی مشخصه آنرا نشان می دهد. توجه داشته باشید که در آن قسمتی که ژنراتور در حالت بی بار کار می کند یا در آن قسمتی که بار ژنراتور خیلی زیاد است (نقطه A تا B روی منحنی)، وقتی جریان زیاد می شود افت ولتاژ کم است . بنابراین ژنراتور شنت جایی بکار میرود که صرفنظر از تغییرات بار، ولتاژ ثابتی مورد نیاز باشد . اگر جریان کشیده شده از ژنراتور زیاد شود بطوریکه از نقطه B بیشتر شود ولتاژ خروجی شروع به کم شدن می کند تا جائیکه ممکن است صفر شود. ژنراتور شنت را می توان بوسیله رئوستایی که با سیم پیچی میدان بطور سری قرار گرفته است کنترل کرد .

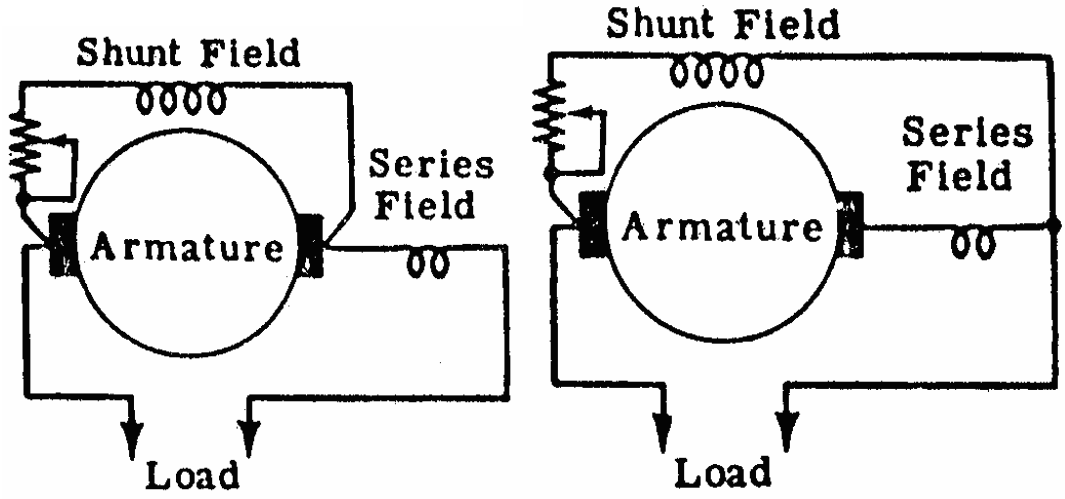


شکل (۳۲)

۲-۴-۲-۳- ژنراتور کمپوند

ژنراتور کمپوند از ترکیب ژنراتور شنت و سری تشکیل شده است و دارای دو نوع سیم پیچی میدان است که یکی بطورسری و دیگری موازی با آرمیچر قرار گرفته است . سیم پیچی شنت و سری روی قطب های ژنراتور اغلب روی هم قرار دارند .

اگر اتصال سیم پیچی میدان سری و شنت طوری باشد که همدیگر را تقویت کنند ژنراتور را کمپوند اضافی و اگر میدان سری مخالف میدان شنت باشد بطوریکه یکدیگر را تضعیف کنند ژنراتور را کمپوند کاهشی یا نقصانی می گویند . برحسب اینکه سیم پیچی میدان شنت با سیم پیچی میدان سری و آرمیچر موازی باشد و یا فقط با آرمیچر موازی باشد ژنراتور شنت بلند یا شنت کوتاه بدست می آید که در شکل (۳۳) نشان داده شده است . باید دانست که خصوصیات ژنراتور شنت بلند و شنت کوتاه عملاً یکسان است .



شنت کوتاه شنت بلند

شکل (۳۳)

ژنراتورهای کمپوند طوری طرح شده اند که افت ولتاژ خروجی را که در اثر زیاد شدن جریان بار در ژنراتور پیش می آید از بین ببرند . این افت ولتاژ در جائی مثل سیستم روشنائی که ولتاژ ثابت مورد نیاز باشدنا مطلوب است. برای جلوگیری ازاین افت ولتاژ، سیم پیچی سری را به ژنراتور شنت می افزایند تا میدان مغناطیسی کلی زیاد شود. در این حالت وقتی جریان بار زیاد می شود دیگر ولتاژ افت نخواهد کرد چون جریان بار ازسیم پیچی میدان سری هم می گذرد و هر چه جریان کشیده شده ار ژنراتور زیاد شود میدان مغناطیسی کلی هم زیاد می شود .

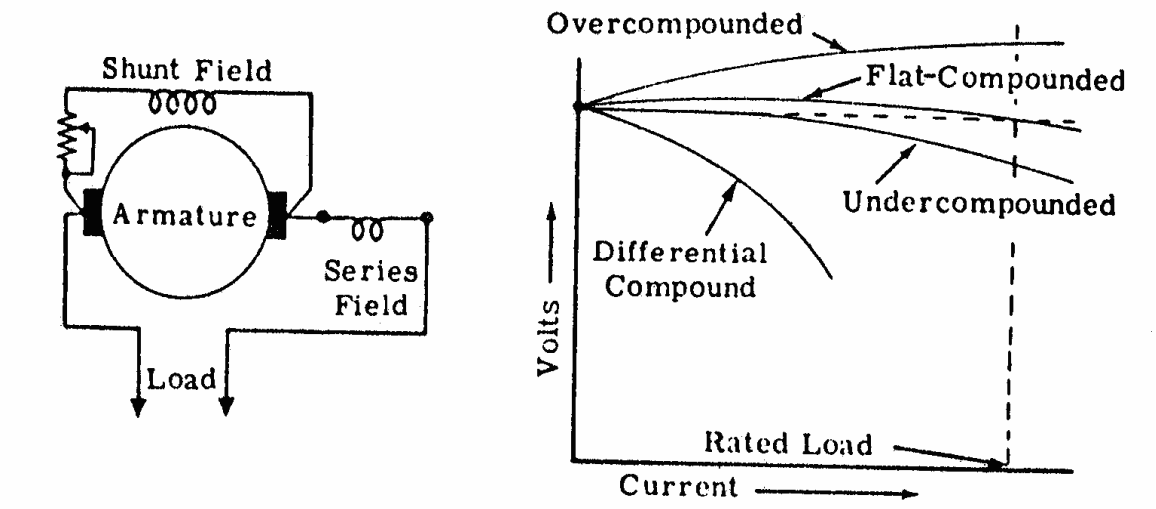
مشخصات ولتاژ خروجی یک ژنراتور کمپوند اضافی بستگی به نسبت دورهای سیم پیچی میدان شنت و سری دارد. اگر تعداد دورهای سیم پیچی میدان سری به اندازه ای باشد که ولتاژ خروجی برای تمام بارها عملاً ثابت باشد ژنراتور را کمپوند صاف می گویند . معمولاً در

این ماشین ها ولتاژ خروجی برای بار ماکزیمم مساوی ولتاژ موقعی است که هیچ باری در مدار نباشد. ولی ولتاژ خروجی برای بارهای متوسط کمی بالاتر از این مقدار است. ژنراتور کمپوند صاف برای ایجاد ولتاژ ثابت در باری که در فاصله کمی از ژنراتور باشد بکار میرود .

اگر تعداد دور سیم پیچ میدان سری طوری انتخاب شودکه ولتاژ خروجی ژنراتور برای باز ماکزیمم بیشتر از حالت بی باری باشد ژنراتور را فوق کمپوند می گویند . این نوع ژنراتور مواقعی بکار میرود که بار در فاصله دوری از ژنراتور واقع باشد چون اضافه شدن ولتاژ خروجی، افت ولتاژ در خطوط تغذیه را جبران می کند و بدینوسیله خروجی ثابتی به بار اعمال می شود . اگر تعداد دور سیم پیچی میدان شنت و سری طوری انتخاب شود که ولتاژ حالت بارداری کمتر از ولتاژ حالت بی باری شود ژنراتور را زیر کمپوند گویند . این ژنراتور به ندرت مورد استفاده قرار می گیرند . بیشتر ژنراتورهائیکه در عمل مورد استفاده قرار می گیرند از نوع کمپوند صاف می باشند .

ولتاژ خروجی ژنراتور های کمپوند را می توان مطابق شکل(۳۳) بوسیله رئوستای متغیری که بطور سری با میدان شنت قرار گرفته است کنترل کرد.

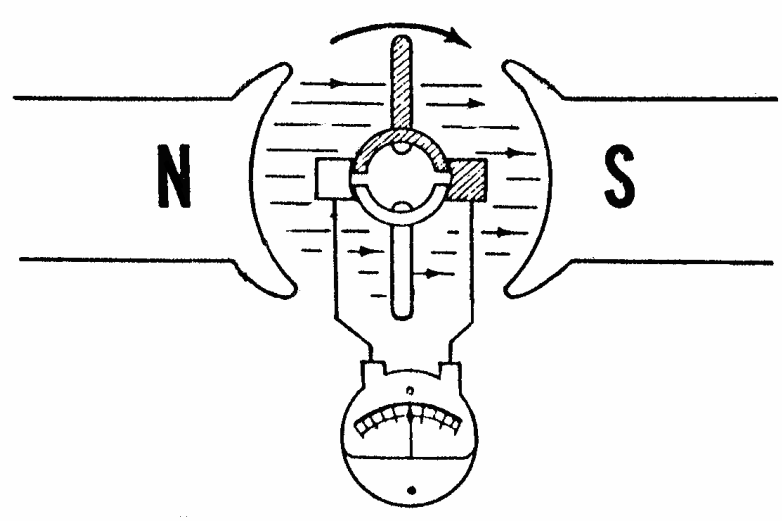
در ژنراتورهای کمپوند نقصانی، میدان شنت و سری بر خلاف یکدیگرند و یکدیگر را تضعیف می کنند در نتیجه میدان کلی ضعیف خواهد شد و با اضافه شدن جریان بار ولتاژ خروجی بسرعت کاهش می یابد . منحنی های مشخصه برای چهار نوع از ژنراتورهای کمپوند ذکر شده در شکل(۳٤) نشان داده شده است .



شکل (۳۴)

۲-۵- کموتاسیون

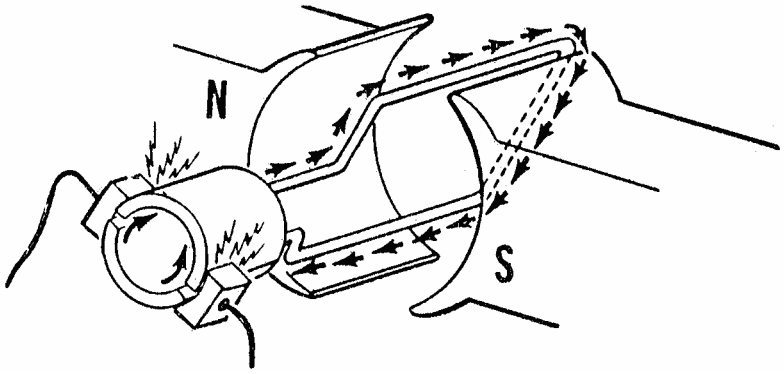
در بحث ژنراتور اولیه گفته شد که ذغالها مانند شکل (۳۵) طوری قرار گرفته اند که حلقه آرمیچر را در هنگامیکه میدان را قطع نمی کنند اتصال کوتاه کنند.در این لحظه هیچ جریانی در آرمیچر وجود نداردو در نتیجه هیچ جرقه ای در ذغالها که در حال لغزیدن از یک نیمه کلکتوربه نیمه دیگر هستند بوجود نمی آید .



شکل (۳۵)

اگر ذغالها مانند شکل (۳۶) از محل صحیح خود به اندازه چند درجه جابجا شوند، آرمیچر را موقعی اتصال کوتاه می کنند که در آن جریان وجود دارد و این جریان در ذغالها ایجاد جرقه می کند. این جریان اتصال کوتاه ممکن است به سیم پیچ زیان برساند ویا کلکتور را بسوزاند. وقتی هنگام کار ژنراتور جرقه تولید شود نشان می دهد عمل کموتاسیون به خوبی انجام نشده است. می توان با حرکت دادن ذغالها وقرار دادن آنها در محل صحیح خود کموتاسیون را بهبود بخشید.

ژنراتورهای جریان مستقیم موقعی با راندمان خوب کار می کنند که در لحظه ای که ذغالها حلقه را اتصال کوتاه می کنند صفحه سیم پیچ بطور قائم نسبت به میدان قرار داشته باشد. این صفحه عمود بر میدان را صفحه کموتاسیون می گویند. وقتی حلقه در این صفحه قرار بگیرد هیچ جریانی در آن وجود نخواهد داشت و ذغالها بدون تولید جرقه آنرا اتصال کوتاه می کند .

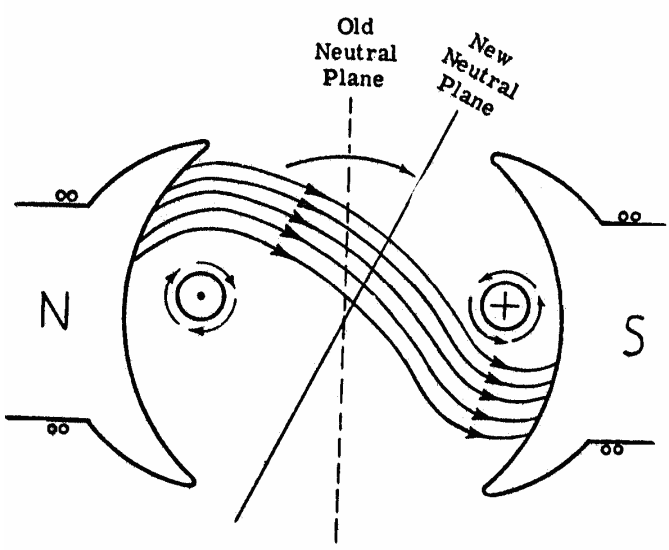


شکل (۳۶)

۲-۶- عکس العمل آرمیچر در ژنراتور

شکل (۳۷) آرمیچر را بصورت ساده با برشی قائم از سیم پیچهایش نشان می دهد. وقتی آرمیچردر جهت عقربه های ساعت میچرخد جهت جریان در سیمهای سمت چپ بطرف خارج از صفحه و جهت جریان در سیم های راست بطرف داخل صفحه خواهد بود که در شکل بصورت نقطه و ضرب در نشان داده شده است. جریان گذرنده از سیم ها در اطراف آن میدانی ایجاد می کند که جهت آن در شکل(۳۷) نشان داده شده است .

مشاهده می گردد که دو میدان وجود دارد . یکی میدان اصلی و دیگری میدان اطراف هر یک از سیم های آرمیچر. با توجه به شکل می بینید که میدان آرمیچر میدان اصلی را از شکل اولیه اش خارج می کند و صفحه کموتاسیون یا خط خنثی در جهت حرکت انتقال پیدا می کند.با توجه به اینکه ذغالها باید موقعیکه حلقه آرمیچر زیر خط خنثی قرار می گیرد آنرا اتصال کوتاه کنند اگر ذغال ها روی خط خنثای قبلی بمانند حلقه دارای ولتاژرا اتصال کوتاه می کنند و در نتیجه یک قوس الکتریکی بین ذغالها و کلکتور بوجود خواهد آمد .برای جلوگیری از این کار ذغالها باید بطرف خط خنثای جدید انتقال داده شوند



شکل (۳۷)

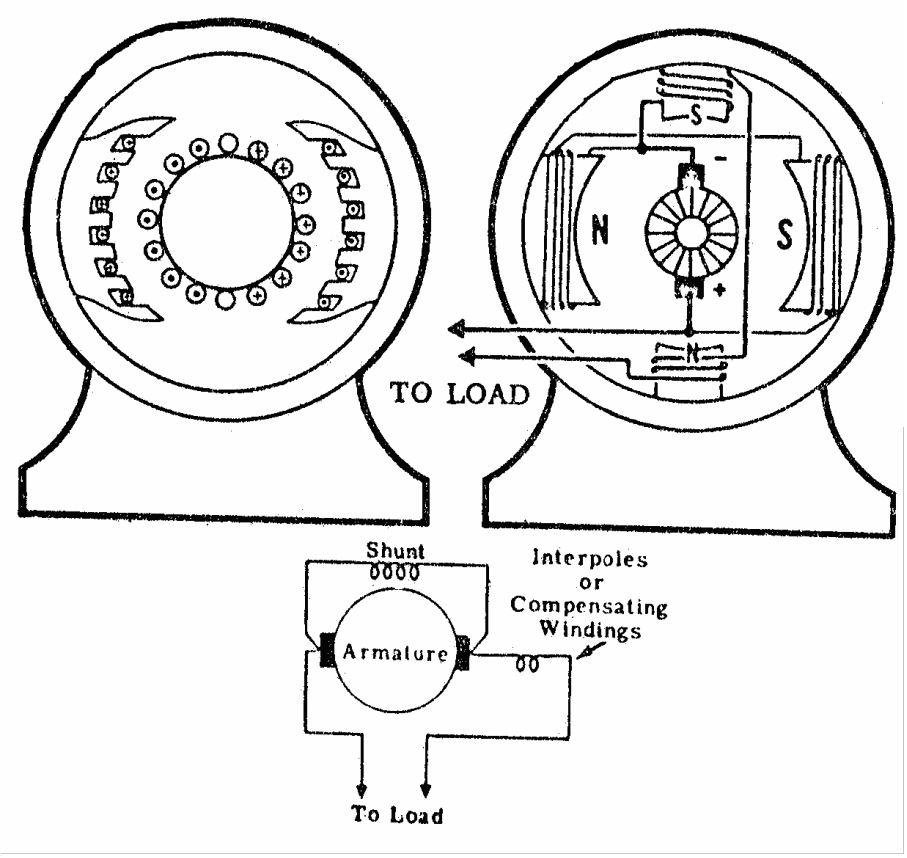
۲-۷- سیم پیچی جبران کننده و قطب های کمکی

عملاً ثابت شده است که تنها انتقال ذغالها بطرف خط خنثای جدید مشکل عکس العمل آرمیچر را بطور کامل حل نمی کند. چون اثر عکس العمل آرمیچر با جریان بار تغییر می کند و هرگاه جریان بار تغییر کند خط خنثی نیز انتقال پیدا کرده و باید محل ذغالها عوض شود .

در ماشینهای کوچک اثر عکس العمل آرمیچر بوسیله انتقال ذغالها کاهش می یابد ولی ماشینهای بزرگ احتیاج به روش بهتری برای خنثی کردن عکس العمل آرمیچردارند. یکی از این روشها استفاده از سیم پیچی جبران کننده و دیگری استفاده از قطب های کمکی می باشد .

سیم پیچی جبران کننده از تعدادی سیم که مانند شکل (۳۸) درون شکافهای قطب ها قرار گرفته اند تشکیل شده است. این سیم پیچ طوری با آرمیچر سری شده است که میدان حاصل از آن به ازای تمام مقادیر جریان آرمیچر اثر عکس العمل آرمیچر را از بین میبرد. در نتیجه خط خنثی ثابت خواهد ماند و یکبار که ذغالها بطور صحیح قرار گرفتند دیگر لازم نیست که دوباره حرکت داده شود .

روش دیگر برای کاهش اثر عکس العمل آرمیچر مانند شکل (۳۸) قراردادن قطب های کمکی در بین قطب های میدان اصلی می باشد. سیم پیچ قطب های کمکی دارای تعداد دور کم و از سیم ضخیم می باشد و بطور سری با آرمیچر قرار می گیرد . میدان تولید شده بوسیله قطب های کمکی به ازای تمام مقادیر جریان آرمیچر، اثر عکس العمل آرمیچر را حذف می کند . ضمن آنکه قطب های کمکی کموتاسیون را هم بهبود می بخشد .



شکل (۳۸)

پرسشهای فصل دوم :

۱- نقش سیم بندی میدان در ژنراتور DC چیست؟

۲- وظیفه ذغال گیرها در ژنراتور DC چیست؟

۳- جریان فوکوچیست وچگونه می توان مقدارآنرا در ماشینهای الکتریکی کاهش داد؟

٤- انواع آرمیچر را نام ببرید؟

۵- انواع سیم بندی آرمیچر را نام ببرید؟

۶- انواع ژنراتورهای DC را نام ببرید؟

۷- ژنراتورهای تحریک مستقل، شنت،سری و کمپوند هر کدام در چه مصارفی کاربرد دارد؟

۸- چرا بعضی اوقات ژنراتور نمی تواند به حالت دائمی خود برسد؟

۹- مشکل عمده ژنراتورهای سری چیست؟

۱۰- نقش سیم بندی جبران کننده در ماشینهای DC چیست؟

فصل سوم

موتورهای DC

اهداف آموزشی فصل سوم :

۱- شناخت اصول کار موتورهای الکتریکی
۲- آشنایی با روشهای معکوس کردن جهت گردش موتورهای DC
۳- شناخت روشهای راه اندازی موتورها
٤- آشنایی با انواع موتورهای DC و موارد کاربرد آنها
۵- شناخت روشهای کنترل سرعت موتورهای DC

۳-۱- اصول کار موتورهای الکتریکی

در ژنراتورها انرژی مکانیکی آرمیچر را می چرخاند و گردش آرمیچر توان الکتریکی تولید می کند. ولی در موتورها قدرت الکتریکی ، آرمیچر را وادار به گردش می کند .بنابراین ژنراتورها انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند ولی موتورها انرژی الکتریکی را به مکانیکی تبدیل می کنند .

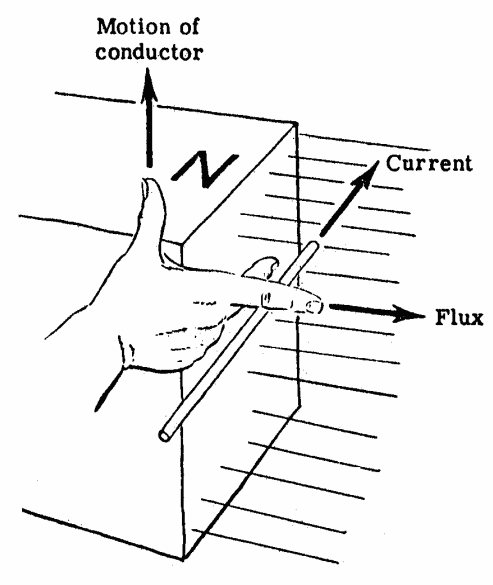
دو دانشمند قرن نوزدهم هنریخ لنز از آلمان و سرجان آمپر وفلمینگ از انگلستان که سالها در مورد موتورهای جریان مستقیم تحقیق کرده اند مطالبی را کشف کرده اند که بیان این مطالب درک اصول اساسی موتورها را تسهیل می بخشد.

وقتی یک هادی در حال حرکت خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند یک نیروی الکتروموتوری در آن القاءِ خواهد شد. جهت این ولتاژ و جهت جریان ناشی از آن اگر هادی 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 به آن قانون لنز گفته می شود .

فلمینگ روش مشخص کردن جهت گردش یک موتور را با معلوم بودن جهت جریان 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 این رابطه توسط قانون دست راست برای موتورها مشخص می گردد که به صورت زیر بیان می شود.

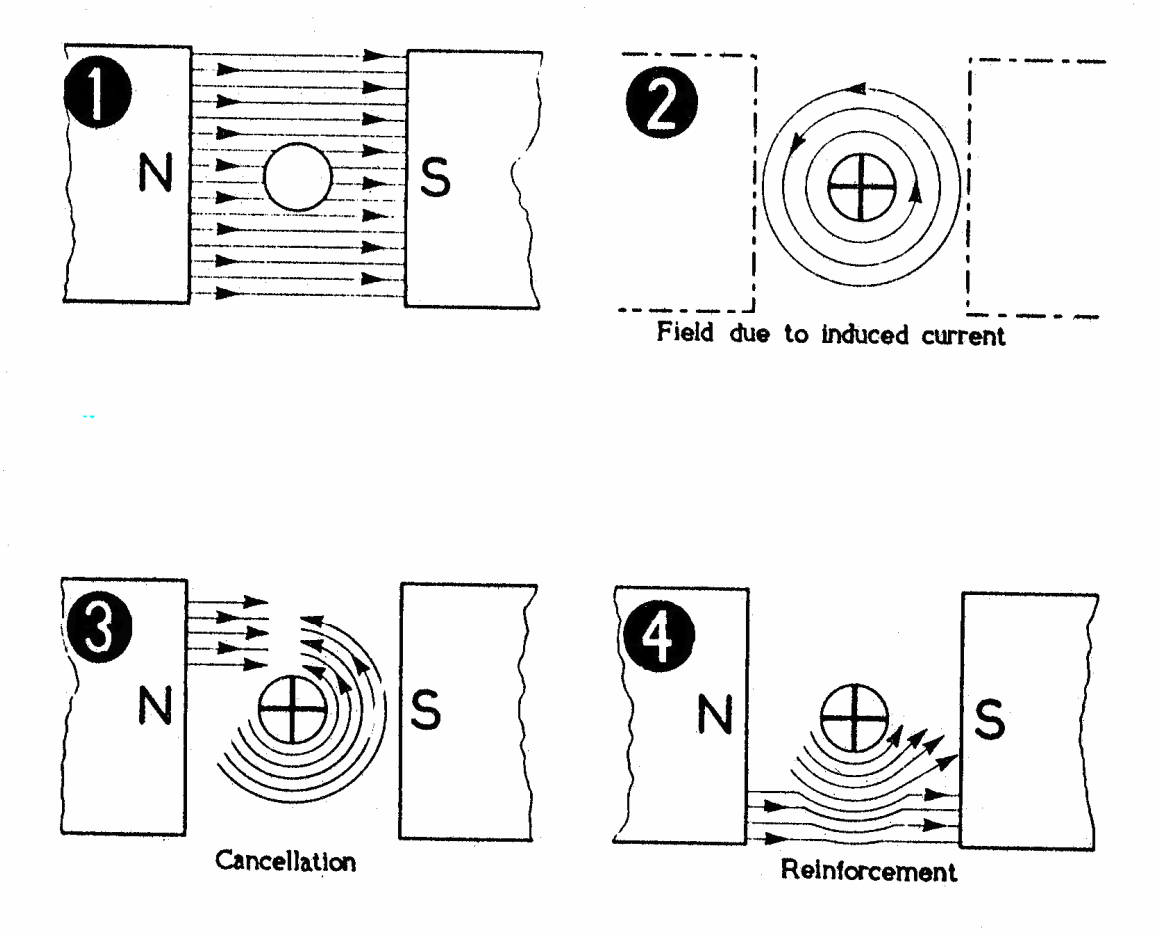
اگر انگشت شست و انگشت نشان و انگشت سوم دست راست مانند شکل(۳۹)نسبت به هم با زاویه ۹۰ درجه قرار بگیرند و انگشت نشان در جهت شار مغناطیسی (جهت میدان مغناطیسی) و انگشت سوم درجهت جریان گذرنده ازهادی باشد انگشت شست جهت حرکت هادی را نشان خواهد داد . بدیهی است که اگر جهت میدان مغناطیسی معلوم نباشد ولی جهت حرکت 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 القاءِ شده در ژنراتورها این قاعده را کشف کرد.



شکل (۳۹)

عبور جریان از یک هادی باعث می شود که یک میدان مغناطیسی مانند شکل(۲-٤۰)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 (۳-٤۰) دو میدان مغناطیسی مخالف یکدیگرندو یکدیگر را حذف خواهند کرد در نتیجه یک میدان مغناطیسی ضعیف در بالای هادی بوجود خواهد آمد . شکل(٤-٤۰) 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 (۴۰)

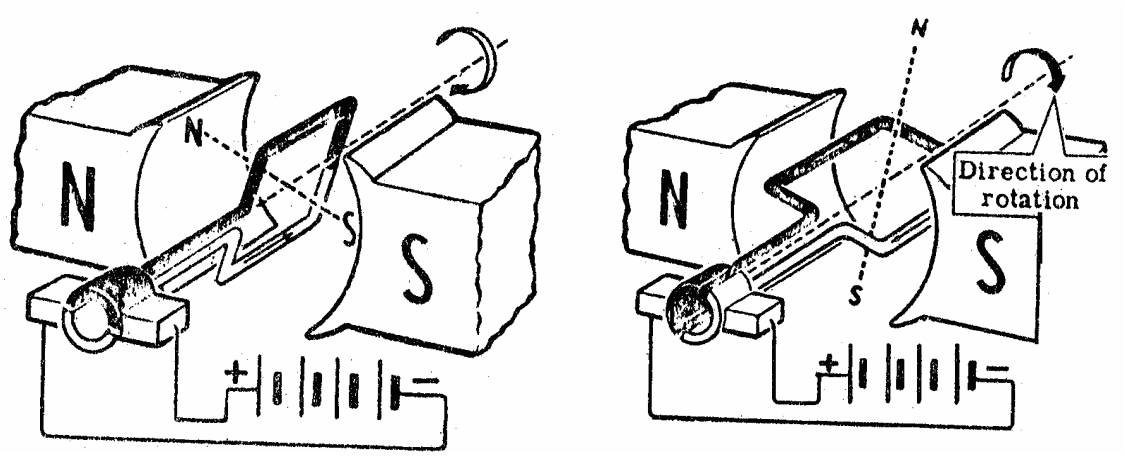
بخاطر داشته باشید که خطوط میدان مغناطیسی مایلند یکدیگر را دفع کنند همچنین خطوط مغناطیسی نشان داده شده در زیر هادی شکل فوق در حالت دفع هادی ، میدان مغناطیسی آهنربا را قطع کرده و در نتیجه یک نیروی الکتروموتوری در هادی القاءِ می شود که جهت این نیروی الکتروموتوری طبق قانون لنز طوری است که با حرکت عامل بوجود 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 (٤١) 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 (٤١- 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 (٤١- 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 .

۳۰ درجه بعد از حالت شکل (٤١- ب) حلقه به حالت شکل (٤١- ج) می رسد. حالا شرایط نظیر حالت شکل (٤١- ب) است و دوباره کموتاسیون اتفاق می افتد و حلقه به حرکت خود ادامه می دهد .



الف ب

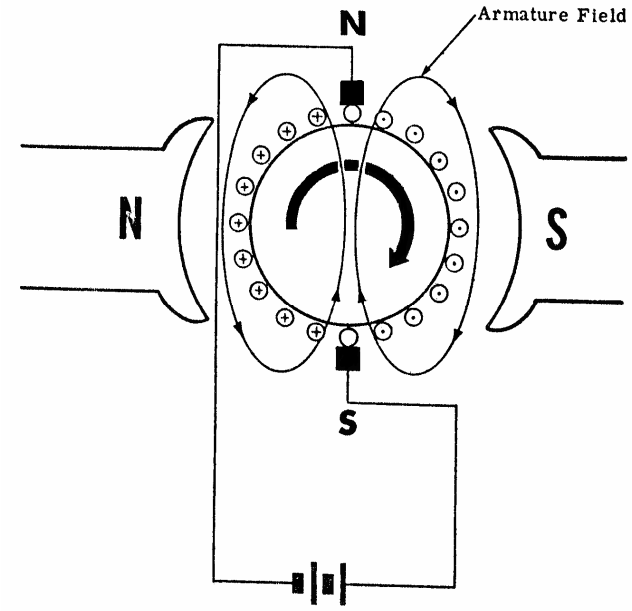
ج

شکل (۴۱)

۳-۲- عملکرد کلکتور در موتورهای جریان مستقیم

در موتورهای مستقیم نیز کلکتور نقش مهمی دارد. کلکتور باعث می شود در لحظاتی که قطبهای همنام مقابل یکدیگرند جهت جریان گذرنده از حلقه معکوس شود. این عمل باعث می شود که جهت میدان مغناطیسی حلقه هم برعکس شود. در نتیجه قطبها به عوض اینکه یکدیگر را جذب کنند، یکدیگر دفع خواهند کرد و حلقه به گردش خود ادامه خواهد داد.

در آرمیچریکه تعداد حلقه های آن زیاد باشد، سیم پیچی آرمیچر مانند حلقه ای عمل خواهد کرد که محور آن عمود بر میدان مغناطیسی اصلی باشد و دارای جهتی است که در شکل (٤٢) نشان داده شده است . قطب شمال میدان آرمیچر بوسیله قطب جنوب میدان اصلی جذب می شود. این جذب شدن یک نیروی چرخش روی آرمیچر اعمال می کند که آرمیچر را در جهت عقربه های ساعت میچرخاند . به این ترتیب زیاد بودن تعداد حلقه ها، یک گشتاور با نیروی چرخشی ثابت روی آرمیچر برقرار می کند.



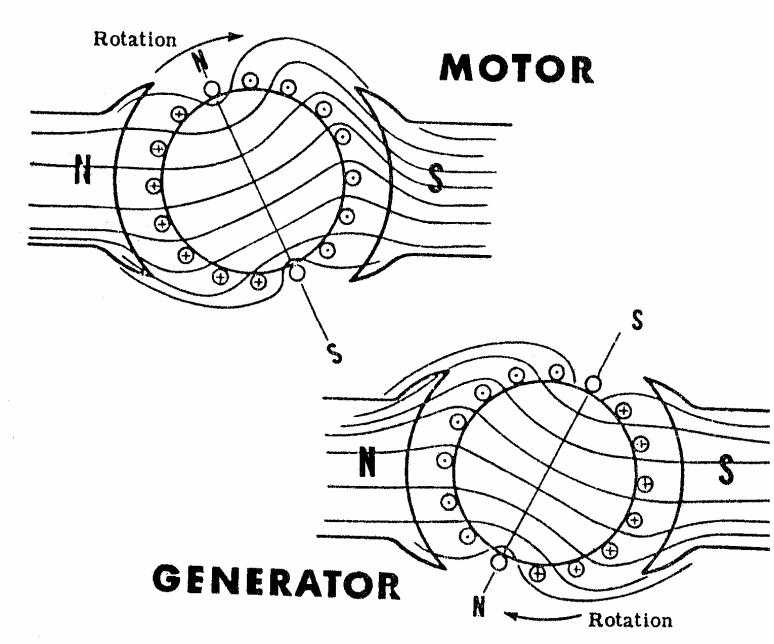
شکل (۴۲)

۳-۳- عکس العمل آرمیچر در موتور

بعلت عبور جریان از آرمیچرموتور، یک میدان مغناطیسی در اطراف حلقه های آرمیچر تولید خواهد شد. این میدان مغناطیسی باعث انحراف میدان مغناطیسی اصلی می شود .به عبارت دیگر در موتور نیز درست نظیر آنچه در ژنراتورها وجود داشت، عکس العمل آرمیچر وجود خواهد داشت با این تفاوت که جهت انحراف میدان مغناطیسی اصلی مربوط به عکس

العمل آرمیچر مانند شکل(٤٣) برعکس ژنراتورهاست . در موتورها عکس العمل آرمیچر خط خنثی را در خلاف گردش آرمیچر انتقال می دهد .

برای جبران عکس العمل آرمیچردر یک موتور باید جاروها را بطرف عقب انتقال داد تا میزان جرقه مینیمم شود. در این حالت حلقه ها موقعی بوسیله ذغالها اتصال کوتاه می شوند که در زیر خط خنثی قرار گرفته و هیچ نیروی الکتروموتوری در آنها وجود نداشته باشد . همچنین نظیر آنچه در مورد ژنراتورها گفته شد میتوان با استفاده از سیم پیچی جبران کننده و قطب های کمکی عکس العمل آرمیچر را از بین برد.



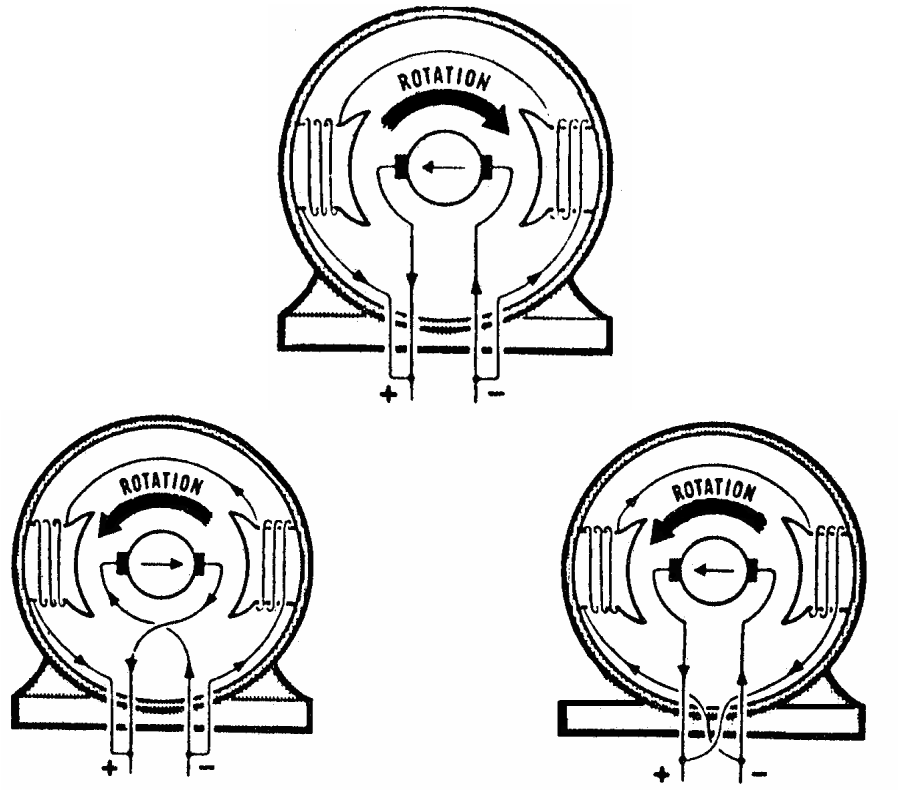
شکل (۴۳)

۳-۴- معکوس کردن جهت گردش موتور

جهت گردش موتور بستگی به جهت میدان و جهت جریانیکه از آرمیچر می گذرد دارد. میدانیم ،اگر جریانی از یک هادی بگذرد در اطراف آن یک میدان مغناطیسی ایجاد میکند . جهت این میدان بستگی به جهت جریانی که از آن می گذرد دارد. اگر این هادی در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، بعلت اثر متقابلی که دو میدان رویهم دارند، نیرویی به هادی اعمال خواهد شد که این نیرو باعث حرکت هادی می شود. در مورد آرمیچر هم وضع به همین ترتیب است. حال اگر جهت میدان و یا جهت جریان گذرنده از آرمیچر معکوس شود، جهت گردش آرمیچر هم عکس خواهد شد. اما اگر دو عامل فوق در یک زمان با هم عوض شوند جهت گردش آرمیچر تغییر نخواهد کرد .

معمولاً موتورهائیکه در عمل مورد استفاده قرار می گیرند طوری طراحی می شوند که در جهت ثابتی بچرخند. ولی بعضی اوقات لازم است جهت گردش موتور عوض شود. بخاطر بسپارید که برای انجام این کار باید اتصال آرمیچر و یا میدان را برعکس کنید نه اینکه هر دو را عوض کنید .

در کارخانه ها برای معکوس کردن جهت گردش ماشین های بزرگ از وسایل مخصوصی استفاده می کنند که به سادگی این کار را انجام می دهد .



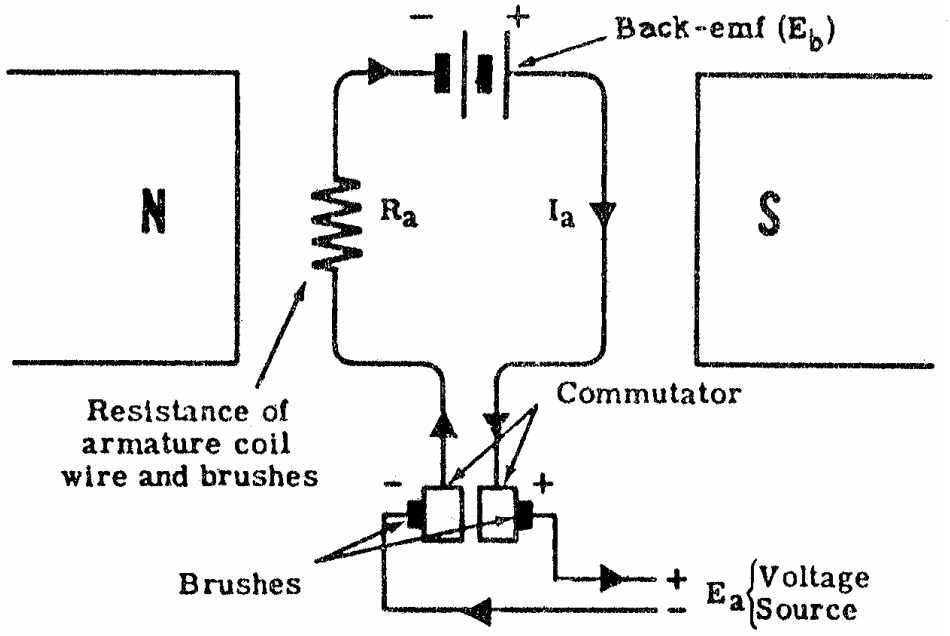
معکوس کردن اتصال میدان معکوس کردن اتصال آرمیچر

شکل (۴۴)

۳-۵- نیروی ضد الکتروموتوری

بیاد داشته باشید که در یک موتور جریان مستقیم چون آرمیچر میگردد حلقه های آرمیچر، میدان مغناطیسی را قطع می کنند و بدینوسیله نیروی الکتروموتوری یا ولتاژ در این حلقه ها القاءِ می شود . چون این ولتاژ القاءِ شده با ولتاژ اعمال شده با موتور مخالفت می کند آنرا نیروی ضد الکتروموتوری می گویند . نیروی ضد الکتروموتوری به همان عواملی بستگی دارد که نیروی الکتروموتوری القاءِ شده در ژنراتور بستگی دارد. یعنی سرعت، جهت گردش و شدت میدان مغناطیسی،

هر چه میدان قوی تر و سرعت گردش بیشتر شود نیروی ضد الکتروموتوری بیشتر خواهد شد. اما نیروی ضد الکتروموتوری بعلت افت ولتاژ درونی که در اثر مقاومت سیم پیچهای آرمیچر ایجاد می شود، کمتر از ولتاژ اعمال شده به موتور است. در شکل (٤٥) نیروی ضد الکتروموتوری بصورت یک باطری فرضی که با ولتاژ اعمال شده مخالفت می کند نشان داده شده است .



شکل (۴۵)

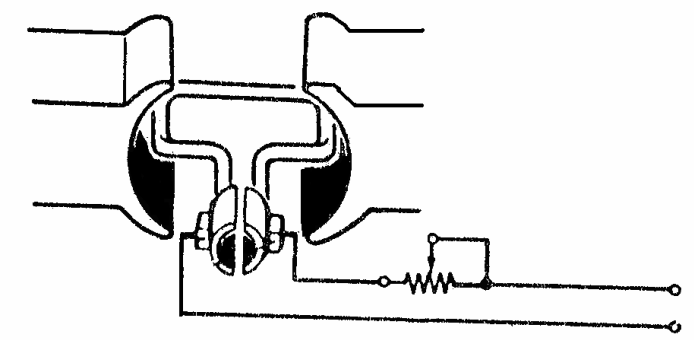
آنچه حقیقتاً باعث عبور جریان از حلقه های آرمیچر می شود اختلاف بین ولتاژ اعمال شده (Ea) و نیروی ضدالکتروموتوری (Eb) است بنابراین ولتاژ Ea–Eb ولتاژ واقعی مؤثر روی آرمیچراست و این ولتاژ مؤثراست که مقدارجریان گذرنده از آرمیچر را تعیین می کند .

مقاومت آرمیچر موتورهای جریان مستقیم خیلی کم است(معمولاً کمتر از یک اهم) بنابراین اگر این مقاومت به تنهایی سر راه جریان آرمیچر باشد جریان گذرنده از آرمیچر خیلی زیاد می شود. بعنوان مثال اگر مقاومت آرمیچر یک اهم باشد و ولتاژ اعمال شده ۲۳۰ ولت باشد برطبق قانون اهم جریان گذرنده از آرمیچر برابر ۲۳۰ آمپرخواهد شد . این جریان خیلی زیاد است و در صورت عبور از آرمیچر آنرا خواهد سوخت .

اما نیروی ضد الکتروموتوری در جهت مخالف ولتاژ اعمال شده است و بنابراین مقدار جریانی را که می خواهد از آرمیچر بگذرد محدود می کند . مثلاً اگر نیروی ضد الکتروموتوری ۲۲۰ ولت باشد ولتاژ مؤثری که روی آرمیچر اعمال می شود اختلاف بین ولتاژ

ورودی و نیروی ضد الکتروموتوری یعنی ۱۰ولت است و در نتیجه جریان آرمیچر فقط ۱۰ آمپر می شود .

در موقع راه اندازی، نیروی ضد الکتروموتوری ناچیز بوده ونمی تواند جریان آرمیچر را محدود کند. برای جلوگیری از سوختن آرمیچر در این حالت یک مقاومت موقت که مقاومت راه انداز خوانده می شود مانند شکل (۴۶) بطور سری با آرمیچر قرار می گیرد تا جریان آرمیچر را محدود نماید. وقتی موتور سرعت گرفت نیروی الکتروموتوری نیز زیاد شده وباید مقاومت راه انداز را بطور پله ای از مدار خارج کرد.



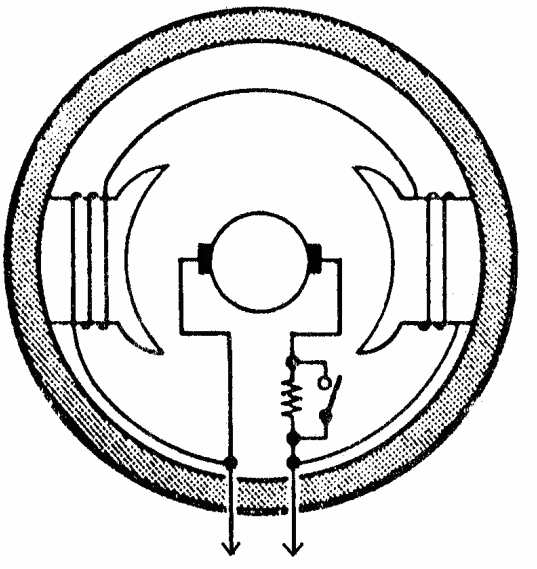
شکل (۴۶)

۳-۶- موتورهای شنت

گشتاور قابل استفاده در یک موتور ، به علت نیرویی است که از اثر متقابل میدان مغناطیسی اطراف حلقه های آرمیچر و میدان اصلی می باشد. بنابراین مقدار آن بستگی به شدت میدان مغناطیسی اصلی و میدان ناشی از جریان آرمیچر دارد وبا تغییر آنها گشتاور هم تغییر خواهد کرد. همانطور که در شکل(۴۷) نشان داده شده است در موتورهای شنت، میدان اصلی بطور موازی با منبع ولتاژ خروجی قرار دارد وبنابراین مستقل از تغییرات جریان آرمیچر است. در نتیجه گشتاور موتور، مستقیماً با جریان آرمیچر تغییر می کند. اگر بار موتور زیاد شود، سرعت موتور کم شده ونیروی ضد الکتروموتوری کاهش می یابد. وقتی این نیرو کم شد جریان آرمیچر زیاد می شود. همچنین اگر بار موتور کم شود سرعت موتور زیاد شده و نیروی ضد الکتروموتوری نیز افزایش می یابد، بنابراین جریان آرمیچر کم شده و در نتیجه گشتاور موتور کاهش می یابد.

بنابراین هر گاه که بار تغییر کند سرعت موتور نیزتغییر می کند تا وقتی که موتور دوباره در تعادل الکتریکی قرار بگیرد یعنی دوباره رابطه $E_a = E_b + I_a R_a$ برقرار شود . در موتورهای شنت از حالت بی باری تا حالت نرمال یا بار ماگزیمم تغییرات

سرعت فقط در حدود ۱۰ درصد سرعت حالت بی باری است. به این جهت موتورهای شنت بعنوان موتورهائی با سرعت ثابت درنظر گرفته می شوند .



شکل (۴۷)

۳-۷- موتورهای سری

در موتورهای سری همانطور که در شکل (٤٨) نشان داده شده است میدان اصلی بطور سری با آرمیچر و بار قرار دارد. تعداد دور سیم پیچی میدان کم وبا سیم ضخیم است و چون تمام جریان آرمیچر از آن می گذرد شدت میدان با جریان آرمیچر تغییر می کند.

اگر بار موتور زیاد شود سرعت موتور کم شده و نیروی ضد الکتروموتوری هم کاهش می یابد که باعث می شود جریان آرمیچر زیاد شود و گشتاور بزرگتری که مورد نیاز است تأمین گردد.

موتورهای سری با بارهای سنگین خیلی آهسته و با بار کم خیلی به سرعت کار می کنند و اگر بار بطور کامل از مدار خارج شود سرعت موتور به مرحله خطرناک می رسد و ممکن است موتور از هم پاشیده شود. دلیل این امر آنست که چون موتور در حالت بی باری به جریان کم و میدان خیلی ضعیف نیاز دارد ، برای تأمین این جریان کم آنقدر سریع میگردد تا نیروی ضد الکتروموتوری لازم برای کم کردن جریان را تأمین کند. ولی چون نمی تواند به سرعت مورد نیاز برسد از هم متلاشی می شود. بنابراین موتورهای سری نباید بی بار کارکنند و به همین دلیل در وسایل حرکتی بکار برده می شوند که بار نتواند از مدار خارج شود. همچنین موتورهای سری موتورهایی با سرعت متغیر می باشند به این معنی که با

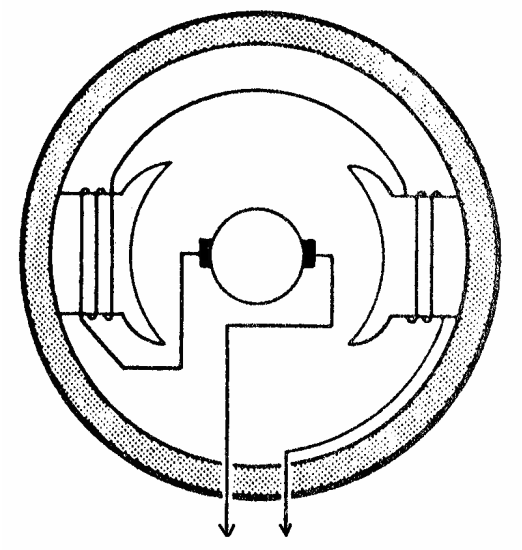
تغییر بار سرعت آنها به مقدار زیاد تغییر می کند. به همین علت در جاهائی که بار متناوب باشد بندرت بکار میرود .

گشتاور بار در هر نوع موتور جریان مستقیم به جریان آرمیچر و شدت میدان بستگی دارد. در موتورهای سری، شدت میدان بستگی به میدان جریان آرمیچر دارد. بنابراین مقدار گشتاور به مجذور شدت جریان آرمیچر بستگی پیدا می کند.

وقتی سرعت موتور کم است نیروی ضد الکتروموتوری نیزکم و جریان آرمیچر زیاداست. بنابراین گشتاور موتور زیاد است. در نتیجه وقتی سرعت موتور صفر و یا کم است گشتاور خیلی بزرگ خواهد بود .

به این ترتیب موتورهای سری در موقع راه اندازی دارای گشتاور بزرگی هستند . به همین علت موتورهای سری جریان مستقیم هرگز نباید بدون بار شروع بکار کنند چون اگر در لحظه شروع بکار هیچ گشتاور مخالفی در مدار نباشد موتور شتاب خواهد گرفت و همانطور که گفته شد سرعت آن به مرحله خطرناکی خواهد رسید که باعث متلاشی شدن موتور می شود .

در عمل موارد بخصوصی مانند کرن ها ، جراثقال های الکتریکی، ترن های برقی وجود دارند که در ابتدای کار احتیاج به گشتاور بزرگی دارند. موتورهائیکه در این ماشین ها مورد استفاده قرار می گیرند معمولاً موتور سری هستند .



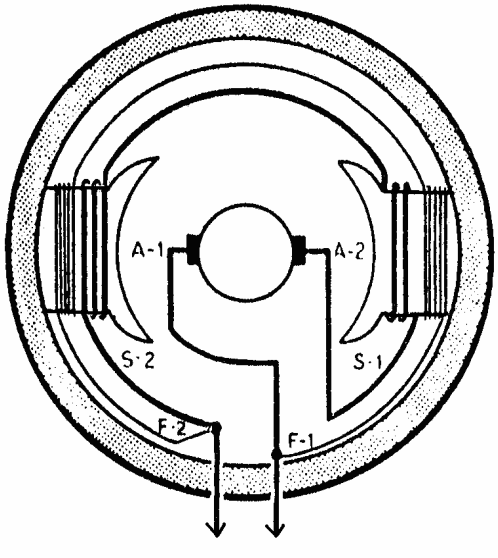
شکل (۴۸)

۳-۸- موتورهای کمپوند

موتورهای کمپوند از ترکیب موتورهای سری و شنت تشکیل شده است . در این موتورها میدان اصلی مانند شکل(٤٩) دارای دو سیم پیچ جداگانه است. سیم پیچ اولی که دارای تعداد دور زیاد و سیم نازک می باشد با آرمیچر بطور موازی و دومی که سیم پیچی آن از چند دور سیم کلفت ساخته شده است با آرمیچر بطور سری قرار می گیرد.

خصوصیات موتور کمپوند ترکیبی از موتورهای سری و شنت است. در عمل معمولاً از موتور کمپوند اضافی استفاده می شود که میدان سری و شنت آن طوری وصل شده است که یکدیگر را تقویت می کنند. در این موتورها اضافه شدن بار سرعت را کاهش می دهد و در نتیجه گشتاور موتور بمقدار زیاد کاهش می یابد. همچنین گشتاور موتور در موقع راه اندازی زیاد است . بنابراین موتور کمپوند اضافی موتوری است با سرعت ثابت که قدرت کشش آن در بارهای سنگین عالی است و گشتاور آن در موقع راه اندازی بسیار خوب است.

در موتور کمپوند نقصانی میدان سری مخالف میدان شنت است و وقتی بار افزایش پیدا کند میدان موتور ضعیف می شود. ضعیف شدن میدان باعث می شود که وقتی بار اضافه شد سرعت زیاد شود. علاوه بر این گشتاور موتور در راه اندازی خیلی کوچک است و به همین علت بندرت در عمل از موتورهای کمپوند نقصانی استفاده می شود .



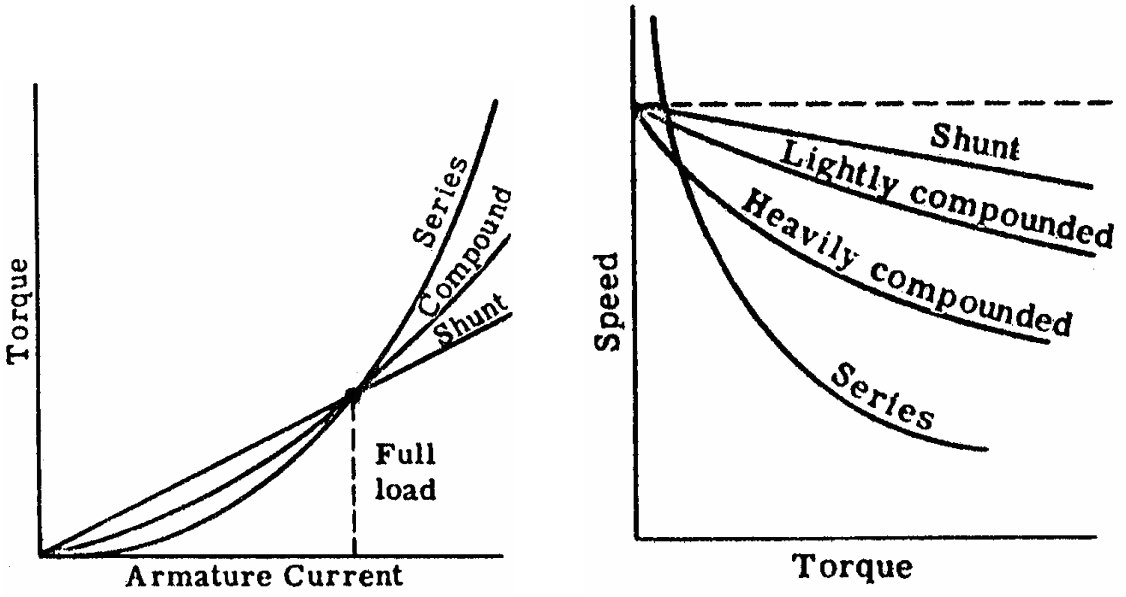
شکل (۴۹)

۳-۹- مقایسه خصوصیات موتورهای جریان مستقیم

خصوصیات و طرزکار انواع مختلف موتورهای جریان مستقیم را می توان بوسیله منحنی تغییرات سرعت بر حسب گشتاور یا منحنی تغییرات سرعت برحسب بار مقایسه نمود. منحنی نشان داده شده در شکل (۵۰-الف) دارای چهار قوس است که هر کدام مربوط به یک نوع موتور است. مشاهده می شود که در موتور شنت وقتی گشتاور بار اضافه شود سرعت موتور بمقدار کم تغییر می کند در حالیکه با زیاد شدن گشتاور بار در موتور سری ، سرعت موتور سری به مقدار زیاد افت می کند .

نکته دیگر آنکه منحنی سرعت موتورهای کمپوند اضافی در ناحیه بین موتورهای سری و شنت قرار دارد . توجه داشته باشید که هر چه تعداد دورهای سیم پیچی میدان سری بیشتر باشد موتور کمپوند بیشتر مانند موتور سری عمل می کند .

منحنی شکل (۵۰-ب) نشان می دهد که در دو موتور با قدرت یکسان چگونه گشتاور موتور بر حسب جریان آرمیچر تغییر می کند . این منحنی برای موتور شنت یک خط مستقیم است چون میدان آن ثابت است و گشتاور آن فقط با جریان آرمیچر تغییر می کند. منحنی موتورهای سری و کمپوند نشان می دهد که بالاتر از شدت جریان بار ماگزیمم یا بار نرمال، گشتاور موتور خیلی بیشتر از موتورهای شنت است و پائین تر از آن شدت جریان موتورهای سری وکمپوند به مقدار ماگزیمم خود نرسیده ودر نتیجه گشتاور، کمتر ازموتور شنت است .



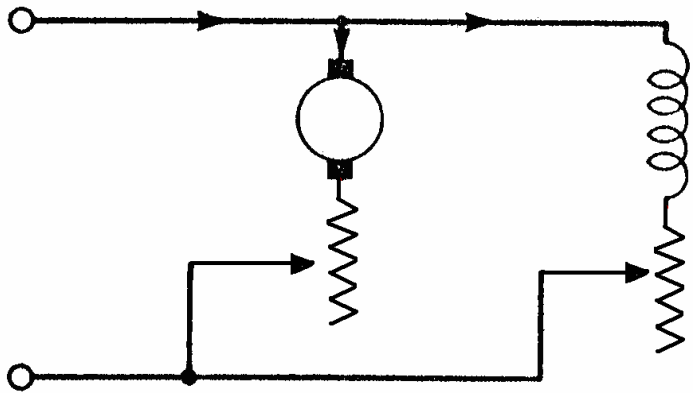
(ب) (الف)

شکل (۵۰)

۳-۱۰- کنترل سرعت موتورهای جریان مستقیم

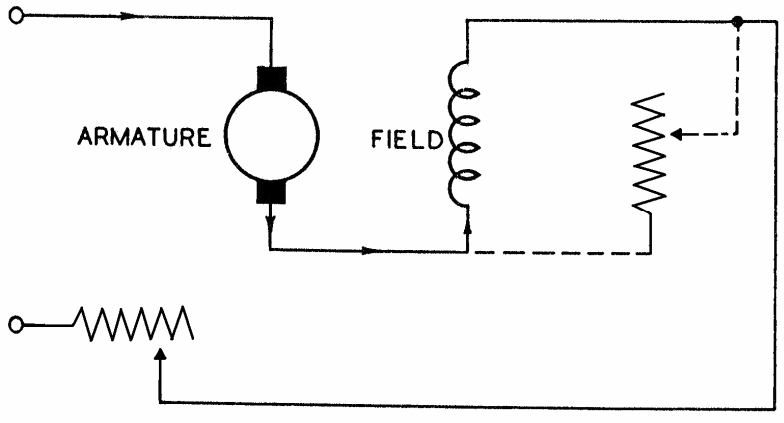
سرعت یک موتور جریان مستقیم به شدت میدان مغناطیسی ، ولتاژ اعمال شده به آرمیچرو بار موتور بستگی دارد . بنابراین یکی از روشهای کنترل سرعت بوسیله تغییر ولتاژ اعمال شده به آرمیچراست. برای اینکار می توان ولتاژ اعمال شده به آرمیچر را مانند شکل (۵۱) بوسیله افزایش مقاومت مدار آرمیچر کاهش داد تا سرعت موتور کاهش یابد. اما این روش به ندرت مورد استفاده قرار می گیرد چون این کار احتیاج به یک رئوستای بزرگ دارد و علاوه بر این گشتاور موتور را در موقع راه اندازی کاهش می دهد .

اما در موتورهای شنت می توان بوسیله اتصال یک رئوستا با سیم پیچی میدان سرعت را کنترل نمود. چون با اضافه کردن مقاومت رئوستا ،جریان میدان کاهش یافته و در نتیجه میدان مغناطیسی موتور ضعیف می شود . ضعیف شدن میدان موتور باعث می شود موتور سریعتر بگردد تا نیروی ضد الکتروموتوری لازم را تأمین نموده و موتور در موازنه الکتریکی باقی بماند.



شکل (۵۱)

در موتورهای سری با موازی کردن یک رئوستا مطابق شکل (۵۲) با سیم پیچی سری می توان سرعت موتور را کنترل کرد. چون وقتی مقاومت رئوستا زیاد شود جریان گذرنده از سیم پیچی میدان و در نتیجه شدت میدان زیاد می شود. در نتیجه برای اینکه موتور در موازنه الکتریکی باقی بماند باید آهسته تر بگردد تا نیروی ضد الکتروموتوری مورد نیاز را تأمین کند .

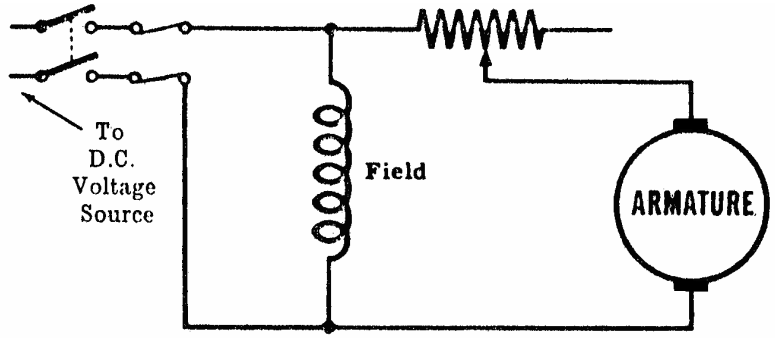


شکل (۵۲)

۳-۱۱- راه اندازی موتورهای جریان مستقیم

در قسمتهای قبل گفته شد که مقدار مقاومت آرمیچر در ماشینهای DC خیلی کم ودر حدود یک اهم است. حال اگر فقط این مقاومت بر سر راه ولتاژ ورودی باشد، جریان گذرنده از آرمیچربه مقدار زیاد بالا خواهد رفت و ممکن است به کلکتور و سیم پیچها آسیب برساند. در حالت کار عادی ماشین این مسئله مطرح نیست چون وقتی موتور در حال کارکردن است نیروی ضد الکتروموتوری که همیشه مخالف ولتاژ اعمال شده است جریان آرمیچر را محدود می کند .اما وقتی موتور تازه شروع بکار کرده است نیروی ضد الکتروموتوری صفر و یا خیلی کم است و نمی تواند جریان گذرنده از آرمیچر را کنترل کند. در نتیجه اگر به طریقی محدودیتی برای جریان ایجاد نکنیم جریان آرمیچربالا خواهد رفت و به موتور آسیب می رسد. برای جلوگیری از بالا رفتن جریان آرمیچر در موقع راه اندازی موتور، مقاومتی بنام مقاومت راه اندازی، مانند شکل (۵۳) بطور سری با آرمیچر قرار گرفته و همینکه سرعت و نیروی ضد الکتروموتوری زیاد شد مقاومت راه اندازی از مدار خارج می شود .

راه اندازهای جریان مستقیم علاوه بر محدود کردن مقدار جریان آرمیچر معمولاً دارای وسایلی هستند که در صورت قطع شدن میدان و یا کم شدن ولتاژ اعمال شده، موتور را حفاظت می کنند. توجه داشته باشید که وقتی موتوری خاموش می شود باید مطمئن شد که دوباره مقاومت راه انداز به مدار وصل است تا در موقع روشن کردن موتور اشکالی ایجاد نشود. اگر راه انداز طوری طراحی شود که بتواند سرعت موتور را هم کنترل کندبه آن کنترل کننده هم گفته می شود. راه اندازها انواع مختلفی دارند. بعضی ها با دست وبعضی ها بطور اتوماتیک کار می کنند، معمولاً جریان راه اندازی تا ۱/۵ برابر جریان موتور در بار ماگزیمم نیزمی رسد .

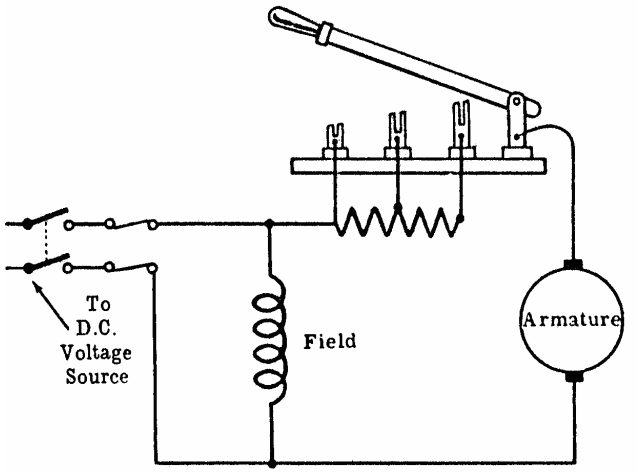


شکل (۵۳)

یک نمونه از راه اندازهای ابتدایی در شکل (٥٤) نشان داده شده است. این نوع راه انداز دارای یک مقاومت است که روی آن شیارهائی وجود دارد. این مقاومت می تواند بتدریج بوسیله یک کلید چاقوئی که به شیارهای روی مقاومت اتصال پیدا می کند از مدار خارج شود ودر نهایت وقتی موتور می خواهد راه اندازی شود، کلیدبه انتهای مقاومت اتصال پیدا کرده و در نتیجه تمام مقاومت راه اندازی با آرمیچر بطور سری قرار می گیرد .

هنگامیکه سرعت موتور بالا رفت، تیغه بطور آهسته بسته شده و مقاومت بتدریج از مدار خارج می شود تا وقتی که تیغه کاملاً بسته شده و تمام مقاومت از مدار خارج گردد . عیب این نوع راه انداز اینست که بعد از خاموش کردن و ایستادن موتور اگر اپراتور فراموش کند که کلید راه اندازی را باز کند وقتی موتور دوباره شروع بکار کند دیگر مقاومتی با آرمیچر بطور سری نخواهد بود و فقط مقاومت آرمیچر سر راه جریان قرار گرفته و ممکن است به موتور آسیب وارد شود .

بدلیل فوق و بدلیل اینکه این نوع راه انداز در صورتیکه سرعت ماشین خیلی زیاد شود و یا مدار میدان قطع شود، موتور را حفاظت نمی کند ،این نوع راه انداز هیچ استفاده عملی نخواهد داشت .



شکل (۵۴)

در موتورهای سری معمولاً راه انداز با وسیله تنظیم سرعت ترکیب شده و کنترل کننده نامیده می شود. کنترل کننده در ساده ترین نوع خود دارای یک رئوستای بزرگ است که بطور سری با میدان و آرمیچر قراردارد و با تغییر درجه رئوستا سرعت موتور تنظیم می شود .اما این کنترل کننده باعث کاهش راندمان ماشین می شود چون تمام جریان آرمیچر از آن می گذرد و مقدار زیادی قدرت تلف می شود .

یک نوع از راه اندازهای موتور شنت از مقاومتی تشکیل شده است که دارای سه سر می باشد . همانطور که در شکل (۵۵) نشان داده شده است، نقطه L به یک طرف منبع تغذیه، نقطهA به آرمیچر و نقطه F به میدان وصل می شود.در موقع راه اندازی بازوی راه انداز بطرف اولین اتصال حرکت کرده و تمام مقاومت راه انداز بطور سری با آرمیچرقرار می گیرد. سیم پیچ میدان با یک آهنربای الکتریکی بطور سری وصل می شود. وقتی سرعت موتور بالا رفت و نیروی ضد الکتروموتوری زیادشد، بازو به ترتیب بطرف سایر اتصالات حرکت کرده و بتدریج مقاومت راه انداز را کاهش می دهد. در این حالت در اثر حرکت بازو بتدریج چند مقاومت هم بطور سری با سیم پیچی میدان و آهنربای الکتریکی قرار می گیرد . وقتی بازو تماماً در سمت راست ودر نقطه را ه اندازی قرار گرفت آرمیچر بطور مستقیم به منبع وصل شده و با سرعت ماگزیمم کار خواهد کرد .

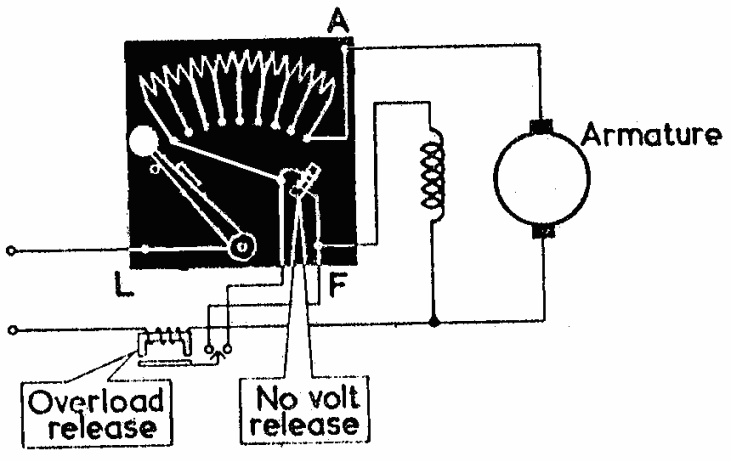
روی بازوی راه انداز یک قطعه آهن کوچک چسبانده شده است که بوسیله یک آهنربای الکتریکی که جریان میدان از داخل سیم پیچ آن می گذرد، جذب شده و در نتیجه بازو در نقطه راه اندازی نگهداشته می شود. اگر ولتاژ منبع کم و یا صفر شود و یا اگر میدان در جائی قطع شود آهنربا دیگر آهن را جذب نکرده و یک فنر برگرداننده بازو را به عقب فشار داده تا در حالت OFF قرار بگیرد. به این ترتیب موتور از منبع جدا شده و موتوردر برابر اینکه موقع روشن شدن مجدد در اثر نبودن مقاومت راه انداز در مدار آسیب ببیند حفاظت می شود .

فنری که بازو را به عقب برمی گرداند،می تواند به گونه ای تنظیم شود که در صورتیکه ولتاژ به مقدار معینی افت کند بازو را برگرداند. اینکار را حفاظت ولتاژ پائین یا (Low-VOLTAGE PROTECTION) می گویند .

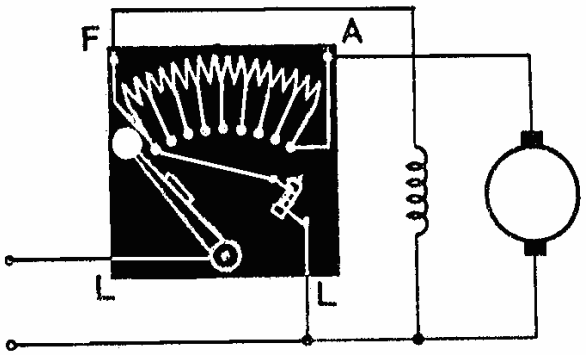
برای حفاظت موتور در برابر جریان زیاد یا(Over Load) از یک آهنربای الکتریکی دیگر که جریان آرمیچر از سیم پیچ آن می گذرد استفاده می شود . این آهنربا طوری تنظیم شده است که وقتی جریان گذرنده از آرمیچر خیلی زیاد شود، قطعه آهنی که روی فنر بازوی راه انداز متصل است بوسیله آن جذب می شود. در انتهای بازو یک حلقه ای قرار دارد که در اثر

جذب شدن فنر دو سر سیم پیچ آهنربای اول را اتصال کوتاه می کند و بدینوسیله بازو آزاد شده و موتور را از منبع جدا می کند .

وقتی بخواهیم کنترل سرعت بر اساس تغییرات میدان باشد، باید آهنربایی که بازوی راه انداز را در نقطه راه اندازی نگه می دارد مانند شکل (۵۶) بطور مستقیم به منبع وصل شود تا جریان گذرنده از سیم پیچ آهنربا مستقل از تغییرات جریان میدان باشد. در این صورت نیروی وارد شده از طرف آهنربا ثابت میماند. ولی اگر مدار میدان در جایی قطع شود راه انداز موتور را حفاظت نمی کند .



شکل (۵۵)



شکل (۵۶)

پرسشهای فصل سوم :

۱- نیروی ضد الکتروموتوری چیست؟

۲- عملکرد کلکتور را در موتورهای DC بیان کنید؟

۳- عکس العمل آرمیچر در موتور چگونه است؟

٤- به چه روشهایی می توان جهت گردش موتور را عکس نمود؟

۵- مقاومت راه انداز به چه منظور در موتورها استفاده می شود؟

۶- موتورهای شنت در چه مواردی کاربرد دارد؟

۷- عیب و مزیت موتورهای سری را بیان کنید؟

۸- سرعت موتورهای DC توسط چه روشهایی کنترل می شود؟

فصل چهارم

عیب یابی و تعمیر ماشینهای DC

اهداف آموزشی فصل چهارم :

۱- آشنایی با تعمیرات ماشینهای DC

۲- آشنایی با دستگاه میگر

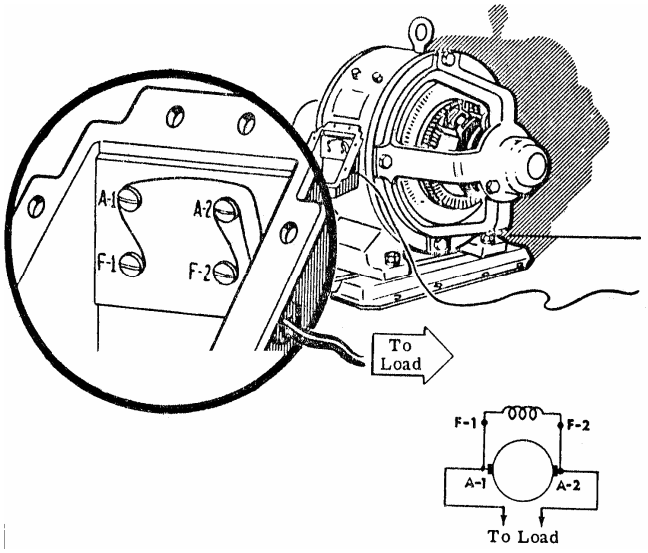
۳- شناخت عیبهای عایق بندی

۴-۱- تعمیرات ژنراتور

وقتی که محرک اولیه (موتور دیزل و یا محور توربین) به محور ژنراتور وصل شد، تنها کار عمده ای که لازم است انجام شود روغن کاری بلبرینگ ها و بازرسی اتصال بین ذغالها و کلکتور است. بندرت خواسته می شود که سیم های ورودی ژنراتور جابجا و یا عوض شود. چون اگر آنها به طرز غلطی متصل شوند جهت میدان را معکوس می کند. در صورتیکه ژنراتور تحریک سرخود باشد، این معکوس شدن، خاصیت پس ماند موجود در قطبها را از بین برده و ژنراتور حتی اگر دوباره سیم ها بطرز صحیح نیز متصل شوند قادر به بارگیری نخواهد بود.

برای تولید پس ماند (با جهت معین) و یا در صورتیکه پس ماند ضعیف باشد ،می توان سیم پیچی میدان را به یک منبع ولتاژ جریان مستقیم مثلاً باطری وصل کرد. فقط باید دقت کرد که مغناطیس پس ماند تولید شده در جهت مغناطیس پس ماند قبلی باشد .

ممکن است بطور اتفاقی خواسته شود که جهت جریان تولید شده توسط ژنراتور عوض شود. برای این کار فقط باید سیم های خروجی ژنراتور را برعکس نمود و اتصال میدان هرگز نباید عوض شود. معمولاً سیم پیچی میدان مانند شکل (۵۷) به تخته کلم موتور متصل می شود تا در مواقع ضروری بسادگی جابجا شوند. در این صورت یکبار که سیم های میدان در محل مذکور بدرستی متصل شدند هرگز نباید آنها را جابجا کرد .



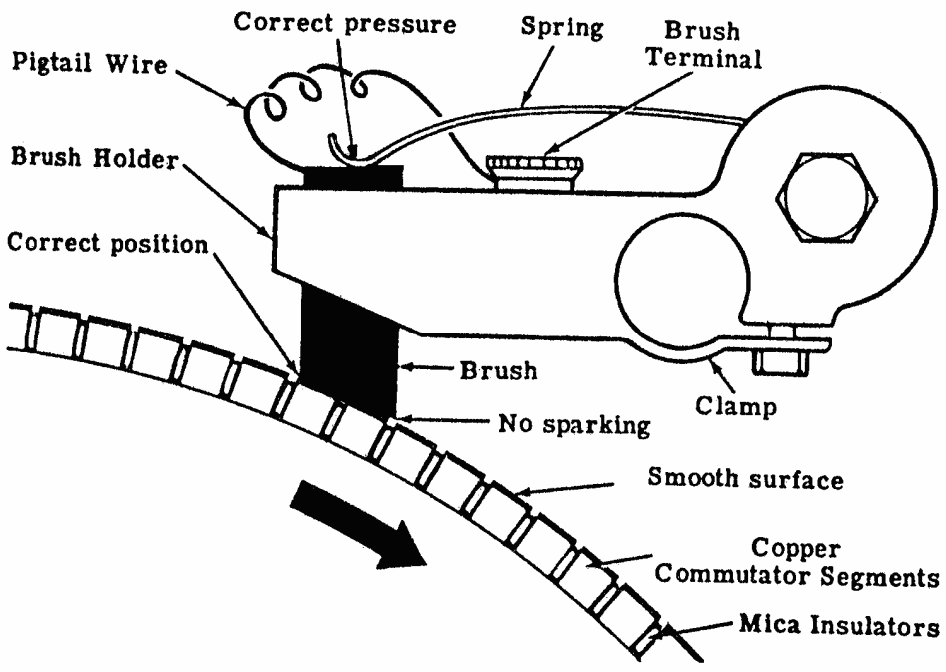
شکل (۵۷)

۴-۲- روغنکاری بلبرینگ

اگر چه روغنکاری زیاد می تواند اشکالاتی در کار ژنراتور یا موتور بوجود بیاورد، اما کمبود و یا عدم روغنکاری مشکلات بیشتری تولید می کند. بلبرینگی که بدرستی روغنکاری نشده باشد ناگهان بشدت گرم شده و باعث انبساط اجزا و خود محور می شود و ممکن است گردش محور را متوقف کند . بعلت وجود تماس مستقیم بین محور و بلبرینگها، کمبود و یا عدم روغنکاری باعث ایجاد گرمای زیاد می شود بنابراین باید محل قرار گرفتن بلبرینگ ها بدقت بازرسی شود . درجه حرارت ژنراتور و یا موتور در حالت عادی و در اثر کارکردن افزایش می یابد. در نتیجه بلبرینگ ها نیز به اندازه معینی گرم خواهند شد. ولی اگر بلبرینگ ها خیلی زیاد گرم شدند قبل از اینکه مطمئن شوید عدم روغنکاری باعث گرم شدن آنها شده است روغنکاری را تغییر ندهید. چون ممکن است داغ شدن بلبرینگها در اثر خارج شدن محور از حالت راست باشد و یا روغنکاری به تمام قسمت های بلبرینگ نرسیده باشد .

۴-۳- کلکتور و ذغالها

مجموعه کلکتور و ذغالها یکی دیگر از قسمتهایی است که باید مورد نظارت و بازرسی قرار گیرد. لغزش مداوم ذغالها روی کلکتور باعث می شود که ذغالها از پائین سائیده شده و بطرف بیرون پرتاب شوند. معمولاً وقتی اشکالی در کموتاسیون ایجاد گردد جرقه زیادی در کلکتور تولید می شود. شکل (۵۸)



شکل (۵۸)

برای بهبود کموتاسیون درماشینهای جریان مستقیم باید تماس بین ذغالها و کلکتور به طور صحیح وجود داشته باشد. همچنین کلکتور باید از نظر مکانیکی درست ساخته شده باشد و تیغه ها بطور یکنواخت در اطراف آن قرار گرفته باشند. ذغالها نیزباید از نظر شکل ظاهری خوب و بطور صحیح روی کلکتور تنظیم شده باشند. این ذغالها باید بتوانند در ذغال گیرها به سادگی بالا و پائین شوند. در پشت ذغالها فنری قرار دارد که باید فشاری به اندازه ۱/۵ تا ۲ پوند براینچ مربع بر سطح ذغالها وارد کند تا بطور صحیح روی کلکتور باقی بماند .

یکی از دیگر از مشکلاتی که باعث اتصال تیغه ها و ایجاد اشکال در کموتاسیون می شود سائیدگی عایق میکا در بین تیغه های کلکتور می باشد.

وقتی هنگام کار با ماشین جریان مستقیم جرقه زیادی در کلکتور تولید شود نشان می دهدکموتاسیون بدرستی انجام نمی گیرد و باید مجموعه کلکتور و ذغالها بازرسی شود.

مراحل بازرسی و برطرف کردن عیب بقرار زیر است :

۱- به طرز کار ماشین توجه کنید و ببینید که آیا ایجاد قوس و یا جرقه در اثر شل بودن بعضی از اتصال هاست .

۲- قبل از اقدام به بازرسی دقیق، ماشین را خاموش کنید تا مطمئن شوید که ماشین از منبع تغذیه جدا شده است .

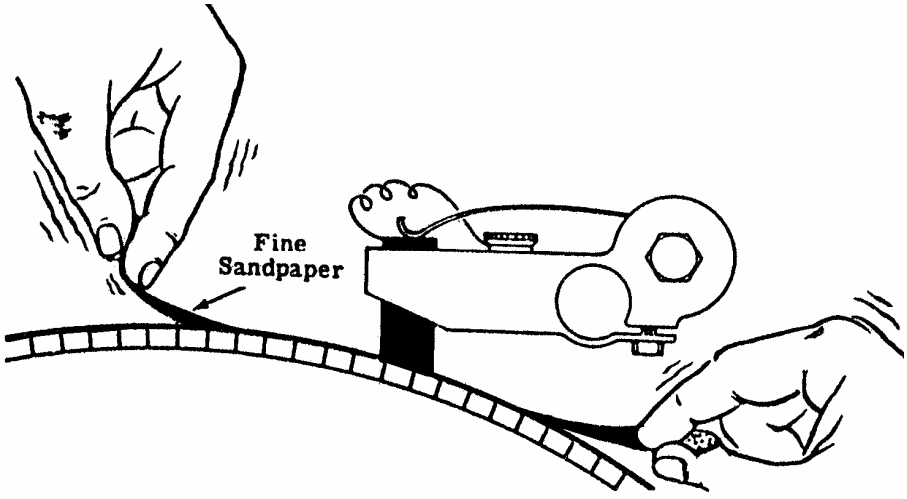
۳- تمام اتصالها را با دقت بازرسی کنید تا مطمئن شوید هیچکدام از آنها شل نیستند .

٤- محل قرارگرفتن ذغالها روی کلکتور را بازرسی کنید. اگر ذغالها بطور یکسان قرار نگرفته باشند ذغالگیرهای کج شده را عوض نمایید .

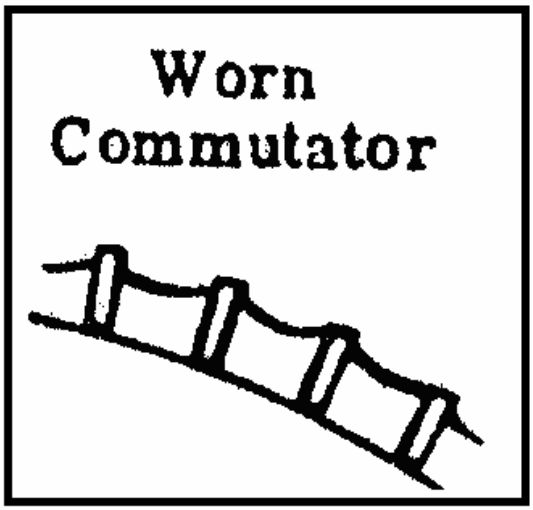
۵- طرز قرار گرفتن ذغالها را روی کلکتور مورد بررسی قرار دهید. اگر ذغالها زیاد سائیده شده اندآنها را تعویض نمایید. ذغال جدید باید بتواند به آزادی در ذغال گیر بالا و پائین بشود. سپس همانطور که در شکل (۵۹) نشان داده شده است با سائیدن انتهای ذغال، آنرا را روی کلکتور تنظیم و میزان فشار فنر ذغال را تنظیم کنید. توجه داشته باشید که سیم بافته شده که به ذغال وصل است به هیچیک از قسمتهای فلزی تماس نداشته باشد تا باعث ایجاد اشکال در کموتاسیون نشود .

۶- اگرکلکتور کثیف باشد یا حفره و پستی و بلندی داشته باشد با استفاده از یک قطعه پارچه نازک آنرا تمیز کنید و یا ناهمواری های جزئی آنرا بوسیله کاغذ سنباده نرم برطرف کنید. توجه داشته باشید که هرگز نباید از کاغذ سنباده های خشن استفاده کرد .

۷- در صورتیکه ناهمواری و پستی و بلندی سطح کلکتور مانند شکل(۶۰) زیاد باشد باید با استفاده از ماشین تراش آنرا تراشیده و ناهمواریهای سطح آنرا از بین برد .



شکل (۵۹)



شکل (۶۰)

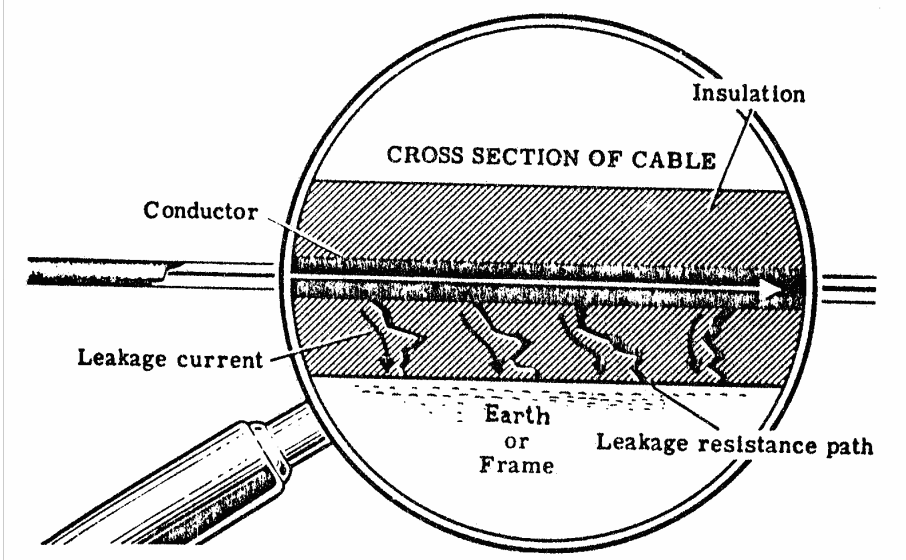
۴-۴- شکست عایق

در شرایط عادی، سیم پیچی میدان و آرمیچر ماشینهای الکتریکی نسبت به بدنه ماشین که با زمین تماس دارد، بطور کامل عایق هستند. مقدار مقاومت بین بدنه و آرمیچر و یا بدنه و میدان باید بی نهایت و یا چند مگا اهم باشد .

اغلب مقدار این مقاومت بعلت گرمای زیادی که در حالت اضافه بار (over load) در ماشین تولید می شود و یا بعلت زیاد بودن درصد رطوبت هوا کاهش یافته و مقدار کمی جریان به بدنه نشت می کند. این جریان نشتی به خراب شدن عایق بین بدنه و سیم پیچی های آرمیچر میدان کمک میکند و اگر بموقع از نشت جریان جلوگیری نشود عایق بطور کامل خراب شده و سیم پیچی به بدنه اتصال پیدا خواهد کرد .

بنابراین سیم پیچی آرمیچر و میدان باید در زمانهای معین بازرسی شوند تا از ایجاد نشتی جلوگیری شود. برای آزمایش مقاومت عایقی بین بدنه و سیم پیچ های آرمیچرومیدان، نمی توان از یک اهم متر معمولی استفاده نمود چون جریان های نشتی ممکن است فقط موقعی ایجاد شوندکه ولتاژ زیادی به دستگاه اعمال شود و یک اهم متر معمولی نمی تواند چنین ولتاژی را تولید کند.برای اینکاربجای اهم مترمعمولی ازدستگاهی بنام میگراستفاده می شود. این وسیله می تواند ولتاژ لازم برای آزمایش مقاومت عایقی ماشینهای مختلف را تولید کند و طوری تنظیم شده است که می تواند مقاومت های خیلی زیاد را هم اندازه گیری کند .

شکل (۶۱) نشان می دهد که وقتی یک عایق خراب می شود ویا شکسته،سائیده و یا ضعیف می شود، چگونه مقاومت اهمی آن پائین می آید. هر کدام از راههای نشت نشان داده شده در این شکل می تواند یک حلقه موازی کم مقاومت باشد که از آن جریانی بطرف زمین میگذارد .



شکل (۶۱)

۴–۵– دستگاه میگر

میگر دستگاهی است که برای اندازه گیری مقاومت اهمی عایق ها مانند مقاومت بین سیم پیچها و بدنه ماشین ویا مقاومت عایق بین غلاف سربی کابل ها و سیم های فاز آن بکار میرود.میگرها دارای دو قسمت هستند:

۱- ژنراتور جریان مستقیم دستی (دینامو) با یک باطری با ولتاژ زیادی برای تهیه ولتاژ لازم جهت اندازه گیری

۲- یک دستگاه اندازه گیری مخصوص برای سنجش مقاومت های زیاد.

همانطور که گفته شد در میگر یک نوع دستگاه مخصوص اندازه گیری مقاومت بکار رفته است که مانند یک اهم متر است با این تفاوت که درجه بندی آن طوری است که بجای اهم برحسب مگا اهم درجه بندی شده است.

مقاومت معمولی یک مدار عایق شده نسبت به زمین چند صد مگا اهم است. اگر میگر مقداری پائین تر از این را نشان دهد، یک اتصالی به زمین وجود دارد . در مدارهای برقی زمین، نقطه بازگشت برای اندازه گیری ولتاژ مقاومت است. تمام قسمتهای فلزی دستگاهها مانند موتورها ، ژنراتورها ،جعبه کلیدها و ترانسفور ماتورها مستقیماً به زمین وصل می شوند. اگر سیمی از سیم های داخل این تجهیزات به بدنه اتصال پیدا کند می توان آنرا بوسیله میگر مشخص و رفع عیب کرد .

بعضی اوقات رطوبت موجود در یک عایق باعث می شود که مقاومت اهمی آن تا حد یک مگا اهم پائین بیاید .برای از بین بردن رطوبت عایق ها معمولاً از هیتر ، لامپ و یا هوای گرم استفاده می شود .

برای پیدا کردن جریانهای نشتی و یا اتصال زمین درماشینهای الکتریکی ، سیم های میگر بین بدنه و یکی از سیمهای خروجی ماشین وصل می شود. اگر میگر چند مگا اهم و یا بیشتر از آن را نشان دهد عایق بندی ماشین سالم است ولی اگر میگر کمتر از یک مگا اهم را نشان دهد قسمتهایی از عایق بندی معیوب است .

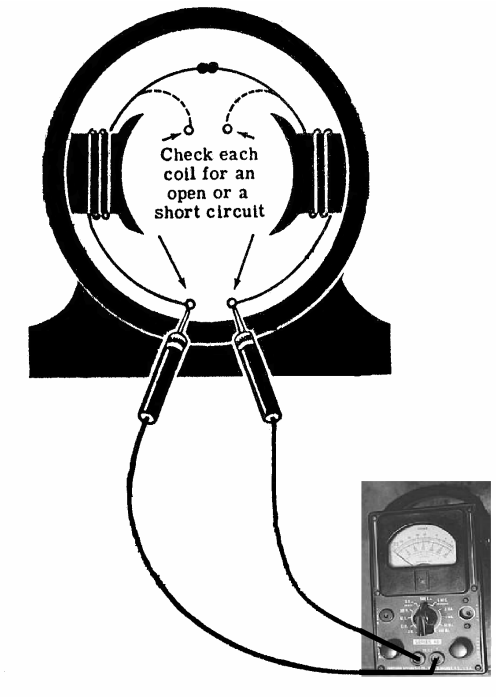
در ماشینهای DC برای آزمایش سیم پیچی میدان، باید میگررا بین یک سر میدان و بدنه و برای آزمایش آرمیچر باید بین محور و تیغه های کلکتور وصل شود. اگر میگر چند مگا اهم را نشان داد عایق بندی ماشین سالم است . ولی اگر کمتر از این مقدار را نشان دهد، نشت جریان زیاد بوده و عایق بزودی خراب خواهد شد. در صورتی که میگر صفر را نشان دهد عایق بندی ماشین خراب شده و سیم پیچی ها به بدنه ماشین اتصالی شده اند .

آزمایش سیم پیچی میدان

جهت پیدا کردن اتصالی سیم ها و یا قطع شدن آنها در سیم پیچ میدان از اهم متر استفاده می شود . برای اینکار ابتدا سیم پیچی میدان را مانند شکل (۶۲) از آرمیچر جدا نموده تا از ایجاد مدار موازی جلوگیری شود. سپس اهم متر به دو سر سیم پیچی میدان وصل می شود. اگر اهم متر بی نهایت را نشان دهد، سیم پیچی میدان در جائی قطع شده است. برای پیدا کردن حلقه ای که قطع شده است باید حلقه ها را به تنهایی بوسیله اهم متر آزمایش نمود.

نکته قابل ذکر آنکه مقاومت آرمیچر ماشین آنقدر کوچک است که یک اهم متر معمولی نمی تواند آنرا اندازه گیری کند. حتی اگر چند دور سیم پیچی آرمیچر بهم اتصالی شده باشد اهم متر صفر را نشان خواهد داد .

اگر یک حلقه سیم پیچی آرمیچر قطع شده باشد بعلت زیاد بودن مسیرهای جریان باز هم اهم متر صفر را نشان خواهد داد. در این قبیل موارد نمی توان از اهم متر استفاده کرد و باید از وسیله مخصوص دیگری استفاده نمود .



شکل (۶۲)

پرسشهای فصل چهارم :

۱- اجزایی از ماشین که باید مورد نظارت قرار گیرد کدام است؟

۲- جرقه زیاد در کلکتور نشان گر چیست؟

۳- آزمایش مقاومت عایقی در ماشینهای الکتریکی به چه منظور انجام می شود؟

٤- دستگاه میگر چیست؟

۵- آزمایش سیم پیچی میدان را توضیح دهید.

فصل پنجم

ژنراتورهای AC

اهداف آموزشی فصل پنجم :

۱- شناخت انواع ژنراتورهای جریان متناوب
۲- آشنایی با تولید ولتاژ در ژنراتورهای جریان متناوب
۳- شناخت انواع اتصالات در ژنراتورهای جریان متناوب

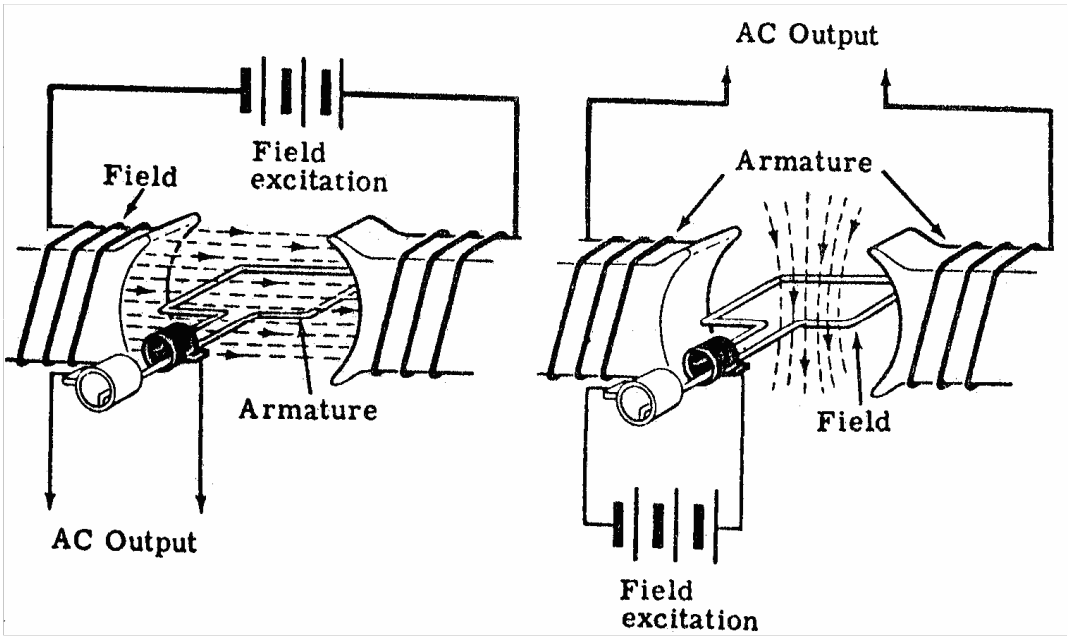
۵-۱- آشنایی با ژنراتورهای جریان متناوب

ژنراتورهای جریان متناوب وسایل بسیار مهمی هستند که برای تولید توان الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد . ژنراتورهای جریان متناوب یا ژنراتور 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 .

۵-۲- 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 (۶۳) نیروی الکتروموتوری متناوب تولید شده بدون تغییربوسیله 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.

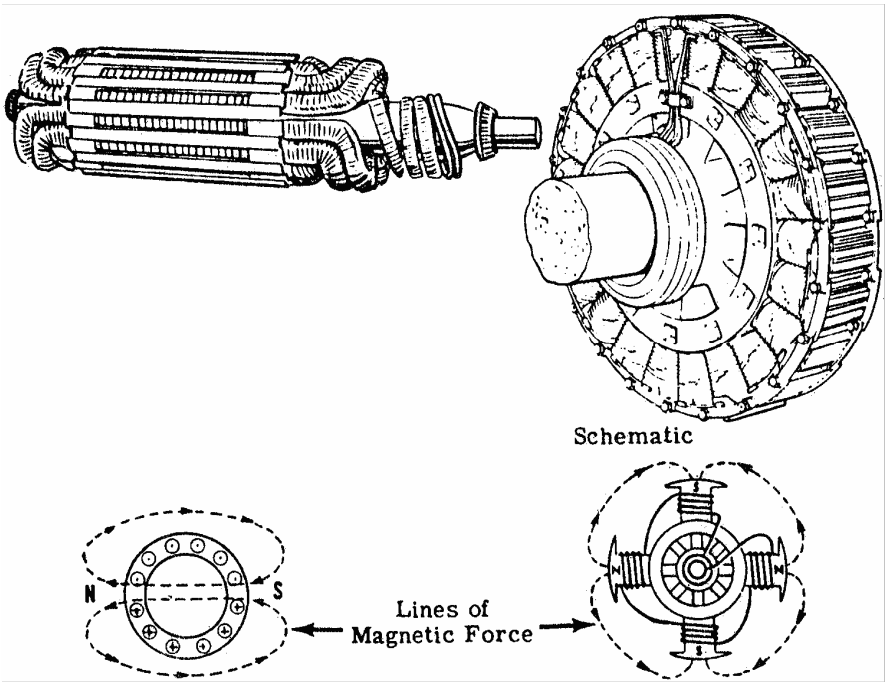
شکل (۶۳)

۵-۳- 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(٦٤) 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 .



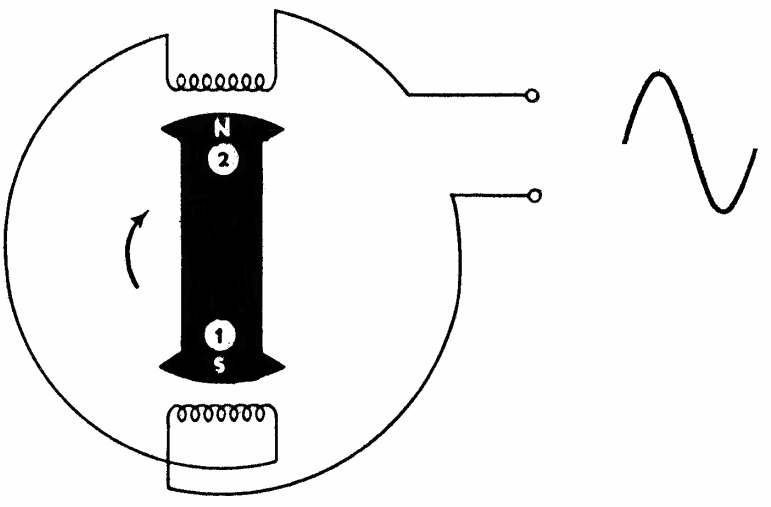
شکل (۶۴)

۵-۴- ژنراتورهای تکفاز

در ژنراتورهای تکفاز تمام هادی های آرمیچر بطور سری به یکدیگر وصل شده وتشکیل سیم پیچ واحدی را میدهند که ولتاژ خروجی در دو سر آن تولید می شود. برای درک طرز کار ژنراتور های سه فاز باید اصول ژنراتورتکفاز را به خوبی یاد گرفت .

شکل (۶۵) یک ژنراتور تکفاز دو قطبی را نشان می دهد. سیم پیچی استاتور دارای دو کلاف جداگانه می باشد که هر دو در یک جهت به دور بدنه استاتور پیچیده شده اند. در ژنراتور تکفاز، روتور دارای دو قطب مغناطیسی غیر همنام می باشد .

در اثر گردش روتور، میدان مغناطیسی آن سیم پیچهای استاتور را قطع نموده و ولتاژ متناوبی در آنها القاءِ خواهد کرد. سیم پیچ های استاتور طوری به یکدیگر وصل شده اند که ولتاژ تولید شده در آنها همفاز بوده و یا به یکدیگر اضافه می شوند .

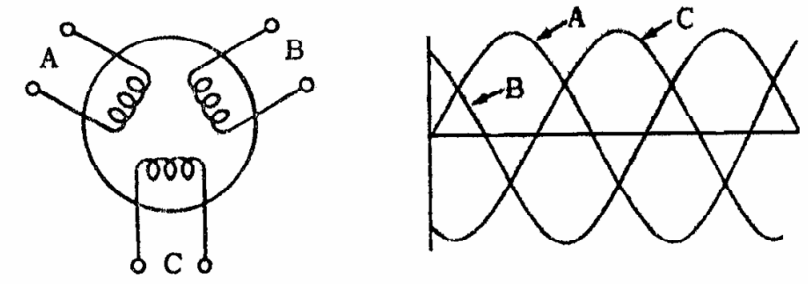


شکل (۶۵)

۵-۵- ژنراتورهای سه فاز

ژنراتور سه فاز همانطور که از نامش پیداست دارای سه سیم پیچ می باشد. این سیم پیچها طوری قرار گرفته اندکه ولتاژ القاءِ شده در هر یک ۱۲۰ درجه با ولتاژ القاءِ شده در دو سیم پیچ دیگر اختلاف فاز داشته باشد.

سه سیم پیچ استاتور یک ژنراتور سه فاز بصورت ساده درشکل (۶۶) نشان داده شده است . شکل موج ولتاژ تولید شده در هر یک از سیم پیچ ها بصورت منحنی هایی است که ۱۲۰ درجه با هم اختلاف فاز دارند . ژنراتور سه فاز نشان داده شده در این شکل ترکیبی از سه ژنراتور یک فاز می باشد که ولتاژهای تولید شده در هر یک ۱۲۰ درجه با دو ولتاژ دیگر اختلاف فاز داشته و سیم پیچی فازها کاملاً از یکدیگر مستقل هستند .



شکل (۶۶)

مشاهده می شود که از هر ژنراتور ۶ سیم بیرون می آید.در حالیکه برای استفاده از خروجی ژنراتور به سه سیم نیاز می باشد. می توان از هر یک از فازها یک سیم را انتخاب کرده

و سه سیم دیگر را به یکدیگر وصل نمود. به این اتصال ، اتصال ستاره گفته می شود. در این حالت نقطه اتصال سه سیم را نقطه خنثی گویند.

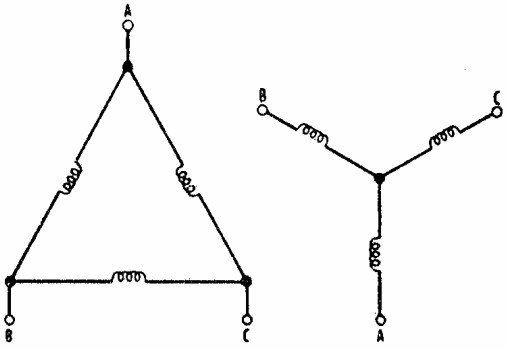
ولتاژ بین نقطه خنثی و هر یک از سیم های خط را ولتاژ فاز و ولتاژ بین دو سیم خط را ولتاژ خطی گویند. ولتاژ خط $\sqrt{3}$ برابر ولتاژ فاز است و چون فقط یک راه برای عبور جریان وجود دارد جریان فاز و جریان خط یکی هستند.

سیم های خروجی استاتور سه فاز را می توان به روش دیگری هم وصل کرد که انتهای فازها به یکدیگر متصل شود. این نوع اتصال را دلتا یا مثلث می گویند. در اتصال مثلث، ولتاژ خط برابر ولتاژ فاز بوده ولی جریان خط جمع برداری جریان های فازها می باشد. و چون فازها ۱۲۰ درجه با یکدیگر اختلاف فاز دارند، جریان خط $\sqrt{3}$ برابر جریان فاز می باشد.

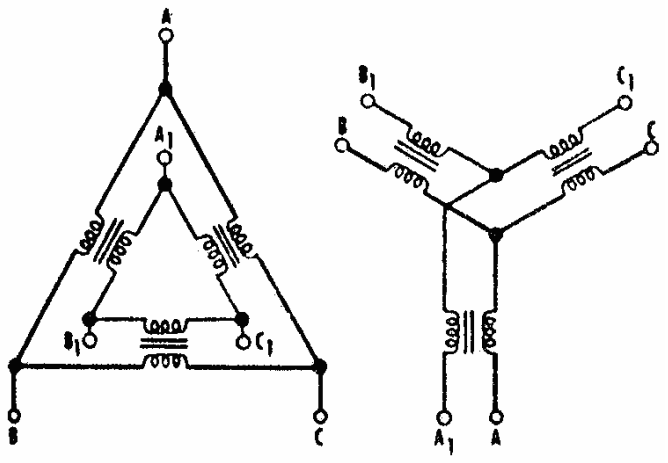
در ژنراتورها بسته به نیاز، هم از اتصال ستاره و هم از اتصال دلتا استفاده می شود .این اتصالات در شکل (۶۷) و(۶۸) نشان داده شده است.

بیستر ژنراتور هائیکه امروزه از آنها استفاده می شود ماشینهای سیم پیچی شده سه فاز می باشند. علت اینست که بهره برداری از ژنراتور های سه فاز بسیار بیشتر از ژنراتور های تکفاز است . بکار بردن ترانسفورماتور سه فاز با ژنراتور های سه فاز بسیار معمول است. اگر هر دو سیم پیچی اولیه و ثانویه بصورت ستاره وصل شوند ترانسفورماتور را ستاره- ستاره گویند و اگر اولیه و ثانویه بصورت مثلث وصل شوند ترانسفورماتور را مثلث - مثلث گویند . این اتصالات برای ترانسفورماتور در شکل (۶۹) نشان داده شده است.

شکل (۶۷)



شکل (۶۸)



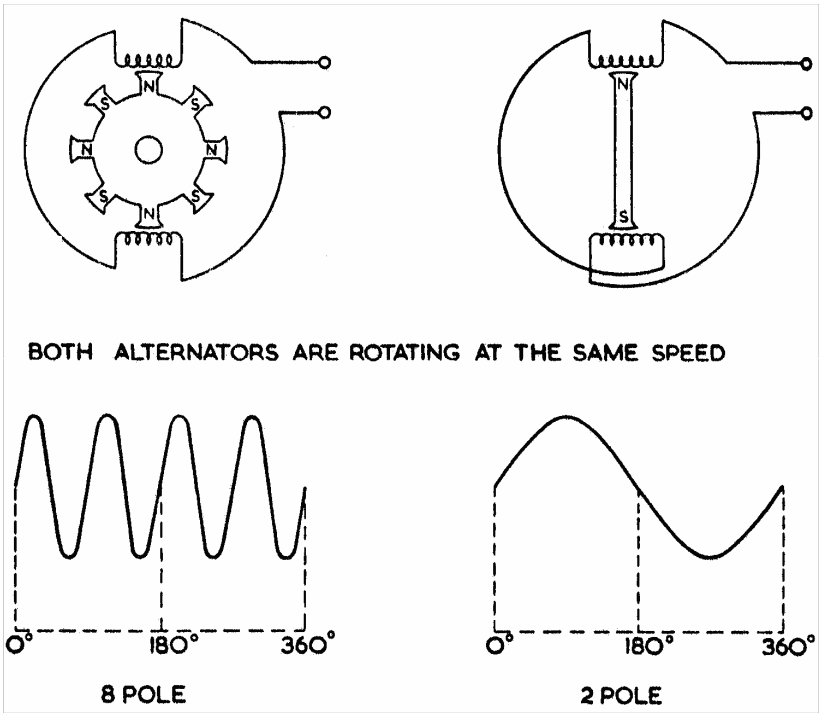
شکل (۶۹)

۵-۵-۱- فرکانس خروجی ژنراتور

فرکانس جریان متناوب تولید شده در یک ژنراتور بستگی به تعداد قطب ها و سرعت روتور دارد. وقتی روتور باندازه کافی چرخید تا دو قطب غیر همنام آن از مقابل یکی از سیم پیچ های استاتور گذشت، ولتاژ القاءِ شده در سیم پیچی باندازه ۳۶۰ درجه الکتریکی یا یک دور تغییر خواهد کرد. بنابراین یک ژنراتور تکفاز دو قطبی که با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه می چرخد، ولتاژی با فرکانس ۵۰ دور در ثانیه تولید خواهد کرد. هر چه تعداد قطب های میدان مغناطیسی ژنراتوربیشتر باشد سرعت گردش کمتری مورد نیاز است تا ژنراتور جریانی با فرکانس معین بدهد .

برای مثال یک ژنراتور ۸ قطبی مانند شکل (۷۰) فقط به سرعتی برابر ۷۵۰ دور در دقیقه احتیاج دارد تا خروجی ۵۰ سیکل بدهد. رابطه بین فرکانس تولید شده بر حسب دور در ثانیه (f) و سرعت روتور برحسب دور در دقیقه (N) و تعداد قطبها (P) بوسیله فرمول زیر بیان می شود:

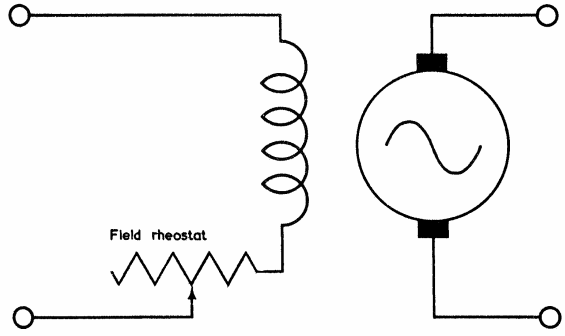
$$f = \frac{PN}{120}$$



شکل (۷۰)

۵-۵-۲- تنظیم کننده ولتاژ

دامنه ولتاژ تولید شده بوسیله ژنراتور به شدت میدان مغناطیسی یا به عبارت دیگر جریان میدان بستگی دارد. در یک ژنراتورac درست مانند ژنراتورهای جریان مستقیم ولتاژ خروجی با بار تغییر می کند. همچنین علاوه بر افت IR که مربوط به مقاومت اهمی سیم پیچهاست افت دیگری بنام افتIX نیز وجود دارد که به خود القائی سیم پیچ بستگی دارد. وقتی بار اضافه شود، هر دو نوع افت باعث کاهش ولتاژ خروجی می شوند. به منظور جبران این افت ولتاژها، یک رئوستای دستی مطابق شکل (۷۱) در مدار میدان قرار می دهند تا شدت میدان را تغییر دهند. اما چون در بیشتر ژنراتورها بار بطور مداوم کم وزیاد می شود لازم است که شدت میدان مرتب تنظیم شود. این کار توسط وسائل اتوماتیک تنظیم ولتاژ انجام می شود که در آنها از جریان متغیر بار برای ایجاد تغییرات لازم در جریان میدان استفاده می شود.



شکل (۷۱)

پرسشهای فصل پنجم :

۱- انواع ژنراتورهای ac را نام ببرید.

۲- فرکانس خروجی ژنراتور سه فاز به چه عواملی بستگی دارد؟

۳- انواع اتصالات در ژنراتورهای سه فاز را نام ببرید.

فصل ششم

موتورهای الکتریکی AC

اهداف آموزشی فصل ششم :

۱- شناخت انواع موتورهای ac
۲- شناخت ساختمان موتورهای سنکرون
۳- آشنایی با ویژگیها و موارد کاربرد موتورهای سنکرون
٤- شناخت انواع ماشینهای آسنکرون

۶-۱-انواع موتورهای جریان متناوب

چون مقدار زیادی از قدرت 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 طراحی شده اند که در حدود معین دارای سرعت متغیر باشد .

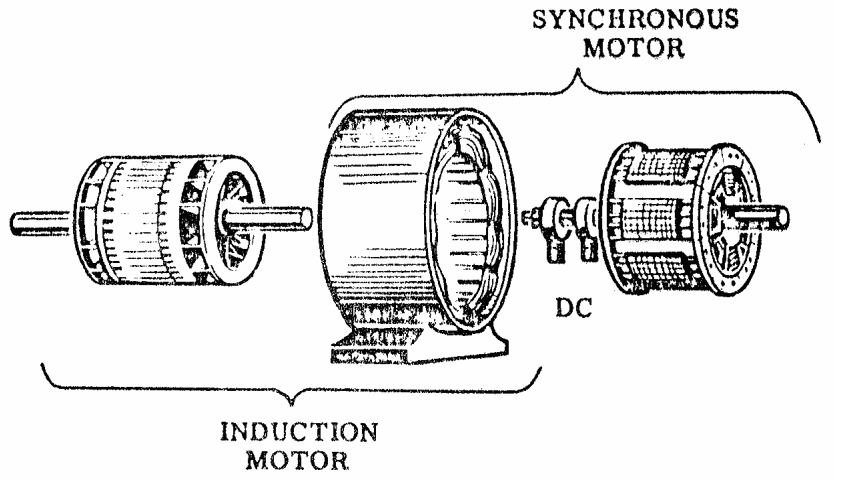
موتورهای جریان متناوب می توانند طوری طراحی شوند که با منبع جریان متناوب تکفاز و یا چند فاز کار کنند . ولی چه موتور تکفاز باشد و یا چند فاز اصول کار آنها یکسان است. اصول مزبور عبارتست از این که جریان متناوب اعمال شده به موتور، میدان مغناطیسی گردانی تولید می کند که باعث چرخش روتور می شود.

موتورهای جریان متناوب عموماً به دو نوع تقسیم می شوند :

۱- موتورهای سنکرون
۲- موتورهای القایی

موتور سنکرون در واقع ژنراتوریست که بعنوان موتور کار می کند و در آن جریان متناوب به استاتور و جریان مستقیم مطابق شکل (۷۲) 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 .



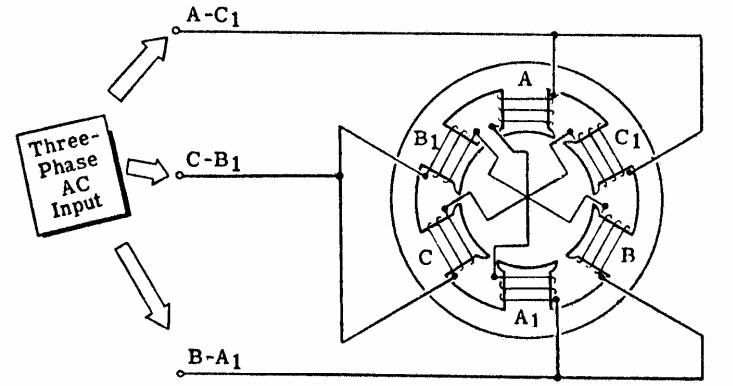
شکل (۷۲)

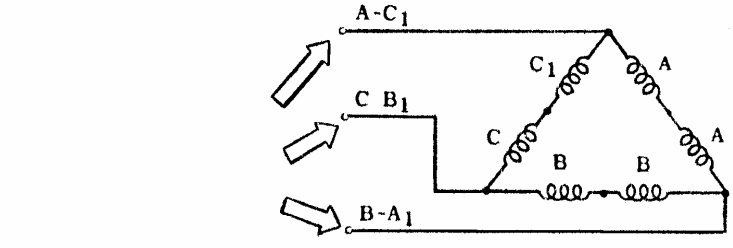
۶-۲- میدان گردان

همانطور که گفته شد میدان گردانی که از اعمال جریان متناوب به موتور تولید می گردد باعث گردش روتور می شود. قبل از آنکه به بحث درمورد چگونگی ایجاد حرکت روتور توسط میدان گردان پرداخته شود به بحث پیرامون این مطلب پرداخته می شود که چگونه می توان یک میدان مغناطیسی گردان تولید نمود. شکل (۷۳) استاتور سه فازی را نشان می دهد که جریان متناوب سه فاز به آن اعمال شده است. همانطور که نشان داده شده است سیم پیچها بصورت مثلث به یکدیگر اتصال دارند .

میدان مغناطیسی تولید شده بوسیله هر یک از سیم پیچ ها در هر لحظه به جریانی که از آن می گذرد بستگی دارد. اگر جریان صفر باشد میدان مغناطیسی هم صفر خواهد بود. اگر جریان ماگزیمم باشد میدان مغناطیسی نیز ماگزیمم خواهد بود و چون جریان فازها ۱۲۰ درجه با هم اختلاف فاز دارند میدان های مغناطیسی تولید شده هم ۱۲۰ درجه با هم اختلاف فاز خواهند داشت. با ترکیب سه میدان مغناطیسی مزبور که در هر لحظه وجود دارند یک میدان منتجه تولید می شود که روی روتور عمل می کند. این میدان مغناطیسی منتجه پیوسته در حال حرکت است و بعد از هر سیکل کامل جریان متناوب، میدان مغناطیسی مزبور هم به اندازه ۳۶۰ درجه یا یک دور دوران می کند .

شکل (۷٤) شکل موج جریانهای اعمال شده به استاتور سه فاز مزبور را نشان می دهد این شکل موج ها۱۲۰ درجه با هم اختلاف فاز دارند. شکل موجهای مزبور می توانند نشان دهنده سه میدان مغناطیسی باشد که بوسیله هر یک از سیم پیچها تولید می شود .





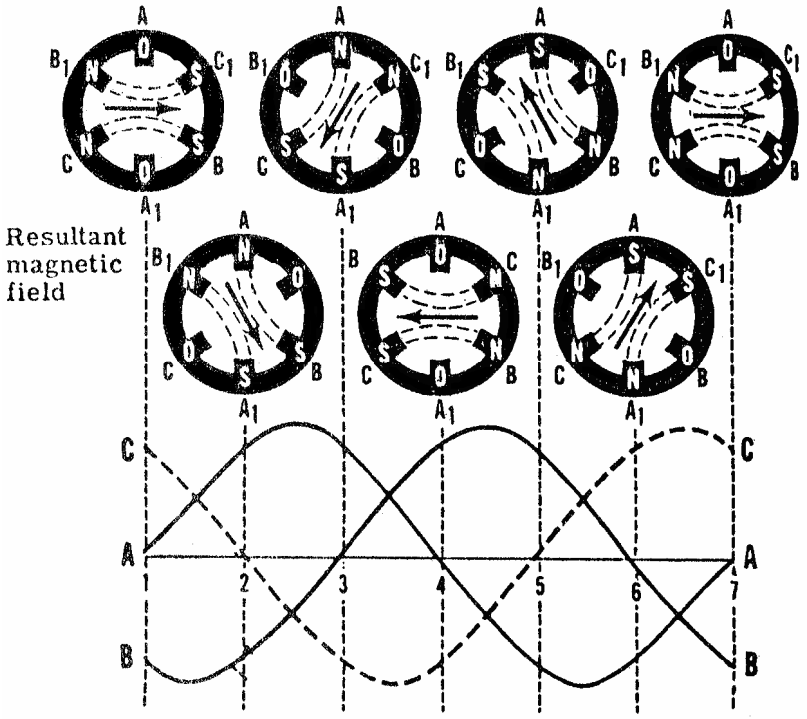
شکل (۷۳)

با استفاده از شکل موجهای نشان داده شده در شکل (۷٤) می توان در هر $\frac{1}{6}$ دور (معادل ۶۰ درجه) میدانهای مغناطیسی تولید شده را با هم ترکیب نمود تا جهت میدان مغناطیسی منتجه پیدا شود. در نقطه ۱ شکل موج C مثبت و شکل موج B منفی است. به عبارت دیگر جریانهای گذرنده از سیم پیچ های فاز B و C غیر هم جهت هستند و بنابراین جهت میدانهای مغناطیسی ناشی از Bو C نیز غیر هم جهت هستند. در بالای نقطه ۱ جهت میدان به طرز ساده ای نشان داده شده است. توجه داشته باشید که B۱ قطب شمال و B قطب جنوب است و بهمین ترتیب C قطب شمال وC۱ قطب جنوب است؛ چون در نقطه ۱ هیچ جریانی از سیم پیچ فاز A نمی گذرد ومیدان مغناطیسی آن صفر است .

در نقطه ۲ یعنی ۶۰ درجه بعد شکل موج جریانهای فازهای Aو B مساوی و مخالف یکدیگرند و شکل موج C صفر است. بنابراین میدان مغناطیسی منتجه به اندازه ۶۰ درجه دیگر چرخیده است . در نقطه ۳ شکل موج B صفر است و میدان مغناطیسی منتجه باندازه ۶۰ درجه

دیگر می چرخد و بهمین ترتیب از نقطه ۱ تا نقطه ۷ مشابه یک سیکل جریان متناوب، میدان مغناطیسی منتجه باندازه یک دور کامل می چرخد .

بنابراین می توان گفت که اعمال جریان متناوب سه فاز به سه سیم پیچ که بطور قرینه در اطراف استاتور جای گرفته باشند یک میدان مغناطیسی گردان ایجاد می شود که این میدان باعث دوران روتور می شود .



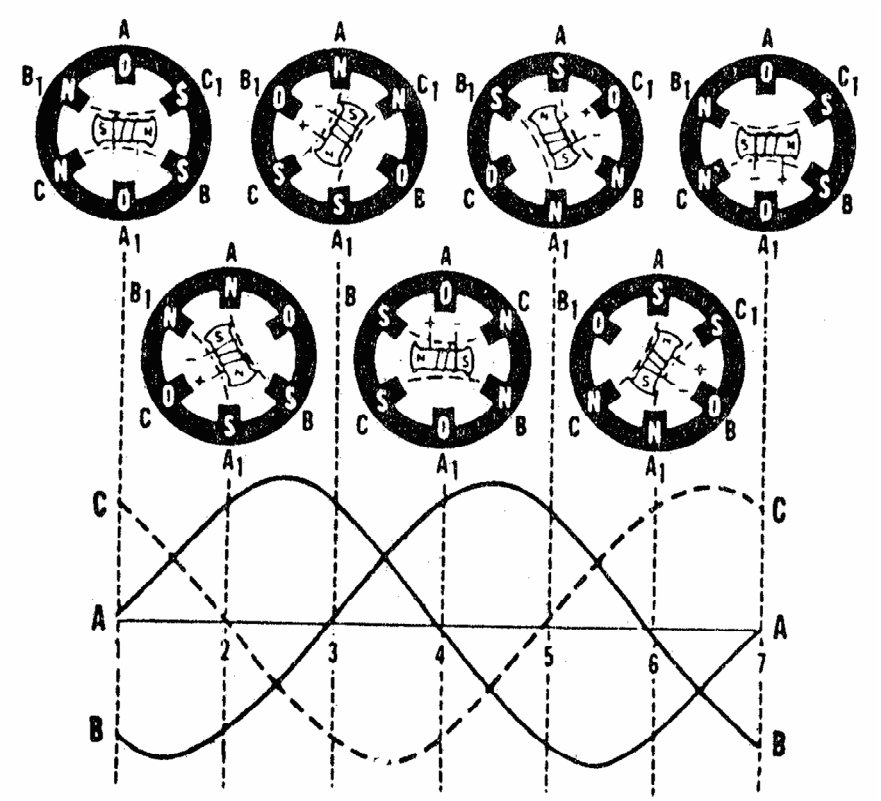
شکل (۷۴)

۶-۳- موتورهای سنکرون

علت اینکه به این نوع موتورها سنکرون می گویند این است که روتور آن مانند شکل(۷۵) با میدان مغناطیسی گردان تولید شده در استاتور همگام است. ساختمان این موتورها اساساً شبیه به ژنراتورهای 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.

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 کنند. در نتیجه برای مواردی مورد استفاده قرار می گیرند که از حالت بی باری تا حالتی که بار موتور ماگزیمم است سرعت ثابتی مورد نیاز باشد .

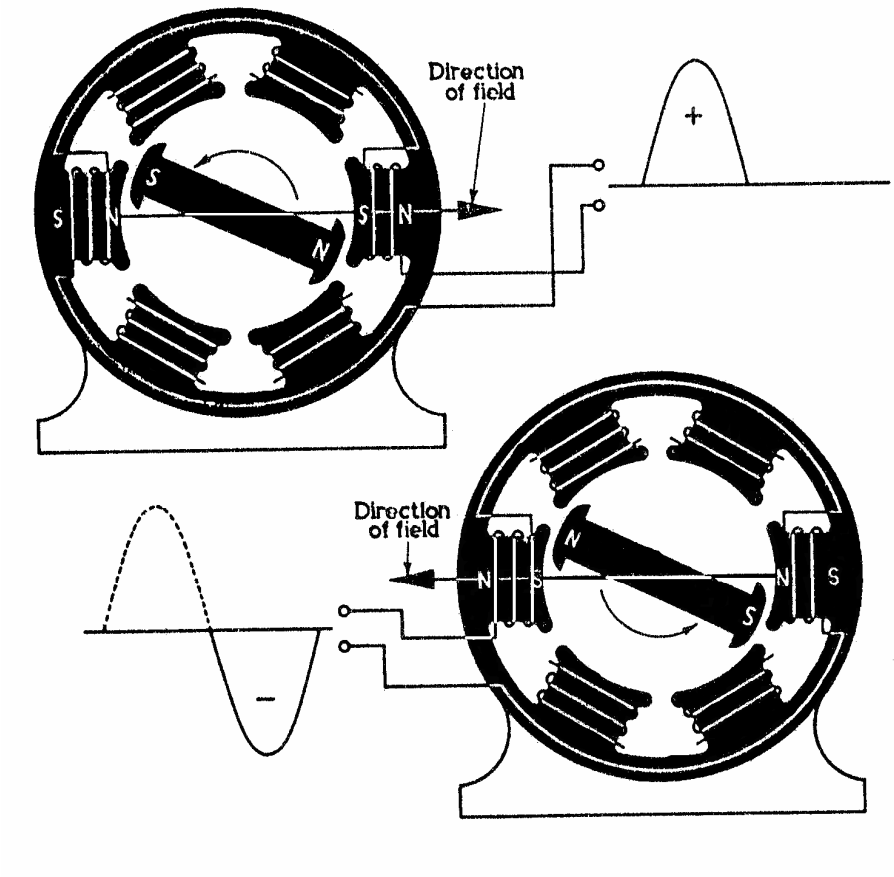


شکل (۷۵)

یکی از عیبهای موتور سنکرون این است که نمی تواند از حالت سکون و با اعمال جریان 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 روتور را آنقدر سریع 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 یک منبع جریان مستقیم وصل می شودو روتور با میدان گردان به گردش ادامه می دهد .در ادامه خواهید دید که چگونه جریان متناوب سه فاز اعمال شده به سیم پیچی استاتور می تواند یک میدان مغناطیسی پالسی شکل که لازمه راندن موتور است تولید کند.

هر لحظه که قطب های روتور به سیم پیچی استاتور نزدیک می شود جهت میدان استاتور باید طوری درهر لحظه عوض شود که آنرا جذب کند و به آن گشتاوری در جهت حرکتش اعمال نماید. بنابراین جریان میدان در سیم پیچی استاتور باید در فاصله ای که قطب های غیر همنام روتور به سیم پیچی استاتور نزدیک می شود باندازه نصف سیکل تغییر کند. شکل (۷۶) جهت میدان استاتور را که بوسیله اعمال یک جریان متناوب تکفاز ایجاد می شود نشان می دهد .شکل اول نصف سیکل جریان متناوب را نشان می دهد. مشاهده می شود که وقتی روتور با میدان استاتور همگام گردید، قطبهای روتور بوسیله سیم پیچ های استاتور جذب می شود. برای نصف دیگر سیکل جریان متناوب مشابه شکل دوم ، جهت میدان استاتور برعکس شده و کوپل لازم برای حرکت روتور را فراهم می کند. بخاطر داشته باشید که مانند موتورهای سنکرون سه فاز، موتور تکفاز هم به یک وسیله راه اندازی احتیاج دارد.



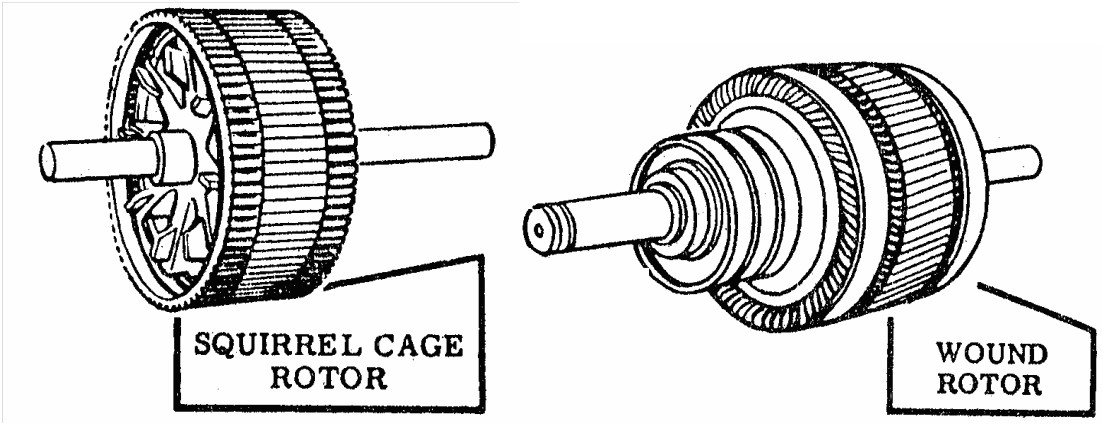
شکل (۷۶)

۶-۴- 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 (۷۷) 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 .

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 .



شکل (۷۷)

همانطور که از قانون لنز می دانید هر جریان القائی کوشش می کند که با تغییر میدانی که آنرا القاء 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. در عمل سرعت روتور تا آنجا که وزن و مقدار باری که روی موتور است اجازه بدهد تا نزدیکی های سرعت میدان استاتور خواهد رسید .

۶-۵- لغزش در موتورهای القائی

در یک موتور القائی امکان اینکه روتور بتواند با سرعت میدان مغناطیسی استاتور بچرخد وجود ندارد. از طرف دیگر اگر سرعت ها یکسان باشند هیچ حرکت نسبی بین روتور و میدان گردان وجود نخواهد داشت و در نتیجه هیچ جریانی در روتور القاء نمی شود. در اینصورت هیچ نیروی گردانده ای هم بر روتور وارد نخواهد شد .بنابراین برای وجود حرکت نسبی باید روتور با سرعتی کمتر از سرعت میدان مغناطیسی بگردد .

تفاوت سرعت روتور و میدان مغناطیسی که معمولاً بصورت درصد بیان می شود را لغزش می گویند. هر چه مقدار این لغزش کمتر باشد سرعت روتور به سرعت میدان استاتور نزدیکتر می شود .

سرعت موتور بستگی به گشتاور بار دارد و هر چه بار موتور بیشتر باشد نیروی گردنده قوی تری لازم است تا روتور را بگرداند .این نیروی گردنده موقعی زیاد می شود که نیروی الکتروموتوری القاء شده در روتور زیاد شود و نیروی الکتروموتوری فقط موقعی زیاد

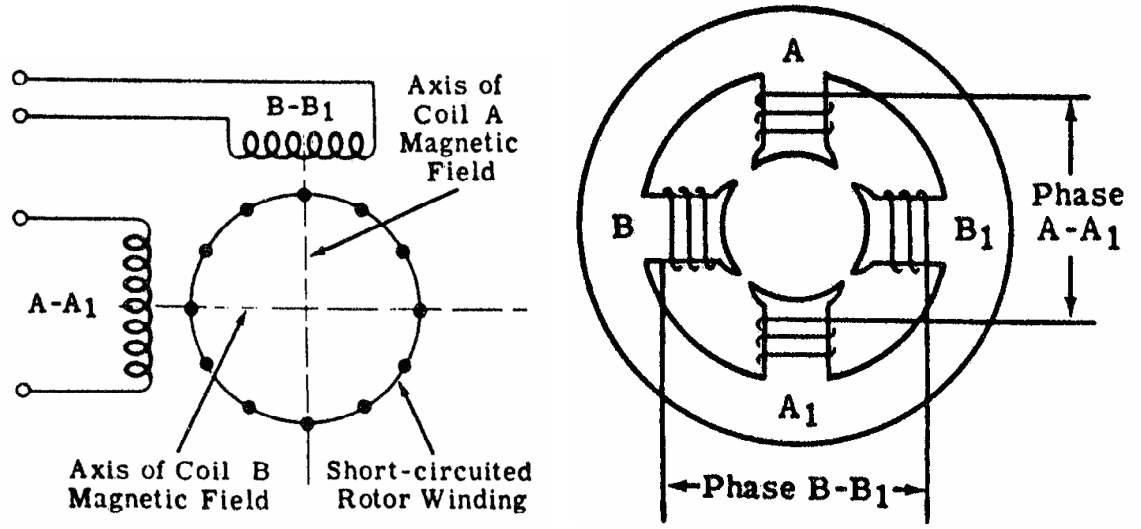
می شود که میدان مغناطیسی، روتور را با سرعت بیشتری قطع کند. یعنی باید سرعت نسبی بین میدان مغناطیسی و روتور زیاد شود بنابراین باید روتور آهسته تر بگردد .

با توجه به این مطلب می توان گفت که موتور القائی برای بارهای سنگین تر آهسته تر از بارهای سبک خواهد چرخید. موتورهای القائی برای تمام مقصودهای عملی موتورهایی با سرعت ثابت هستند .

۶-۶- موتورهای القائی دو فازه

موتورهای القائی برای کارکردن بصورت موتورهای سه فاز و دو فاز طراحی شده اند اما در تمام موارد باید جریان متناوب اعمال شده به استاتور یک میدان گردان تولید کند تا روتور را همراه خود بکشد .

قبلاً مشاهده شد که چگونه وقتی جریان متناوب سه فاز به یک سیم پیچ سه فاز متقارن اعمال شود یک میدان مغناطیسی گردان تولید می کند. استاتور موتورهای القائی دو فازه دارای دو سیم پیچی است که نسبت بهم با زاویه نود درجه قرار گرفته اند . شکل (۷۸) یک استاتور دو فاز را به همراه نقشه شماتیک آن نشان می دهد.



شکل (۷۸)

اگر ولتاژهای اعمال شده به فازهای $A-A_1$ و $B-B_1$ نود درجه اختلاف فاز داشته باشند جریانهای گذرنده از آنها نیز ۹۰ درجه اختلاف فاز خواهند داشت و چون میدانهای مغناطیسی تولید شده در سیم پیچ ها با جریان مربوط بخود هم فاز خواهند بود بنابراین میدانهای مغناطیسی نیز ۹۰ درجه با هم اختلاف فاز خواهند داشت. این دو میدان مغناطیسی غیرهمنام که

محورهای سیم پیچی آنها هم ۹۰ درجه با هم زاویه دارند در هر لحظه به یکدیگر اضافه شده و میدان منتجه ای تولید می کنند که به ازای هر سیکل جریان متناوب یک دوران خواهد کرد. دیاگرام شکل(۷۹) منحنی های مربوط به میدانهای مغناطیسی مزبور را نشان می دهد حروفی که برای مشخص کردن شکل موجها بکار رفته است مشابه فاز مربوطه می باشد.

در نقطه ۱ جریان از سیم پیچی $A-A_1$ می گذرد و میدان مغناطیسی آن ماگزیمم است در این حالت جریان گذرنده از سیم پیچی $B-B_1$ صفر و در نتیجه میدان مغناطیسی آن هم صفر است در نتیجه میدان مغناطیسی کل در امتداد محور سیم پیچی $A-A_1$ خواهد بود.

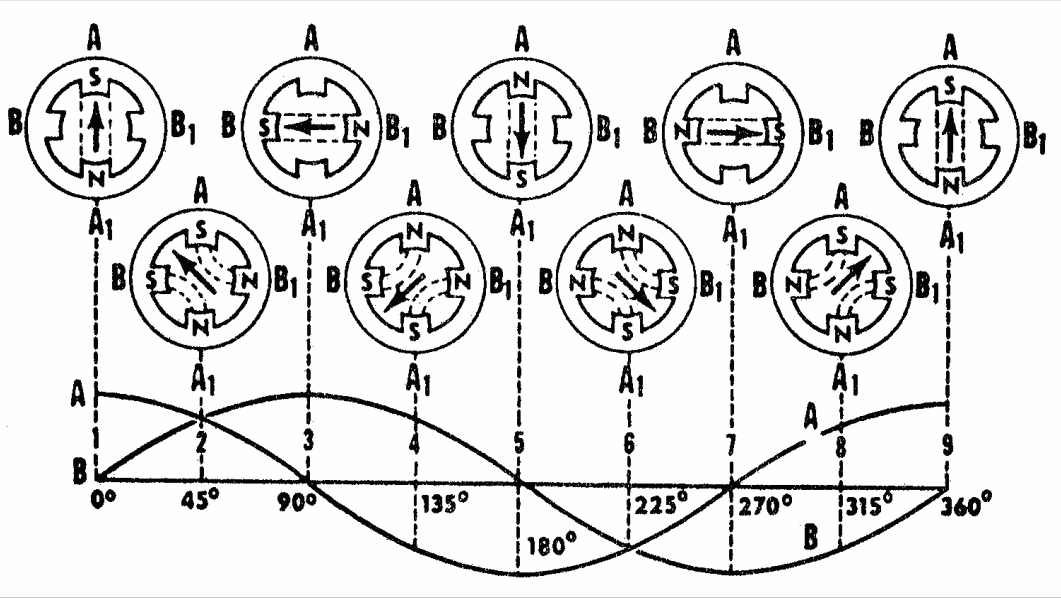
در نقطه ۲،(٤٥ درجه بعد) میدان مغناطیسی سیم پیچهای $A-A_1$ و $B-B_1$ بطور مشترک میدان مغناطیسی کلی را نشان می دهد چون جریانهای کلاف ها و شدت میدان مغناطیسی آنها مساوی است.

در نقطه ۳، (زاویه ۹۰ درجه) میدان مغناطیسی در سیم پیچی $A-A_1$ صفر و در $B-B_1$ ماگزیمم است. بنابراین میدان منتجه همانطور که در شکل (۷۹) نشان داده شده است در امتداد محور $B-B_1$ قرار خواهد گرفت. بنابراین از نقطه ۱تا۳ میدان مغناطیسی ۹۰ درجه دوران کرده است .

در نقطه ٤(زاویه ۱۳۵ درجه) دوباره شدت میدانهای مغناطیسی با هم برابر می شود ولی جهت میدان مغناطیسی در سیم پیچی میدان مغناطیسی در سیم پیچی $A-A_1$ برعکس شده است .دوباره سیم پیچی ها $A-A_1$ و $B-B_1$ میدان کلی را مشترکاً برقرار کرده که جهت آن در شکل نشان داده شده است.

در نقطه ۵(زاویه ۳۰ درجه) میدان مغناطیسی در سیم پیچی $B-B_1$ صفر است و در سیم پیچی $A-A_1$ ماگزیمم است بنابراین میدان منتجه نیم دور دیگر دوران کرده و یک دور را کامل می کند .

بدین ترتیب با گذاشتن دو سیم پیچی که نسبت بهم با زاویه نود درجه قرار گرفته باشد و با تحریک کردن آنها با ولتاژهائیکه ۹۰ درجه با یکدیگر اختلاف فاز داشته باشند یک میدان مغناطیسی گردان می توان بوجود آورد .



شکل (۷۹)

پرسشهای فصل ششم :

۱- انواع موتورهای ac را نام ببرید.

۲- ساختمان موتورهای سنکرون را توضیح دهید.

۳- میدان گردان چگونه بوجود می آید؟

٤- موتورهای سنکرون در چه مواردی به کاربرده می شود؟

۵- موتورهای آسنکرون دارای چه ویژگیهایی است؟

۶- انواع موتورهای آسنکرون را نام ببرید؟

۷- لغزش در موتورهای القایی چیست؟

مراجع

۱- اصول مقدماتی الکتریسته (قسمت چهارم) " ا. فلاحی" مرکز آموزش وآزمون مهارتهای فنی مناطق نفت خیز.

۲- ماشینهای الکتریکی تألیف Bim Bhara ترجمه مسعود لسانی . جعفر سلطانی