توجه – توجه - توجه

۱-تمرینات باید با نام و نام خانوادگی و شماره دانشجویی شروع شود.

۲-در صورت تمرین بایستی شماره جلسه (اینکه تمرین از کدام جلسه درس است) و شماره تمرین و صورت مساله به طور کامل نوشته شود

۳-هم تمرینات حل شده و هم حل نشده بایستی در تمرینات باشد

٤-تمرینات دو فصل قبل از ابتدا تا انتها بایستی به ترتیب نوشته شود

٥-مهم: اگرهم تمرین حل شود و هم به صورت جزوه مطالب درسی بازنویسی شود علاوه بر نمره تمرین به شما ۲ نمره هم به خاطر جزوه تمیز داده می شود

٦-مهم: اگر دو یا چند تمرین ارسال شده همه اشتباهاتی که در تمرینها هستش یک سان باشد به معنای از هم کپی کردن می باشد و به هر دو یا هر سه و یا .... نمره داده تمی شود.

۷-تمرینات بایستی با دست نوشته و حل گردد.

۸-همه صفحات تمرین بایستی در کنار هم قرار گرفته و شماره صفحه داشته باشد و به صورت یک فایل PDF ارسال گردد.

۹-اگر تمرینات در داخل جزوه ای که خلاصه درس ها را پوشش می دهد باشد نمره قابل توجه ای به دانشجو تعلق می گیرد

۱۰-همه تمریناتی که تا کنون ارسال شده ناقص است بایستی اصلاح و مجددا ارسال گردد

ممنون موفق باشید

فصل سوم

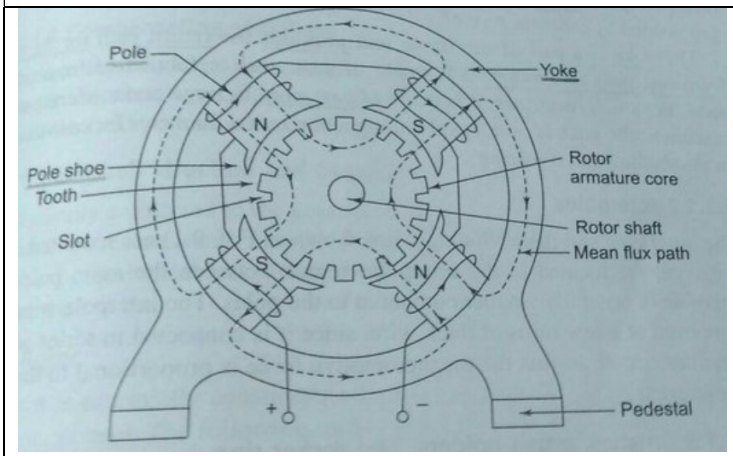
بررسی اجزای تشکلیل دهنده ماشین DC

جلسه سوم

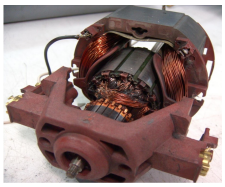
در این جلسه می پردازیم به بررسی و وظایف اجزای تشکیل دهنده ماشینهای DC

مطالب این جلسه به شرح زیر است:

۱- استاتور و آرمیچر و اجزای آن ها
۲- سیم بندی استاتور و آرمیچر و نحوه اجرای آن
۳- کموتاتور و اجزا و وظیفه هر کدام
٤- کموتاسیون در ماشینهای DC و مسایل مربوط به انها
٥- عکس العمل آرمیچر



نمایش اجزای محتلف ماشین DC



الف) استاتور : قسمت ساکن ماشین DC است. از اجزای زیر تشکیل شده است:

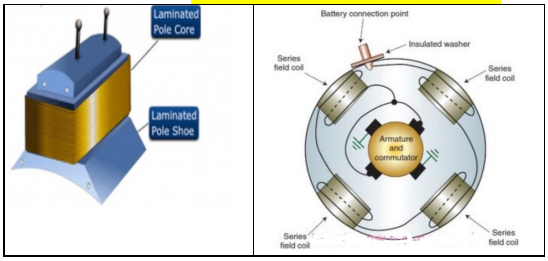
۱- یوغ (Yoke)

۲- قطبهای میدان (Field poles)

۳- کفش قطبها (Pole shoes)

٤- سیم پیچهای تحریک(Field windings)

٥- جاروبکها یا زغالها (Brushes)



Pole shoe is a lamination of annealed steel made of cast iron or cast steel but it's used to:

- Enlarge the pole area and reduce the reluctance of the magnetic path.
- Provide more spread out of flux in the air gap.

STATOR

As the name signifies *stator* means the part which doesnot move or the stationary part of the DC machine. Stator is mainly constituted of **yoke, field poles,pole shoe,field windings etc.**

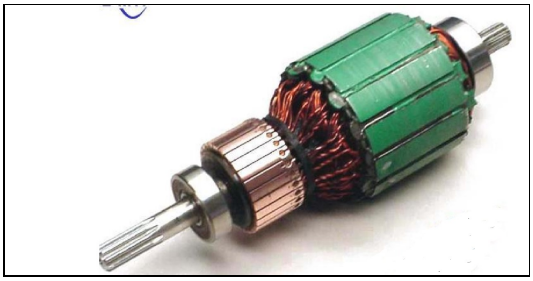
- **Yoke** is the outer covering of the DC machine. Its main function is to provide the mechanical support and the return path to flux. In large machines, yoke is composed in two halfs while for smaller machine in single form.
- **Field poles** are usually laminated in order to reduce the eddy current loss.Its main function is setup the necessary flux and to provide the support to the field windings.
- **Poles shoes** have surface area larger than the poles and are always laminated to reduce eddy current losses. Pole shoes are jointed over the poles by of screws. It provide support to the field windings.
- **Field windings** are the wires or coils which remain wound over the poles in the DC machine. When current flows through the windings it acts like a electromagnet. It remains connected with the armature either in series or in parallel according to the type od DC machine.
- **Brushes** it connects the rotating armature and the external circuit. Brushes are employed to collect current from the commutator and deliver it to the load. These are rectangular in shape and made of carbon graphite.

ب) روتور: قسمت دوار ماشینهای DC است که آرمیچر نامیده می شوذ از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱- هسته آرمیچر (Armature core)

۲- سیم پیچی آرمیچر (Armature windings) که جزو اجزای مهم یک ماشین DC است.

۳- کموتاتور (Commutator) که نقش اساسی در تبدیل ولتاژ القایی سیم پیچی آرمیچر گردان که به شکل AC است به DC و انتقال آن به خارج از ماشین



ROTOR

The rotor is constituted of an **armature core,armature windings** and a **commutator.**

- **Armature core** is the rotating part of the DC machine. It is made up of thin lamination having thickness about 0.35–0.5 mm. In order to reduce eddy current losses the laminations arr insulated from each other by polish or varnish. Solts are cut on the upper periphery of the core. The slots are usually placed parallel to the axis of armature but sometimes skewed at an angle to reduced the vibrations of the teeth.
- **Armature windings** are wires or coils which are wound on the armature core and placed inside the slots of the core. The armature winding coil ends are connected to the commutator segments.
- **Commutator** plays a very important role in the DC machine. Its main function is *to convert the ac voltage induced in the armature windings to the DC voltage in the external circuit ,in case of generator operation and to produce the unidirectional torque in case of motor operation.* The ends of the armature coils are joined to the commutator consisting of a small wedge-shaped segment. Commutator segments are insulated from each other by the layers of mica strips. The segments are assembled side by side to form a ring. The commutator is pressed onto the shaft.

سیم بندی ها در یک ماشین DC

انواع سیم بندی در ماشینهای DC عبارتند از:

۱-سیم پیچ تحریک ←

وظیفه این سیم پیچ تولید شار مغناطیسی است و در ماشینهای DC از کلاف های N دوری تشکیل شده است که بر روی قطبهای استاتور قرار داده می شود و عمدتا با هم سری و یا موازی گردیده و توسط جریان I_f تغذیه گردیده و طبق رابطه اساسی $F_{mmf} = NI_f = \Phi R_m$ شار مغناطیسی مورد نیاز ماشین برای تبدیل انرژی را فراهم می آورد. همانطور که دیدیم ساختمان بسیار ساده دارد.

۲-سیم پیچ آرمیچر←

همانطوریکه قبلا اشاره شد سیم بندی آرمیچر یک ماشین DC از مهمترین اجزاء ماشینهای جریان مستقیم می باشد وظیفه القای نیروی محرکه و القای نیرو در ماشین را به عهده دارد و اجرای آن از پیچیدگی های خاصی بر خوردار است و بایستی برای اجرای آن از اصول و قواعد خاصی پیروی شود. همچنین سهم بزرگی در انجام عمل تبدیل انرژی دارد. از این جهت در عملی کردن آن بایستی نکات زیر مورد توجه خاص قرار گیرد:

الف) از مواد بکار برده شده جهت ساختن آن حداکثر استفاده گردد تا سعی شود وزن در حداقل ممکن مانده و راندمان مطلوبترین مقدار را داشته باشد.

ب) کار ماشین را از نقطه نظر مکانیکی و حرارتی و الکتریکی برای مدت قابل ملاحظه ای حدودا ۱۶ الی ۲۰ سال تضمین نماید.

ج) از نقطه نظر آثار حاصل از کموتاسیون رضایت بخش باشد.

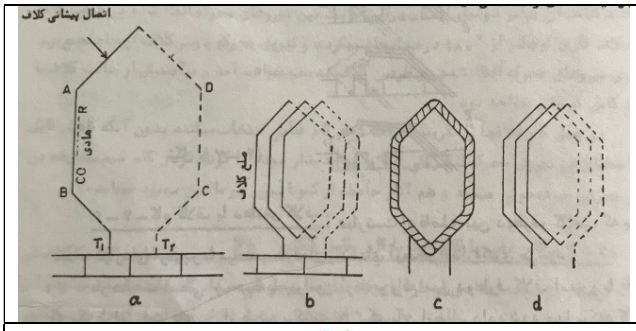
در اینجا سیم بندی در آرمیچر یک ماشین DC به تفصیل شرح داده می شود.

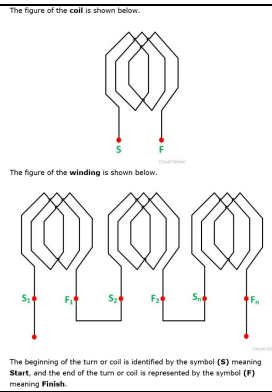
در ابتدا می پردازیم به اصطلاحات و واژه های (Winding terminology) مربوط به سیم بندی آرمیچر

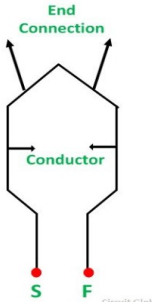
۱-هادی(Conductor) : ⟵ طولی از یک سیم را که در میدان مغناطیسی قرار می گیرد و در آن نیروی محرکه الکتریکی القاء می گردد (طول AB و یا CD در شکل مقابل).

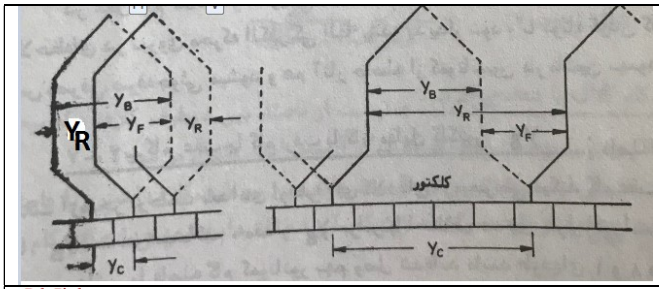
۲-دور(Turn): ⟵ دور یا حلقه از یک هادی رفت و یک هادی برگشت تشکیل شده است (مانند T_1 BADCT_2) در شکل مقابل.

۳ -کلاف(Coil): ← کلاف یا جزء اولیه سیم پیچ آرمیچر از تعدادی دور (از یک دور تا N دور) تشکیل شده است (مانند آنچه در شکلهای b یا c و یا d دیده می شود.









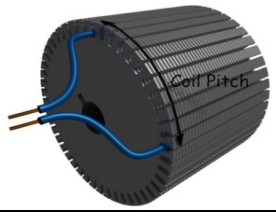
۴-گام کلاف یا دهانه کلاف(Coil Pitch): ← عبارتست از فاصله بین دو طرف کلاف که بر حسب تعداد شیارهای آرمیچر اندازه گیری می شود.

۵-گام قطب (Pole Pitch): فاصله بین مرکز تا مرکز دو قطب مجاور استاتور که بر حسب تعداد شیار اندازه گیری می شود.

توجه: در صورتیکه گام کلاف با گام قطب برابر باشد سیم پیچی را با گام کامل می نامند در غیر این صورت سیم پیچی را با گام کوتاه می نامند.

Pole Pitch

It is the distance on the armature periphery between two adjacent poles. We usually measure it in terms of armature slots per pole. That means, if a DC generator has four magnetic poles and it has 48 armature slots, then slots per pole of the generator will be 12. Hence, this 12 is nothing but pole pitch of the generator.



۶-گام عقب یا گام رفت (Back Pitch Y_B) : فاصله ای که یک کلاف در عقب آرمیچر (بر حسب تعداد شیار) طی می کند گام عقب نامیده می شود. و با Y_B نمایش می دهند.

۷-گام جلو یا گام برگشت (Front Pitch Y_F) : فاصله بین یک طرف برگشت و یک طرف رفت بلافاصله بعد از طرفی که به این طرف برگشت وصل شده است.

۸- گام برآیند (Resultant Pitch Y_R) : عبارتست از فاصله بین ابتدای یک کلاف و ابتدای کلاف بعدی ایکه به تیغه های مجزا از هم وصل شده اند و امکان سری شدن کلاف ها را فراهم می سازند.

در سیم بندی حلقوی $Y_R = Y_B - Y_F$ و در سیم بندی موجی $Y_R = Y_B + Y_F$ می باشند

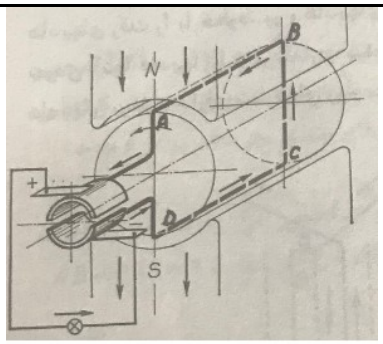
۹-گام کلکتور یا گام کموتاتو(Commutator Pitch Y_C) :

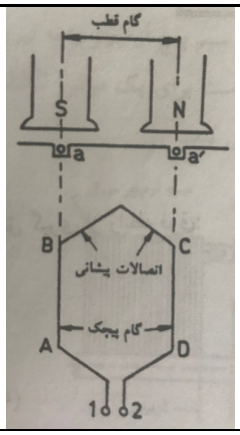
عبارتست از فاصله بین تیغه هایی از کموتاتور که دو سر یک کلاف به آنها وصل شده است.

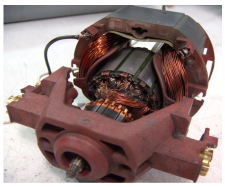
بعد از تعاریف اصطلاحات و واژه های فوق حال می پردازیم به انواع سیم بندی آرمیچر ماشین های DC

در طراحی سیم بندی آرمیچر باید به نکته زیر توجه شود.

۱-اگر قسمت رفت هر کلاف زیر قطب شمال مغناطیسی قرار دارد قسمت برگشت حتما باید زیر قطب جنوب مغناطیسی قرار گیرد تا اولا دو نیروی محرکه القاء شده با هم جمع گردد یا دو نیروی القاء شده در دو جهت مخالف باشد و باعث تولید گشتاور گردد.







۲-قبل از اجرای سیم بندی نقشه اجرایی سیم بندی ترسیم گردد تا اجرای آن به سهولت انجام پذیرد.

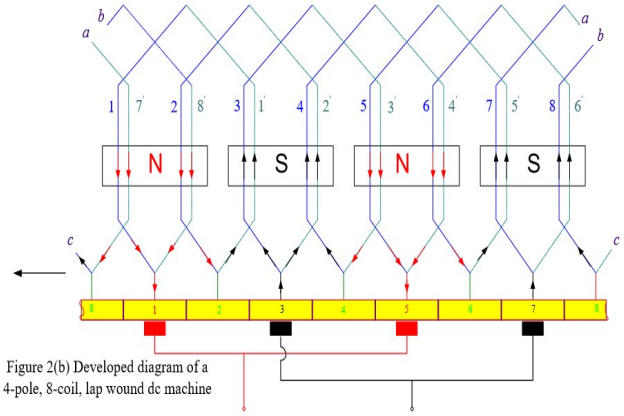


Figure 2(b) Developed diagram of a 4-pole, 8-coil, lap wound dc machine

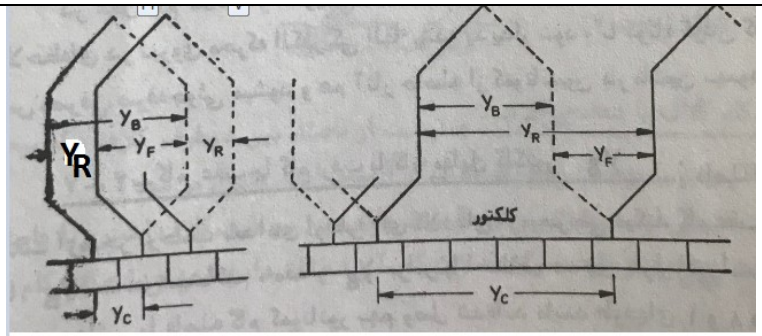
انواع سیم بندی آرمیچر ماشین های DC:

دو نوع اساسی سیم بندی آرمیچر عبارتند از:

۱- **نوع حلقوی(Lap Winding) : این نوع سیم بندی به دو روش ساده و مرکب انجام می شود**

۲- **نوع موجی (Wave Winding) : این نوع سیم بندی هم به دو روش ساده و مرکب انجام می شود**

اختلاف این دو سیم بندی ناشی از تفاوتی است که در نتیجه نوع اتصال سر کلاف ها به کلکتور حاصل می شود.



در تمامی این سیم بندیها :

۱- **گام جلو و گام عقب تقریبا مساوی گام قطب می باشند یعنی سیم بندی با گام کامل. (در نتیجه نیروی محرکه القاء شده در کلافها افزایش می یابد) . سیم بندی با گام کوتاه در مواد خاص استفاده می شود.**

۲- **هردو گام جلو و عقب بایستی باید عدد فرد باشند تا عمل سیم بندی در روی آرمیچر آنچنان انجام شود که همواره یک طرف از یک کلاف در بالای شیار و طرف دیگر آن در زیر شیار قرار بگیرند. در حالیکه اگر زوج باشند این امکان بوجود نمی آید.**

۳- **تیغه های کموتاتور برابر با تعداد شیارها یا تعداد کلافها یا نصف تعداد طرفهای کلافها می باشد.**

٤- **سیم بندی بایستی با در نظر گرفتن گام رفت و گام برگشت یک یا چند مدار بسته را بوجود آورد .(یا به طور حلقوی یا موجی).**

۵- **سیم بندی اگر یک مدار بسته را به وجود آورد آنرا ساده و اگر چند مدار بسته را به وجود آورد آنرا مرکب می گویند.**

۱–سیم بندی حلقوی (Lap Winding):. در این نوع سیم بندی همواره ابتدای یک کلاف و انتهای کلاف ماقبل آن به یک تیغه کلکتور لحیم می گردد. در نتیجه گام کلکتور آن برابر واحد می گردد.

$Y_C = 1$

در این سیم بندی ابتدا کلافها ذوج قطب اول را کامل کرده سپس ذوج قطب دوم را پوشش می دهند.

Lap Winding: This type of winding is used in dc generators designed for high-current applications. The windings are connected to provide several parallel paths for current in the armature. For this reason, lap-wound armatures used in dc generators require several pairs of poles and brushes.

کاربرد: در مولدهای DC با ولتاژ کم و جریان زیاد است وچونکه این نوع سیم بندی چند مسیر موازی را بوجود می آورد.

تعداد راه جریان در این نوع سیم بندی برابر تعداد ذوج قطب می باشد.

$$2a=2P$$

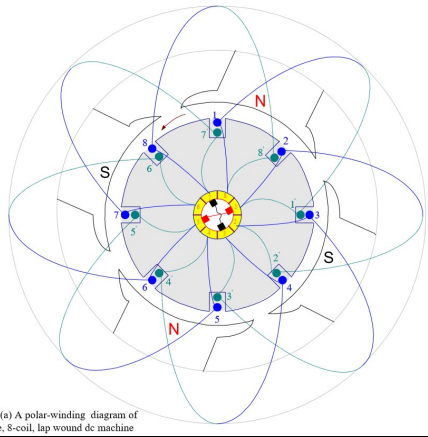


Figure 2(a) A polar-winding diagram of a 4-pole, 8-coil, lap wound dc machine

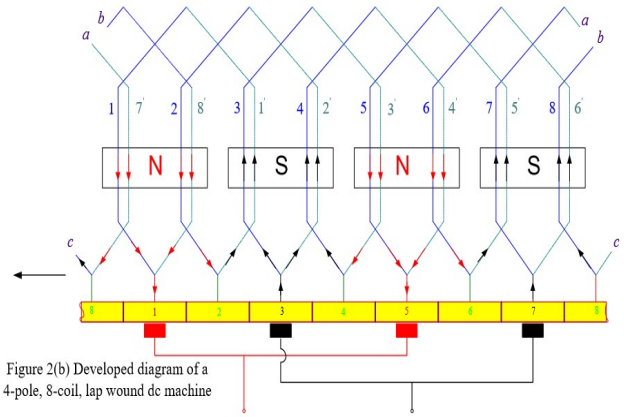


Figure 2(b) Developed diagram of a 4-pole, 8-coil, lap wound dc machine

۲–سیم بندی موجی:

در این نوع سیم بندی همواره ابتدای یک کلاف و انتهای کلاف ماقبل آن به یک تیغه کلکتور لحیم می گردد.

در این نوع سیم بندی کلاف اول دو شیار رفت و برگشت را در اولین ذوج قطب اشغال می نماید و کلاف بعدی دو شیار رفت و برگشت را در دومین زوج قطب را اشغال می کند و بعدی در سومین و ... و دو باره این حلقه تکرار می گردد.

Wave Winding: This type of winding is used in dc generators employed in high-voltage applications. Notice that the two ends of each coil are connected to commutator segments separated by the distance between poles. This configuration allows the series addition of the voltages in all the windings between brushes. This type of winding only requires one pair of brushes.

In wave winding, a conductor under one pole is connected at the back to a conductor which occupies an almost corresponding position under the next pole which is of opposite polarity. In other words, all the coils which carry emf in the same direction are connected in series. The following diagram shows a part of simplex wave winding.

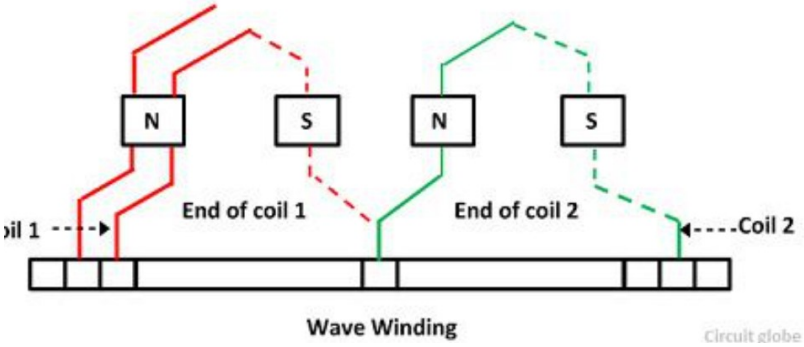
در واقع سیم بندی همواره در یک جهت انجام می پذیرد
در نتیجه گام کلکتور آن برابر واحد می گردد.

$$Y_C = Y_A = (Y_F + Y_B)/2$$

در این نوع سیم بندی:

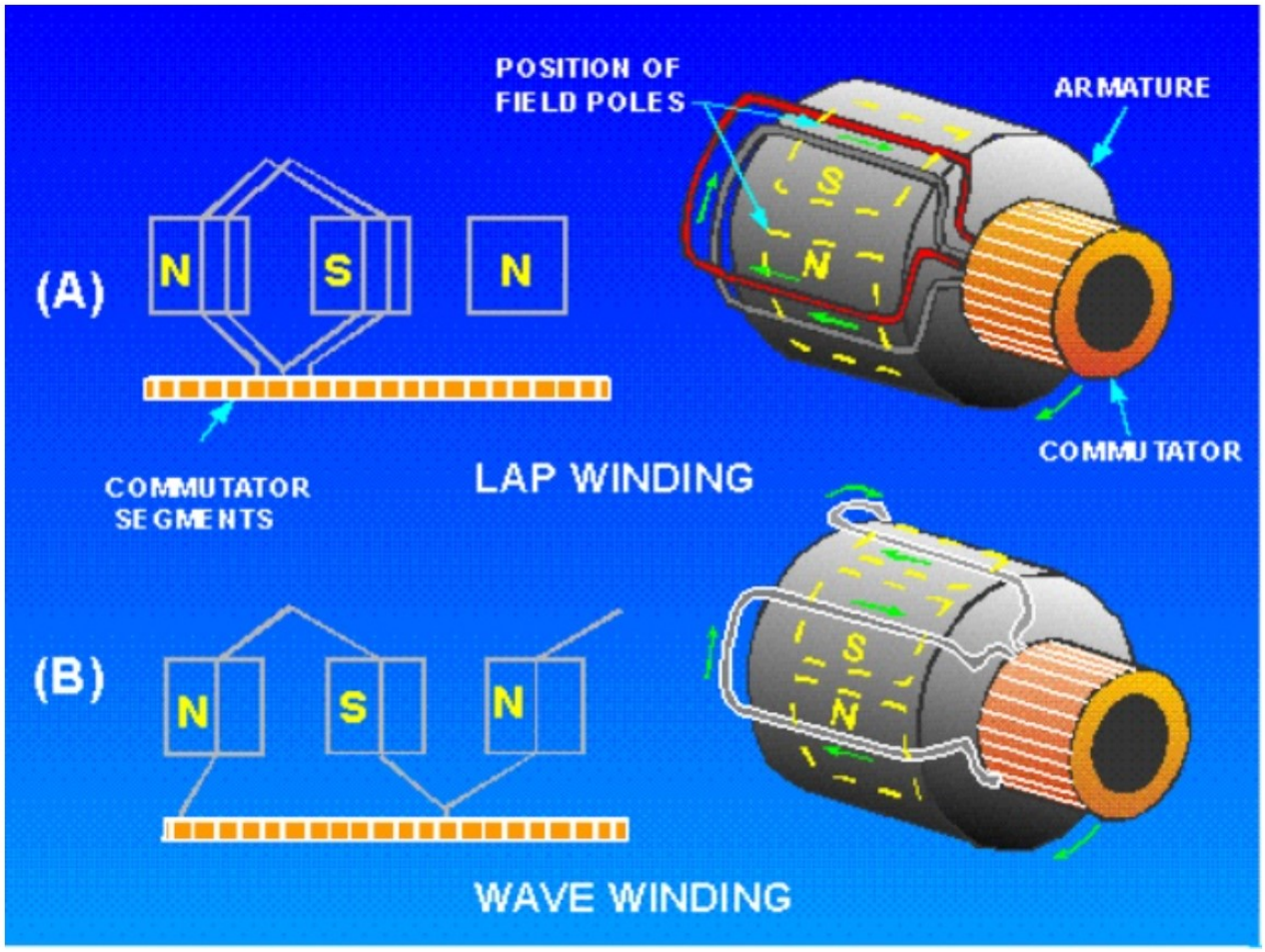
تعداد راه جریان همواره برابر ۲ است

$2a = 2$



Generally there are two types of Armature winding in the DC machines. They are classified as follow,

1. Lab winding
2. Wave winding



حل چند تمرین در خصوص سیم بندی آرمیچر:

تمرین ۱:

مثال ۱ ــ ۴ : میخواهیم سیم بندی حلقوی دوطبقه‌ای ساده را با مشخصات زیرعملی‌نمائیم که درآن تعدادتیغه‌های کلکتور برابر ۱۶ = N_c و تعداد کلافها برابر ۱۶ و تعداد قطبهای‌ماشین برابر ۴ میباشد .

حل ــ تعداد طرفهای کلافها : $Z = ۱۶ \times ۲ = ۳۲$

تعداد قطبها : $۲P = ۴$

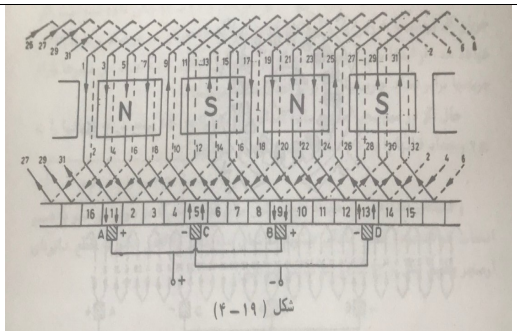
سیم‌پیچی را راست گرد انتخاب مینمائیم و چون سیم‌پیچی ساده است و گام کلکتورش $Y_c = +۱$ میشود .

گام قطبی آن : $Y_P = \frac{۳۲}{۴} = ۸$

گام عقب سیم‌بندی : $Y_B = \frac{Z}{۲P} + ۱ = \frac{۳۲}{۴} + ۱ = ۹$

گام جلو سیم‌بندی : $Y_F = \frac{Z}{۲P} - ۱ = \frac{۳۲}{۴} - ۱ = ۷$

چون آرمیچر بفرم استوانه است و شیارها بر روی آن قرار دارند لذا اگر یک برش به‌استوانه داده شود وآن را باز یا پهن‌نمائیم شکل گسترده‌اش حاصل خواهدشد بدینطریق نمایش طرفهای کلافها و خود کلافها و نحوه اتصال ابتداها و انتهاهای کلافها به تیغه‌های کلکتوربسادگی ووضوح قابل نشان دادن خواهند شد . مطابق شکل (۱۹ ــ ۴) ابتدا طرفهای کلافها را بفرم خطوطی موازی هم ترسیم مینمائیم طرفهائی از کلافها که در قسمت فوقانی شیارها قرار دارند با خط پر و با اعداد فرد مشخص می‌کنیم و طرفهائی از کلافها که در قسمت تحتانی قرار میگیرند با خط‌چین و با اعداد زوج نمایش میدهیم وآنگاه عمل سیم‌پیچی را به ترتیب زیر بانجام میرسانیم :



شکل (۱۹ ــ ۴)

ابتدای طرف کلاف شماره ۱ را به تیغه شماره ۱ لحیم می‌کنیم و انتهای طرف شماره ۱ را با در نظر گرفتن گام عقب که برابر ۹ = Y_B است به طرف ۱۰ = (۹ + ۱) که در قسمت تحتانی شیار ۵ قرار دارد وصل مینمائیم و سر طرف شماره ۱۰ را با مراعات اینکه گام کلکتور ۱ + = Y_c است به تیغه شماره ۲ لحیم مینمائیم و همین سر را با در نظر گرفتن گام جلو یعنی ۷ = Y_F با

حرکت بطرف سمت‌چپ به طرف رفت‌شماره ۳ = (۷ ــ ۱۰) وصل مینمائیم . وازآنجا طرف‌شماره ۳ رفت را به طرف ۱۲ = (۹ + ۳) برگشت اتصال می‌دهیم و طرف شماره ۱۲ را به تیغه شماره ۳ لحیم و در روی همین‌تیغه به طرف‌رفت ۵ = (۷ــ ۱۲) وصل مینمائیم و این عمل را آنقدرادامه میدهیم تا دوباره به طرف شماره ۱ که سیم‌پیچی را ازآن شروع کرده بودیم برسیم .

از آنجا جدول اتصال طرفهای کلافها را مطابق زیر با در نظر گرفتن گام رفت ۹ = + Y_B و گام برگشت ۷ ــ = Y_F بدست میآوریم :

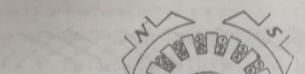
+۹ −۷

۱ — ۱۰ — ۳ — ۱۲ — ۵ — ۱۴ — ۷ — ۱۶ — ۹ — ۱۸ — ۱۱ — ۲۰ — ۱۳ —

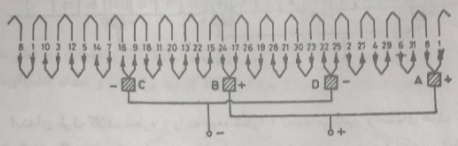
— ۲۵ — ۳۲ — ۲۳ — ۳۰ — ۲۱ — ۲۸ — ۱۹ — ۲۶ — ۱۷ — ۲۴ — ۱۵ — ۲۲ —

— ۲ — ۲۷ — ۲۹ — ۶ — ۳۱ — ۸ — ۱

و از طرفی چون هادیها در شیارها مطابق شکل (۲۰ ــ ۴) بتعدادی مساوی در زیر قطبها قرار خواهند گرفت لذا علامت جریانها را در داخل هادیهائی که زیر قطب شمال واقعند ازطرف



شکل (۲۰ – ۴)



شکل (۲۱ – ۴)

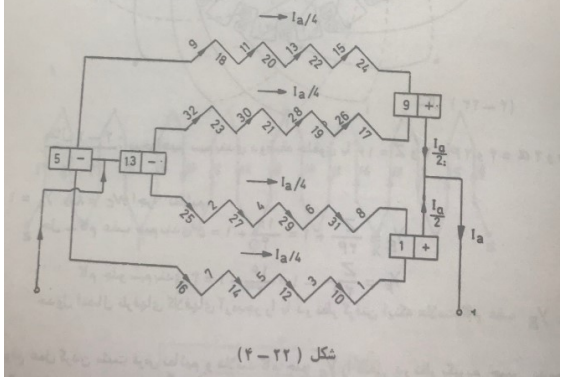
بالا بطرف پائین و علامت جریانها را در داخل هادیهائی که در زیر قطب جنوب قرار گرفته اند از پائین به طرف بالا انتخاب مینمائیم . و با مراعات علامت جریانها و ترسیم دیاگرام اتصال هادیها بکمک جدول فوق شکل (۲۱ – ۴) حاصل میشود . در این شکل ملاحظه میکنیم که در عده‌ای از هادیها یا تیغه‌ها جهت نیروهای محرکه القاء شده و جهت جریانها دنبال هم هستند در صورتیکه در بعضی از تیغه‌ها یا هادیها جهت نیروهای محرکه مقابل هم و جهت جریانها نیز مقابل هم واقع میشوند یعنی در آن تیغه جریانها در یک نقطه‌یا تیغه جمع میشوند و این نقاط محل‌هائی هستند که باید جاروبکها بر آنها قرار بگیرند مثلا" در تیغه‌های بشماره‌های ۱ و ۹ هادیهائی که بآنها وصل شده‌اند دارای نیروهای محرکه متقابل با هم هستند و جریانها از آنها خارج میشوند و همینطور در تیغه‌های شماره ۵ و ۱۳ که جریانها بآنها وارد میشوند و بازنیروهای محرکه در آنها مقابل هستند نقاطی که با تیغه‌هائی که در آنها نیروهای محرکه مقابل هم قرار میگیرند نقاط جداشدگی نیروهای محرکه مینامیم . و تیغه‌هائی که جریان از آن‌ها خارج میشود یا قطب مثبت و تیغه‌هائی که جریان بدان‌ها وارد میگردد با قطب منفی مشخص مینمائیم . از آنجا قطبهای مثبت را بهم و قطب‌های منفی را بهم وصل می‌کنیم تا قطب مثبت و منفی ماشین حاصل شود . در شکل (۲۱ – ۴) چهار جاروبک مورد نیاز قرار گرفته که دوبدوبهم وصل شده‌اند .واین امر موجب شده است که طرفهای کلافها بوسیله این چهار جاروبک به چهار راه یا چهار مسیر و

با چهار انشعاب تقسیم شوند که دیاگرام آن بوسیله شکل (۲۲ – ۴) نشان داده شده است .اگر جریان کل ورودی یا خروجی به I_a نمایش داده شود اندازه جریان در هر مسیر برابر $I_a/4$ خواهد شد . از اینجا باین نتیجه میرسیم که در سیم پیچی حلقوی ساده تعداد این مسیرها باراه جریانها برابر تعداد جاروبکها و یا برابر تعداد قطبها میباشند .

حال اگر در سیم پیچی حلقوی ساده تعداد جاروبکها را به $2b$ و تعداد راه جریانها را به $2a$ و تعداد قطبها را به $2P$ مشخص کنیم میتوانیم بنویسیم :

$$2P = 2b = 2a$$

و همینطور اندازه نیروی محرکه دوسر ماشین برابر نیروی محرکه در دوسر هر مسیر یا هر انشعاب خواهد بود . ضمنا" یادآور میشویم که شمای سیم پیچی را گاهی بصورت مقطع دایره‌ای آرمیچر مطابق شکل (۲۳ – ۴) نیز نمایش میدهند .



شکل (۲۲ – ۴)

تمرین ۲ :

مثال ۶ – ۴ : آرمیچری با ۱۱ شیار و ۱۱ کلاف مفروض است در آن $2P = 4$ میباشد میخواهیم سیم بندی دوطبقه‌ای موجی ساده در روی آن اجرا نمائیم .

حل – تعداد طرفهای کلافها : $Z = 11 \times 2 = 22$ و تعداد تیغه‌های کلکتور $N_c = 11$ میباشد از آنجا گام عقب و جلو سیم بندی چنین بدست میآیند :

$$Y_A = \frac{Y_B + Y_F}{2} = \frac{Z \pm 2}{4} = \frac{22 \pm 2}{4} = \begin{cases} 6 \\ 5 \end{cases}$$

اگر برای Y_A عدد زوج را انتخاب کنیم باید گام عقب آنرا $Y = (1 + 6)$ و گام جلو آنرا

$5 = (1 - 6)$ بگیریم . درصورتیکه Y_A را برابر عدد فرد ۵ انتخاب نمائیم در اینصورت گام عقب و جلو برابر هم بوده و برابر همان عدد ۵ خواهند بود . در اینجا برای کوتاه شدن طول کلافها گام را برابر ۵ میگیریم : وبرای اجرای سیم بندی ۲۲ طرف کلاف را ترسیم مینمائیم باخطوط پر طرفهائی که در قسمت فوقانی شیار واقعند نشان میدهیم و با خطوط خط چین طرفهائی که در قسمت تحتانی شیارهستند مشخص میکنیم ویا با اعداد فرد طرفهای رفت و با اعداد زوج طرفهای برگشت را معین مینمائیم . آنگاه با تحیم کردن ابتدای هادی رفت شماره ۱ به تیغه کلکتور شماره ۱ عمل سیم بندی را شروع می‌کنیم هادی رفت شماره ۱ را با در نظر داشتن گام سیم بندی که برابر ۵ است به هادی برگشت شماره ۶ اتصال میدهیم ضمن تحیم کردن این هادی بامراعات گام کلکتور که عبارتست از $Y_C = Y_A = 5$ است آنرا به هادی رفت شماره $11 = (5 + 6)$ وصل می‌کنیم و همین عمل را تا بسته شدن تمام مدار سیم بندی ادامه میدهیم . جدول اتصال مطابق زیر میباشد .

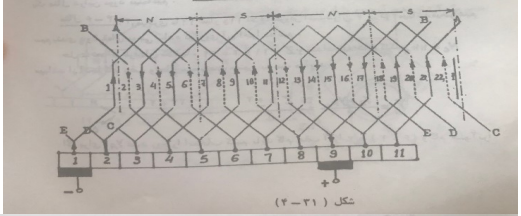
۱ — ۶ — ۱۱ — ۱۶ — ۲۱ — ۴ — ۹ — ۱۴ — ۱۹ — ۲ — ۷ — ۱۲ — ۱۷

۲۲ — ۵ — ۱۰ — ۱۵ — ۲۰ — ۳ — ۸ — ۱۳ — ۱۸ — ۱

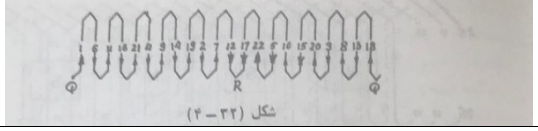
بکمک جدول اتصال طرفهای کلافها مطابق شکل (۳۱ – ۴) شمای گسترده سیم بندی بدست میآید . باترسیم جهت نیروهای محرکه در زیر قطبهای شمال بطرف پائین و در زیر قطبهای جنوب بطرف بالا و تعقیب مسیر آنها مانند شکل (۳۲ – ۴) ملاحظه میکنیم که نیروهای محرکه در دو نقطه Q و R مقابل هم قرار میگیرند . پس دو جاروبک هریک به ترتیب در روی یکی از تیغه‌های ۱ و ۹ جای خواهند گرفت .

ازاین مثال مشاهده میشودکه عده راههای جریان سیم بندی موجی ساده چند قطبی صرفنظر از شماره قطبها مساوی دو میباشد یعنی :

$$2a = 2$$



شکل (۳۱ – ۴)



شکل (۳۲ – ۴)

تمرین ۳-

مثال ۷ – ۴ : میخواهیم یک سیم‌بندی دوطبقه موجی ساده‌ای را برای یک مولد جریان – مستقیم ۴ قطبی با ۱۵ کلاف و ۱۵ شیار انجام دهیم .

حل – در این سیم‌بندی تعداد طرفهای کلافها $Z = 15 \times 2 = 30$ عدد میباشد و تعداد تیغه‌های کلکتور برابر تعداد کلافها است: $N_c = 15$

گام متوسط سیم‌بندی را محاسبه مینمائیم :

$$Y_A = \frac{Z \pm 2}{2} = \frac{30 \pm 2}{4} = \begin{matrix} 8 \\ 7 \end{matrix}$$

اگر $Y_A = 7$ انتخاب شود در اینصورت طبق آنچه قبلا" گفته شد $Y_B = Y_F = 7$ خواهد شد و اگر $Y_A = 8$ انتخاب شود گامهای سیم‌بندی به ترتیب $Y_B = 9$ و $Y_F = 7$ میگردد. لیکن از نظر سهولت و اقتصادی $Y_A = 7$ و $Y_B = Y_F = 7$ را در نظر گرفته و سیم‌بندی را اجراء مینمائیم .

ابتدا جدول سیم‌بندی را به ترتیب زیر تشکیل میدهیم :

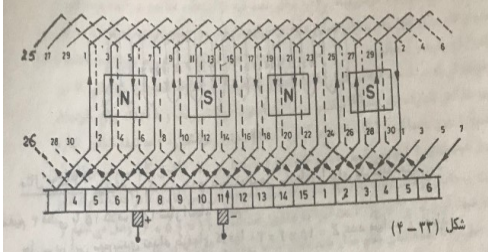
۱ – ۲۵ – ۱۸ – ۱۱ – ۴ – ۲۷ – ۲۰ – ۱۳ – ۶ – ۲۹ – ۲۲ – ۱۵ – ۸ –

۲ – ۲۶ – ۱۹ – ۱۲ – ۵ – ۲۸ – ۲۱ – ۱۴ – ۷ – ۳۰ – ۲۳ – ۱۶ – ۹ –

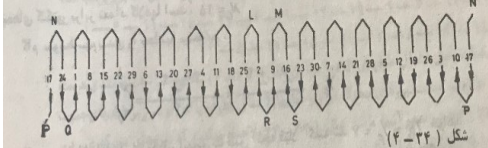
۳ – ۱ – ۲۴ – ۱۷ – ۱۰ –

بکمک جدول فوق نقشه گسترده سیم‌بندی را مطابق شکل (۳۳ – ۴) ترسیم مینمائیم ضمنا" فراموش نمی‌کنیم که گام کلکتور همواره برابر $Y_c = Y_A = 7$ میباشد.

آنگاه با در نظر گرفتن جهت نیروهای محرکه و اتصال پشت سرهم هادیها مطابق شکل (۳۴ – ۴) محل تقاطع یا تقابل نیروهای محرکه را در نقاط Q و R و S و P پیدا می‌کنیم لیکن چون نقاط برخورد نیروهای محرکه در نقاط PNQ نزدیک بهم و نقاط برخورد نیروهای محرکه در نقاط LRM نیز نزدیک بهم هستند لذا در سیم‌بندی فقط به دو جاروبک در نقاط R و P اکتفا



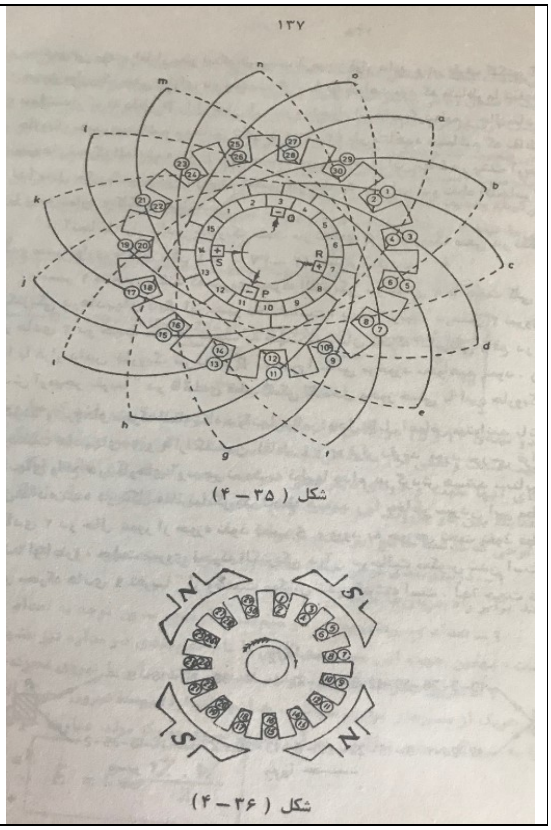
شکل (۳۳ – ۴)



شکل (۳۴ – ۴)

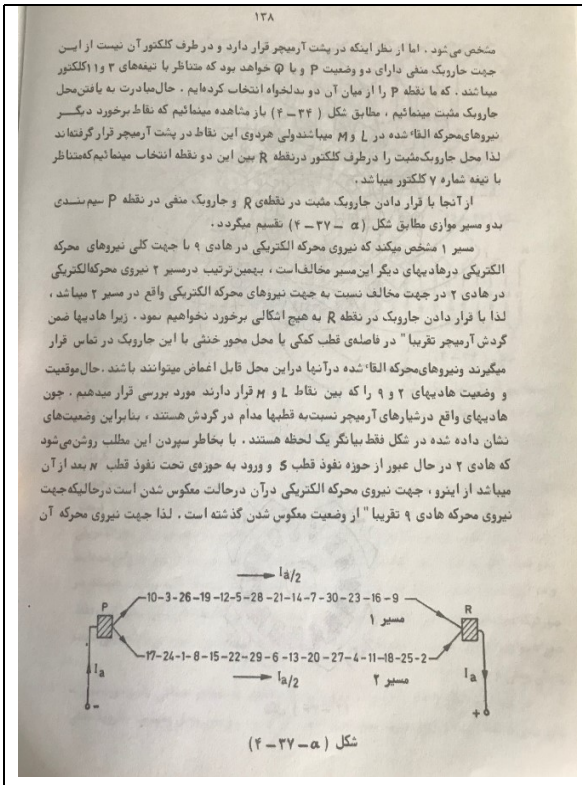
مینمائیم که یکی جاروبک مثبت بوده و به تیغه ۷ تکیه خواهد نمود و دیگری جاروبک منفی که به تیغه ۱۱ تکیه مینماید . و بدینوسیله سیم‌بندی به دو مدار موازی هم تقسیم میشود و تعداد راه جریانها برابر $2a = 2$ میگردد و شکل (۳۵ – ۴) شمای مقطع روبروئی این سیم بندی را نشان میدهد . معهذا در جهت توضیح بیشتر مسئله مبادرت بشرح زیر در مورد نحوه قرار گرفتن جاروبکها در سیم‌بندی موجی مینمائیم : مطابق شکل (۳۶ – ۴) فرض می‌کنیم آرمیچر درجهت عقربه‌های ساعت در گردش باشد که در آن جهات نیروهای محرکه را طبق قاعده انگشتان دست راست میتوان تعیین‌نموده ومطابق شکل (۳۴ – ۴) مشاهده مینمائیم که سیم‌بندی از نظرالکتریکی بدو قسمت تقسیم شده است . یک قسمت شامل هادی‌هائی است که بین نقاط N و L واقع شده‌اند و در این قسمت جهت دنبال هم قرار گرفتن نیروهای محرکه القاء شده از چپ براست هستند در صورتیکه درقسمت دوم یعنی بین‌نقاط N و M از راست به چپ می‌باشند . از اینرو بطورکلی ،فقط دوراه موازی دراین سیم‌بندی وجوددارد ، بنابراین فقط دوجاروبک مورد نیاز می‌باشد ،یکی‌مثبت و یکی منفی .

در دیاگرام شکل (۳۴ – ۴) مشاهده می‌شود که نقطه‌ی N نقطه‌ی جدائی یا برخوردنیرو– های محرکه القاء شده در دو قسمت سیم‌بندی است . از اینرو ، در این محل وضعیت جاروبک‌منفی



شکل (۳۵ – ۴)

شکل (۳۶ – ۴)



۱۳۸

مشخص می‌شود . اما از نظر اینکه در پشت آرمیچر قرار دارد و در طرف کلکتور آن نیست از این جهت جاروبک منفی دارای دو وضعیت P و یا Q خواهد بود که متناظر با تیغه‌های ۳ و ۱ کلکتور میباشند . که ما نقطه P را از میان آن دو بدلخواه انتخاب کرده‌ایم . حال‌مبادرت به یافتن‌محل جاروبک مثبت مینمائیم ، مطابق شکل (۳۴ – ۴) باز مشاهده مینمائیم که نقاط برخورد دیگر نیروهای‌محرکه القاء شده در L و M میباشندولی هردوی این نقاط در پشت آرمیچر قرار گرفته‌اند لذا محل جاروبک‌مثبت را درطرف کلکتور درنقطه R بین این دو نقطه انتخاب مینمائیم که‌متناظر با تیغه شماره ۷ کلکتور میباشد .

از آنجا با قرار دادن جاروبک مثبت در نقطه‌ی R و جاروبک منفی در نقطه P سیم‌بندی بدو مسیر موازی مطابق شکل (a – ۳۷ – ۴) تقسیم میگردد .

مسیر ۱ مشخص میکند که نیروی محرکه الکتریکی در هادی ۹ با جهت کلی نیروهای محرکه الکتریکی درهادیهای دیگر این‌مسیر مخالف‌است ، بهمین‌ترتیب درمسیر ۲ نیروی محرکه‌الکتریکی در هادی ۲ در جهت مخالف نسبت به جهت نیروهای محرکه الکتریکی واقع در مسیر ۲ میباشد ، لذا با قرار دادن جاروبک در نقطه R به هیچ اشکالی برخورد نخواهیم نمود . زیرا هادیها ضمن گردش آرمیچر تقریبا " در فاصله‌ی قطب کمکی با محل محور خنثی با این جاروبک در تماس قرار میگیرند ونیروهای‌محرکه القاء شده درآنها دراین محل قابل اغماض میتوانند باشند . حال‌موقعیت و وضعیت هادیهای ۲ و ۹ را که بین نقاط L و M قرار دارند مورد بررسی قرار میدهیم . چون هادیهای واقع درشیارهای آرمیچر نسبت‌به قطبها مدام در گردش هستند ، بنابراین وضعیت‌های نشان داده شده در شکل فقط بیانگر یک لحظه هستند . با بخاطر سپردن این مطلب روشن‌می‌شود که هادی ۲ در حال عبور از حوزه نفوذ قطب S و ورود به حوزه‌ی تحت نفوذ قطب N بعد از آن میباشد از اینرو ، جهت نیروی محرکه الکتریکی درآن درحالت معکوس شدن است درحالیکه‌جهت نیروی محرکه هادی ۹ تقریبا " از وضعیت معکوس شدن گذشته است . لذا جهت نیروی محرکه آن

شکل (a – ۳۷ – ۴)