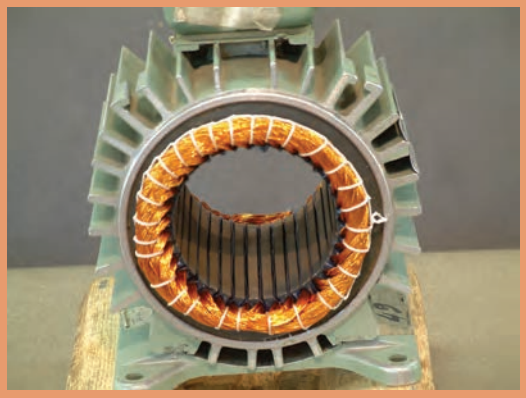
پودمان ۴

سیم‌پیچی الکتروموتور سه‌فاز



واحد یادگیری ۴

سیم‌پیچی الکتروموتورهای سه‌فاز

آیا می‌دانید:

- کاربرد الکتروموتورهای سه‌فاز چیست؟
- اجزای الکتروموتورهای سه‌فاز کدام‌اند؟
- میدان دوّار چگونه تشکیل می‌شود؟
- اساس کار موتورهای آسنکرون چیست؟
- بازپیچی الکتروموتورهای سه‌فاز از چه مراحلی تشکیل شده است؟
- تفاوت سیم‌پیچی گام کامل و کسری چیست؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود پس از شناسایی اجزای الکتروموتور سه‌فاز بازپیچی الکتروموتور را به‌طور کامل انجام دهند.
همچنین آنها قادر خواهند بود محاسبه و رسم دیاگرام و سیم‌پیچی برای الکتروموتور سه‌فاز یک طبقه و دو طبقه را انجام دهند.

❋ مقدمه

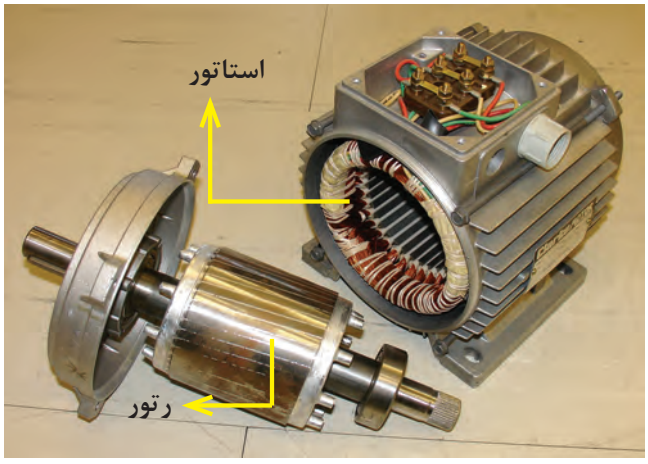
موتورهای آسنکرون سه‌فاز القایی، بخش اعظم انرژی مکانیکی کارخانه‌ها و کارگاه‌های تولیدی را تأمین می‌کنند، بالابرها، آسیاب‌ها، تسمه‌نقاله‌ها، فن‌ها و نظایر آن از این دسته است، الکتروموتورها از دو جزء اصلی ساکن (استاتور) و متحرک (رو تور) تشکیل می‌شوند. این الکتروموتورها براساس تولید حوزه دوار مغناطیسی در سطح استاتور و القای جریان الکتریکی، در مفتول‌های روتور توسط حوزه دوار ایجاد شده با برق سه‌فاز، در سطح استاتور کار می‌کنند. در این الکتروموتورها جریان مفتول‌ها از طریق القای الکترومغناطیسی تأمین می‌شود، به این علت به آنها موتورهای القایی گفته می‌شود. برای تأمین جریان لازم است گردش روتور کمی به تأخیر افتد، تا تغییر شار مغناطیسی در مفتول‌ها امکان‌پذیر شود. لذا سرعت روتور کمی از سرعت حوزه دوار عقب می‌افتد به این علت به این الکتروموتورها، الکتروموتورهای آسنکرون (غیر هم‌زمان) گفته می‌شود.

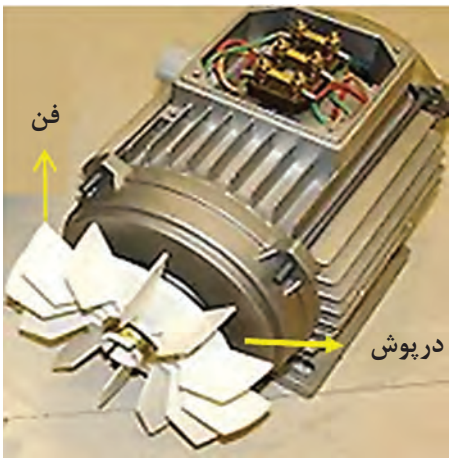
فیلم

مقدمه آشنایی الکتروموتورها از لحظه ″۳۰′۳۰:۳۰ تا ″۳۱′۳۰:۳۰

۱ـ۴ـ ساختمان داخلی موتورهای آسنکرون

قسمت متحرک یا رتور با یک فاصله هوایی کم توسط در پوش‌ها و یاتاقان‌ها در درون قسمت ثابت یا استاتور نصب می‌شود. (شکل ۱)





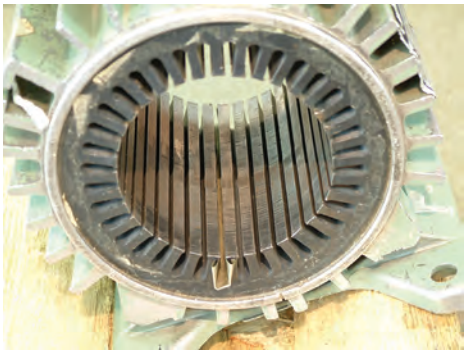
شکل ۱ـ ساختمان یک موتور آسنکرون

۱ـ۱ـ۴ـ استاتور

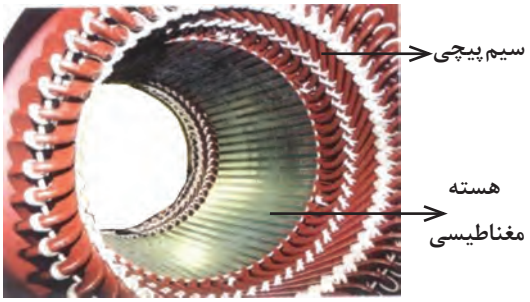
استاتور از ورقه‌های آهن سیلیس‌دار ساخته می‌شود (اصطلاحاً به این نوع ورق‌ها دینامو‌بلش گفته می‌شود). این

ورقه‌ها وقتی روی هم قرار می‌گیرند، شیارهایی را پدید می‌آورند (شکل ۲).

در داخل شیارهای استاتور، سیم‌پیچ‌های مسی با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه مکانی، سیم‌پیچی می‌شوند. باعبور جریان از داخل این سیم‌پیچ‌ها، چون جریان‌های الکتریکی سه‌فازه خود دارای اختلاف فاز الکتریکی ۱۲۰ درجه بوده و دائماً در حال تغییر هستند، به همین دلیل یک میدان مغناطیسی در حال چرخش در سطح داخلی استاتور پدید می‌آید که اصطلاحاً به آن میدان «مغناطیسی دوار» می‌گویند. سرعت چرخش میدان مغناطیسی دوار با فرکانس شبکه و قطب‌های موتور، متناسب است. در شکل کلی به قسمت تولیدکننده میدان مغناطیسی دوار در موتورهای الکتریکی، القاکننده می‌گویند. در شکل ۳ یک استاتور سیم‌پیچی شده دیده می‌شود.



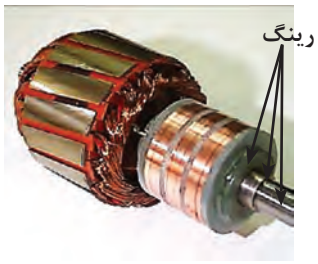
شکل ۲



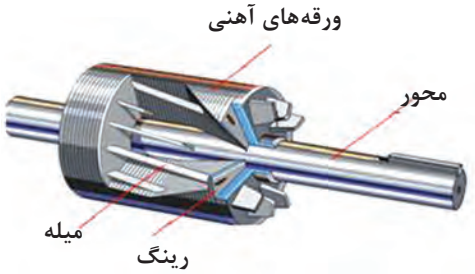
شکل ۳ـ استاتور موتورهای سه‌فاز

۲ـ۱ـ۴ـ روتور

روتور موتورهای القایی از میله‌ها یا کلاف‌هایی از جنس مس یا آلومینیوم تشکیل می‌شود. این میله‌ها یا کلاف‌ها در داخل شیارهای ایجاد شده با ورقه‌های دینامو‌بلش، قرارمی‌گیرد. میله‌ها یا کلاف‌های روتور وقتی در داخل تغییر شار مغناطیسی، میدان دوار استاتور قرار می‌گیرند. براساس قانون فارادی در آنها جریان القایی جاری می‌شود، به این علت، این موتورها را موتورهای القایی می‌گویند. از آنجایی که برای تغییر شار در مفتول‌های روتور لازم است تا اختلاف سرعت بین میدان دوار و سرعت حرکت روتور وجود داشته باشد (معمولاً سرعت روتور از سرعت میدان دوار کمتر است) به همین دلیل به این موتورها «**آسنکرون (غیرهم‌زمان)**» می‌گویند. در واقع روتور، قسمت القاشونده موتور آسنکرون است. روتورهای موتورهای القایی آسنکرون به صورت یک پارچه (روتور قفسی) یا روتور سیم‌پیچی شده (روتور رینگی) ساخته می‌شوند (شکل ۴).



روتور قفسی



اجزای داخلی روتور قفسی

شکل ۴ـ انواع روتور موتورهای سه‌فاز

تحقیق

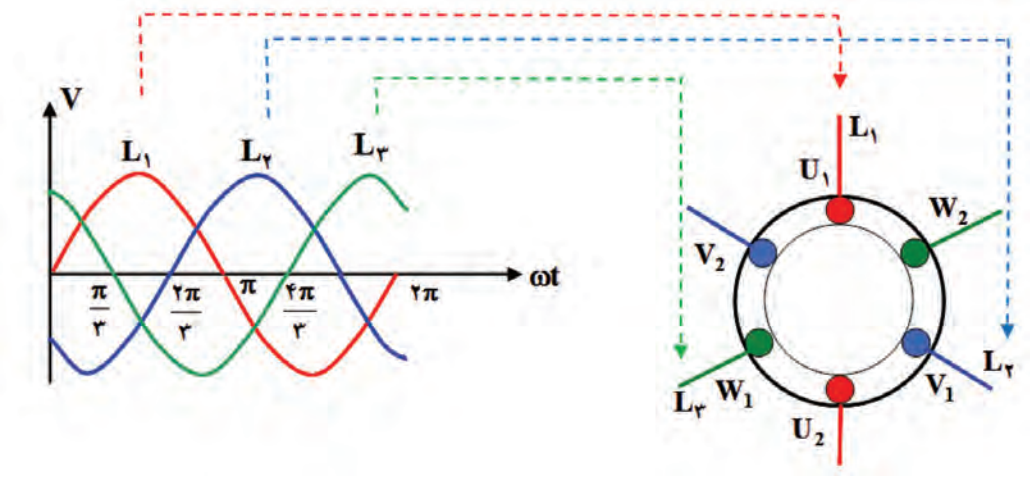
تحقیق کنید فرایند ساخت روتور قفسی چگونه است؟

فیلم

اجزای موتور از ″۳۱′:۳۰ تا ″۳۲′:۴۵

۲ـ۴ـ چگونگی ایجاد میدان دوار مغناطیسی در استاتور موتورهای سه‌فاز آسنکرون

استاتور موتورهای سه‌فاز با برق متناوب سه‌فاز تغذیه می‌شوند. فازهای شبکه سه‌فاز متناوب با یکدیگر ۱۲۰درجه الکتریکی اختلاف فاز دارند. نمودار فازهای L_1 , L_2 , L_3 درشکل ۵ نشان داده شده است. فرض کنید فاز L_1 سیم‌پیچ U_2 , U_1، فاز L_2 سیم‌پیچ V_2 , V_1 و فاز L_3 سیم‌پیچ W_2 , W_1 را تغذیه می‌کنند. در چند موقعیت برق متناوب سه‌فاز، جهت جریان سیم‌پیچ‌ها را با توجه به وضعیت فازهای تغذیه در نظر بگیرید و با استفاده از قاعده دست راست، مکان قطب‌ها را در سطح استاتور مشخص کنید.

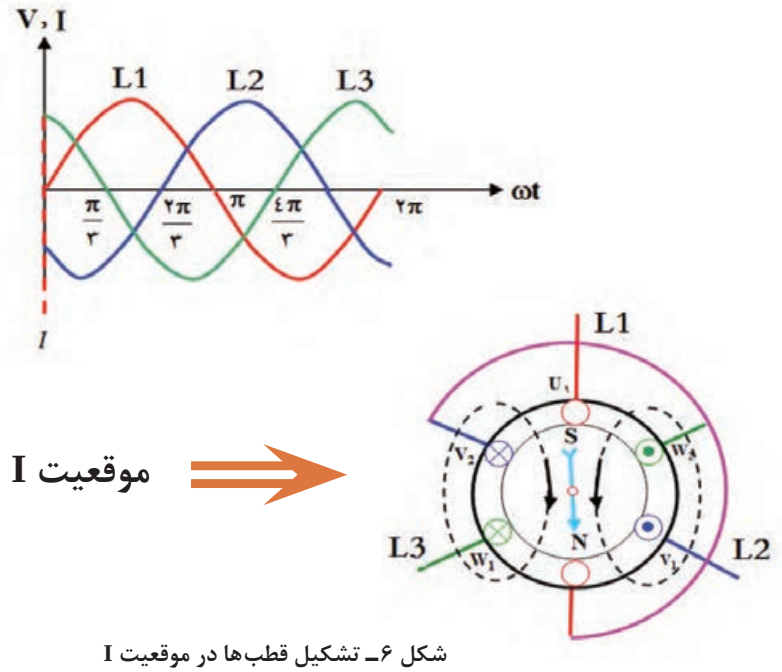


شکل ۵ـ تغذیه موتور سه‌فاز با برق سه‌فاز

در زمان‌هایی که ولتاژ یا جریان متناوب در نیم‌سیکل مثبت است جریان از فاز مربوطه خارج شده و به سر سیم موتور وارد می‌شود که ما طبق قاعده دست راست آن را باعلامت ⊗ نشان داده و در زمان‌هایی که جریان در نیم سیکل منفی است جریان به فاز مربوطه وارد شده و در واقع از سر سیم موتور خارج می‌شود که طبق قاعده دست راست باید آن را باعلامت ⊙ نشان داد.

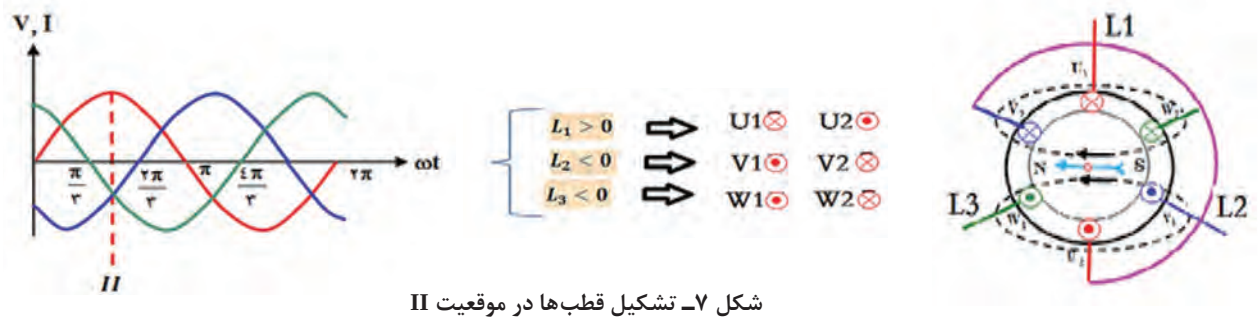
در موقعیت I ($\omega t = 0°$)، مقدار جریان فاز L_1 برابر صفر در نتیجه از سیم‌پیچ U_2 , U_1 جریانی عبور نمی‌کند. جریان فاز L_3 در نیم‌سیکل مثبت بوده و جریان از سر سیم‌پیچ سوم یعنی وارد (W_1) و از انتهای سیم‌پیچ (W_2) خارج می‌شود. پس ورودی W_1 علامت ⊗ و خروجی W_2 علامت ⊙ خواهد داشت. در همین موقعیت فاز L_2 در نیم‌سیکل منفی است، در نتیجه جریان الکتریکی از سر سیم‌پیچ دوم (V_1) خارج شده و

از انتهای سیم‌پیچ (V_2) وارد می‌شود، پس ورودی V_1 علامت ⊙ و خروجی V_2 علامت ⊗ خواهد داشت. در انتها باید با توجه به قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم‌هایی که دارای یک جهت جریان هستند را مشخص کرده و مطابق شکل۶ میدان مغناطیسی پدید آمده در فضای داخلی استاتور را تعیین کرد.



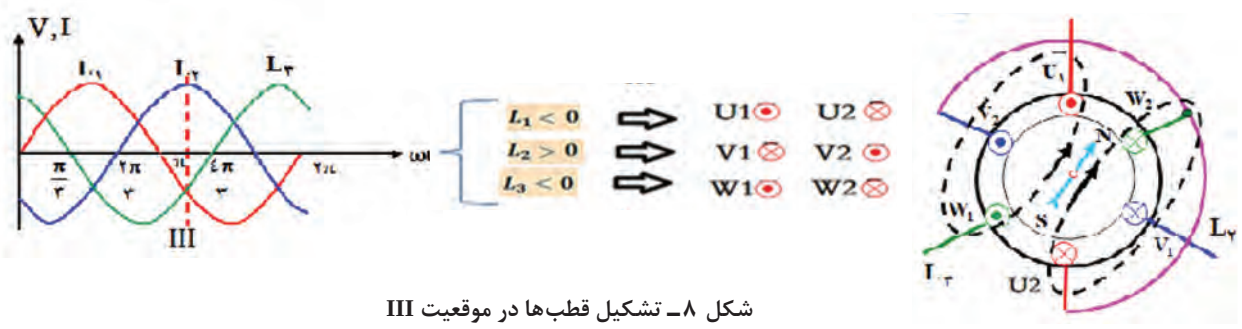
شکل ۶ــ تشکیل قطب‌ها در موقعیت I

برای خلاصه‌نویسی تحلیل وضعیت میدان مغناطیسی در موقعیت‌های مختلف این تحلیل را به شکل خلاصه‌تری نیز می‌توان نوشت. در اینجا سایر موقعیت‌ها به این شکل بیان شده است.
موقعیت II ($\omega t = ۹۰^\circ$) در شکل ۷ نشان داده شده است.



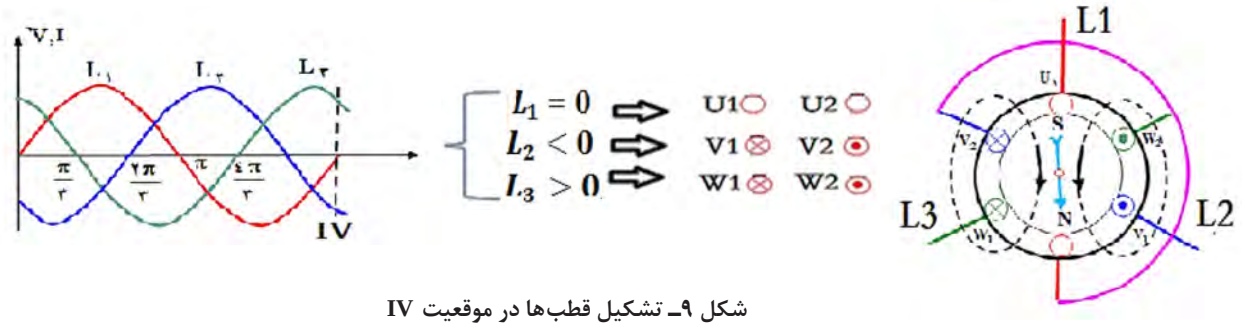
شکل ۷ــ تشکیل قطب‌ها در موقعیت II

موقعیت III ($\omega t = ۲۱۰°$) در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸ــ تشکیل قطب‌ها در موقعیت III

موقعیت IV ($\omega t = ۳۶۰°$) در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹ــ تشکیل قطب‌ها در موقعیت IV

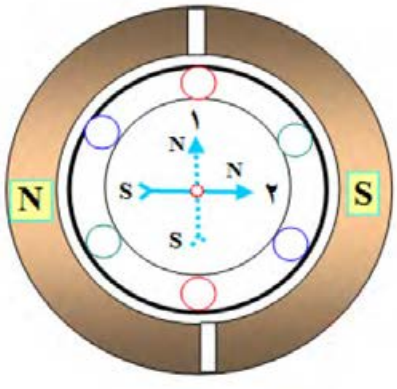
سؤال

جابه‌جایی جریان فازها چند بار در ثانیه اتفاق می‌افتد؟

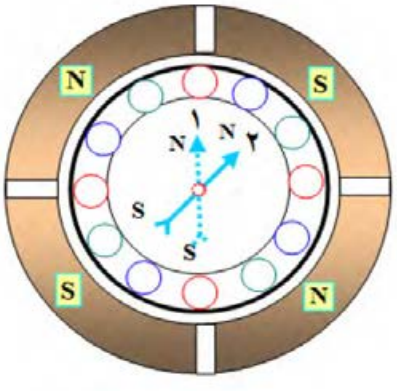
۳ــ۴ــ سرعت میدان دوار (سرعت سنکرون)

هنگام بررسی وضعیت قطب‌ها، با تغییر موقعیت فازها مشخص شد که در یک سیکل کامل تغییرات هر فاز، قطب‌ها یک دور کامل سطح استاتور را می‌پیمایند. با توجه به فرکانس جریان متناوب، که در هر ثانیه f سیکل کامل دارد، میدان مغناطیسی دوار نیزدر هر ثانیه f بار سطح استاتور را خواهد پیمود. به عبارت دیگر سرعت گردش میدان مغناطیسی دوار با فرکانس f رابطه مستقیم دارد.

از طرف دیگر بین دو قطب متوالی N , S اختلاف فازالکتریکی ۱۸۰ درجه الکتریکی وجود دارد اگر موتور دو قطب داشته باشد قطب‌های N , S در یک سیکل یک دورکامل سطح استاتور را می‌پیمایند و اگر موتور چهار قطب داشته باشد با وجود ۳۶۰ درجه الکتریکی قطب‌های N , S درسطح استاتور نیم‌دور یعنی ۱۸۰ درجه مکانیکی جابه‌جا می‌شوند و هر چه تعداد قطب‌ها بیشتر شود جابه‌جایی مکانیکی کمتر خواهد شد. به عبارت دیگر سرعت میدان مغناطیسی دوار با تعداد نصف قطب‌ها رابطه معکوس دارد (شکل ۱۰).



موتور دو قطب جابه‌جایی الکتریکی
۹۰ درجه و جابه‌جایی مکانیکی ۹۰ درجه



موتور چهار قطب جابه‌جایی الکتریکی
۹۰ درجه و جابه‌جایی مکانیکی ۴۵ درجه

شکل ۱۰ـ با افزایش قطب‌ها سرعت موتور کاهش می‌یابد.

فعالیت

دو نفر روی دو صندلی مقابل هم قرار گیرید و به تناوب جای خود را با هم عوض کنید. حالا این کار را با چهار صندلی و چهار نفر انجام دهید و به ترتیب جای خود را در یک جهت عوض کنید در کدام حالت زودتر به صندلی قبلی بر می‌گردید؟ چرا؟ اگر تعداد صندلی و افراد بیشتر شود چه اتفاقی در زمان این جابه‌جایی رخ می‌دهد؟

با توجه به بررسی مطالب اشاره شده می‌توان نتیجه گرفت که سرعت میدان مغناطیسی دوار در هر ثانیه از رابطه $N_S = \frac{f}{p}$ به‌دست می‌آید. N_S را سرعت سنکرون نیز می‌گویند. در صنعت سرعت سنکرون بر حسب دقیقه بیان می‌شود لذا رابطه آن را به صورت $N_S = \frac{f \times ۶۰}{p}$ دور در دقیقه r.p.m[1] بیان می‌کنند.

f ـ فرکانس

p ـ تعداد نصف قطب‌ها (تعداد زوج قطب)

سرعت سنکرون $N_S = \frac{f \times ۶۰}{p}$ r.p.m

مثال ۱ـ ۴ استاتور موتور سه‌فاز آسنکرون ۶ قطب دارد. سرعت سنکرون آن در فرکانس‌های ۵۰ هرتز و ۶۰ هرتز چند دور در دقیقه است ؟

حل :

$$۲p = ۶ \rightarrow p = ۳ \quad , \quad N_S = \frac{f \times ۶۰}{p}$$

$$f = ۵۰Hz \rightarrow N_S = \frac{۵۰ \times ۶۰}{۳} = ۱۰۰۰ r.p.m$$

$$f = ۶۰Hz \rightarrow N_S = \frac{۶۰ \times ۶۰}{۳} = ۱۲۰۰ r.p.m$$

۱- round per minute

فعالیت

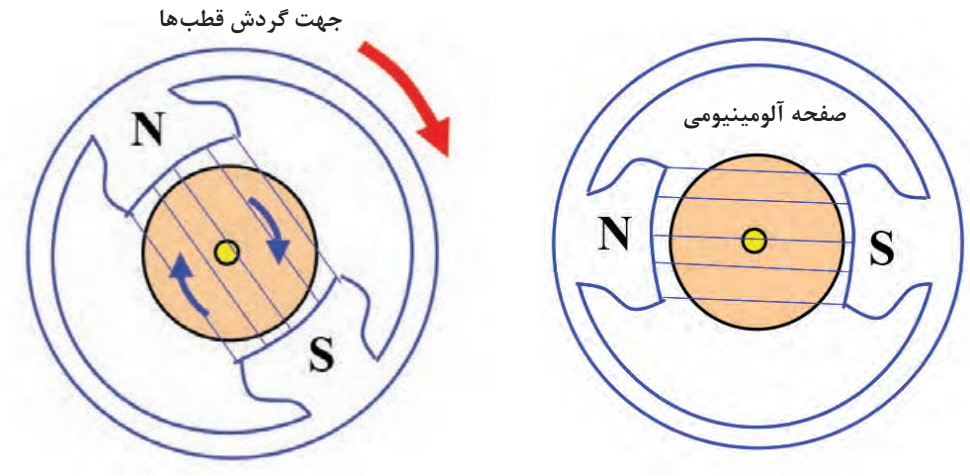
سرعت میدان دوار مولدهای نیروگاه آبی کارون سه استان خوزستان r.p.m ۱۸۷/۵ است. این مولد نیروگاهی چند قطب است؟

۴ـ۴ـ اساس کارموتورهای آسنکرون

تصور کنید یک صفحه آلومینیومی قادر است حول محور خود گردش کند، این صفحه در داخل دو قطب مغناطیسی مطابق شکل ۱۱ قرار داده شده و قطب‌های مغناطیسی به گردش درآورده می‌شود. مشاهده می‌شود صفحه آلومینیومی، نیز به دنبال قطب‌ها، ولی با سرعت کمتر از سرعت قطب‌ها به گردش می‌آید. سرعت کم صفحه آلومینیومی باعث می‌شود تا صفحه آلومینیومی با تغییر شار مغناطیسی مواجه شود و در آن جریان القا شود. جریان القا شده در صفحه آلومینیومی در میدان حوزه دوار گشتاور ایجاد نموده و صفحه حول محور خود به گردش درمی‌آید. پس می‌توان نتیجه گرفت :

۱ـ جریان داخل صفحه آلومینیومی ازطریق القای مغناطیسی تأمین می‌شود به همین دلیل این موتورها را، موتورهای القایی می‌گویند.

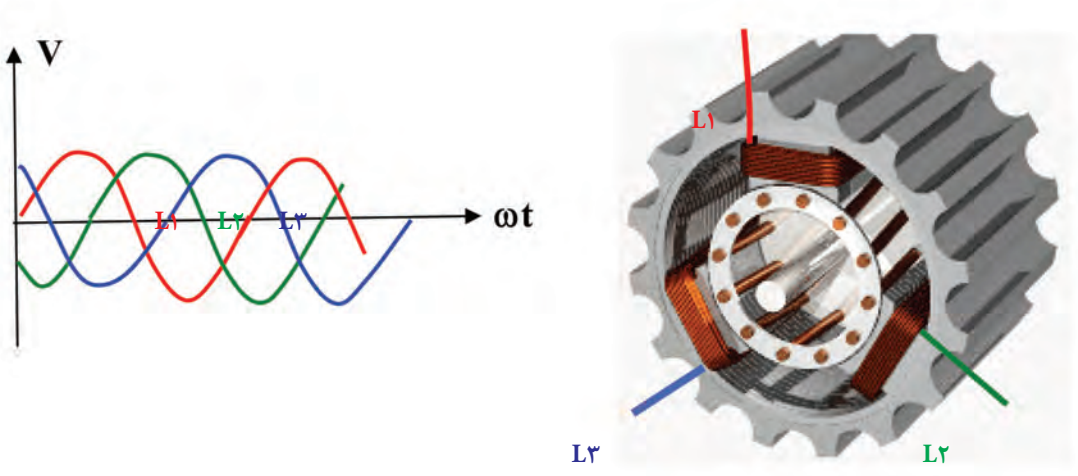
۲ـ صفحه آلومینیومی لازم است اندکی از حوزه دوار عقب بیفتد تا با تغییر شار مواجه شود، در آن جریان القا شود بنابراین سرعت صفحه آلومینیومی با سرعت حوزه دوار برابر نیست به این نوع موتورها موتورهای آسنکرون (غیر هم زمان) می‌گویند.



شکل ۱۱ـ صفحه آلومینیومی

در موتورهای صنعتی جریان متناوب سه‌فاز به سه سیم‌پیچ سه‌فاز متصل می‌شود و یک حوزه دوار در سطح استاتور با سرعت سنکرون $N_S = \frac{f \times ۶۰}{p}$ به وجود می‌آید. این میدان مغناطیسی دوار مفتول‌های روتور را

قطع کرده و در آنها جریان القا می‌کند و مفتول‌های جریان‌دار در میدان دوار ایجاد گشتاور نموده و مجموعه روتور را حول محورش به گردش درمی‌آورد و روتور نیز با سرعت N_r به گردش درمی‌آید (شکل ۱۲).



شکل ۱۲ـ حوزه دوار در سطح استاتور

۴ـ۵ـ سرعت لغزش

اختلاف سرعت حوزه دوار (N_S) با سرعت روتور (N_r) را سرعت لغزش می‌گویند و با Δn نشان می‌دهند.

$$\Delta n = N_S - N_r$$

۴ـ۶ـ لغزش

نسبت سرعت لغزش به سرعت سنکرون را لغزش یا ضریب لنگی می‌گویند و آن را با S نشان داده و برحسب درصد بیان می‌کنند.

$$\%S = \frac{\Delta n}{N_S} \times ۱۰۰ = \frac{N_S - N_r}{N_S} \times ۱۰۰$$

مثال ۲ـ۴

موتور سه‌فاز آسنکرون ۲ قطب در هر دقیقه ۲۸۵۰ دور می‌زند. لغزش موتور در فرکانس ۵۰ هرتز شبکه چند درصد است؟ در لغزش ۸ درصد سرعت روتور چند دور در دقیقه خواهد شد؟

حل :

$$۲p = ۲ \ , \ f = ۵۰Hz \ , \ N_r = ۲۸۵۰ \ r.p.m$$

$$N_S = \frac{f \times ۶۰}{P} = \frac{۵۰ \times ۶۰}{۱} = ۳۰۰۰ r.p.m$$

$$\%S = \frac{N_S - N_r}{N_S} \times ۱۰۰ = \frac{۳۰۰۰ - ۲۸۵۰}{۳۰۰۰} \times ۱۰۰ \quad \rightarrow \%S = \%۵$$

$$S = \frac{N_S - N_r}{N_S} \rightarrow SN_S = N_S - N_r \rightarrow N_r = N_S(۱ - S)$$

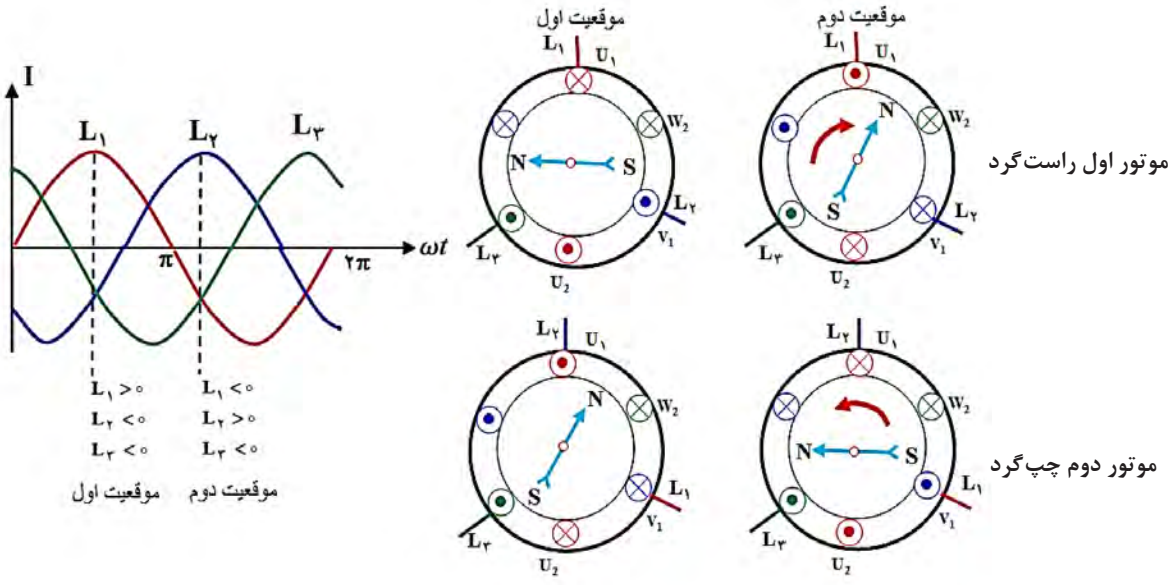
$$N_r = ۳۰۰۰(۱ - ۰/۰۸) = ۲۷۶۰ \ r.p.m$$

فعالیت

تغییرات لغزش (S) و سرعت لغزش (Δn) به چه عاملی بستگی دارد؟

۴ـ۷ـ بررسی اثر میدان مغناطیسی دوار در تغییر جهت گردش موتورهای آسنکرون

دو الکتروموتور مشابه دو قطب مانند شکل ۱۳ را در نظر گرفته می‌شود. اگر سیم‌پیچ‌های U_1, V_1, W_1 موتور اول به ترتیب فازهای L_1, L_2, L_3 و سیم‌پیچ‌های U_1, V_1, W_1 موتور دوم به ترتیب فازهای L_2, L_1, L_3 را تغذیه کند و دو موقعیت وضعیت قطب‌ها در سطح استاتور آنها تعیین شود. مشاهده می‌شود که در موتور اول جابه‌جایی قطب‌ها راست‌گرد و در موتور دوم جابه‌جایی قطب‌ها چپ‌گرد می‌باشد. از آنجایی که گردش روتور در جهت جابه‌جایی قطب‌ها انجام می‌شود بنابراین درموتورهای سه‌فاز آسنکرون با تعویض جای دوفاز در سیم‌پیچ موتورها، جهت گردش موتورها عوض می‌شود.



شکل ۱۳ـ تغییر جهت گردش موتور سه‌فاز با تعویض دوفاز

سؤال

تغییر جهت چرخش رتور چه کاربردهایی دارد؟ نام ببرید.

۴ـ۸ـ باز کردن الکترو موتورها و استخراج اطلاعات سیم‌پیچی

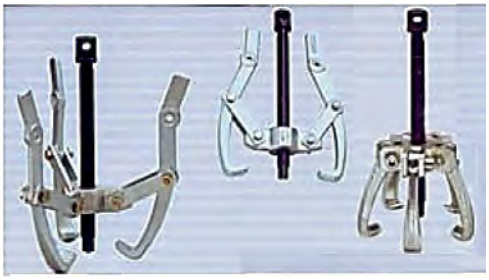
برای بازکردن الکتروموتورها، استخراج اطلاعات، سیم‌پیچی مجدد و نصب مجدد قطعات آن به ابزارهای خاصی نیاز است که در شکل ۱۴ تصویر چند نمونه از آنها مشاهده می‌شود.

انواع سمبه‌نشان

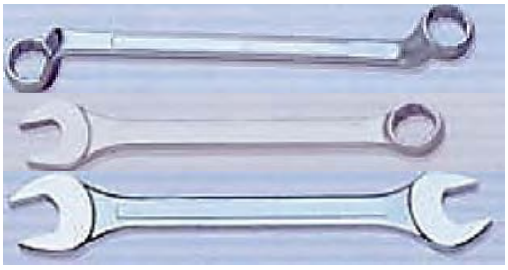
انواع پیچ‌گوشتی

انواع چکش پلاستیکی

آچار فرانسه و بکس زاویه‌دار



انواع پولی‌کش و بلبرینگ‌کش



کولیس ورنیه

میکرومتر (ریزسنج)

شکل ۱۴ــ ابزار مورد نیاز باز کردن الکتروموتورها

۹ــ۴ــ خارج کردن و مونتاژ کردن قطعات الکتریکی و مکانیکی در موتورهای الکتریکی

قطعات الکتریکی و مکانیکی ماشین‌های الکتریکی، بیشتر به سه طریق از هم جدا و سپس به همدیگر مونتاژ می‌شوند.

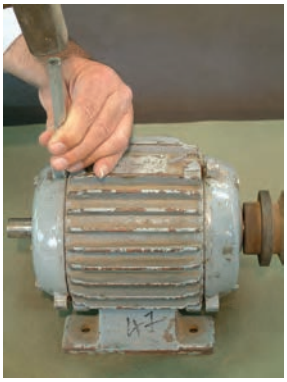
۱ـ روش گرم کردن

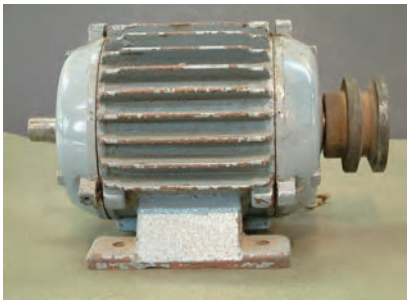
۲ـ روش بریدن سیم‌پیچ‌ها و پرچ‌ها

۳ـ روش پرس کردن

علامت‌گذاری قطعات هنگام پیاده‌کردن قطعات مکانیکی توصیه می‌شود، بهتر است بین قسمت‌های

جداشونده و قسمت اصلی مشابه شکل ۱۵ علامت‌گذاری شود تا در مونتاژ این قطعات با تطبیق علائم مشابه بین قسمت اصلی و قطعات جدا شده، سرعت عمل بالا رفته و از جای‌گذاری اشتباه قطعات جلوگیری شود. برای علامت‌گذاری بیشتر از سمبه‌نشان استفاده می‌شود.





شکل ۱۵ــ علامت‌گذاری قطعات جداشونده موتور با سمبه‌نشان

برای دسترسی به اطلاعات الکتروموتور برای سیم‌پیچی موجود یا تغییر در وضعیت سیم‌پیچی یا طراحی سیم‌پیچی جدید، بهتر است برای الکتروموتور یک شناسنامه تهیه کرد و اطلاعات را در آن ثبت کرد و نقشه موتور را از سیم‌پیچی موجود، در شناسنامه موتور پیاده کرد.

شناسنامه موتور			
Style:	Frame:	kw یا Hp	Ph
R.P.M یا NO.Poles	Cycles یا c.p.s	Volts	Amps
T یا Deg c Rise	Tim یا Hours	Code:	S.F(Amps)
Service Factor	Housing	Type	Serial
Type	Z.S (تعداد شیارها)	کارخانه سازنده	تعداد دور هر کلاف
گام هرکلاف pitch	حفاظت	قطر سیم	cosφ =
رسم نقشه موتور			

شکل ۱۶ــ تشکیل شناسنامه موتور

برای بازپیچی موتورهای الکتریکی لازم است تا کارهای مختلف (مکانیکی و الکتریکی) را انجام دهید. در این کتاب مراحل مورد نظر طی چند مرحله توضیح داده شده است.

۱۰ـ۴ـ مرحله ۱ بازپیچی موتور

مرحله اول: باز کردن قطعات مکانیکی و آماده کردن استاتور

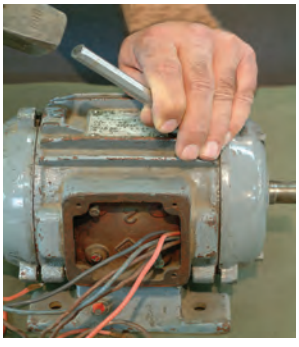
۱ـ ابتدا با پولی‌کش، پولی موتور را از محور جدا کنید شکل (۱۷).

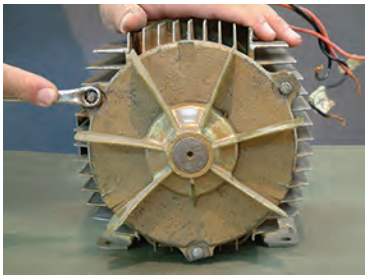
شکل ۱۷ـ درآوردن پولی از محور موتور

۲ـ بعد با سمبه درپوش بدنه را علامت‌گذاری کنید. سپس پیچ‌های موتور را با انتخاب آچار مناسب باز کرده و پس از باز کردن جعبه اتصالات با قلم درپوش‌ها را جدا کنید (شکل ۱۸).

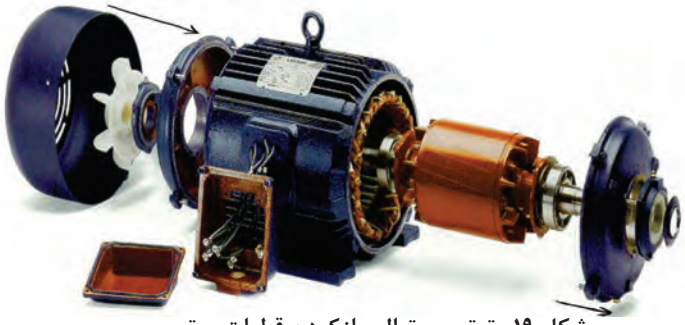
ایمنی

هنگام استفاده از قلم و چکش مراقب انگشتان دست خود باشید. بدنه استاتور را از گرد و خاک و چربی کاملاً پاک کنید.



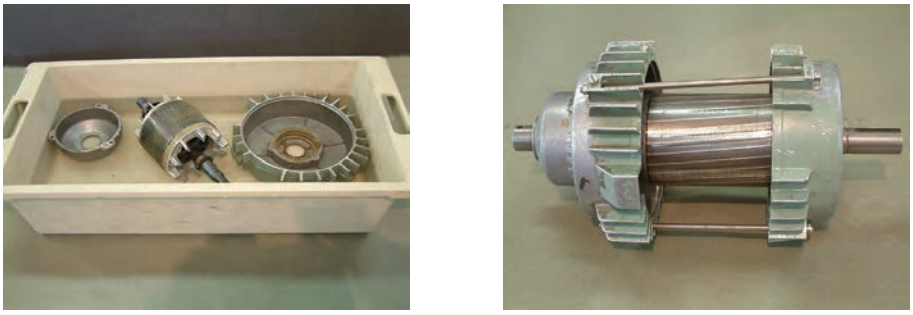


شکل ۱۸ـ باز کردن پیچ‌های موتور و درپوش‌ها



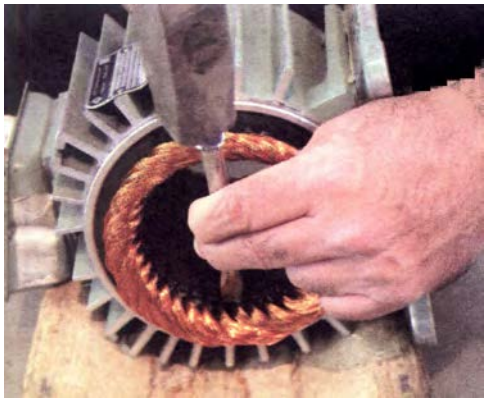
شکل ۱۹ـ ترتیب و توالی بازکردن قطعات موتور

۳ـ قطعات بازشده را، در یک وان آب گرم قرار داده و آنها را کاملاً شست‌وشو دهید. پس از بازکردن و شست‌وشوی قطعات، قطعات باز شده را مطابق شکل جمع‌آوری کنید، مجموعه را تا وصل مجدد آنها، به استاتور، در یک محل امن قرار دهید، تا از آسیب دیدن قطعات و گم شدن آنها جلوگیری شود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰ـ شست‌وشو و جمع کردن قطعات باز شده

۴ـ در این مرحله باید با قلم و چکش سیم‌های داخل استاتور را از یک سمت ببرید تا آماده خارج شدن از داخل شیار باشد. در زمان ضربه به قلم دقت کنید تا نوک قلم به ورق دینامو‌بلش استاتور صدمه وارد نکند (شکل ۲۱).

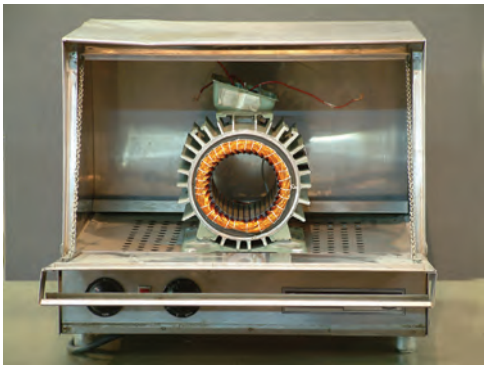


شکل ۲۱ـ بریدن سیم‌ها توسط قلم

۵ـ برای خارج کردن راحت‌تر سیم‌پیچی و عایق روی شیارها، بهتر است استاتور را به مدت لازم در داخل کوره حرارتی قرار دهید یا اینکه آن را در داخل وان حلال لاک سیم‌پیچی غوطه‌ور کنید تا سیم‌ها و عایق‌های داخل استاتور نرم شده و به راحتی از داخل شیار خارج شوند (شکل ۲۲).

سؤال

آیا ضربه و حرارت بیش از حد روی مشخصه مغناطیسی ورقه دینامو‌بلش تأثیر منفی دارد؟

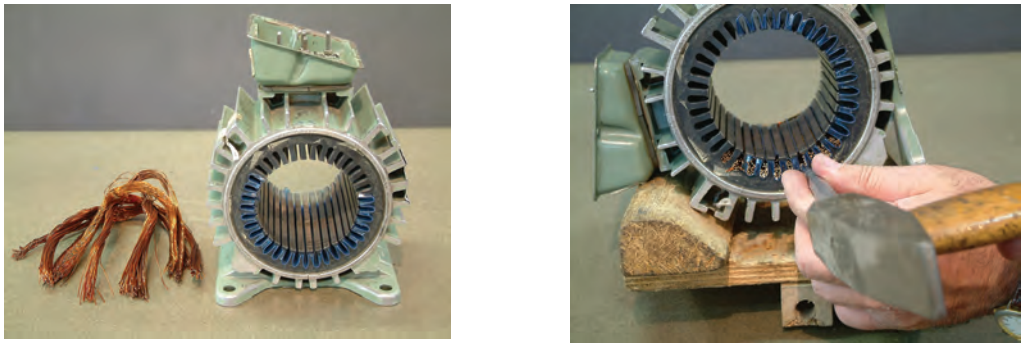


شکل ۲۲ـ گرم کردن سیم‌پیچ

۶ـ چون سیم‌پیچی گرم و انعطاف‌پذیر شده است. حالا می‌توانید مطابق شکل ۲۳ عایق روی سیم‌پیچی‌ها را خارج کنید.

شکل ۲۳ـ خارج کردن پرسپان از شیار

۷ـ پس از خارج کردن عایق‌ها می‌توانید سیم‌پیچ‌های سوخته داخل موتور را مطابق شکل ۲۴ از داخل استاتور خارج کنید.



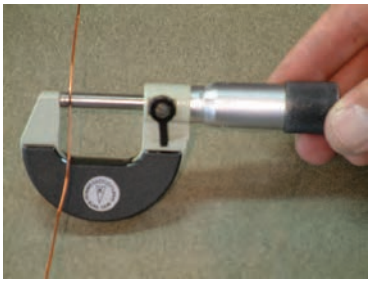
شکل ۲۴ـ سیم‌های خارج شده از شیارها

۸ـ برای سیم‌پیچی مجدد داخل استاتور لازم است تا داخل آن را به‌طور کامل تمیز کرد. (شکل ۲۵)

شکل ۲۵ـ۱ داخل شیارها را با برس تمیز کنید

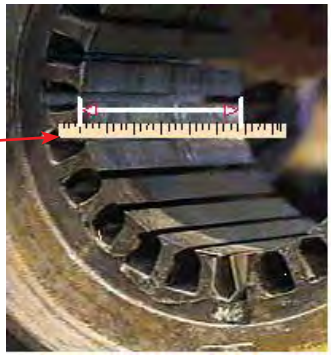
شکل ۲۵ـ۲ داخل شیارها را باهوای متراکم بادگیری کنید

۹ـ در این مرحله باید اولاً : قطر سیم‌های خارج شده از استاتور را توسط میکرومتر اندازه‌گیری کرده و ثانیاً : تعداد دور یک بازو از پیچکی را شمارش نموده و سپس مقدار آنها را به پرونده موتور انتقال دهید.



شکل ۲۶ـ اندازه‌گیری قطر سیم و شمارش تعداد دور یک بازو

۱۰ـ در این قسمت مطابق شکل ۲۷ طول و قطر داخلی استاتور را اندازه‌گیری کرده و در شناسنامه موتور ثبت کنید.



شکل ۲۷ـ اندازه‌گیری طول و قطر داخلی استاتور

فیلم

بازپیچی الکتروموتور از لحظه ″۳۲′:۵۰ تا ″۳۸′:۳۰

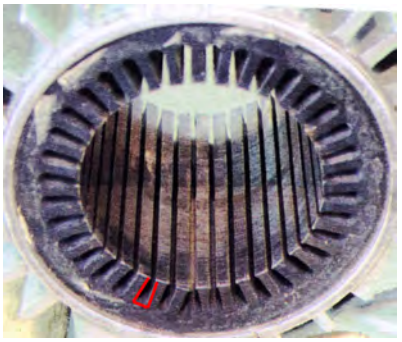
۱۱ـ داخل شیارهای استاتور را باید با کاغذ عایق (کاغذ پرشمان یا پرسپان) متناسب با ولتاژ فازی موتور و براساس جدول ۱ انتخاب کرده و عایق‌بندی کنید.

با توجه به اینکه ولتاژ خطی شبکه ایران ۴۰۰ ولت و ولتاژ فازی ۲۳۰ ولت است لذا ضروری است شیارها را با کاغذ به ضخامت ۰/۳ یا ۰/۵ عایق‌بندی کرد تا سیم‌ها در داخل استاتور با هسته استاتور تماس نداشته باشند. این مرحله باید با دقت کافی انجام شود تا فضای کامل داخل شیارها برای جا زدن سیم‌ها به کار گرفته شود.

جدول ۱ـ ضخامت عایق مناسب با ولتاژ فازی

ولتاژ فازی [V]	۰ـ۱۰۰	۱۰۰ـ۲۰۰	۲۰۰ـ۳۰۰	۳۰۰ـ۴۵۰	۴۵۰ـ۶۰۰	۶۰۰ـ۸۰۰	۸۰۰ـ۱۰۰۰
ضخامت عایق [mm]	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۶	۰/۷۵	۰/۷۵	۱

۱۲ـ نحوه تهیه و جا زدن کاغذهای پرشمان را در تصاویر شکل (۲۸) مشاهده می‌کنید.

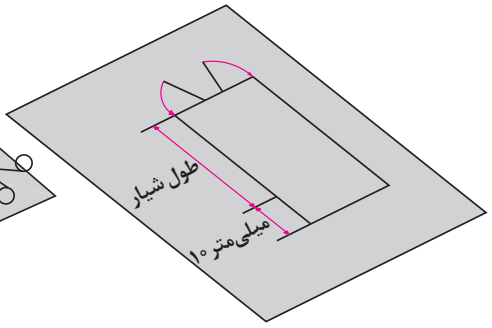


الف) اندازه‌گیری سطح داخل شیار

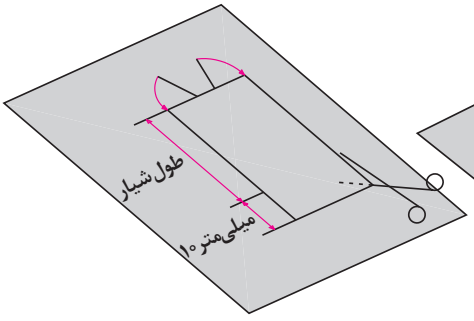
ب) برش کاغذ پرسپان با کاتر

ایمنی

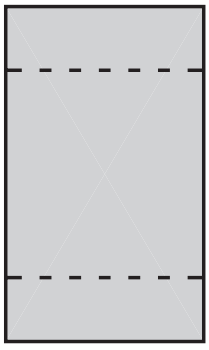
هنگام کار از صندلی، سیستم تهویه و نور مناسب استفاده کنید و هنگام تمیز کردن شیارها از ماسک برای جلوگیری از تنفس غبار استفاده کنید. موقع استفاده از کاتر و گیوتین مراقب انگشتان خود باشید.



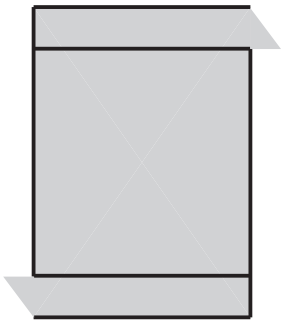
پ) اندازه‌گذاری کاغذ پرسپان با ۱۰ میلی‌متر اضافی



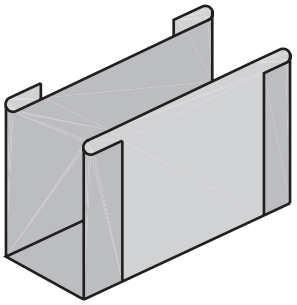
ت) برش کاغذ پرسپان



ث) از هر طرف ۵ میلی‌متر علامت‌گذاری شود



ج) از محل علامت‌گذاری تا می‌شود



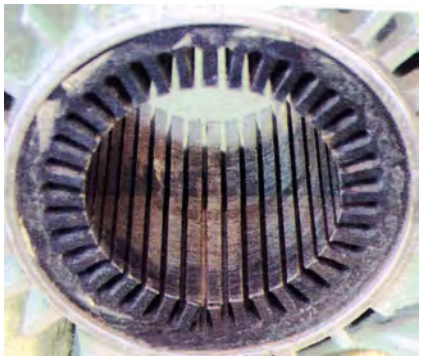
چ) شکل عایق پس از تا شدن

ح) عایق آماده شده

شکل ۲۸ـ عایق‌کاری داخل شیارها

۱۳ـ مطابق الگوی نشان داده شده در مرحله قبل باید برای تمامی شیارهای موتور عایق کاغذی (کاغذ پرشمان) را ساخته و در شیارها قرار دهید (شکل ۲۹).

۲۹ـ۲ـ استاتور عایق‌کاری شده



۲۹ـ۱ـ عایق در داخل شیار قرار می‌گیرد

فیلم

عایق‌کاری داخل شیارهای استاتور از لحظه ″۳۸′۴۰ تا ″۴۱′۴۵

ایمنی

هنگام کار از صندلی، سیستم تهویه ونور مناسب استفاده کنید و هنگام تمیز کردن شیارها از ماسک برای جلوگیری از تنفس غبار استفاده کنید. موقع استفاده از کاتر وگیوتین مراقب انگشتان خود باشید.

کار عملی۱

هدف: خارج کردن سیم‌پیچی سوخته از داخل استاتور، تهیه شناسنامه مشخصات، عایق‌کاری شیارها موتور

۱ـ تحت نظارت مربی خود موتور سیم‌پیچی شده‌ای را تحویل گرفته و براساس مراحل و نکاتی که فراگرفته‌اید سیم‌های سوخته را از داخل شیارها خارج کنید.
۲ـ استاتور الکتروموتور را تمیز کنید.
۳ـ با اندازه‌گیری طول و اندازه دهانه شیار عایق‌های کاغذی (کاغذ پرشمان) شیارهای موتور را با راهنمایی مربی خود بسازید.
۴ـ عایق تمامی شیارهای موتور را در شیارها جا زده و سپس روتور را در داخل آن جا زده و با دست یک دور بچرخانید تا در صورت تماس هر یک از عایق‌ها با روتور، آن را بررسی کرده و رفع عیب نمایید.
۵ـ موارد ایمنی مانند برخورد قلم و چکش به انگشتان دست، حفاظت دست از نوک سیم لاکی بریده شده و برس سیمی را به‌کار گیرید.
۶ـ مس فلزی گرانبها و ارزشمند است. برای بازیافت و برگشت مجدد سیم‌های لاکی مستعمل به صنعت، آنها را در یک مخزن جمع‌آوری کنید و به هیچ وجه دور نریزید.

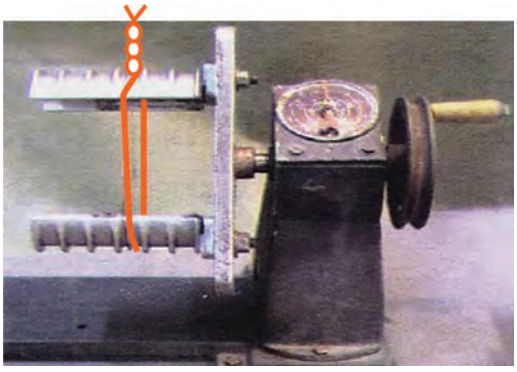
۱۱ـ۴ـ مرحله ۲ بازپیچی موتور

۱۴ـ در این مرحله باید اقدام به تهیه اندازه کلاف الگو برای تنظیم دستگاه کلاف پیچ نمود. به همین خاطر براساس اطلاعاتی که از روی سیم‌پیچی سوخته برداشته شده یا بر پایه محاسباتی که با آنها آشنا خواهیم شد گام سیم‌پیچی را مشخص کرده و به دست آورید. سپس از یک روش تجربی که توصیه شده است کمک بگیرید تا بین سیم اندازه و هسته دو انگشت فاصله باشد، ابتدا با سیم‌های مستعمل یک اندازه کلاف تهیه و در داخل شیارهای استاتور قرار دهید. با بررسی اندازه کلاف و کم یا زیاد کردن آن (در صورت نیاز)، اندازه کلاف مناسب برای تنظیم قالب را به دست آورید (شکل ۳۰).

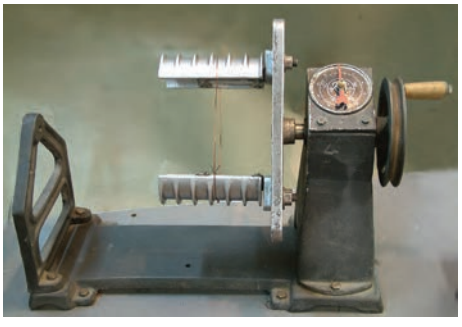
۱۵ـ پس از تهیه اندازه مناسب کلاف، باید قالب‌ها را به اندازه تهیه شده، بر روی دستگاه کلاف‌پیچ تنظیم کرده و سپس فک‌ها را با پیچ مهره روی بدنه محکم کنید تا تنظیم قالب‌ها به هم نخورد (شکل ۳۱).

۱۶ـ پس از مشخص شدن اندازه کلاف الگو و تنظیم کلاف‌پیچ می‌توانید اقدام به پیچیدن کلاف‌های موتور کنید. با توجه به تعداد دور شمارش شده، شکل سیم‌پیچی و به تعداد q که در مورد آن صحبت خواهد شد باید اقدام به پیچیدن کلاف‌ها کنید.

شکل ۳۰ـ روش تجربی تهیه قالب



شکل ۳۱ ـ تنظیم فک‌های کلاف‌پیچ بر اساس قالب تهیه شده



شکل ۳۲ـ کلاف الگو و کلاف‌پیچی

ایمنی

هنگام سیم‌پیچی باید دقت کنید که سیم‌ها به موازات یکدیگر پیچیده شوند و از روی هم عبور نکنند؛ چون در این صورت جا زدن آنها در داخل شیار دشوار است. علاوه بر این، احتمال ساییدگی سیم‌ها بر هم افزایش می‌یابد و در اثر از بین رفتن عایق، خطر اتصال کوتاه حلقه‌ها به یکدیگر نیز وجود دارد.

در شکل ۳۳ یک کلاف که به‌طور صحیح پیچیده شده و یک کلاف که به طور غلط پیچیده شده و حلقه‌های آن در هم است، مشاهده می‌کنید.

۳۳ـ۱ـ کلاف صحیح

۳۳ـ۲ـ کلاف غلط

۱۷ـ پس از اتمام کار سیم‌پیچی کلاف‌ها باید بازوهای کلاف‌ها را، با نخ یا سیم‌های مستعمل بست تا در هنگام جا زدن بازوها در داخل شیارها، رشته‌سیم‌های کلاف باز نشده و مزاحمتی ایجاد نکنند (شکل ۳۴).

شکل ۳۴ـ بستن کلاف‌های پیچیده شده روی قالب

۱۸ـ در این مرحله مهره‌کلاف‌پیچ را شل نموده و فک‌های کلاف‌پیچ را جمع کنید تا کلاف‌ها آزاد شوند سپس کلاف‌ها را به گونه‌ای تقسیم کنید که هر کلاف q پیچک داشته باشد و از کلاف پیچ جدا کنید.

شکل ۳۵

۱۹ـ پس از سیم‌پیچی کلاف موتور مرحله جا زدن کلاف‌ها در شیارهای موتور است. جا زدن کلاف‌ها باید به ترتیب خاص و با حوصله و دقت کافی انجام شود تا سیم‌ها زخمی‌نشوند و کلاف‌ها در درون شیارها جای گیرند.

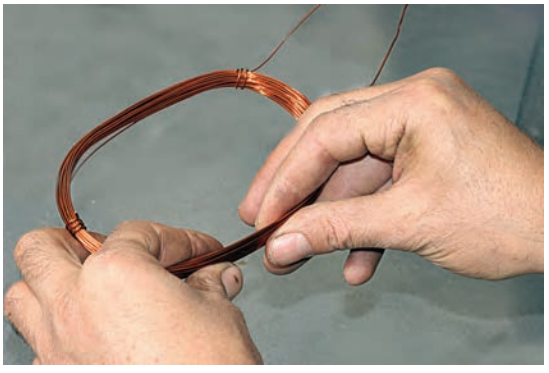
برای این کار باید استاتور را بر روی یک پایه مناسب قرار دهیم. سپس یکی از کلاف‌ها را طوری در دست بگیریم که دو سر کلاف به طرف راست باشد (شکل ۳۶).

شکل ۳۶ـ کلاف مناسب

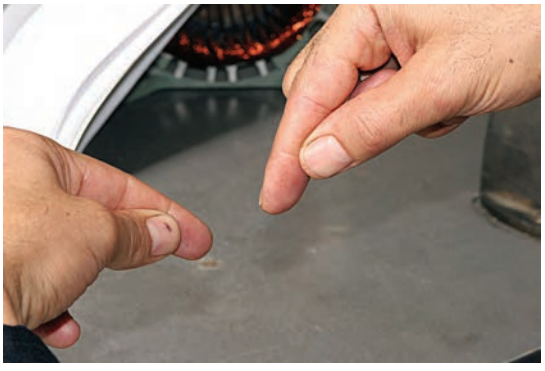
پس از آن نوار با سیم نگهدارندهٔ یک بازوی کلاف را به سمت چپ یا راست حرکت دهید تا تمام سیم‌های یک بازوی کلاف آزادانه در بین انگشتان قرار گیرند. آنگاه کلاف را به دقت به داخل استاتور می‌بریم و به آرامی‌شروع به قرار دادن سیم‌ها در داخل شیار استاتور کنید. معمولاً ضخامت یک کلاف از دهانهٔ یک شیار بیشتر است. بازوی کلاف را نمی‌توان یک‌باره درون شیار قرار داد. به همین دلیل هادی‌های بازوی کلاف در دسته‌های چندتایی در درون شیار جای می‌گیرند.

به این ترتیب که هر سمت کلاف را بین انگشت شست و انگشت نشانهٔ دو دست قرار دهید و با حرکت انگشتان نشانهٔ دو دست به طور متناوب به بالا و آن را در درون شیار قرار می‌دهیم.

در ضمن باید با انگشت شست فشار بسیار کمی بر روی سیم‌ها وارد کرد. برای تمرین کردن شیوهٔ انجام این کار ابتدا انگشتان خود را مطابق شکل ۳۷ طوری قرار دهید که انگشتان اشاره (سبابه) بر روی شست قرار گیرد و سه انگشت دیگر به کف دست بچسبد.



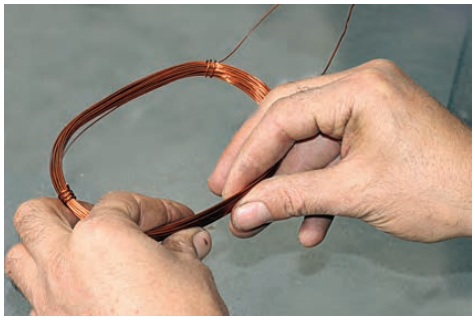
شکل ۳۷ـ۱ حالت دست در کلاف‌گذاری (۱)



شکل ۳۷ـ۲ حالت دست در کلاف‌گذاری (۲)

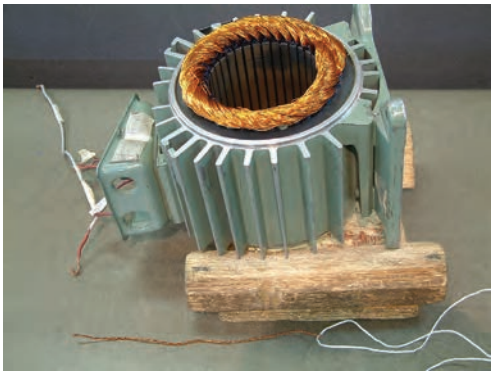
سپس مطابق شکل ۳۸ دو انگشت نشانه را به آهستگی به طرف پایین حرکت دهد. این حرکت برای تخت و صاف کردن بازویی از کلاف است که باید درون شیار جای گیرد و در شکل ۳۸ نشان داده شده است. توجه داشته باشید که این عمل به همراه کلاف در داخل استاتور انجام گیرد.

شکل ۳۸ـ۱ طریقه در دست گرفتن کلاف



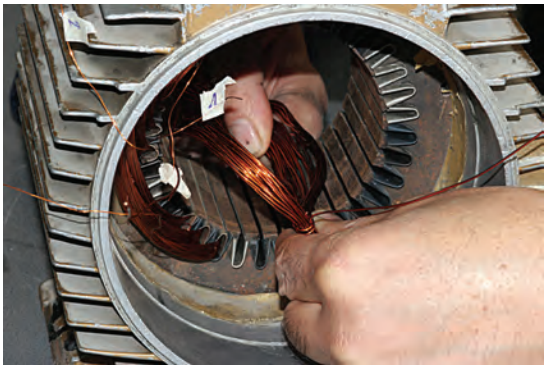
شکل ۳۸ـ۲ مرتب کردن سیم‌ها جهت کلاف‌گذاری

۲۰ـ جا زدن کلاف‌های موتور را خود تا تکمیل شدن تمامی شیارها باید ادامه داده و تمامی‌شیارهای استاتور را کامل کنید شکل (۳۹).



شکل ۳۹ـ جا زدن سیم‌پیچ

۲۱ـ هنگام جا زدن، با قرار دادن سیم‌ها در درون شیار استاتور، باید دقت داشت که مانند شکل ۴۰ الف یک یا چند حلقه از کلاف کشیده نشود یا به صورت متقاطع قرار نگیرد، زیرا در این صورت، علاوه بر اینکه زیبایی سیم پیچ از بین می‌رود، خطر پاره شدن یا اتصال کوتاه بین سیم‌ها نیز وجود دارد. در عین حال، زمان بیشتری صرف جا زدن بازوها در داخل شیار خواهد شد.

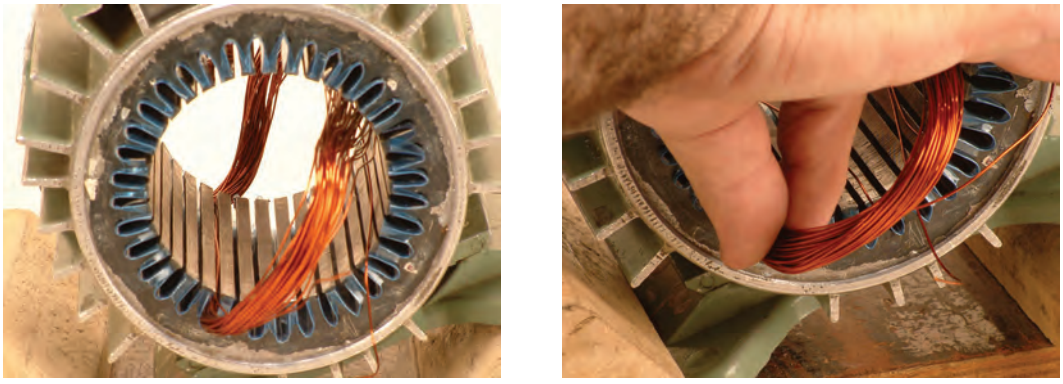


الف) غلط

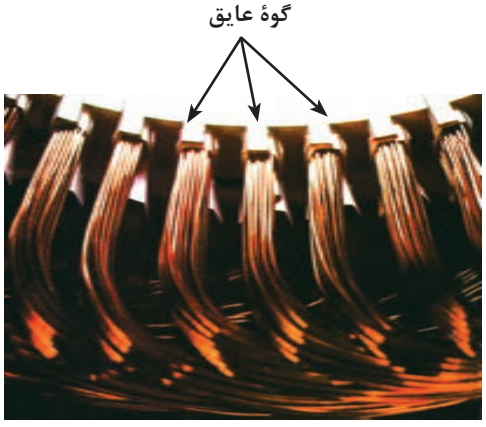
ب) صحیح

شکل ۴۰ـ جا زدن کلاف

۲۲ـ پس از جا زدن هر کلاف، برای اینکه برای کلاف‌های بعدی جا باشد و علاوه بر آن، در هنگام جا زدن و چرخیدن موتور نیز به سیم‌ها صدمه‌ای وارد نشود باید به کمک انگشتان شست و سبابه مانند شکل ۴۱ در دو محلی که کلاف از شیار خارج می‌شود، کلاف را به سمت خارج از استاتور فشار دهید تا کلاف در دو لبهٔ شیار، تا خورده و فضای خالی مناسب برای کلاف‌های بعدی ایجاد شود.



شکل ۴۱ـ طریقه کلاف‌گذاری



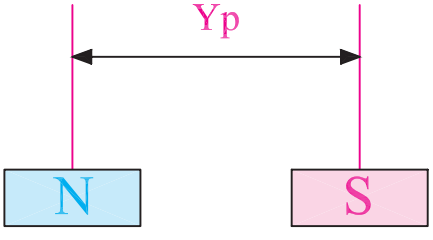
۲۳ـ پس از جا زدن کلاف‌ها در شیارهای استاتور باید روی سیم‌ها را با عایق‌های کاغذی یا گوهٔ چوبی که به فرم فضای داخلی شیار در آمده پوشانده شود تا سیم‌ها در داخل شیار موتور کاملاً محکم شوند و از ارتعاش یا خارج شدن آنها جلوگیری شود (شکل ۴۲).

شکل ۴۲ـ محکم کردن سیم‌ها در داخل شیار با گوهٔ عایق

فیلم

ادامه بازپیچی سیم‌پیچی الکتروموتور از لحظه ″۵۰′۴۲ تا ″۰۶′۰۰ ۰۱:۰۰

۱۲ـ۴ـ آشنایی با محاسبات، ترسیم دیاگرام و جداول سیم‌پیچی الکتروموتورهای سه‌فاز



شکل ۴۳ـ گام قطبی

برای اجرای سیم‌پیچی موتورهای سه‌فاز لازم است تا تعاریف و محاسبات اولیه آورده شود.

الف) تعداد شیار (Z): تعدا شیارهای داخل پوسته موتور که قابل شمارش است.

ب) تعداد فازها (m): تعداد فازهای شبکه برق

که به الکتروموتور اتصال داده می‌شود و اغلب برای تک‌فاز m = ۱ و سه‌فاز m = ۳ است.

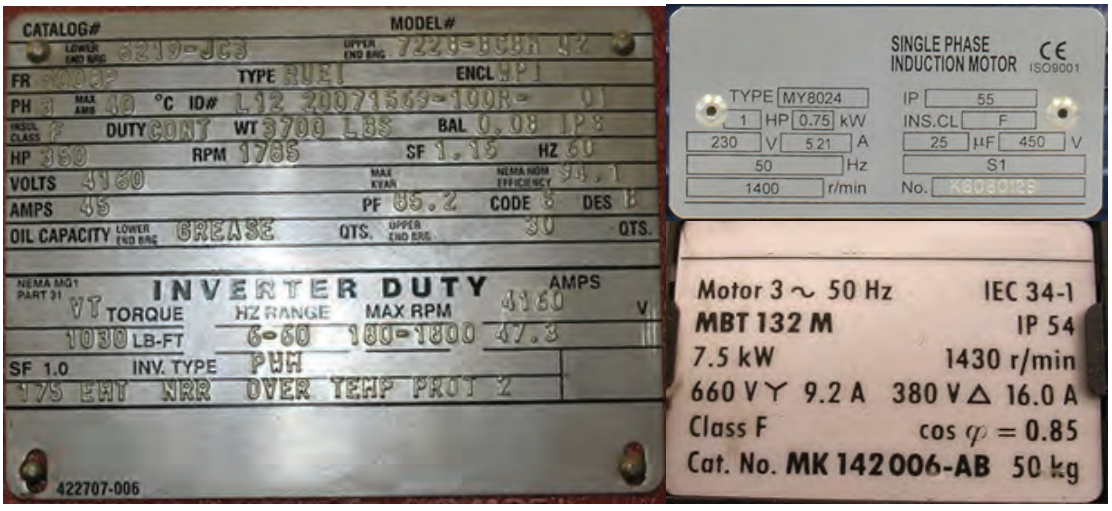
پ) تعداد قطب‌های موتور (2P): تعداد قطب‌های الکتروموتور موتور معمولاً به صورت از پیش تعیین شده است. اما اگر مشخص نباشد می‌توان از روی سرعت روتور که روی پلاک حک شده است آن را تعیین کرد. همیشه از روی مقدار سرعت روتور که کمتر از سرعت سنکرون است می‌توان تعداد قطب موتور را به‌دست آورد (جدول ۲).

جدول ۲ـ تعداد قطب برای فرکانس ۵۰Hz

سرعت سنکرون (ns)	تعداد قطب (2P)
۳۰۰۰ rpm	۲
۱۵۰۰ rpm	۴
۱۰۰۰ rpm	۶
۷۵۰ rpm	۸
۶۰۰ rpm	۱۰
۵۰۰ rpm	۱۲

فعالیت

تعداد قطب الکتروموتورهای شکل ۴۴ را تعیین کنید.



شکل ۴۴ـ پلاک چند الکتروموتور

ت) گام قطبی (Y_P): تعداد شیارهایی از سطح استاتور که توسط یک قطب پوشانده می‌شود را گام قطبی گویند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Y_P = \frac{Z}{2P}$$

ث) گام سیم‌پیچی (Y_Z): عبارت است از فاصله بین دو بازوی یک کلاف برحسب تعداد شیار را گام سیم‌پیچی گویند.

روش به دست آوردن گام سیم‌پیچی در سیم‌بندی‌های مختلف متفاوت است. در قسمت‌های بعد با آن آشنا خواهید شد.

هـ) تعداد شیار در هرقطب از هر فاز (q): اصطلاحاً به حداقل تعداد کلاف‌ها برای ایجاد یک جفت قطب متناسب با تعداد فازهای جریان متناوب را گویند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$q = \frac{z}{۲p.m}$$

د) زاویه الکتریکی بین دو شیار مجاور هم (α_{ez}): اختلاف فاز الکتریکی هر شیار با شیار مجاور را زاویه الکتریکی شیارها گفته و از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$\alpha_{ez} = \frac{P \times ۳۶۰}{z}$$

ذ) شیار شروع فازها: چون شروع فازها نسبت به هم ۱۲۰ درجه الکتریکی اختلاف فاز دارند لذا شروع کلاف‌های هر فاز نسبت به فاز دیگر ۱۲۰ درجه اختلاف فاز مکانی دارند که بر اساس روابط زیر می‌توان محاسبه کرد.

شروع فاز اول = ۱

$$\text{شروع فاز دوم} = ۱ + \frac{۱۲۰}{\alpha_{ez}}$$

$$\text{شروع فاز سوم} = ۱ + \frac{۲۴۰}{\alpha_{ez}}$$

ر) تعداد کلاف‌های هر فاز (γ_m): تعداد کلاف‌ها در هر فاز را با γ_m نشان می‌دهند و به صورت زیر می‌توان محاسبه کرد.

$$\gamma_m = \frac{Z \times t}{۲m}$$

t ـ تعداد طبقات سیم‌پیچی (سیم‌پیچی موتورهای سه‌فاز به‌صورت یک یا دو طبقه هستند).

فیلم

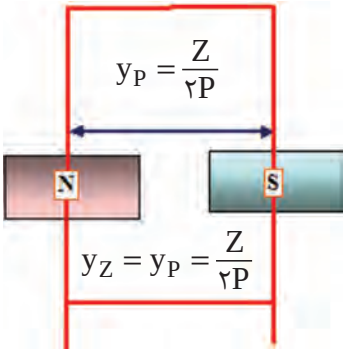
محاسبه و ترسیم دیاگرام سیم‌پیچی از لحظه ″۵۰ ′۴۱:۰ تا ″۵۵ ′۴۴:۰

۱۳ـ۴ـ انواع روش‌های سیم‌پیچی موتورهای سه‌فاز

موتورهای الکتریکی سه‌فاز در قالب یکی از دو نوع ۱ـ گام کامل و ۲ـ گام کسری سیم‌پیچی می‌شوند که در اینجا به تفکیک هر یک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱ـ۱۳ـ۴ـ سیم‌پیچی گام کامل

اگر در سیم‌پیچی ابتدا و انتهای یک کلاف ۱۸۰درجه الکتریکی اختلاف فاز رعایت شود و نیروی محرکه القایی بازوهای رفت و برگشت کلاف‌ها جمع جبری شوند سیم‌بندی را گام کامل گویند. در این سیم‌بندی تعداد شیارهای موجود بین رفت و برگشت هر کلاف y_P شیار خواهد بود. در این سیم‌پیچی گام سیم‌پیچی



شکل ۴۶ـ۴ـ گام قطبی (گام کامل)

با گام قطبی برابر است و از رابطه روبرو می‌توان محاسبه کرد.

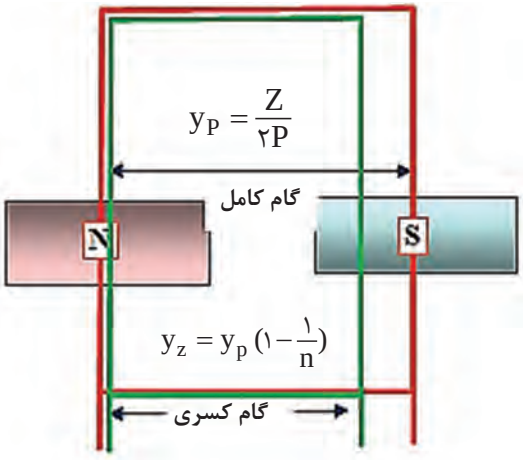
$$y_Z = y_P = \frac{Z}{2P}$$

در موتورهای الکتریکی اگر شار مغناطیسی در سطح استاتور به طور سینوسی و یکنواخت توزیع شود کارکرد موتور بسیار مطلوب خواهد شد ولی در عمل به علت‌های مختلف از قبیل عکس‌العمل میدان روتور، پسماند مغناطیسی و تجمع خطوط میدان در نوک تیز شیارها، باعث می‌شود که شار مغناطیسی در سطح استاتور از حالت سینوسی و یکنواخت خارج و کارکرد موتور از یکنواختی خارج شده و ضمن لرزش، با سروصدا همراه شود. به این دلیل راندمان و عمر موتور کاهش می‌یابد. هر موج سینوسی متناوب از یکسری ریزموج‌ها تشکیل شده است که اصطلاحاً به این ریزموج‌ها «هارمونی ـ هارمونیک» گفته می‌شود. بر پایه تحقیقات به عمل آمده مشخص شده که دلیل عدم کارکرد یکنواخت و دارای سروصدا بودن موتورهای سه‌فاز در برخی موتورها هارمونی‌ها هستند. ریزموج‌ها مضارب زوج و فرد از موج اصلی است. ریزموج‌های فرد که فرکانس آنها مضربی از موج اصلی است مانند هارمونی سوم و پنجم و هفتم و ... در موتورهای الکتریکی بیشتر باعث غیریکنواختی میدان مغناطیسی می‌شود.

۲ـ۱۳ـ۴ـ سیم‌پیچی گام کسری

اگر در سیم‌پیچی ابتدا و انتهای یک کلاف کمتر از ۱۸۰ درجه الکتریکی اختلاف فاز داشته باشد سیم‌بندی با «گام کسری» گفته می‌شود. درگام کسری نیروی محرکه‌های الکتریکی بازوی‌های کلاف‌ها جمع‌برداری می‌شوند (شکل ۴۷). چون جمع‌برداری از جمع جبری کمتر است بنابراین نیروی محرکه موتور در سیم‌بندی گام کسری کاهش می‌یابد و توان موتور کمتر می‌شود. به همین خاطر برای جبران کاهش نیروی محرکه، تعداد دور کلاف‌های موتور را به تناسب کوتاهی گام تقویت می‌کنند. در این سیم‌پیچی گام سیم‌پیچی را از رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد.

$$y_z = y_p\left(1-\frac{1}{n}\right)$$



شکل ۴۷ـ مقایسه سیم‌بندی گام کامل و گام کسری

۱ـ۲ـ۱۳ـ۴ـ خصوصیات سیم‌پیچی گام کسری

در کنار معایبی که برای سیم‌بندی گام کسری بیان شد، می‌توان به مزایای این نوع سیم‌پیچی اشاره کرد که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

۱ ـ امکان حذف هارمونی مزاحم

برای حذف هارمونی سوم گام سیم‌پیچی یک سوم و برای حذف هارمونی پنجم سیم‌پیچی یک پنجم و برای حذف هارمونی nام، $\frac{1}{n}$ گام را کسری می‌پیچند.

nـ شماره هارمونی است که در سیم‌پیچی گام کسری هدف حذف آن است.

۲ـ کاهش تلفات و هزینه ساخت موتور

درسیم‌بندی گام کسری پیشانی کلاف‌ها کوتاه‌تر می‌شود در نتیجه سیم مصرفی کاهش یافته، موتور سبک‌تر

شده، تلفات حرارتی کاهش یافته و هزینه ساخت موتور کاهش می‌یابد.

۳ـ افزایش راندمان موتور

همان‌گونه که اشاره شد در سیم‌پیچی، صرف سیم کاهش می‌یابد و در نتیجه با کاهش تلفات حرارتی راندمان موتور افزایش می‌یابد.

۴ـ افزایش عمر موتور

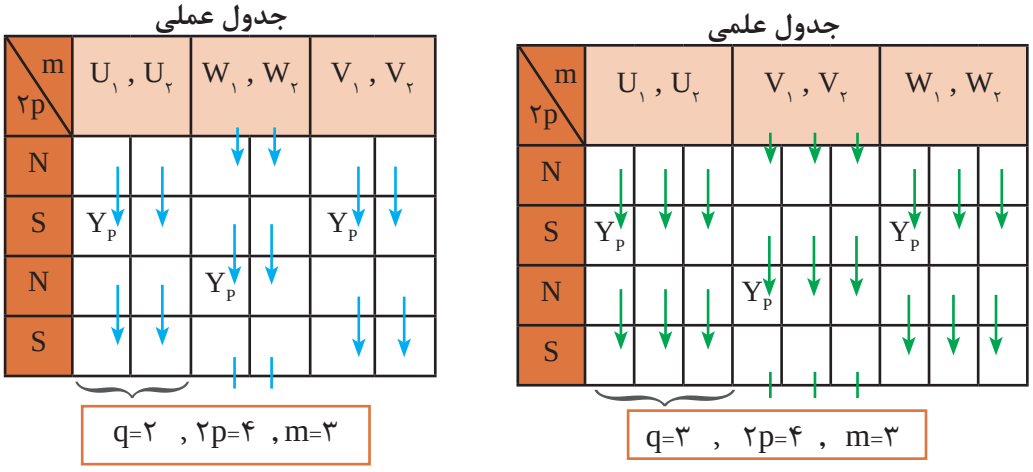
با کاهش گام سیم‌پیچی و حذف هارمونیک‌های مزاحم، لرزش‌های موتور کاهش یافته و عمر موتور افزایش می‌یابد.

۱۴ـ۴ـ جدول سیم‌پیچی

ترسیم جدول سیم‌پیچی، رسم دیاگرام سیم‌پیچی را ساده‌تر می‌کند و نشان می‌دهد که در هر شیار سیم‌های کدام فاز قرارگرفته است و کدام شیارها توسط یک فاز اشغال می‌شوند. تعداد ستون‌های جدول، برابر تعداد فازها و تعداد سطرهای جدول برابر تعداد قطب‌ها است. هر ستون جدول به q قسمت تقسیم می‌شود و شروع فاز اول از شیار ۱، شروع فاز دوم از شیار $۱+\frac{۱۲۰}{\alpha_{ez}}$ و شروع فاز سوم از شیار $۱+\frac{۲۴۰}{\alpha_{ez}}$ انجام می‌شود.

جدول سیم‌پیچی به دو صورت جدول عملی و جدول علمی ترسیم می‌شود.

در جدول عملی حروف سرهای موتور در فاز دوم و سوم جابه‌جا شده و طبق توضیحات داده شده و براساس مقادیر محاسبه شده برای q و y_p و y_z از عدد یک تا آخرین شماره شیار در داخل ستون‌های جدول به‌طور متوالی پشت سر هم نوشته می‌شوند. اعداد هر سطر با اعداد سطر بالایی به اندازه y_p یعنی یک گام قطبی فاصله دارند (شکل ۴۸).



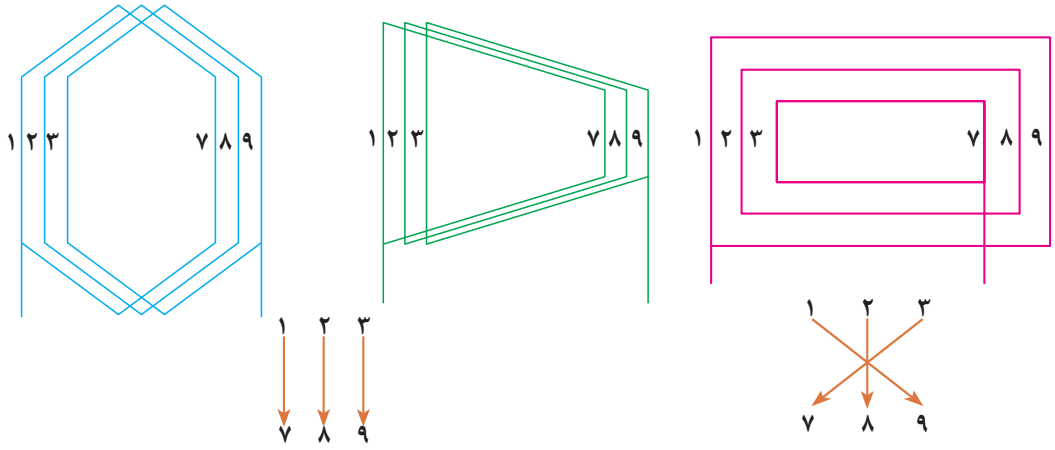
شکل ۴۸ـ تشکیل جدول علمی و عملی

۱۵ـ۴ـ دیاگرام سیم‌پیچی

دیاگرام سیم‌پیچی نقشه و مسیر سیم‌پیچی الکتروموتور است که به شکل‌های مدور (دایره‌ای) یا گسترده رسم می‌شود. این دیاگرام‌ها ممکن است به صورت کلاف مساوی یا متحدالمرکز باشند، در سیم‌بندی کلاف

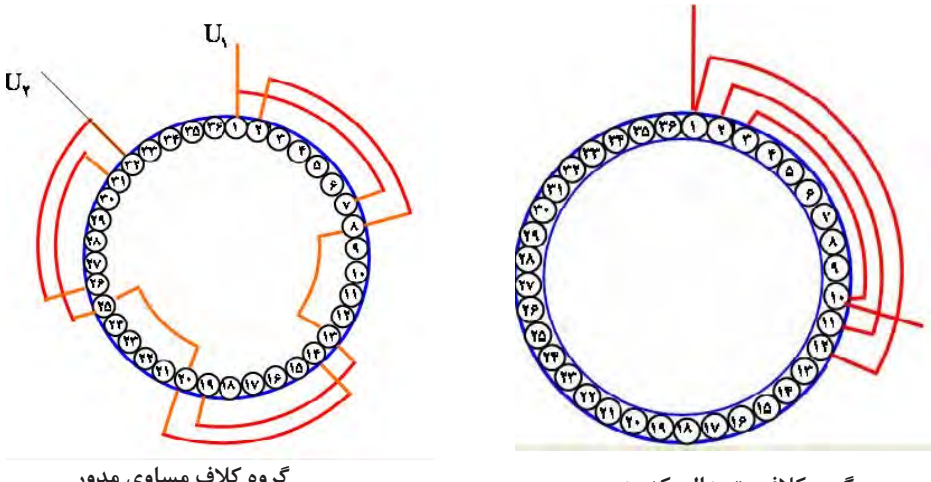
مساوی گام سیم‌بندی همه کلاف‌ها یکسان هستند ولی گام کلاف‌های سیم‌پیچی متحدالمرکز برابر نیستند (شکل ۴۹).

توجه: معمولاً سیم‌پیچی متحدالمرکز برای الکتروموتورهای یک‌فاز استفاده می‌شود.



گروه کلاف متحدالمرکز — گروه کلاف متساوی (زنجیره‌ای)

شکل ۴۹ــ دیاگرام گسترده کلاف مساوی



گروه کلاف متحدالمرکز مدور — گروه کلاف مساوی مدور

شکل ۵۰ــ دیاگرام مدور کلاف مساوی و متحدالمرکز

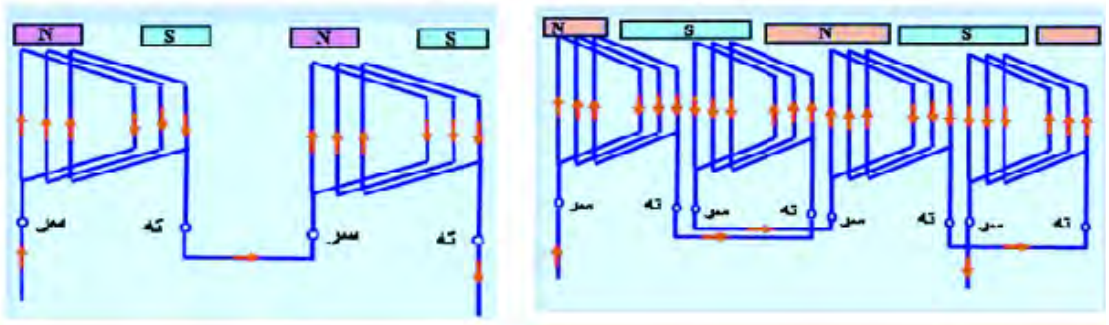
فیلم

حالت و فرم کلاف سیم‌پیچی از لحظه ″۴۵′:۰۰ تا ″۴۶′:۴۰

۱۶ــ۴ــ سیم پیچی موتورهای یک طبقه

در سیم‌پیچی یک طبقه در هر شیار یک بازو از هرگروه کلاف مربوط به هر فاز قرار می‌گیرد. سیم‌پیچی موتورهای الکتریکی تعداد گروه کلاف‌های هر فاز با G نشان داده می‌شود. نوع سیم‌پیچی‌ها دو حالت درنظر

گرفته می‌شود. در حالت اول تعداد گروه کلاف‌ها در هر فاز برابر تعداد نصف قطب‌ها می‌باشد. این نوع سیم‌پیچی را سیم‌پیچی به ازای زوج قطب (G=P)می‌گویند. در این حالت سربندی کلاف‌ها با اتصال نزدیک صورت می‌گیرد، به این نوع اتصال اصطلاحاً اتصال سر به ته یا ته به سر گفته می‌شود. بیشتر موتورها در سیم‌پیچی یک طبقه به ازای زوج قطب سیم‌پیچی می‌شوند. در حالت دوم تعداد گروه کلاف‌ها در هر فاز برابر تعداد قطب‌ها می‌باشد، این نوع سیم‌پیچی، سیم‌پیچی به ازای قطب (G =۲P) گفته می‌شود. در این حالت سربندی کلاف‌ها با اتصال دور صورت می‌گیرد، به این نوع اتصال اصطلاحاً اتصال سر به سر یا ته به ته گفته می‌شود. بیشتر موتورها در سیم‌پیچی دو طبقه به ازای قطب سیم‌پیچی می‌شوند. در شکل‌های ۵۱ به ازای زوج قطب و به ازای قطب و طریقه سربندی آنها نشان داده شده است.



G=P سیم‌بندی به ازای زوج قطب، اتصال نزدیک
(سر به ته، ته به سر)

G =۲P سیم‌بندی به ازای قطب، اتصال نزدیک
(سر به سر، ته به ته)

شکل ۵۱ــ سیم‌بندی به ازای قطب و زوج قطب اتصال دور و نزدیک

مثال ــ استاتور یک موتور ۳۶ شیار ۴ قطب را در نظر گرفته و محاسبات رسم دیاگرام موتور به صورت یک طبقه گام کامل را نوشته و رسم کنید.

$Z=۳۶ \quad , ۲P=۴ \quad , Y_Z=Y_P$

$$Y_P=\frac{Z}{۲P}=\frac{۳۶}{۴}=۹$$

$$Y_Z=Y_P=۹$$

$$\alpha_{eZ}=\frac{P\times ۳۶۰}{Z}=\frac{۲\times ۳۶۰}{۳۶}=۲۰$$

$$q=\frac{Z}{۲P\times m}=\frac{۳۶}{۴\times ۳}=۳$$

شروع فاز اول =۱

$$\text{شروع فاز دوم}=۱+\frac{۱۲۰}{\alpha_{eZ}}=۱+\frac{۱۲۰}{۲۰}=۷$$

$$\text{شروع فاز سوم}=۱+\frac{۲۴۰}{۲۰}=۱۳$$

جدول سیم‌پیچی: برای ترسیم جدول سیم‌پیچی باید به تعداد فازها ستون و به تعداد قطب‌ها ردیف باز کنید و هر ستون را به q قسمت تقسیم کرد.

جدول عملی سیم‌پیچی

m / ۲p	U_1 , U_2			W_1 , W_2			V_1 , V_2		
N									
S									
N									
S									

m / ۲p	U_1 , U_2			W_1 , W_2			V_1 , V_2		
N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
S									
N									
S									

اعداد را از شروع فازها به اندازه q پشت سر هم می‌نویسیم.

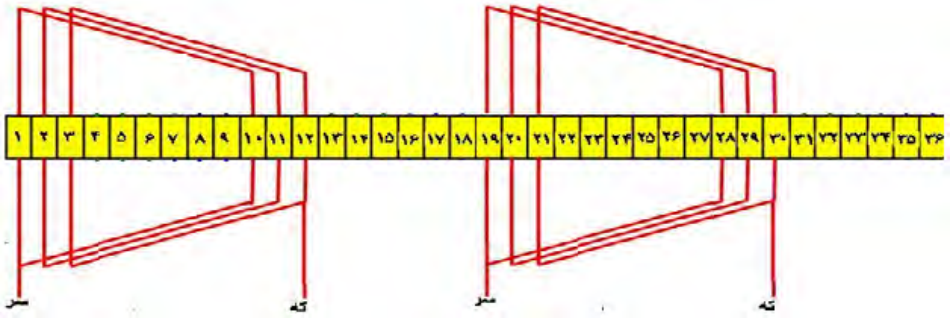
m / ۲p	U_1 , U_2			w_1 , w_2			V_1 , V_2		
N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
yps	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
N	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷
S	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶

خانه‌های جدول را تا آخرین شماره شیار به‌ترتیب کامل می‌کنیم.

شکل ۵۲ـ تکمیل جدول سیم‌بندی

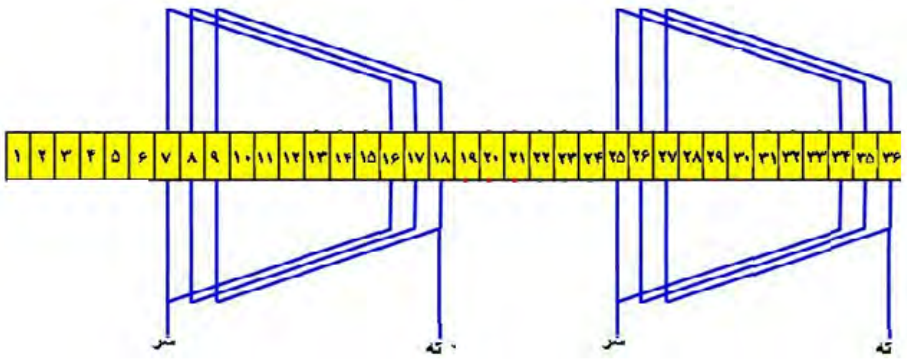
خانه‌های ردیف‌های پایین را به فاصله یک گام قطبی کامل کنید.

بر پایه اعداد محاسبه شده در جدول سیم‌پیچی، دیاگرام گسترده کلاف‌های فاز اول موتور به صورت شکل ۵۳ رسم می‌شود.



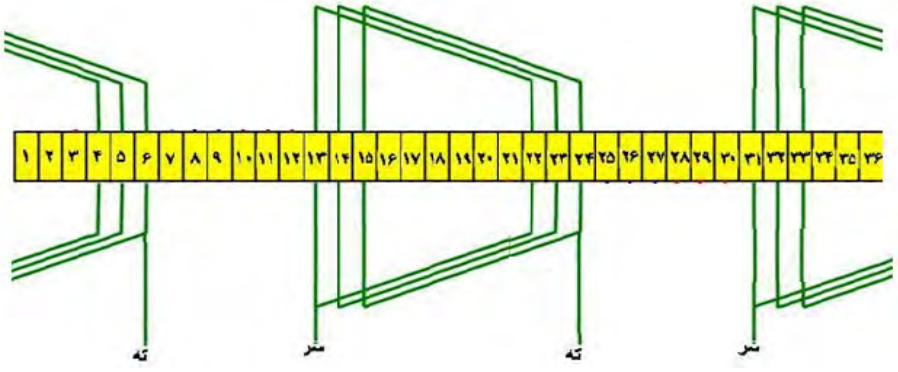
شکل ۵۳

به همین ترتیب با توجه به اعداد محاسبه شده در جدول سیم‌پیچی، دیاگرام گسترده کلاف‌های فاز دوم موتور را به صورت شکل ۵۴ می‌توان رسم کرد.



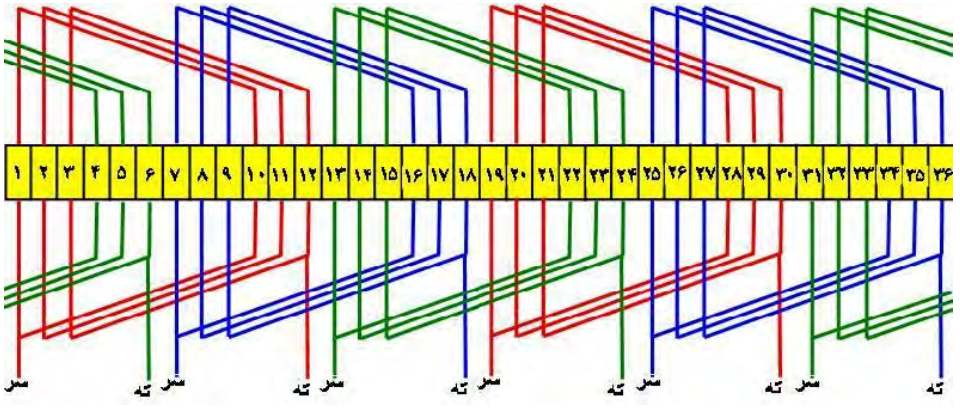
شکل ۵۴ــ فاز دوم

به همین ترتیب با توجه به اعداد محاسبه شده در جدول سیم‌پیچی، دیاگرام گسترده کلاف‌های فاز سوم موتور را به‌صورت شکل ۵۵ می‌توان رسم کرد.



شکل ۵۵

در شکل ۵۶ دیاگرام گسترده تکمیل شده موتور مشاهده می‌شود.

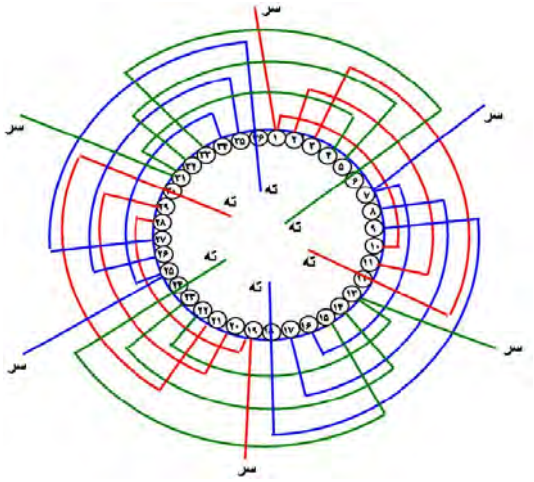


شکل ۵۶

شکل ۵۶ دیاگرام گسترده، کلاف مساوی با گام کامل سیم‌بندی، در هر فاز دو گروه کلاف ۳پیچکی قرار دارد q=۳

دیاگرام مدور (دایره‌ای):

دیاگرام دایره‌ای در شکل ۵۷ نشان داده شده است.



فیلم

استفاده از جدول برای ترسیم دیاگرام از لحظه ″۴۶′:۴۰ تا ″۴۸′:۴۲

فیلم

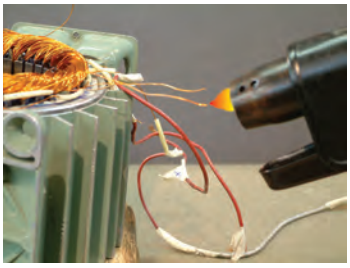
ترسیم نقشه‌های سیم‌پیچی سه‌فاز از لحظه ″۴۸′:۴۴ تا ″۵۰′:۴۰

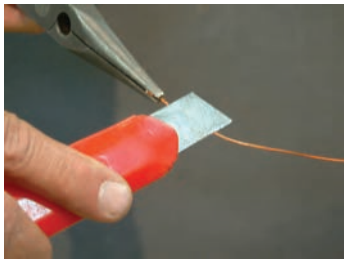
شکل ۵۷ــ دیاگرام مدور، کلاف مساوی با گام کامل سیم‌بندی

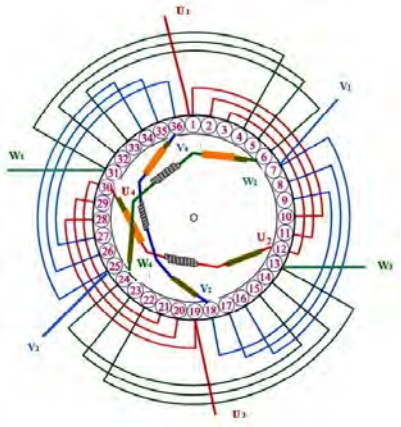
۱۷ــ۴ــ مرحله ۳ بازپیچی موتور

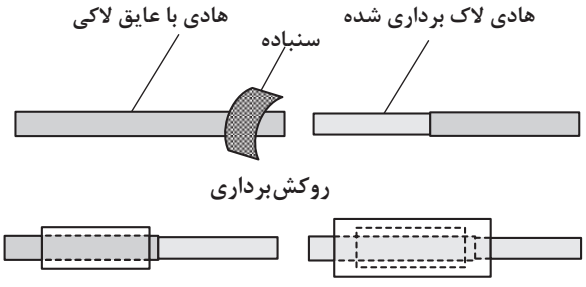
۲۴ـ با توجه به نقشه سربندی سر و ته کلاف‌ها را در هر فاز پیدا کرده و لاک سرسیم‌های را به اندازه ۲سانتی‌متر پاک کنید. این کار را می‌توان با کاتر تراش داد یا در حلال لاک قرار داد یا با شعله سوزاند. سپس یک سر را از وارنیش عبور دهید.با دقت زیاد محل لاک‌برداری شده، سر سیم‌ها به اندازه ۱ الی ۱/۵ سانتی‌متر روی هم بپیچید و لحیم‌کاری کنید و وارنیش را به محل لحیم‌کاری هدایت کنید تا وارنیش کاملاً محل لحیم‌کاری را بپوشاند. ابتدا و انتهای هر فاز را به سیم افشان اتصال داده و پس از لحیم‌کاری و گذرانیدن آنها از وارنیش به جعبه اتصال (تخته کلم) هدایت کنید.

مراحل انجام کار مطابق شکل ۵۸ است.





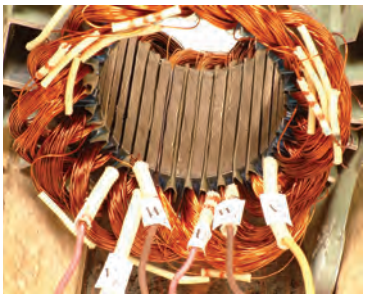




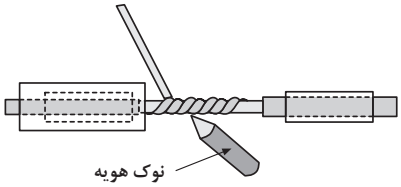
سرسیم‌های تابیده شده

قرار دادن وارنیش‌ها

هدایت سیم فازها به تخته کلم



اتصال سیم افشان به سرفازها و نام‌گذاری آنها

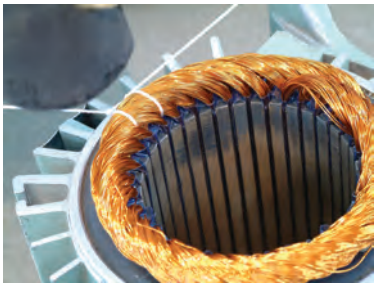


لحیم‌کاری قسمت تابیده شده

پوشش محل لحیم‌کاری شده با وارنیش

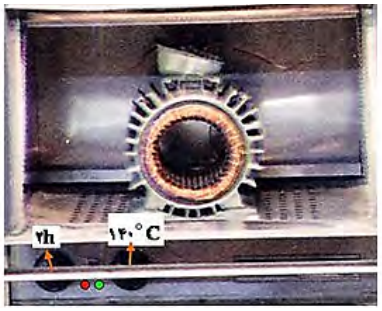
شکل ۵۸ــ عایق‌برداری، سربندی، وارنیش‌گذاری، لحیم‌کاری و هدایت سیم‌ها به تخته کلم

۲۵ـ برای جمع‌بندی سیم‌ها و محکم کردن آنها را نخ‌بندی می‌کنند. در نخ‌بندی از نخ مخصوص سیم‌پیچی یا کنف استفاده می‌شود (شکل ۵۹).



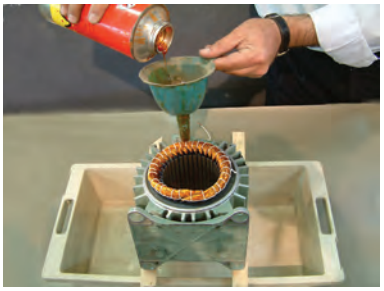
شکل ۵۹ــ نخ‌بندی سیم‌پیچی موتور

۲۶ـ پس از نخ‌بندی استاتور در کوره حرارتی قرار می‌دهیم تا به مدت حدود ۲ساعت در دمای ۱۴۰درجه سلسیوس رطوبت سیم‌ها گرفته شود (شکل ۶۰).



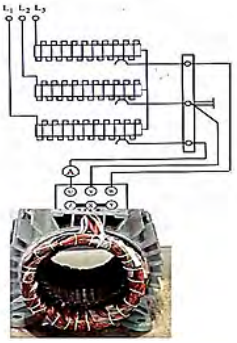
شکل ۶۰ــ قرار دادن استاتور درکوره حرارتی برای گرفتن رطوبت سیم‌ها

۲۷ـ برای افزایش خاصیت عایقی سیم‌ها و یک‌پارچه شدن آنها، روی سیم‌ها شارلاک می‌ریزند. شارلاک باید به اندازه رقیق باشد، که بتواند در داخل سیم‌ها کاملاً نفوذ کند. ضمناً از خاصیت عایقی خوب برخوردار باشد. برای شارلاک زدن بهتر است استاتور را بر روی یک وان مطابق شکل ۶۱ قرار داده، سپس شارلاک را از هر دو طرف بر روی سیم‌ها ریخته تا از هر قسمت موتور، سیم‌ها به حد کافی شارلاک دریافت کنند.



شکل ۶۱ــ شارلاک زدن سیم‌پیچی استاتور

۲۸ـ با قرار دادن استاتور شارلاک خورده در کوره حرارتی یا با اتصال سیم‌ها خروجی به ولتاژ حدود نصف ولتاژ نامی و عبور جریان الکتریکی و گرم شدن سیم‌ها، شارلاک را خشک می‌کنند (شکل ۶۲).

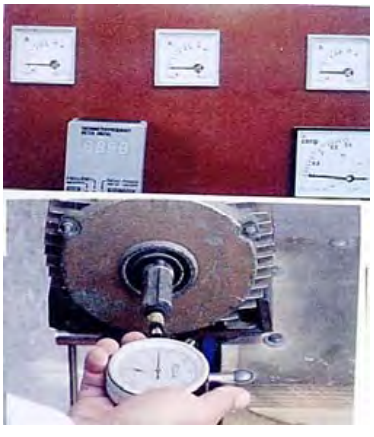


شکل ۶۲ـ خشک کردن شارلاک سیم‌پیچی استاتور

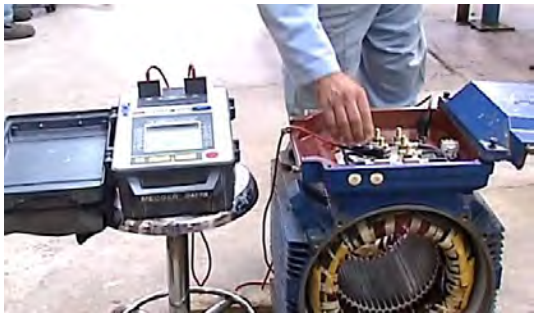
۲۹ـ پس از خشک شدن شارلاک سیم‌پیچی، روتور و درپوش‌ها را بر روی استاتور سوار کنید و با توجه به نوع اتصال که در پلاک موتور نوشته شده، اتصال ستاره یا مثلث را برقرارکنید ابتدا اتصال بدنه موتور را آزمایش کنید. در صورت نداشتن اتصال بدنه، موتور را به تابلوی برق وصل کنید. سپس جریان و دور موتور را اندازه‌گیری کنید (شکل ۶۳).

اتصال ستاره موتور

جمع کردن موتور



اتصال موتور به تابلو برق و اندازه‌گیری جریان فازها و دور موتور



آزمایش تست بدنه موتور با دستگاه میگر

شکل ۶۳ـ آزمایش موتور سیم‌پیچی شده

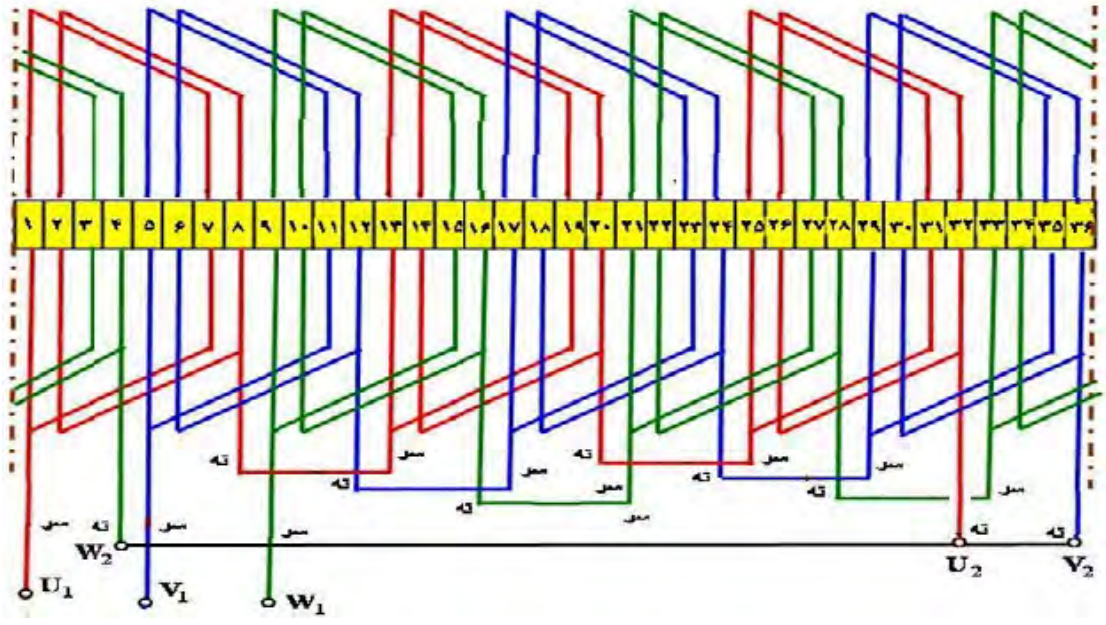
فیلم

سربندی کلاف‌ها از لحظه ″۱۲′:۰۰ ۰۱ تا ″۵۰′:۰۷ ۰۱

فیلم

مراحل نهایی سیم‌پیچی از لحظه ″۴۳′:۰۸ ۰۱ تا ″۱۳′:۱۲ ۰۱

پس از جا زدن همه سیم‌پیچ‌ها باید کلاف‌ها را سربندی کرد.
چون سیم‌بندی موتور به ازای جفت قطب است (G=P)، لذا سربندی موتور باید به‌صورت اتصال نزدیک انجام شود (ته به سر، سر به ته) این سربندی در دیاگرام شکل ۶۴ نشان داده شده است.

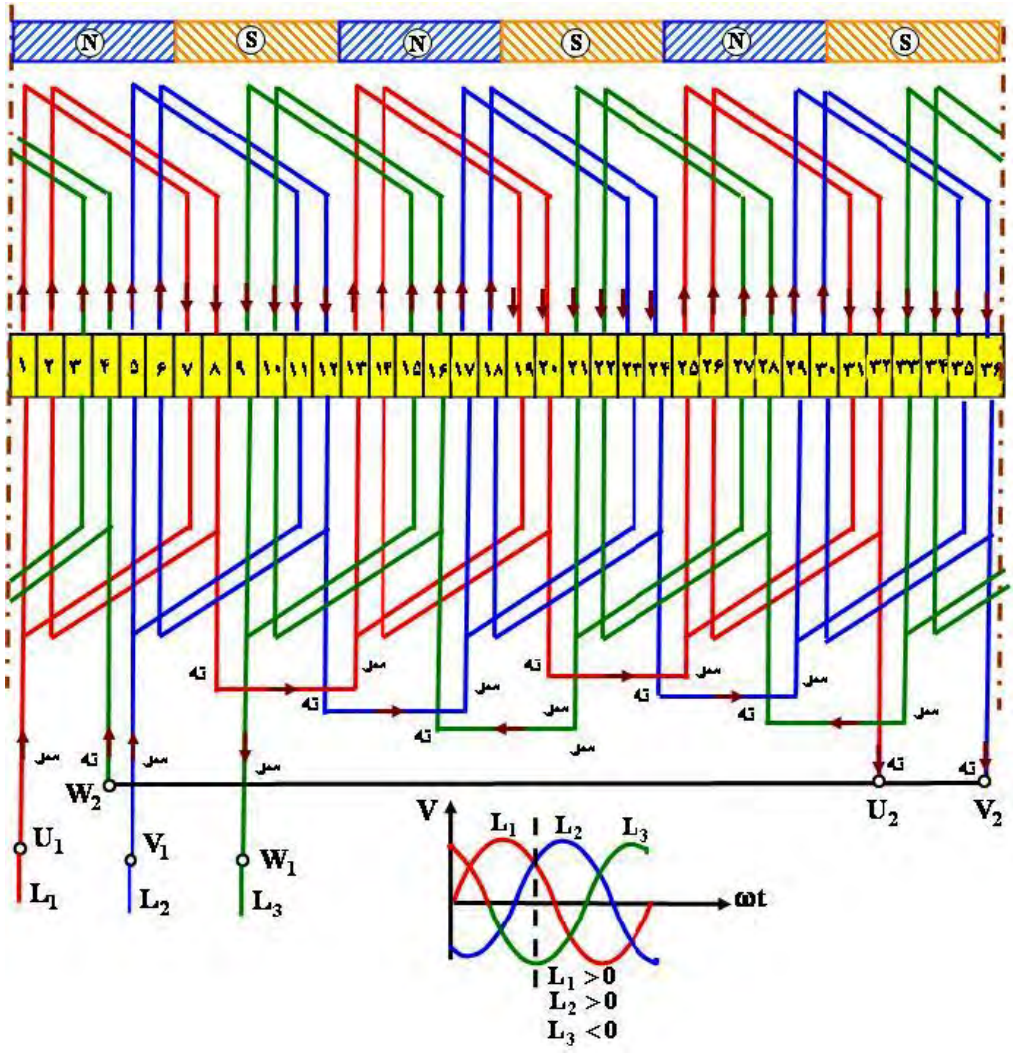


شکل ۶۴ــ دیاگرام سربندی کلاف‌ها

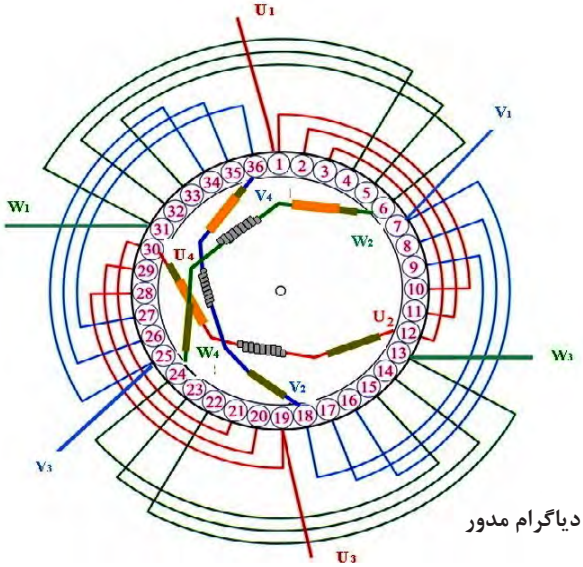
همان‌گونه که اشاره شده است زمانی می‌توان سربندی را درست دانست که با اعمال فازها و تحلیل جریانی مدار سیم‌پیچ‌ها در یک لحظه خاص از موج سه‌فاز، قطب‌سازی موتور به همان تعداد قطب تعریف شده در موتور برسد.
تشکیل قطب در لحظه‌ای که فاز اول و دوم مثبت و فاز سوم منفی است در شکل ۶۵ ترسیم شده است و در شکل ۶۶ دیاگرام دایره‌ای ترسیم شده است.

سؤال

سیم‌پیچی الکتروموتور از روی دیاگرام چند قطب است؟



شکل ۶۵ــ سربندی کلاف‌ها در دیاگرام گسترده و تشکیل قطب‌ها در موقعیت $L_1>0$, $L_2>0$, $L_3<0$



شکل ۶۶ــ سربندی کلاف‌ها در دیاگرام مدور

در تصاویر شکل‌های ۶۷ تا ۷۲ مراحل جا زدن گروه کلاف‌های موتور نشان داده شده است.
اولین گروه کلاف را در داخل شیارهای ۱،۲،۳ و ۱۰،۱۱،۱۲ قرار دهید (شکل ۶۷).

شکل ۶۷ــ قرار گرفتن اولین گروه کلاف در شیارهای استاتور

گروه کلاف دومی را در شیارهای ۷،۸،۹ و ۱۶،۱۷،۱۸ قرار دهید (شکل ۶۸).

شکل ۶۸ــ قرار گرفتن دومین گروه کلاف در شیارها

گروه کلاف سومی را در شیارهای ۱۳،۱۴،۱۵ و ۲۲،۲۳،۲۴ قرار دهید (شکل ۶۹).

شکل ۶۹ــ قرار گرفتن سومین گروه کلاف در شیارها

باتوجه به دیاگرام سیم‌بندی، گروه کلاف‌های بعدی را مطابق روال فوق در داخل شیارها قرار دهید تا به آخرین گروه کلاف برسید. در این حالت بازوهای قرارگرفته شده در شیارهای ۱،۲،۳ را درآورده و به روی سیم‌ها خم کنید (شکل ۷۰).

شکل ۷۰ــ درآوردن بازوهای ۳، ۲، ۱ برای قرار دادن کلاف آخر

گروه کلاف آخر در شیارهای ۳۲،۳۳ ، ۳۱ و ۶، ۴،۵ قرار دهید.

شکل ۷۱ــ قرار گرفتن آخرین گروه کلاف در شیارهای استاتور

پس از جا زدن بازوهای کلاف آخر حال بازوهای ۱،۲،۳ را به جای اولیه برگردانید.

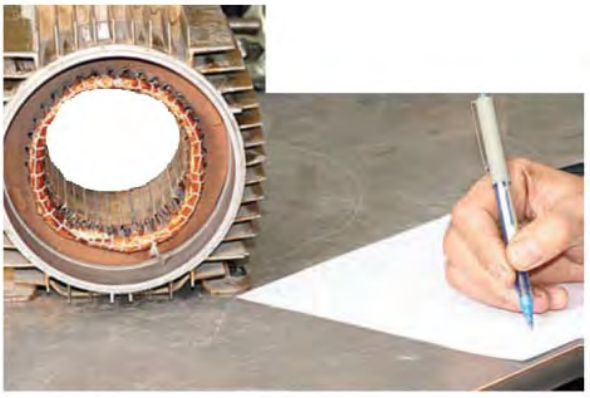
شکل ۷۲ــ برگرداندن بازوهای ۳، ۲، ۱ به جای اول خود

کار عملی ۲

هدف: محاسبه، ترسیم دیاگرام و سیم‌پیچی موتور آسنکرون سه‌فاز (۲۴ یا ۳۶ شیار ۴ قطب) به‌ازای جفت قطب به‌صورت یک طبقه زنجیری

وسایل مورد نیاز:

- پوسته استاتور ۲۴ شیار یا ۳۶ شیار یک عدد خالی از سیم‌پیچی
- استاتور نگهدار یک عدد
- کلاف پیچ یک عدد
- قالب کلاف مساوی یک عدد
- سیم لاکی با قطر مورد نیاز موتور
- سیم افشان نمره ۱ یا ۱/۵، ۲ متر
- هویه یک عدد
- روغن لحیم
- سیم لحیم با قلع ۵۰٪ یا ۶۰٪
- عایق پرشمان ۰/۵ و ۰/۳۵ از هر کدام یک برگ
- وارنیش با نمره‌های مورد نیازسیم‌ها
- تابلوی آزمایش موتورهای الکتریکی
- آچار تخت و آچار رینگی و آچار بوکس هر کدام یک ست کامل
- انبر دست یک عدد
- پیچ‌گوشتی تخت و چارسو کوچک متوسط و بزرگ هر کدام یک عدد
- دم‌باریک یک عدد
- سیم‌چین یک عدد
- سیم‌لخت‌کن یک عدد
- چاقو یا کاتر یک عدد
- سنباده نرم یک برگ
- نخ موتور پیچی یا کنف یک کلاف
- خط‌کش یک عدد
- کولیس یک عدد
- میکرومتر یک عدد
- چکش پلاستیکی یک عدد
- دورسنج موتور یک عدد



رعایت نکات ایمنی و بهداشتی:

- صندلی و میز کار مناسب
- لباس کار سالم
- کفش ایمنی

ـ پاک بودن محیط کار و بدنه استاتور از هرگونه چربی، روغن و سایر آلاینده‌ها
ـ دستکش یک دست کامل.
ـ دقت کافی و حوصله زیاد.
ـ نبودن ابزار و وسایل غیرضروری در روی میزکار.
استاتور یک موتور ۳۶ شیار یا ۲۴ شیار را تحویل گرفته و تحت نظارت مربی خود محاسبات، رسم دیاگرام موتور به صورت یک طبقه گام کامل (به‌ازای جفت قطب) ۴ قطب نوشته و رسم کنید.

۱۸ـ۴ـ سیم پیچی یک طبقه به ازای قطب (G=۲P)

در سیم‌پیچی یک طبقه به ازای قطب که با گام کسری پیچیده می‌شوند سیم‌پیچی هر فاز در سطح استاتور پخش می‌شود و وضعیت خوبی از نظر تهویه حاصل می‌شود چون در این سیم‌پیچی G=۲P می‌باشد اتصال کلاف‌ها اتصال دور خواهد بود. این سیم‌پیچی با یک موتور ۲۴ شیار که پلاک آن مطابق شکل ۷۳ است. لغزش ۴٪ کار می‌کند (S=٪۴) شروع می‌کنیم.

Style: AE-507-2	Frame : B3-12346	kw یا Hp 2Hp	Ph 3~
R.P.M 1440 یا NO.Poles	Cycles 50Hz یا c.p.s	Volts 380/220	Amps 4A
Deg c یاT 50 ° C Rise	یا Hours 8 h Time	Code:12T-7KGH	S.F(Amps)
Service Factor	Housing	Type SHAHIN	Seria l0-21-15678
Type CLASS :F	Z.S 24	MOTEG	η=%80
Pitch 1-6	حفاظت IP44	قطر سیم 0.80	.COSφ : 0.78

شکل ۷۳ـ پلاک موتور ۲۴ شیار

۱ـ محاسبات سیم پیچی

$$Z=۲۴,\ n_r=۱۴۴۰\text{R.P.M}\ ,\ f=۵۰\text{Hz},\ I=۴\text{A},\ \frac{۳۸۰\text{V}}{۲۲۰\text{V}}$$

$$P_۲=۲\text{HP}=۲\times۷۴۶=۱۴۹۲\text{W}, m=۳, \eta=۸۰\%\ d=۰/۸۰\text{mm}, \text{COS}\varphi=۰/۷۸$$

$$N_r=N_S(۱-S)\rightarrow N_S=\frac{N_r}{۱-S}=\frac{۱۴۴۰}{۱-۰/۰۴}=۱۵۰۰\text{R.P.M}$$

$$N_S=\frac{f\times۱۲۰}{۲P}\rightarrow ۲P=\frac{f\times۲P}{N_S}=\frac{۵۰\times۱۲۰}{۱۵۰۰}=۴$$

$$Y_P=\frac{Z}{۲P}=\frac{۲۴}{۴}=۶$$

در موتورهای یک طبقه به ازای قطب،کسری گام اغلب برابر نصف q می‌باشد.

$$q = \frac{Z}{2P \times m} = \frac{24}{4 \times 3} = 2$$

$$\alpha_{eZ} = \frac{p \times 360}{z} = \frac{2 \times 360}{24} = 30^\circ$$

$$Y_Z = Y_P - \frac{q}{2} = 6 - \frac{2}{2} = 5$$

شروع فاز اول = ۱

$$\text{شروع فاز دوم} = 1 + \frac{120}{\alpha_{eZ}} = 1 + \frac{120}{30} = 5$$

$$\text{شروع فاز سوم} = 1 + \frac{240}{30} = 9$$

m / 2p	U_1, U_2		W_1, W_2		V_1, V_2	
N	۱	۲۴	۳	۲	۵	۴
S	۷	۶	۹	۸	۱۱	۱۰
N	۱۳	۱۲	۱۵	۱۴	۱۷	۱۶
S	۱۹	۱۸	۲۱	۲۰	۲۳	۲۲

Y_P (۱ → ۷) — Y_Z (۱ → ۹)

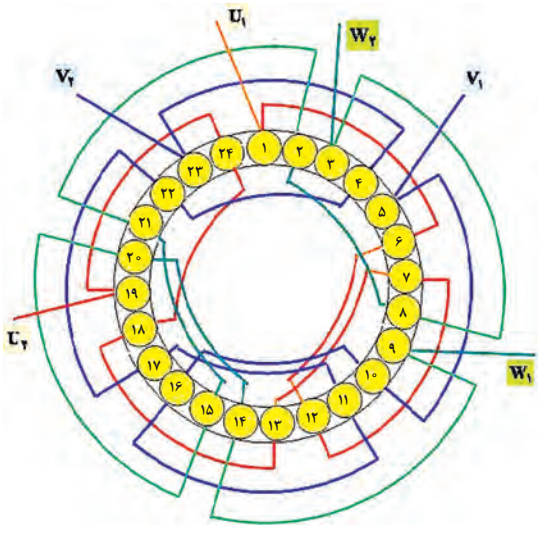
شکل ۷۴ــ تشکیل جدول

۲ــ تشکیل جدول

تشکیل جدول در سیم‌بندی به ازای قطب یک طبقه اعداد متوالی در شروع فازها به اندازه نصف q می‌باشد (شکل ۷۴). در پر کردن خانه‌های جدول از شماره شروع هر فاز خانه‌های کج را با Y_Z و خانه عمودی را با فاصله پر می‌کنیم. مثلاً در فاز اول که از شیار ۱ شروع می‌شود خانه کج ۶=۵+۱ و خانه عمودی ۷=۶+۱ پر می‌شود.

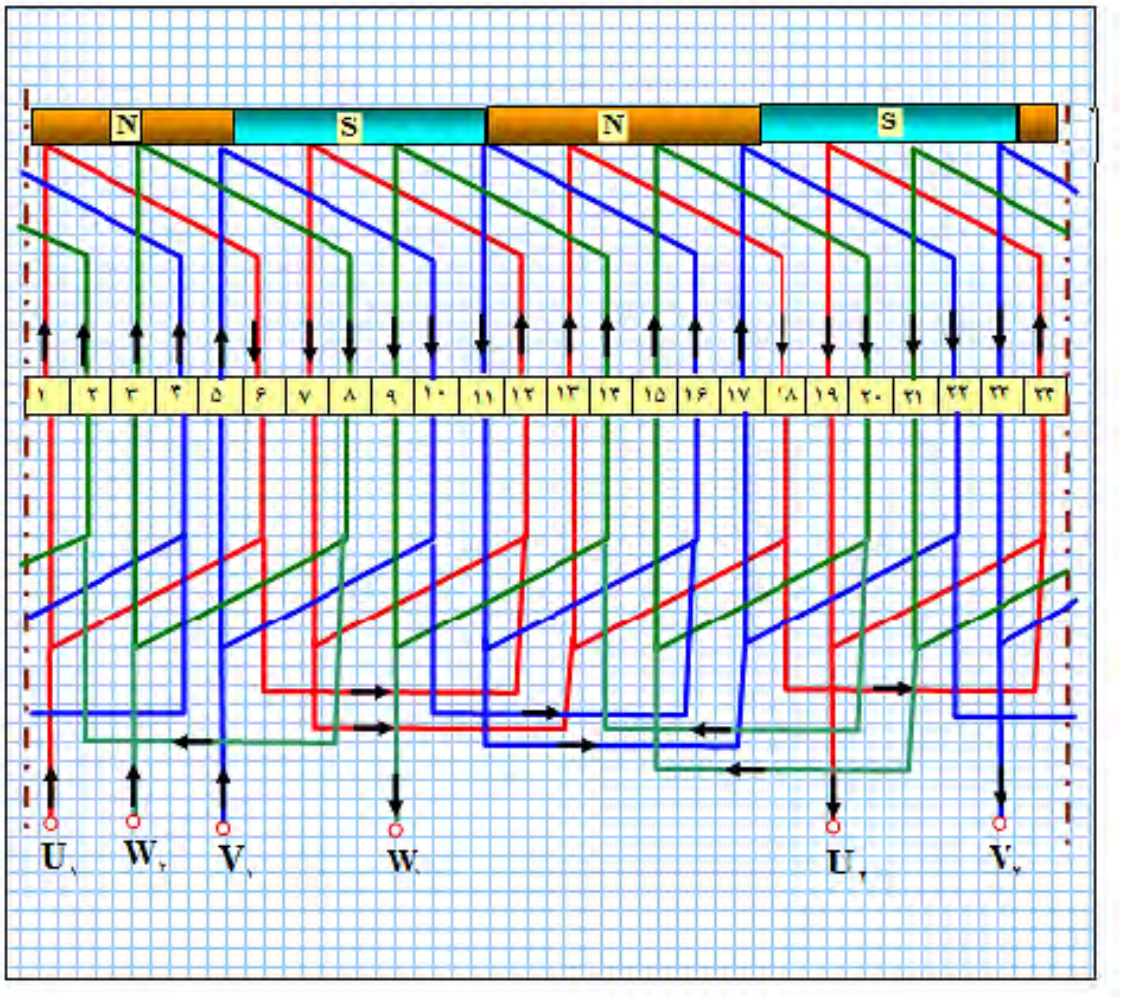
۳ــ رسم دیاگرام مدور

ترسیم دیاگرام مدور طبق جدول ترسیم شده مطابق شکل ۷۵ است.



شکل ۷۵ــ دیاگرام مدور موتور ۲۴ شیار چهارقطب یک‌طبقه به ازای قطب

رسم دیاگرام گسترده با دیاگرام گسترده مطابق با شکل ۷۶ است.



شکل ۷۶ـ دیاگرام گسترده موتور ۲۴ شیار چهارقطب یک طبقه به ازای قطب

کار عملی ۳

هدف: محاسبه، ترسیم دیاگرام و سیم‌پیچی موتور آسنکرون سه‌فاز (۲۴ یا ۳۶ شیار ۶ قطب) به‌ازای قطب به‌صورت یک طبقه زنجیری

وسایل مورد نیاز :

- پوسته استاتور ۲۴ شیار
- کلاف پیچ یک عدد
- قالب کلاف مساوی یک عدد
- سیم لاکی با قطر مورد نیاز موتور
- سیم افشان نمره ۱یا ۱/۵ به طول ۲ متر

ـ هویه یک عدد
ـ روغن لحیم
ـ سیم لحیم با قلع ۵۰٪یا ۶۰٪
ـ عایق پرشمان ۰/۵ و ۰/۳۵ از هر کدام یک برگ
ـ وارنیش با نمره‌های مورد نیاز سیم‌ها
ـ تابلوی آزمایش موتورهای الکتریکی
ـ آچار تخت و آچارِرینگی و اچاربوکس هرکدام یک ست کامل
ـ انبر دست یک عدد
ـ پیچ‌گوشتی تخت و چارسو کوچک متوسط و بزرگ هر کدام یک عدد
ـ دم‌باریک یک عدد
ـ سیم‌چین یک عدد
ـ سیم‌لخت‌کن یک عدد
ـ چاقو یا کاتر یک عدد
ـ سنباده نرم یک برگ
ـ نخ موتور پیچی یا کنف یک کلاف
ـ خط‌کش یک عدد
ـ کولیس یک عدد
ـ میکرومتر یک عدد
ـ چکش پلاستیکی یک عدد
ـ دورسنج موتور یک عدد

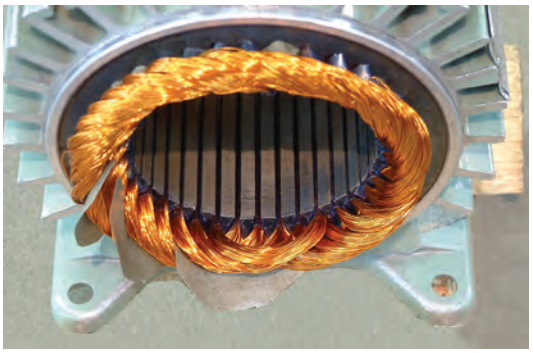
۱۹ـ۴ـ سیم‌پیچی دو طبقه

سیم‌پیچی دو طبقه مانند سیم‌پیچ یک طبقه با گام کامل و گام کسری اجرا می‌شود. اغلب موتورهای صنعتی به صورت دو طبقه با گام کسری اجرا می‌شود و این به خاطر مزایایی است که سیم‌پیچی دو طبقه با گام کسری دارد این مزایا را می‌توان به صورت زیرطبقه‌بندی نمود.

۱ـ در سیم‌پیچی دو طبقه سیم‌های هر فاز در سطح استاتور به‌طور یکنواخت توزیع می‌شود.
۲ـ میدان مغناطیسی یکنواخت‌تر نسبت به سیم‌پیچی یک طبقه در سطح استاتور ایجاد می‌شود.
۳ـ تهویه سیم‌ها بهتر شده و موتور کمتر گرم می‌شود.
۴ـ با وجود میدان یکنواخت موتور نرم‌تر کار می‌کند و عمر موتور بیشتر می‌شود.
۵ـ باکاهش دمای موتور، راندمان موتور افزایش می‌یابد.
۶ـ با انتخاب کسری گام مناسب هارمونی مزاحم حذف شده و کارکرد موتور ملایم و لرزش‌های آن گرفته می‌شود.

محاسبات و رسم دیاگرام سیم‌پیچی و سایر مشخصات موتور در سیم دو طبقه تقریباً با موتورهای یک طبقه مشابه است این قسمت با مثال همراه با کار عملی معرفی می‌شود.

در شکل روبه‌رو یک نمونه سیم‌پیچی دو طبقه نشان داده شده است.



سیم‌پیچی دوطبقه

فیلم

سیم‌پیچی دو طبقه از لحظه ۰۱:۱۲′:۱۳″
تا ۰۱:۱۴′:۵۲″

مثال ـ استاتور یک موتور ۳۶ شیار ۶ قطب را در نظر گرفته و شکل ۷۳ـ سیم‌پیچی دو طبقه محاسبات، رسم دیاگرام موتور به صورت دو طبقه برای حذف هارمونیک سوم را نوشته و رسم کنید.

حل: محاسبات سیم‌پیچی

$$Z=۳۶, N_r=۹۴۰ R.P.M, f=۵۰Hz, {}^{۳۸۰V}/_{۲۲۰V}$$

$$P_۲=۱/۵KW=۱۵۰۰W, m=۳, \eta=۸۰\%$$

$$N_r=N_S(۱-S)\rightarrow N_S=\frac{N_r}{۱-S}=\frac{۹۴۰}{۱-۰/۰۴}=۱۰۰۰ R.P.M$$

$$N_S=\frac{f\times ۱۲۰}{۲P}\rightarrow ۲P=\frac{f\times ۲P}{N_S}=\frac{۵۰\times ۱۲۰}{۱۰۰۰}=۶$$

$$Y_P=\frac{Z}{۲P}=\frac{۳۶}{۶}=۶$$

$$q=\frac{Z}{۲P\times m}=\frac{۳۶}{۶\times ۳}=۲$$

$$\alpha_{eZ}=\frac{P\times ۳۶۰}{Z}=\frac{۳\times ۳۶۰}{۳۶}=۳۰^\circ$$

$$Y_Z=Y_P(۱-\frac{۱}{۳})=۶\times(۱-\frac{۱}{۳})=۴$$

شروع فاز اول = ۱ شروع فاز دوم = $۱+\frac{۱۲۰}{eZ}=۱+\frac{۱۲۰}{۳۰}=۵$ شروع فاز سوم = $۱+\frac{۲۴۰}{۳۰}=۹$

۱ـ۱۹ـ۴ تشکیل جدول سیم‌پیچی موتورهای دو طبقه

در سیم‌بندی دو طبقه، مانند سیم‌پیچی یک طبقه، به تعداد هر فاز، ستون و به تعداد هر قطب، ردیف باز می‌شود. سپس هر ستون به دو قسمت تقسیم می‌شود و قسمت چپ، هر ستون را در هر فاز، به طبقه اول (رویی) و سمت راست هر ستون را به طبقه دوم (زیرین) منظور می‌کنیم. ستون‌های ایجاد شده در هر قسمت فازها را به q قسمت تقسیم می‌شود. شماره‌هایی که در ستون‌ها، در سمت چپ قرار گرفته‌اند بازوهای طبقه رویی را نشان می‌دهند و ستون‌هایی که، در قسمت سمت راست قرار گرفته‌اند بازوهای طبقه زیرین را نشان می‌دهند. برای تفکیک شماره‌ها و بازوهای طبقه رویی با طبقه زیرین، شماره‌های طبقه زیرین را با پریم و

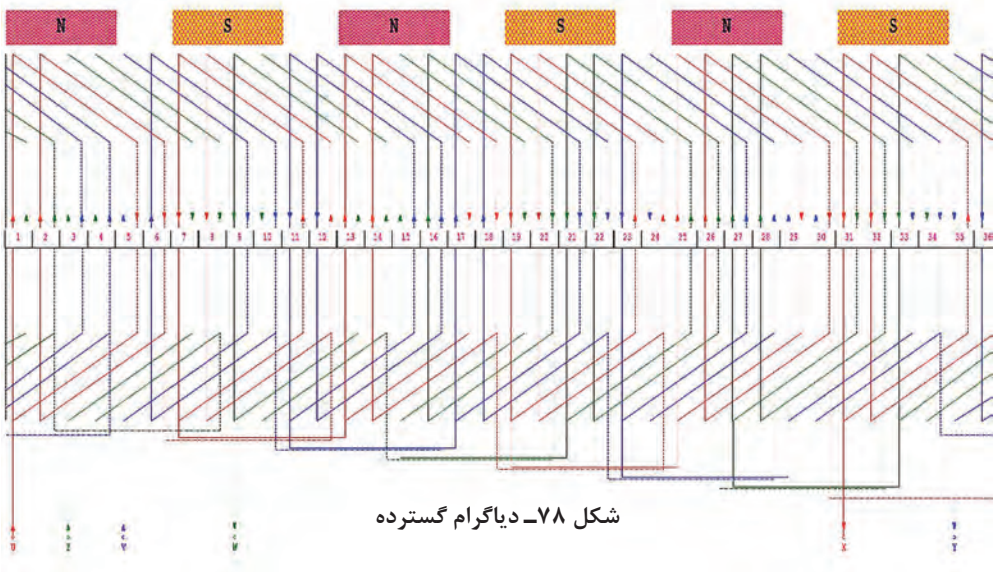
بازوهای طبقه زیرین را با خط‌چین نشان می‌دهند. با توجه به شروع فازها، شماره شروع فازها در قسمت سمت چپ نوشته می‌شود و به تعداد q عدد درخانه‌های طبقه رویی نوشته می‌شود. بازوی‌های طبقه رویی به بازوهای طبقه زیرین با فاصله گام سیم‌بندی مرتبط می‌شوند. بنابراین از اعداد طبقه رویی با گام Y_Z به اعداد طبقه زیرین فاصله خواهد بود. فاصله اعداد خانه‌های طبقه رویی با اعداد خانه‌های بالایی همان طبقه گام قطبی Y_P می‌باشد. با توجه به شروع فازها جدول تشکیل می‌شود (شکل ۷۷).

۱ = شروع فاز اول　　$۱+\frac{۱۲۰}{\alpha_{eZ}}=۱+\frac{۱۲۰}{۳۰}=۵$ = شروع فاز دوم　　$۱+\frac{۲۴۰}{۳۰}=۹$ = شروع فاز سوم

m / ۲P	$U_۱, U_۲$				$W_۱, W_۲$				$V_۱, V_۲$			
N	۱	۲	۳۵´	۳۶´	۳	۴	۱´	۲´	۵	۶	۳´	۴´
S	۷	۸	۵´	۶´	۹	۱۰	۷´	۸´	۱۱	۱۲	۹´	۱۰´
N	۱۳	۱۴	۱۱´	۱۲´	۱۵	۱۶	۱۳´	۱۴´	۱۷	۱۸	۱۵´	۱۶´
S	۱۹	۲۰	۱۷´	۱۸´	۲۱	۲۲	۱۹´	۲۰´	۲۳	۲۴	۲۱´	۲۲´
N	۲۵	۲۶	۲۳´	۲۴´	۲۷	۲۸	۲۵´	۲۶´	۲۹	۳۰	۲۷´	۲۸´
S	۳۱	۳۲	۲۹´	۳۰´	۳۳	۳۴	۳۱´	۳۲´	۳۵	۳۶	۳۳´	۳۴´

شکل ۷۷ــ جدول موتور ۳۶ شیار ۶ قطب دو طبقه با گام کسری حذف هارمونی سوم

رسم دیاگرام گسترده: چنان‌که دیاگرام گسترده دیده می‌شود در هر شیار دو بازوی کلاف قرار گرفته است. بازوی رفت با خط پرو بازوی برگشت با خط‌چین در شکل ۷۸ نشان داده شده است.



شکل ۷۸ــ دیاگرام گسترده

کار عملی ۴

هدف: محاسبه، ترسیم دیاگرام و سیم‌پیچی موتور آسنکرون سه‌فاز (۲۴ یا ۳۶ شیار ۴ قطب)برای حذف هارمونیک سوم به‌صورت دوطبقه زنجیری

الکتروموتور سه‌فاز که طول استاتور آن ۱۰۰mm و قطر استاتور آن ۱۲۰mm است مورد نظر است. این موتور با حذف هارمونی سوم، با لغزش ۶٪ کار می‌کند و اطلاعات رو پلاک آن مطابق شکل ۷۹ است.

شناسنامه موتور			
Style	Frame :	1.5 KW	Ph 3
R.P M=940	Cycles = 50 Hz یا c.p.s	Volts 380v/220v Δ / λ	Amps η=%80
Deg c یاT 50 C Rise	Timeیا Hours	Code:	S.F(Amps)
Service Factor	Housing	Type	Serial
Type□ CLASS C	Z.S=36 WEIGHT	کارخانه سازنده	تعداد دورهرکلاف
pitch گام هرکلاف	حفاظت =IP44	= قطر سیم	Cos φ= 0.8=

شکل ۷۹ـ پلاک موتور

محاسبات مورد نیاز را انجام داده، سیم‌پیچی آن را در کارگاه اجرا کنید. سپس آن را به شبکه برق اتصال داده، جریان بی‌باری و تعداد دور آن را مشخص کرده، در گزارش کار یادداشت کنید.

۲۰ـ۴ـ تعیین معادل سیم‌ها

بعضی مواقع ممکن است که سیم مورد نیاز در کارگاه موجود نباشد یا برای راحت قرار دادن سیم‌ها در داخل شیارها از سیم‌های با مقطع پایین و قابل انعطاف استفاده می‌شود. در این حالت ممکن است از چند رشته سیم یکسان با مقطع پایین نیز استفاده شود یا از سیم‌های با مقاطع مختلف معادل سیم مورد نیاز به کار برده شود.

۱ـ ۲۰ـ۴ تعیین معادل یک سیم از چند رشته سیم مشابه

اگر قطر سیم مورد نیاز را با D، قطر سیم معادل را با d و تعداد رشته‌های سیم معادل را با n نشان دهیم از رابطه زیر قطر سیم معادل با دانستن تعداد رشته آن به‌دست می‌آید.

$$d = \frac{D}{\sqrt{n}}$$ قطر سیم معادل

در صورتی که بخواهیم تعداد رشته سیم‌های موازی‌شده با هم را به‌دست آوریم بر اساس رابطه فوق می‌توان چنین نوشت:

$$n = \left(\frac{D}{d}\right)^2$$ تعداد رشته سیم‌ها

مثال ۸ـ۴

چند رشته سیم ۰/۸۰ mm معادل سیم ۱/۳۷ mm می‌باشد.

حل:

$$n = \left(\frac{D}{d}\right)^{۲} = \frac{۱/۳۷^{۲}}{۰/۸۰} \cong ۳ \text{ رشته}$$

۲ـ۲۰ـ۴ تعیین معادل یک سیم از چند رشته سیم غیرمشابه

رابطه بین قطر سیم‌های غیرمشابه، معادل سیم مورد نظر به صورت زیر بیان می‌شود.

$$D = \sqrt{n_۱ d_۱^{۲} + n_۲ d_۲^{۲} + n_۳ d_۳^{۲} + \cdots + n_n d_n^{۲}}$$

D قطر سیم مورد نیاز، n تعداد رشته‌ها و d قطرهای سیم‌های غیرمشابه می‌باشد.

مثال ۹ـ۴

چند رشته سیم ۰/۵۰ mm را با دو رشته سیم ۰/۸۰ mm موازی کنیم تا معادل سیم ۱/۳۷ mm شود؟

$$۱/۳۷ = \sqrt{n_۱ \times (۰/۴۵)^{۲} + ۲ \times (۰/۸۰)^{۲}} \rightarrow ۱/۳۷^{۲} = ۰/۲۰۲۵ \times n_۱ + ۲ \times ۰/۶۴$$

$n_۱ \cong ۳$ رشته

۲۱ـ۴ـ استخراج مشخصات از پلاک موتور

سازندگان موتورهای الکتریکی، مشخصات موتورها را روی پلاک موتورها درج می‌کنند. در اینجا یک نمونه پلاک موتور را در نظرگرفته و با شماره‌گذاری هر قسمت آن مطابق شکل ۸۰ اطلاعات مربوط به آن را مورد بررسی قرار گرفته است.

<table>
<tr><td colspan="3">۱۸</td></tr>
<tr><td colspan="3">AC Motor</td></tr>
<tr><td colspan="3">Type ☐ ۱۷</td></tr>
<tr><td>style ۱</td><td colspan="2">Serial ۱۶</td></tr>
<tr><td>Frame ۲</td><td colspan="2">Type ۱۵</td></tr>
<tr><td>HP ۴</td><td>Ph ۳</td><td>Housing ۱۴</td></tr>
<tr><td>RPM ۵</td><td colspan="2">۱۳</td></tr>
<tr><td>Cycles ۶</td><td colspan="2">۱۲</td></tr>
<tr><td>Volts ۷</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Amps ۸</td><td colspan="2">Code ۱۱</td></tr>
<tr><td>Drg^{c}
Rise ۹</td><td colspan="2">Hours ۱۰</td></tr>
<tr><td>IP۴۴ ۱۹</td><td>S۵ ۲۰</td><td></td></tr>
</table>

شکل ۸۰ـ پلاک الکتروموتور

۱ـ ۲۱ـ۴ شرح پلاک موتور

۱ـ **style** : سبک تولید موتور که شامل مشخصات مکانیکی و الکتریکی می‌باشد، با شماره یا علائمی که در این قسمت نوشته می‌شود برای کارخانه سازنده قابل شناسایی است. در صورت سفارش خاص یا تولید مجدد این نوع موتور کارخانه سازنده قادر به ساخت آن خواهد شد.

۲ـ **frame** : چهارچوبی است که موتور توسط انجمن ملی تولیدکنندگان، شناسایی می‌شود. برای موتورهای کوچک فرم‌های ۴۲، ۴۸،۵۶ و ... را می‌توان نام برد.

۳ـ **ph** : تعداد فازهای موتور در این قسمت نوشته می‌شود. تک‌فاز، دوفاز و سه‌فاز .

۴ـ **Hp** : توان خروجی موتور که توان مفید مکانیکی موتوراست، به اسب بخار نوشته می‌شوند یک اسب بخار انگلیسی ۷۳۶ وات ویک اسب بخار امریکایی ۷۴۶ وات می‌باشد.

۵ـ **R .P.M** : سرعت گردش روتور را در هر دقیقه بیان می‌کند.

۶ـ **cycles** : فرکانس کار موتور را نشان داده در بعضی موارد به جای cycles، frequency نوشته می‌شود.

۷ـ **volt** : ولتاژکاری موتور را نشان می‌دهد.

توضیح ـ در انتخاب ولتاژ کاری، نحوه اتصال موتورها به منابع تغذیه، لازم است دقت کافی نمود. اگر غیر از ولتاژ نامی، سیم‌پیچ‌های موتور تغذیه شوند، احتمال سوختن سیم پیچ الکتروموتور وجود دارد. اگر روی پلاک موتور ۳۸۰v /۲۲۰v نوشته شود این موتور الزاماً در شبکه ایران اتصال ستاره خواهد داشت و اگر روی پلاک موتور ۶۶۰v /۳۸۰v نوشته شود، اتصال موتور برای تحویل توان نامی، باید با اتصال مثلث به شبکه وصل شود ولی برای دریافت یک سوم توان نامی، می‌توانیم آن را با اتصال ستاره به شبکه ایران وصل کنیم ولی راندمان کار کم است.

۸ـ **Amps** : جریان نامی موتور را، در ولتاژ نامی و فرکانس نامی نشان می‌دهد.

۹ـ **Deg C Rise**: درجه حرارت بدنه موتور را در زمان کار موتور نشان می‌دهد. دمای بدنه موتورها نباید بیش از ۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، دمای کار بدنه موتورها در اندازه ۴۰ الی ۵۰ درجه سانتی‌گراد معمولی است. دمای بدنه موتورها در کلاس‌های متفاوت با استانداردهای متفاوت ارائه می‌شود.

۱۰ـ **Hours**: مدت زمان کار موتور را، در حالت نرمال نشان می‌دهد.

۱۱ـ **Code**: حروف نوشته شده در این قسمت بیانگر آن است که، موتور برای هر اسب بخار چند کیلو ولت آمپر توان راکتیو (در حالت روتور قفل شده) از شبکه دریافت می‌کند. معروف‌ترین استانداردهای مربوط به این قسمت N.E.M.A می‌باشد.به عنوان مثال برای حرف M در محدوده ۵/۵ الی ۱۰ کیلو ولت‌آمپر راکتیو برای هر اسب بخار، در حالت روتور قفل شده، توان راکتیو از شبکه دریافت می‌کند.

۱۲ـ **s.f (Amps)**: جریان مجاز موتور در بار کامل موتور است.

۱۳ـ **Service Factor** : ضریب حداکثر بار مجاز را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر اگر بار نامی به این ضریب ضرب شود، حداکثر باری که موتور برای مدت کوتاه تحمل می‌کند، مشخص خواهد کرد.

۱۴ـ **Housing**: محیط کار موتور را از نظر فضای باز یا سر پوشیده نشان می‌دهد.

۱۵ـ **Type**: حروف نوشته شده برای کارخانه سازنده نوع (تک‌فاز، سه‌فاز، موتورخازنی و ...) ساختمان، قدرت موتور، دور موتور را مشخص می‌کند.

۱۶ـ **Serial**: تاریخ تولید، نوع تولید، شماره تولید و ... در این قسمت برای کارخانه سازنده معلوم می‌شود.

۱۷ـ **Type**: نوع نگهداری و نصب موتور را مشخص می‌کند. (در داخل □ حروفی نوشته می‌شود) به عنوان

مثال:

حرف A ـ نشان‌دهنده تنظیم اتوماتیک موتور است.

حرف D ـ نشان‌دهنده تنظیم اتوماتیک موتور با تأخیر زمانی است.

حرف M ـ نشان‌دهنده تنظیم مجدد موتور با دست است.

حرف X ـ نشان‌دهنده تنظیم مجدد موتور با دست یا اتوماتیک است.

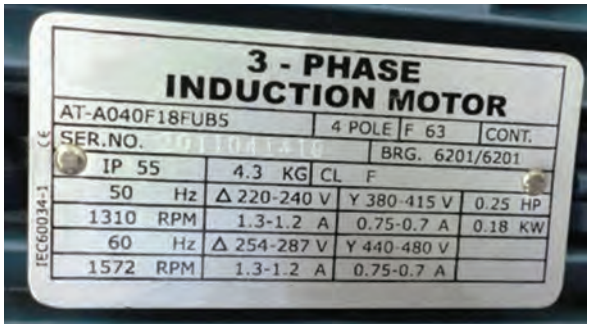
۱۸ـ برچسب و مارک کارخانه سازنده نصب می‌شود.

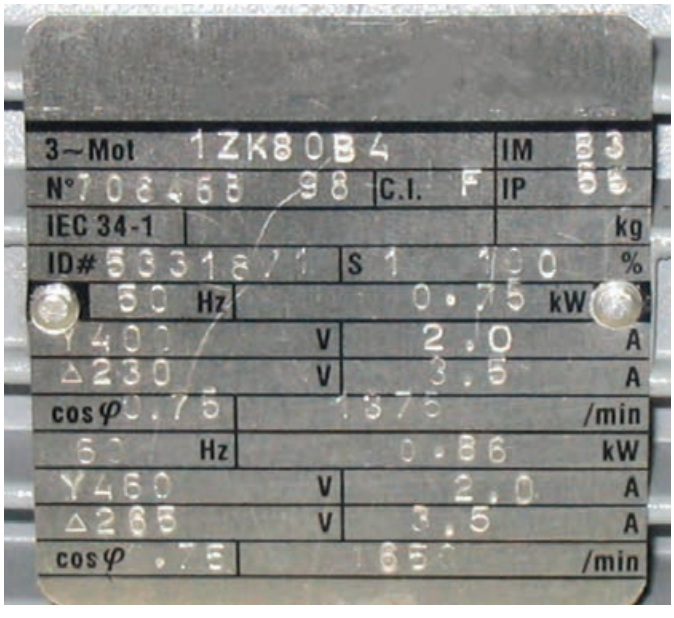
۱۹ـ در پلاک موتورها علاوه بر اطلاعات فوق علائم حفاظتی با حروف IPXX را نشان می‌دهند. در علامت مشخصه IPXX، اولین رقم X پس از IP مشخصه‌کننده درجه حفاظت موتور در مقابل اجسام خارجی و دومین رقم X مشخصه‌کننده درجه حفاظت موتور درمقابل ایمنی آب می‌باشد. جدول (IP) در کتاب هنرجو آورده شده است.

۲۰ـ زمان کار ماشین را نشان می‌دهد.

فعالیت

مشخصات پلاک‌های الکتروموتور داده شده در شکل ۸۱ را استخراج کنید.





شکل ۸۱ـ چند نمونه پلاک الکتروموتور

۲۲ـ۴ عیب یابی الکتروموتور

برای تشخیص و رفع عیوب احتمالی در راه‌اندازی الکتروموتورها می‌توان از جدول ۳، انواع معیوب و علت و رفع آنها را مورد بررسی قرار داد.

جدول ۳ـ عیب یابی موتورهای القایی

علائم عیب	نوع عیب	علل عیب	چگونگی رفع عیب
موتور راه‌اندازی نمی‌شود	برق به موتور نمی‌رسد	فیوز سوخته است	آمپراژ، فیوزها بررسی شود که نباید کمتر از ۱۲۵٪جریان نامی بار کامل موتور باشد. موتور را از شبکه قطع کنید. فیوزها را تعویض کنید. موتور را به شبکه مجدداً وصل کنید. اگرفیوزها نسوزند خرابی از فیوزها است.
		وسیله حفاظتی اضافه بار قطع کرده است	وسیله حفاظتی اضافه بار (بی‌متال) را وصل کنید اگر دوباره قطع شد مدار الکتریکی را بررسی کنید.
	ولتاژ کافی نیست	تغییر ولتاژ شبکه ولتاژ شبکه با ولتاژ نامی موتور یکی نیست.	مشخصات موجود در پلاک موتور را از قبیل ولتاژ، فرکانس و تعداد فازها را، با مشخصات شبکه، مطابقت دهید. در صورت مشاهده تفاوت‌ها در صدد هماهنگی تلاش شود. مثلاً موتور ac در جریان dc راه‌اندازی نمی‌شود. موتور تک‌فاز با شبکه سه فازه از طریق فاز و نول راه‌اندازی می‌شود موتورهای سه‌فاز با برق تک‌فاز راه‌اندازی نمی‌شوند مگر به کمک خازن‌ها.
		قطع یا تغییر ولتاژ شبکه	ولتاژ ترمینال‌های موتور را با بستن کلید اصلی اندازه‌گیری کنید. مقدار ولتاژ با ۱۰٪ اختلاف باید برابر ولتاژ اسمی موتور باشد، در غیر این صورت شبکه تغذیه مناسب یا تغییر اتصالات موتور لازم است.
	اتصالات شبکه صحیح نیست	سرسیم‌ها جابه‌جا شده است	اتصالات موتور را با نقشه موتور تطبیق دهید. دیاگرام‌ها را از کتاب‌های مطالعه شده، در اختیار بگیرید و طریق اتصال را با اتصال موتور تطبیق دهید. ممکن است سر سیم‌ها مطابق نقشه به تخته کلم هدایت نشده باشد. هدایت سیم‌ها را در تخته کلم تصحیح کنید. سر کلاف‌ها را با اهم‌متر پیدا کنید و محل اتصال صحیح را بررسی کنید و اصلاح کنید.

جدول عیب‌یابی موتورهای القایی			
علائم عیب	نوع عیب	علل عیب	چگونگی رفع عیب
موتور داغ می‌کند	موتو راه‌اندازی نمی‌شود	کنترل‌کننده معیوب است	کنترل‌کننده‌های خارجی موتور را بررسی کنید و عیب را رفع کنید.
		کلید راه‌انداز معیوب است	تعمیر کلید راه‌انداز، مناسب است کلید راه‌انداز عوض شود.
موتور به هنگام کار سروصدا می‌کند	ساییدگی یاتاقان‌ها و یا دنده‌ها	کشش تسمه خیلی زیاد و یا عدم انطباق تسمه	عیب مکانیکی را رفع کنید. تسمه‌ها جایی که مسطح یا V شکل باشند باید دارای کشش کافی برای جلوگیری از لغزش باشد.
		اتصال نامتعادل دنده‌های درگیر	دنده‌ها را از نظر اندازه کنترل کنید.
		سنگینی بیش از حد چرخ تایر یا بارها	انتخاب موتور مناسب با بار
		محور از مرکز خارج شده	درپوش را بردارید و محور را در مرکز تقارن تنظیم کنید.
	یاتاقان‌ها کثیف و بیش از حد ساییده شده	محیط کثیف و ذرات معلق زیاد است	اگر شرایط بد باشد حفاظی برای جلوگیری از ورود مواد زائد به موتور تهیه گردد یا موتور مناسب موقعیت مکان تهیه شود.
	روان‌کاری غیرکافی	———	یاتاقان‌های استوانه‌ای در شرایط کار عادی سالی یک بار با روغن ماشین سبک و خوب روانکاری شود و در شرایط کار دائم باید دفعات روانکاری بیشتر شود.
موتور داغ می‌کند	جریان زیاد می‌کشد یا جریان فازها با هم برابر نیستند	اتصالات شبکه صحیح نیست	اتصالات را یک بار دیگر کنترل کنید
			ابزار محرکه، تسمه (اتصالات مکانیکی) بین موتور و بار بررسی شود که موتور با قدرت مناسب به کار گرفته شده یا نه، بار اضافی عمر موتور را به شدت کاهش می‌دهد.

جدول عیب یابی موتورهای القایی			
علائم عیب	نوع عیب	علل عیب	چگونگی رفع عیب
موتور سوخته است	یاتاقان‌ها گیر کرده است	کاربرد غلط	تجدید سیم‌بندی و آزمایشات لازم
سروصدای موتور خیلی زیاد است	روتور نامتعادل	نامتعادل شدن یا کج شدن موتور	روتور نامتعادل سبب ایجاد لرزش می‌شود که می‌توان آن را به سادگی احساس کرد. برای رفع آن بایستی روتور را به طور دینامیکی با وسایل موجود متعادل کرد. همچنین محور کمی تاب برداشته باشد باید صاف شود.
		ساییدگی یاتاقان‌ها	در موتورهای تک‌فاز یاتاقان‌های ساییده و خشک شده سبب افزایش سروصدا می‌شود. سروصدا با فرکانس لغزش ترکیب شده در بی‌باری صدای خرخرگربه را می‌دهد. روغن‌کاری سروصدا را کم می‌کند و گرنه یاتاقان‌ها باید تعویض شوند.
	کلید تلق‌تلق می‌کند	کلید از جای خود باز شده	کلید بررسی شود در صورت شکستن باید تعویض شود.
	لقی بیش از حد دو سر موتور	جابه‌جا شدن بوش‌ها یا بلبرینگ‌ها	موتور را پیاده کرده، واشرهای مناسب برای رفع لقی در طرف کلید گریز از مرکز اضافه شود اگر موتور در دو طرف محور، جا داشته باشد واشرها را در دو طرف برای رفع لقی اضافه می‌کنند.
	بار با ماشین تطابق کامل ندارد	موتور مناسب انتخاب نشده است	شرایط مکانیکی بار اصلاح شود.
	موتور در جای خود لرزش بیشتری دارد	اتصال موتور به پایه‌ها کامل نیست	شرایط مکانیکی نصب اصلاح شود.
		وسایل یدکی روی موتور خوب بسته نشده	درپوش‌های خود موتور و جعبه اتصالات درپوش روغن، درپوش خازن و لوله روغن محکم شوند.

جدول عیب یابی موتورهای القایی			
علائم عیب	نوع عیب	علل عیب	چگونگی رفع عیب
موتور داغ می‌کند	موتور جریان زیاد می‌کشد یا جریان فازها یکسان نیست	ولتاژ مدار زیاد است	ولتاژ ترمینال‌های موتور در حالت بار داری و حین کار، اندازه‌گیری شود. اگر ولتاژ اندازه‌گیری شده بیش از ۱۰٪ ولتاژ نامی باشد ولتاژ تغذیه اصلاح شود وگرنه آزمایش اشباع بار کامل را انجام دهید اگر توان ورودی بیش از توان نامی باشد به احتمال زیاد ولتاژ شبکه درست نیست.
		فرکانس شبکه با فرکانس نامی موتور یکسان نیست	فرکانس شبکه را با فرکانس موجود در پلاک موتور مقایسه نموده و هماهنگی لازم به‌عمل آید.
		راه اندازی به دفعات زیاد	در صورت کنترل اتوماتیک موتور ممکن است. این شرایط به‌وجود آید در صورت امکان کنترل را برای طولانی کردن سیکل تنظیم کنید.
	اشکال در تهویه	مسیر تهویه مسدود شده یا کامل نیست	مسیر تهویه را کاملاً تمیز کنید. هدایت هوای خنک‌کننده را با سیستم موجود اصلاح کنید و اطمینان حاصل کنید که در مسیر هوای خنک مانعی وجود ندارد.
		دمای بدنه خیلی زیاد است	دمای بدنه بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد یا ۱۰۴ درجه فارنهایت، برای موتورهای استاندارد، خیلی زیاد است اگر موتور در داخل محفظه از دمای محیط کار می‌کند دمای این محفظه از دمای محیط کار چند درجه بالاتر است معمولاً دماهای اطراف زیاد تعیین‌کننده نیستند.
	یاتاقان‌های معیوب	ساییدگی یاتاقان‌ها	تعویض یاتاقان‌ها
	اتصال کوتاه کلاف‌ها	سوختن سیم‌ها	این حالت توسط سروصدای مغناطیسی غیرعادی با قدرت بی‌باری بیش از حد مشخص می‌شود.
	سیم‌پیچ با کلید راه‌انداز زمین شده است	خرابی عایق	اگر محل زمین شدن قابل تشخیص نیست موتور باید دوباره سیم‌پیچ شود.
	کلید راه‌انداز عمل نمی‌کند	خرابی کلید راه‌انداز	تعویض کلید راه‌انداز (تعمیر توصیه نمی‌شود)

جدول عیب‌یابی موتورهای القایی			
علائم عیب	نوع عیب	علل عیب	چگونگی رفع عیب
سر و صدای موتور خیلی زیاد است	فاصله هوایی غیر یکنواخت است	کجی محور	محور موتور خم شده، محور را صاف کنید و مواد زائد روی محور را پاک کنید یا باربرداری کنید.
		مواد زائد در فاصله هوایی	سروصدای بی‌قاعده، متناوبی و خراشیده می‌باشد موتور را پیاده و تمیز کنید.
	سروصدای موتور تقویت می‌شود.	متعلقات نصب فرسوده شده‌اند	در چنین شرایطی موتور را از بار جدا کرده و آن را بدون بار بچرخانید. اگر سروصدا پا برجا باشد پیچ‌ها را شل کرده و موتور را در حالی که کار می‌کند به آرامی بلند کنید اگر موتور آرام گرفت پایه‌های نصب تشدیدکننده صدا عمل می‌کنند با روش نصب فنری می‌توان سروصدا را ازبین برد.
	زوزه در تکیه‌گاه‌های محور شکستگی محور	نامناسب بودن شرایط نصب بار	محور را بررسی کنید و نارسایی‌های مکانیکی را برطرف کنید.

ارزشیابی شایستگی سیم‌پیچی الکتروموتورهای سه‌فاز

شرح کار:

شناسایی قطعات ساختمان الکتروموتور
باز کردن الکتروموتور
محاسبه و رسم دیاگرام
تئوری میدان دوّار
بازپیچی الکتروموتور

استاندارد عملکرد: بازپیچی و سیم‌پیچی الکتروموتور سه‌فاز در کارگاه سیم‌پیچی با رعایت موارد ایمنی

شاخص‌ها:

شناسایی قطعات الکتروموتور
مراحل بازپیچی
آشنایی با میدان دوار
رسم دیاگرام

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: فضای مناسب ـ ابزار مناسب ـ مدت زمان متناسب با حجم کار
ابزار و تجهیزات: بوبین پیچ ـ الکتروموتور شیار خالی و سوخته ـ میز تست الکتروموتور ـ لباس‌کار ـ دستکش

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	بازپیچی الکتروموتور سه‌فاز	۲	
۲	سیم‌پیچی و رسم دیاگرام	۲	
۳	بازکردن ۱	۱	
۴	بازکردن ۲	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.