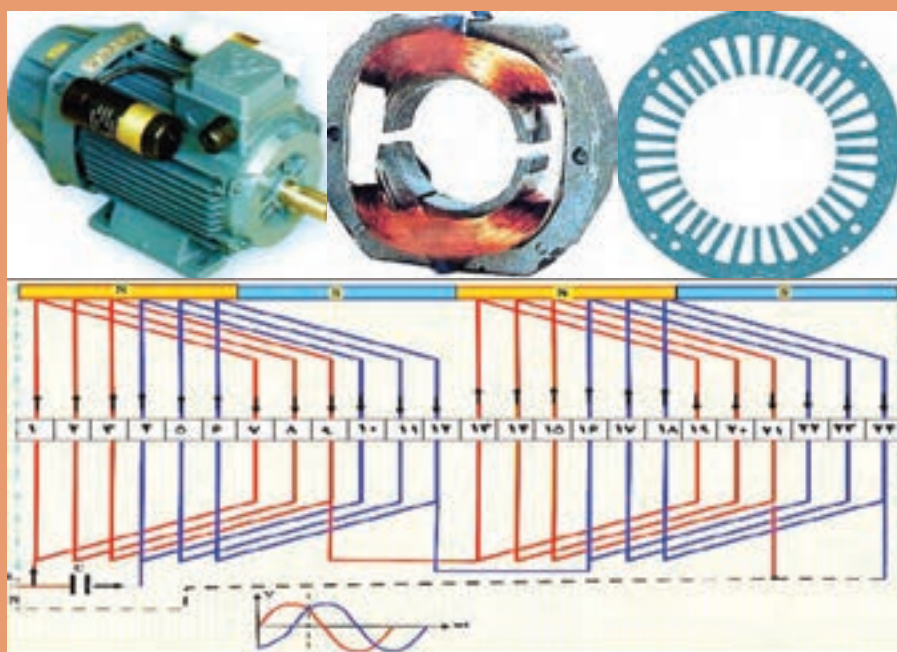


پودمان ۵

سیم‌پیچی الکتروموتورهای تک‌فاز



واحد یادگیری ۵

سیم پیچی الکتروموتور تک فاز

آیامی دانید:

- کاربردهای الکتروموتورهای تک فاز کجاست؟
- انواع الکتروموتور تک فاز کدام اند؟
- تشکیل میدان دوّار در الکتروموتور تک فاز با سه فاز چه تفاوتی دارند؟
- چرا از سیم پیچی متحدالمرکز در این الکتروموتورها بیشتر استفاده می شود؟
- سیم پیچ راه انداز و کمکی چه تفاوتی دارد؟
- سیم پیچی الکتروموتور کولر از نوع سیم پیچ راه انداز است یا کمکی؟

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود دیاگرام انواع الکتروموتورهای تک فاز را ترسیم کرده و سیم پیچی آن را انجام دهند. همچنین آنها قادر به سیم پیچی الکتروموتور کولر آبی و عیب یابی آن خواهند بود.

*مقدمه

الکتروموتورهای تک‌فاز برای تغذیه با منبع AC تک‌فاز طراحی و ساخته می‌شدند. این نوع از الکتروموتورها در وسایل الکتریکی مختلفی از قبیل ماشین‌های مته، خیاطی، جاروبرقی، تهویه، خدمات خانگی، اداری، کارخانجات، فروشگاه‌ها، ماشین‌های حسابگر، وسایل نقلیه فضایی، هواپیما و غیره استفاده می‌شود. اغلب موتورهای تک‌فاز با قدرت کسری از اسب بخار ساخته می‌شود. اندازه‌های بزرگ‌تر $1/5$ ، 2 ، 3 و 5 اسب بخار برای ولتاژهای 115 و 220 و حتی برای 440 ولت در اندازه‌های $7/5$ و 10 اسب بخار نیز ساخته می‌شود. اصول کار موتورهای تک‌فاز اغلب براساس اصول القایی که در موتورهای سه‌فاز شرح داده شده استوار است. اصولاً مشخصه سرعت گشتاور، قیمت مناسب، سرویس آسان‌تر، کنترل دور و امکان تغییر جهت چرخش موتور تک‌فاز است که مصرف‌کننده را در انتخاب و خرید آن کمک می‌نماید.

راندمان و ضریب توان این موتورها کمتر از موتورهای سه‌فاز است. به همین دلیل این موتورها کاربرد صنعتی ندارند. از آنجایی که برق خانگی، تک‌فاز است، لذا از این موتورها بیشتر در مصارف خانگی استفاده می‌شود.

ساختمان داخلی موتورهای تک‌فاز

ساختمان موتورهای تک‌فاز القایی مشابه موتورهای سه‌فاز القایی آسنکرون است با این تفاوت که برخی موتورهای تک‌فاز دارای ساختمان پیچیده‌تر و تأسیسات بیشتری هستند. از جمله وسایل اضافی این موتورها می‌توان به کلیدهای گریز از مرکز، سیم‌پیچ استارت، خازن‌های راه‌انداز و تصحیح‌کننده ضریب قدرت اشاره کرد (شکل ۱).



شکل ۱- کاربرد موتور تک‌فاز در لوازم خانگی

سؤال: چند نمونه از دیگر کاربردهای الکتروموتورهای تک‌فاز را نام ببرید.

انواع موتورهای تک‌فاز

موتورهای آسنکرون تک‌فاز را از دیدگاه‌های مختلف می‌توان دسته‌بندی کرد که در اینجا یک نمونه آن بیان شده است.

الف) موتور القایی با فاز شکسته

ب) موتور تک‌فاز با خازن دائم کار

پ) موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز
 ت) موتور دو‌خازنی (دائم کار و راه‌انداز)
 ث) موتور اونیورسال
 ج) موتور با قطب چاکدار
 در این فصل طرز کار و نحوه سیم‌پیچی تعدادی از الکتروموتورهای تک‌فاز ارائه شده است و اطلاعات بیشتر در کتب تخصصی سال‌های آینده آورده خواهد شد.

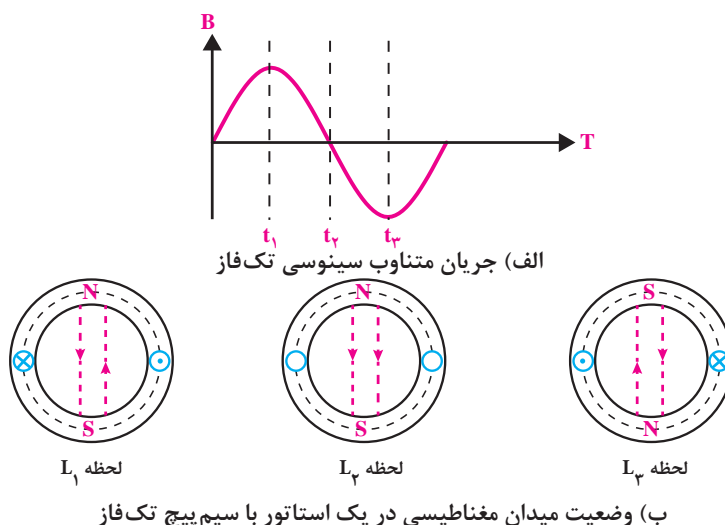
معرفی اجزا و عملکرد الکتروموتور تک‌فاز از لحظه $0^\circ: 50'$: $01: 19'$ تا $01: 21'$

فیلم



اساس کار موتورهای تک‌فاز

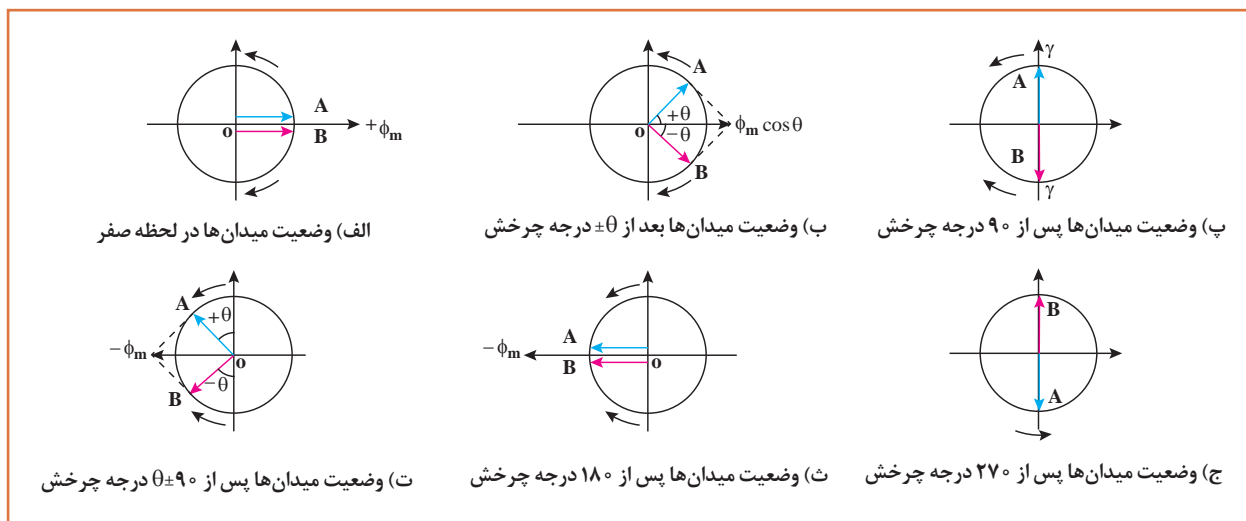
اساس کار موتورهای القایی سه‌فاز را میدان دوار تشکیل می‌دهد. به طوری که این میدان دوار نیز به دلیل خاصیت ذاتی تغییرات متناوب شبکه سه‌فاز در اطراف سیم‌پیچی‌های موتور سه‌فاز پدید می‌آید. در موتورهای تک‌فاز چون یک گروه سیم‌پیچی در استاتور قرار دارد. با اتصال این یک گروه سیم‌پیچی به شبکه تک‌فاز در فضای داخلی استاتور میدان دوار پدید نمی‌آید و امکان چرخش موتور وجود نخواهد داشت. اگر استاتور یک موتور القایی را به جریان متناوب وصل کند ملاحظه می‌شود که با عبور جریان از یک سیم‌پیچ در نیم سیکل مثبت یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود که ساکن است و فقط دامنه آن کم و زیاد می‌شود و در نیم سیکل منفی نیز به همین ترتیب با عبور جریان از داخل سیم‌پیچ یک میدان مغناطیسی ساکن ایجاد می‌شود که فقط دامنه آن کم و زیاد می‌شود اما نسبت به نیم سیکل مثبت این تفاوت را دارد که جای قطب‌های مغناطیسی عوض شده است. منظور از ساکن بودن میدان مغناطیسی این است که محل قرارگرفتن قطب‌های مغناطیسی در هر دو نیم‌سیکل روی استاتور در یک نقطه است (شکل ۲).



شکل ۲- میدان مغناطیسی ساکن

در حالت فوق اگر در داخل استاتور یک رتور قفسی قرار داشته باشد در هادی‌های آن جریان القایی به وجود می‌آید ولی گشتاور چرخشی تشکیل نمی‌شود. چنانچه رتور را به وسیله دست با هر عامل دیگری در جهتی به چرخش درآید، ملاحظه می‌شود که با حذف عامل گرداننده (مثلاً نیروی دست) رتور همچنان در جهت گرداننده شده به چرخش ادامه می‌دهد.

این پدیده را دانشمندی به نام لبلان تحت عنوان تئوری دو میدان گردان به این شرح بیان می‌کند. میدان مغناطیسی ناشی از جریان متناوب تک فاز در داخل استاتور با یک سیم پیچ از دو میدان با دامنه برابر تشکیل می‌شود که با سرعت مساوی در خلاف یکدیگر گردش می‌کنند. نتیجه این دو میدان در هر لحظه از زمان دارای دامنه‌ای متغیر ولی بر روی یک محور ثابت است (شکل ۳).

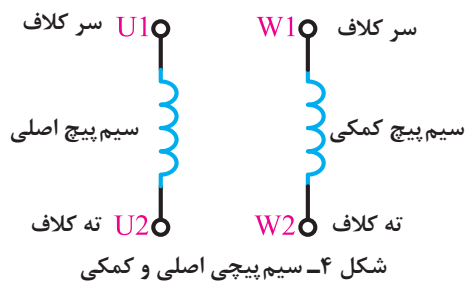


شکل ۳- میدان ناشی از دو میدان دوار Φ_B و Φ_A در شرایط مختلف (تئوری لبلان)

به همین خاطر در موتورهای تک فاز در کنار سیم پیچ اصلی از یک گروه سیم پیچی دیگر تحت عنوان «سیم پیچ کمکی» استفاده می‌شود. این سیم پیچی کمکی با اختلاف فاز 90° درجه‌ای نسبت به سیم پیچی اصلی در شیارهای موتور قرار داده می‌شود. در برخی موتورهای تک فاز سیم پیچ کمکی از ابتدای وصل موتور به برق تا انتهای کار موتور به همراه سیم پیچ اصلی به شبکه متصل است. اما در انواع دیگر پس از راه اندازی موتور، سیم پیچ کمکی به واسطه تجهیزات اضافی از شبکه جدا شده و برق آن قطع می‌شود، در چنین مواردی به این سیم پیچ کمکی که فقط در ابتدای راه اندازی موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد «سیم پیچ راه انداز» گفته می‌شود. در بخش‌های بعد با جزئیات و نحوه سیم پیچی این موتورها آشنا خواهید شد. در شکل ۴ تصویر سیم پیچی‌های اصلی و کمکی موتورهای تک فاز مشاهده می‌شود.

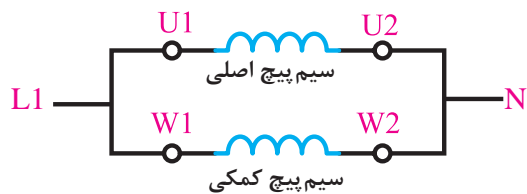
با توجه به شکل‌های فوق ملاحظه می‌شود چنانچه میدان‌های Φ_B و Φ_A به اندازه 360° بچرخند و به جای اول خود برسند مجدداً وضعیت میدان‌ها به صورت شکل (الف) خواهد بود. پس تئوری دو میدان گردان نتیجه‌ای مشابه بررسی شکل ۳ دارد. به این ترتیب در مجموع میدان دواری وجود ندارد تا روی رتور گشتاور چرخشی لازم را ایجاد کند. اما اگر رتور در جهتی گرداننده شود، در همان جهت به حرکت خود ادامه خواهد داد.

بنابراین اگر رتور به گونه‌ای راه اندازی شود، مثلاً در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده شود، گشتاور موجود در جهت عقربه‌های ساعت شروع به زیاد شدن کرده و در همان موقع، گشتاور موجود در جهت عکس عقربه‌های



ساعت شروع به کم شدن می کند. بنابراین یک مقدار معینی گشتاور خالص در جهت عقربه های ساعت وجود دارد که به موتور شتاب داده و سرعت آن را به سرعت کامل می رساند. بنابراین برای راه اندازی موتورهای تک فاز احتیاج به یک راه اندازی اولیه است.

نحوه اتصال سیم پیچ های اصلی و کمکی موتورهای تک فاز به صورت موازی و مطابق شکل ۵ است.



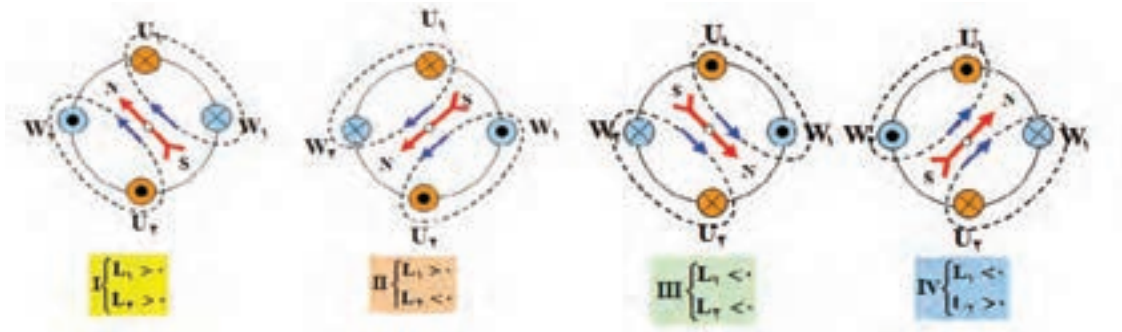
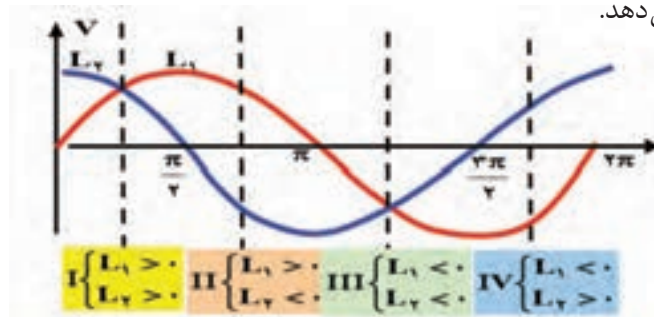
شکل ۵- اتصال سیم پیچی اصلی و کمکی

آیا سیم پیچ کمکی از نظر ضخامت و تعداد دور با سیم پیچ اصلی برابر است؟



در این گروه از سیم پیچ های موتور تک فاز چون سیم فاز به دو شاخه موازی تقسیم شده و جریان را به دو مسیر سیم پیچ اصلی و کمکی می فرستد. لذا به این گروه از موتورهای تک فاز «موتورهای طرح دو فاز» یا «موتورهای با فاز شکسته» گفته می شود. در این موتورها که اغلب توان کمتر از $\frac{1}{4}$ اسب بخار دارند، اختلاف فاز بین سیم پیچ اصلی و استارت را از طریق افزایش مقاومت اهمی سیم پیچ استارت تأمین می کنند. به این موتورها موتورهای با راه انداز مقاومتی نیز می گویند.

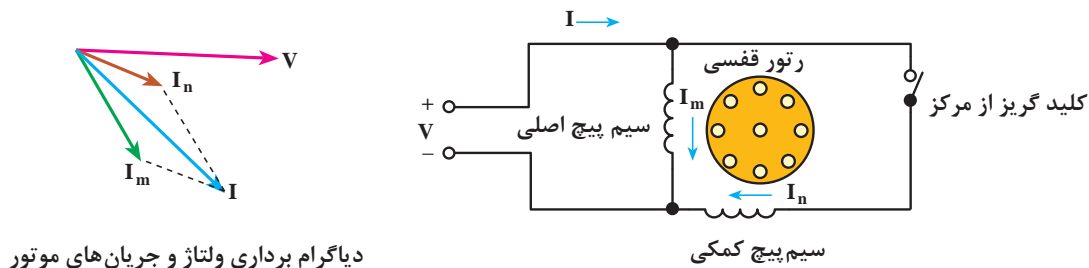
شکل (۶) وضعیت شکل موج جریان های جاری در دو سیم پیچی را به همراه وضعیت میدان مغناطیسی فضای داخلی استاتور نشان می دهد.



شکل ۶- وضعیت حوزه دوار در سطح استاتور موتور تک فاز از نوع طرح دوفاز

بودمان پنجم: سیم پیچی الکتروموتورهای تک فاز

شکل دیگری از این موتورها بدین صورت است که در مسیر سیم پیچی کمکی آنها از یک کلیدی به نام کلید گریز از مرکز استفاده می شود. از آنجایی که موتورهای تک فاز پس از راه اندازی می توانند به حرکت دورانی خود ادامه دهند لذا می توان پس از راه اندازی، سیم پیچی های کمکی را از مدار خارج کرد (شکل ۷).



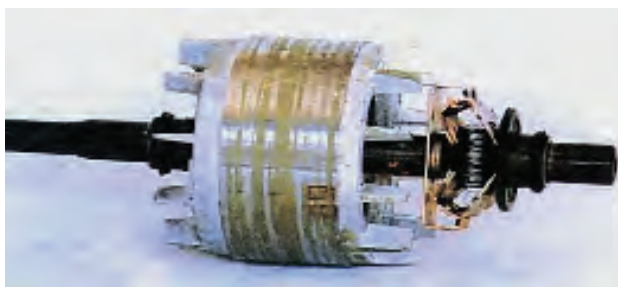
شکل ۷- محل قرار گرفتن کلید گریز از مرکز در مدار

این کلید روی محور موتور قرار می گیرد و با سرعت رتور می چرخد. عملکرد کلید بدین صورت است که وقتی سرعت موتور به ۷۵٪ سرعت نامی خود رسید کلید گریز از مرکز تغییر حالت داده و سیم پیچی کمکی را از مدار خارج می کند (شکل ۸).



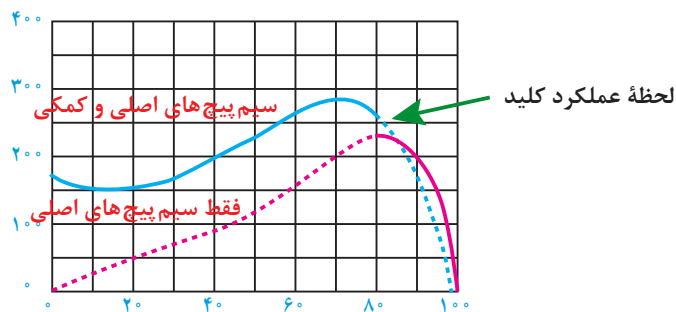
شکل ۸- کلید گریز از مرکز

شکل (۹) تصویر دیگری از این کلید را که روی رتور موتور تک فاز نصب شده است نشان می دهد.



شکل ۹- محل قرار گرفتن کلید گریز از مرکز

منحنی مشخصه عملکرد موتورهای تک فاز با کلید گریزاز مرکز را در شکل (۱۰) مشاهده می کنید.



شکل ۱۰- منحنی مشخصه عملکرد موتور تک فاز

تحقیق

اگر کلید گریزاز مرکز به هر دلیلی تغییر حالت ندهد چه پیامدی برای الکتروموتور خواهد داشت؟



سیم پیچی موتورهای تک فاز طرح دوفاز

الکتروموتورهای تک فاز، با راه انداز دائم، به صورت طرح دوفاز، سیم پیچی می شوند. در این حالت نصف شیارها را سیم پیچ اصلی و نصف دیگر را، سیم پیچ راه انداز (سیم پیچ کمکی)، اشغال می کند. سیم پیچ کمکی، یا سیم پیچ استارت با سیم پیچ اصلی، ۹۰ درجه الکتریکی، اختلاف فاز دارد. برای سیم پیچی موتورهای تک فاز مانند موتورهای سه فاز، در سه مرحله باید آن را طراحی و ترسیم کرد.

۱- انجام محاسبات سیم پیچی

۲- تشکیل جدول سیم پیچی

۳- رسم دیاگرام و سربندی

لازم به ذکر است سیم پیچی موتورهای طرح دوفاز را به دو صورت گام کامل و گام کسری سیم پیچی می کنند که در این فصل به هر دو مورد اشاره شده است. چند مثال در مورد نحوه سیم پیچی این گروه از موتورهای تک فاز ارائه شده است.

تحقیق

آیا ممکن است الکتروموتور سه فاز را با اتصال به شبکه برق شهر (تک فاز) راه اندازی کرد؟



سیم پیچی موتورهای تک فاز با سیم پیچ کمکی دائم در مدار یک طبقه به صورت گام کامل

مثال ۱-۵: الکتروموتور تک فاز ۲۴ شیار ۴ قطب مفروض است. دیاگرام سیم بندی این موتور را به صورت

سیم پیچ کمکی دائم در مدار، یک طبقه با گام کامل به ازای جفت قطب، طرح و رسم کنید.

حل: برای موتورهای با سیم پیچ کمکی دائم، محاسبات طرح دوفاز دنبال می شود. در این حالت تعداد فازها برابر

$m=2$ در نظر گرفته می شود. اختلاف بین دوفاز، ۹۰ درجه الکتریکی می باشد. اگر فاز U_1 ، از شیار شماره ۱،

شروع شود، فاز W_1 از شیار $1 + \frac{90}{\alpha_{ez}}$ شروع خواهد شد.

محاسبات سیم پیچی

$$Z = 24, m = 2, Y_p = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{4} = 6$$

$$q = \frac{Z}{2P \cdot m} = \frac{24}{4 \times 2} = 3, Y_p = Y_z = 6$$

$$\alpha_{ez} = \frac{P \times 36^\circ}{Z} = \frac{2 \times 36^\circ}{24} = 3^\circ$$

$$W_1 = 1 + \frac{9^\circ}{\alpha_{ez}} = 1 + \frac{9^\circ}{3^\circ} = 4 \Rightarrow U_1 \text{ شروع}$$

تشکیل جدول

جدول سیم پیچی ۴ ردیف (به تعداد قطب‌ها) و ۲ ستون (به تعداد فازها) تشکیل می‌شود و هر ستون به q قسمت تقسیم می‌شود. موتورهای الکتریکی تک فاز بیشتر به صورت متحدالمرکز، سیم پیچی می‌شوند. انتخاب سیم پیچ متحدالمرکز، امکان جداسازی سیم پیچ‌ها را از همدیگر، فراهم می‌سازد. بدین ترتیب، سیم پیچ راه‌انداز که، از قطر سیم کمتر تشکیل می‌شود، آسیب‌پذیری بیشتری دارد و روی سیم پیچ اصلی قرار می‌گیرد. در صورت سوختن یا قطع مدار، می‌توان آن را به سادگی تعویض یا تعمیر کرد. بدون آنکه به سیم پیچ اصلی صدمه‌ای وارد شود. در سیم پیچی متحدالمرکز، به سبب تغییر گام سیم‌بندی در کلاف‌ها، ضریب کوتاهی گام سیم پیچ‌ها، تغییر می‌کند. در این صورت تعداد دور کلاف‌ها، در هر گروه کلاف، متفاوت خواهد بود. دور کلاف‌ها در هر گروه کلاف، به نسبت ضریب کوتاهی گام کلاف‌ها محاسبه می‌شود. در سیم‌بندی طرح دو فاز، مانند موتورهای سه فاز، سیم پیچی در هر دو حالت، کلاف مساوی و متحدالمرکز اجرا می‌شود. در این مثال هر دو مورد سیم پیچی کلاف مساوی و متحدالمرکز را دنبال کنید (شکل ۱۱).

$\frac{m}{2P}$	U_1, U_2			W_1, W_2		
N	1	2	3	4	5	6
S	7	8	9	10	11	12
N	13	14	15	16	17	18
S	19	20	21	22	23	24

تشکیل جدول

$\frac{m}{2P}$	U_1, U_2			W_1, W_2		
N	1	2	3	4	5	6
S	7	8	9	10	11	12
N	13	14	15	16	17	18
S	19	20	21	22	23	24

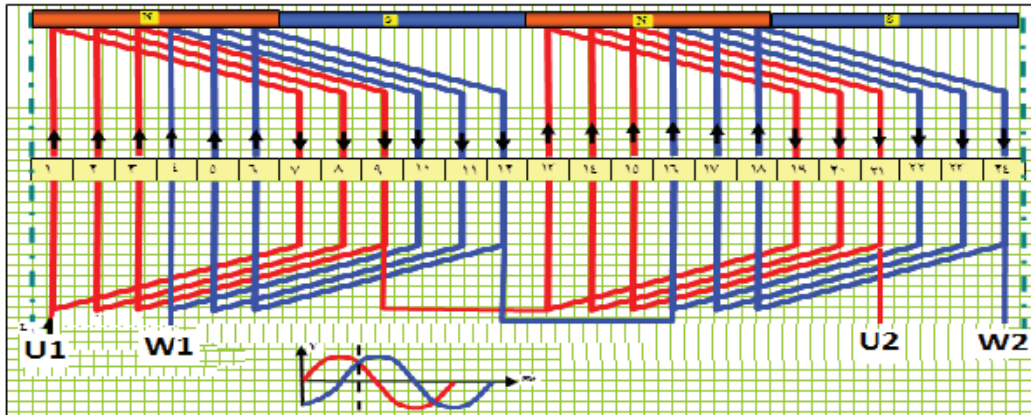
آرایش کلاف‌ها در سیم‌بندی (کلاف مساوی)

$\frac{m}{2P}$	U_1, U_2			W_1, W_2		
N	1	2	3	4	5	6
S	7	8	9	10	11	12
N	13	14	15	16	17	18
S	19	20	21	22	23	24

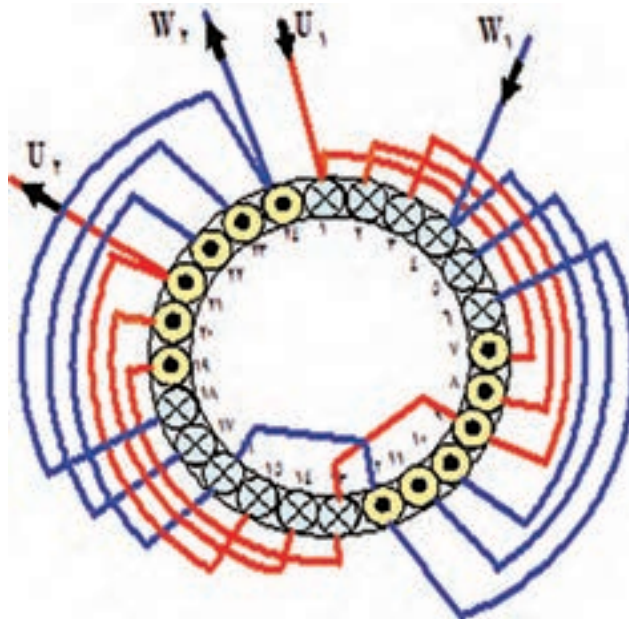
آرایش کلاف‌ها در سیم‌بندی (متحدالمرکز)

شکل ۱۱- تشکیل جدول و آرایش کلاف‌ها در سیم‌بندی کلاف مساوی و متحدالمرکز

ترسیم دیاگرام گسترده سیم پیچی به صورت کلاف مساوی (زنجیری) و مدور
 دیاگرام گسترده کلاف مساوی در شکل ۱۲ و دیاگرام دایره‌ای (مدور) در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



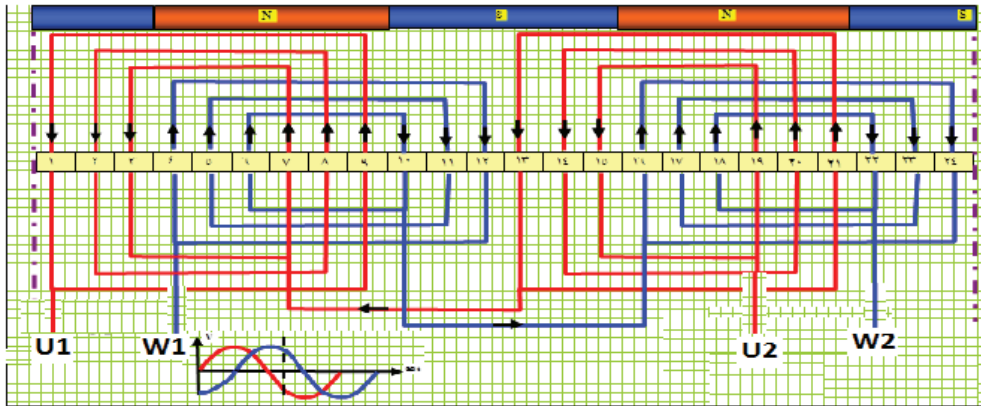
شکل ۱۲- دیاگرام گسترده کلاف مساوی و یک طبقه موتور تک فاز ۲۴ شیار ۴ قطب طرح دوفاز



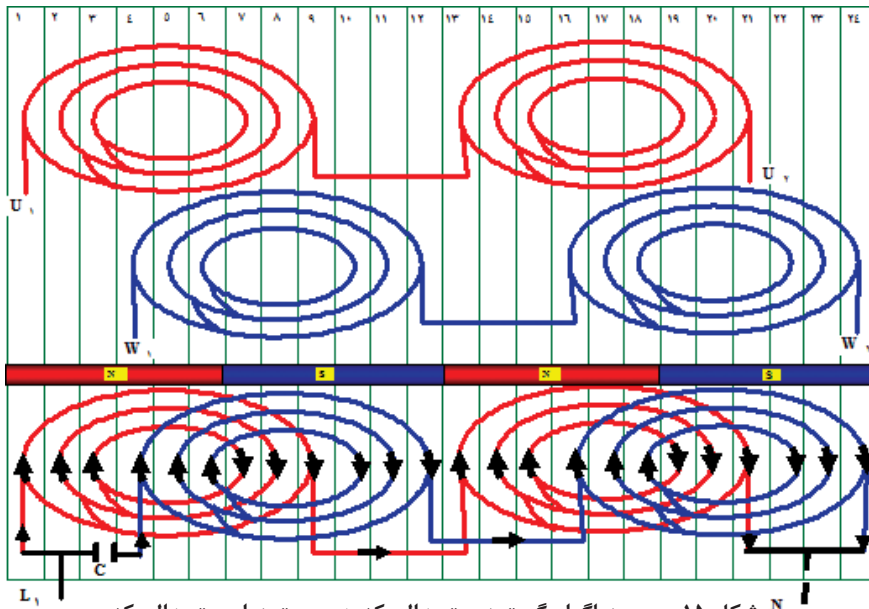
شکل ۱۳- دیاگرام دایره‌ای (مدور) کلاف مساوی و یک طبقه موتور تک فاز، ۲۴ شیار ۴ قطب، طرح دوفاز

ترسیم دیاگرام گسترده سیم پیچی به صورت متحدالمرکز و مدور متحدالمرکز دیاگرام گسترده متحدالمرکز و یک طبقه موتور تک فاز، ۲۴ شیار ۴ قطب طرح دوفاز در شکل ۱۴ نشان داده شده است. برخی موارد دیاگرام‌های گسترده متحدالمرکز موتورهای تک فاز را به صورت شکل ۱۵ نیز رسم می‌کنند. دیاگرام مدور متحدالمرکز در شکل ۱۶ آورده شده است.

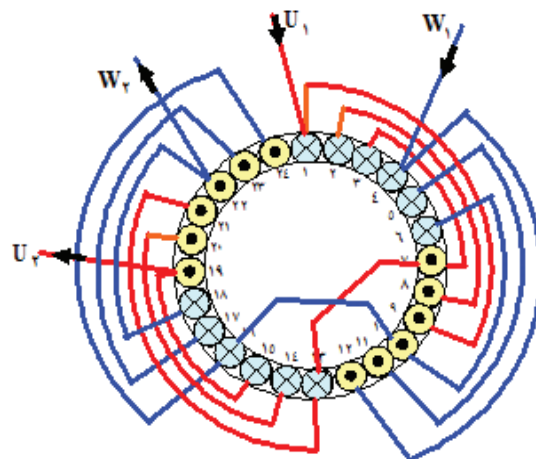
بودمان پنجم: سیم پیچی الکتروموتورهای تک فاز



شکل ۱۴- دیاگرام متحدالمرکز



شکل ۱۵- رسم دیاگرام گسترده متحدالمرکز به صورت دایره متحدالمرکز



شکل ۱۶- دیاگرام دایره‌ای (مدور) سیم پیچی متحدالمرکز

سؤال: دیاگرام گسترده و دایره‌ای هر کدام از چه نمایی سیم‌پیچی الکتروموتور را نشان می‌دهد؟
 تمرین: دیاگرام‌های گسترده شکل ۱۲ و ۱۴ را در یک کاغذ شطرنجی ترسیم کنید.
مثال ۲-۵: الکتروموتور تک فاز ۳۶ شیار ۶ قطب مفروض است. دیاگرام سیم‌بندی این موتور را به صورت سیم‌پیچ کمکی دائم کار، یک طبقه با گام کامل به‌ازای جفت قطب، طرح و رسم کنید.
 محاسبات سیم‌پیچی

$$Z = 36, m = 2, Y_p = \frac{Z}{2P} = \frac{36}{6} = 6 \quad q = \frac{Z}{2p.m} = \frac{36}{6 \times 2} = 3$$

$$Y_p = Y_z = 6, \alpha_{ez} = \frac{P \times 36^\circ}{Z} = \frac{3 \times 36^\circ}{36} = 3^\circ$$

$$U_1 \text{ شروع } \Rightarrow 1 \quad W_1 = 1 + \frac{9^\circ}{\alpha_{ez}} = 1 + \frac{9^\circ}{3^\circ} = 4$$

تشکیل جدول

m rP	U ₁ , U _r			W ₁ , W _r		
	N	1	2	3	4	5
S	7	8	9	10	11	12
N	13	14	15	16	17	18
S	19	20	21	22	23	24
N	25	26	27	28	29	30
S	31	32	33	34	35	36

شکل ۱۷- جدول سیم‌پیچی موتور تک فاز ۳۶ شیار یک طبقه ۶ قطب با گام کامل (G = P) طرح دوفاز

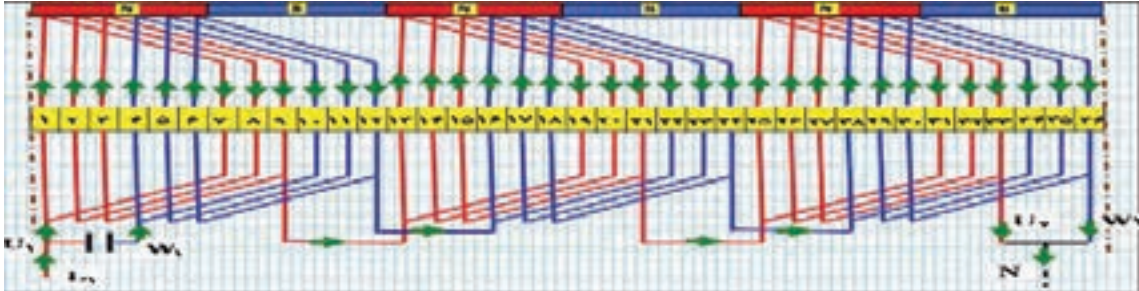
m rP	U ₁ , U _r			W ₁ , W _r		
	N	1	2	3	4	5
S	7	8	9	10	11	12
N	13	14	15	16	17	18
S	19	20	21	22	23	24
N	25	26	27	28	29	30
S	31	32	33	34	35	36

m rP	U ₁ , U _r			W ₁ , W _r		
	N	1	2	3	4	5
S	7	8	9	10	11	12
N	13	14	15	16	17	18
S	19	20	21	22	23	24
N	25	26	27	28	29	30
S	31	32	33	34	35	36

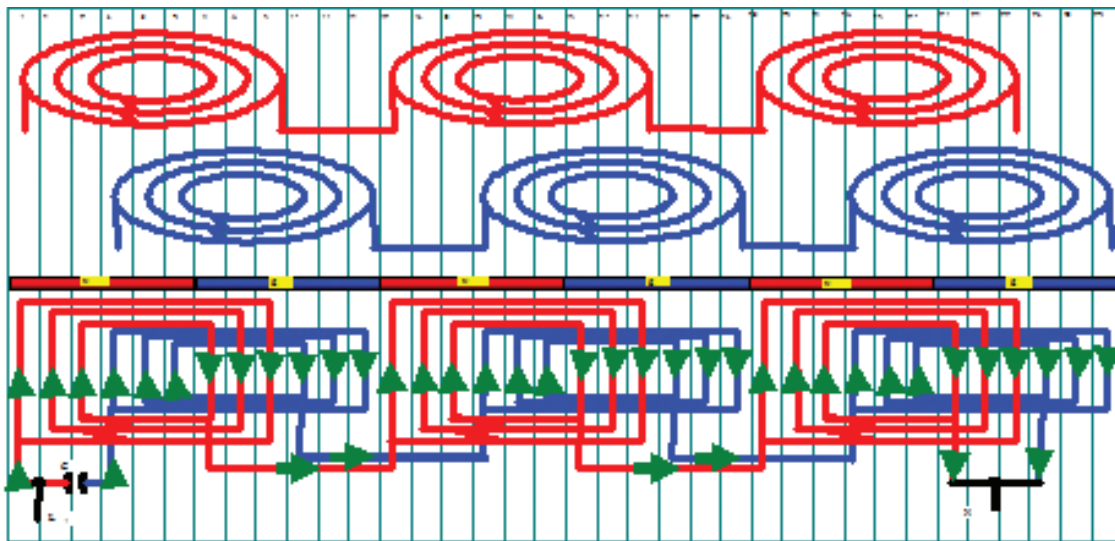
جدول کلاف متحدالمرکز موتور ۳۶ شیار ۶ قطب یک طبقه طرح دوفاز جدول کلاف مساوی موتور ۳۶ شیار ۶ قطب یک طبقه طرح دوفاز

شکل ۱۸- جدول کلاف مساوی و متحدالمرکز موتور ۳۶ شیار ۶ قطب یک طبقه طرح دوفاز

ترسیم دیاگرام سیم‌بندی



شکل ۱۹- دیاگرام گسترده کلاف مساوی، موتور تک فاز ۳۶ شیار ۶ قطب یک طبقه با گام کامل طرح دوفاز (راه‌انداز دائم)



شکل ۲۰- دیاگرام گسترده متحدالمرکز، موتور تک فاز ۳۶ شیار ۶ قطب یک طبقه با گام کامل طرح دوفاز (راه‌انداز دائم)

دیاگرام گسترده کلاف مساوی (شکل ۱۹) و متحدالمرکز (شکل ۲۰) سیم‌پیچی مثال ۲-۵ را در کاغذ شطرنجی ترسیم کنید.

فعالیت



سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ کمکی دائم در مدار یک طبقه گام کسری

برای توزیع سیم‌پیچی در سطح استاتور، موتورهای تک‌فاز با طرح دوفاز، نظیر موتورهای سه‌فاز، به صورت گام کسری (کوتاه شده) سیم‌پیچی می‌شوند. در حالت‌هایی که q فرد یا زوج است، مطابق دستورالعمل‌های موتورهای سه‌فاز، سیم‌بندی اجرا می‌شود. با این تفاوت که در الکتروموتورهای طرح دوفاز، دوستون برای دوفاز ترسیم می‌شود. اختلاف فاز بین فازها، 90° درجه الکتریکی می‌باشد.

مثال ۳-۵: الکتروموتور تک‌فاز ۲۴ شیار ۴ قطب مفروض است. دیاگرام سیم‌بندی این موتور را به صورت استارت دائم، یک طبقه با گام کسری (کوتاه شده) به‌ازای قطب، طرح و رسم کنید.

$$Z = 24, m = 2, Y_P = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{4} = 6, q = \frac{Z}{2P \cdot m} = \frac{24}{4 \times 2} = 3$$

$$Y_{Z1} = Y_P - \left(\frac{q}{2} - \frac{1}{2}\right) = 6 - \left(\frac{3}{2} - \frac{1}{2}\right) = 5$$

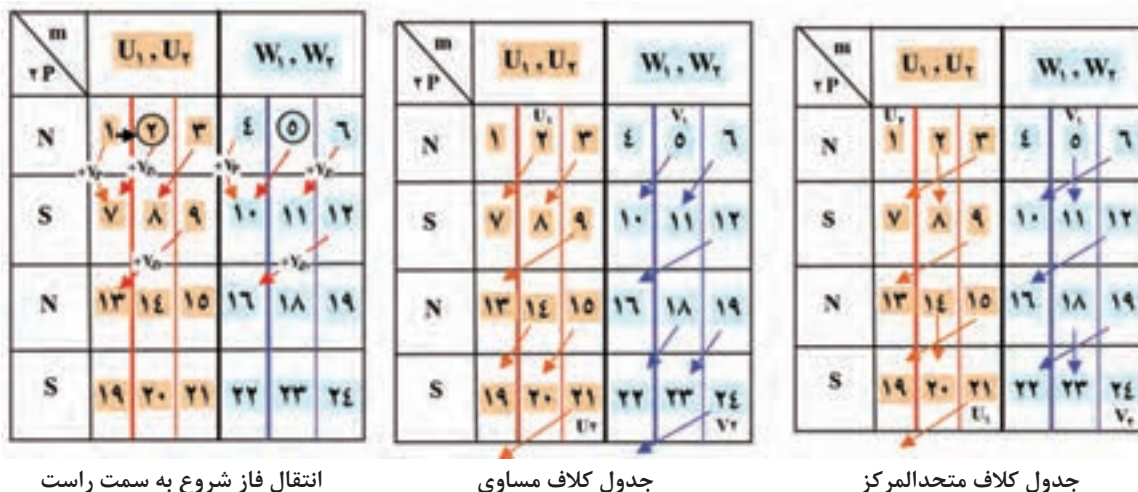
$$Y_{Z2} = Y_P - \left(\frac{q}{2} + \frac{1}{2}\right) = 6 - \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{2}\right) = 4$$

$$\alpha_{ez} = \frac{q \times 36^\circ}{Z} = \frac{3 \times 36^\circ}{24} = 3^\circ$$

$$U_1 \text{ شروع} \Rightarrow 1 \quad W_1 = 1 + \frac{9^\circ}{3^\circ} = 1 + \frac{9^\circ}{3^\circ} = 4$$

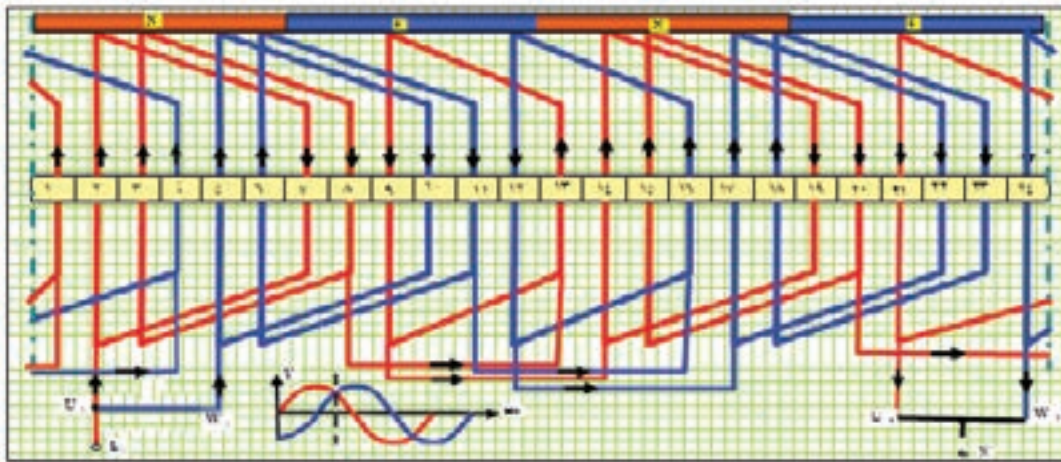
تشکیل جدول ✓

برای تشکیل جدول، چون q فرد است، قواعد انتقال شروع فازها به اندازه $\frac{q}{2} - \frac{1}{2}$ به سمت راست انتقال داده می‌شود. بنابراین شروع فازها به اندازه $\frac{q}{2} - \frac{1}{2} = \frac{3}{2} - \frac{1}{2} = 1$ شیار، به سمت راست منتقل می‌شوند. به عبارت دیگر فاز U_1, U_2 از شیار ۲ و فاز V_1, V_2 از شیار شماره ۵ (به جای شیار ۴) شروع خواهد شد. براساس مطالب فوق جدول سیم‌پیچی مطابق شکل ۲۱ تشکیل می‌شود.



شکل ۲۱- جدول موتور ۲۴ شیار ۴ قطب طرح دوفاز یک طبقه با گام کسری

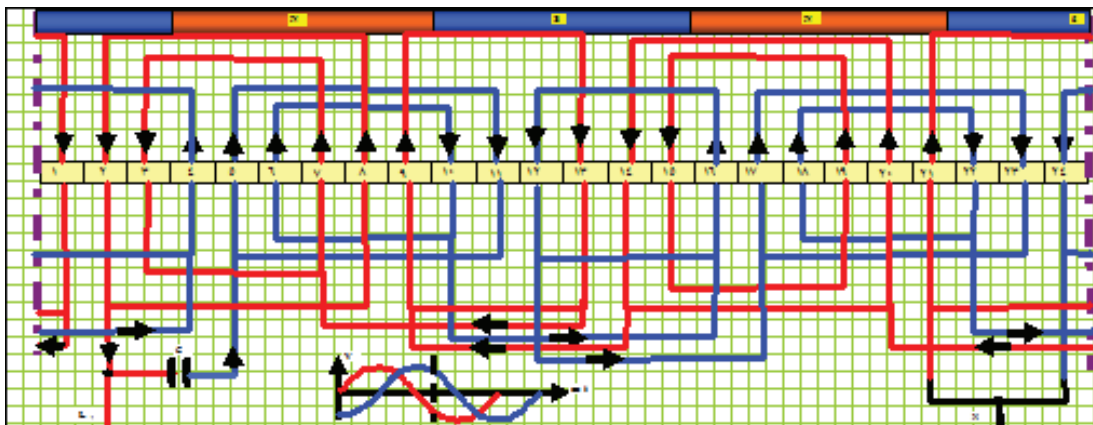
بودمان پنجم: سیم پیچی الکتروموتورهای تک فاز



شکل ۲۲- دیاگرام گسترده کلاف مساوی و یک طبقه موتور تک فاز، ۲۴ شیار ۴ قطب، گام کوتاه طرح دوفاز

دیاگرام‌های گسترده سیم پیچی کلاف مساوی و متحدالمركز، مثال ۳-۵ را در کاغذ شطرنجی ترسیم نمایید.

فعالیت



شکل ۲۳- دیاگرام گسترده متحدالمركز و یک طبقه موتور تک فاز، ۲۴ شیار ۴ قطب طرح دوفاز، گام کسری

هدف: سیم پیچی موتورهای طرح دو فاز

کار عملی ۱



وسایل و تجهیزات:

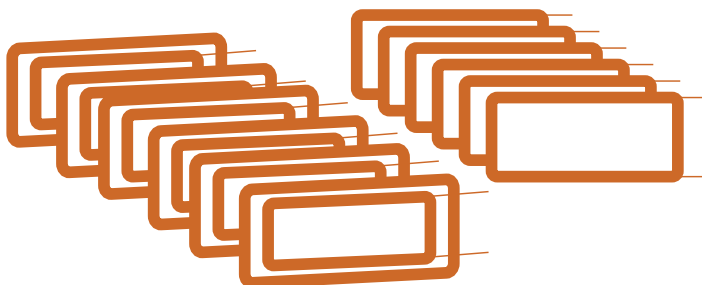
- پوسته استاتور ۳۶ شیار یک عدد
- استاتور نگهدار یک عدد.
- کلاف پیچ یک عدد.
- قالب کلاف متحدالمركز یک عدد.

- سیم لاکه 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 ۵/۰ و ۳۵/۰ از هر کدام یک برگ.
- وارنیش با نمره‌های مورد نیاز سیم‌ها.
- تابلوی آزمایش موتورهای الکتریکی.
- آچار تخت و آچار پیچگی و آچار بوکس هر کدام یک ست کامل.
- انبردست یک عدد.
- شار لاک.
- کوره حرارتی یک عدد
- پیچ گوشتی تخت و چارسو کوچک، متوسط و بزرگ هر کدام یک عدد.
- دم باریک یک عدد.
- سیم چین یک عدد.
- سیم لخت کن یک عدد.
- چاقو یا کاتر یک عدد.
- سنبله نرم یک برگ.
- نخ موتور پیچی یا کنف یک کلاف.
- میکرومتر یک عدد.
- چکش پلاستیکی یک عدد.
- دورسنج موتور یک عدد.

استاتور یک موتور ۳۶ شیار یا ۲۴ شیار را تحویل گرفته و تحت نظارت مربی خود محاسبات، رسم دیاگرام موتور به صورت طرح دوفاز ۶ قطب با سیم پیچ کمکی دائم در مدار را به صورت متحدالمرکز ترسیم و سیم پیچی کنید.

مراحل اجرای کار عملی باید به صورت زیر باشد:

- پیچیدن ۶ گروه کلاف دو پیچگی متحدالمرکز و ۶ گروه کلاف یک پیچگی تهیه کنید (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- ۶ گروه کلاف دو پیچگی و ۶ کلاف تک پیچگی

بودمان پنجم: سیم‌پیچی الکتروموتورهای تک‌فاز



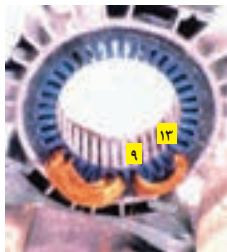
- عایق‌بندی استاتور را با کاغذهای پرشمان انجام دهید (شکل ۲۵).

شکل ۲۵- ۶ گروه کلاف دو پیچکی و ۶ کلاف تکی

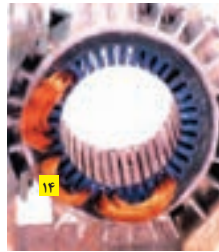
- با توجه به جدول متحدالمرکز شکل ۲۶ اولین گروه کلاف را با گام‌های ۲ به ۸ و ۳ به ۷، در شیارهای استاتور قرار دهید.



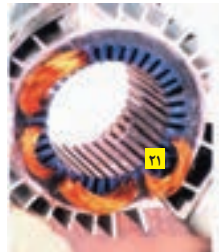
شکل ۲۶- جای‌گذاری گروه کلاف شماره ۱ در شیارهای ۲ به ۸ و ۳ به ۷



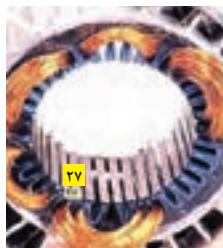
(الف)



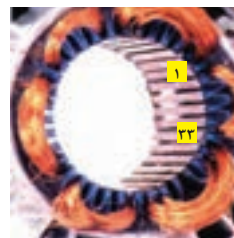
(ب)



(پ)



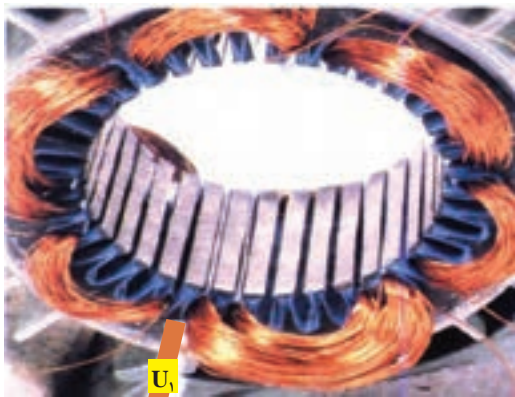
(ت)



(ث)

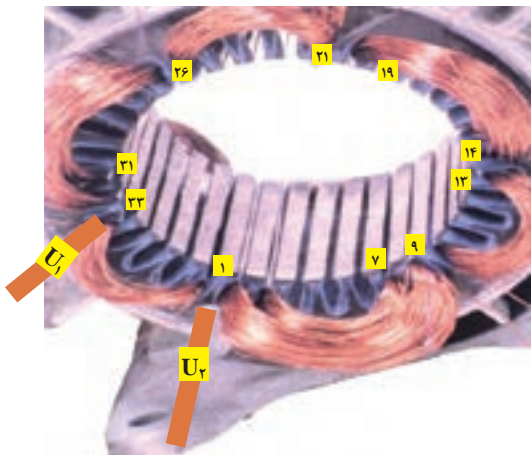
شکل ۲۷- تکمیل سیم‌بندی فاز اول U_1, U_2

سرسیمی که از شیار شماره ۲ خارج شده و مربوط به گروه کلاف شماره ۱ می‌باشد پس از عبور از وارنیش، به



سیم افشان با قطر مناسب اتصال دهید. وارنیش را مطابق شکل ۲۸ روکش آن قرار دهید و به آن برجسب U_1 بزینید.

شکل ۲۸- هدایت فاز U_1 به سیم افشان



گروه کلافها را مطابق شکل ۲۹ سربندی کنید. سربندی با اتصال دور انجام می شود و سرسیم هایی که از شیار ۷ خارج شده به سرسیم شیار ۹، ۱۳، ۱۴، ۱۹، ۲۵، ۲۱ به ۲۶، ۳۱ به ۱ اتصال می یابند و U_2 از شیار ۳۳ به سیم افشان پس از عبور از وارنیش اتصال داده می شود.

شکل ۲۹- سربندی کلاف های فاز U_1, U_2

فاز دوم W_1, W_2 را با یک گروه کلاف دو پیچی از شیار ۵ شروع کنید و کلاف کوچک آن را در شیارهای ۶، ۱۰ و کلاف بزرگ آن را در شیارهای ۵، ۱۱ قرار دهید. و سیم پیچی را شبیه فاز U_1, U_2 مطابق مسیره های سفید رنگ کامل کنید. سراتصالات را به تخته کلم هدایت و سیم پیچی را نخ بندی کنید (شکل ۳۰).



شکل ۳۰- سیم پیچ فاز دوم هدایت سراتصالات به تخته کلم و نخ بندی سیم پیچی



سیم پیچی موتورهای تک فاز خازن دار

موتورهای تک فاز با توان های کمتر از یک اسب بخار، بیشتر با راه انداز لحظه ای طراحی می شوند. سیم پیچ راه انداز این موتورها، پس از آنکه سرعت گردش موتور به ۷۵٪ دور نامی می رسد توسط کلیدهای گریز از مرکز یا رله های مغناطیسی از منبع تغذیه گرفته می شوند و موتور با سیم پیچ اصلی بار را به گردش درمی آورد. چون نقش سیم پیچ استارت، در موتورهای تک فاز، راه اندازی موتور می باشد، زمان اتصال آن به شبکه برق، خیلی کوتاه است. از طرف دیگر هر چقدر مقاومت اهمی سیم پیچ راه انداز بیشتر باشد، گشتاور راه اندازی زیاد خواهد بود. برای افزایش مقاومت سیم پیچ استارت، قطر سیم آن را کمتر در نظر می گیرند. در عمل قطر سیم استارت در محدوده ۴۰ الی ۶۰ درصد قطر سیم پیچ اصلی انتخاب می شود. در محاسبه تعداد دور سیم پیچ استارت ولتاژ را حدود ۲۰٪ کمتر از ولتاژ سیم اصلی در نظر می گیرند. این عوامل باعث می شود که سیم پیچ استارت نسبت به سیم پیچ اصلی آسیب پذیرتر باشد. بدین علت موتورهای تک فاز را متحدالمرکز سیم پیچی می کنند، سیم پیچ استارت را در روی سیم های اصلی در داخل شیارها قرار می دهند تا در صورت آسیب دیدن سیم پیچ بتوانند سیم پیچ استارت را تعویض کنند. مدت زمان کوتاه اتصال سیم پیچ استارت به منبع تغذیه سبب می شود که بیشتر شیارهای استاتور را به سیم اصلی اختصاص دهند. بدین منظور $\frac{2}{3}$ شیارهای استاتور به سیم پیچ اصلی و $\frac{1}{3}$ بقیه را به سیم پیچ استارت منظور می کنند، تا در زمان کار موتور از قسمت زیاد هسته در تولید قدرت بهره برداری شود. در سیم پیچی موتورهای تک فاز با استارت موقت، برای ایجاد گشتاور قوی و برقراری حوزه دوار، اختلاف فاز الکتریکی سیم پیچ اصلی و استارت را، از نظر موقعیت مکانی، ۹۰ درجه الکتریکی در نظر می گیرند. در عمل برای تأمین اختلاف فاز مناسب بین سیم پیچ های اصلی و استارت روش های متفاوتی وجود دارد. از این لحاظ موتورهای تک فاز را، طبقه بندی می کنند.

در تعدادی از موتورهای تک فاز برای ایجاد اختلاف فاز بیشتر بین ولتاژ و جریان سیم پیچی های اصلی و کمکی از خازن در مسیر سیم پیچ کمکی به صورت سری استفاده می شود که این کار معمولاً در قالب سه شکل انجام می شود.

چگونه می توان از صحت خازن اطمینان حاصل کرد؟

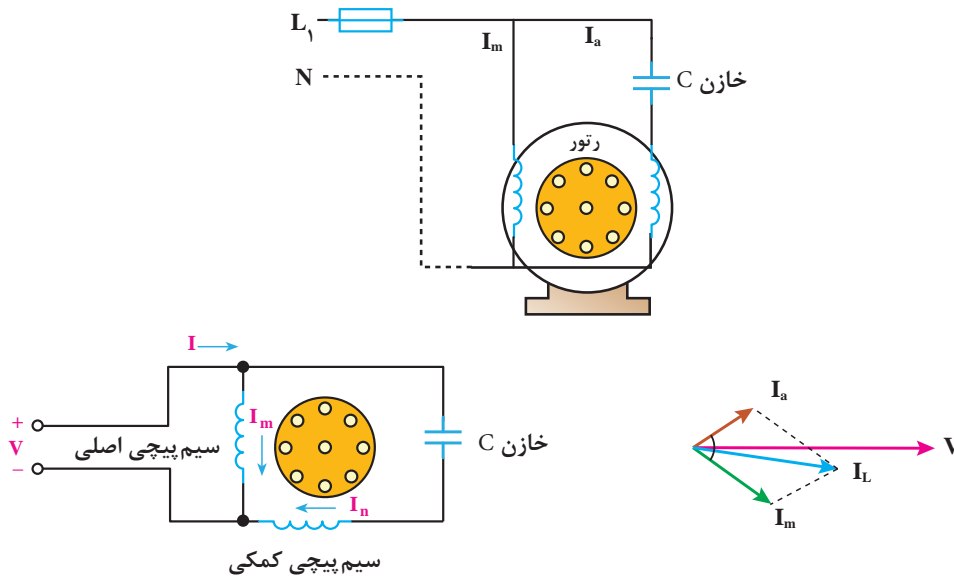


خازن ها، در انواع دینامیکی و الکترولیتی، در راه اندازی موتورهای تک فاز، به کار گرفته می شوند. خازن های الکترولیتی، در راه اندازهای لحظه ای، کاربرد دارند. این خازن ها در ظرفیت های تا ۲۰۰ میکروفاراد، مورد استفاده قرار می گیرند.

الف) موتور تک فاز با خازن دائم کار

در موتورهای تک فاز، با راه اندازی دائم، از خازن های دینامیکی، که به خازن های خشک نیز، معروف هستند،

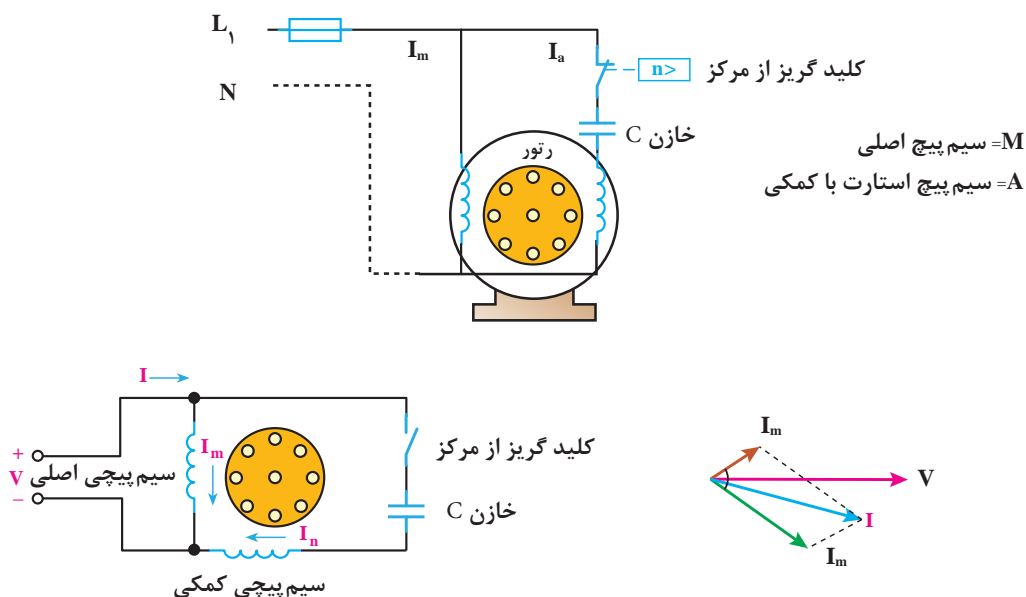
استفاده می‌شود. ظرفیت این خازن‌ها، تقریباً یک سوم خازن‌های الکترولیتی می‌باشند (شکل ۳۱).



شکل ۳۱- اتصال سیم پیچی‌های اصلی و کمکی با دی‌گرام برداری موتور تک‌فاز با خازن دائم کار

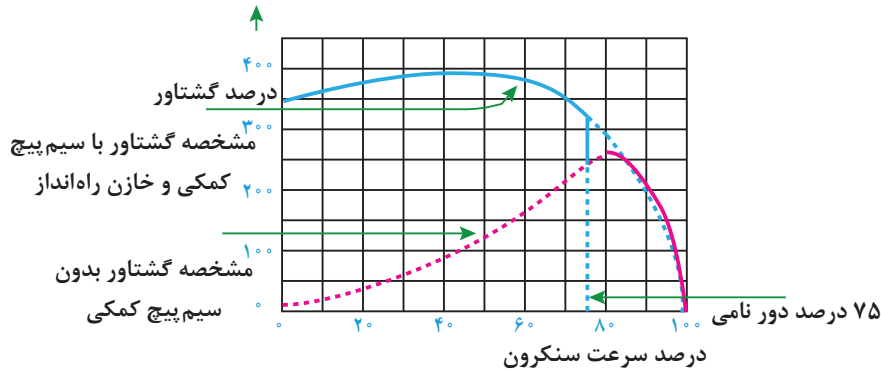
ب) موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز

در موتورهای تک‌فاز با راه‌انداز خازنی، که سیم‌پیچ راه‌انداز موقت نام دارند از خازن‌های الکترولیتی استفاده می‌شود که اغلب دارای ظرفیت زیادی هستند تا در شروع راه‌اندازی اختلاف فاز لازم را برای گردش موتور را ایجاد کنند (شکل ۳۲).



شکل ۳۲- اتصال سیم پیچی‌های اصلی

منحنی مشخصه عملکرد موتورهای تک فاز با کلید گریز از مرکز و خازن راه انداز را در شکل (۳۳) مشاهده می کنید.



شکل ۳۳- موتور تک فاز با خازن راه انداز و کلید گریز از مرکز

همان طوری که در منحنی مشخصه مشاهده می شود گشتاور راه اندازی موتورهای با خازن راه انداز نسبت به موتورهای با سیم پیچ کمکی دائم کار افزایش می یابد و در نتیجه موتور به صورت قوی تر اما با صدای کمتر و نرم تر راه اندازی می شود.

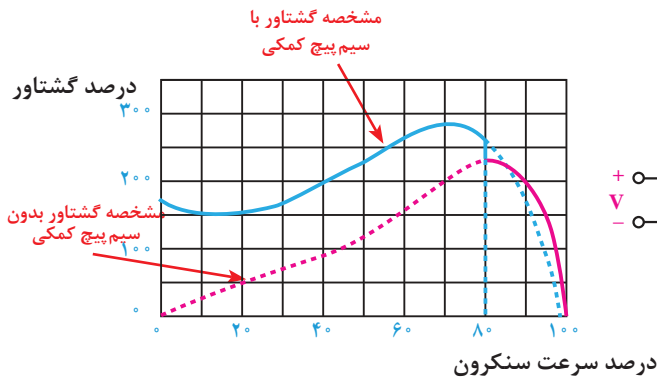
محاسبات سیم پیچی الکتروموتور تک فاز لحظه ۰:۲۴:۰۱ تا ۰:۲۵:۵۶:۰۱

فیلم

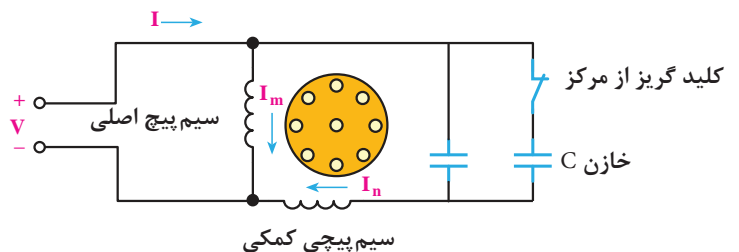


پ) موتور تک فاز با خازن راه انداز و دائم کار (موتورهای دو خازنی)

در بعضی از موتورها، از هر دو نوع خازن، خشک و الکتrolیتی استفاده می شود. خازن الکتrolیتی پس از راه اندازی، توسط کلید گریز از مرکز از مدار الکتریکی، خارج می شود و خازن دائم کار (دینامیکی) تا زمانی که موتور کار می کند در مدار باقی خواهد ماند (شکل ۳۴).



ب) مشخصه گشتاور سرعت



الف) مدار الکتریکی

شکل ۳۴- مشخصه گشتاور دور

همان گونه که در ابتدا اشاره شد $\frac{2}{3}$ از شیارهای استاتور به سیم پیچ اصلی و $\frac{1}{3}$ بقیه را به سیم پیچ استارت اختصاص داده می شود. پس از راه اندازی، سیم پیچی کمکی در شرایط سیم پیچ استارت در داخل شیارها، بدون آنکه خاصیتی داشته باشد، غیر فعال باقی می ماند. بنابراین از $\frac{1}{3}$ قدرت استاتور موتور، استفاده نمی شود. این خاصیت به نوبه خود، بازده ماشین های تک فاز را کاهش می دهد.

مثال زیر نحوه محاسبه، ترسیم دیاگرام و سیم پیچی موتورهای تک فاز دارای خازن راه انداز را ارائه می دهد.
مثال ۴-۵: محاسبات سیم پیچی و دیاگرام سیم پیچی موتور تک فاز ۲۴ شیار ۲ قطب را با راه انداز لحظه ای انجام داده و دیاگرام آن را ترسیم کنید.

حل: ابتدا $\frac{2}{3}$ شیارها را برای سیم پیچ اصلی و $\frac{1}{3}$ بقیه شیارهای استاتور را برای سیم پیچ راه انداز منظور می شود. محاسبات سیم پیچی به شکل زیر دنبال می شود.

$$Z = 24, \quad 2P = 2, \quad m = 1$$

$$Z_m = \frac{2}{3}Z = \frac{2}{3} \times 24 = 16 \quad \text{شیارهای اصلی}$$

$$Z_a = \frac{1}{3}Z = \frac{1}{3} \times 24 = 8 \quad \text{شیارهای استارت}$$

$$q_m = \frac{Z_m}{2P \times m} = \frac{16}{2 \times 1} = 8 \quad \rightarrow \quad q'_m = \frac{q_m}{2} = \frac{8}{2} = 4$$

$$q_a = \frac{Z_a}{2P \times m} = \frac{8}{2 \times 1} = 4 \quad \rightarrow \quad q'_a = \frac{q_a}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

$$\alpha_{ez} = \frac{P \times 36^\circ}{Z} = \frac{1 \times 36^\circ}{24} = 1.5^\circ$$

$$Y_p = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{2} = 12 \rightarrow y_{Zm} = Y_p - q'_m = 12 - 4 = 8$$

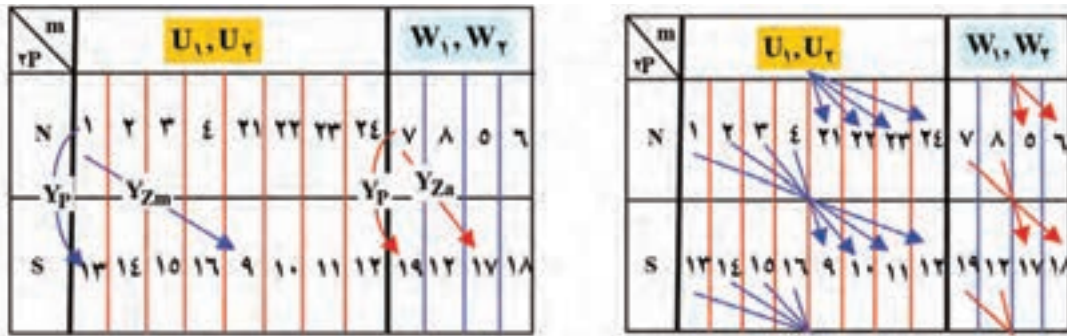
$$Y_{Za} = Y_p - q'_a = 12 - 2 = 10$$

تشکیل جدول

جدول سیم پیچی مطابق شکل ۳۵ تشکیل می شود. ستون U_1, U_2 براساس q'_m, Y_p, Y_{Zm} و ستون مربوط به فاز W_1, W_2 را براساس q'_a, Y_p, Y_{Za} کامل می شود. در فاز U_1, U_2 ، ستون به دو قسمت تقسیم شده و هر قسمت نیز به q'_m تقسیم می شود. از شروع فاز q'_m ، عدد متوالی درخانه های جدول ثبت می شود. در فاز W_1, W_2 ، ستون مربوطه به دو قسمت تقسیم شده و هر قسمت به q'_a تقسیم می شود، از شروع فاز W_1 ، اعداد متوالی، به تعداد q'_a ، در

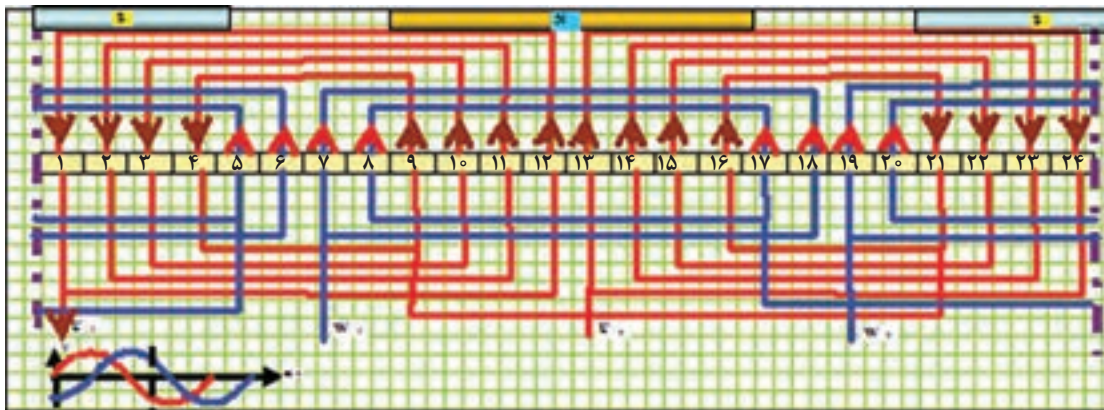
بودمان پنجم: سیم پیچی الکتروموتورهای تک فاز

خانه‌های مربوطه نوشته می‌شود. در فاز U_1, U_2 گام سیم پیچی Y_{Zm} و در فاز W_1, W_2 Y_{Za} در نظر گرفته می‌شود. دیاگرام گسترده مطابق شکل ۳۶ و دیاگرام مدور مطابق شکل ۳۷ خواهد بود.

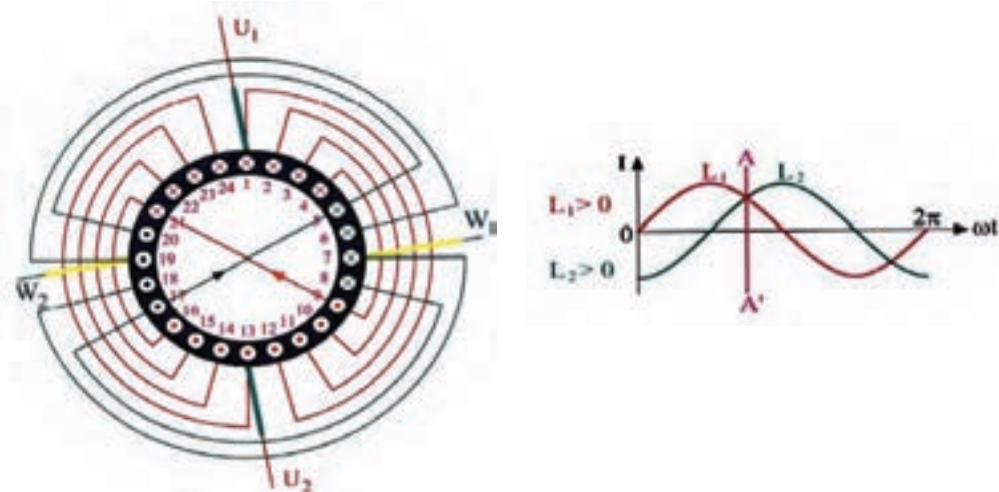


شکل ۳۵- تنظیم جدول موتور ۲۴ شیار ۲ قطب با استارت موقت بر اساس سیم پیچی متحدالمرکز

✓ رسم دیاگرام گسترده



شکل ۳۶- دیاگرام گسترده متحدالمرکز موتور ۲۴ شیار ۲ قطب با راه انداز لحظه‌ای



شکل ۳۷- دیاگرام مدور سیم پیچی موتور تک فاز ۲۴ شیار ۲ قطب با راه انداز لحظه‌ای



تبدیل الکتروموتور سه فاز به صورت تک فاز از لحظه ۵۵:۲۱:۰۱ تا لحظه ۶۲:۲۱:۰۱

هدف: سیم پیچی موتور با سیم پیچ کمکی (راه انداز خازنی)

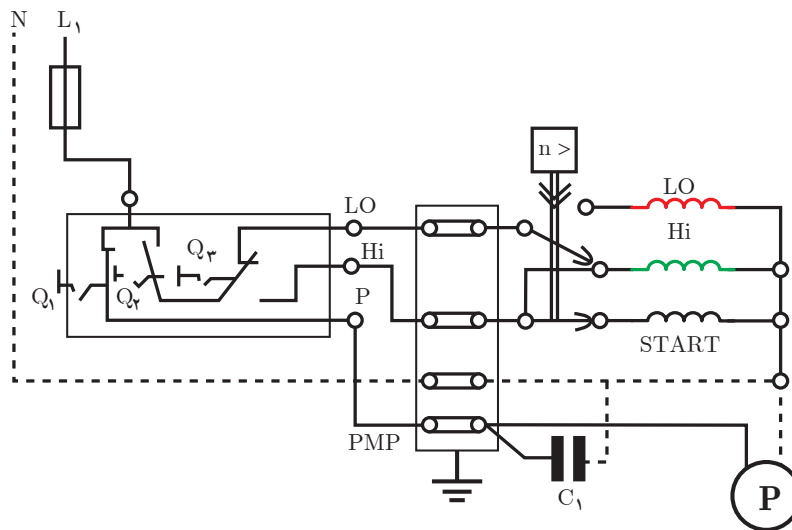
وسایل و تجهیزات:

- پوسته استاتور ۳۶ شیار یک عدد
- استاتور نگهدار یک عدد.
- کلاف پیچ یک عدد.
- قالب کلاف متحدالمرکز یک عدد.
- سیم لاکه 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 ۵/۰ و ۳۵/۰ از هر کدام یک برگ.
- وارنیش با نمره های مورد نیاز سیم ها.
- تابلوی آزمایش موتورهای الکتریکی.
- آچار تخت و آچاررینگی و آچاربوکس از هر کدام یک ست کامل.
- انبردست یک عدد.
- شارلاک.
- کوره حرارتی یک عدد
- پیچ گوشتی تخت و چارسو کوچک متوسط و بزرگ هر کدام یک عدد.
- دم باریک یک عدد.
- سیم چین یک عدد.
- سیم لخت کن یک عدد.
- چاقو یا کاتر یک عدد.
- سنبلاده نرم یک برگ.
- نخ موتور پیچی یا کنف یک کلاف.
- میکرومتر یک عدد.
- چکش پلاستیکی یک عدد.
- دورسنج موتور یک عدد.

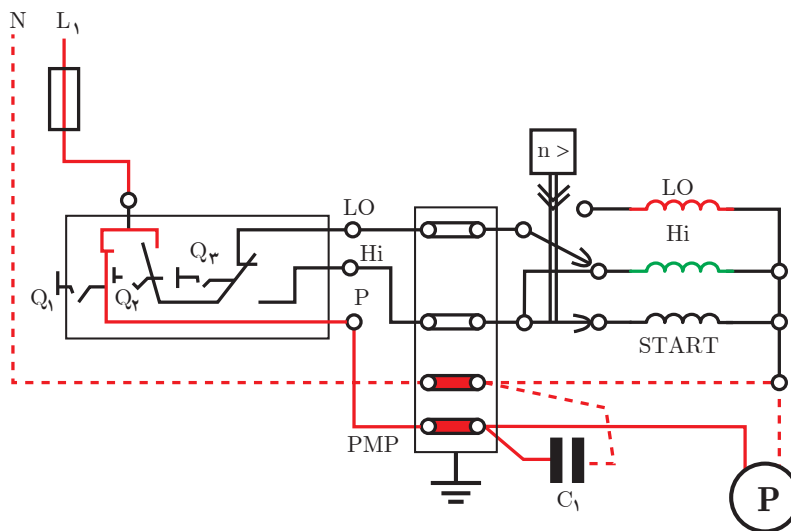
استاتور یک موتور ۳۶ شیار یا ۲۴ شیار را تحویل گرفته و تحت نظارت مربی خود محاسبات را انجام دهید و دیگرام موتور به صورت تک فاز ۶ قطب را با سیم پیچ کمکی راه انداز خازنی به صورت متحدالمرکز رسم و سیم پیچی کنید.

سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز دوسرعه با یک سیم‌پیچ راه‌انداز

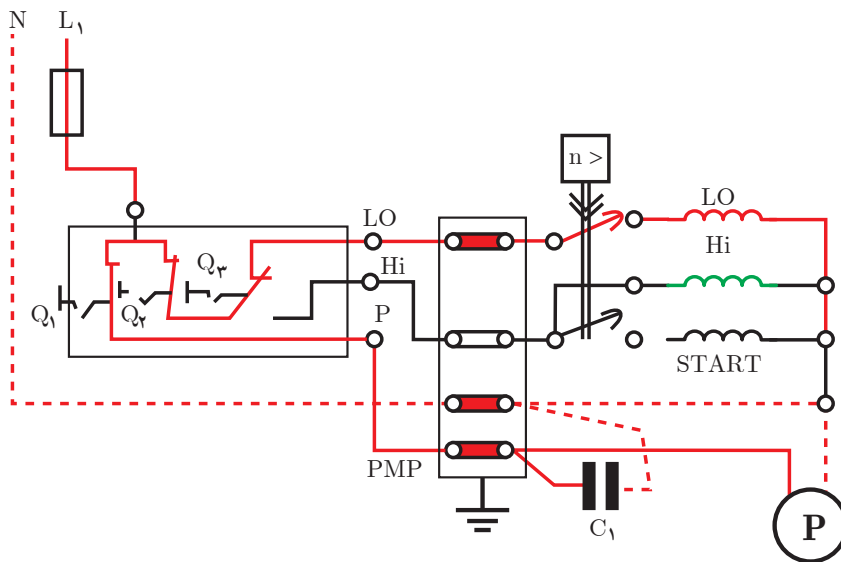
در موتورهای دوسرعه با یک سیم‌پیچ راه‌انداز، عملکرد کلید گریز از مرکز روی کلید تبدیل، موجب حذف سیم‌پیچ راه‌انداز می‌شود. به علت اهمیت کلید تبدیل و کارایی عمده آن در صنعت موتور کولرهای آبی، ساختمان و عملکرد این کلید، در چند مدار الکتریکی بررسی می‌شود (شکل ۳۸).



شکل ۳۸- کلید در حالت خاموش

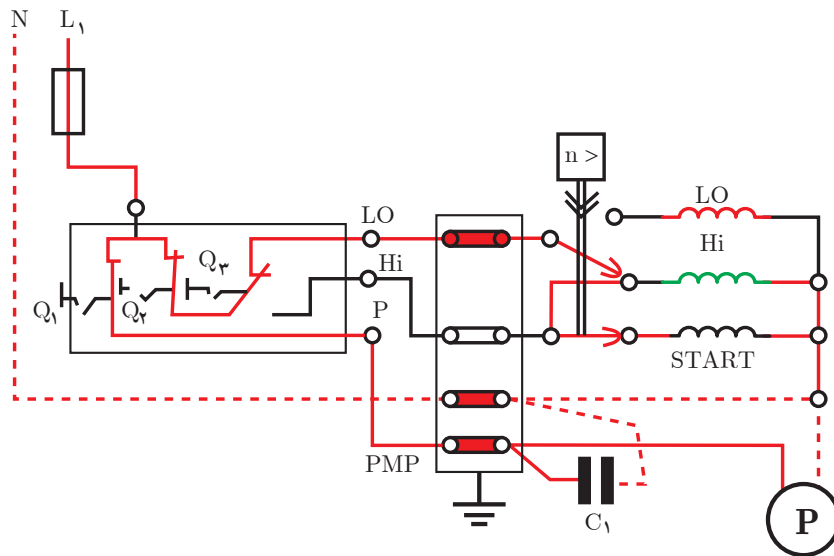


شکل ۳۹- اگر کلید Q_1 به وضعیت اتصال برود و کلیدهای Q_2 و Q_3 تغییر نکند، فقط پمپ آب وارد مدار شده و با ریختن آب روی پوشال‌ها، آنها را خیس خواهد کرد



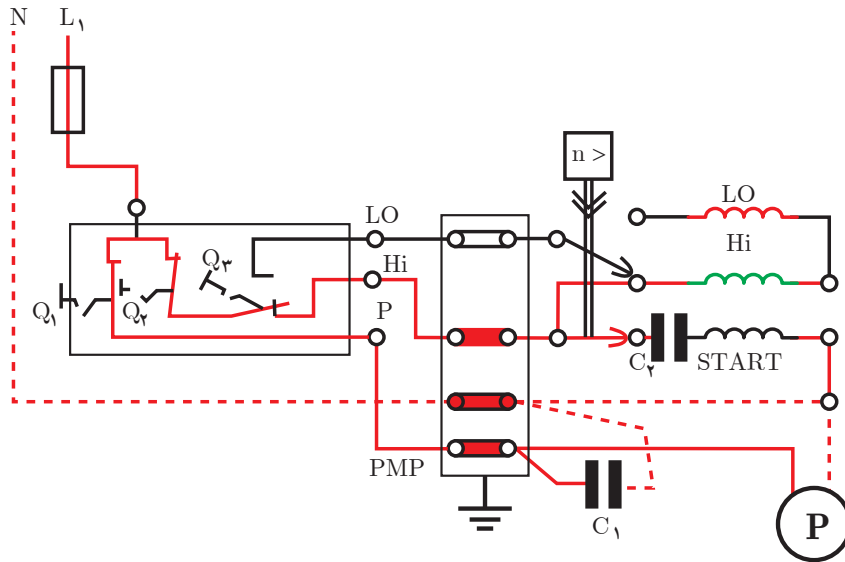
شکل ۴۰- موتور در حالت دور کند

اگر کلید Q_1 و Q_2 روشن و کلید Q_3 تغییر نکند از کولر دور کمتر درخواست شده است. شکل ۴۰، در این حالت مدار جریان الکتریکی قبل از عملکرد کلید مطابق شکل ۴۱ (راه اندازی با دور تند) می باشد. توجه شود سیم پیچ راه انداز این موتورها بدون خازن و از نوع راه انداز مقاومتی است. خازن C در مدار که با پمپ آب همواره موازی کار می کند، برای اصلاح ضریب توان شبکه به کار می رود.



شکل ۴۱- موتور در حالت دور تند

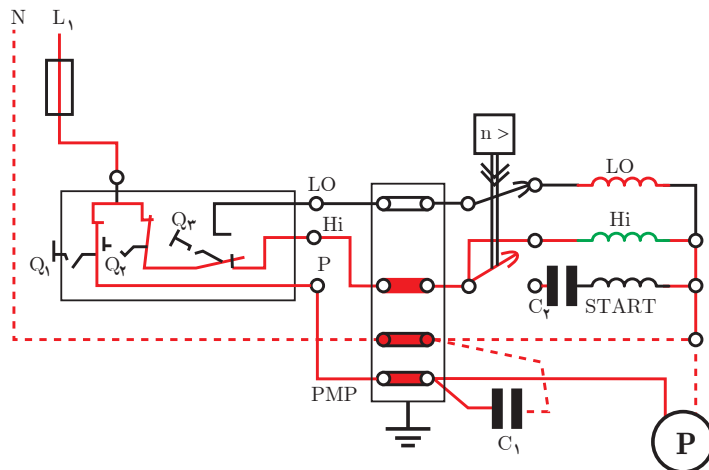
پس از تغییر حالت کلید گریز از مرکز، جریان الکتریکی در سیم‌پیچ اصلی و استارت قطع شده، مدار سیم‌پیچ دور گند برق دار می‌شود (شکل ۴۲). موتور با دور گند به کار خود ادامه خواهد داد.



شکل ۴۲- موتور در حالت دور کند

سؤال: پس از تغییر وضعیت کلید کولر از حالت خاموش به حالت روشن کولر راه‌اندازی نمی‌شود. به علت آن در کدام مورد اشاره شده است؟

الف) سیم‌پیچ راه‌انداز سوخته است
 ب) کلید گریز از مرکز به حالت اولیه برنگشته است.
 اگر هر سه کلید وضعیت خود را نسبت به حالت خاموش تغییر دهند. از موتور دور تند درخواست می‌شود. این مدار الکتریکی برای موتورهای کولر با راه‌انداز خازنی می‌باشد قبل از عمل کلید گریز از مرکز خازن C_2 برای راه‌اندازی است و با سیم‌پیچ استارت سری می‌شود و از نوع خازن‌های الکترولیتی می‌باشد و در ۷۵٪ دور نامی همراه با سیم‌پیچ استارت از مدار خارج می‌شود (شکل ۴۳).



شکل ۴۳- وضعیت دور تند پس از عمل کلید گریز از مرکز خواهد بود

✓ محاسبات سیم پیچی

محاسبات سیم پیچی برای دور تند و سیم پیچ راه انداز مربوط به آن ارائه می شود. سیم پیچ استارت در بعضی مواقع چهار بوبینه و برخی سه بوبینه، مانند سیم پیچ کلاف های اصلی دور تند پیچیده می شود. برای این منظور سیم پیچ استارت سه بوبینه نظیر کلاف های سیم پیچ اصلی در نظر گرفته می شود.

$$Z = 36, \quad 2P = 4, \quad m = 1$$

$$Z_m = \frac{2}{3}Z = \frac{2}{3} \times 36 = 24 \text{ شیارهای سیم پیچ اصلی}$$

$$Z_a = \frac{2}{3}Z = \frac{2}{3} \times 36 = 24 \text{ شیارهای سیم پیچ استارت}$$

$$q_m = \frac{Z_m}{2P \times m} = \frac{24}{4 \times 1} = 6 \rightarrow q'_m = \frac{q_m}{2} = 3$$

$$q_a = \frac{Z_a}{2P \times m} = \frac{24}{4 \times 1} = 6 \rightarrow q'_a = \frac{q_a}{2} = \frac{6}{2} = 3$$

$$\alpha_{ez} = \frac{P \times 36^\circ}{Z} = \frac{2 \times 36^\circ}{36} = 2^\circ$$

$$Y_p = \frac{Z}{2P} = \frac{36}{4} = 9 \rightarrow y_{Zm} = Y_p - q'_m = 9 - 3 = 6 \rightarrow y_{Za} = Y_p - q'_a = 9 - 3 = 6$$

$$U_1 = 1 \rightarrow W_1 = 1 + \frac{9^\circ}{\alpha_{ez}} = 1 + \frac{9^\circ}{2^\circ} = 5.5 \rightarrow \text{گام با کسری گام } W_1 = 5$$

محاسبات دور کند

$$Z = 36, \quad 2P = 6, \quad m = 1$$

$$Z_m = \frac{2}{3}Z = \frac{2}{3} \times 36 = 24 \text{ شیارهای سیم پیچ اصلی}$$

$$q_m = \frac{Z_m}{2P \times m} = \frac{24}{6 \times 1} = 4 \rightarrow q'_m = \frac{q_m}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

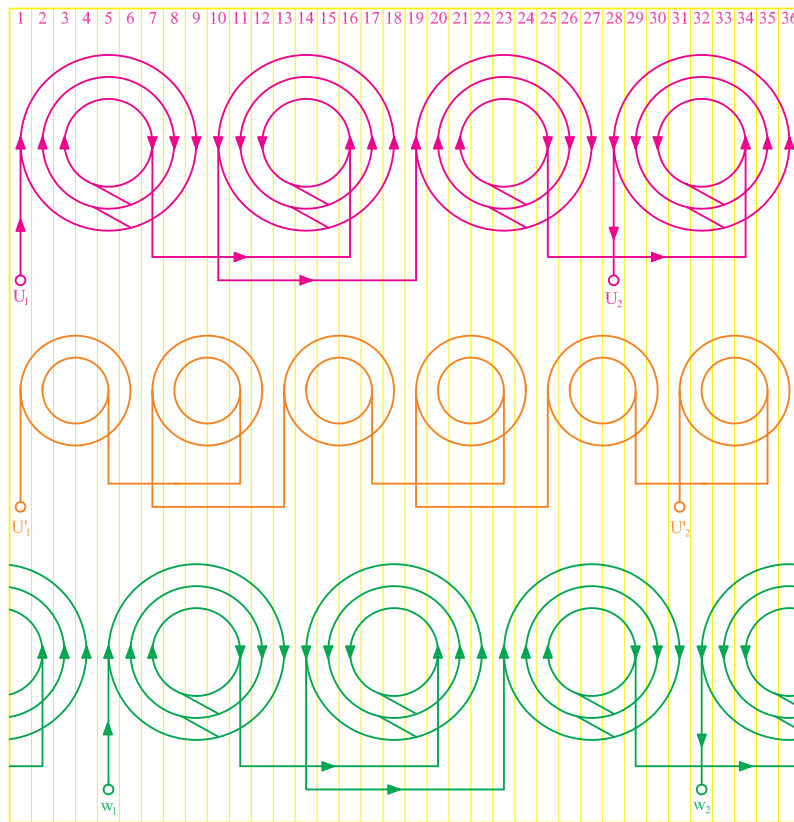
$$Y_p = \frac{Z}{2P} = \frac{36}{6} = 6 \rightarrow y_{Zm} = Y_p - q'_m = 6 - 2 = 4, \quad U_1 = 1 \text{ شروع سیم پیچ اصلی}$$

تشکیل جدول

m rP	U_1, U_r						W_1, W_r					
N	1	2	3	34	35	36	5	6	7	2	3	4
S	10	11	12	7	8	9	14	15	16	11	12	13
N	19	20	21	16	17	18	23	24	25	20	21	22
S	28	29	30	25	26	27	32	33	34	29	30	31

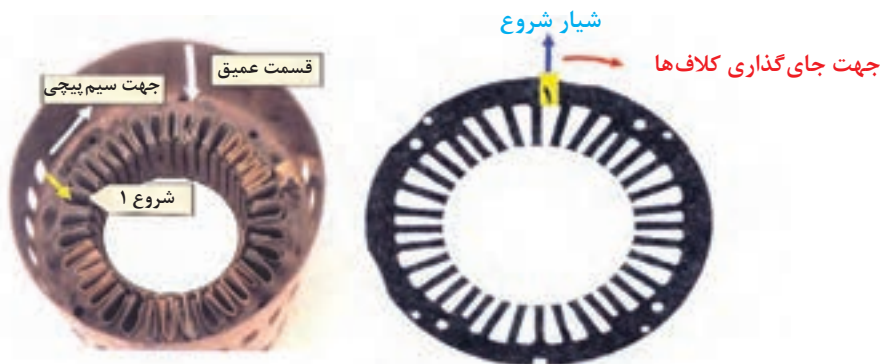
m rP	U_{r1}, U_{r2}			
N	1	2	35	36
S	7	8	5	6
N	13	14	11	12
S	19	20	18	19
N	25	26	23	24
S	31	32	29	30

شکل ۴۴- تنظیم جدول سیم پیچی دور تند (۴ قطب) و دور کند (۶ قطب) موتور دو سرعت ۳۶ شیار با یک سیم پیچ راه انداز، براساس سیم پیچی متحدالمرکز



شکل ۴۵- دیاگرام گسترده موتور شیار ۳۶ و ۴ قطب

استاتورهای کولرهای آبی طراحی خاصی دارد، عمق شیارها براساس مقدار سیمی که در خود جای می‌دهند، طرح می‌شود. در بعضی از شیارها، سه بازو یا دو بازو یا یک بازو قرار می‌گیرد. بنابراین بعضی شیارها عمیق، نیمه عمیق و کم عمق هستند. لازم است شیار شروع صحیح انتخاب شود و گرنه سیم پیچی به نتیجه نخواهد رسید. یک ورق از مجموعه استاتور با عمق‌های متفاوت و شیار شروع در شکل ۴۶ نشان داده شده است. در عمل برای انتخاب شیار شروع، طرف عمیق استاتور را به طرف بالا قرار می‌دهند. پوسته را آن‌چنان می‌چرخانند که پنجره‌ها به طرف سیم پیچ، و قسمت بدون پنجره، به طرف بیرون باشد. مطابق شیار که در امتداد اولین پنجره سمت چپ قرار می‌گیرد. شیار شروع سیم‌بندی خواهد بود.



شکل ۴۶- عمق متفاوت شیارها و روش انتخاب شیار شروع سیم پیچی

یک پوسته استاتور موتور کولر را به کمک مربی کارگاه انتخاب کنید و قطر داخلی استاتور و طول هسته را با کولیس به دقت اندازه بگیرید. به جدول ۱ تا ۴ مراجعه نموده، مشخصات سیم پیچی را تعیین کنید. تعداد هر بوبین و قطر سیم و طول قالب‌های مورد نیاز را به دست آورید.

فعالیت



جدول ۱- مشخصات سیم پیچی دور زیاد کولر آبی

قدرت استاتور بر حسب اسب بخار	قطر سیم مسی به mm	گام بوبین بزرگ	گام بوبین متوسط	گام بوبین کوچک	تعداد دور بوبین بزرگ	تعداد دور بوبین متوسط	تعداد دور بوبین کوچک	طول بوبین بزرگ به cm	طول بوبین متوسط به cm	طول بوبین کوچک به cm	طول هسته به cm	قطر داخلی استاتور به cm
۱/۴	۰/۶۵	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۶۰	۵۵	۴۵	۲۸/۵	۲۳/۵	۱۹/۵	۳/۷۵	۸/۹
۱/۳	۰/۷۰	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۵۵	۵۰	۴۰	۳۰	۲۵	۲۱	۴/۳	۸/۹
۱/۲	۰/۸۰	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۴۴	۴۰	۳۳	۳۲	۲۷	۲۳	۵/۴	۸/۹
۳/۴	۰/۹۵	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۴۲	۴۰	۳۲	۳۲/۵	۲۷	۲۳	۵/۴	۸/۹

جدول ۲- مشخصات سیم پیچی دور کم کولر آبی

قدرت استاتور بر حسب اسب بخار	قطر سیم مسی به mm	گام بوبین بزرگ	گام بوبین کوچک	تعداد دور بوبین بزرگ	تعداد دور بوبین کوچک	طول بوبین بزرگ به cm	طول بوبین کوچک به cm	طول هسته به cm	قطر داخلی استاتور به cm
$\frac{1}{4}$	۰/۴۵	۱-۶	۲-۵	۹۰	۹۰	۲۲	۱۸	۳/۷۵	۸/۹
$\frac{1}{3}$	۰/۵۰	۱-۶	۲-۵	۸۴	۸۴	۲۳/۵	۲۰	۴/۳	۸/۹
$\frac{1}{2}$	۰/۵۵	۱-۶	۲-۵	۷۰	۷۰	۲۵/۵	۲۲/۵	۵/۴	۸/۹
$\frac{3}{4}$	۰/۶۰	۱-۶	۲-۵	۶۵	۶۵	۲۵/۵	۲۲/۵	۵/۴	۸/۹

جدول ۳- مشخصات سیم پیچی راه انداز موقت سه بوبینه موتور کولر آبی

قدرت استاتور بر حسب اسب بخار	قطر سیم مسی به mm	گام بوبین بزرگ	گام بوبین متوسط	گام بوبین کوچک	تعداد دور بوبین بزرگ	تعداد دور بوبین متوسط	تعداد دور بوبین کوچک	طول بوبین بزرگ به cm	طول بوبین متوسط به cm	طول بوبین کوچک به cm	طول هسته به cm	قطر داخلی استاتور به cm
$\frac{1}{4}$	۰/۴۰	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۳۵	۳۵	۲۰	۲۶	۲۲/۵	۱۸/۵	۳/۷۵	۸/۹
$\frac{1}{3}$	۰/۵۰	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۳۴	۳۵	۱۸	۲۸	۲۴	۲۰	۴/۳	۸/۹
$\frac{1}{2}$	۰/۵۰	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۳۴	۳۵	۲۱	۲۹	۲۲/۵	۲۲/۵	۵/۴	۸/۹
$\frac{3}{4}$	۰/۵۵	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۲۰	۲۰	۲۴	۲۹	۲۵/۵	۲۲/۵	۵/۴	۸/۹

جدول ۴- مشخصات سیم پیچی راه انداز موقت چهار بوبینه موتور کولر آبی

قدرت استاتور بر حسب اسب بخار	قطر سیم مسی به mm	گام بوبین ۱	گام بوبین ۲	گام بوبین ۳	گام بوبین ۴	تعداد دور بوبین ۱	تعداد دور بوبین ۲	تعداد دور بوبین ۳	تعداد دور بوبین ۴	طول بوبین ۱ به cm	طول بوبین ۲ به cm	طول بوبین ۳ به cm	طول بوبین ۴ به cm
$\frac{1}{4}$	۰/۴۰	۱-۱۰	۲-۹	۳-۸	۴-۷	۳۶	۳۵	۳۵	۲۰	۳۱	۲۶	۲۲/۵	۱۸/۵
$\frac{1}{3}$	۰/۴۵	۱-۱۰	۲-۹	۳-۸	۴-۷	۳۲	۳۴	۳۵	۲۲	۳۲	۲۸	۲۴	۲۰
$\frac{1}{2}$	۰/۵۰	۱-۱۰	۲-۹	۳-۸	۴-۷	۳۱	۳۲	۳۷	۲۰	۳۴	۲۹	۲۵/۵	۲۲/۵
$\frac{3}{4}$	۰/۵۵	۱-۱۰	۲-۹	۳-۸	۴-۷	۲۰	۲۰	۲۰	۱۲	۳۴	۲۹	۲۵/۵	۲۲/۵

تهیه گروه کلاف های سیم پیچی

چهار گروه کلاف ۳ بوبینه برای سیم پیچی ۴ قطب، ۶ گروه کلاف ۲ بوبینه برای سیم پیچی ۶ قطب و چهار گروه کلاف ۳ بوبینه برای استارت سیم پیچ ۴ قطب تهیه کنید (شکل ۴۷).

فعالیت

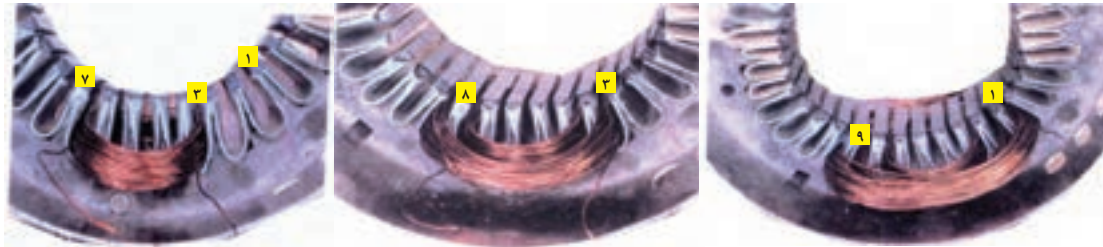


شکل ۴۷- تهیه گروه کلاف های سیم پیچی

بودمان پنجم: سیم پیچی الکتروموتورهای تک فاز

سؤال: با توجه به تعداد قطب حالت های دور کند و تند کولر در هر حالت دور نامی کولر چند دور در دقیقه است؟

یک گروه کلاف ۳ بوبینه سیم پیچ اصلی ۴ قطب را انتخاب کنید و بازوهای آن را به ترتیب در گام ها ۳ به ۷، ۲ به ۸ و ۱ به ۹ قرار دهید (شکل ۴۸).

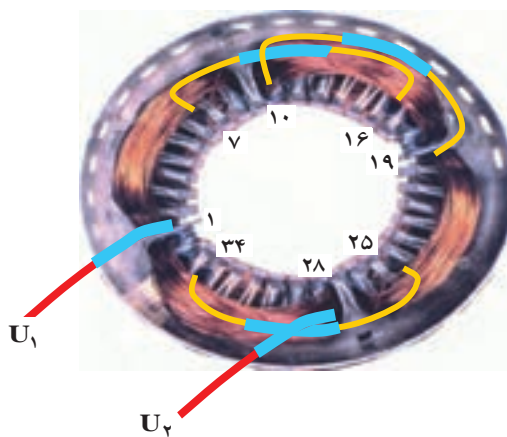


شکل ۴۸- قرار دادن گروه کلاف شماره یک از سیم پیچی دور تند در شیارهای استاتور

سه گروه کلاف بعدی مطابق دستورالعمل گروه کلاف شماره ۱ در شیارهای استاتور قرار دهید (شکل ۴۹).



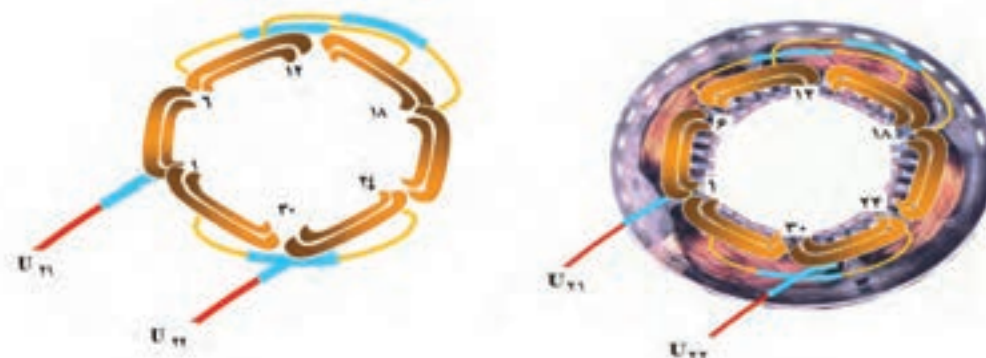
شکل ۴۹- قرار دادن گروه کلاف های دور تند در شیارهای استاتور



شکل ۵۰- سربندی کلاف های دور تند

با اتصال ته گروه کلاف اول در شیار شماره ۷، به ته گروه کلاف دوم در شیار ۱۶، سر گروه کلاف دوم در شیار ۱۰، به سر گروه کلاف سوم در شیار ۱۹، ته گروه کلاف سوم در شیار ۲۵، به ته گروه کلاف چهارم در شیار ۳۴، دور تند سیم پیچی را سربندی کنید محل اتصال ها را پس از عبور از وارنیش، لحیم کاری کنید. ابتدای دور تند در شیار ۱، انتهای آن را در شیار ۲۸، پس از عبور از وارنیش به سیم افشان اتصال دهید و با برچسب های U_1, U_2 آنها را مشخص کنید (شکل ۵۰).

سیم پیچ دور کند را در شیارهای ۵و۲ - ۶و۱ - ۸ و ۱۱ - ۱۲و۷ - ۱۴و۱۷ - ۱۳ - ۱۸ و ۲۰و۲۳ - ۱۹ و ۲۴ و ۲۶ و ۲۹ - ۳۰و۲۵ - ۳۲و۳۵ - ۳۰ - ۳۶ قرار دهید (شکل ۵۱).

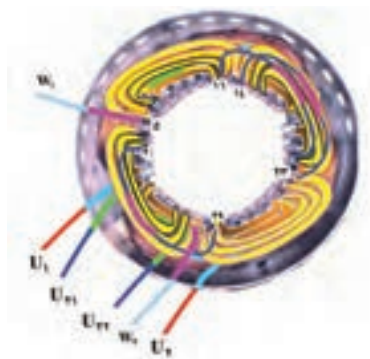


شکل ۵۱- موقعیت گروه کلاف‌های دور کند

از طریق اتصال، ته کلاف اول در شماره ۵، به ته کلاف دوم در شماره ۱۱، سر کلاف دوم در شماره ۷، به سر کلاف سوم در شماره ۱۳، ته کلاف سوم در شماره ۱۷، به ته کلاف چهارم در شماره ۲۳، سر کلاف چهارم در شماره ۱۹، به سر کلاف پنجم در شماره ۲۵، ته کلاف پنجم در شماره ۲۹، به ته کلاف ششم در شماره ۳۵، دور کند را سربندی کنید و پس از عبور از وارنیش، محل اتصال‌ها را لحیم کار کنید. وارنیش‌ها را به محل اتصالات روکش کنید. سروته دور کند را واقع در شیار شماره ۱ و ۳۱ پس از عبور از وارنیش، به سیم افشان اتصال دهید، آنها را با برچسب‌های U_{21}, U_{22} مشخص کنید (شکل ۵۲).



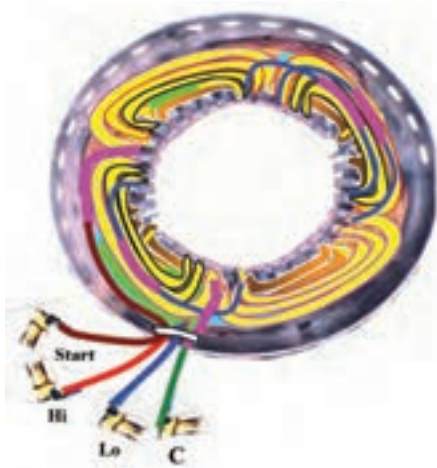
شکل ۵۲- سربندی گروه کلاف‌های دور کند



شکل ۵۳- سیم پیچی استارت و سربندی آن

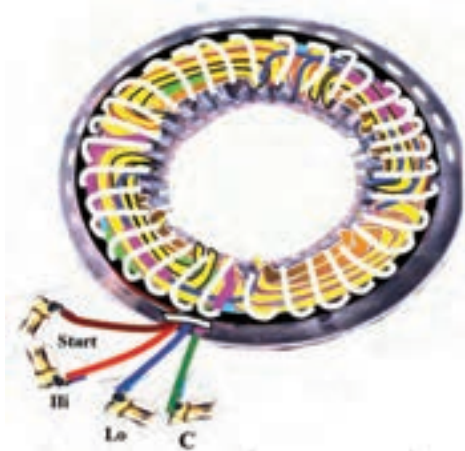
سیم پیچ استارت را از شیار شماره ۵ شروع کنید و مطابق شکل ۵۳ سربندی آن را انجام دهید. خروجی‌های آن را با برچسب‌های W_1, W_2 مشخص کنید.

بودمان پنجم: سیم‌پیچی الکتروموتورهای تک‌فاز



شکل ۵۴- سربندی دور کند و تند

خروجی‌های با برجسب‌های U_2, W_2, U_2 را به هم اتصال دهید و مجموعه را به سرسیم C اتصال دهید U_1 را به سرسیم Hi و U_2 را به سرسیم Lo و W_1 را به سرسیم Start هدایت کنید (شکل ۵۴).



شکل ۵۵- نخ‌بندی موتور کولر

سیم‌پیچی را مطابق شکل ۵۵ نخ‌بندی کنید و با راهنمایی مربی کارگاه موتور را جمع‌آوری نموده و صحت عملکرد موتور را با اتصال به شبکه برق با رعایت موارد ایمنی بررسی کنید.

قبل از اتصال الکتروموتور از عدم اتصال بدنه سیم‌پیچ‌ها مطمئن شوید.

ایمنی



فیلم



کار عملی ۳



کار عملی شماره ۳

وسایل مورد نیاز

- پوسته استاتور ۳۶ شیار یک عدد
- استاتور نگهدار یک عدد.
- کلاف پیچ یک عدد.
- قالب کلاف متحدالمرکز یک عدد.

- سیم لاکه 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 نیاز سیم‌ها.
- تابلوی آزمایش موتورهای الکتریکی.
- آچار تخت و آچار رینگ و آچار بوکس از هر کدام یک ست کامل.
- انبردست یک عدد.
- شارلاک.
- کوره حرارتی یک عدد
- پیچ گوشتی تخت و چارسو کوچک، متوسط و بزرگ، هر کدام یک عدد.
- دم باریک یک عدد.
- سیم چین یک عدد.
- سیم لخت کن یک عدد.
- چاقو یا کاتر یک عدد.
- سنباده نرم یک برگ.

کار عملی ۴



یک موتور ۳۶ شیار تک فاز کولری از انبار تحویل بگیرید. این موتور را، به صورت ۴ و ۶ قطب با راه‌انداز لحظه‌ای با یک سیم پیچ راه‌انداز سیم پیچی کنید. دیاگرام سیم پیچی آن را ترسیم و سیم پیچی کامل آن را اجرا کنید (شکل ۵۶).



شکل ۵۶- موتور کولر با راه‌انداز خازنی

ارزشیابی شایستگی سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز

شرح کار:			
تفاوت سیم‌پیچی راه‌انداز و کمکی سیم‌پیچی و رسم دیاگرام الکتروموتور تک‌فاز		شناسایی انواع الکتروموتور تک‌فاز کاربرد کلید گریز از مرکز	
استاندارد عملکرد: محاسبه، ترسیم دیاگرام از روی جدول، سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز و راه‌اندازی آن به کمک ابزار مناسب			
شاخص‌ها:			
محاسبات و رسم جدول ترسیم دیاگرام گسترده و مدور سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز به صورت متحدالمرکز و زنجیره‌ای			
شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:			
شرایط: فضای مناسب - ابزار مناسب - مدت زمان متناسب با حجم کار ابزار و تجهیزات: ابزار مربوط به کارگاه سیم‌پیچی شامل: بوبین پیچ، پوسته خالی الکتروموتور، سیم لاکه و ... آچار تخت و پیچ‌گوشتی، دورسنج، میز تست الکتروموتور - لباس کار			
معیار شایستگی:			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	ترسیم جدول شیارها	۱	
۲	رسم دیاگرام گسترده و مدور	۱	
۳	سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز	۲	
۴	سیم‌پیچی الکتروموتور کولر آبی	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کار تیمی مستند سازی ویژگی شخصیتی		۲
میانگین نمرات			*
* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.			



سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

کتاب کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی - کد ۲۱۱۲۶۴

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	رضا پورمراد	آذربایجان شرقی	۱۲	حمیدرضا طوفانی‌نژاد	خراسان جنوبی
۲	مصطفی حق‌مرادی‌نیا	همدان	۱۳	احمد ابوالحسن‌زاده	یزد
۳	علی محمدی	کردستان	۱۴	رضا سیستانی	کرمان
۴	حسین علی قاسمی دشتی	قم	۱۵	مقصود آشیان	اردبیل
۵	علی نیکزاد	شهرتپهران	۱۶	بابک لرستانی	کرمانشاه
۶	محسن مروتی	ایلام	۱۷	یوسف رضایی	هرمزگان
۷	عبدالعلی نصیری	اصفهان	۱۸	رحیم اسعدی	آذربایجان غربی
۸	سید رسول آقا سید هاشم	قم	۱۹	محسن محسنی	شهرستان‌های تهران
۹	حسن کریمی	زنجان	۲۰	اصغر باقری روشتی	البرز
۱۰	مجید روغنی	خراسان شمالی	۲۱	حسن دانش‌پناه	کهگیلویه و بویراحمد
۱۱	محمد کاظمی	مازندران	۲۲	رضا خانه‌زرین	گیلان

منابع

- ۱- برنامه درسی «کابل کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی» دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
- ۲- تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی، اعتضادی محمود و دیگران، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵
- ۳- برشور و کاتالوگ شرکت‌های سازنده کابل، سینی کابل، نردبان کابل و مفصل
- ۴- سیم‌پیچی الکتروموتورهای سه‌فاز، تک‌فاز و بازپیچی الکتروموتورها، علی عراقی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۷
- ۵- محاسبه و طراحی موتورهای الکتریکی سه‌فاز، علی عراقی و دیگران، شرکت سیم لاک‌ی فارس، ۱۳۷۳
- ۶- برشورهای دستگاه‌های اندازه‌گیری تابلویی