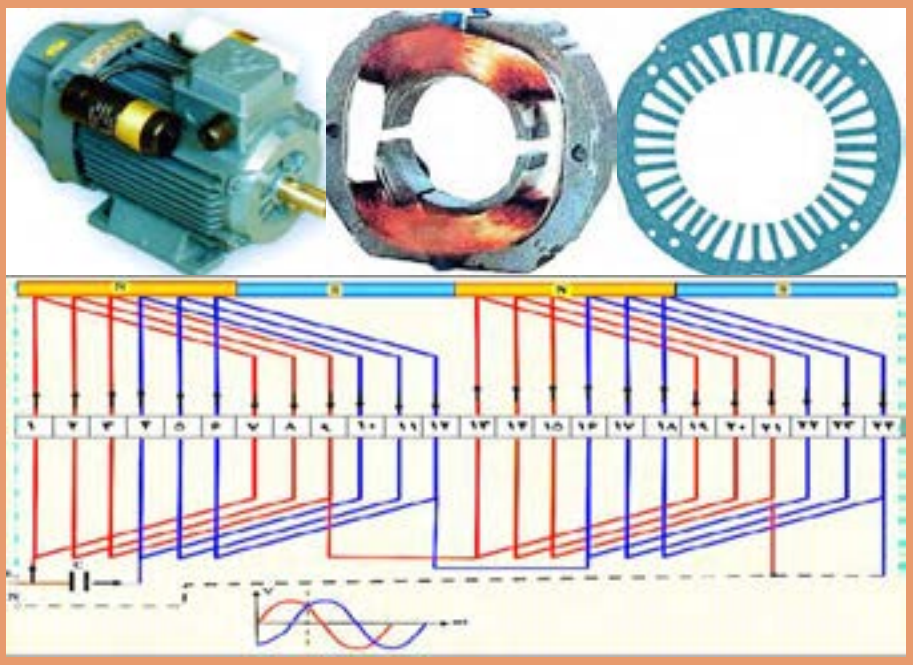
# پودمان ۵

## سیم‌پیچی الکتروموتورهای تک‌فاز



# واحد یادگیری ۵

# سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز

## آیا می‌دانید:

- کاربردهای الکتروموتورهای تک‌فاز کجاست؟
- انواع الکتروموتور تک‌فاز کدام‌اند؟
- تشکیل میدان دوّار در الکتروموتور تک‌فاز با سه فاز چه تفاوتی دارند؟
- چرا از سیم‌پیچی متحدالمرکز در این الکتروموتورها بیشتر استفاده می‌شود؟
- سیم‌پیچ راه‌انداز و کمکی چه تفاوتی دارد؟
- سیم‌پیچی الکتروموتور کولر از نوع سیم‌پیچ راه‌انداز است یا کمکی؟

## استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود دیاگرام انواع الکتروموتورهای تک‌فاز را ترسیم کرده و سیم‌پیچی آن را انجام دهند.
همچنین آنها قادر به سیم‌پیچی الکتروموتور کولر آبی و عیب‌یابی 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 ۱/۵، ۲، ۳ و ۵ اسب بخار برای ولتاژهای ۱۱۵ و ۲۲۰ و حتی برای ۴۴۰ ولت در اندازه‌های ۷/۵ و ۱۰ اسب بخار نیز ساخته می‌شود.
اصول کار موتورهای تک‌فاز اغلب براساس اصول القایی که در موتورهای سه فاز 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 سه فاز است. به همین دلیل این موتورها کاربرد صنعتی ندارند. از آنجایی که برق خانگی، تک فاز است، لذا از این موتورها بیشتر در مصارف خانگی استفاده می‌شود.

## ۱ـ۵ ـ 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. ازجمله وسایل اضافی این موتورها می‌توان به کلیدهای گریزازمرکز، سیم‌پیچ استارت، خازن‌های راه‌انداز و تصحیح‌کننده ضریب قدرت اشاره کرد (شکل ۱).

**شکل ۱ـ کاربرد موتور تک‌فاز در لوازم خانگی**

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

## ۲ـ۵ ـ 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

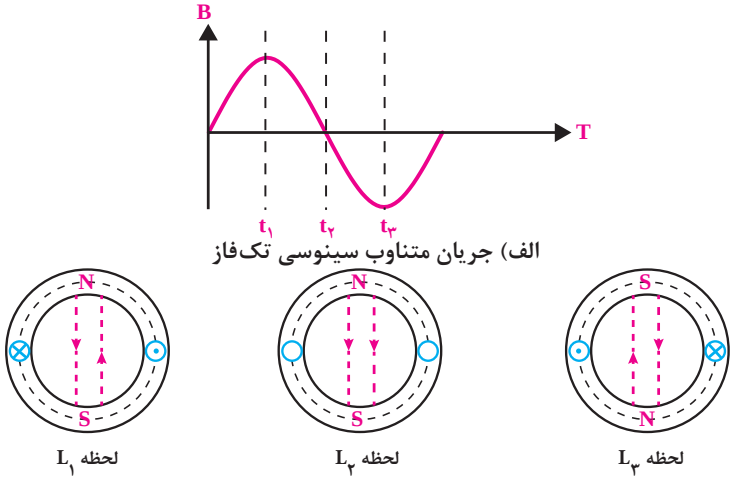
پ) موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز
ت) موتور دو خازنی (دائم کار و راه‌انداز)
ث) موتور اونیورسال
ج) موتور با قطب چاکدار
دراین فصل طرزکار و نحوه سیم‌پیچی تعدادی از الکتروموتورهای تک‌فاز ارائه شده است و اطلاعات بیشتر در کتب تخصصی سال‌های آینده آورده خواهد شد.

فیلم

معرفی اجزا و عملکرد الکتروموتور تک‌فاز از لحظه ۰۱: ۱۹َ: ۵۰ً تا ۰۱: ۲۱َ: ۰۳ً

## ۳ـ۵ـ اساس کار موتورهای تک‌فاز

اساس کار موتورهای القایی سه‌فاز را میدان دوار تشکیل می‌دهد. به‌طوری 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 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).



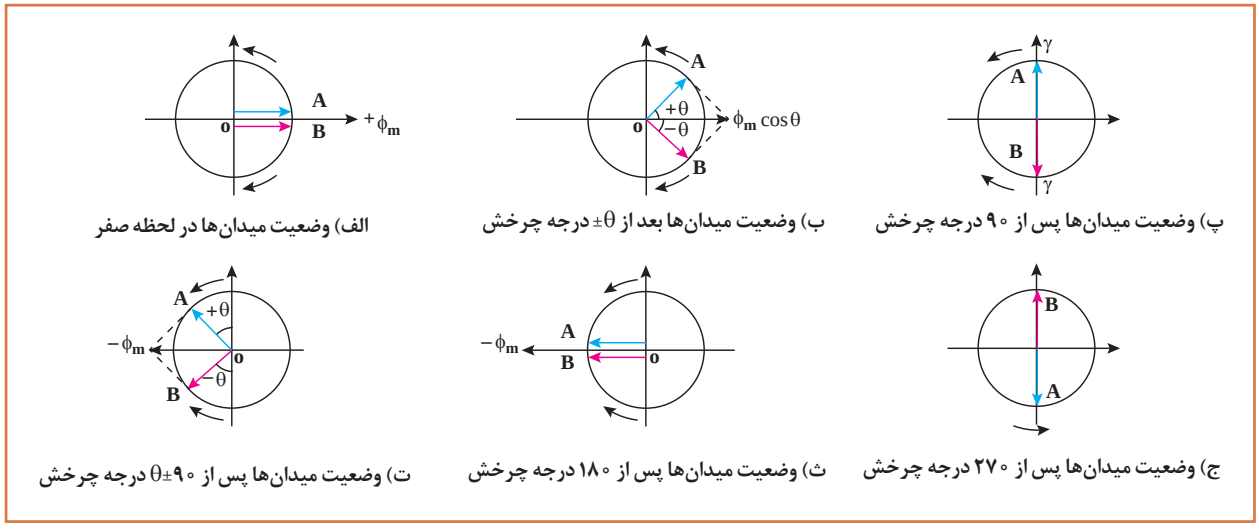

الف) جریان متناوب سینوسی تک‌فاز

ب) وضعیت میدان مغناطیسی در یک استاتور با سیم‌پیچ تک‌فاز

شکل ۲ـ میدان مغناطیسی ساکن

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

این پدیده را دانشمندی به‌نام لبلان تحت عنوان تئوری دو میدان گردان به این شرح بیان می‌کند. میدان مغناطیسی ناشی از جریان متناوب تک‌فاز در داخل استاتور با یک سیم‌پیچ 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).




الف) وضعیت میدان‌ها در لحظه صفر

ب) وضعیت میدان‌ها بعد از $\pm\theta$ درجه چرخش

پ) وضعیت میدان‌ها پس از ۹۰ درجه چرخش

ت) وضعیت میدان‌ها پس از $\pm\theta$۹۰ درجه چرخش

ث) وضعیت میدان‌ها پس از ۱۸۰ درجه چرخش

ج) وضعیت میدان‌ها پس از ۲۷۰ درجه چرخش

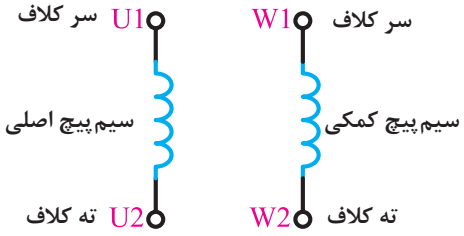
**شکل ۳ـ میدان ناشی از دو میدان دوار $\Phi_A$ و $\Phi_B$ در شرایط مختلف (تئوری لبلان)**

به همین خاطر در موتورهای تک‌فاز در کنار سیم‌پیچ اصلی از یک گروه سیم‌پیچی دیگر تحت عنوان «سیم‌پیچ کمکی» استفاده می‌شود. این سیم‌پیچی کمکی با اختلاف فاز ۹۰ درجه‌ای نسبت به سیم‌پیچی اصلی در شیارهای موتور قرار داده می‌شود. در برخی موتورهای تک‌فاز سیم‌پیچ کمکی از ابتدای وصل موتور به برق تا انتهای کار موتور به همراه سیم‌پیچ اصلی به شبکه متصل است. اما در انواع دیگر پس از راه‌اندازی موتور، سیم‌پیچ کمکی به‌واسطه تجهیزات اضافی از شبکه جدا شده و برق آن قطع می‌شود، در چنین مواردی به این سیم‌پیچ کمکی که فقط در ابتدای راه‌اندازی موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد «سیم‌پیچ راه‌انداز» گفته می‌شود. در بخش‌های بعد با جزئیات و نحوه سیم‌پیچی این موتورها آشنا خواهید شد. در شکل ۴ تصویر سیم‌پیچی‌های اصلی و کمکی موتورهای تک‌فاز مشاهده می‌شود.

با توجه به شکل‌های فوق ملاحظه می‌شود چنانچه میدان‌های $\Phi A$ و $\Phi B$ به اندازه ۳۶۰° 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 گردانده شود، در همان جهت به حرکت خود ادامه خواهد داد.

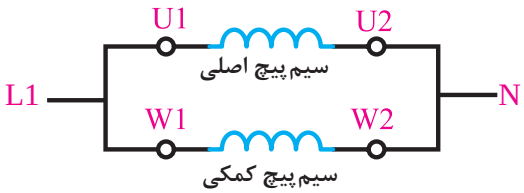
بنابراین اگر رتور به‌گونه‌ای راه‌اندازی شود، مثلاً در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده شود، گشتاور موجود در جهت عقربه‌های ساعت شروع به زیاد شدن کرده و در همان موقع، گشتاور موجود در جهت عکس عقربه‌های

ساعت شروع به کم شدن می‌کند. بنابراین یک مقدار معینی گشتاور خالص در جهت عقربه‌های ساعت وجود دارد که به موتور شتاب داده و سرعت آن را به سرعت کامل می‌رساند. بنابراین برای راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز احتیاج به یک راه‌اندازی اولیه است.



شکل ۴ـ سیم‌پیچی اصلی و کمکی

نحوه اتصال سیم‌پیچ‌های اصلی و کمکی موتورهای تک‌فاز به‌صورت موازی و مطابق شکل ۵ است.



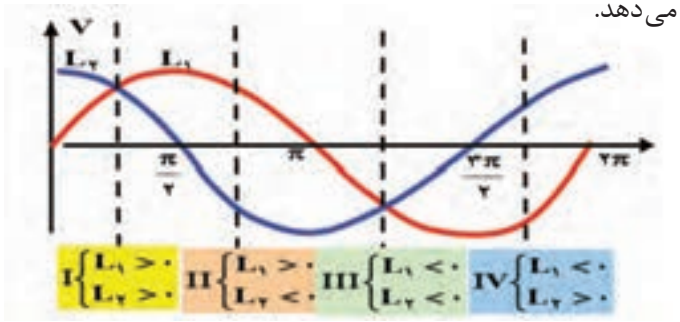
شکل ۵ـ اتصال سیم‌پیچی اصلی و کمکی

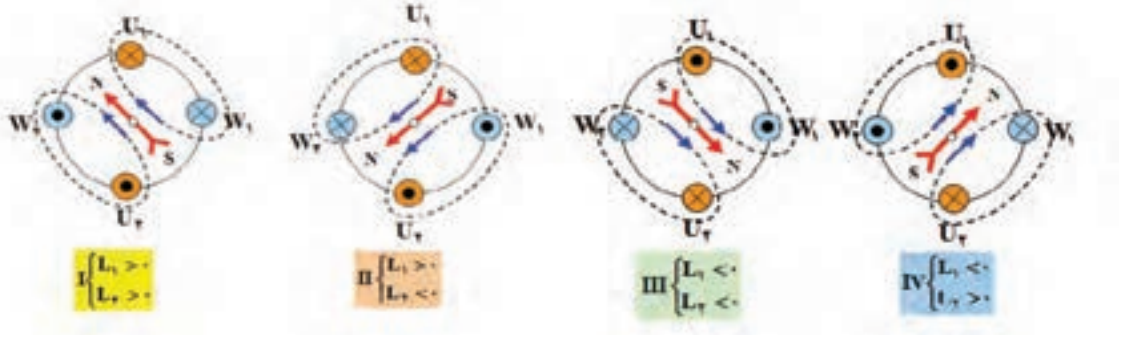
تحقیق

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

در این گروه از سیم‌پیچ‌های موتور تک‌فاز چون سیم فاز به دو شاخه موازی تقسیم شده و جریان را به دو مسیر سیم‌پیچ اصلی و کمکی می‌فرستد. لذا به این گروه از موتورهای تک‌فاز «موتورهای طرح دو فاز» یا «موتورهای با فاز شکسته» گفته می‌شود. در این موتورها که اغلب توان کمتر از $\frac{1}{2}$ اسب بخار دارند، اختلاف فاز بین سیم‌پیچ اصلی و استارت را از طریق افزایش مقاومت اهمی سیم‌پیچ استارت تأمین می‌کنند. به این موتورها موتورهای با راه‌انداز مقاومتی نیز می‌گویند.

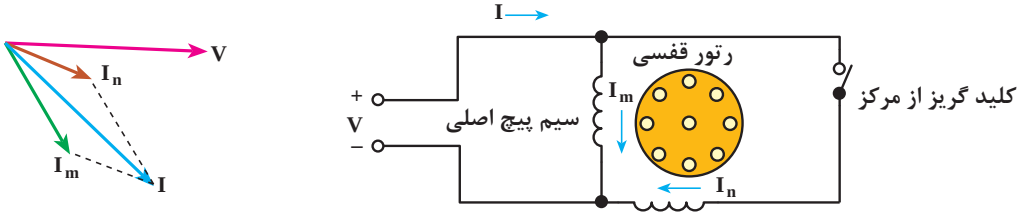
شکل (۶) وضعیت شکل موج جریان‌های جاری در دو سیم‌پیچی را به همراه وضعیت میدان مغناطیسی فضای داخلی استاتور نشان می‌دهد.



شکل ۶ـ وضعیت حوزه دوار در سطح استاتور موتور تک‌فاز از نوع طرح دوفاز

شکل دیگری از این موتورها بدین‌صورت است که در مسیر سیم‌پیچی کمکی آنها از یک کلیدی به نام کلید گریزازمرکز استفاده می‌شود. از آنجایی که موتورهای تک‌فاز پس از راه‌اندازی می‌توانند به حرکت دورانی خود ادامه دهند لذا می‌توان پس از راه‌اندازی، سیم‌پیچی‌های کمکی را از مدار خارج کرد (شکل ۷).




**شکل ۷ــ محل قرار گرفتن کلید گریز از مرکز در مدار**

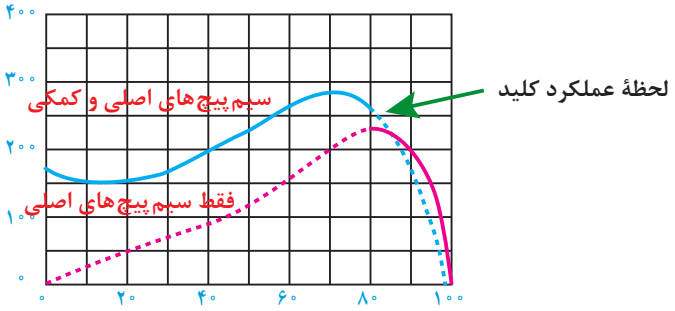
این کلید روی محور موتور قرار می‌گیرد و با سرعت رتور می‌چرخد. عملکرد کلید بدین‌صورت است که وقتی سرعت موتور به ۷۵٪ سرعت نامی خود رسید کلید گریزازمرکز تغییر حالت داده و سیم‌پیچی کمکی را از مدار خارج می‌کند (شکل ۸).

**شکل ۸ــ کلید گریز از مرکز**

شکل (۹) تصویر دیگری از این کلید را که روی رتور موتور تک‌فاز نصب‌شده است نشان می‌دهد.

**شکل ۹ــ محل قرار گرفتن کلید گریز از مرکز**

منحنی مشخصه عملکرد موتورهای تک‌فاز با کلید گریزازمرکز را در شکل (۱۰) مشاهده می‌کنید.




**شکل ۱۰ـ منحنی مشخصه عملکرد موتور تک‌فاز**

تحقیق

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

## ۴ـ۵ ـ سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز طرح دوفاز

الکتروموتورهای تک فاز، با راه‌انداز دائم، به صورت طرح دوفاز، سیم‌پیچی می‌شوند. در این حالت نصف شیارها را سیم‌پیچ اصلی و نصف دیگر را، سیم‌پیچ راه‌انداز (سیم‌پیچ کمکی)، اشغال می‌کند. سیم‌پیچ کمکی، یا سیم‌پیچ استارت با سیم‌پیچ اصلی، ۹۰ درجه الکتریکی، اختلاف فاز دارد. برای سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز مانند موتورهای سه فاز، در سه مرحله باید آن را طراحی و ترسیم کرد.

۱ـ انجام محاسبات سیم‌پیچی

۲ـ تشکیل جدول سیم‌پیچی

۳ـ رسم دیاگرام و سربندی

لازم به ذکر است سیم‌پیچی موتورهای طرح دوفاز را به دو صورت گام کامل و گام کسری سیم‌پیچی می‌کنند که در این فصل به هر دو مورد اشاره شده است. چند مثال در مورد نحوه سیم‌پیچی این گروه از موتورهای تک‌فاز ارائه شده است.

تحقیق

آیا ممکن است الکتروموتور سه فاز را با اتصال به شبکه برق شهر (تک‌فاز) راه‌اندازی کرد؟

### ۴ـ۵ـ۱ سیم‌پیچی موتورهای تک فاز با سیم‌پیچ کمکی دائم در مدار یک طبقه به‌صورت گام کامل

**مثال ۱ـ۵:** الکتروموتور تک‌فاز ۲۴ شیار ۴ قطب مفروض است. دیاگرام سیم‌بندی این موتور را به‌صورت سیم‌پیچ کمکی دائم در مدار، یک طبقه با گام کامل به ازای جفت قطب، طرح و رسم کنید.

**حل:** برای موتورهای با سیم‌پیچ کمکی دائم، محاسبات طرح دوفاز دنبال می‌شود. در این حالت تعداد فازها برابر $m=۲$ در نظر گرفته می‌شود. اختلاف بین دوفاز، ۹۰ درجه الکتریکی می‌باشد. اگر فاز $U_۱$، از شیار شماره ۱، شروع شود، فاز $W_۱$ از شیار $۱+\frac{۹۰}{\alpha_{ez}}$ شروع خواهد شد.

## محاسبات سیم‌پیچی

$$Z = ۲۴ \, , \, m = ۲ \, , \, Y_P = \frac{Z}{۲P} = \frac{۲۴}{۴} = ۶$$

$$q = \frac{Z}{۲P.m} = \frac{۲۴}{۴ \times ۲} = ۳ \, , \, Y_P = Y_Z = ۶$$

$$\alpha_{ez} = \frac{P \times ۳۶۰^\circ}{Z} = \frac{۲ \times ۳۶۰^\circ}{۲۴} = ۳۰^\circ$$

$$\text{شروع } U_۱ \Rightarrow ۱ \quad \text{شروع } W_۱ = ۱ + \frac{۹۰^\circ}{\alpha_{ez}} = ۱ + \frac{۹۰^\circ}{۳۰^\circ} = ۴$$

## تشکیل جدول

جدول سیم‌پیچی 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، سیم‌پیچی می‌شوند. انتخاب سیم‌پیچ متحدالمرکز، امکان جداسازی سیم‌پیچ‌ها را از همدیگر، فراهم می‌سازد. بدین ترتیب، سیم‌پیچ راه‌انداز که، از قطر سیم کمتر تشکیل می‌شود، آسیب‌پذیری بیشتری دارد و روی سیم‌پیچ اصلی قرار می‌گیرد. در صورت سوختن یا قطع مدار، می‌توان آن را به سادگی تعویض یا تعمیر کرد. بدون آنکه به سیم‌پیچ اصلی صدمه‌ای وارد شود. در سیم‌پیچی متحدالمرکز، به سبب تغییر گام سیم‌بندی در کلاف‌ها، ضریب کوتاهی گام سیم‌پیچ‌ها، 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 دوفاز، مانند موتورهای سه فاز، سیم‌پیچی در هر دو حالت، کلاف مساوی و متحدالمرکز اجرا می‌شود. در این مثال هر دو مورد سیم‌پیچی کلاف مساوی و متحدالمرکز را دنبال کنید (شکل ۱۱).

تشکیل جدول

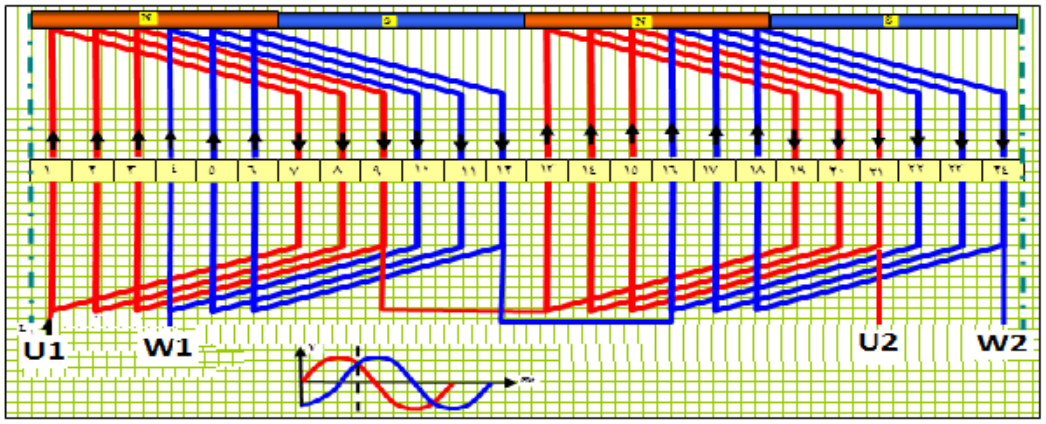
آرایش کلاف‌ها در سیم‌بندی (کلاف مساوی)

آرایش کلاف‌ها در سیم‌بندی (متحدالمرکز)

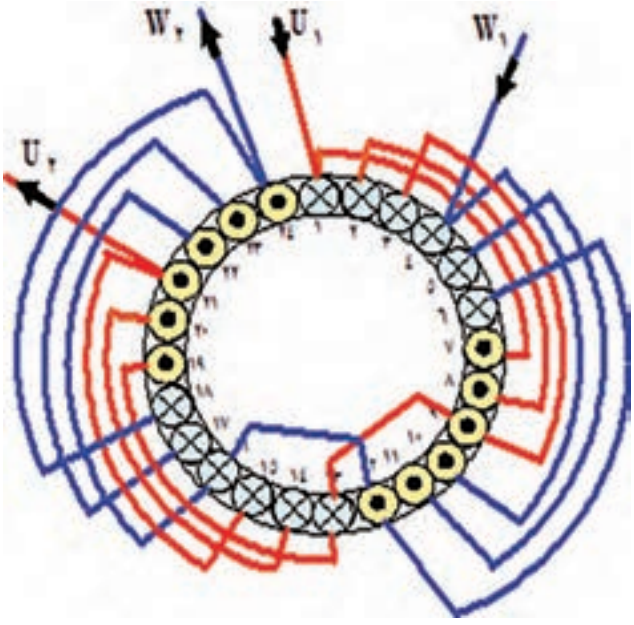
**شکل ۱۱ــ تشکیل جدول و آرایش کلاف‌ها در سیم‌بندی کلاف مساوی و متحدالمرکز**

**☑ ترسیم دیاگرام گسترده سیم‌پیچی به‌صورت کلاف مساوی (زنجیری) و مدور**

دیاگرام گسترده کلاف مساوی در شکل ۱۲ و دیاگرام دایره‌ای (مدور) در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

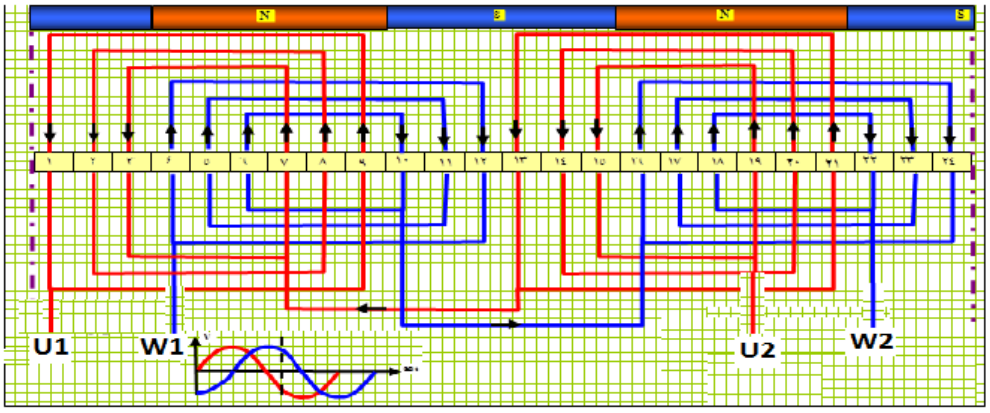



**شکل ۱۲ــ دیاگرام گسترده کلاف مساوی و یک طبقه موتور تک فاز۲۴ شیار ۴ قطب طرح دوفاز**

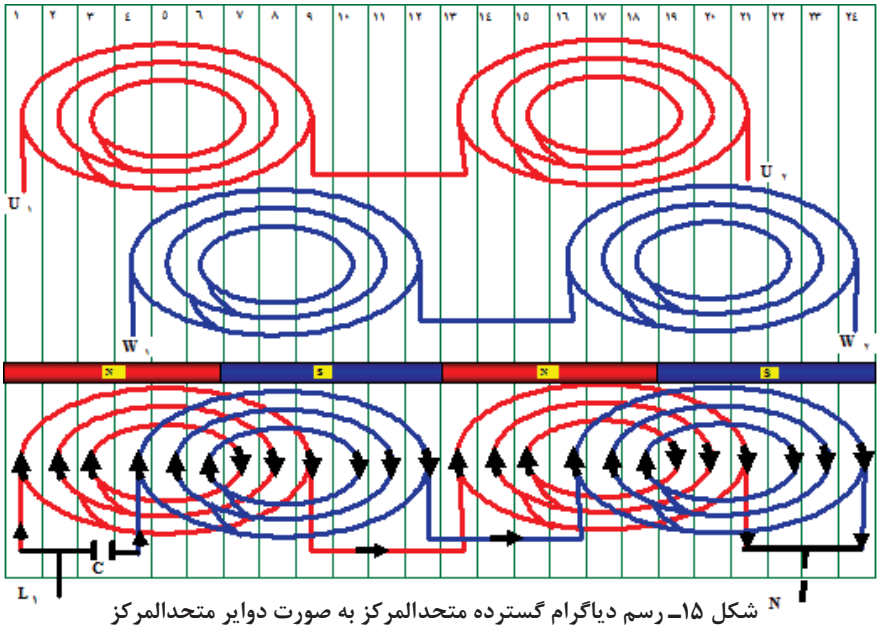



**شکل ۱۳ــ دیاگرام دایره‌ای (مدور) کلاف مساوی و یک طبقه موتور تک فاز، ۲۴ شیار ۴ قطب، طرح دوفاز**

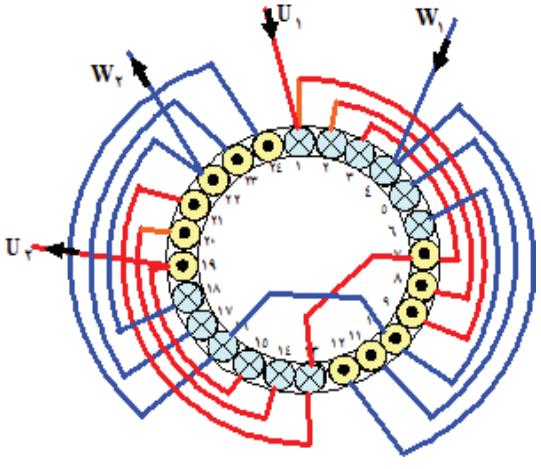
ترسیم دیاگرام گسترده سیم‌پیچی به صورت متحدالمرکز و مدور متحدالمرکز دیاگرام گسترده متحدالمرکز و یک طبقه موتور تک فاز، ۲۴ شیار ۴ قطب طرح دوفاز در شکل ۱۴ نشان داده شده است. برخی موارد دیاگرام‌های گسترده متحدالمرکز موتورهای تک‌فاز را به‌صورت شکل ۱۵ نیز رسم می‌کنند. دیاگرام مدور متحدالمرکز در شکل ۱۶ آورده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




شکل ۱۴ـ دیاگرام متحدالمرکز




شکل ۱۵ـ رسم دیاگرام گسترده متحدالمرکز به صورت دوایر متحدالمرکز




شکل ۱۶ـ دیاگرام دایره‌ای (مدور) سیم‌پیچی 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 ۲ـ 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**

$$Z = ۳۶ \;,\; m = ۲ \;,\; Y_P = \frac{Z}{۲P} = \frac{۳۶}{۶} = ۶ \qquad q = \frac{z}{۲p.m} = \frac{۳۶}{۶ \times ۲} = ۳$$

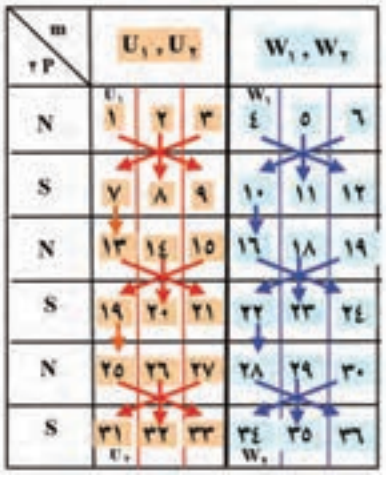
$$Y_P = Y_Z = ۶ \;,\; \alpha_{ez} = \frac{P \times ۳۶^\circ}{Z} = \frac{۳ \times ۳۶^\circ}{۳۶} = ۳۰^\circ$$

$$\text{شروع } U_۱ \Rightarrow ۱ \qquad \text{شروع } W_۱ = ۱ + \frac{۹۰^\circ}{\alpha_{ez}} = ۱ + \frac{۹۰^\circ}{۳۰^\circ} = ۴$$

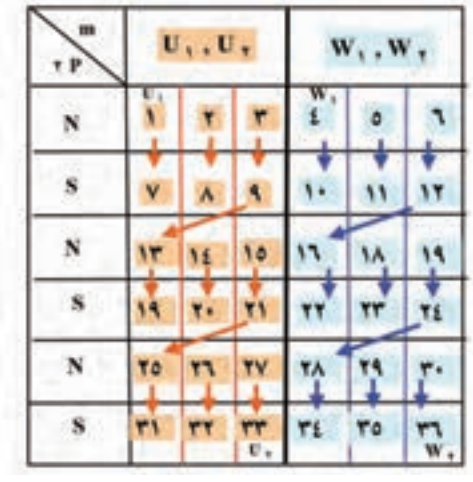
**☑ تشکیل جدول**

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

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



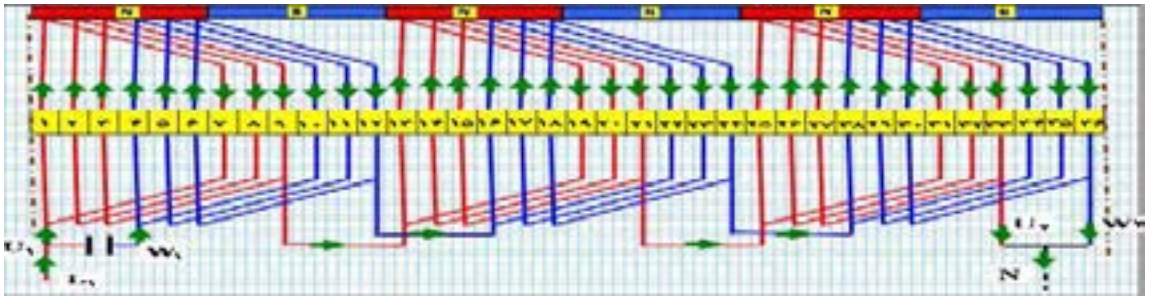

**جدول کلاف متحدالمرکز موتور ۳۶ شیار ۶ قطب یک طبقه طرح دوفاز**



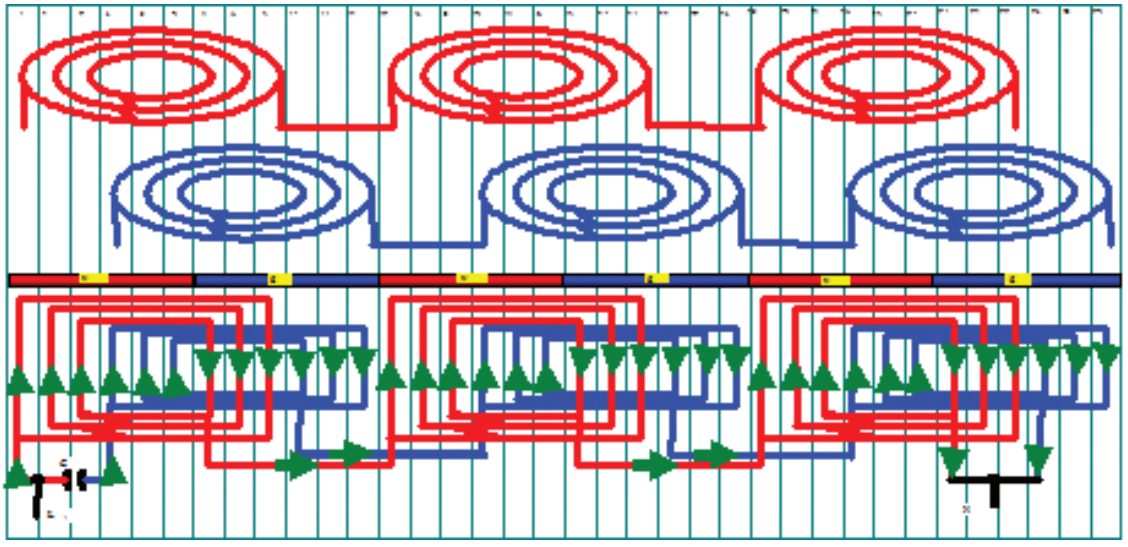

**جدول کلاف مساوی موتور ۳۶ شیار ۶ قطب یک طبقه طرح دوفاز**

**شکل ۱۸ـ جدول کلاف مساوی و متحدالمرکز موتور ۳۶ شیار۶ قطب یک طبقه طرح دوفاز**

### ترسیم دیاگرام سیم‌بندی



شکل ۱۹ـ دیاگرام گسترده کلاف مساوی، موتورتک فاز ۳۶ شیار۶ قطب یک طبقه با گام کامل طرح دوفاز(راه‌انداز دائم)



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

فعالیت

دیاگرام گسترده کلاف مساوی (شکل ۱۹) و متحدالمرکز (شکل ۲۰) سیم‌پیچی مثال ۲ـ۵ را در کاغذ شطرنجی ترسیم کنید.

## ۴ـ۵ـ ۲ سیم‌پیچی موتورهای تک فاز با سیم‌پیچ کمکی دائم درمدار یک طبقه گام کسری

برای توزیع سیم‌پیچی در سطح استاتور، موتورهای تک‌فاز باطرح دوفاز، نظیر موتورهای سه فاز، به صورت گام کسری (کوتاه شده) سیم‌پیچی می‌شوند. در حالت‌هایی که q فردیا 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، ۹۰ درجه الکتریکی می‌باشد.

**مثال ۳ـ ۵:** الکتروموتور تک فاز 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.

## محاسبات

$$Z = ۲۴ \, , \, m = ۲ \, , \, Y_P = \frac{Z}{۲P} = \frac{۲۴}{۴} = ۶ \, , \, q = \frac{Z}{۲P.m} = \frac{۲۴}{۴ \times ۲} = ۳$$

$$Y_{Z۱} = Y_P - (\frac{q}{۲} - \frac{۱}{۲}) = ۶ - (\frac{۳}{۲} - \frac{۱}{۲}) = ۵$$

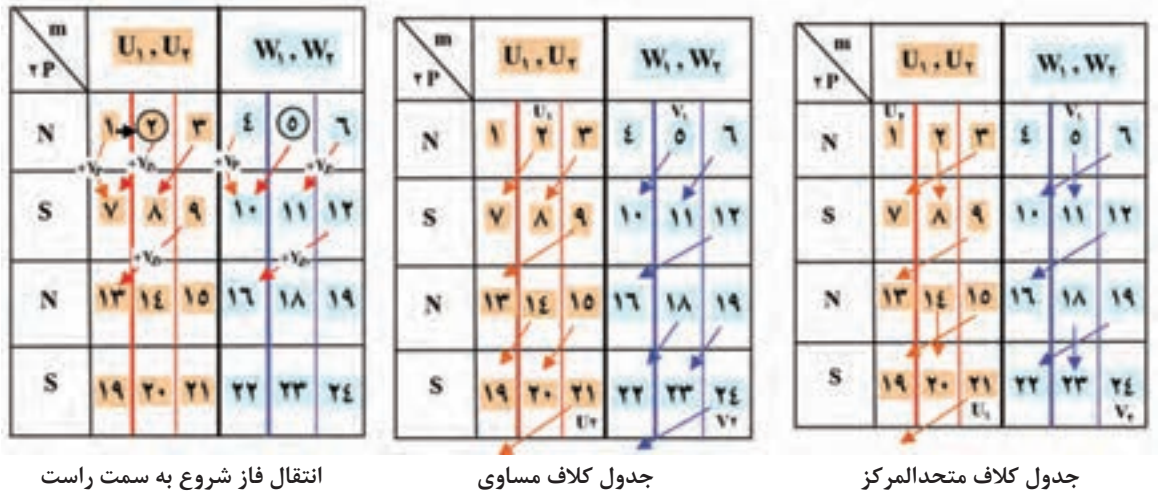
$$Y_{Z۲} = Y_P - (\frac{q}{۲} + \frac{۱}{۲}) = ۶ - (\frac{۳}{۲} + \frac{۱}{۲}) = ۴$$

$$\alpha_{ez} = \frac{q \times ۳۶۰^\circ}{Z} = \frac{۲ \times ۳۶۰^\circ}{۲۴} = ۳۰^\circ$$

$$\text{شروع } W_۱ = ۱ + \frac{۹۰^\circ}{\alpha_{ez}} = ۱ + \frac{۹۰^\circ}{۳۰^\circ} = ۴ \quad \text{شروع } U_۱ \Rightarrow ۱$$

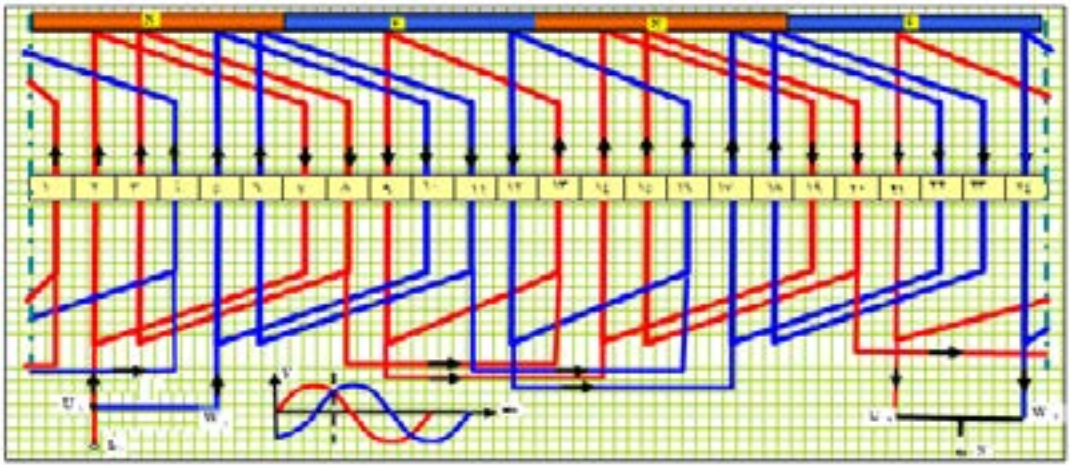
## تشکیل جدول

برای تشکیل جدول، چون q فرد است، قواعد انتقال شروع فازها به اندازه $\frac{q}{۲} - \frac{۱}{۲}$ به سمت راست انتقال داده می‌شود. بنابراین شروع فازها به اندازه $۱ = \frac{۱}{۲} - \frac{۳}{۲} = \frac{۱}{۲} - \frac{q}{۲}$ شیار، به سمت راست منتقل می‌شوند. به‌عبارت دیگر فاز $U_۱, U_۲$ از شیار ۲ و فاز $V_۱, V_۲$، از شیار شماره ۵ (به‌جای شیار ۴) شروع خواهد شد. براساس مطالب فوق جدول سیم‌پیچی مطابق شکل ۲۱ تشکیل می‌شود.




جدول کلاف متحدالمرکز — جدول کلاف مساوی — انتقال فاز شروع به سمت راست

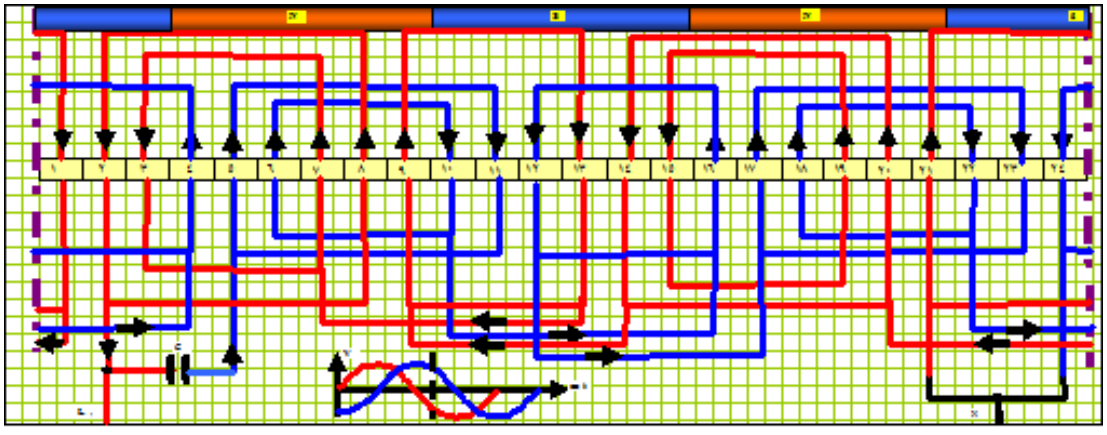
**شکل ۲۱ـ جدول موتور ۲۴ شیار ۴ قطب طرح دوفاز یک طبقه با گام کسری**



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

فعالیت

دیاگرام‌های گسترده سیم‌پیچی کلاف مساوی و متحدالمرکز، مثال ۳ـ۵ را در کاغذ شطرنجی ترسیم نمایید.



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

کار عملی۱

**هدف: سیم‌پیچی موتورهای طرح دو فاز**

**وسایل و تجهیزات:**

ـ پوسته استاتور ۳۶ شیار یک عدد

ـ استاتور نگهدار یک عدد.

ـ کلاف پیچ یک عدد.

ـ قالب کلاف متحدالمرکز یک عدد.

ـ سیم لاکی با قطر مورد نیاز موتور.
ـ سیم افشان نمره ۱یا ۱/۵، 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 آچارتخت و آچارِرینگی و آچاربوکس هرکدام یک ست کامل.
ـ انبردست یک عدد.
ـ شارلاک.
ـ کوره حرارتی یک عدد
ـ پیچ‌گوشتی تخت و چارسو کوچک، متوسط و بزرگ هر کدام یک عدد.
ـ دم باریک یک عدد.
ـ سیم‌چین یک عدد.
ـ سیم لخت‌کن یک عدد.
ـ چاقو یا کاتر یک عدد.
ـ سنباده نرم یک برگ.
ـ نخ موتور پیچی یا کنف یک کلاف.
ـ میکرومتر یک عدد.
ـ چکش پلاستیکی یک عدد.
ـ دورسنج موتور یک عدد.

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

**مراحل اجرای کار عملی باید به‌صورت زیر باشد:**

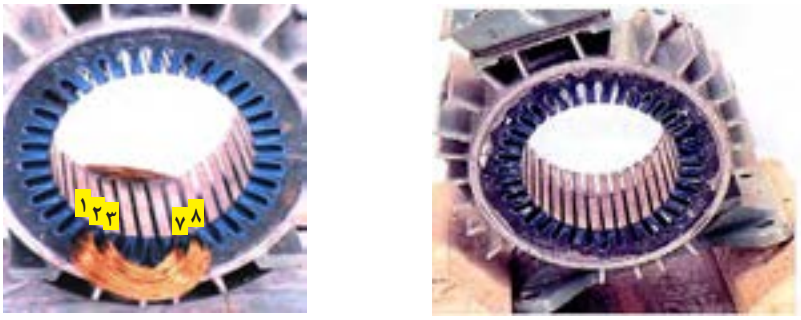
ـ پیچیدن ۶ گروه کلاف دوپیچکی متحدالمرکز و ۶ گروه کلاف یک پیچکی تهیه کنید (شکل ۲۴).

**شکل ۲۴ـ ۶ گروه کلاف دو پیچکی و ۶ کلاف تکی**

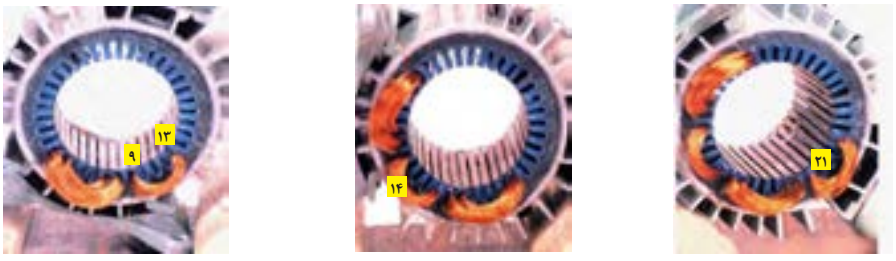
ـ عایق‌بندی استاتور را با کاغذهای پرشمان انجام دهید (شکل ۲۵).

**شکل ۲۵ـ ۶ گروه کلاف دو پیچکی و ۶ کلاف تکی**

ـ با توجه به جدول متحدالمرکز شکل ۲۶ اولین گروه کلاف را با گام‌های ۲ به ۸ و۳ به ۷، در شیارهای استاتور قرار دهید.




**شکل ۲۶ـ جای‌گذاری گروه کلاف شماره ۱ در شیارهای ۲ به ۸ و۳ به ۷**




(الف) (ب) (پ)

(ت) (ث)

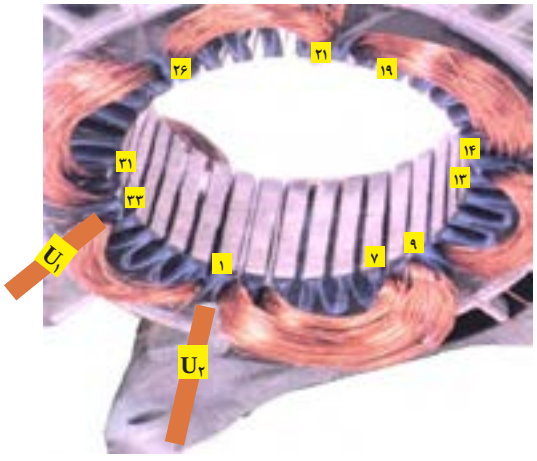
**شکل ۲۷ـ تکمیل سیم‌بندی فاز اول $U_1,U_2$**

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

سیم‌افشان با قطر مناسب اتصال دهید. وارنیش را مطابق شکل ۲۸ روکش آن قراردهید و به آن برچسب $U_1$ بزنید.

**شکل ۲۸ـ هدایت فاز $U_1$ به سیم افشان**

گروه کلاف‌ها را مطابق شکل ۲۹ سربندی کنید. سربندی با اتصال دور انجام می‌شود و سرسیم‌هایی که از شیار ۷ خارج شده به سرسیم شیار۱۳، ۹ به ۱۴، ۱۹به ۲۵، ۲۱به۲۶، ۳۱ به ۱ اتصال می‌یابند و $U_2$ از شیار ۳۳ به سیم افشان پس از عبور از وارنیش اتصال داده می‌شود.




**شکل ۲۹ـ سربندی کلاف‌های فاز $U_1,U_2$**

فاز دوم $W_1,W_2$ را با یک گروه کلاف دو پیچکی از شیار ۵ شروع کنید و کلاف کوچک آن را در شیارهای ۶، ۱۰ وکلاف بزرگ آن را در شیارهای ۵، ۱۱ قرار دهید. و سیم‌پیچی را شبیه فاز $U_1,U_2$ مطابق مسیرهای سفید رنگ کامل کنید. سراتصالات را به تخته کلم هدایت و سیم‌پیچی را نخ‌بندی کنید (شکل ۳۰).

**شکل ۳۰ـ سیم‌پیچ فاز دوم هدایت سراتصالات به تخته کلم و نخ‌بندی سیم‌پیچی**

فیلم

سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز از لحظه ۰۱:۲۰:۰۰ تا ۰۱:۲۱:۵۱

## ۵ــ۵ــ سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز خازن‌دار

موتورهای تک فاز با توان‌های کمتر از یک اسب بخار، بیشتر با راه‌انداز لحظه‌ای طراحی می‌شوند. سیم‌پیچ راه‌انداز این موتورها، پس از آنکه سرعت گردش موتور به ۷۵٪ دور نامی می‌رسد توسط کلیدهای گریز از مرکز یا رله‌های مغناطیسی از منبع تغذیه گرفته می‌شوند و موتور با سیم‌پیچ اصلی بار را به گردش درمی‌آورد. چون نقش سیم‌پیچ استارت، در موتورهای تک‌فاز، راه‌اندازی موتور می‌باشد، زمان اتصال آن به شبکه برق، خیلی کوتاه است. ازطرف دیگر هر چقدر مقاومت اهمی سیم‌پیچ راه‌انداز بیشتر باشد، گشتاور راه‌اندازی زیاد خواهد بود. برای افزایش مقاومت سیم‌پیچ استارت، قطر سیم آن را کمتر در نظر می‌گیرند. در عمل قطر سیم استارت در محدوده ۴۰ الی ۶۰ درصد قطر سیم‌پیچ اصلی انتخاب می‌شود. در محاسبه تعداد دور سیم‌پیچ استارت ولتاژ را حدود ۲۰٪ کمتر از ولتاژ سیم اصلی در نظر می‌گیرند.این عوامل باعث می‌شود که سیم‌پیچ استارت نسبت به سیم‌پیچ اصلی آسیب‌پذیرتر باشد. بدین‌علت موتورهای تک‌فاز را متحدالمرکز سیم‌پیچی می‌کنند، سیم‌پیچ استارت را در روی سیم‌های اصلی در داخل شیارها قرار می‌دهند تا در صورت آسیب دیدن سیم‌پیچ بتوانند سیم‌پیچ استارت را تعویض کنند. مدت زمان کوتاه اتصال سیم‌پیچ استارت به منبع تغذیه سبب می‌شود که بیشتر شیارهای استاتور را به سیم اصلی اختصاص دهند. بدین منظور $\frac{۲}{۳}$ شیارهای استاتور به سیم‌پیچ اصلی و $\frac{۱}{۳}$ بقیه را به سیم‌پیچ استارت منظور می‌کنند، تا در زمان کار موتور از قسمت زیاد هسته در تولید قدرت بهره‌برداری شود. در سیم‌پیچی موتورهای تک فاز با استارت موقت، برای ایجاد گشتاور قوی و برقراری حوزه دوار، اختلاف فاز الکتریکی سیم‌پیچ اصلی و استارت را، از نظر موقعیت مکانی، ۹۰ درجه الکتریکی درنظر می‌گیرند. در عمل برای تأمین اختلاف فاز مناسب بین سیم‌پیچ‌های اصلی و استارت روش‌های متفاوتی وجود دارد. از این لحاظ موتورهای تک فاز را، طبقه‌بندی می‌کنند.

در تعدادی از موتورهای تک‌فاز برای ایجاد اختلاف فاز بیشتر بین ولتاژ و جریان سیم‌پیچی‌های اصلی و کمکی از خازن در مسیر سیم‌پیچ کمکی به‌صورت سری استفاده می‌شود که این کار معمولاً درقالب سه شکل انجام می‌شود.

تحقیق

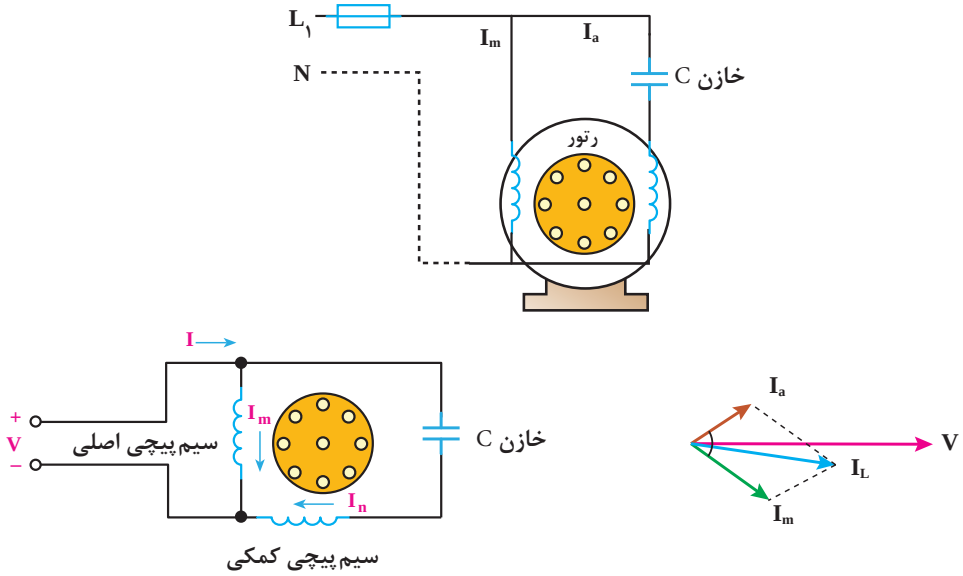
چگونه می‌توان از صحت خازن اطمینان حاصل کرد؟

خازن‌ها، در انواع دینامیکی و الکترولیتی، در راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز ، به‌کار گرفته می‌شوند. خازن‌های الکترولیتی، در راه‌اندازهای لحظه‌ای، کاربرد دارند. این خازن‌ها در ظرفیت‌های تا ۲۰۰ میکروفاراد، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**الف) موتور تک‌فاز با خازن دائم کار**

در موتورهای تک‌فاز، با راه‌اندازی دائم، از خازن‌های دینامیکی، که به خازن‌های خشک نیز، معروف هستند،

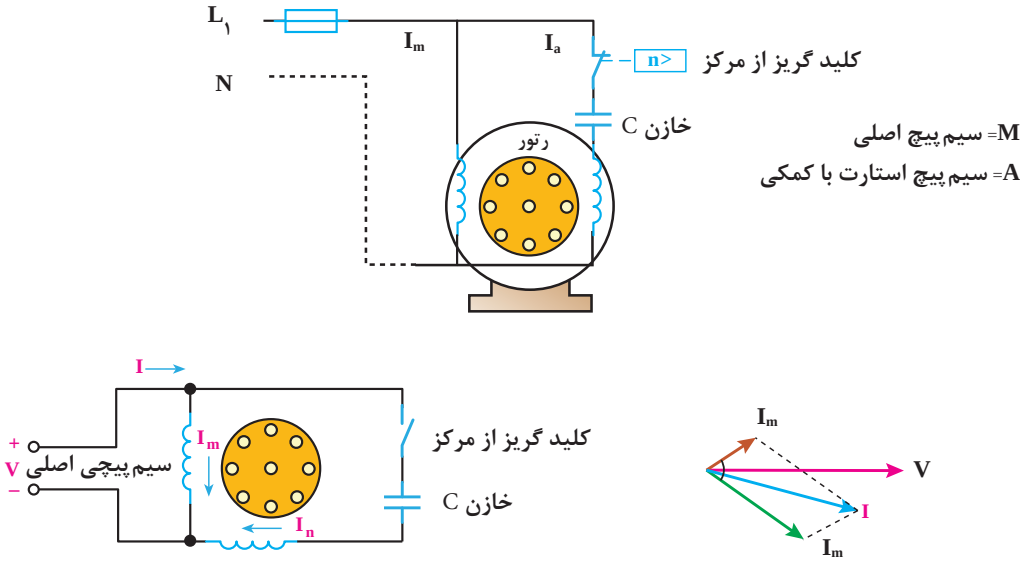
استفاده می‌شود. ظرفیت این خازن‌ها، تقریباً یک سوم خازن‌های الکترولیتی می‌باشند (شکل ۳۱).




**شکل ۳۱ـ اتصال سیم‌پیچی‌های اصلی و کمکی با دیاگرام‌برداری موتور تک‌فاز با خازن دائم کار**

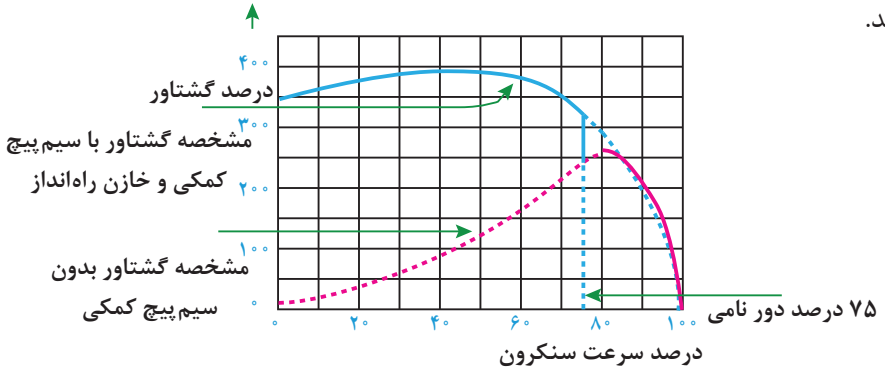
### ب) موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز

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 ـ اتصال سیم‌پیچی‌های اصلی‌سیم‌پیچی کمکی**

منحنی مشخصه عملکرد موتورهای تک‌فاز با کلید گریز از مرکز و خازن راه‌انداز را در شکل (۳۳) مشاهده می‌کنید.




شکل ۳۳ــ موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز و کلید گریزازمرکز

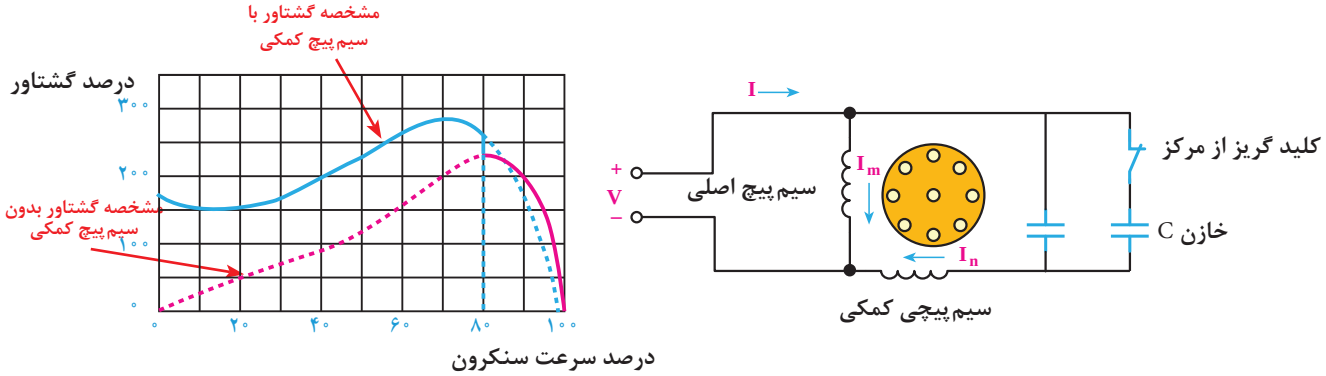
همان‌طوری که در منحنی مشخصه مشاهده می‌شود گشتاور راه‌اندازی موتورهای با خازن راه‌انداز نسبت به موتورهای با سیم‌پیچ کمکی دائم‌کار افزایش می‌یابد و در نتیجه موتور به‌صورت قوی‌تر اما با صدای کمتر و نرم‌تر راه‌اندازی می‌شود.

فیلم

محاسبات سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز لحظه ۰۰ً:۲۴: ۰۱ تا ۵۶ً:۲۵: ۰۱

### پ) موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز و دائم‌کار (موتورهای دوخازنی)

در بعضی از موتورها، از هر دو نوع خازن، خشک و الکترولیتی استفاده می‌شود. خازن الکترولیتی پس از راه‌اندازی، توسط کلید گریزازمرکز از مدار الکتریکی، خارج می‌شود و خازن دائم‌کار (دینامیکی) تا زمانی که موتور کار می‌کند در مدار باقی خواهد ماند (شکل ۳۴).




ب) مشخصه گشتاور سرعت

الف) مدار الکتریکی

شکل ۳۴ــ مشخصه گشتاور دور

همان‌گونه که در ابتدا اشاره شد $\frac{۲}{۳}$ از شیارهای استاتور به سیم‌پیچ اصلی و $\frac{۱}{۳}$ بقیه را به سیم‌پیچ استارت اختصاص داده می‌شود. پس از راه‌اندازی، سیم‌پیچی کمکی در شرایط سیم‌پیچ استارت در داخل شیارها، بدون آنکه خاصیتی داشته باشد، غیر فعال باقی می‌ماند. بنابراین از $\frac{۱}{۳}$ قدرت استاتور موتور، استفاده نمی‌شود. این خاصیت به نوبه خود، بازده ماشین‌های تک‌فاز را کاهش می‌دهد.

مثال زیر نحوه محاسبه، ترسیم دیاگرام و سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز دارای خازن راه‌انداز را ارائه می‌دهد.

**مثال ۴ـ۵:** محاسبات سیم‌پیچی و دیاگرم سیم‌پیچی موتور تک‌فاز ۲۴ شیار ۲ قطب را با راه‌انداز لحظه‌ای انجام داده و دیاگرام آن را ترسیم کنید.

**حل:** ابتدا $\frac{۲}{۳}$ شیارها را برای سیم‌پیچ اصلی و $\frac{۱}{۳}$ بقیه شیارهای استاتور را برای سیم‌پیچ راه‌انداز منظور می‌شود. محاسبات سیم‌پیچی به شکل زیر دنبال می‌شود.

$$Z=۲۴\ ,\ ۲P=۲\ ,\ m=۱$$

$$Z_m=\frac{۲}{۳}Z=\frac{۲}{۳}\times ۲۴=۱۶$$ شیارهای اصلی

$$Z_a=\frac{۱}{۳}Z=\frac{۱}{۳}\times ۲۴=۸$$ شیارهای استارت

$$q_m=\frac{Z_m}{۲P\times m}=\frac{۱۶}{۲\times ۱}=۸ \rightarrow q'_m=\frac{q_m}{۲}=\frac{۸}{۲}=۴$$

$$q_a=\frac{Z_a}{۲P\times m}=\frac{۸}{۲\times ۱}=۴ \rightarrow q'_a=\frac{q_a}{۲}=\frac{۴}{۲}=۲$$

$$\alpha_{ez}=\frac{P\times ۳۶۰}{Z}=\frac{۱\times ۳۶۰}{۲۴}=۱۵^\circ$$

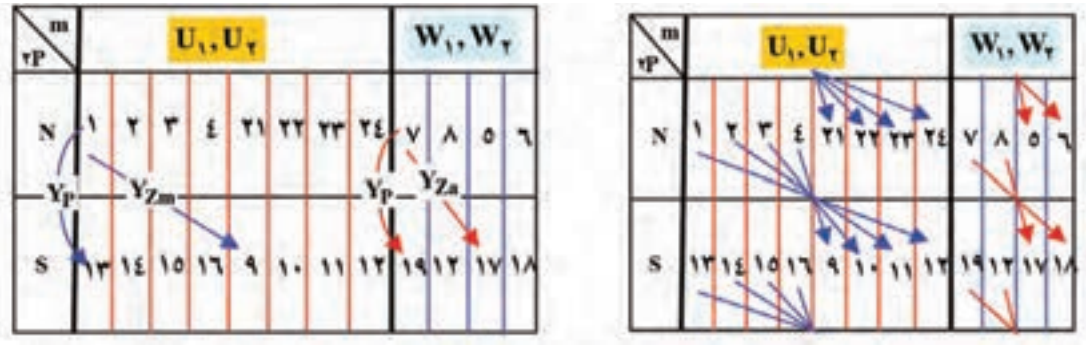
$$Y_P=\frac{Z}{۲P}=\frac{۲۴}{۲}=۱۲ \rightarrow y_{Zm}=Y_p-q'_m=۱۲-۴=۸$$

$$Y_{Za}=Y_p-q'_a=۱۲-۲=۱۰$$

### تشکیل جدول

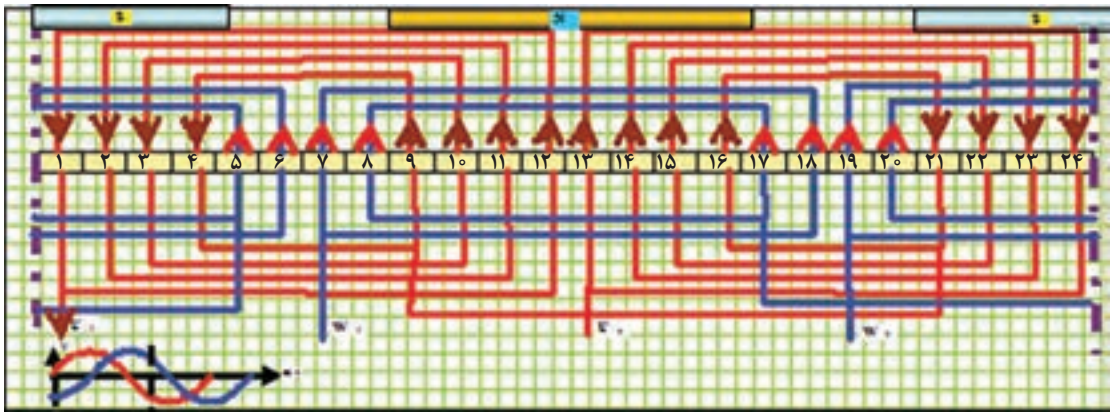
جدول سیم‌پیچی مطابق شکل ۳۵ تشکیل می‌شود. ستون $U_۱,U_۲$ براساس $Y_{Zm}, Y_P, q'_m$ و ستون مربوط به فاز $W_۱,W_۲$را براساس $Y_{ZA}, Y_P, q'_a$ کامل می‌شود. در فاز $U_۱,U_۲$، ستون به دو قسمت تقسیم شده و هر قسمت نیز به $q'_m$ تقسیم می‌شود. ازشروع فاز $q'_m$، عدد متوالی درخانه‌های جدول ثبت می‌شود. در فاز $W_۱,W_۲$، ستون مربوطه به دو قسمت تقسیم شده و هر قسمت به $q'_a$ تقسیم می‌شود، از شروع فاز $W_۱$، اعداد متوالی، به تعداد $q'_a$، در

خانه‌های مربوطه نوشته می‌شود. در فاز $U_1,U_2$ گام سیم‌پیچی $Y_{Zm}$ 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.

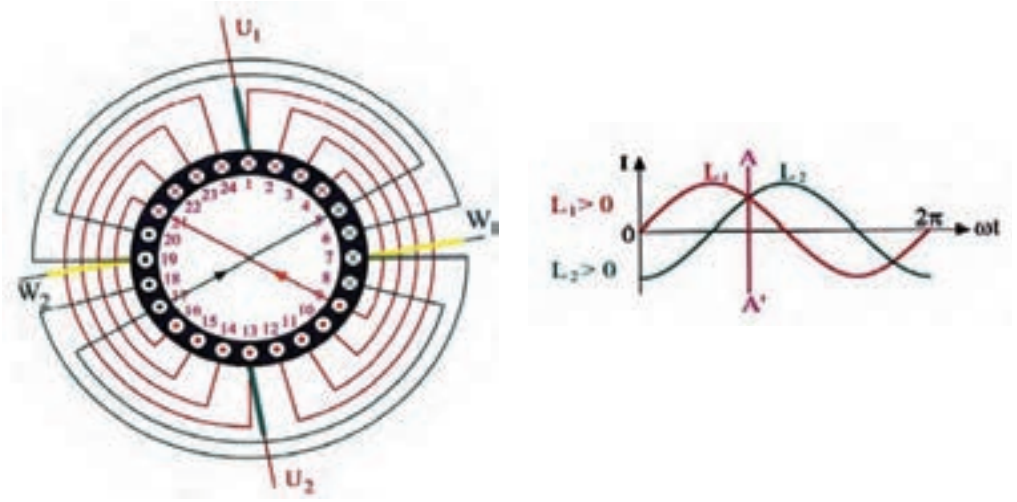



**شکل ۳۵ــ تنظیم جدول موتور ۲۴ شیار ۲ قطب با استارت موقت براساس سیم‌پیچی متحدالمرکز**

## رسم دیاگرام گسترده



**شکل ۳۶ــ دیاگرام گسترده متحدالمرکز موتور ۲۴شیار۲ قطب با راه‌انداز لحظه‌ای**




**شکل ۳۷ــ دیاگرام مدور سیم‌پیچی موتور تک فاز ۲۴ شیار ۲ قطب با راه‌انداز لحظه‌ای**

فیلم

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

کار عملی ۲

**هدف: سیم‌پیچی موتور با سیم‌پیچ کمکی (راه‌انداز خازنی)**

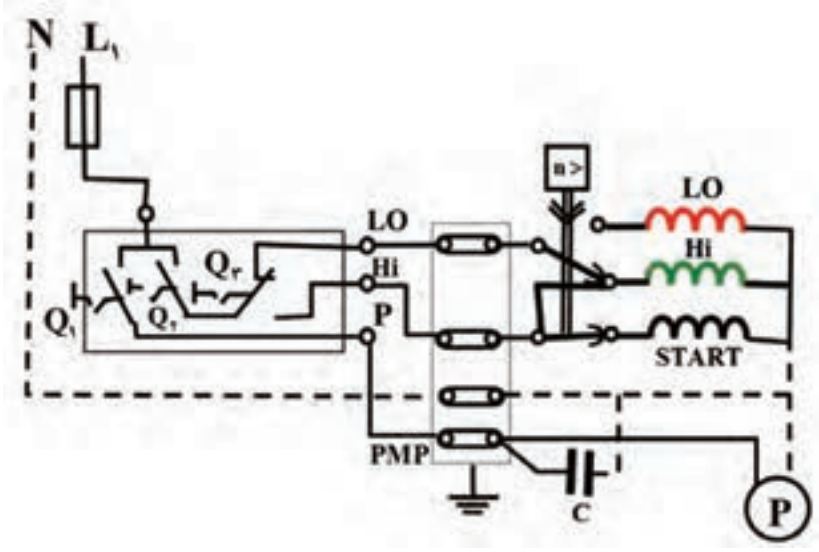
**وسایل و تجهیزات:**

ـ پوسته استاتور ۳۶ شیار یک عدد
ـ استاتور نگهدار یک عدد.
ـ کلاف پیچ یک عدد.
ـ قالب کلاف متحدالمرکز یک عدد.
ـ سیم لاکی با قطر مورد نیاز موتور.
ـ سیم افشان نمره ۱ یا ۱/۵، 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 آچارزینگی و آچاربوکس از هرکدام یک ست کامل.
ـ انبردست یک عدد.
ـ شارلاک.
ـ کوره حرارتی یک عدد
ـ پیچ‌گوشتی تخت و چارسو کوچک متوسط و بزرگ هر کدام یک عدد.
ـ دم باریک یک عدد.
ـ سیم‌چین یک عدد.
ـ سیم لخت‌کن یک عدد.
ـ چاقو یا کاتر یک عدد.
ـ سنباده نرم یک برگ.
ـ نخ موتور پیچی یا کنف یک کلاف.
ـ میکرومتر یک عدد.
ـ چکش پلاستیکی یک عدد.
ـ دورسنج موتور یک عدد.

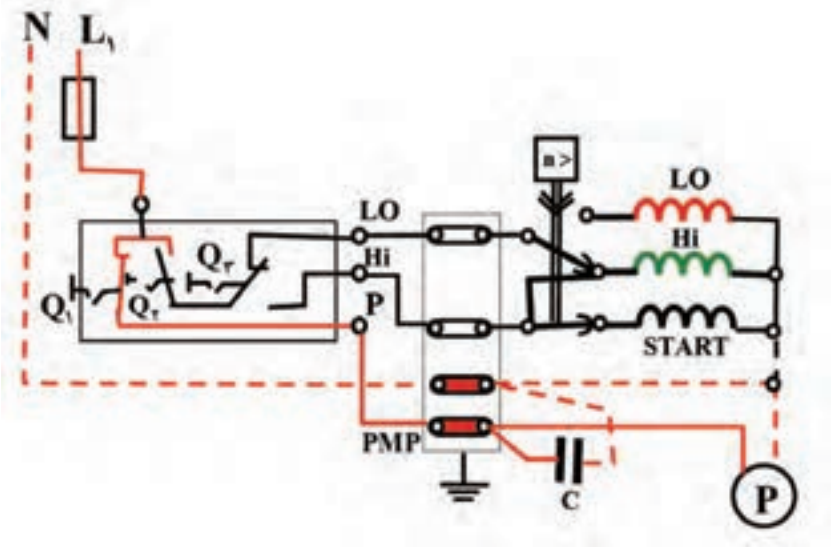
استاتور یک موتور ۳۶ شیار یا ۲۴ شیار را تحویل گرفته و تحت نظارت مربی خود محاسبات را انجام دهید و دیاگرام موتور به‌صورت تک‌فاز ۶ قطب را با سیم‌پیچ کمکی راه‌انداز خازنی به‌صورت متحدالمرکز رسم و سیم‌پیچی کنید.

## ۶ـ۵ ـ سیم‌پیچی موتورهای تک فاز دوسرعته با یک سیم‌پیچ راه‌انداز

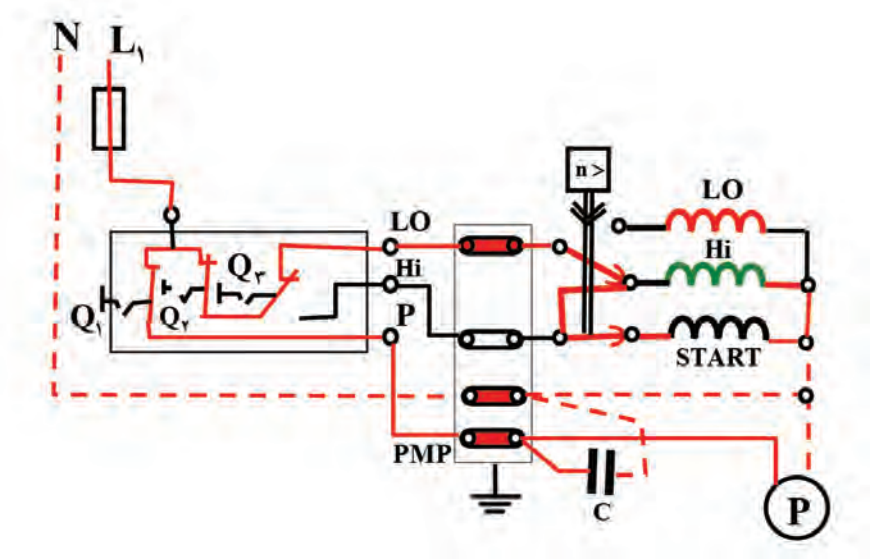
در موتورهای دوسرعته با یک سیم‌پیچ راه‌انداز، عملکرد کلید گریز از مرکز روی کلید تبدیل، موجب حذف سیم‌پیچ راه‌انداز می‌شود. به علت اهمیت کلید تبدیل و کارایی عمده آن در صنعت موتور کولرهای آبی، ساختمان و عملکرد این کلید، در چند مدار الکتریکی بررسی می‌شود (شکل ۳۸).




شکل ۳۸ـ کلید در حالت خاموش

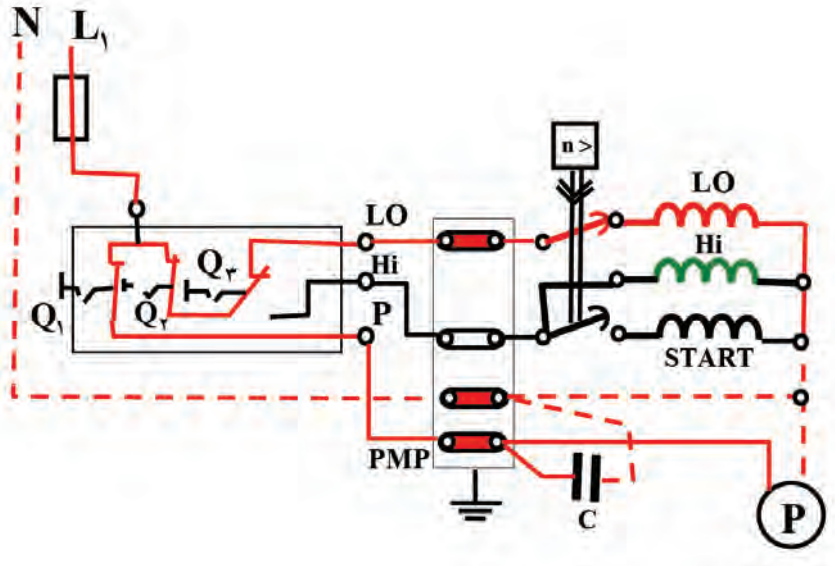



شکل ۳۹ ـ اگر کلید $Q_1$ به وضعیت اتصال برود و کلیدهای $Q_2$ و $Q_3$ تغییر نکند. فقط پمپ آب وارد مدار شده و با ریختن آب روی پوشال‌ها، آنها را خیس خواهد کرد



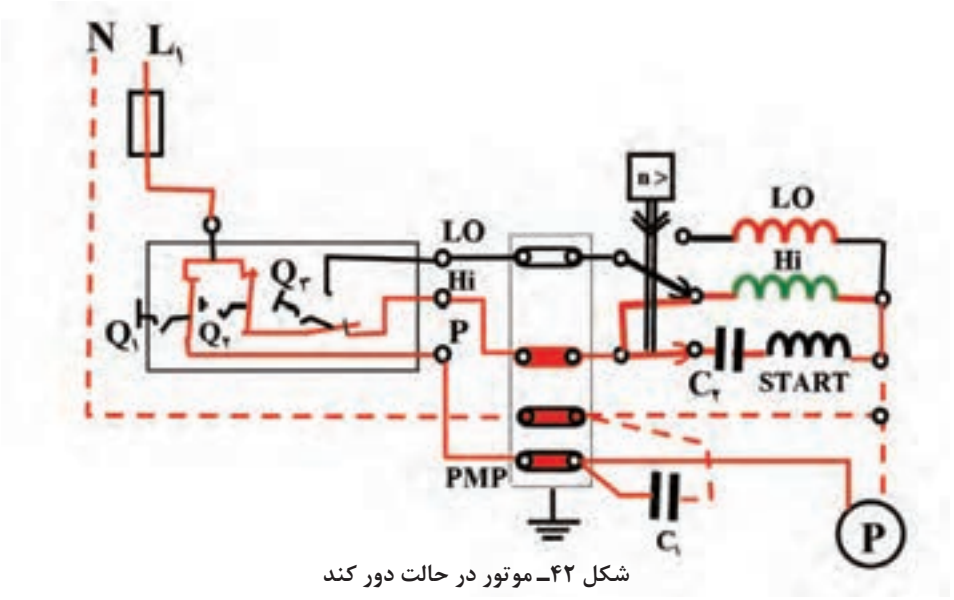

**شکل ۴۰ـ موتور در حالت دور کند**

اگر کلید $Q_1$ و $Q_2$ روشن وکلید $Q_3$ تغییر نکند از کولر دور کمتر درخواست شده است. شکل ۴۰، در این حالت مدار جریان الکتریکی قبل از عملکرد کلید مطابق شکل ۴۱ (راه‌اندازی با دور تند) می‌باشد. توجه شود سیم‌پیچ راه‌انداز این موتورها بدون خازن و از نوع راه‌انداز مقاومتی است. خازن C در مدار که با پمپ آب همواره موازی کار می‌کند، برای اصلاح ضریب توان شبکه به‌کار می‌رود.




**شکل ۴۱ـ 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 کُند برق‌دار می‌شود (شکل ۴۲). موتور با دور کُند به‌کار خود ادامه خواهد داد.

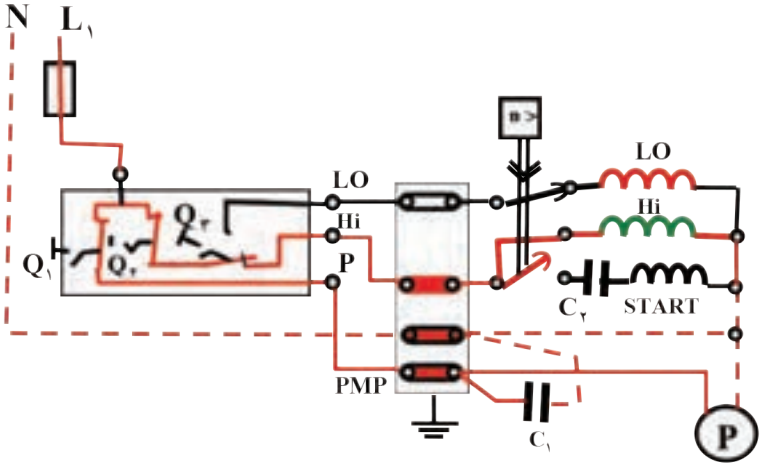



شکل ۴۲ـ موتور در حالت دور کند

**سؤال:** پس از تغییر وضعیت کلید کولر از حالت خاموش به حالت روشن کولر راه‌اندازی نمی‌شود. به علت آن درکدام 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 دورتند درخواست می‌شود. این مدار الکتریکی برای موتورهای کولر با راه‌انداز خازنی می‌باشد قبل از عمل کلید گریز از مرکز خازن $C_۲$ 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 (شکل۴۳).




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

## محاسبات سیم‌پیچی

محاسبات سیم‌پیچی برای دور تند و سیم‌پیچ راه‌انداز مربوط به آن ارائه می‌شود. سیم‌پیچ استارت در بعضی مواقع چهار بوبینه و برخی سه بوبینه، مانند سیم‌پیچ کلاف‌های اصلی دور تند پیچیده می‌شود. برای این منظور سیم‌پیچ استارت سه بوبینه نظیر کلاف‌های سیم‌پیچ اصلی در نظر گرفته می‌شود.

$Z = ۳۶ \quad , \quad ۲P = ۴ \quad , \quad m = ۱$

$Z_m = \frac{۲}{۳}Z = \frac{۲}{۳} \times ۳۶ = ۲۴$ شیارهای سیم‌پیچ اصلی

$Z_a = \frac{۲}{۳}Z = \frac{۲}{۳} \times ۳۶ = ۲۴$ شیارهای سیم‌پیچ استارت

$$q_m = \frac{Z_m}{۲P \times m} = \frac{۲۴}{۴ \times ۱} = ۶ \rightarrow q'_m = \frac{q_m}{۲} = ۳$$

$$q_a = \frac{Z_a}{۲P \times m} = \frac{۲۴}{۴ \times ۱} = ۶ \rightarrow q'_a = \frac{q_a}{۲} = \frac{۶}{۲} = ۳$$

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

$$Y_P = \frac{Z}{۲P} = \frac{۳۶}{۴} = ۹ \rightarrow y_{Zm} = Y_p - q'_m = ۹ - ۳ = ۶ \rightarrow y_{Za} = Y_p - q'_a = ۹ - ۳ = ۶$$

$$U_۱ = ۱ \rightarrow W_۱ = ۱ + \frac{۹۰}{\alpha_{ez}} = ۱ + \frac{۹۰}{۲۰} = ۵.۵ \rightarrow W_۱ = ۵ \text{ با کسری گام}$$

### محاسبات دور کند

$Z = ۳۶ \quad , \quad ۲P = ۶ \quad , \quad m = ۱$

$Z_m = \frac{۲}{۳}Z = \frac{۲}{۳} \times ۳۶ = ۲۴$ شیارهای سیم‌پیچ اصلی

$$q_m = \frac{Z_m}{۲P \times m} = \frac{۲۴}{۶ \times ۱} = ۴ \rightarrow q'_m = \frac{q_m}{۲} = \frac{۴}{۲} = ۲$$

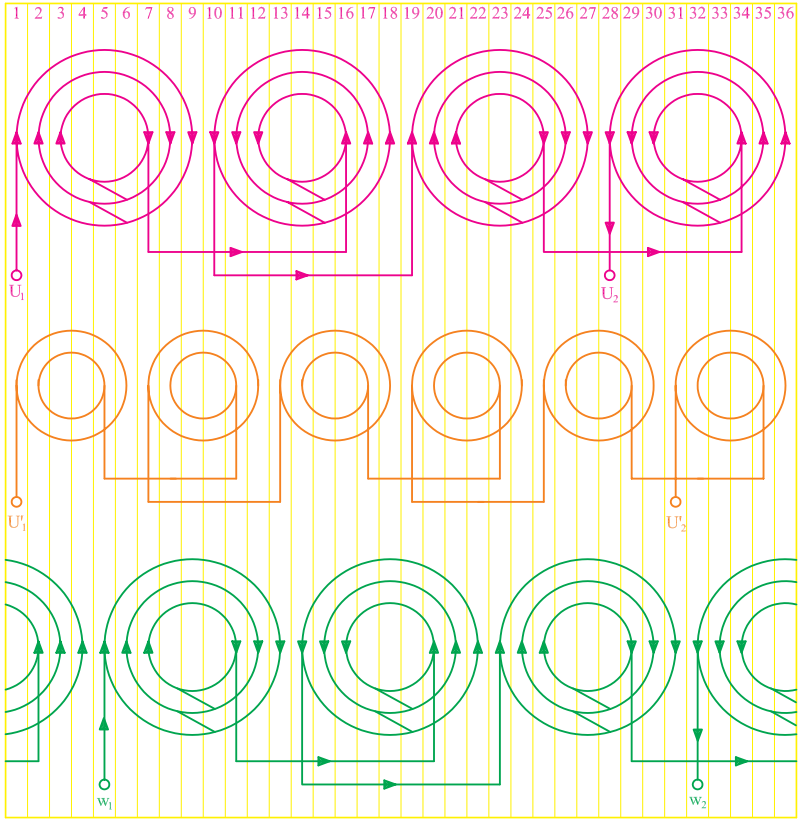
$Y_P = \frac{Z}{۲P} = \frac{۳۶}{۶} = ۶ \rightarrow y_{Zm} = Y_p - q'_m = ۶ - ۲ = ۴$ , $U_۱ = ۱$ شروع سیم‌پیچ اصلی

## تشکیل جدول

| m / ۲P | $U_1, U_2$ | | | | | | $W_1, W_2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 / ۲ P | U ۲۱ , U ۲۲ | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 ۴۴ــ تنظیم جدول سیم‌پیچی دورتند (۴ قطب) و دور کند (۶ قطب) موتور دو سرعته ۳۶ شیار با یک سیم‌پیچ راه‌انداز، براساس سیم‌پیچی متحدالمرکز




شکل ۴۵ ــ دیاگرام گسترده موتورشیار ۶ 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 قرارمی‌گیرد. بنابراین بعضی شیارها عمیق، نیمه عمیق وکم عمق هستند.لازم است شیار شروع صحیح انتخاب شود وگرنه سیم‌پیچی 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 سیم‌پیچ، و قسمت بدون پنجره، به طرف بیرون باشد. مطابق شیاری که در امتداد اولین پنجره سمت چپ قرار می‌گیرد. شیار شروع سیم‌بندی خواهد بود.

**شکل ۴۶ـ عمق متفاوت شیارها و روش انتخاب شیار شروع سیم‌پیچی**

فعالیت

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 سیم‌پیچی را تعیین کنید. تعداد هر بوبین و قطر سیم و طول قالب‌های مورد نیاز را به‌دست آورید.

**جدول ۱ـ مشخصات سیم‌پیچی دور زیاد کولر آبی**

| قدرت استاتور برحسب 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{1}{4}$ | ۰/۶۵ | ۱ـ۹ | ۲ـ۸ | ۳ـ۷ | ۶۰ | ۵۵ | ۴۵ | ۲۸/۵ | ۲۳/۵ | ۱۹/۵ | ۳/۷۵ | ۸/۹ |
| $\frac{1}{3}$ | ۰/۷۰ | ۱ـ۹ | ۲ـ۸ | ۳ـ۷ | ۵۵ | ۵۰ | ۴۰ | ۳۰ | ۲۵ | ۲۱ | ۴/۳ | ۸/۹ |
| $\frac{1}{2}$ | ۰/۸۰ | ۱ـ۹ | ۲ـ۸ | ۳ـ۷ | ۴۴ | ۴۰ | ۳۳ | ۳۲ | ۲۷ | ۲۳ | ۵/۴ | ۸/۹ |
| $\frac{3}{4}$ | ۰/۹۵ | ۱ـ۹ | ۲ـ۸ | ۳ـ۷ | ۴۲ | ۴۰ | ۳۲ | ۳۲/۵ | ۲۷ | ۲۳ | ۵/۴ | ۸/۹ |

جدول ۲ـ مشخصات سیم‌پیچی دورکم کولر آبی

| قدرت استاتور برحسب 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 | ۱ـ۶ | ۲ـ۵ | ۹۰ | ۹۰ | ۲۲ | ۱۸ | ۳/۷۵ | ۸/۹ |
| $\frac{1}{3}$ | ۰/۵۰ | ۱ـ۶ | ۲ـ۵ | ۸۴ | ۸۴ | ۲۳/۵ | ۲۰ | ۴/۳ | ۸/۹ |
| $\frac{1}{2}$ | ۰/۵۵ | ۱ـ۶ | ۲ـ۵ | ۷۰ | ۷۰ | ۲۵/۵ | ۲۲/۵ | ۵/۴ | ۸/۹ |
| $\frac{3}{4}$ | ۰/۶۰ | ۱ـ۶ | ۲ـ۵ | ۶۵ | ۶۵ | ۲۵/۵ | ۲۲/۵ | ۵/۴ | ۸/۹ |

جدول ۳ـ مشخصات سیم‌پیچی راه‌انداز موقت سه بوبینه موتور کولر آبی

| قدرت استاتور برحسب 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 | ۱ـ۹ | ۲ـ۸ | ۳ـ۷ | ۳۵ | ۳۵ | ۲۰ | ۲۶ | ۲۲/۵ | ۱۸/۵ | ۳/۷۵ | ۸/۹ |
| $\frac{1}{3}$ | ۰/۵۰ | ۱ـ۹ | ۲ـ۸ | ۳ـ۷ | ۳۴ | ۳۵ | ۱۸ | ۲۸ | ۲۴ | ۲۰ | ۴/۳ | ۸/۹ |
| $\frac{1}{2}$ | ۰/۵۰ | ۱ـ۹ | ۲ـ۸ | ۳ـ۷ | ۳۴ | ۳۵ | ۲۱ | ۲۹ | ۲۲/۵ | ۲۲/۵ | ۵/۴ | ۸/۹ |
| $\frac{3}{4}$ | ۰/۵۵ | ۱ـ۹ | ۲ـ۸ | ۳ـ۷ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۴ | ۲۹ | ۲۵/۵ | ۲۲/۵ | ۵/۴ | ۸/۹ |

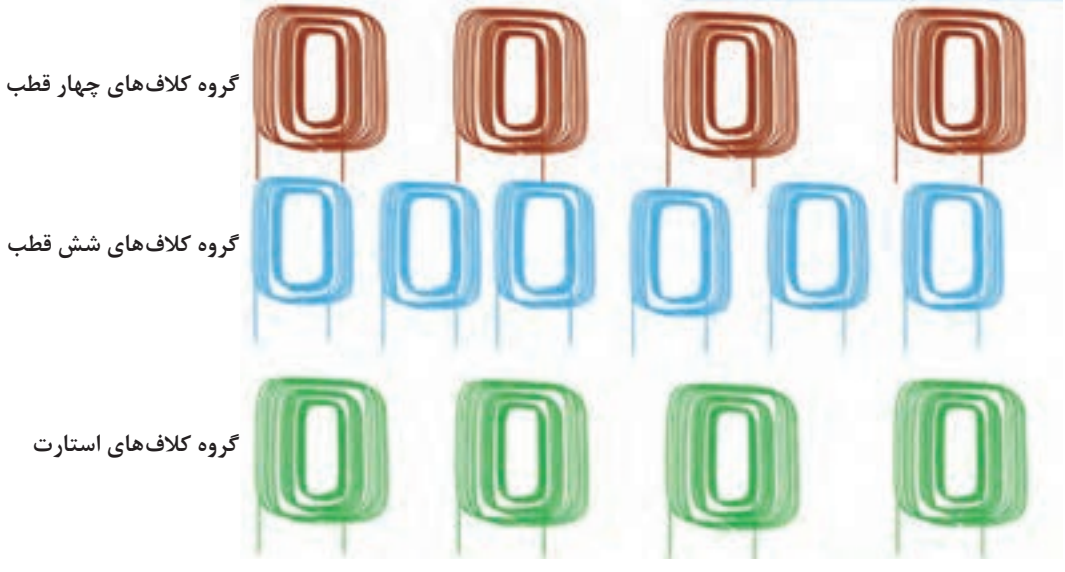
جدول ۴ـ مشخصات سیم‌پیچی راه‌انداز موقت چهار بوبینه موتورکولر آبی

| طول بوبین ۴ به cm | طول بوبین ۳ به cm | طول بوبین ۲ به cm | طول بوبین ۱ به cm | تعداد دور بوبین ۴ | تعداد دور بوبین ۳ | تعداد دور بوبین ۲ | تعداد دور بوبین ۱ | گام بوبین ۴ | گام بوبین ۳ | گام بوبین ۲ | گام بوبین ۱ | قطر سیم مسی به mm | قدرت استاتور برحسب اسب بخار |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۸/۵ | ۲۲/۵ | ۲۶ | ۳۱ | ۲۰ | ۳۵ | ۳۵ | ۳۶ | ۴ـ۷ | ۳ـ۸ | ۲ـ۹ | ۱ـ۱۰ | ۰/۴۰ | $\frac{1}{4}$ |
| ۲۰ | ۲۴ | ۲۸ | ۳۲ | ۲۲ | ۳۵ | ۳۴ | ۳۲ | ۴ـ۷ | ۳ـ۸ | ۲ـ۹ | ۱ـ۱۰ | ۰/۴۵ | $\frac{1}{3}$ |
| ۲۲/۵ | ۲۵/۵ | ۲۹ | ۳۴ | ۲۰ | ۳۷ | ۳۲ | ۳۱ | ۴ـ۷ | ۳ـ۸ | ۲ـ۹ | ۱ـ۱۰ | ۰/۵۰ | $\frac{1}{2}$ |
| ۲۲/۵ | ۲۵/۵ | ۲۹ | ۳۴ | ۱۲ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۴ـ۷ | ۳ـ۸ | ۲ـ۹ | ۱ـ۱۰ | ۰/۵۵ | $\frac{3}{4}$ |

## ۷ـ۵ـ تهیه گروه کلاف‌های سیم‌پیچی

فعالیت

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




شکل ۴۷ـ تهیه گروه کلاف‌های سیم‌پیچی

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

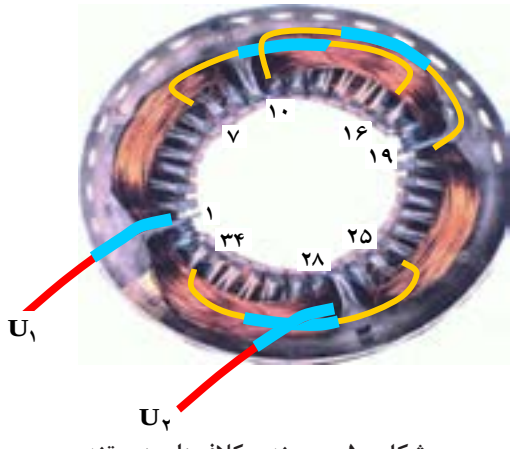
یک گروه کلاف ۳ بوبینه سیم‌پیچ اصلی ۴ قطب را انتخاب کنید و بازوهای آن را به‌ترتیب در گام‌ها ۳به ۷، ۲ به ۸ و ۱ به ۹ قرار دهید(شکل ۴۸).

**شکل ۴۸ـ قرار دادن گروه کلاف شماره یک از سیم‌پیچی دور تند درشیارهای استاتور**

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

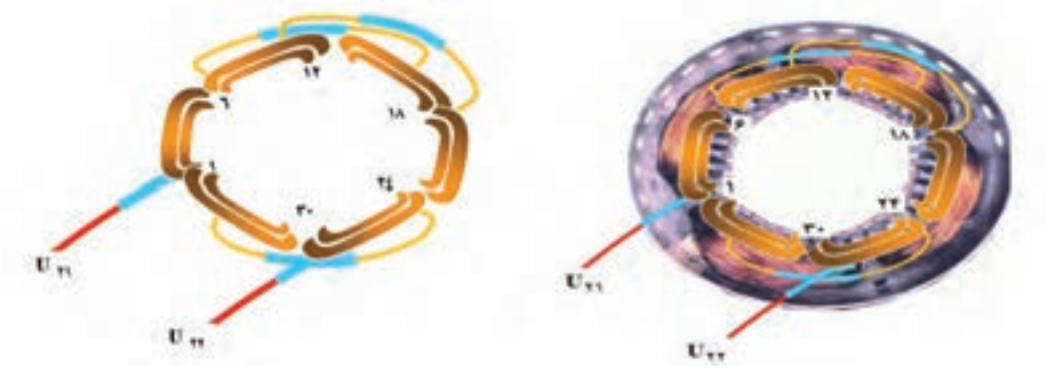
**شکل ۴۹ـ قرار دادن گروه کلاف‌های دور تند در شیارهای استاتور**

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 سیم‌پیچی را سربندی کنید محل اتصال‌ها را پس از عبور از وارنیش، لحیم‌کاری 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 برچسب‌های $U_2, U_1$ آنها را مشخص کنید (شکل ۵۰).




**شکل ۵۰ـ سربندی کلاف‌های دور تند**

سیم‌پیچ دور کند را در شیارهای ۲و۵ ـ ۱و۶ ـ ۸ و۱۱ ـ ۷و۱۲ ـ ۱۴و۱۷ ـ۱۳ و۱۸ ـ۲۰و۲۳ ـ ۱۹ و۲۴ ۲۶ و۲۹ ـ ۲۵و۳۰ ـ ۳۲و۳۵ ـ۳۰ و۳۶ قرار دهید (شکل ۵۱).

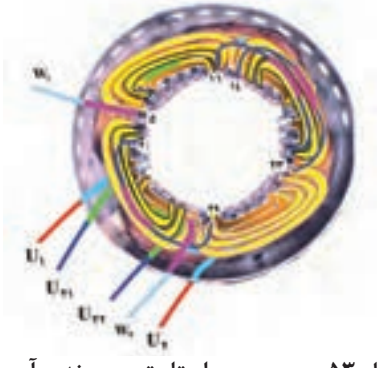


**شکل ۵۱ـ موقعیت گروه کلاف‌های دور کند**

از طریق اتصال، ته کلاف اول در شماره ۵، به ته کلاف دوم در شماره۱۱، 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 کارکنید. وارنیش‌ها را به محل اتصالات روکش کنید. سروته دور کند را واقع در شیار شماره ۱و۳۱ پس از عبور از وارنیش، به سیم افشان اتصال دهید، آنها را با برچسب‌های $U_{۲۲},U_{۲۱}$ مشخص کنید (شکل ۵۲).

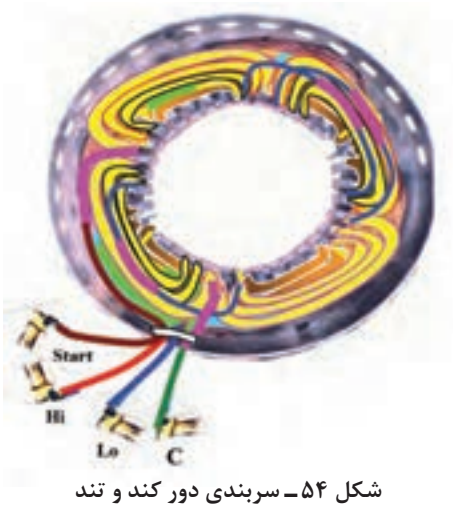
**شکل ۵۲ـ سربندی گروه کلاف‌های دور کند**

سیم‌پیچ استارت را از شیار شماره ۵ شروع کنید و مطابق شکل ۵۳ سربندی آن را انجام دهید. خروجی‌های آن را با برچسب‌های $W_{۲},W_{۱}$ مشخص کنید.



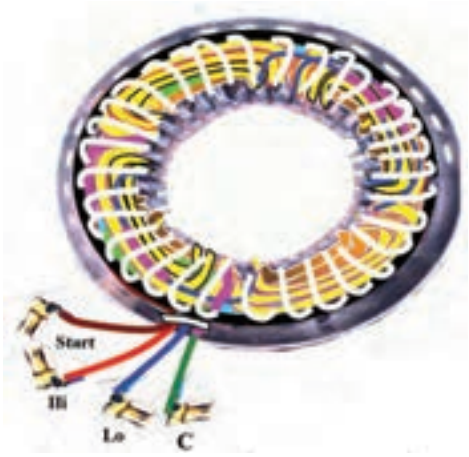
**شکل ۵۳ـ سیم‌پیچی استارت و سربندی آن**

خروجی‌های با برچسب‌های $U_{۲۲}, W_۲, U_۲$ را به هم اتصال دهید و مجموعه را به سر سیم C اتصال دهید $U_۱$ را به سر سیم Hi و $U_{۲۱}$ را به سرسیم Lo و $W_۱$ را به سر سیم Start هدایت کنید (شکل ۵۴).




**شکل ۵۴ ـ سربندی دور کند و تند**

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.




**شکل ۵۵ ـ نخ‌بندی موتور کولر**

ایمنی

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

فیلم

سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز به صورت دو طبقه و سیم‌پیچی کولر از لحظهً ۱۳:َ ۲۱: ۰۱ تا ً۴۲:َ۲۶: ۰۱

کار عملی ۳

**کارعملی شماره ۳**

## وسایل مورد نیاز

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

ـ سیم لاکی با قطر مورد نیاز موتور.
ـ سیم افشان نمره ۱یا ۱/۵، ۲متر.
ـ هویه یک عدد.
ـ روغن لحیم.
ـ سیم لحیم با قلع ۵۰٪ یا ۶۰٪.
ـ عایق پرشمان ۰/۵ و۰/۳۵ از هر کدام یک برگ.
ـ وارنیش با نمره‌های مورد نیاز سیم‌ها.
ـ تابلوی آزمایش موتورهای الکتریکی.
ـ آچارتخت و آچارِرینگی و آچاربوکس از هرکدام یک ست کامل.
ـ انبردست یک عدد.
ـ شارلاک.
ـ کوره حرارتی یک عدد
ـ پیچ‌گوشتی تخت و چارسو کوچک، متوسط و بزرگ، هر کدام یک عدد.
ـ دم باریک یک عدد.
ـ سیم‌چین یک عدد.
ـ سیم لخت‌کن یک عدد.
ـ چاقو یا کاتر یک عدد.
ـ سنباده نرم یک برگ.

**کار عملی ۴**

یک موتور ۳۶ شیار تک‌فاز کولری از انبار تحویل بگیرید. این موتور را، به صورت۴ و ۶ قطب با راه‌انداز لحظه‌ای با یک سیم‌پیچ راه‌انداز سیم‌پیچی کنید. دیاگرام سیم‌پیچی آن را ترسیم و سیم‌پیچی کامل آن را اجرا کنید (شکل ۵۶).

**شکل ۵۶ــ موتور کولر با راه‌انداز خازنی**

## ارزشیابی شایستگی سیم‌پیچی الکتروموتور تک‌فاز

**شرح کار:**
شناسایی انواع الکتروموتور تک‌فاز
کاربرد کلید گریز از مرکز
تفاوت سیم‌پیچی راه‌انداز و کمکی
سیم‌پیچی و رسم دیاگرام الکتروموتور تک‌فاز

**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 ـ ابزار مناسب ـ مدت زمان متناسب با حجم کار
**ابزار و تجهیزات:** ابزار مربوط به کارگاه سیم‌پیچی شامل: بوبین پیچ، پوسته خالی الکتروموتور، سیم لاکی و... آچارتخت و پیچ‌گوشتی، دورسنج، میز تست الکتروموتور ـ 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:**<br>کسب اطلاعات<br>کار تیمی<br>مستند سازی<br>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 دربارهٔ 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 دبیرخانهٔ 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 ارائهٔ نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

**کتاب کابل‌کشی و سیم‌پیچی ماشین‌های الکتریکی ـ 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 | شهرتهران | 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 کرمی | زنجان | ۲۰ | اصغر باقری روشتی | البرز |
| ۱۰ | مجید روغنی | خراسان شمالی | ۲۱ | حسن دانش پناه | کهگیلویه و بویراحمد |
| ۱۱ | محمد کاظمی | مازندران | ۲۲ | رضا خانه زرین | گیلان |