

# سیم پیچی الکتروموتورهای تک فاز

شاخه: کاردانش

زمینه: صنعت

گروه تحصیلی: برق

زیرگروه: الکتروتکنیک

رشته مهارتی: ماشین های الکتریکی

شماره رشته مهارتی: ۳۲۲-۱۰۱-۱۰-۱

کد رایانه ای رشته مهارتی: ۹۹۶۳

نام استاندارد مهارتی مبنا: ماشین های الکتریکی درجه (۲)

کد استاندارد متولی: ۸-۵۳/۴۷/۲/۴

شماره درس: نظری ۹۹۴۴ و عملی ۹۹۴۵

عراقی، علی	۶۲۱
سیم پیچی الکتروموتورهای تک فاز/ مؤلف: علی عراقی. - تهران: شرکت صنایع آموزشی	۴۶
وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۹۵.	س ۴۹۴ع /
۹۸ص. : مصور. - (شاخه کاردانش؛ شماره درس (نظری ۹۹۴۴ و عملی ۹۹۴۵))	۱۳۹۵
متون درسی شاخه کاردانش، زمینه صنعت، گروه تحصیلی برق، زیرگروه الکتروتکنیک، رشته مهارتی ماشین های الکتریکی.	
برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش.	
۱. موتورهای برقی تک فاز - سیم پیچی. الف. عنوان.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی  
و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

tvoccd@roshd.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.medu.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : سیم پیچی الکترو موتورهای تک فاز - ۶۰۶/۹

مؤلف : علی عراقی

ویراستار فنی : فریدون علمی

ویراستار ادبی : جعفر ربانی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

رسام : محمد سیاحی

صفحه‌آرا : صغری عابدی

طراح جلد : طاهره حسن‌زاده

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران - تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروبخش)

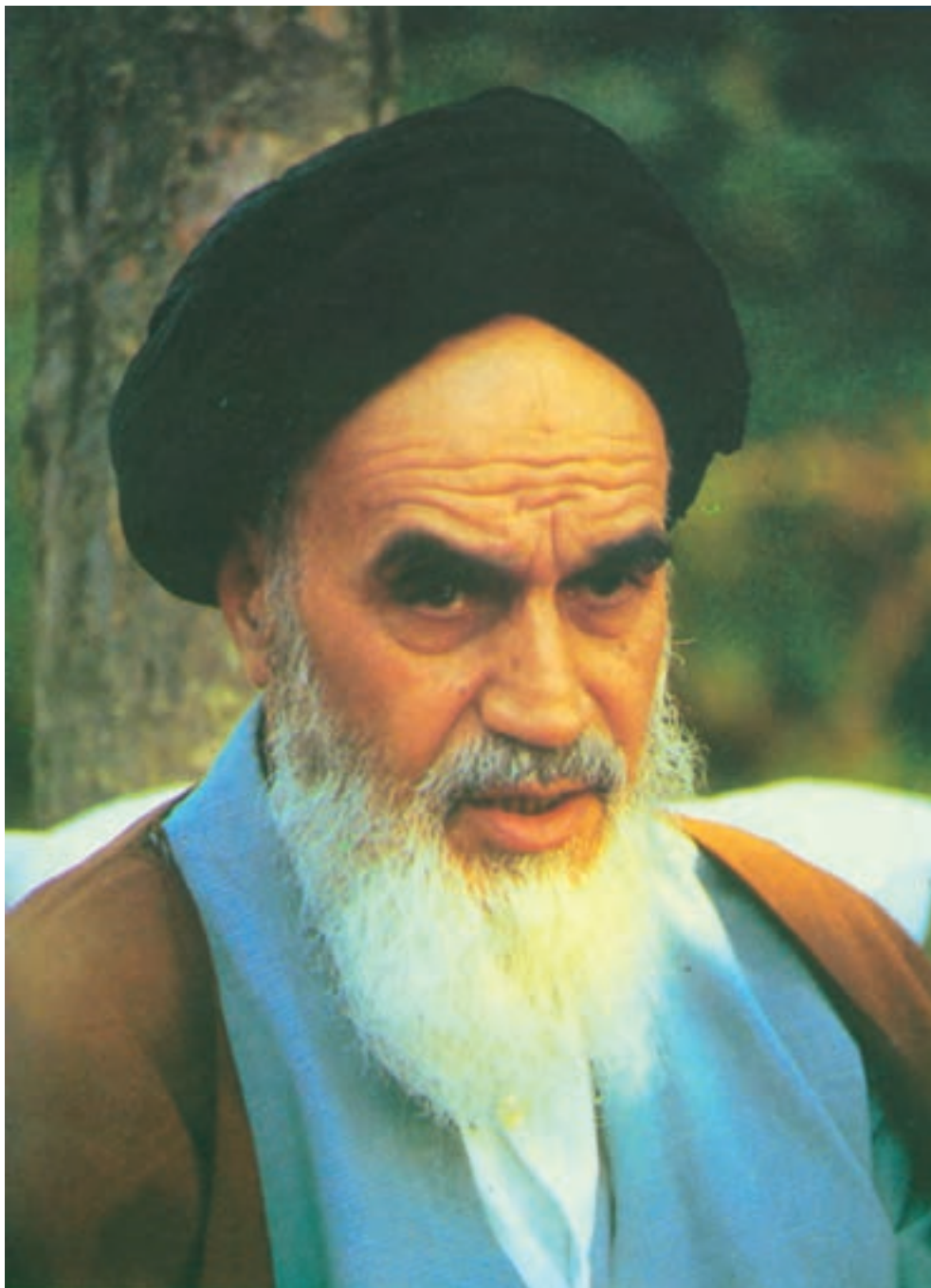
تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ نهم ۱۳۹۵

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۹۶۴-۰۵-۱۲۵۴-۰ ISBN 964-05-1254-0



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور  
خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای  
به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشریف»



## مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه‌ریزی تألیف «پودمان‌های مهارت» یا «کتاب‌های تخصصی شاخه‌ی کاردانش» بر مبنای استانداردهای «مجموعه برنامه‌های درسی رشته‌های مهارتی شاخه‌ی کاردانش، مجموعه‌ی هشتم» صورت گرفته است. بر این اساس ابتدا توانایی‌های هم‌خانواده (Power Harmonic) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. سپس مجموعه مهارت‌های هم‌خانواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته‌بندی می‌شوند. در نهایت واحدهای کار هم‌خانواده با هم مجدداً دسته‌بندی شده و پودمان مهارتی (Module) را شکل می‌دهند.

دسته‌بندی «توانایی‌ها» و «واحدهای کار» توسط کمیسیون‌های تخصصی با یک نگرش علمی انجام شده است به گونه‌ای که یک سیستم پویا بر برنامه‌ریزی و تألیف پودمان‌های مهارت نظارت دائمی دارد. با روش مذکور یک «پودمان» به عنوان کتاب درسی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «شاخه‌ی کاردانش» چاپ سپاری می‌شود.

به طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت ( $M_1$  و  $M_2$  و ...) و هر پودمان نیز به تعدادی واحد کار ( $U_1$  و  $U_2$  و ...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه ( $P_1$  و  $P_2$  و ...) تقسیم می‌شوند. به طوری که هنرجویان در پایان آموزش واحدهای کار (مجموع توانایی‌های استاندارد مربوطه) و کلیه پودمان‌های هر استاندارد، تسلط و مهارت کافی در بخش نظری و عملی را به گونه‌ای کسب خواهند نمود که آمادگی کامل را برای شرکت در آزمون جامع نهایی جهت دریافت گواهینامه مهارت به دست آورند.

بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه‌ی کاردانش و کلیه‌ی عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی پودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی

فنی و حرفه‌ای و کاردانش

## مقدمه

در مراکز صنعتی کمتر پیش می‌آید که از موتورهای تک فاز استفاده کنند، بلکه قریب به اتفاق موتورهای مورد استفاده در این مراکز موتورهای سه فاز می‌باشند. این انتخاب به خاطر ارزان بودن موتورهای سه فاز، نداشتن تجهیزات اضافی برای راه اندازی، ارائه توان بیشتر در حجم‌های یکسان، و بالاخره، امکان کنترل و تعمیر و نگهداری آسان این موتورها می‌باشد. به علت عدم دسترسی به برق سه فاز در اماکن مسکونی، به ناچار از موتورهای تک فاز استفاده می‌شود.

موتورهای تک فاز در توان‌های پایین ساخته می‌شوند و در انواع مختلف از قبیل، موتورهای انیورسال، موتورهای قطب چاکدار، موتورهای با سیم پیچ استارت و موتورهای سه فاز با کارکرد تک فاز، در مصارف خانگی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای مثال، بیشتر موتورهای به کار رفته در جاروبرقی‌ها و آب میوه گیری‌ها از موتورهای انیورسال می‌باشند. اکثر موتورهای به کار رفته در کولرها، ماشین‌های لباس شویی و یخچال‌ها از نوع موتورهای تک فاز با سیم پیچ استارت می‌باشند. موتورهای با سیم پیچ استارت ممکن است به صورت طرح دو فاز یا با سیم پیچ استارت موقت طراحی بشوند که هر دو مورد در این مجموعه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در این کتاب نخست به روش‌های طرح دیاگرام‌ها اشاره شده و طرح جدول‌ها و رسم دیاگرام‌های موتورهای تک فاز از نوع طرح دو فاز، و سیم پیچ استارت در حد امکان مورد بررسی قرار گرفته است. سپس سیم پیچی موتورهای تک فاز به صورت کارهای عملی دنبال شده است. ترسیم نقشه‌ها و محاسبات را هنرجویان در دفتر گزارش کارگاهی انجام می‌دهند. در کارهای عملی پایانی سعی شده است که هنرجویان از طریق بیان ریاضی، با محاسبات ساده آشنا شوند.

پیش آزمون‌ها و پرسش‌ها در حد مطالب کتاب طرح شده است، لذا هنرجویان می‌توانند با پاسخ دادن به این پرسش‌ها، آزموده‌های خود را ارزیابی کنند. در فصل پایانی هم تبدیل موتورهای سه فاز به تک فاز و محاسبه خازن مورد نیاز دنبال شده است. از همکاران ارجمند خواهشمندیم نظرات اصلاحی خود را به دفتر برنامه ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و یا به نشانی اعلام شده در صفحه شناسنامه کتاب ارسال نمایند تا در چاپ‌های بعدی نسبت به رفع اشکالات احتمالی اقدام شود.

مؤلف

# فهرست

صفحه	عنوان
۱	واحد کار اول : رسم دیاگرام سیم بندی تک فاز
۲	پیش آزمون (۱)
۳	۱-۱- مقدمه
۵	۱-۲- پلاک الکترو موتورهای تک فاز
۶	۱-۳- ایجاد میدان دوار دو قطبی در استاتور توسط جریان دو فاز
۹	۱-۴- محاسبه و ترسیم سیم بندی استاتور الکترو موتورهای تک فاز یک طبقه و یک سرعتی و دو سرعتی
۲۷	۱-۵- کارهای عملی
۴۴	آزمون پایانی (۱)
۴۶	واحد کار دوم : کلاف گذاری تک فاز
۴۷	۲-۱- مقدمه
۴۸	۲-۲- سیم پیچی استاتور موتورهای تک فاز طرح دو فاز
۴۸	۲-۳- کار عملی شماره ۱
۵۸	۲-۴- سیم پیچی استاتور موتورهای تک فاز با سیم پیچ استارت موقت
۶۱	۲-۵- کار عملی شماره ۲
۷۰	۲-۶- کار عملی شماره ۳
۸۱	۲-۷- کار عملی شماره ۴
۸۹	آزمون پایانی (۲)
۹۰	واحد کار سوم : تبدیل الکترو موتورهای سه فاز به تک فاز
۹۱	پیش آزمون (۳)
۹۲	۳-۱- مقدمه
۹۲	۳-۲- محاسبات خازن جهت تبدیل موتورهای سه فاز به تک فاز
۹۳	۳-۳- مدار الکتریکی تبدیل الکترو موتورهای سه فاز به تک فاز
۹۴	۳-۴- کار عملی شماره ۱
۹۶	آزمون پایانی (۳)
۹۷	پاسخ پیش آزمون ها
۹۸	منابع و مأخذ

## هدف کلی پودمان

محاسبه، ترسیم و سیم پیچی موتورهای الکتریکی یک فاز

ساعات			عنوان توانایی	توانایی	واحد کار
جمع	عملی	نظری			
۴۰	۳۰	۱۰	محاسبه و ترسیم دیاگرام های سیم بندی الکتروموتورهای یک فاز یک طبقه	۲۹	۱
۸۳	۷۵	۸	سیم پیچی الکتروموتورهای یک طبقه یک سرعت	۳۰	۲
۴	۲	۲	تبدیل الکتروموتورهای سه فاز به یک فاز	۲۸	۳
۱۲۷	۱۰۷	۲۰	جمع کل		



## واحد کار اول

# رسم دیاگرام سیم‌بندی سه فاز

### هدف کلی

محاسبه و ترسیم دیاگرام‌های سیم‌بندی موتورهای یک طبقه‌ی تک‌فاز

هدف‌های رفتاری: فراگیر پس از پایان این واحد کار قادر خواهد بود:

- ۱- مشخصات موتور را از پلاک موتور به‌دست آورد.
- ۲- موارد کاربرد موتورهای تک‌فاز را نام ببرد.
- ۳- انواع شیوه‌های راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز را شرح دهد و موارد کاربرد هر یک را بیان کند.
- ۴- دیاگرام سیم‌بندی اصلی و استارت موتورهای تک‌فاز یک طبقه‌ی یک سرعت را با راه‌انداز موقت طرح و رسم کند.
- ۵- دیاگرام سیم‌بندی اصلی و استارت موتورهای تک‌فاز یک طبقه‌ی دو سرعت را با راه‌انداز موقت طرح و رسم کند.
- ۶- طرز تشکیل حوزه‌ی دوآر را، در سطح استاتور موتور تک‌فاز با طرح دو فاز، توضیح دهد.
- ۷- دیاگرام سیم‌بندی اصلی و کمکی موتورهای تک‌فاز با طرح دو فاز را رسم کند.



ساعات آموزش

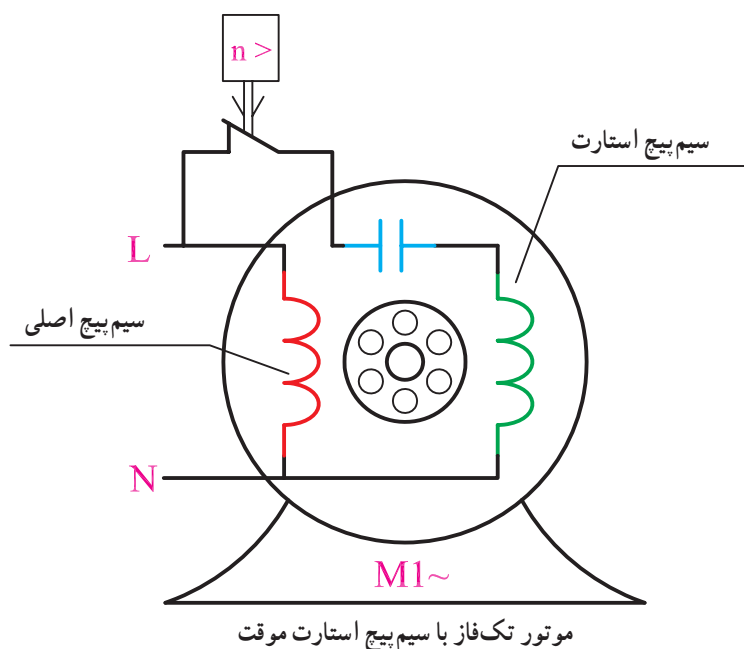
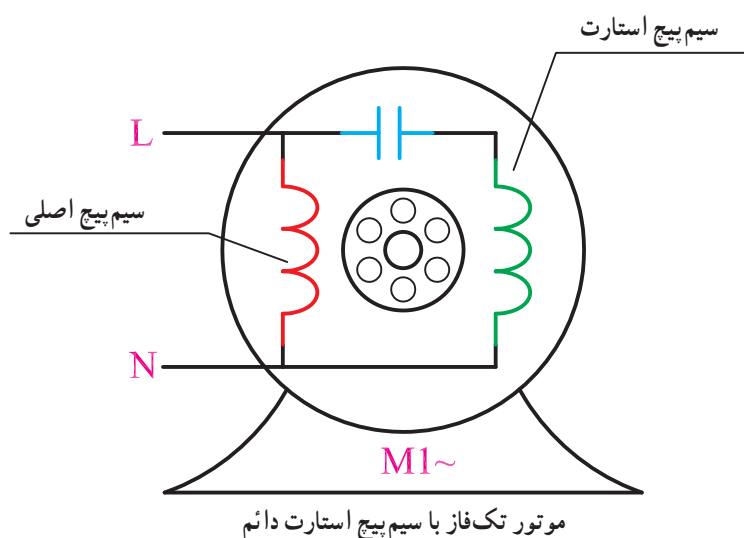
نظری	عملی	جمع
۱۰	۳۰	۴۰

## پیش آزمون (۱)

- ۱- در موتورهای تک فاز، نقش کلید گریز از مرکز چیست؟
  - (۱) راه اندازی
  - (۲) تقویت گشتاور راه اندازی
  - (۳) قطع سیم پیچ استارت
  - (۴) ایجاد میدان دوار
- ۲- اختلاف فاز الکتریکی بین سیم پیچ استارت و سیم پیچ اصلی در موتورهای تک فاز، تقریباً چند درجه است؟
  - (۱) ۱۲۰ درجه
  - (۲) ۹۰ درجه
  - (۳) ۱۸۰ درجه
  - (۴) صفر
- ۳- در راه اندازی موتورهای پر قدرت تک فاز از سیم پیچ با راه انداز ..... استفاده می شود.
  - (۱) خازنی - مقاومتی
  - (۲) خازنی - خازنی
  - (۳) مقاومتی - خازنی
  - (۴) مقاومتی - مقاومتی
- ۴- گام سیم بندی سیم پیچ استارت در موتورهای تک فاز چند برابر گام سیم بندی سیم پیچ اصلی است؟
  - (۱) نیم
  - (۲) دو
  - (۳) یک
  - (۴) دو سوم
- ۵- در راه اندازی موتورهای سه فاز در جریان تک فاز، برای هر اسب بخار توان موتور را چند میکرو فاراد خازن باید در نظر گرفت؟
  - (۱) ۷۰
  - (۲) ۱۰۰
  - (۳) ۶۰
  - (۴) ۵۰
- ۶- در موتورهای تک فاز با سیم پیچ استارت موقت حداقل چند درصد شیارهای استاتور برای سیم پیچ اصلی در نظر گرفته می شود؟
  - (۱) ۵۰
  - (۲) ۷۵
  - (۳) ۴۰
  - (۴) ۶۷
- ۷- در سیم بندی موتورهای تک فاز با طرح دو فاز تقریباً چند درصد شیارهای استاتور با سیم پیچ اصلی اشغال می شود؟
  - (۱) دو سوم
  - (۲) یک سوم
  - (۳) نصف
  - (۴) سه چهارم
- ۸- ضریب توان موتورهای تک فاز ..... از موتورهای سه فاز مشابه است؛ در عوض بازده موتورهای سه فاز ..... از تک فاز است.
  - (۱) کمتر - بیشتر
  - (۲) بیشتر - کمتر
  - (۳) کمتر - کمتر
  - (۴) بیشتر - بیشتر
- ۹- موتورهای تک فاز به صورت ..... و با گام ..... سیم پیچی می شوند.
  - (۱) متحدالمرکز - کسری
  - (۲) متحدالمرکز - کامل
  - (۳) کلاف مساوی - کسری
  - (۴) کلاف مساوی - کامل

## ۱-۱- مقدمه

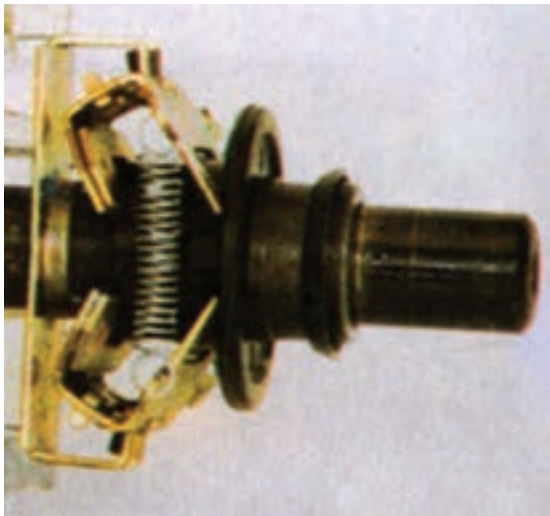
چنان که گفتیم، الکتروموتورهای تک فاز بیشتر مصارف خانگی دارند و در توان‌های پایین ساخته می‌شوند. با توجه به تئوری دو میدان، مقدار مؤثر گشتاور راه‌اندازی در محور موتورهای تک فاز صفر است. به همین جهت این موتورها خود به خود راه‌اندازی نمی‌شوند و لازم است از سیم‌پیچ راه‌انداز در ساختمان آن‌ها استفاده شود نوع سیم‌پیچ راه‌انداز به کارکرد موتور بستگی دارد. در برخی از موتورها، سیم‌پیچ راه‌انداز پس از راه‌اندازی از مدار الکتریکی خارج می‌شود و در برخی دیگر سیم‌پیچ در مدار تغذیه باقی می‌ماند (شکل ۱-۱).



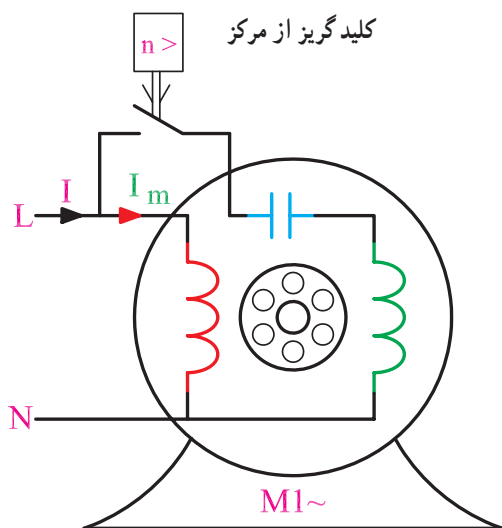
شکل ۱-۱

سیم پیچ‌های راه‌انداز، به دودسته، سیم پیچ استارت موقت و سیم پیچ استارت دائم تقسیم می‌شوند. بین موتورهای تک فاز با سیم پیچ استارت موقت با موتورهای سه فاز، دو تفاوت عمده مشاهده می‌شود. تفاوت اول، اختصاص حداقل یک سوم شیارهای استاتور به سیم پیچ استارت است.

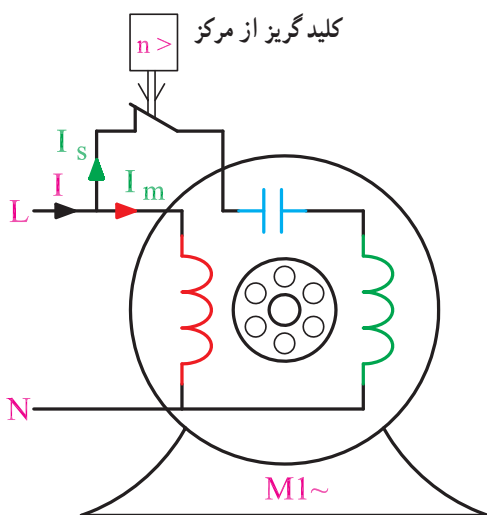
این سیم پیچ پس از راه‌اندازی از مدار خارج می‌شود، به همین جهت نمی‌توان از هم‌همی ظرفیت هسته‌ی استاتور در تولید توان مکانیکی بهره‌برداری کرد. این موضوع سبب کاهش ضریب بهره‌ی این موتورها در مقایسه با موتورهای سه فاز می‌شود. دومین تفاوت، نیاز به وسیله‌ای است که سیم پیچ استارت را، پس از آن که موتور به ۷۵٪ دور نامی رسید، از مدار الکتریکی خارج کند؛ این وسیله کلید گریز از مرکز است (شکل ۱-۲). کلید گریز از مرکز یک وسیله‌ی مکانیکی است که علاوه بر افزودن به وزن موتور موجب افزایش هزینه‌ی ساخت موتور نیز می‌شود؛ همچنین یک بار اضافی است که چون همواره با محور موتور گردش می‌کند راندمان موتور را کاهش می‌دهد. با این حال، اگر کلید گریز از مرکز به وظیفه‌ی خود عمل نکند ممکن است دو وضعیت در کار موتور پیش آید که هر دو منجر به سوختن سیم پیچ‌های موتور خواهد شد. در حالت اول کلید گریز از مرکز به وضعیت قبل بر نمی‌گردد که در نتیجه سیم پیچ استارت به هنگام راه‌اندازی در مدار منبع تغذیه قرار نمی‌گیرد و موتور به کار نمی‌افتد. در این حال، از سیم پیچ اصلی جریان شدیدی عبور می‌کند که سیم پیچ اصلی را می‌سوزاند. در حالت دوم کلید گریز از مرکز قادر به قطع سیم پیچ استارت نیست، لذا باقی ماندن سیم پیچ استارت در مدار الکتریکی موجب سوختن سیم پیچ می‌شود. زیرا سطح مقطع سیم پیچ استارت را به دلیل مدت زمان کوتاهی که باید در مدار باشد کوچک انتخاب می‌کنند. کوچکی سطح مقطع، سیم پیچ استارت را آسیب پذیر می‌کند و وقتی کلید گریز از مرکز نتواند سیم پیچ استارت را قطع کند، سیم پیچ می‌سوزد. سوختن سیم پیچ استارت سبب آسیب دیدن سیم پیچ اصلی می‌شود.



شکل ۱-۲- کلید گریز از مرکز



شکل ۱-۳ الف



شکل ۱-۳ ب

جدول ۱-۴ پلاک موتور تک فاز

Type EAM 80K4 - AK33		MOT
1990		IM
0.55 Kw		COS $\phi$ 0.75
220V		5.5A
1420 R.P.M		50Hz
IP 44		11.6Kg
CA 60 $\mu$ F / 320V		

کلید گریز از مرکز سیم پیچ استارت را قطع نمی کند. ابتدا سیم پیچ استارت و سپس سیم پیچ اصلی می سوزد (شکل ۱-۳-الف).

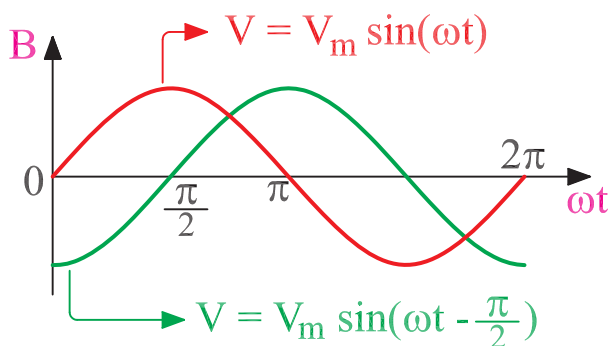
کلید گریز از مرکز سیم پیچ استارت را وصل نمی کند؛ در نتیجه موتور راه اندازی نمی شود و می سوزد (شکل ۱-۳-ب).

## ۱-۲ پلاک الکتروموتورهای تک فاز

روی بدنه ی همه ی موتورهای الکتریکی صفحه ای وجود دارد که مشخصات الکتریکی و بعضی از موارد کاربرد موتور را، به صورت یک جدول، روی آن می نویسند. این صفحه به پلاک موتور معروف است. جدول ۱-۴ نمونه ای از یک پلاک است. اطلاعاتی که از این پلاک می توان به دست آورد عبارت است از: موتور تک فاز است. در سال ۱۹۹۰ میلادی ساخته شده است. توان خروجی آن ۵۵kw / ۵۵۰ وات است. ضریب توان آن ۷۵٪ /  $\cos \phi$  است. ۵/۵ آمپر جریان می کشد. ولتاژ نامی آن ۲۲۰ ولت است. دور نامی آن در هر دقیقه ۱۴۲۰ دور است. با فرکانس ۵۰ هرتز کار می کند. دارای IP۴۴ است، یعنی در مقابل تماس با ایزاری مثل پیچ گوشتی و آچار و نیز اجسام خارجی به بزرگی دانه ی گندم و پاشیده شدن آب به آن در همه جهات حفاظت شده است. ۱۱/۶ کیلوگرم وزن دارد. خازن راه انداز آن ۶۰ میکروفاراد ظرفیت دارد و ولتاژ تا ۳۲۰ ولت را تحمل می کند.

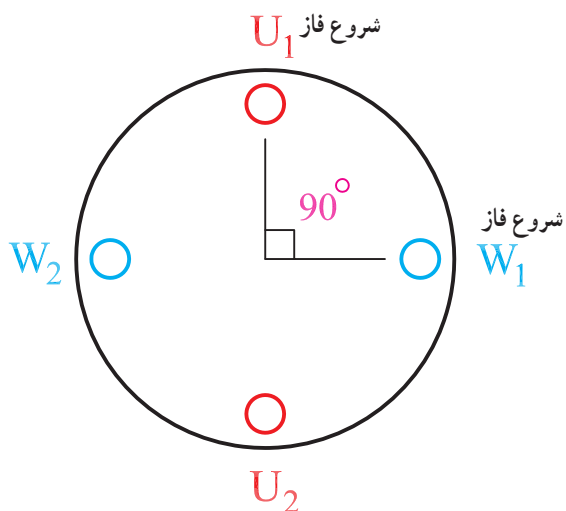
### ۱-۳- ایجاد میدان دوآر دو قطبی در استاتور توسط جریان دو فاز

در جریان‌های دو فاز، اختلاف فاز بین دو فاز  $90^\circ$  درجه‌ی الکتریکی است. معمولاً در صنعت، جریان دو فاز تولید نمی‌شود. ولی با مدارهای خازنی می‌توان اختلاف فازهای خیلی نزدیک به  $90^\circ$  درجه‌ی الکتریکی، یعنی دو فاز را ایجاد کرد. شکل (۱-۵) جریان الکتریکی دو فاز را نشان می‌دهد.



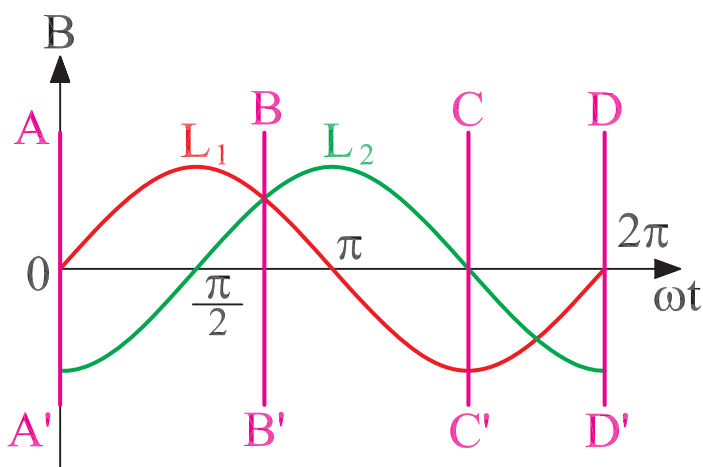
شکل ۱-۵- جریان متناوب دو فاز

جریان متناوب دو فاز، نظیر جریان متناوب سه فاز، قادر است در سطح استاتوری که دو سیم‌پیچ با اختلاف مکان  $90^\circ$  درجه‌ی الکتریکی دارد، حوزه‌ی دوآر مغناطیسی ایجاد کند. این میدان مفتول‌های روتور را قطع و در آن‌ها جریان الکتریکی القا می‌کند. این جریان القایی، در میدان مغناطیسی استاتور، گشتاوری پدید می‌آورد و روتور را حول محور خود وادار به گردش می‌کند. شکل (۱-۶) موقعیت سیم‌پیچ‌های استاتور دو فاز را نشان می‌دهد.



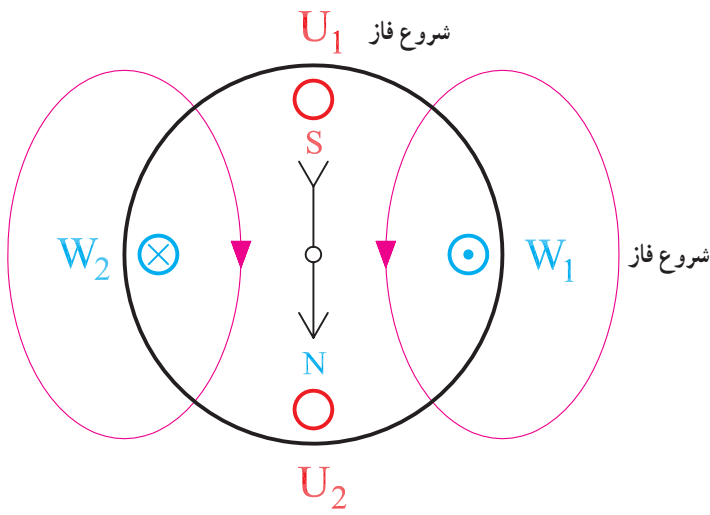
شکل ۱-۶- استاتور دو فاز

برای نشان دادن چگونگی تشکیل حوزه‌ی دوآر، در استاتور موتور تک‌فاز، توسط جریان متناوب دو فاز موقعیت قطب‌ها را در مقادیر مختلف  $\omega t$  در سطح استاتور به دست می‌آوریم. ورودی جریان‌ها را درون سو و با علامت  $\otimes$  و خروجی جریان‌ها را برون سو و با علامت  $\odot$  نشان می‌دهیم. جهت میدان اطراف سیم‌ها از قاعده‌ی دست راست تعیین می‌شود. در مکان  $AA'$  (شکل ۱-۷)،  $\omega t = 0^\circ$  است فاز  $L_1 < 0^\circ$  و  $L_2 = 0^\circ$



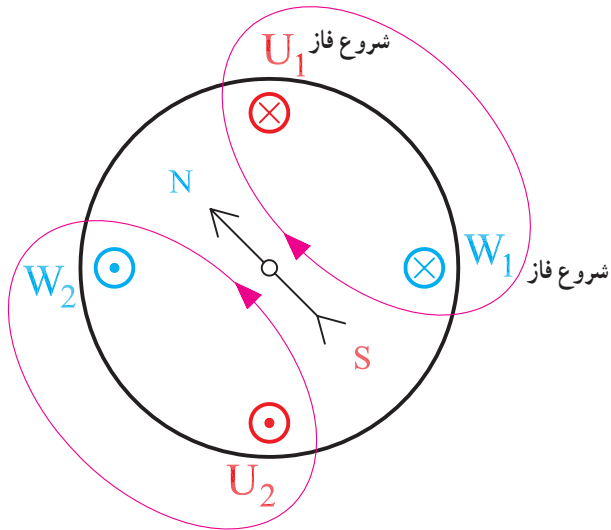
شکل ۱-۷- شکل موج جریان دو فاز

و موقعیت قطب‌ها براساس شکل (۱-۸) می‌باشد.



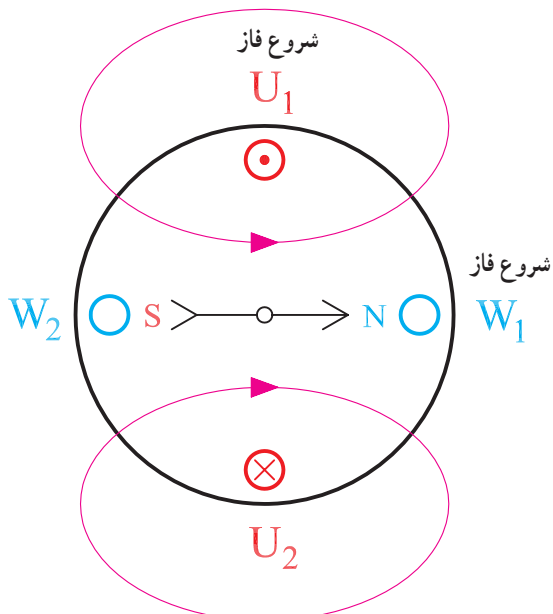
شکل ۱-۸

در مکان  $BB'$ ،  $\omega t = 135^\circ$  است. در این حالت فاز  $L_1 > 0^\circ$  و  $L_2 > 0^\circ$  است و موقعیت قطب‌ها براساس شکل (۱-۹) می‌باشد. به طوری که مشاهده می‌شود، قطب‌ها نیز به اندازه‌ی  $135^\circ$  درجه جابه‌جا می‌شوند.



شکل ۱-۹

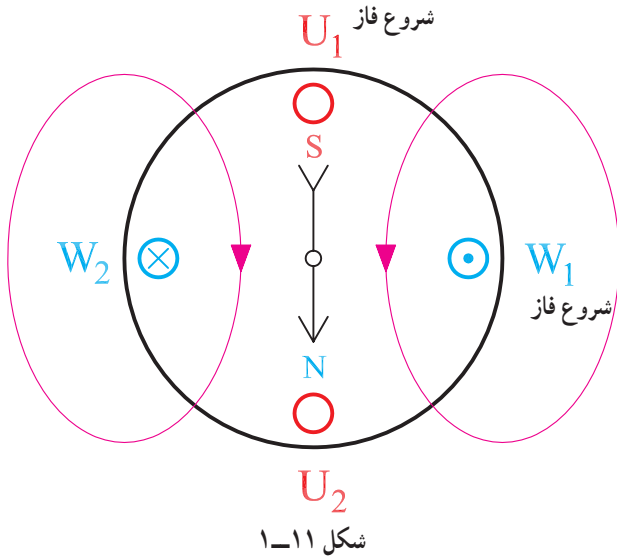
- در مکان  $CC'$ ،  $\omega t = 270^\circ$  است؛ در این حالت فاز  $L_1 < 0^\circ$  و  $L_2 = 0^\circ$  است و موقعیت قطب‌ها براساس شکل (۱-۱۰) می‌باشد.



شکل ۱-۱۰

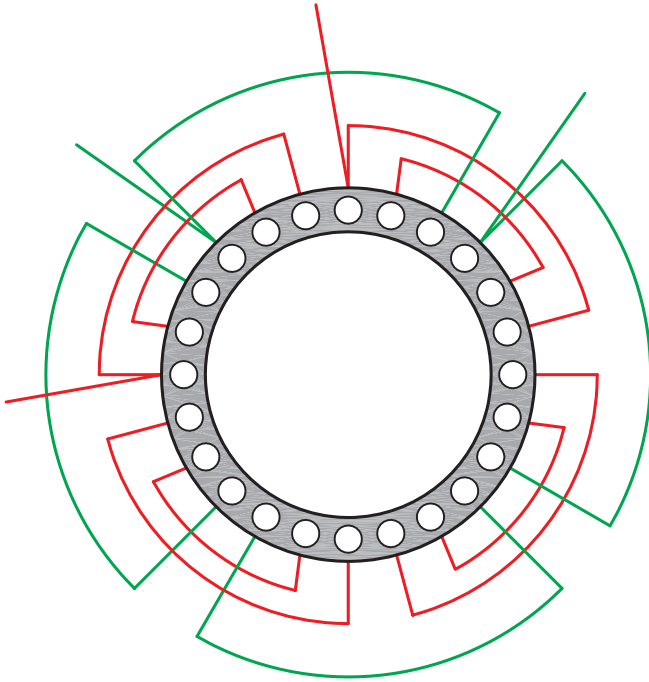
– در مکان  $DD'$ ،  $\omega t = 36^\circ$  است؛ در این حالت فاز  $L_1 = 0^\circ$  و  $L_2 < 0^\circ$  است و موقعیت قطب‌ها براساس شکل (۱-۱۱) می‌باشد.

از شکل‌های ۱-۷ تا ۱-۱۱ می‌توان نتیجه گرفت که وقتی  $\omega t$  از صفر تا  $36^\circ$  درجه تغییر می‌کند میدان مغناطیسی نیز یک دور کامل سطح استاتور را می‌پیماید؛ و اگر فرکانس برابر  $f$  باشد میدان نیز  $f$  بار سطح استاتور را، در هر ثانیه، خواهد پیمود. بدین طریق میدان دوآری با فرکانس  $f$  در سطح استاتور موتور دو فاز تشکیل می‌شود.



شکل ۱-۱۱

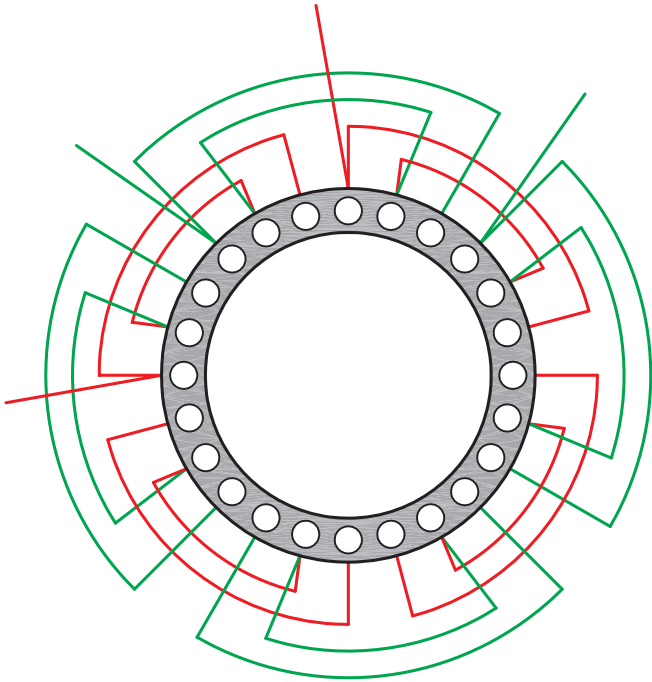
چون براساس تئوری دو میدان، برق متناوب تک فاز نمی‌تواند در سطح استاتور حوزه‌ی دوآر ایجاد کند در راه‌اندازی این موتورها از عملکرد برق دو فاز استفاده می‌شود. برای این منظور در موتورهای تک‌فاز از یک سیم‌پیچ به‌عنوان سیم‌پیچ راه‌انداز یا سیم‌پیچ کمکی استفاده می‌شود. این سیم‌پیچ‌ها پس از راه‌اندازی موتور از مدار الکتریکی خارج می‌شوند. به این سیم‌پیچ‌ها، در موتورهای تک‌فاز سیم‌پیچ استارت موقت می‌گویند (شکل ۱-۱۲). در بعضی موتورها، سیم‌پیچ راه‌انداز، پس از راه‌اندازی همچنان در مدار باقی می‌ماند و در تولید توان به سیم‌پیچ اصلی کمک می‌کند، لذا به آن سیم‌پیچ کمکی نیز گفته می‌شود. مشخصات سیم‌پیچ کمکی مشابه مشخصات سیم‌پیچ اصلی است. این نوع سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز را، طرح دو فاز می‌گویند. این موتورها دائم در مدار خازن دارند و فاقد کلید گریز از مرکز می‌باشند.



شکل ۱-۱۲ – موتور با سیم‌پیچی استارت موقت



چون از کل هسته‌ی موتور استفاده می‌شود، ضریب بهره‌ی آن بالا است (شکل ۱۳-۱).

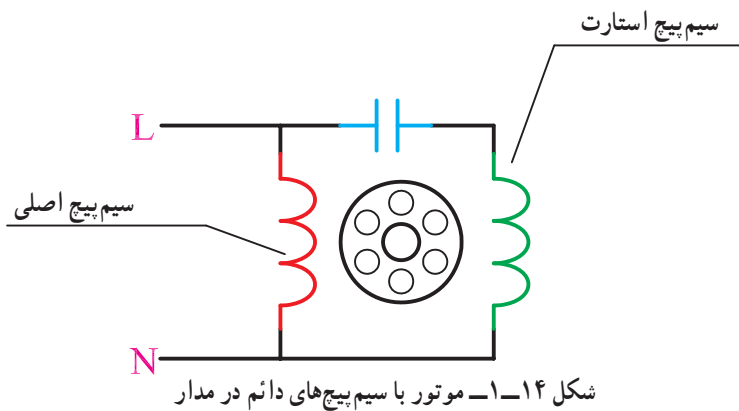


شکل ۱۳-۱- موتور با سیم‌پیچی طرح دو فاز

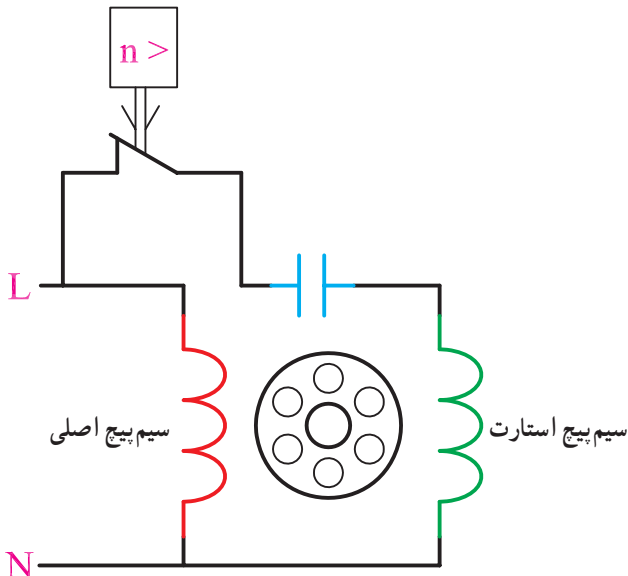
#### ۱-۴- محاسبه و ترسیم سیم‌بندی استاتور الکتروموتورهای تک فاز یک طبقه یک سرعت و دو سرعت

سیم‌بندی الکتروموتورهای تک فاز، مانند سیم‌پیچی موتورهای سه فاز، بیشتر به مهارت و تجربه‌ی موتور پیچ بستگی دارد. تنوع در سیم‌پیچی موتورهای تک فاز زیاد است از این رو نمی‌توان روش واحدی را برای سیم‌پیچی موتورهای تک فاز ارائه کرد. به همین جهت نخست با اصول کلی سیم‌پیچی موتورهای تک فاز آشنا می‌شویم تا در ضمن پیشرفت کار و کسب تجربه به مهارت‌های لازم برسیم.

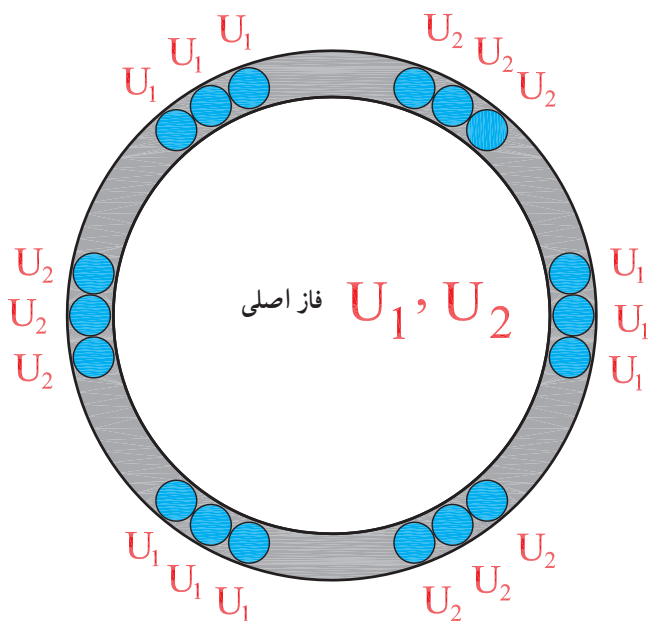
موتورهای تک فاز را دو حالت، الف: باقی ماندن سیم‌پیچ کمکی در مدار (شکل ۱۴-۱) و ب: خارج شدن آن از مدار پس از راه‌اندازی (شکل ۱۵-۱) مورد بررسی قرار می‌دهیم.



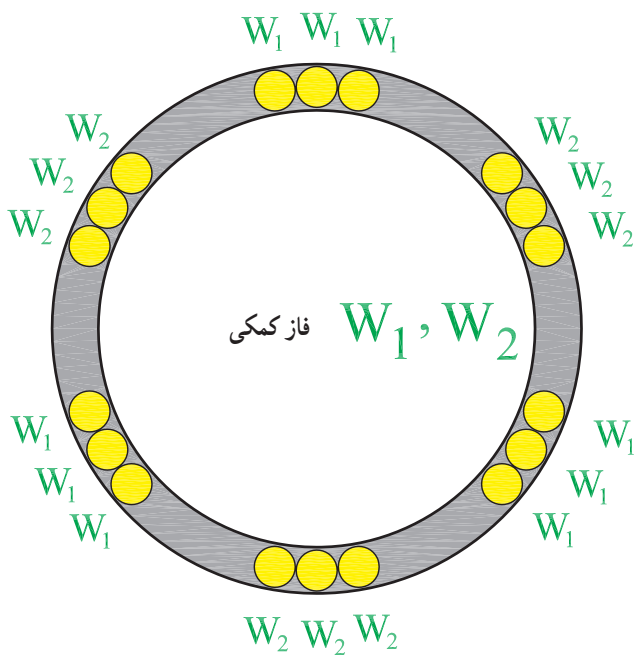
شکل ۱۴-۱- موتور با سیم‌پیچ‌های دائم در مدار



شکل ۱۵-۱- موتور با سیم‌پیچ استارت موقت



الف - شیارهای مربوط به فاز  $U_1$  و  $U_2$



ب - شیارهای مربوط به فاز  $W_1$  و  $W_2$

شکل ۱-۱۶ - تقسیم شیارها بین فازها به سهم مساوی

#### ۱-۴-۱ - محاسبه و ترسیم موتورهای تک فاز با

سیم پیچ کمکی دائم در مدار: اغلب موتورهایی که سیم پیچ کمکی آن‌ها، در مدار باقی می ماند موتورهای طرح دوفاز هستند. همان طور که قبلاً اشاره شد این موتورها کلید گریز از مرکز ندارند و در سیم پیچی از کل شیارهای استاتور استفاده می شود. در سیم پیچی موتورهای طرح دوفاز، نصف شیارها را سیم پیچ اصلی و نصف دیگر را سیم پیچ کمکی اشغال می کند (شکل ۱-۱۶).

این نوع سیم پیچی، به سیم پیچی موتورهای سه فاز بیشتر شباهت دارد؛ با این تفاوت که  $m$  در موتورهای سه فاز برابر ۳ ولی در موتورهای طرح دو فاز برابر ۲ می باشد. تفاوت دیگری که در سیم پیچی طرح دوفاز مشاهده می شود شروع فازهاست.

دیگرام سیم پیچی موتورهای یک فاز، با طرح دوفاز، را در سه مرحله دنبال می کنیم.

مرحله اول، محاسبات:

۱- تعیین گام قطبی ( $Y_p$ ): گام قطبی از رابطه‌ی

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

قطب‌ها می‌باشد (شکل ۱-۱۷). تعداد  $2P$  و  $Z$  تعداد شیارها و

۲- محاسبه‌ی تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز

( $q$ ): تعداد شیارهای زیر هر فاز در هر قطب، از رابطه‌ی

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

۳- گام سیم‌بندی ( $Y_z$ ): در سیم‌بندی به ازای زوج

قطب، گام سیم‌بندی از رابطه‌ی  $Y_z = Y_p = \frac{Z}{2P}$  تعیین می‌شود.

در سیم‌بندی به ازای قطب گام سیم‌بندی، از رابطه‌ی

$$Y_z = \frac{Z}{2P} - \frac{q}{2}$$

به دست می‌آید (شکل ۱-۱۸).

۴- زاویه‌ی الکتریکی شیارها ( $\alpha_{ez}$ ): زاویه‌ی

الکتریکی شیارها از رابطه‌ی  $\alpha_{ez} = \frac{P \times 360}{Z}$  تعیین می‌شود.

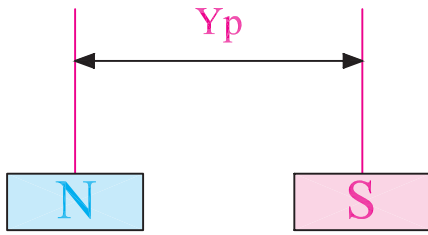
$Z$  تعداد شیارها و  $P$  نصف تعداد قطب‌ها می‌باشد (شکل ۱-۱۹).

۵- شروع فازها: شروع فازها در موتورهای تک‌فاز،

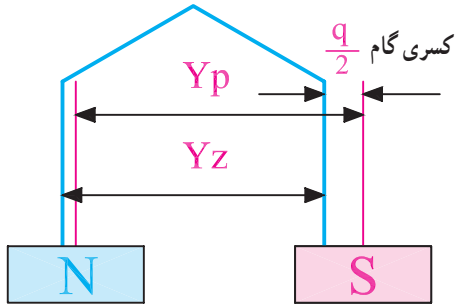
$90^\circ$  درجه‌ی الکتریکی اختلاف فاز دارد، بنابراین،

$$U_1, U_2 = 1$$

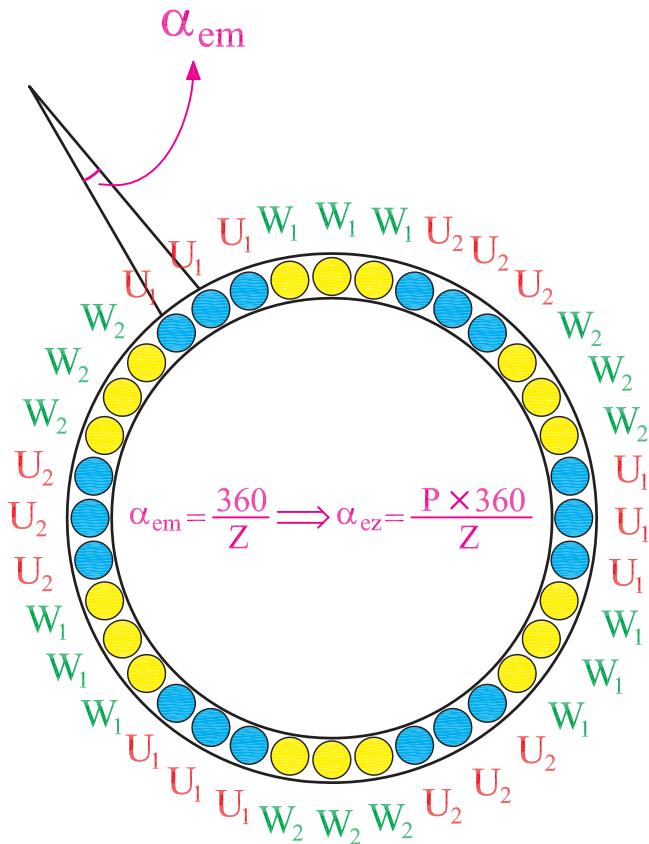
$$W_1, W_2 = 1 + \frac{90^\circ}{\alpha_{ez}}$$



شکل ۱-۱۷- گام قطبی



شکل ۱-۱۸- گام سیم‌بندی در سیم‌بندی به ازای قطب



شکل ۱-۱۹- زاویه‌ی الکتریکی شیارها

جدول ۲۰-۱

$\begin{matrix} m \\ 2p \end{matrix}$	$U_1, U_2$	$W_1, W_2$
N		
S		
N		
S		

مرحله‌ی دوم، تشکیل جدول دیاگرام: سیم‌بندی موتورهای یک فاز، بیشتر به صورت یک طبقه و به ازای قطب انجام می‌شود. بدین علت به تشکیل جدول دیاگرام موتورهای یک فاز، به ازای قطب اکتفا می‌کنیم. برای این منظور جدولی رسم می‌کنیم که به تعداد قطب‌ها ردیف و به تعداد فازها ( $m=2$ ) ستون داشته باشد (جدول ۲۰-۱).

هر ستون جدول را به  $q$  قسمت تقسیم می‌کنیم. براساس مقادیر زوج و فرد برای  $q$ ، دو حالت ممکن است اتفاق بیفتد.

اگر  $q$  زوج باشد کسری گام، به اندازه‌ی  $\frac{q}{4}$  بوده و سیم‌بندی

متقارن خواهد شد. به عنوان مثال برای یک موتور ۲۴ شیار ۶ قطب با  $q=2$ ، جدول (۲۱-۱) تشکیل می‌شود.

در موتور ۲۴ شیار ۶ قطب، در هر فاز برای هر قطب

۲ شیار وجود دارد. گام قطبی  $y_p = \frac{24}{6} = 4$  می‌باشد و چون

$q = \frac{24}{4 \times 3} = 2$  است، کسری گام برابر  $\frac{q}{4}$  یا یک شیار خواهد

شد. از آن جایی که در سیم‌بندی به ازای قطب، سیم‌پیچی پس از یک دور به شیار ماقبل خود می‌رسد و شیار شماره یک با بازوی دوم کلاف اشغال می‌شود، لذا شیار شماره ۲ را برای فاز  $U_2$  و  $U_1$  و شیار شماره ۴ را برای فاز  $W_2$  و  $W_1$  به عنوان شیار شروع انتخاب می‌کنیم و با گام سیم‌بندی شروع می‌کنیم. جدول را کامل می‌کنیم.

اگر  $q$  فرد باشد در این حالت نمی‌توان برای کسری گام

نصف شیار در نظر گرفت. در این صورت گروه کلاف‌ها را به دو گروه تقسیم می‌کنند که یک گروه، یک کلاف، بیشتر از دیگری دارد. مثلاً اگر  $q=3$  باشد یک گروه کلاف دوتایی و دیگری یکی، و اگر  $q=5$  باشد، یک گروه کلاف ۳ تایی و دیگری دوتایی خواهد شد. به شکل ۲۲-۱ توجه کنید که در آن جدول سیم‌بندی نیز براساس این تقسیم‌بندی انجام می‌شود.

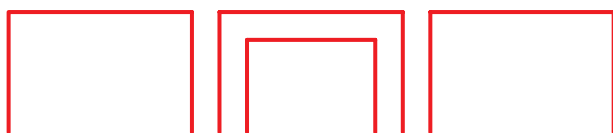
سیم‌بندی موتور ۳۶ شیار ۶ قطب موتور تک‌فاز با سیم‌بندی

طرح دو فاز مطابق جدول ۲۳-۱ خواهد شد.

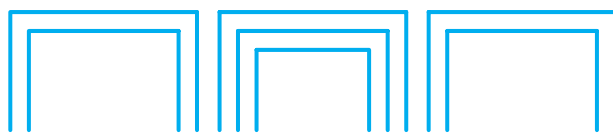
$$q = \frac{Z}{2Pm} = \frac{36}{6 \times 2} = 3$$

جدول ۲۱-۱ سیم‌بندی موتور ۲۴ شیار ۶ قطب  $q=2$

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



الف -  $q=3$



ب -  $q=5$

شکل ۲۲-۱ آرایش گروه کلاف‌ها برای  $q$ های فرد

جدول ۲۳-۱- موتور ۳۶ شیار ۶ قطب طرح دوفاز

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
N	25 26 27	28 29 30
S	31 32 33	34 35 36

$$\alpha_{ez} = \frac{p \times 36^\circ}{z} = \frac{3 \times 36^\circ}{36} = 3^\circ$$

$$U_1, U_2 = 1 \text{ شروع فاز}$$

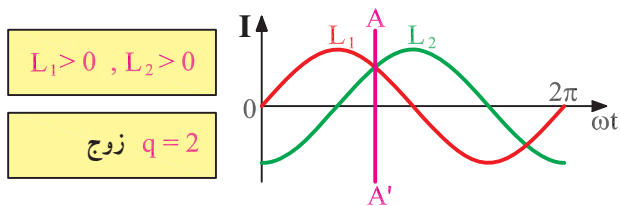
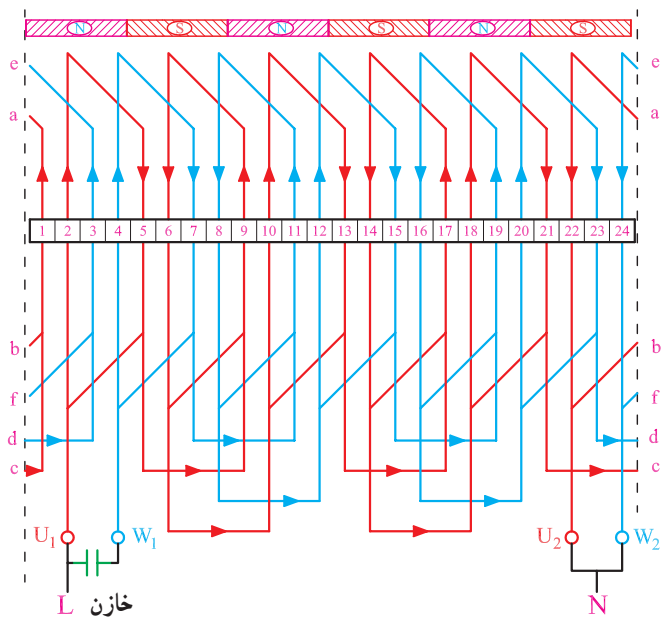
$$W_1, W_2 = 1 + \frac{9^\circ}{\alpha_{ez}} = 1 + \frac{9^\circ}{3^\circ} = 4 \text{ شروع فاز}$$

$$Y_p = \frac{Z}{2P} = \frac{36}{6} = 6$$

مرحله‌ی سوم، رسم دیاگرام: اغلب موتورهای طرح

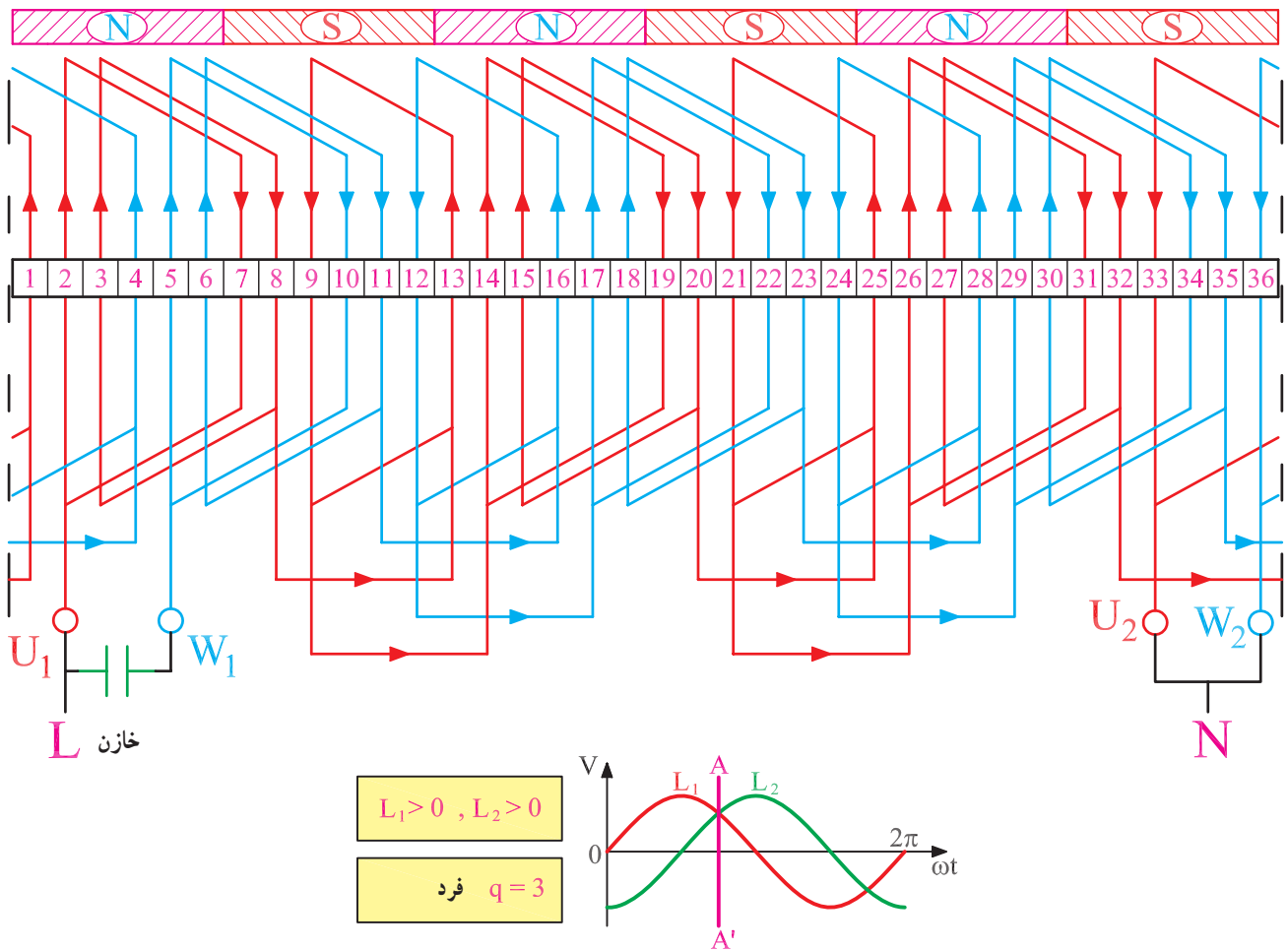
دوفاز را، به علت مشابه و مساوی بودن کلاف‌های سیم پیچ اصلی و کمکی، به صورت کلاف مساوی، ولی سیم پیچ موتورهای یک فاز با سیم پیچ استارت موقت را معمولاً به صورت متحدالمرکز می پیچند. علت این امر یکسان نبودن سیم پیچ استارت با سیم اصلی است. سیم پیچ استارت به علت اتصال موقت به مدار الکتریکی، ضعیف تر انتخاب می شود و آسیب پذیری آن بیشتر است. از این رو، روی سیم پیچ اصلی قرار می گیرد. با سیم بندی متحدالمرکز و قرار گرفتن سیم استارت در قسمت رو، می توان در صورت نیاز آن را به راحتی تعویض کرد.

دیاگرام‌های سیم بندی، براساس جدول راهنما ترسیم می شوند. با توجه به جدول ۲۱-۱ دیاگرام سیم بندی موتور ۲۴ شیار ۶ قطب با q زوج، در شکل ۲۴-۱ رسم شده است. چون سیم بندی به ازای قطب است اتصال گروه کلاف‌ها، اتصال دور است و بر اساس  $L_1 > 0$  و  $L_2 > 0$  در سطح استاتور قطب سازی شده است. خازن دائمی C، جریانی با اختلاف فاز  $9^\circ$  درجه را تأمین می کند.



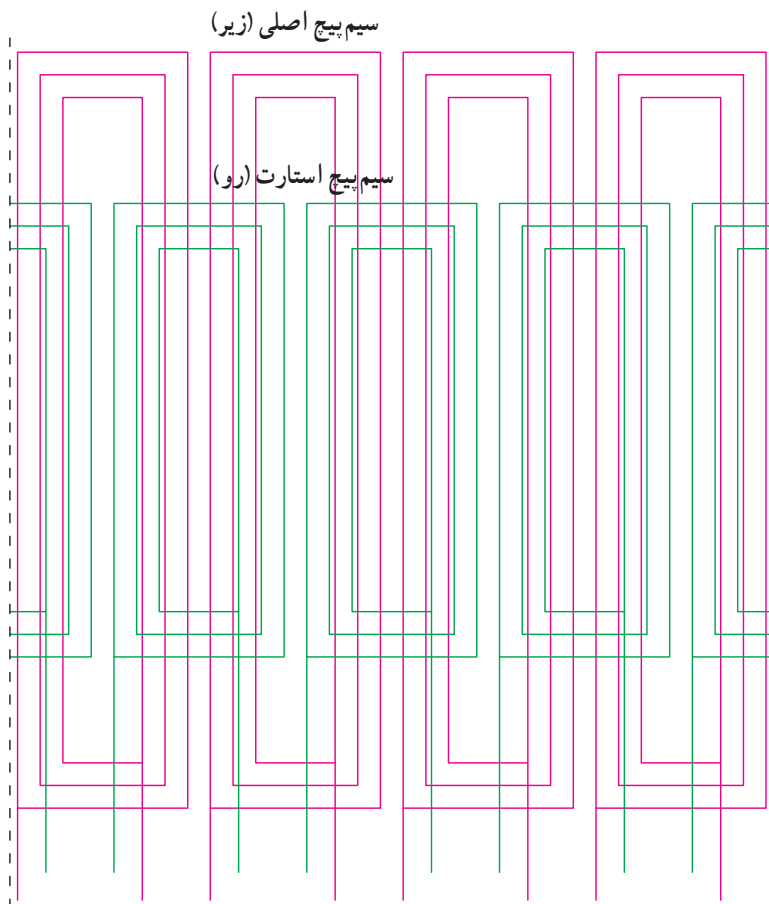
شکل ۲۴-۱- دیاگرام سیم بندی موتور یک فاز طرح دوفاز ۲۴ شیار ۶ قطب با q زوج

دیگرام جدول ۲۳-۱ موتور ۳۶ شیار ۶ قطب مطابق شکل ۲۵-۱ رسم می‌شود. به طوری که مشاهده می‌شود چون  $q = 3$  است و نمی‌توان نصف شیار، برای کسری گام در نظر گرفت از این رو ۳ شیار زیر هر قطب در هر فاز با یک گروه کلاف دوتایی و یک گروه کلاف تکی تأمین شده است. اتصال گروه کلاف‌ها به خاطر  $G = 2P$  اتصال دور می‌باشد و قطب‌بندی بر اساس  $L_1 > 0$  و  $L_2 > 0$  انجام شده است. از خازن برای تأمین جریان با اختلاف فاز  $90^\circ$  درجه‌ی الکتریکی از جریان سیم‌پیچ اصلی استفاده شده است. بدین طریق دو جریان با اختلاف فاز  $90^\circ$  درجه‌ی الکتریکی، سیم‌پیچ‌های استاتور را تغذیه می‌کنند. حوزه‌ی دوآر در سطح استاتور تشکیل می‌شود. اتصال خازن در مدار دائمی است و ظرفیت آن در محدوده‌ی ۵ الی  $5^\circ$  میکروفاراد می‌باشد.



شکل ۲۵-۱- سیم‌پیچی موتور یک‌فاز طرح دو‌فاز ۳۶ شیار ۶ قطب با  $q$  فرد

۱-۴-۲- محاسبه و ترسیم دیاگرام سیم پیچی موتورهای تک فاز با سیم پیچ استارت (سیم پیچ کمکی از مدار خارج می شود): در سیم بندی موتورهای تک فاز با سیم پیچ استارت موقت، حداقل یک سوم شیارها را به سیم استارت و دو سوم شیارها را به سیم پیچ اصلی اختصاص می دهند. برای بهبود گشتاور راه اندازی، تعداد کلاف های سیم پیچ استارت را برابر سیم پیچ اصلی منظور می کنند. در بعضی مواقع تعداد کلاف های سیم پیچ استارت را بیشتر از تعداد کلاف های سیم پیچ اصلی در نظر می گیرند. بدین طریق در بیشتر شیارها، بازوهای سیم پیچ اصلی و استارت با هم وجود خواهد داشت. از آن جایی که سیم پیچ استارت، سطح مقطع کمتری دارد، آسیب پذیر است و احتمال سوختن آن زیاد است، از این رو لازم است سیم پیچ استارت در طبقه ی سطح خارجی شیارها قرار گیرد تا به سادگی قابل تعویض باشد (شکل ۱-۲۶).



شکل ۱-۲۶- سیم پیچ اصلی و راه انداز در موتورهای تک فاز

موتورهای تک فاز با استارت موقت به صورت متحدالمرکز سیم بندی می شوند. سیم پیچ اصلی در طبقه ی پایین قرار داده می شود و سیم پیچ استارت روی سیم پیچ اصلی قرار داده می شود. از لحاظ این که سیم پیچ راه انداز برای مدت کمی در مدار الکتریکی قرار دارد و پس از راه اندازی از مدار خارج می شود، سطح مقطع آن را کوچک تر انتخاب می کنند. همین مسئله باعث می شود که در صورت عمل نکردن کلید گریز از مرکز، سیم پیچ راه انداز آسیب ببیند. کوچک شدن سطح مقطع سیم پیچ راه انداز سبب می شود که مقاومت اهمی این سیم پیچ زیاد شود که این خود باعث به وجود آمدن اختلاف فازی در جریان سیم پیچ راه انداز نسبت به سیم پیچ اصلی می گردد. در موتورهای تک فاز با قدرت کم، مقاومت اهمی سیم پیچ راه انداز را تقریباً به سه برابر مقاومت اهمی سیم پیچ اصلی افزایش می دهند. اختلاف فاز جریان سیم پیچ های اصلی (با خاصیت سلفی بیشتر) و راه اندازی (با خاصیت اهمی بیشتر) برای راه اندازی موتور کیفیت می کند و برای ایجاد اختلاف فاز از خازن استفاده نمی شود (شکل ۱-۲۷).



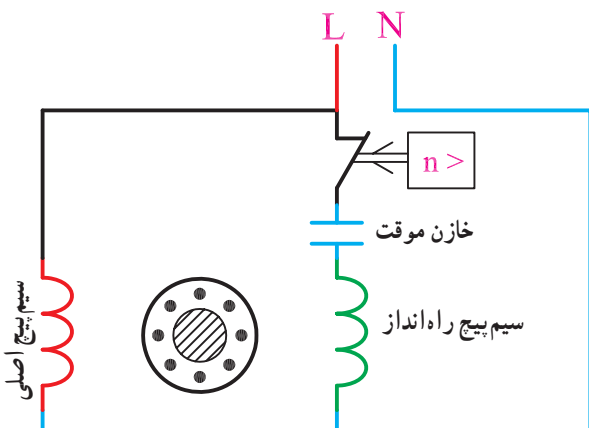
شکل ۱-۲۷- موتور تک فاز با راه انداز مقاومتی



شکل ۱-۲۸- موتور تک فاز با راه انداز خازنی

در موتورهای با قدرت بالاتر (از سه چهارم اسب به بالا) روش فوق مناسب نبوده و برای ایجاد اختلاف فاز بین جریان های دو سیم پیچ از خازن استفاده می شود (شکل ۱-۲۸).

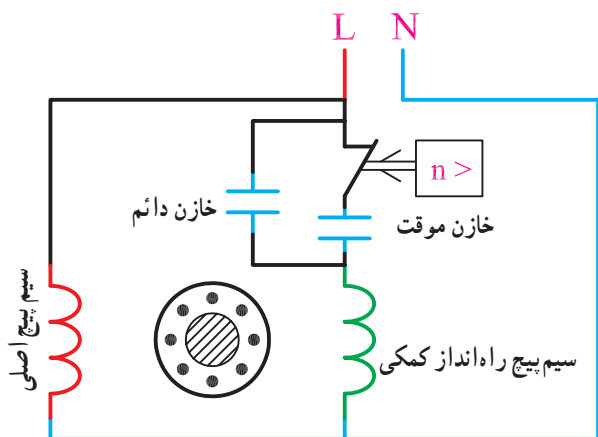
خازن ها با سیم پیچ استارت، سری می شوند. خازن های همراه سیم پیچ استارت، اگر توسط کلید گریز از مرکز، از مدار الکتریکی خارج شوند، از نوع خازن های الکترولیتی هستند و ظرفیت بالایی (حدود ۱۰۰ الی ۱۶۰ میکروفاراد) دارند (شکل ۱-۲۹ الف). در بعضی موتورها از دو نوع خازن الکترولیتی و روغنی استفاده می شود. علت استفاده از این خازن ها در مرحله ی اول تقویت گشتاور راه اندازی است. در مرحله ی بعدی، چون خازن روغنی همراه سیم پیچ استارت در مدار تغذیه باقی می ماند گشتاور کار را تقویت می کند و همچنین از تمام هسته ی استاتور در تولید قدرت مکانیکی استفاده می شود، لذا ضریب بهره ی موتور



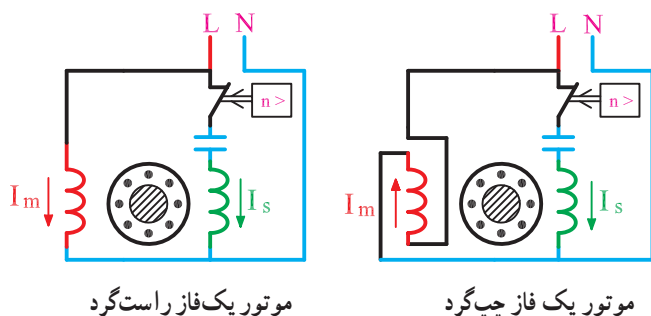
شکل ۱-۲۹- الف



افزایش می‌یابد. اصولاً ظرفیت خازن‌های الکترولیتی را سه برابر ظرفیت خازن‌های روغنی در نظر می‌گیرند (شکل ۱-۲۹-ب).



شکل ۱-۲۹-ب



شکل ۱-۳۰

برای تغییر جهت گردش موتورهای یک فاز کافی است اتصال دو سر سیم پیچ اصلی یا دو سر سیم پیچ استارت را عوض کنیم (شکل ۱-۳۰).

مثال: یک الکتروموتور یک فاز ۲۴ شیار چهار قطب مفروض است. دیاگرام سیم‌بندی آن را به صورت متحدالمرکز چهار قطب، با استارت موقت طرح و نقشه‌ی مدور و گسترده‌ی آن را رسم کنید.

### محاسبات

$$Z = 24, m = 1$$

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

$$Z_s = \frac{1}{3} Z = \frac{1}{3} \times 24 = 8 \text{ تعداد شیارهای سیم پیچ استارت}$$

$$\text{گام قطبی از رابطه‌ی } Y_p = \frac{Z}{2P} \text{ به دست می‌آید:}$$

$$Y_p = \frac{24}{4} = 6$$

چون تعداد شیارهای مربوط به سیم پیچ اصلی  $Z_m = 16$  می‌باشد تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز، از تقسیم  $Z_m$  به تعداد قطب‌ها به دست می‌آید.

$$q_m = \frac{Z_m}{2P} \Rightarrow q_m = \frac{16}{4} = 4$$

برای محاسبه‌ی تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز

مربوط به سیم پیچ استارت، از رابطه‌ی  $q_s = \frac{Z_s}{2P}$  استفاده می‌شود.

$$q_s = \frac{Z_s}{2P} \Rightarrow q_s = \frac{8}{4} = 2$$

موتورهای یک فاز، معمولاً به ازای قطب، سیم‌بندی می‌شوند.

بدین علت سیم‌بندی از نوع گام کسری می‌باشد و تعداد کلاف‌ها، در

هر گروه کلاف، به اندازه‌ی  $q' = \frac{q}{2}$  می‌باشد. کسری گام در سیم پیچ

استارت و اصلی، برابر نصف شیارها در زیر هر قطب در هر فاز می‌باشد.

در سیم پیچ اصلی، گام سیم‌بندی به صورت زیر محاسبه

می‌شود:

$$Y_{zm} = Y_p - \frac{q_m}{2} = 6 - 2 = 4$$

در سیم پیچ استارت گام سیم‌بندی به صورت زیر محاسبه

می‌شود:

$$Y_{zs} = Y_p - \frac{q_s}{2} = 6 - 1 = 5$$

پس از محاسبات، جدول دیاگرام سیم‌بندی را تشکیل

می‌دهیم. برای هر یک از سیم پیچ‌های استارت و اصلی یک جدول

جداگانه رسم می‌کنیم. در هر جدول کسری گام مربوطه را منظور

می‌کنیم.

جدول سیم‌بندی اصلی با توجه به گام قطبی و گام سیم‌بندی

( $q' = 2$  و  $q = 4$  و  $Y_p = 6$  و  $Y_{zm} = 4$ ) مطابق جدول ۱-۳۱

می‌باشد، برای تشکیل جدول سیم پیچ استارت از طریق زاویه‌ی

الکتریکی شیارها، شیار شروع سیم پیچ استارت را تعیین می‌کنیم.

$$\alpha_{ez} = \frac{P \times 360}{Z} = \frac{2 \times 360}{24} = 30$$

جدول ۱-۳۱

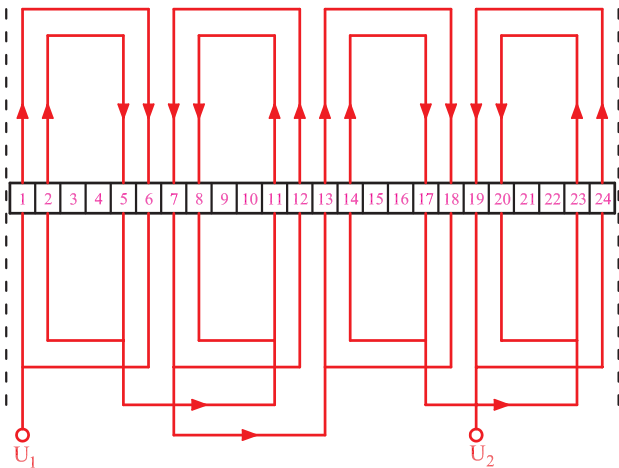
$\frac{m}{2p}$	$U_1, U_2$	
N	23 1	24 2
S	5 7	6 8
N	11 13	12 14
S	17 19	18 20
	23	24

جدول ۱-۳۲

m 2p	$W_1, W_2$
N	→ 3 4 ↘
S	9 ↘ 10 ↘
N	15 ↘ 16 ↘
S	21 ↘ 22 ↘ -3 ↘

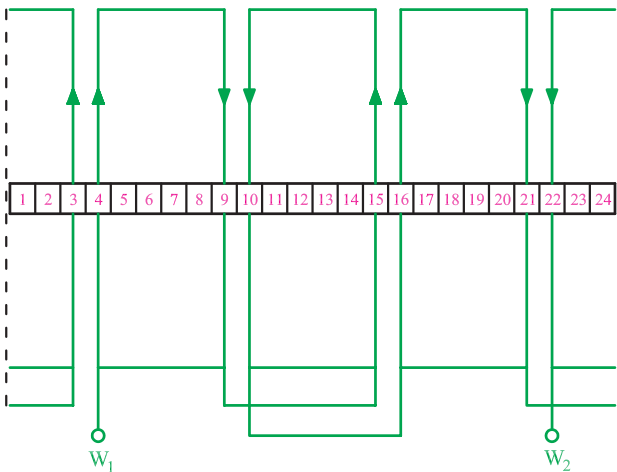
$$W_1 = 1 + \frac{9^\circ}{\alpha_{ez}} = 1 + \frac{9^\circ}{3^\circ} = 4$$

جدول سیم‌بندی استارت با توجه به گام قطبی و گام سیم‌بندی ( $q'_s = 1$  و  $q_s = 2$  و  $Y_p = 6$  و  $Y_{zs} = 5$ ) مطابق جدول ۱-۳۲ می‌باشد.



شکل ۱-۳۳- سیم‌پیچ اصلی موتور ۲۴ شیار تک‌فاز ۴ قطب

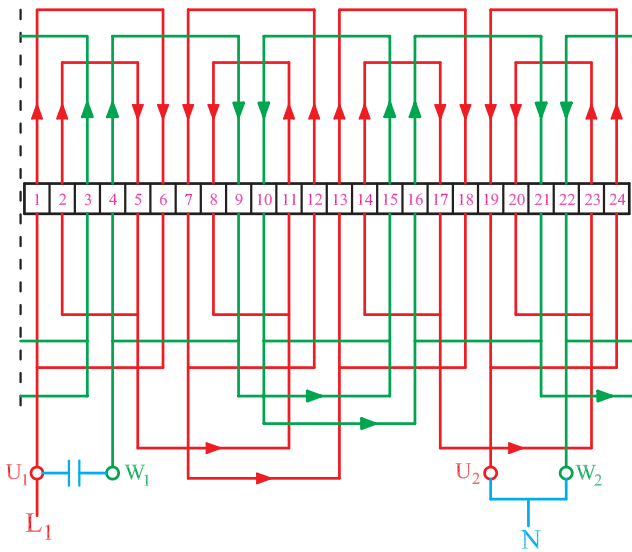
دیاگرام گسترده‌ی سیم‌پیچ اصلی مطابق شکل (۱-۳۳) می‌باشد. این دیاگرام نشان می‌دهد که گام سیم‌بندی برابر ۴ است و نوع سیم‌بندی متحد‌المرکز و به‌ازای قطب است و اتصال گروه کلاف‌ها، اتصال دور می‌باشد.



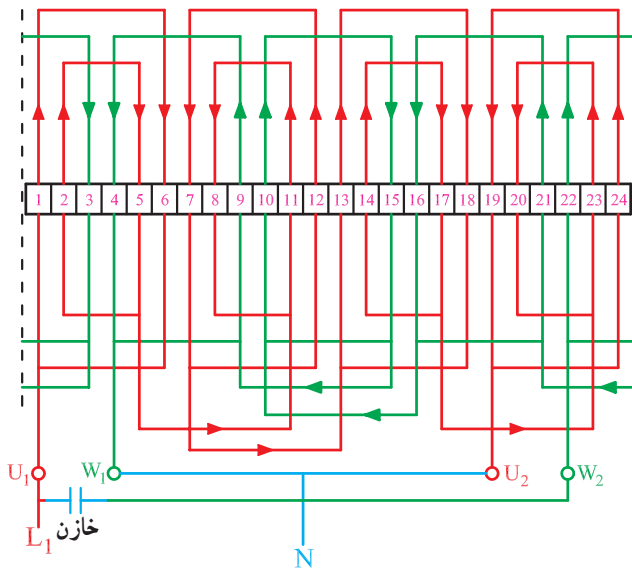
شکل ۱-۳۴- دیاگرام سیم‌پیچ استارت موتور ۲۴ شیار ۴ قطب

دیاگرام سیم‌بندی سیم‌پیچ استارت ۳ شیار بعد از سیم‌پیچ اصلی شروع می‌شود. یک سوم شیارها براساس جدول ۱-۳۲ توسط سیم‌پیچ استارت اشغال شده است (شکل ۱-۳۴).

شکل (۱-۳۵) اتصال کامل سیم پیچی موتور ۲۴ شیار ۴ قطب را با راه انداز خازنی، به صورت راست گرد، نشان می دهد. توجه شود که جهت جریان در سیم پیچ اصلی و سیم پیچ استارت هم جهت می باشند؛ ولی با تعویض اتصال دو سر سیم پیچ استارت یا سیم پیچ اصلی، جهت جریان ها در دو سیم پیچ مخالف یکدیگر شده و موتور چپ گرد می شود (شکل ۱-۳۶).

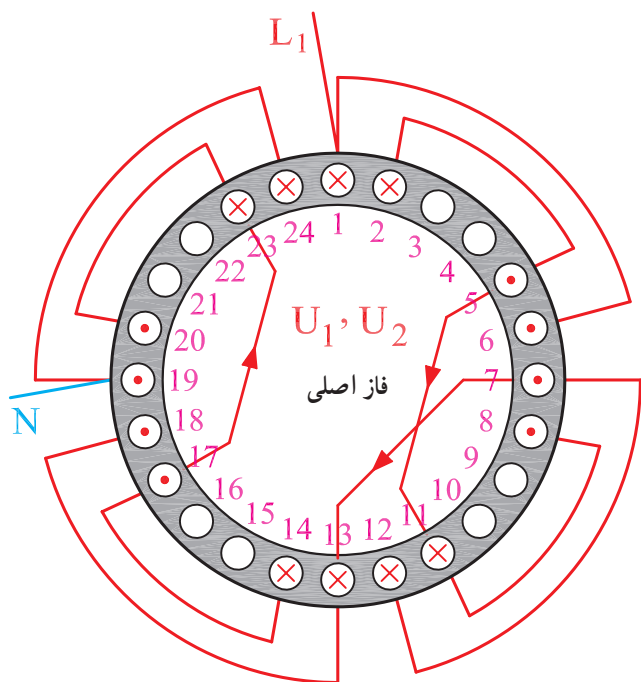


شکل ۱-۳۵- دیاگرام کامل موتور ۲۴ شیار تک فاز ۴ قطب راست گرد

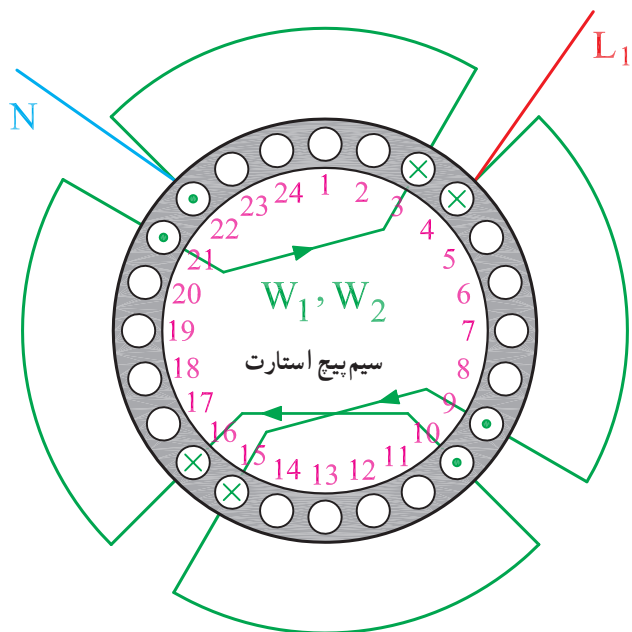


شکل ۱-۳۶- دیاگرام کامل موتور ۲۴ شیار تک فاز ۴ قطب چپ گرد

دیاگرام مدور سیم پیچ اصلی موتور ۲۴ شیار ۴ قطب مطابق شکل (۱-۳۷) رسم می شود.



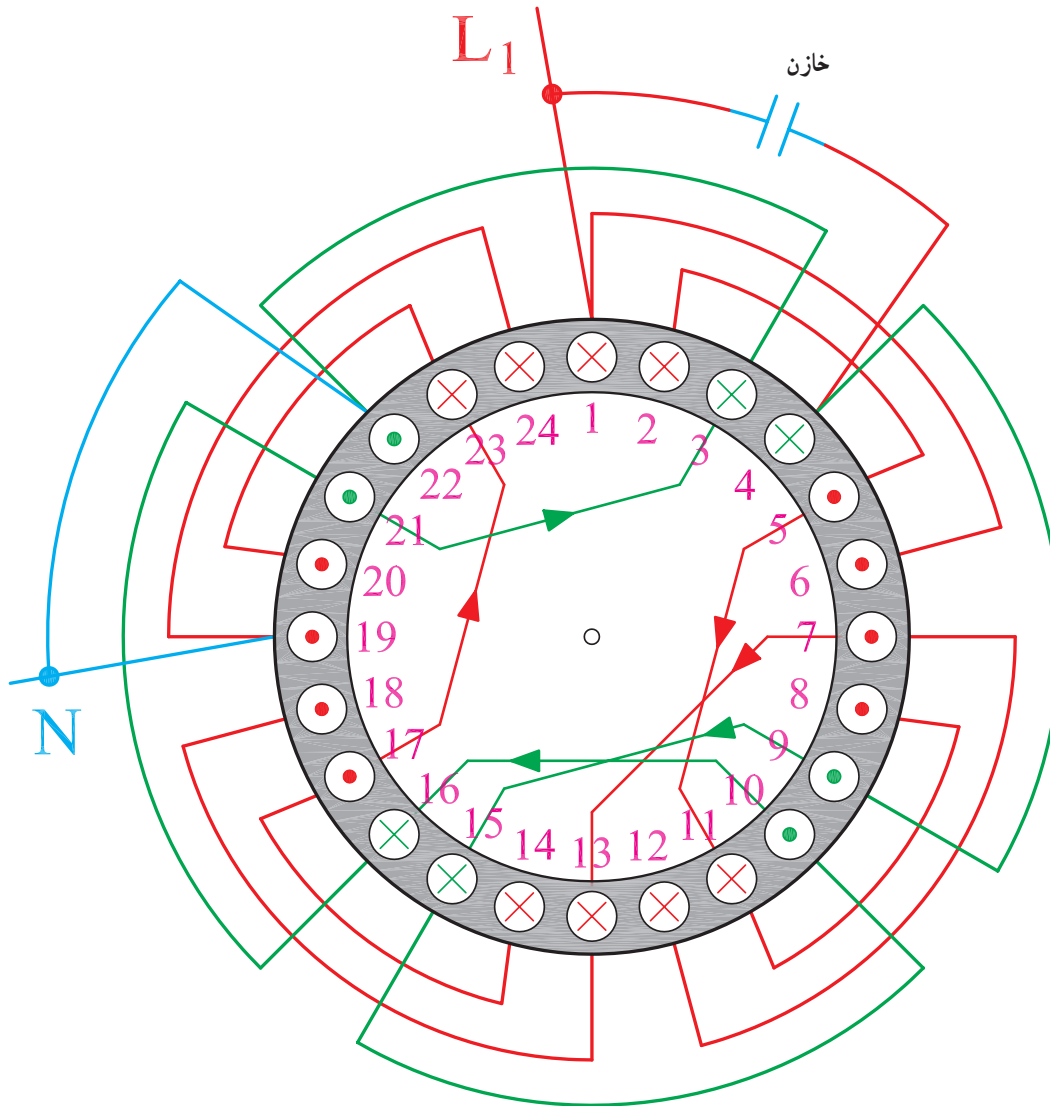
شکل ۱-۳۷- دیاگرام مدور سیم پیچ اصلی موتور ۲۴ شیار تک فاز ۴ قطب



دیاگرام مدور سیم پیچ استارت موتور ۲۴ شیار ۴ قطب مطابق شکل (۱-۳۸) رسم می شود.

شکل ۱-۳۸- دیاگرام مدور سیم پیچ استارت موتور ۲۴ شیار تک فاز ۴ قطب

دیاگرام مدور سیم پیچ اصلی و استارت موتور ۲۴ شیار  
 ۴ قطب مطابق شکل (۱-۳۹) رسم می شود.



شکل ۳۹-۱- دیاگرام مدور سیم پیچ اصلی و استارت موتور ۲۴ شیار تک فاز ۴ قطب

مثال: یک الکتروموتور ۳۶ شیار تک فاز مفروض است.  
 سیم بندی این موتور را به صورت ۶ قطب تک فاز با سیم پیچ دائم  
 در مدار طرح و دیاگرام گسترده ی آن را رسم کنید.

حل:

۱- مشخصات موتور را یادداشت می کنیم.

طرح دو فاز ، تک فاز ،  $2P = 4$  ،  $m = 2$  ،  $Z = 36$

یک طبقه ، یک سرعت

$$Y_P = \frac{Z}{2P} = \frac{36}{6} = 6$$

۲- گام قطبی را به دست می آوریم.

$$q = \frac{Z}{2P \times m} = \frac{36}{6 \times 2} = 3$$



$$\alpha_{cz} = \frac{P \times 360}{Z} = \frac{3 \times 360}{36} = 30$$

$$U_1 = 1 \Rightarrow W_1 = 1 + \frac{90}{30} = 4$$

جدول ۴-۱

$\frac{m}{2p}$		
N		
S		
N		
S		
N		
S		

۳- تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را محاسبه می‌کنیم.

۴- چون  $q$  عددی فرد می‌باشد گروه کلاف‌ها را یک کلافی و ۲ کلافی منظور می‌کنیم.

۵- زاویه‌ی الکتریکی شیارها را محاسبه کرده و شیارهای شروع فازها را مشخص می‌کنیم.

۶- جدولی تشکیل می‌دهیم که دو ستون به تعداد فازها و ۶ ردیف به تعداد قطب‌ها داشته باشد (جدول ۴-۱).

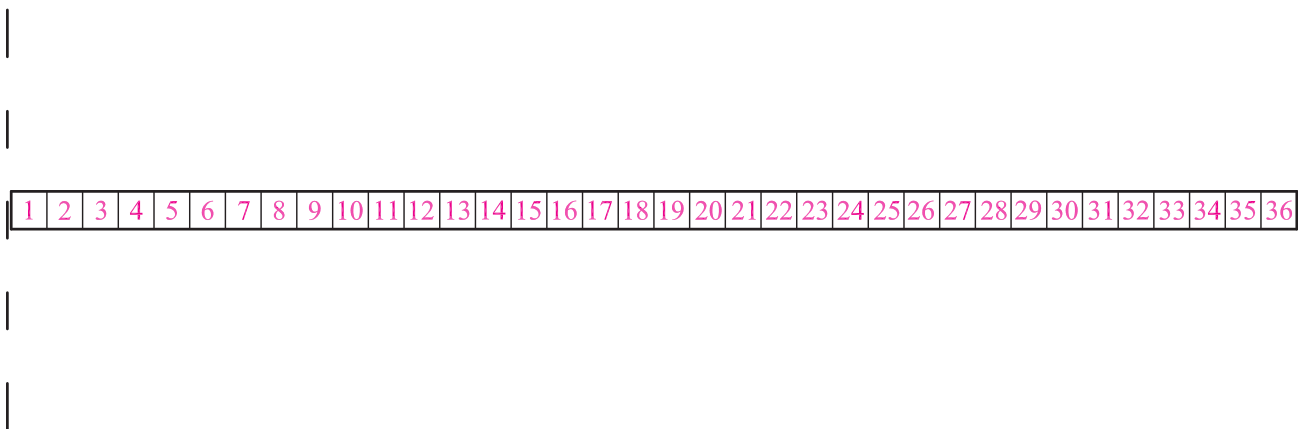
جدول ۱-۴۱

m 2p	$U_1, U_2$	$W_1, W_2$
N	1 36 2	4 3 5
S	6 8 7	9 11 10
N	13 12 14	16 15 17
S	18 20 19	21 23 22
N	25 24 26	28 27 29
S	30 32 31	33 35 34

↓ 36      ↓ 3

۷- هر ستون را به سه قسمت تقسیم می‌کنیم. فاز  $U_1$  و  $U_2$  را از شیارهای ۱ و ۲ شروع می‌کنیم و گروه کلاف بعدی را تکی در نظر می‌گیریم. در گروه کلاف‌های دوتایی، کسری گام را ۱ و در گروه کلاف‌های تکی کسری گام را ۲ منظور می‌کنیم. فاز  $W_1$  و  $W_2$  را از شیار ۴ شروع می‌کنیم. با پیشرفت کار، تجربه‌ی کافی برای انتخاب گروه کلاف‌ها را پیدا خواهیم کرد (جدول ۱-۴۱).

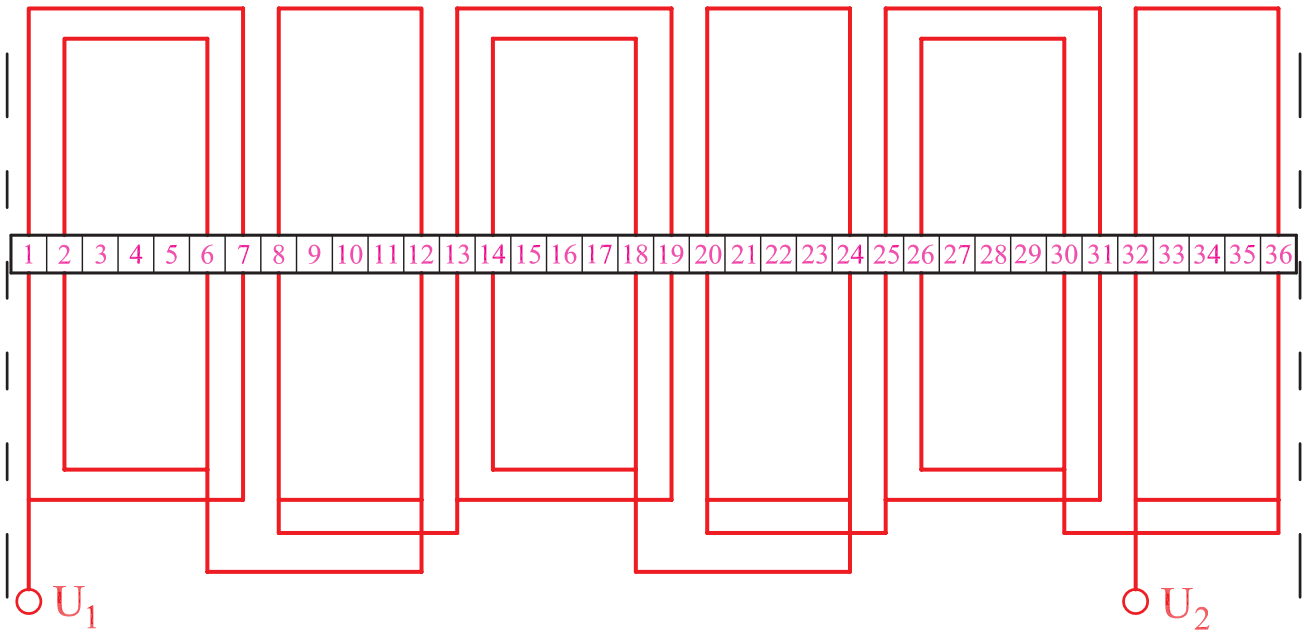
۸- در طول کاغذ  $A_4$ ، ۳۶ شیار رسم می‌کنیم (شکل ۱-۴۲).



شکل ۱-۴۲- رسم شیارها

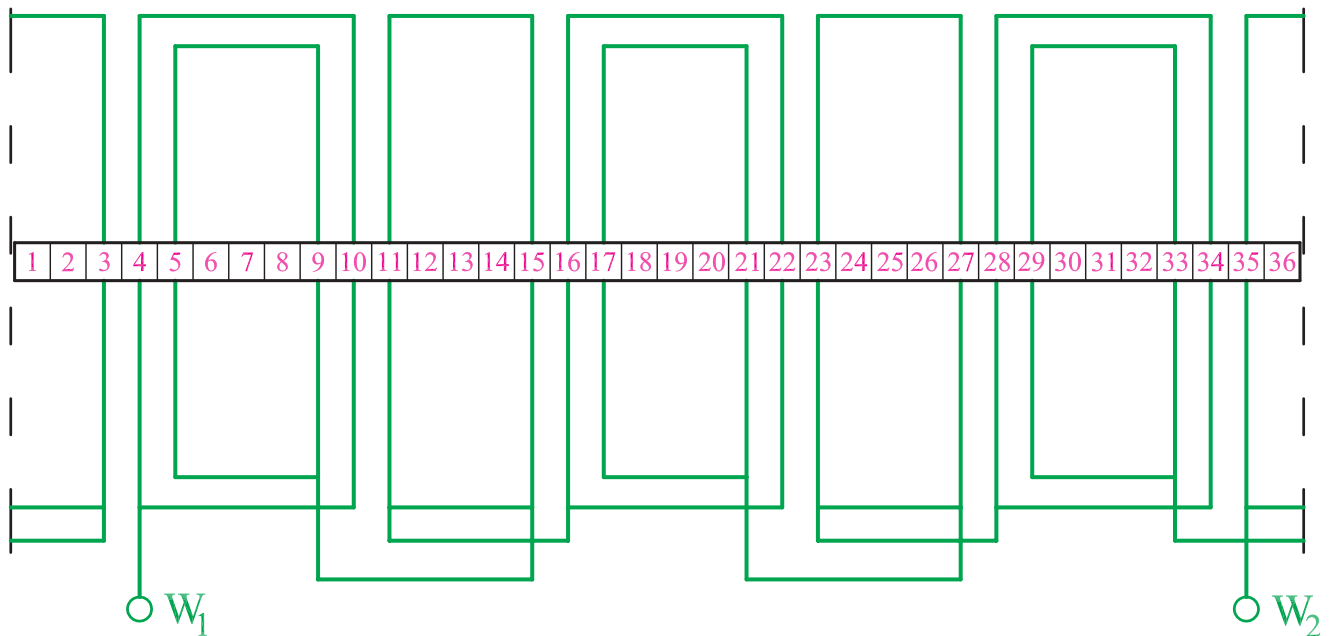


۹- با توجه به جدول ۱-۴۱ ابتدا سیم پیچ فاز  $U_1$  و  $U_2$  را رسم می‌کنیم (شکل ۱-۴۳).



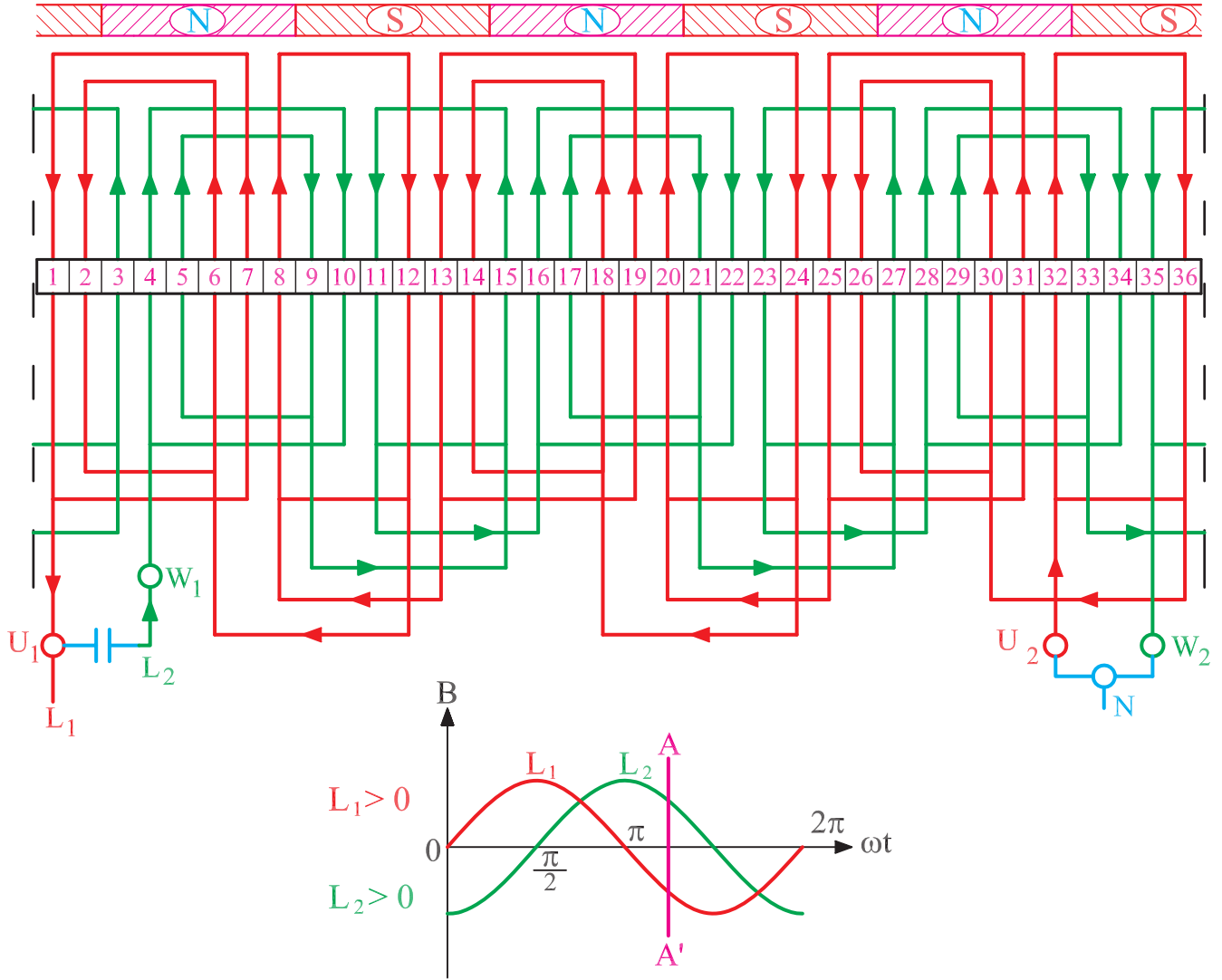
شکل ۱-۴۳- ترسیم سیم پیچ فاز  $U_1$  و  $U_2$

با توجه به جدول ۱-۴۱ سیم پیچ فاز  $W_1$  و  $W_2$  را مطابق شکل (۱-۴۴) رسم می‌کنیم.



شکل ۱-۴۴- ترسیم سیم پیچ فاز  $W_1$  و  $W_2$

۱- دیاگرام را کامل می کنیم و براساس نقطه ی مشخصی از منحنی دو فاز (نقطه ی A) قطب بندی می کنیم. اختلاف فاز از طریقه ی خازن تأمین می شود (شکل ۱-۴۵).



شکل ۱-۴۵- شکل کامل سیم پیچی موتور ۳۶ قطب

## ۱-۵- کارهای عملی

### ۱-۵-۱- کار عملی شماره ۱

زمان: ۸ ساعت

هدف: محاسبه و ترسیم دیاگرام سیم‌بندی موتور یک‌فاز

یک طبقه‌ی یک سرعت با سیم‌بندی طرح دوفاز

نکات ایمنی: روشنایی مناسب را روی میز کار فراهم

کنید.

از میز و صندلی استاندارد نقشه‌کشی استفاده کنید.

وسایل و ابزار مورد نیاز

۱- کاغذ معمولی برای محاسبات و جدول‌ها، ۲ برگ

۲- کاغذ A۴ سفید یا شطرنجی یک برگ

۳- خط‌کش ۳۰ سانتی

۴- مداد در چهار رنگ

۵- مداد تراش و پاک‌کن

۶- پرگار

۷- شابلن حروف و دایره، هر کدام یک عدد

۸- گونیا

۹- نقاله

۱۰- میزکار

مثال: یک الکتروموتور ۲۴ شیار یک‌فاز مفروض است.

سیم‌بندی این موتور را به صورت ۴ قطب یک‌فاز با سیم‌پیچ دائم

در مدار طرح و دیاگرام گسترده‌ی آن را رسم کنید.

مراحل انجام کار

۱- مشخصات موتور را یادداشت کنید.

۲- گام قطبی را به دست آورید.

۳- تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را محاسبه

کنید.

۴- تعداد کلاف‌های هر گروه کلاف را مشخص کنید.

۵- زاویه‌ی الکتریکی شیارها را محاسبه کنید و شیارهای

شروع فازها را مشخص سازید.

۶- جدولی تشکیل دهید که دو ستون، به تعداد فازها، و ۴

ردیف، به تعداد قطب‌ها، داشته باشد (جدول ۱-۴۶).

جدول ۱-۴۶

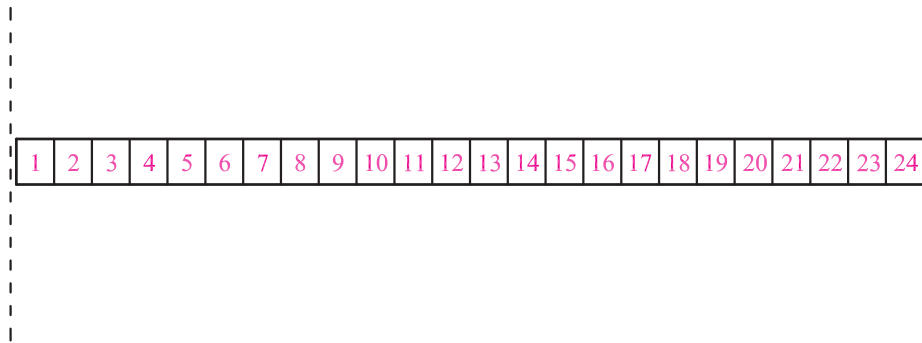
m 2p		
N		
S		
N		
S		

جدول ۱-۴۷

$\begin{matrix} m \\ 2p \end{matrix}$	$U_1, U_2$	$W_1, W_2$
N	1	4
S		
N		
S		

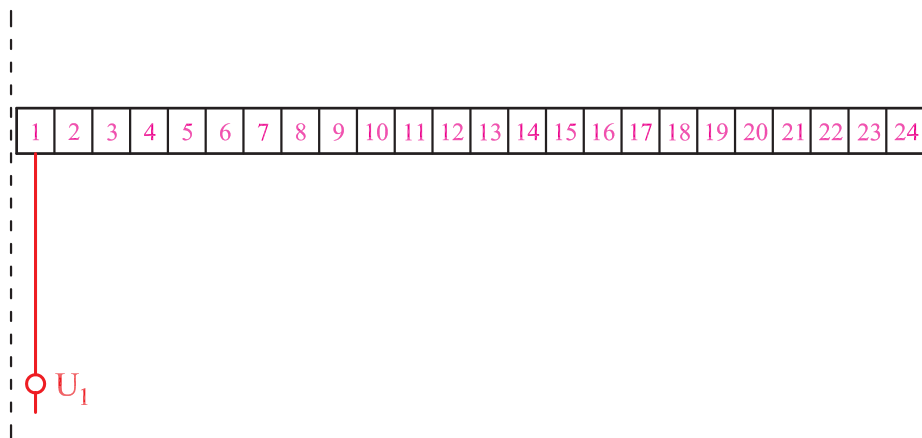
۷- هر ستون را به  $q$  قسمت تقسیم کنید. فاز  $U_2$  و  $U_1$  را از شیارهای ۱ شروع کنید. فاز  $W_2$  و  $W_1$  را از شیار ۴ شروع کنید و جدول را کامل کنید (جدول ۱-۴۷).

۸- در طول کاغذ  $A_4$ ، ۲۴ شیار رسم کنید (شکل ۱-۴۸).



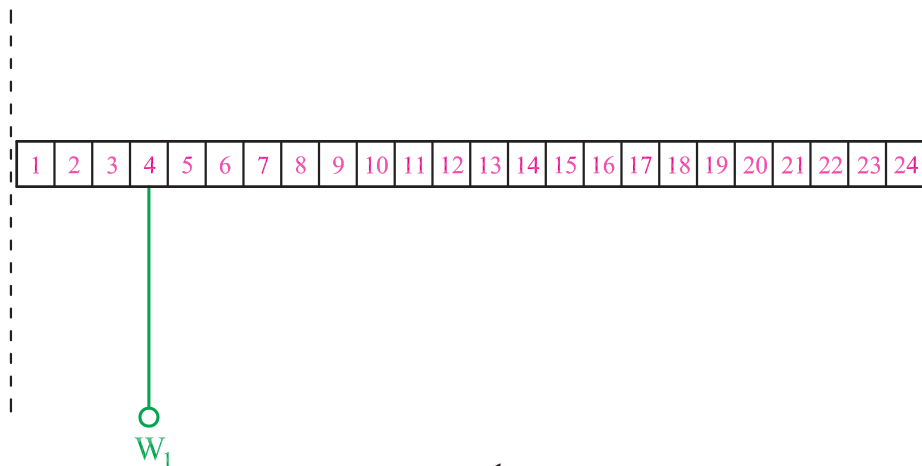
شکل ۱-۴۸

۹- با توجه به جدول ۱-۴۷ سیم پیچ فاز  $U_2$  و  $U_1$  را روی شکل (۱-۴۹) رسم کنید.



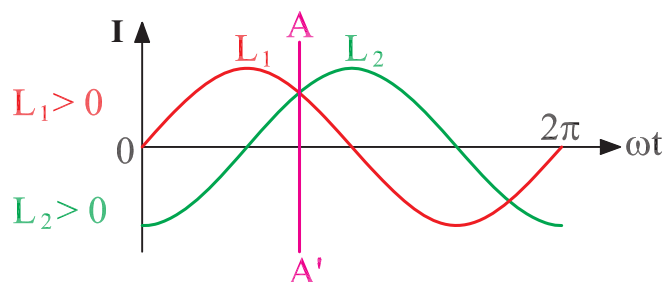
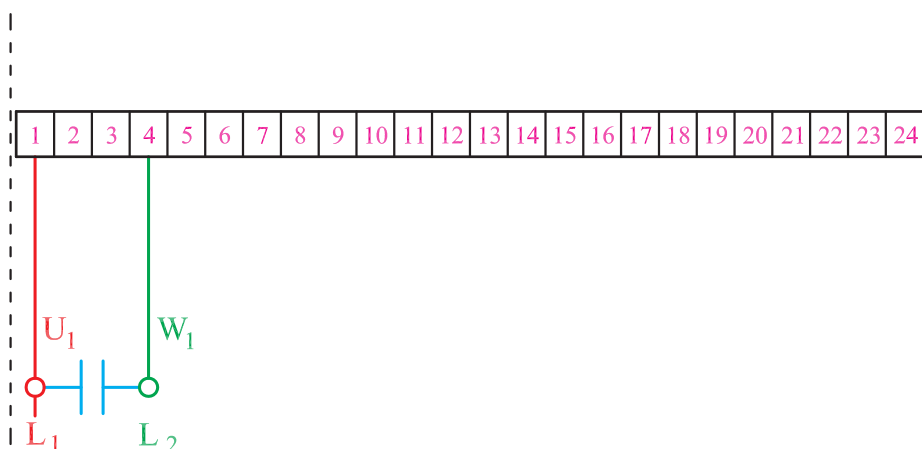
شکل ۱-۴۹

با توجه به جدول ۱-۴۷ سیم پیچ فاز  $W_1$  و  $W_2$  را روی شکل (۱-۵۰) ترسیم کنید.



شکل ۱-۵۰

۱- دیاگرام را روی شکل (۱-۵۱) کامل کنید و براساس نقطه‌ی A از منحنی دوفاز، دیاگرام کامل شده را قطب‌بندی کنید. فاز  $L_2$  را از طریق خازن تأمین کنید.



شکل ۱-۵۱

## ۲-۵-۱- کار عملی شماره ۲

زمان: ۱۰ ساعت

هدف: محاسبه و ترسیم دیاگرام سیم‌بندی موتور تک‌فاز

یک طبقه‌ی یک‌سرعتی با سیم‌بندی استارت موقت

نکات ایمنی: روشنایی مناسب را روی میز کار فراهم

کنید. از میز و صندلی استاندارد نقشه‌کشی استفاده کنید.

وسایل و ابزار مورد نیاز

۱- کاغذ معمولی برای محاسبات و جداول ۲ برگ

۲- کاغذ A<sub>۴</sub> سفید یا شطرنجی یک برگ

۳- خط‌کش ۳۰ سانتی

۴- مداد در چهار رنگ

۵- مداد تراش و پاک‌کن

۶- پرگار

۷- شابلن حروف و دایره، هر کدام یک عدد

۸- گونیا

۹- نقاله

۱۰- میز کار

مثال: یک موتور ۲۴ شیار دو قطب یک فاز موجود است.

دیاگرام سیم‌بندی این موتور را به صورت استارت موقت طرح و

رسم کنید.

### مراحل انجام کار

۱- مشخصات موتور را تعیین کنید.

سیم‌بندی استارت موقت ،  $2P = 2$  ،  $m = 1$  ،  $Z = 24$

۲- دو سوم شیارها را برای سیم‌پیچ اصلی در نظر بگیرید.

۳- یک سوم شیارها را برای سیم‌پیچ استارت در نظر

بگیرید.

۴- تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را برای سیم‌پیچ

اصلی و استارت به دست آورید.

۵- زاویه‌ی الکتریکی و شروع فازها را مشخص کنید.

۶- جدولی مانند جدول ۱-۵۲ تشکیل دهید که دو ستون

و دو سطر داشته باشد.

جدول ۱-۵۲

m 2p		
N		
S		

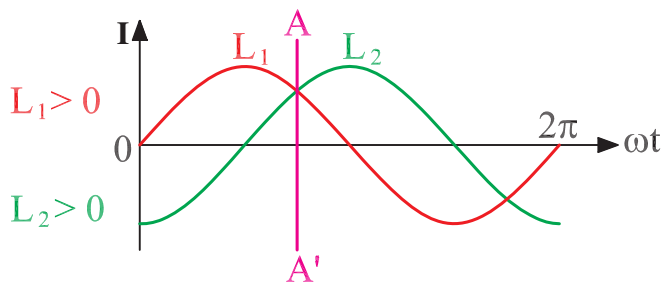
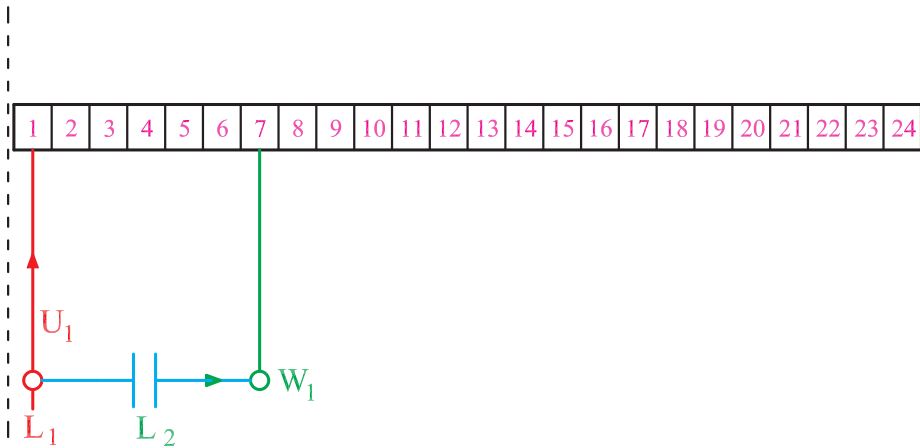
۷- با توجه به  $q_m = 8$  و  $q_s = 4$ ، که هر دو زوج هستند کسری گام را برای سیم پیچ استارت ۲ شیار و برای سیم پیچ اصلی ۴ شیار منظور کنید. گام قطبی برابر  $Y_P = \frac{Z}{2P} = \frac{24}{2} = 12$  می باشد. جدول لازم را برای سیم پیچ اصلی و استارت تشکیل دهید.

۸- روی کاغذ  $A_4$ ، ۲۴ خانه که هر کدام نماینده ی یک شیار است رسم کنید.

۹- براساس جدول تهیه شده، دیاگرام سیم پیچ اصلی را رسم کنید. سیم پیچی متحدالمرکز و به ازای قطب می باشد.

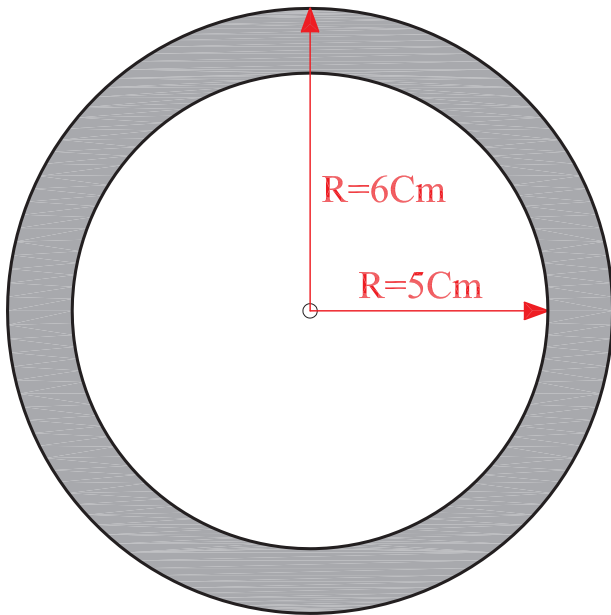
۱۰- سیم پیچ استارت را که یک سوم شیارهای استاتور را پوشش می دهد پیاده کنید. شروع سیم پیچ استارت را از شیار شماره ۷ در نظر بگیرید.

۱۱- براساس  $L_1 > 0$  و  $L_2 > 0$  دیاگرام را بر روی شکل (۱-۵۳) قطب بندی کنید.



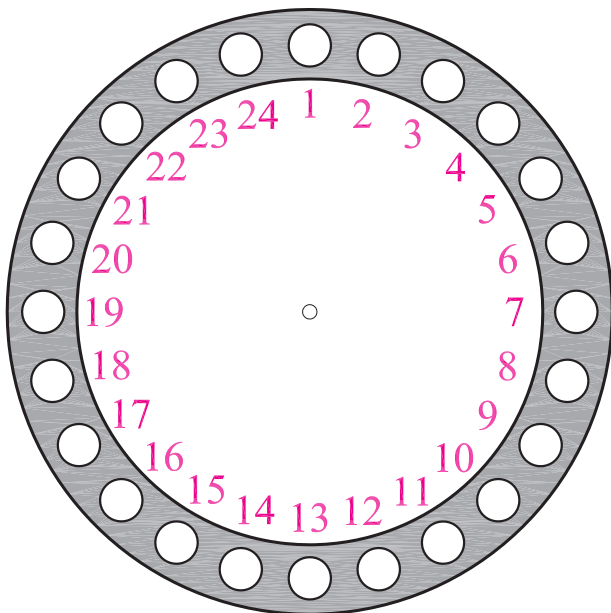
شکل ۱-۵۳

۱۲- برای رسم دیاگرام مدور، دو دایره‌ی متحدالمرکز به شعاع‌های ۶ و ۵ سانتی‌متر در وسط کاغذ  $A_4$  رسم می‌کنیم (شکل ۱-۵۴).



شکل ۱-۵۴

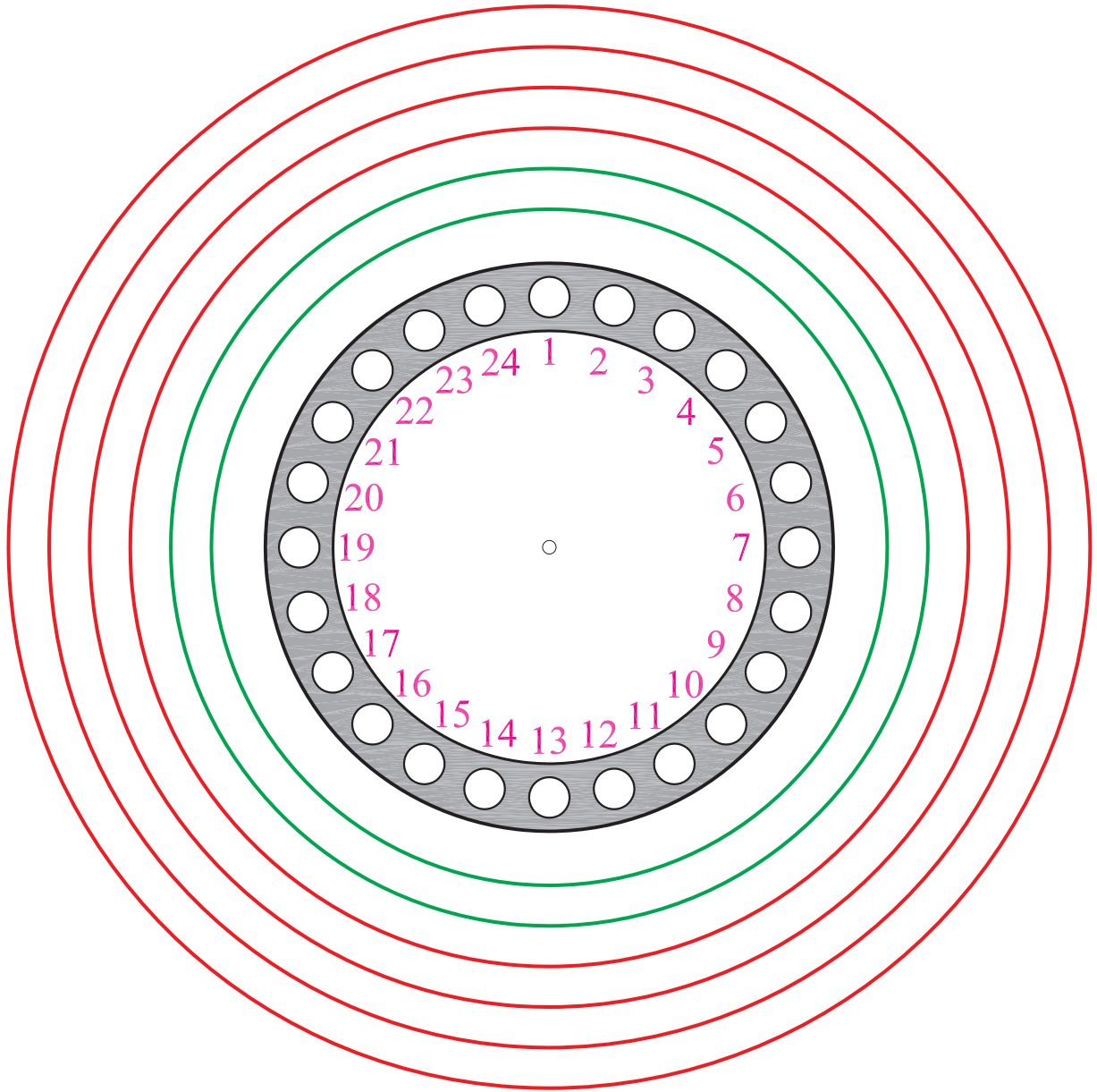
۱۳- بین دو دایره‌ی شکل ۱-۵۴ را به ۲۴ قسمت تقسیم می‌کنیم (شکل ۱-۵۵).



شکل ۱-۵۵

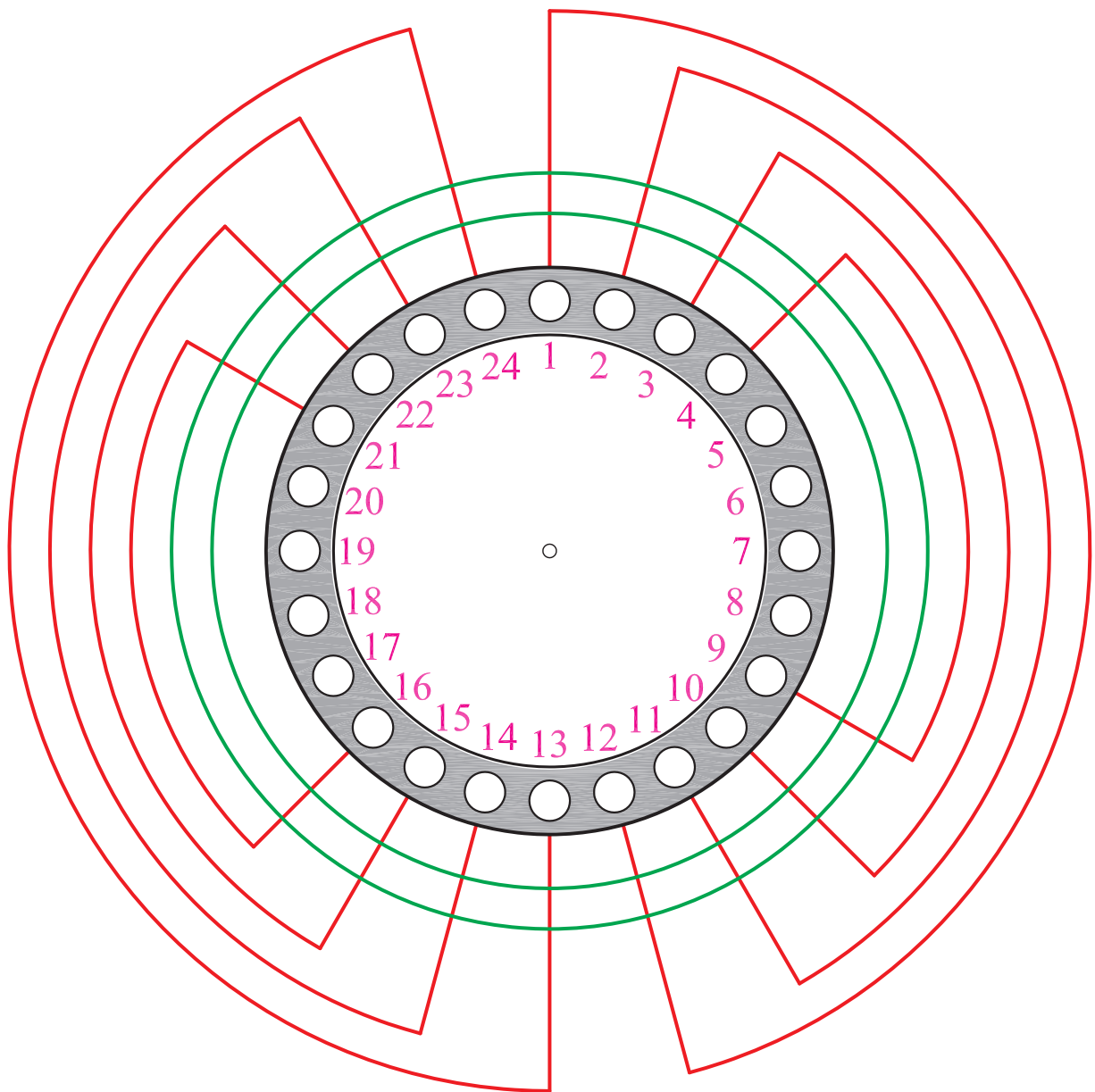


۱۴- اطراف شکل (۱-۵۵) شش دایره‌ی متحد‌المركز به اختلاف شعاع ۷/۵ میلی‌متر مطابق شکل (۱-۵۶) رسم می‌کنیم.



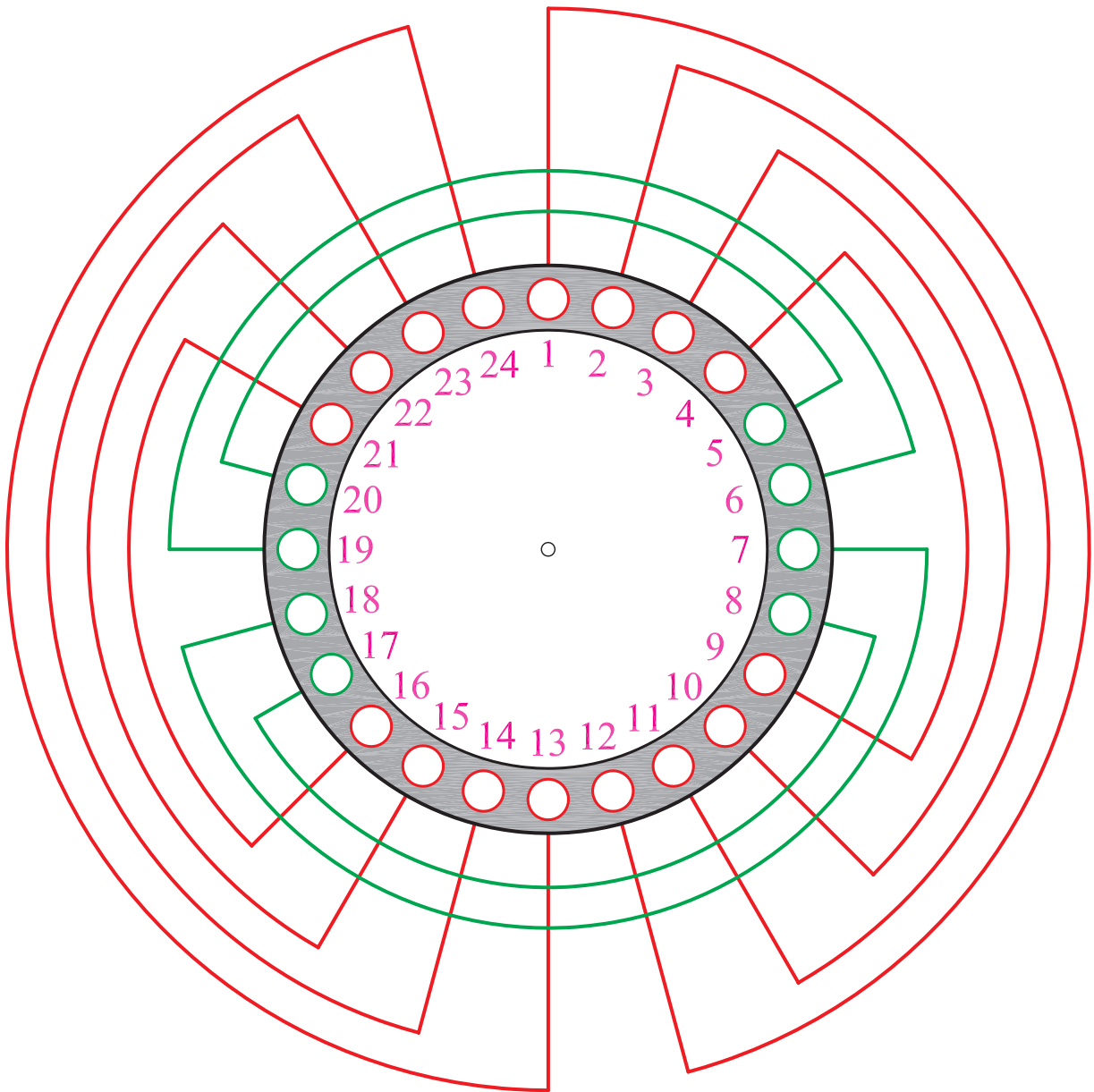
شکل ۱-۵۶

۱۵- چهار دایره‌ی بیرونی را به سیم‌پیچ اصلی اختصاص می‌دهیم. دایره‌ی اولی (با بزرگ‌ترین شعاع) را توسط خطوطی که از شیارهای ۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۲۴، رسم می‌کنیم مطابق شکل (۱-۵۷) به دو قسمت تقسیم می‌کنیم و کمان‌های محصور به شیار ۱ و ۲۴ و ۱۲ و ۱۳ را در دایره‌ی اولی پاک می‌کنیم. این عمل را برای دایره‌ی دوم، در شیارهای ۲ و ۱۱ و ۱۴ و ۲۳ انجام می‌دهیم. هم‌چنین برای دایره‌ی سوم در شیارهای ۳ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۲ و برای دایره‌ی چهارم در شیارهای ۴، ۹ و ۱۶ و ۲۱ تقسیم‌بندی را مطابق شکل (۱-۵۷) انجام می‌دهیم.



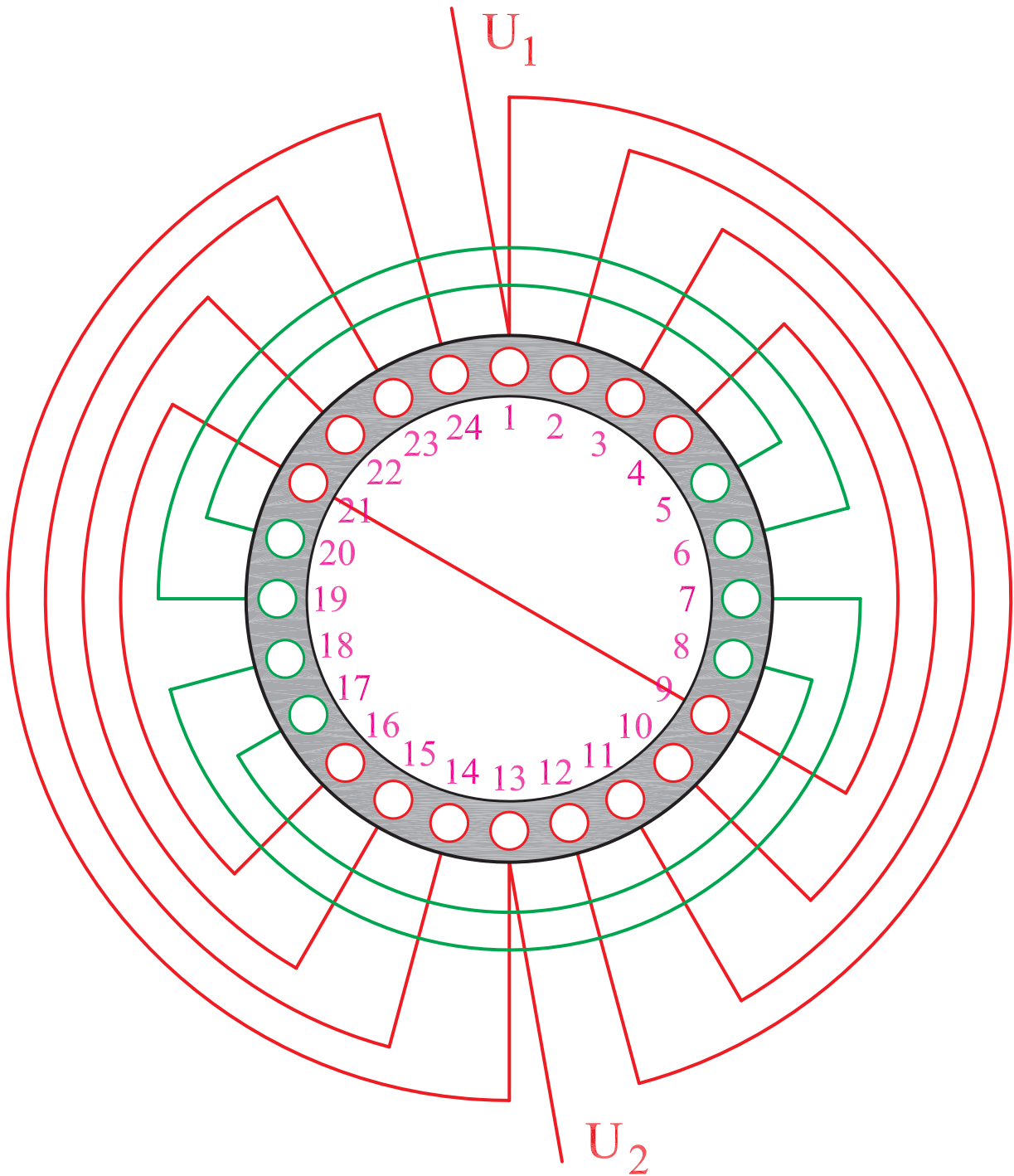
شکل ۱-۵۷

۱۶- دایره‌های ۵ و ۶ را به سیم پیچ استارت اختصاص می‌دهیم و دایره‌ی پنجم را توسط خطوطی که از شیارهای ۷، ۱۸، ۶ و ۱۹ رسم می‌کنیم به دو قسمت تقسیم می‌کنیم و کمان دایره‌ی پنجم را که به شیارهای ۷، ۱۸، ۶ و ۱۹ محدود می‌شود مطابق شکل (۱-۵۸) پاک می‌کنیم، سپس این عمل را برای دایره‌ی ششم در شیارهای ۸، ۱۷، ۵ و ۲۰ تکرار می‌کنیم.



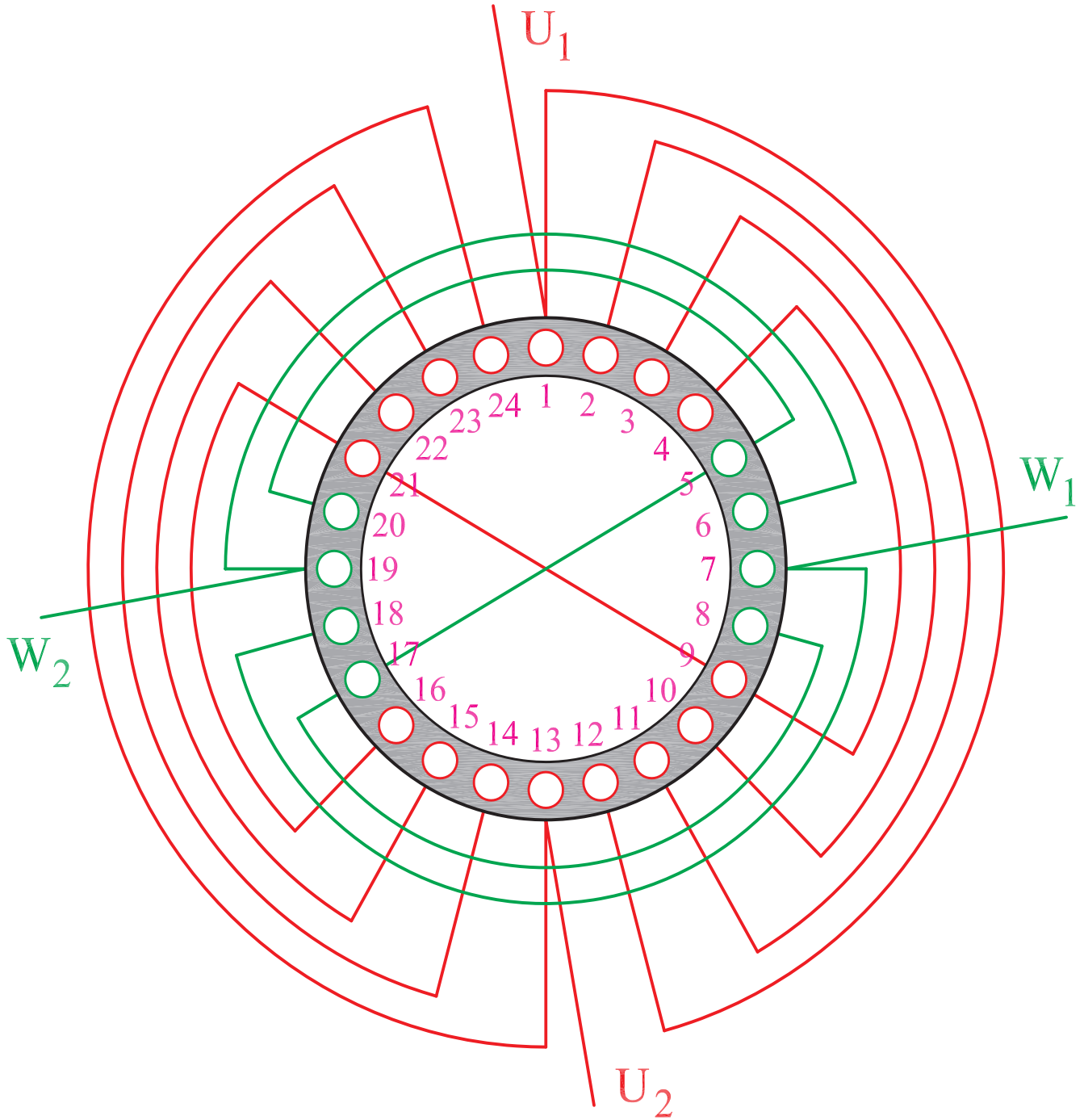
شکل ۱-۵۸

۱۷- ورودی  $U_1$  را از شیار شماره ۱ انتخاب می‌کنیم.  
 سرسیم خروجی از شیار شماره ۹، انتهای گروه کلاف را به سرسیم  
 موجود در شیار شماره ۲۱، در گروه کلاف بعدی اتصال می‌دهیم.  
 سرسیم خروجی از شیار شماره ۱۳ به  $U_2$  را مشخص می‌کنیم  
 (شکل ۱-۵۹).



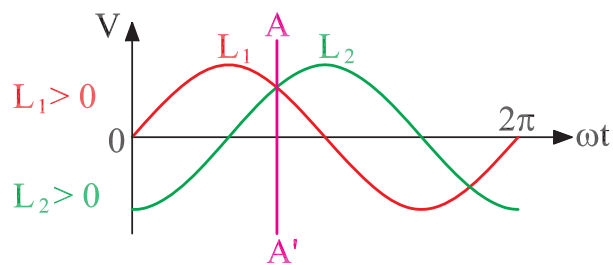
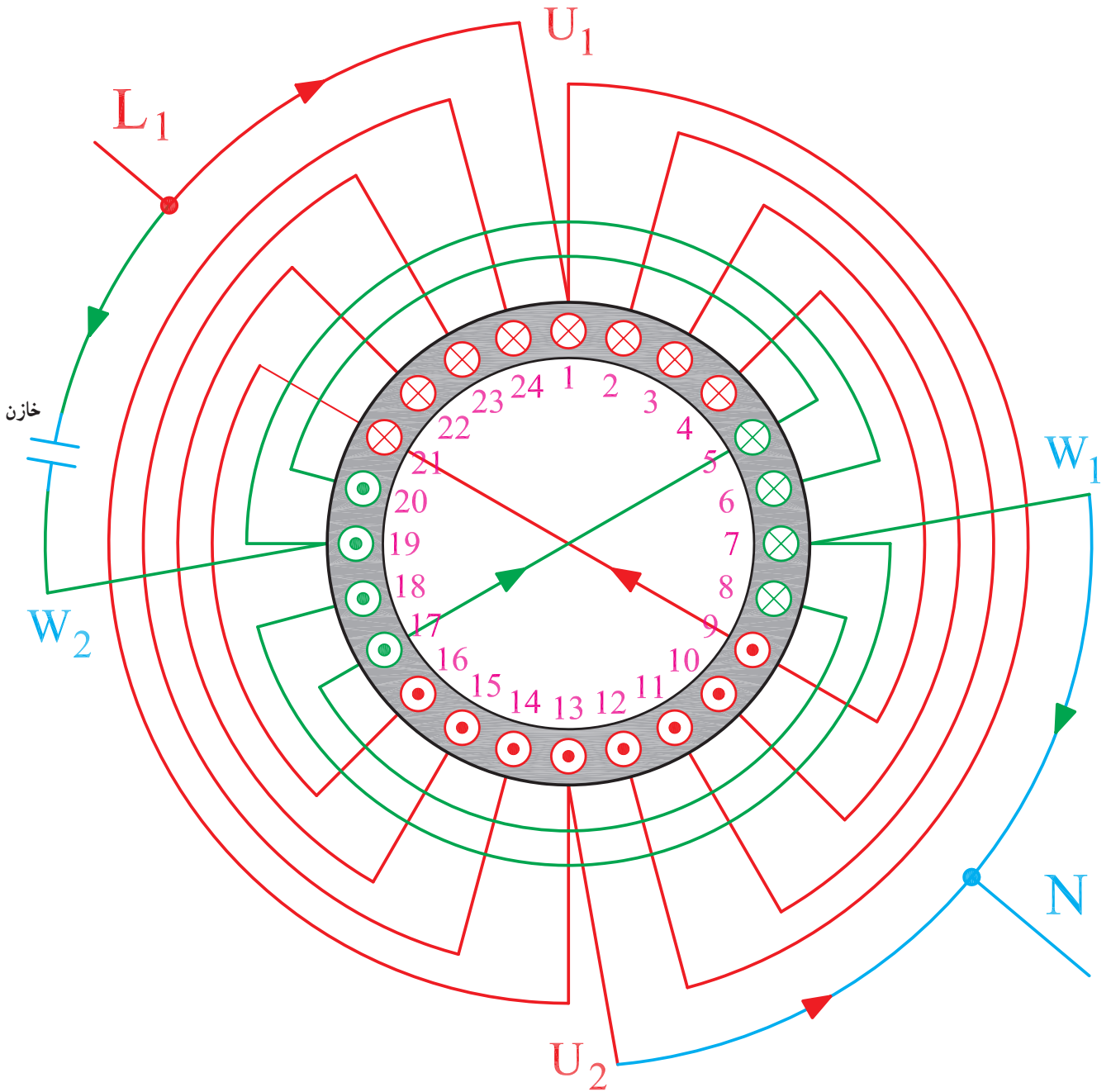
شکل ۱-۵۹

۱۸- ورودی  $W_1$  را، از شیار شماره ۷ انتخاب می‌کنیم.  
 سرسیم خروجی از شیار شماره ۱۷ را، به سرسیم موجود در  
 شیار شماره ۵ اتصال می‌دهیم. سرسیم خروجی از شیار شماره  
 ۱۹ را به  $W_2$  مشخص می‌کنیم (شکل ۶۰-۱).



شکل ۶۰-۱

۱۹- براساس موقعیت  $L_p > 0$  و  $L_r > 0$ ، قطب بندی سیم پیچی را انجام می دهیم (شکل ۶۱-۱).



شکل ۶۱-۱

### ۳-۵-۱- کار عملی شماره ۳

زمان: ۱۲ ساعت

هدف: محاسبه و ترسیم دیاگرام سیم‌بندی موتور یک فاز

یک طبقه‌ی دو سرعته، با سیم‌بندی استارت موقت

نکات ایمنی: روشنایی مناسب را روی میز کار فراهم

کنید و نیز از میز و صندلی استاندارد نقشه‌کشی استفاده کنید.

وسایل و ابزار مورد نیاز

۱- کاغذ معمولی برای محاسبات و جدول‌ها ۲ برگ

۲- کاغذ A<sub>۴</sub> سفید یا شطرنجی یک برگ

۳- خط‌کش ۳۰ سانتی

۴- مداد در چهار رنگ

۵- مداد تراش و پاک‌کن

۶- پرگار

۷- شابلن حروف و دایره، هر کدام یک عدد

۸- گونیا

۹- نقاله

۱۰- میز کار

مثال: یک موتور ۳۶ شیار تک‌فاز موجود است.

سیم‌پیچی این موتور را برای دو حالت چهارقطب و شش‌قطب

طرح کنید. این موتور، در هر حالت با چهار قطب راه‌اندازی

می‌شود و توزیع سیم‌پیچ استارت در داخل شیارها مانند سیم‌پیچ

اصلی است.

#### مراحل انجام کار

۱- مشخصات موتور را یادداشت کنید.

۲- گام قطبی را برای  $۲P = ۴$  به دست آورید.

۳- دو سوم شیارها را برای سیم‌پیچ اصلی در نظر بگیرید و

تعداد آنها را مشخص کنید.

۴- تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را برای  $۲P = ۴$

به دست آورید.

۵- گام سیم‌بندی را برای  $۲P = ۴$  معین کنید.

۶- سیم‌بندی را به‌ازای قطب و متحدالمرکز در نظر بگیرید.

۷- جدولی تهیه کنید که یک ستون برای  $U_۲$  و  $U_۱$  و

چهار ردیف برای  $۲P = ۴$  داشته باشد.

۸- چون  $\frac{q_۱}{۲} = \frac{۶}{۲} = ۳$  می‌باشد در ردیف اول سه‌شماره‌ی

متوالی ۳ و ۲ و ۱ را منظور کنید و شماره یک را به  $U_۱$  اختصاص دهید و با توجه به  $Y_{z1} = ۶$  جدول را به‌صورت متحدالمرکز کامل کنید.

۹- زاویه‌ی الکتریکی شیارها را محاسبه کنید.

۱۰- شروع سیم‌پیچ استارت را به دست آورید. این سیم‌پیچ

نسبت به سیم‌پیچ اصلی چهار قطب،  $۹۰^\circ$  درجه‌ی الکتریکی اختلاف فاز دارد. از آن جایی که زاویه‌ی الکتریکی  $۲۰^\circ$  درجه است و

$\frac{۹۰^\circ}{۲} = ۴/۵$  عدد صحیح نمی‌باشد شروع  $W_۱$  را از شیار شماره

۵ منظور کنید.

۱۱- جدول سیم‌پیچ استارت را براساس توزیع سیم‌پیچ

اصلی، در حالت چهارقطب منظور کنید و ابتدای آن را از شیار شماره ۵ شروع نمایید.

۱۲- محاسبات سیم‌پیچی را برای حالت ۶ قطب دنبال

کنید.

۱۳- گام قطبی و تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز

را محاسبه کنید.

۱۴- سیم‌پیچی را براساس کسری گام  $\frac{q_۲}{۲} = \frac{۴}{۲} = ۲$ ، به

صورت متحدالمرکز به‌ازای قطب در نظر بگیرید.

۱۵- جدولی با ۶ ردیف، برای  $۲P = ۶$  و یک ستون،

برای سیم‌پیچ اصلی  $U_۲$  و  $U_۱$  منظور کنید و از شیار شماره ۱

جدول را با گروه کلاف‌های دوتایی کامل کنید.

۱۶- متناسب با کاغذ A<sub>۴</sub>، ۳۶ خانه و هر خانه را به‌عنوان

یک شیار رسم کنید.

۱۷- با توجه به جدول بند ۷ سیم‌پیچ اصلی چهار قطب را

رسم کنید.

۱۸- براساس جدول ۱۴ سیم‌پیچ اصلی شش قطب را

رسم کنید.

۱۹- با توجه به جدول بند ۱۰ سیم‌پیچ استارت را از شیار

شماره ۵، بر روی شکل پیاده کنید.

۲۰- گروه کلاف‌های مربوط به هر سیم‌پیچی، در شکل را

با اتصال دور، سر‌بندی کنید.

طول کاغذ ۳۶ ستون مطابق شکل ۱-۶۲ رسم می کنیم.

۲۱- برای رسم دیاگرام مدور، از دوائر متحدالمركز استفاده می کنیم. سیم پیچ ها را جداگانه نشان می دهیم. برای این منظور در

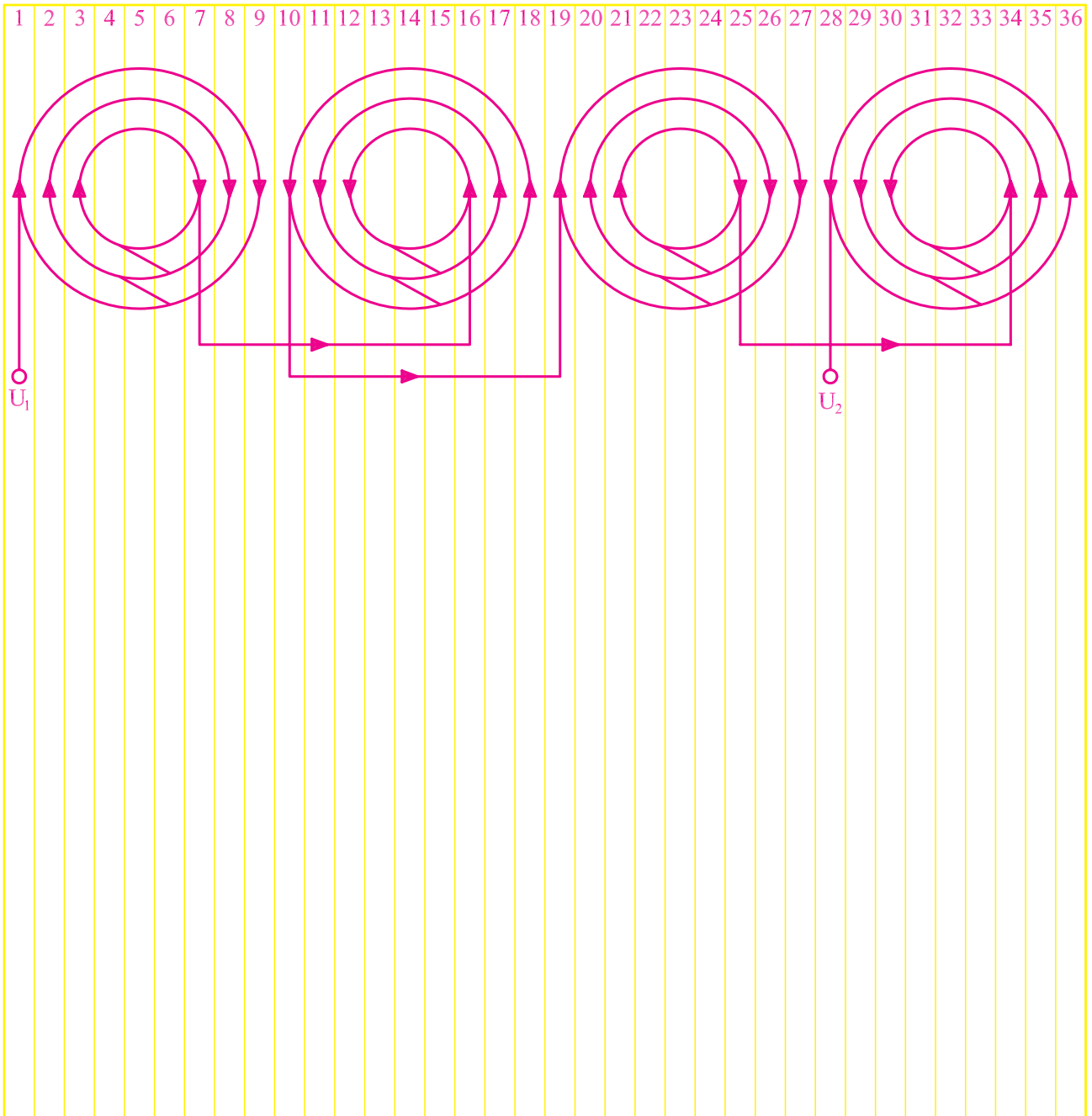
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	

شکل ۱-۶۲



۲۲- چون  $\frac{q_1}{p} = \frac{6}{2} = 3$  ، سیم بیج چهار قطب را با دو ایر

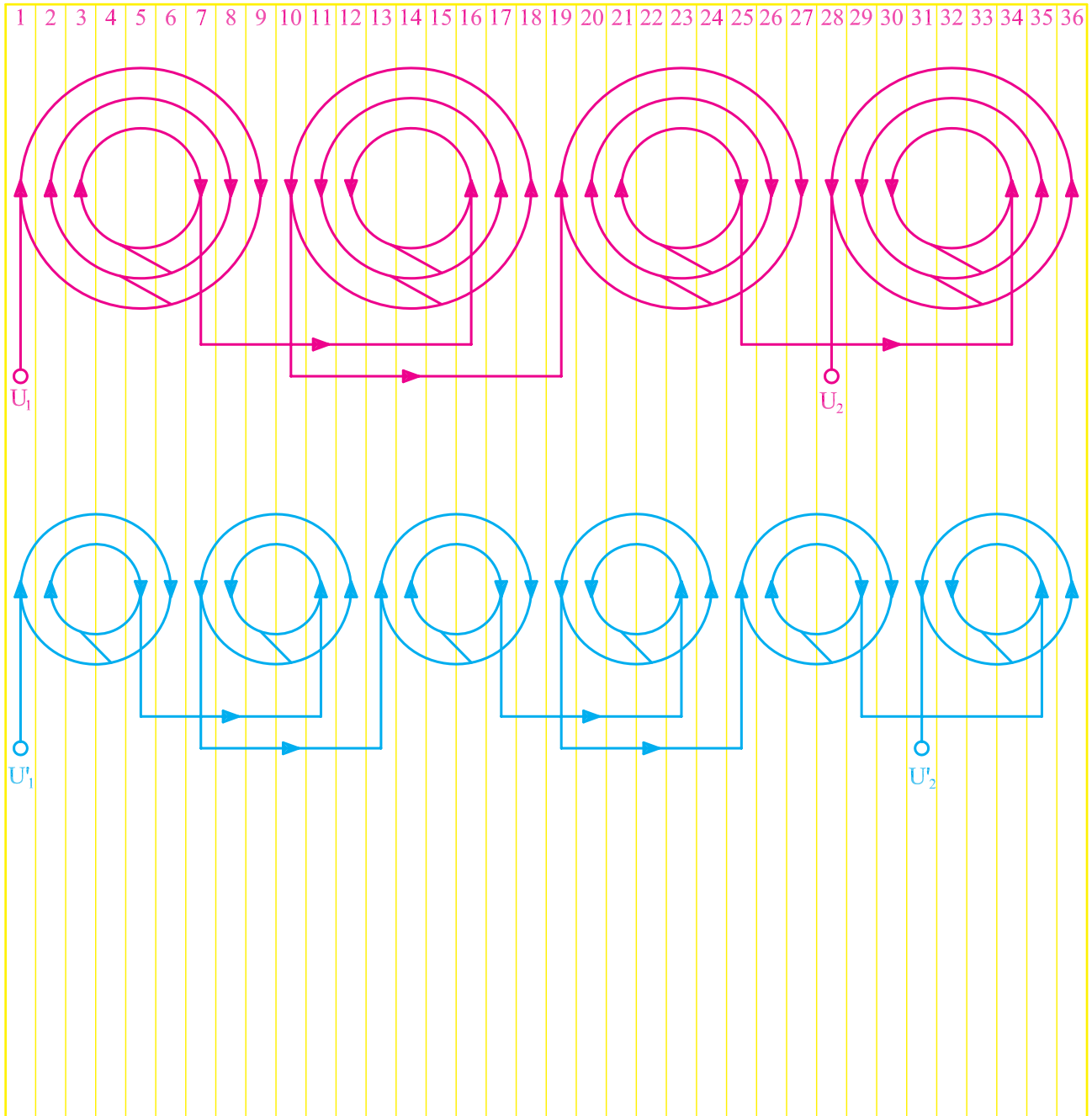
متحدالمركز سه تایی کامل می کنیم (شکل ۱-۶۳).



شکل ۱-۶۳

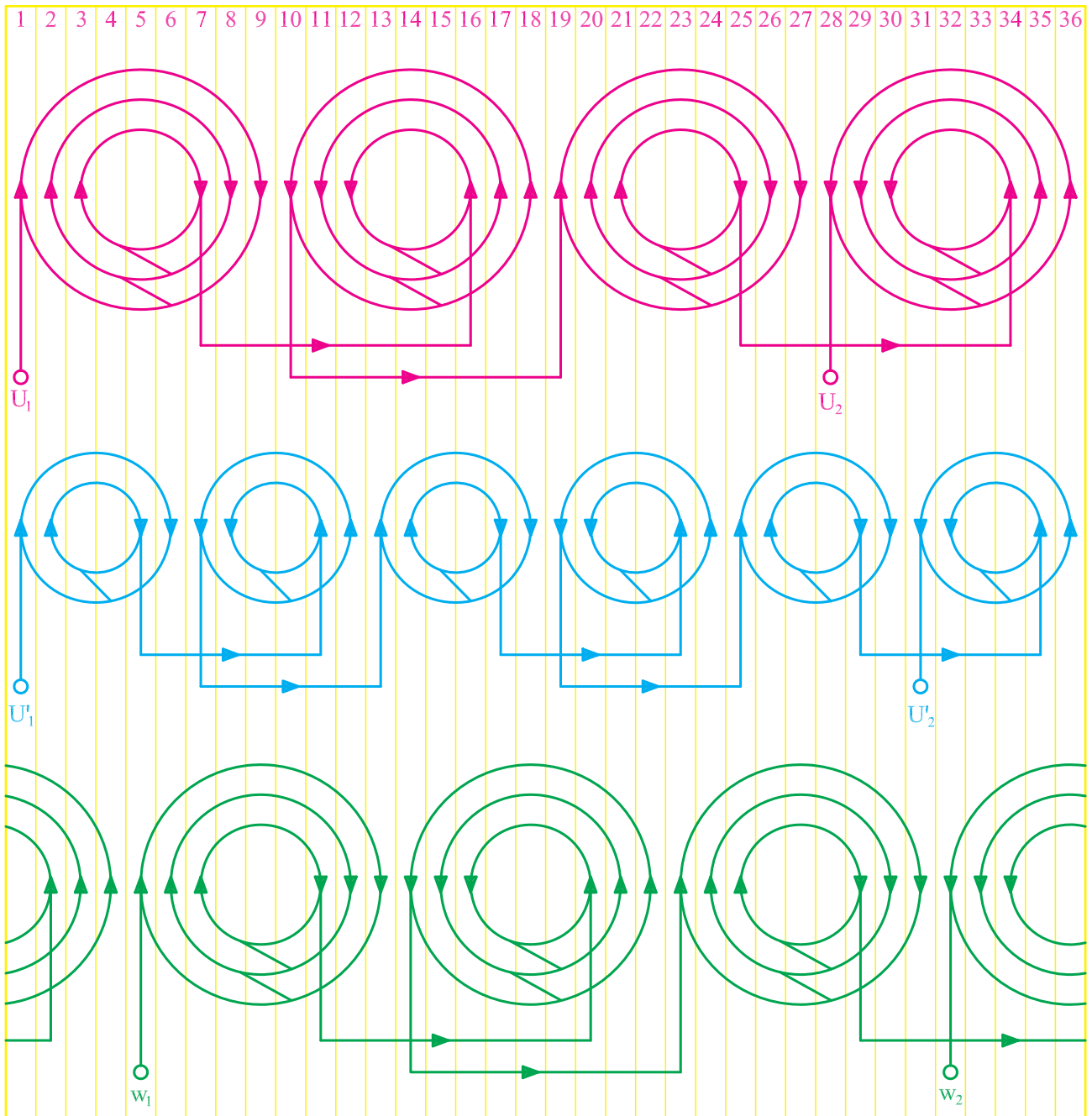
۲۳- چون  $\frac{q_2}{p} = \frac{4}{2} = 2$  سیم پیچ شش قطب را با دوایر

متحدالمركز دوتایی کامل می کنیم (شکل ۱-۶۴).



شکل ۱-۶۴

۲۴- سیم پیچ استارت را نظیر سیم پیچ اصلی، از شیار ۵ شروع می‌کنیم. بدین ترتیب رسم دیاگرام مدور کامل می‌شود (شکل ۱-۶۵).



شکل ۱-۶۵

## آزمون پایانی (۱)



- ۱- چرا نمی‌توان موتورهای تک‌فاز را بدون راه‌انداز، راه‌اندازی کرد؟
- ۲- روش‌های راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز را بیان کنید.
- ۳- راه‌اندازی مقاومتی موتورهای تک‌فاز در کدام موتورها به کار می‌رود؟
- ۴- نقش خازن را در سیم‌پیچ استارت موقت شرح دهید.
- ۵- خازن‌هایی که در موتورهای تک‌فاز، طرح دو فاز و استارت موقت به کار می‌روند، به ترتیب، چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟
- ۶- محدوده‌ی ظرفیت خازن‌های به کار رفته در موتورهای تک‌فاز، طرح دو فاز و استارت موقت را بیان کنید.
- ۷- آیا در موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت از تمامی توان هسته‌ی استاتور استفاده می‌شود؟ بازدهی این موتورها را نسبت به سایر موتورهای الکتریکی چگونه ارزیابی می‌کنید؟
- ۸- مزیت موتورهای طرح دو فاز را، نسبت به موتورهای استارت موقت توضیح دهید.
- ۹- در موتورهای استارت موقت اگر کلید گریز از مرکز خوب عمل نکند در کار موتور چه مشکلاتی پیش خواهد آمد؟
- ۱۰- از پلاک موتورهای تک‌فاز به کدام اطلاعات موتور می‌توان دسترسی پیدا کرد؟ چه لزومی دارد این اطلاعات روی پلاک موتور نوشته شود؟
- ۱۱- چگونه برق دو فاز حوزه‌ی دوآر تولید می‌کند؟ پاسخ را با رسم شکل بیان کنید.
- ۱۲- اختلاف فاز بین دو سیم‌پیچ اصلی و استارت در موتورهای تک‌فاز..... درجه است. این اختلاف فاز از شبکه‌ی یک فاز به وسیله‌ی..... تهیه می‌شود؟
- ۱۳- روش تغییر جهت گردش موتورهای تک‌فاز طرح دو فاز کدام است؟
  - ۱) تعویض اتصال دوسر سیم‌پیچ کمکی
  - ۲) تعویض اتصال دوسر سیم‌پیچ اصلی
  - ۳) تعویض اتصال دوسر سیم‌پیچ کمکی یا اصلی
  - ۴) تعویض اتصال دوسر سیم‌پیچ کمکی و اصلی
- ۱۴- زاویه‌ی الکتریکی موتور تک‌فاز ۳۶ شیار ۴ قطب با طرح دو فاز..... درجه است، با افزایش تعداد قطب‌ها مقدار این زاویه..... می‌یابد؟
- ۱۵- مراحل طرح سیم‌پیچی یک موتور تک‌فاز ۳۶ شیار دو قطب، طرح دو فاز را بیان کنید و محاسبات لازم و جدول‌های مربوط را به دست آورید و دیاگرام گسترده و مدور آن را رسم کنید.
- ۱۶-  $q$  در موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت چگونه تعیین می‌شود؟

۱۷- کلبه‌ی مراحل سیم‌بندی موتور ۱۲ شیار ۴ قطب با استارت موقت را که سیم‌پیچ استارت آن، نظیر سیم‌پیچ اصلی توزیع می‌شود انجام دهید. دیاگرام گسترده و مدور آن را رسم کنید.

۱۸- کلبه‌ی مراحل طرح سیم‌پیچی موتور تک‌فاز بیست و چهار شیار ۴ قطب طرح دو فاز را انجام دهید و دیاگرام سیم‌بندی آن را رسم کنید.

۱۹- در موتورهای تک‌فاز بدون سیم‌پیچ کمکی در شروع کار دو میدان دوار..... و..... به وجود می‌آید و باعث می‌شود گشتاور در محور ماشین..... شود.

۲۰- تعداد شیارها در هر قطب زیر هر فاز در موتور ۳۶ شیار ۶ قطب با استارت موقت چند تا است؟

۲ (۲)

۳ (۱)

۶ (۴)

۴ (۳)

۲۱- در ساختمان موتورهای تک‌فاز از..... توان هسته و در موتورهای سه‌فاز..... توان هسته

استفاده می‌شود.

۲ (۶۶٪ - ۱۰۰٪)

۱ (۵۰٪ - ۶۶٪)

۴ (۱۰۰٪ - ۶۶٪)

۳ (۵۰٪ - ۶۶٪)

## واحد کار دوم

# کلاف گذاری تک فاز

### هدف کلی

سیم پیچی موتورهای یک طبقه ی تک فاز

هدف های رفتاری: فراگیر پس از پایان این واحد کار قادر خواهد بود :

- ۱- برای گروه کلاف ها، قالب مناسب تهیه کند.
- ۲- گروه کلاف ها را با کلاف پیچ ببندد و آن ها را آماده کند.
- ۳- بازوهای کلاف ها را با توجه به نقشه ی موتور، در داخل شیارها قرار دهد.
- ۴- سیم بندی کلاف مساوی موتورهای تک فاز طرح دو فاز را اجرا کند.
- ۵- سیم بندی کلاف متحدالمرکز موتورهای استارت موقت را اجرا کند.
- ۶- سرهای خروجی کلاف ها را به طرف جعبه ی اتصال موتور هدایت کند.
- ۷- سیم پیچی موتورهای تک فاز طرح دو فاز را اجرا کند.
- ۸- سیم پیچی موتورهای تک فاز استارت موقت را اجرا کند.
- ۹- روی بازوها را برای جلوگیری از بیرون زدن سیم ها از شیارها با کاغذ برشمان بپوشاند.
- ۱۰- استاتور موتور تک فاز سیم پیچی شده را با روتور و درپوش ها جمع کند.
- ۱۱- وضعیت کاری آن را از طریق آزمایش بررسی کند.

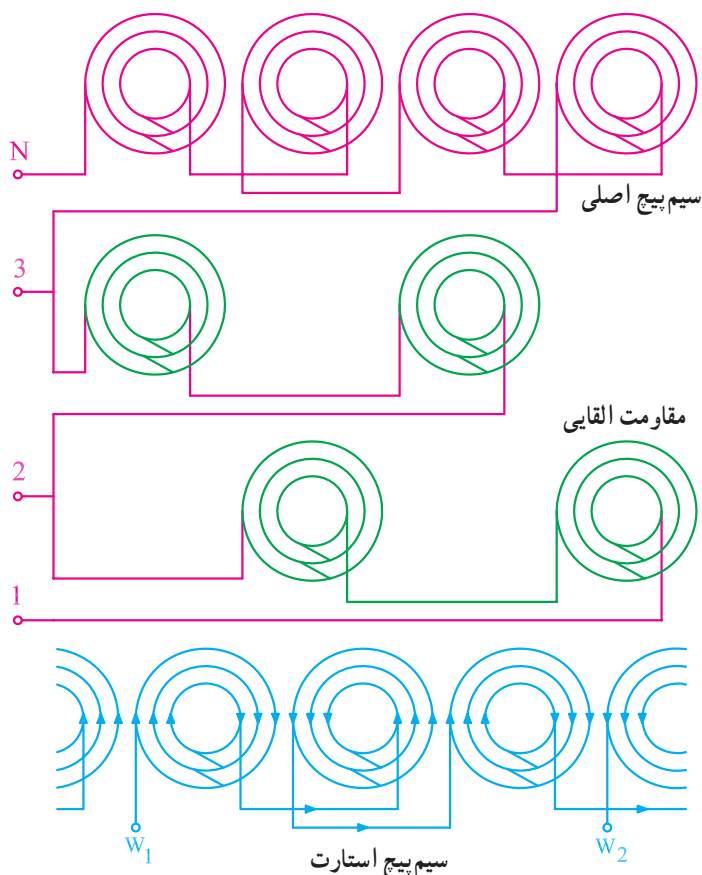


ساعات آموزش

جمع	عملی	نظری
۸۳	۷۵	۸

## ۲-۱- مقدمه

سیم پیچی موتورهای تک فاز متنوع است. در موتورهای کم قدرت، برای تغییر سرعت موتورها، علاوه بر سیم پیچ استارت (برای راه اندازی) از سیم پیچ کمکی، که نقش مقاومت القایی دارد، نیز استفاده می شود. این سیم پیچ روی سیم پیچ اصلی قرار می گیرد و می تواند با نصف یا تمام تعداد دور، با سیم پیچ اصلی سری شود و دورهای مختلفی را در موتور پدید آورد. این نوع سیم پیچی که در موتورهای تک فاز، نظیر پنکه های رومیزی مشاهده می شود خارج از بحث ماست (شکل ۲-۱).

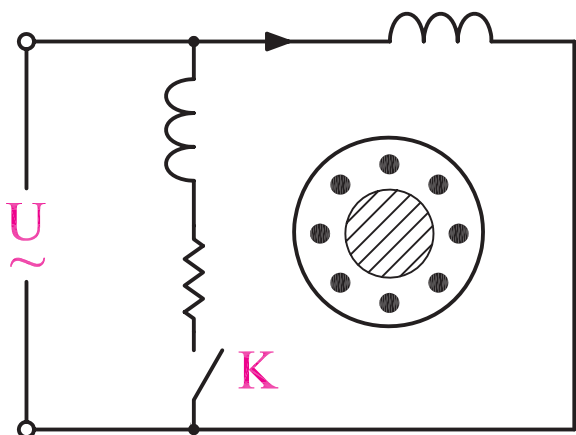


شکل ۲-۱- سیم پیچ های موتور پنکه

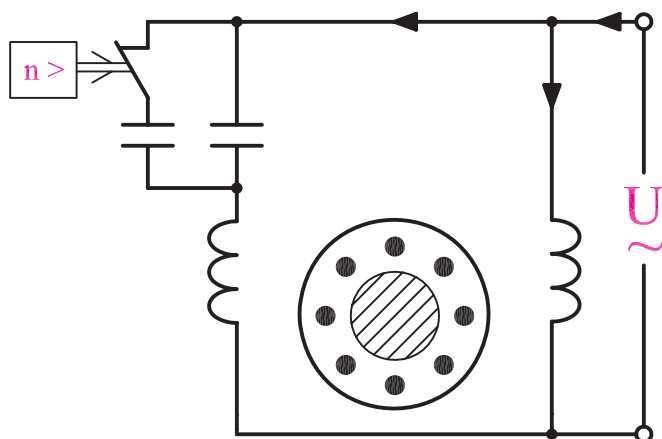


شکل ۲-۲- استاتور موتور قطب چاکدار

روش دیگر راه اندازی موتورهای تک فاز، در موتورهای قطب چاکدار، مشاهده می شود. در این موتورها از حلقه های اتصال کوتاه در شیارهایی که روی قطبها منظور می شود به عنوان سیم پیچ راه انداز استفاده می شود. سیم پیچی این موتورها نیز از موضوع بحث ما خارج است (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۳- موتور تک فاز با راه انداز مقاومتی



شکل ۲-۴- موتور تک فاز با راه انداز خازنی

سیم پیچ موتورهای که توان آن‌ها، تا یک دوم اسب بخار است معمولاً دارای سیم پیچ از نوع راه انداز مقاومتی است (شکل ۲-۳). موتورهایی که توان آن‌ها بیش از یک دوم اسب بخار است دارای سیم پیچ استارت از نوع راه انداز خازنی هستند (شکل ۲-۴). چون محاسبه‌ی سیم بندی این نوع موتورها خارج از حوزه‌ی بحث این کتاب است و از طرف دیگر روش سیم پیچی آن‌ها، مشابه یکدیگر است لذا با جداول جدید این نوع سیم بندی‌ها را تعقیب خواهیم کرد.

سیم پیچی موتورهای یک فاز طرح دو فاز، با سیم پیچی موتورهای سه فاز شبیه یکدیگرند. به یک نمونه از این نوع سیم پیچی اشاره خواهیم کرد. در سیم پیچی موتورهای سه فاز و بازیچی الکتروموتورها، روش جمع آوری موتورها را پس از سیم پیچی استاتور و آزمایش آن‌ها یاد گرفتیم. در این کتاب به سیم پیچی استاتور موتورهای یک فاز خواهیم پرداخت.

## ۲-۲- سیم پیچی استاتور موتورهای تک فاز طرح دو فاز

در سیم پیچی استاتور موتورهای تک فاز، با توجه به مطالبی که در فصل اول یاد گرفتیم. ابتدا محاسبات، جداول و دیاگرام سیم پیچی را تهیه می‌کنیم. سپس از نقشه‌ی به دست آمده، سیم پیچی استاتور را شروع می‌کنیم.

### ۲-۳- کار عملی شماره ۱

هدف: سیم پیچی استاتور موتور یک فاز طرح دو فاز

زمان: ۱۶ ساعت

نکات ایمنی: محیط کار را از خورده سیم‌ها و خورده کاغذها و بدنه‌ی استاتور را نیز از چربی و گردخاک کاملاً پاک کنید. از روشنایی مناسب در روی میز کار استفاده کنید. میز کار و صندلی نیز باید استاندارد باشد تا هیچ‌گونه فشاری بر کمر و پاها وارد نشود. دیگر نکات فنی را که در بازیچی موتورها فرا گرفته‌اید کاملاً رعایت نمایید.





شکل ۲-۵

وسایل و ابزار موردنیاز

- ۱- استاتور نگهدار یک عدد
- ۲- کاردک چوبی
- ۳- کاردک فیبری
- ۴- استاتور ۳۶ شیار یک فاز عایق کاری شده (شکل ۲-۵).

۵- با توجه به توان موتور موجود در کارگاه و به راهنمایی مربی کارگاه، شش گروه کلاف دوتایی متحدالمرکز با گام‌های ۱-۷ و ۲-۶ و شش کلاف تکی با گام ۱-۵ آماده کنید.

۶- قیچی کاغذبر

۷- کاغذ برشمان  $20^\circ$  به حد کافی

۸- نخ ابریشمی برای بستن کلاف‌ها به اندازه‌ی کافی

۹- هویه‌ی برقی و لحیم به حد کافی

۱۰- وارنیش به حد کافی

۱۱- کلاف پیچ و متعلقات کلاف پیچی

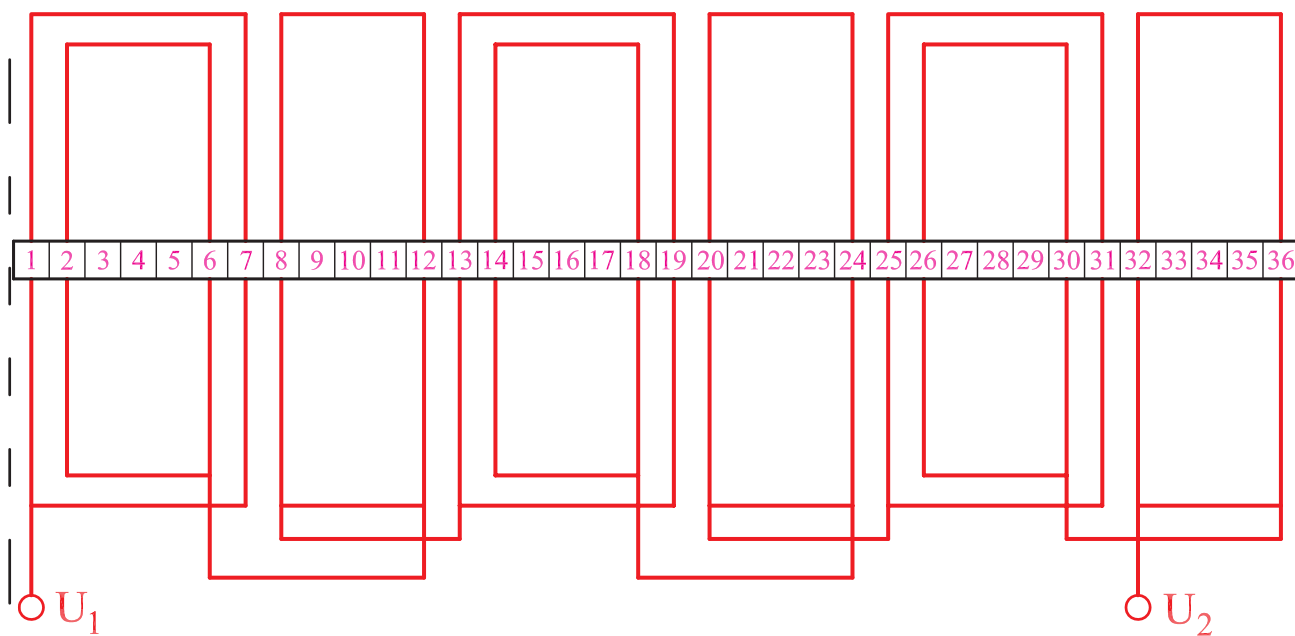
جدول ۲-۶

$\frac{m}{2p}$	$U_1, U_2$	$W_1, W_2$
N	1 36 2	4 3 5
S	6 8 7	9 11 10
N	13 12 14	16 15 17
S	18 20 19	21 23 22
N	25 24 26	28 27 29
S	30 32 31	33 35 34
	36	3

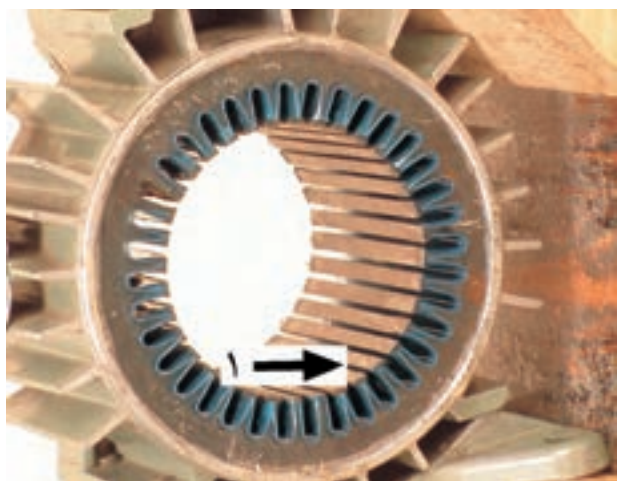
مراحل انجام کار

- ۱- با توجه به جدول ۱-۴۱ محاسبات لازم را نوشته و سپس جدول ۲-۶ را تشکیل دهید.

۲- دیاگرام سیم پیچ اصلی ( $U_1, U_2$ ) را آماده کنید (شکل ۲-۷).

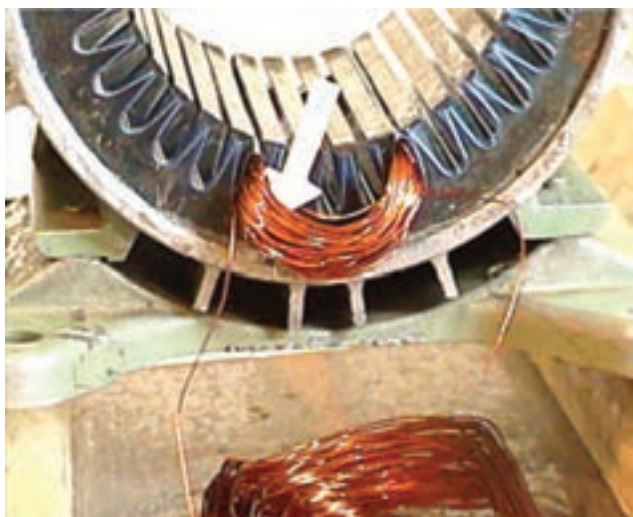


شکل ۲-۷



۳- یکی از شیارها را به عنوان شروع سیم پیچی، انتخاب و جهت گردش سیم بندی را مشخص کنید (شکل ۲-۸).

شکل ۲-۸



شکل ۹-۲

۴- یکی از کلاف‌های دوتایی را انتخاب کنید. ابتدا بازوهای کلاف کوچک را در شیارهای ۲ و ۶ قرار دهید. توجه داشته باشید که سرسیم‌ها در جهتی از موتور قرار بگیرند که بتوانید آن‌ها را در آخر سیم‌پیچی، به تخته کلم هدایت کنید (شکل ۹-۲).



شکل ۱۰-۲

۵- کلاف بزرگ‌تر، گروه کلاف اول را در شیارهای ۱ و ۷ قرار دهید (شکل ۱۰-۲).

۶- دومین گروه کلاف سیم پیچ  $U_1, U_2$  را که کلاف تکی است، در شیارهای ۸ و ۱۲ قرار دهید (شکل ۲-۱۱).



شکل ۲-۱۱

۷- گروه کلاف سوم را در شیارهای ۱۳ و ۱۴ و ۱۸ و ۱۹ قرار دهید (شکل ۲-۱۲).



شکل ۲-۱۲

۸- چهارمین گروه کلاف سیم پیچ  $U_1, U_2$  را که کلاف تکی است در شیارهای ۲۰ و ۲۴ قرار دهید (شکل ۲-۱۳).



شکل ۲-۱۳

۹- گروه کلاف پنجم را در شیارهای ۲۵ و ۲۶ و ۳۰ و ۳۱ قرار دهید (شکل ۲-۱۴).



شکل ۲-۱۴

۱۰- ششمین گروه کلاف سیم پیچ  $U_1, U_2$  را که کلاف تکی است در شیارهای ۳۲ و ۳۶ قرار دهید (شکل ۲-۱۵).



شکل ۲-۱۵

۱۱- سرکلاف خروجی از شیار شماره ۱ را با سیم افشان اتصال دهید و پس از لحیم کاری، روی آن وارنیش مناسب بکشید تا اتصال بدنه نداشته باشد و آن را برچسب  $U_1$  بزنید (شکل ۲-۱۶).



شکل ۲-۱۶



شکل ۲-۱۷

۱۲- سر کلاف خروجی از شیار ۶ را، به سر کلاف خروجی از شیار ۱۲ اتصال دهید. پس از لحیم کاری، روی آن‌ها وارنیش قرار دهید. سیم‌های خروجی از شیارهای ۸، ۱۳، ۱۸ را به ۲۴، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ را به ۳۶ اتصال دهید و پس از لحیم کاری روی آن وارنیش قرار دهید (شکل ۲-۱۷).

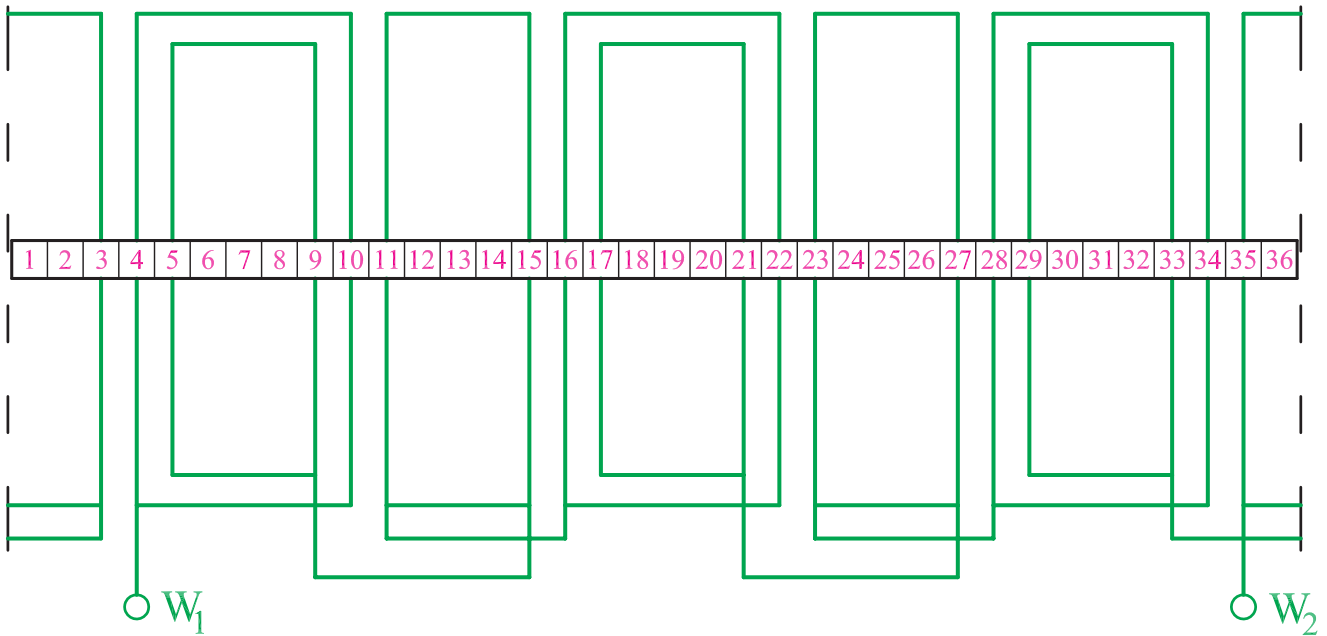
توجه داشته باشید که قبل از اتصال سیم‌ها به یکدیگر بایستی وارنیش‌ها را روی سیم پوشانده و پس از لحیم کاری آنرا روی محل لحیم شده بکشید.



شکل ۲-۱۸

۱۳- سرسیم خروجی، از شیار شماره ۳۲ را به سیم افشان اتصال دهید و پس از لحیم کاری وارنیش مناسب از آن عبور دهید و آن را برچسب  $U_2$  بزنید (شکل ۲-۱۸).

۱۴- شکل سیم‌پیچی فاز  $W_1, W_2$  را مطابق شکل ۱-۴۴ رسم کنید (شکل ۲-۱۹).



شکل ۲-۱۹



۱۵- اولین گروه کلاف دوتایی فاز  $W_1, W_2$  را، از شیار شماره ۴، شروع کنید. برای این منظور ابتدا بازوهای کلاف کوچک آن را در شیارهای شماره ۵ و ۹ قرار دهید (شکل ۲-۲۰).

شکل ۲-۲۰

۱۶- کلاف بزرگ گروه کلاف اول را در شیارهای ۴ و ۱۰ مطابق فاز  $U_1, U_2$  قرار دهید. بقیه‌ی گروه کلاف‌ها را براساس ستون دوم جدول (۲-۶) و شکل (۲-۱۹) تکمیل کنید (شکل ۲-۲۱).



شکل ۲-۲۱

۱۷- موقعیت کلاف‌های فاز  $W_1, W_2$  به صورت شکل ۲-۲۲ خواهد بود.



شکل ۲-۲۲

۱۸- سرسیم خروجی از شیار شماره ۴ را با سیم افشان اتصال دهید و پس از لحیم کاری، روی آن وارنیش مناسب قرار دهید و برچسب  $W_1$  بزنید (شکل ۲-۲۳).



شکل ۲-۲۳





شکل ۲-۲۴

۱۹- سرسیم‌ها خروجی از شیارهای ۹ را به ۱۵، ۱۱ را به ۱۶، ۲۱ را به ۲۷، ۲۳ را به ۲۸ و ۳۳ را به ۳ اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری، مطابق شکل ۲-۲۴ واریش مناسب از آنها عبور دهید.



شکل ۲-۲۵

۲۰- سرسیم خروجی از شیار ۳۵ را با سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری واریش مناسب از آن عبور دهید و به آن برجسب  $W_7$  بزنید (شکل ۲-۲۵).



شکل ۲-۲۶

۲۱- پس از سربندی، سیم‌ها را به تخته کلم هدایت کنید (شکل ۲-۲۶).



شکل ۲-۲۷

۲۲- برچسب سیم‌ها را در تخته کلم مشخص کنید (شکل ۲-۲۷).

استاتور را نواربندی کرده و پس از جمع کردن موتور، آن را به برق وصل کنید و نتیجه‌ی کار خودتان را بررسی کنید.

#### ۲-۴- سیم‌پیچی استاتور موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت

در سیم‌پیچی استاتور موتورهای تک‌فاز، با استارت موقت، حداقل دو سوم شیارهای استاتور را سیم‌پیچ اصلی پوشش می‌دهد. آرایش کلاف‌های سیم‌پیچ استارت را اغلب نظیر سیم‌پیچ اصلی در نظر می‌گیرند. در بعضی مواقع برای بهبود گشتاور راه‌اندازی، تعداد کلاف‌ها و شیارهای مربوط به سیم‌پیچ استارت بیشتر از کلاف‌ها و شیارهای سیم‌پیچ اصلی در نظر گرفته می‌شود. سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز با استارت موقت را با کار عملی موتورهای کولرهای آبی دنبال می‌کنیم، اگرچه این موتورها با دو سرعت مختلف کار می‌کنند ولی سیم‌پیچ هر قسمت مستقل و یک‌سرعه محسوب می‌شود.

کاربرد این موتورها در کولرهای آبی و ماشین‌های لباس‌شویی (سطلی)، منجر به استفاده‌ی زیاد از آنها شده است. موتور کولرهای آبی به علت استفاده از حالت بهینه، از عمق شیارهای متنوع در سطح استاتور برخوردارند، به عبارت دیگر، فضا و عمق شیارها، برعکس موتورهای سه‌فاز، با هم برابر نیستند. در سیم‌پیچی این موتورها، رعایت نکات زیر ضروری است.

۱- وجود کلید گریز از مرکز باعث شده عمق پوسته در یک طرف بیشتر از طرف دیگر باشد (شکل ۲-۲۸).

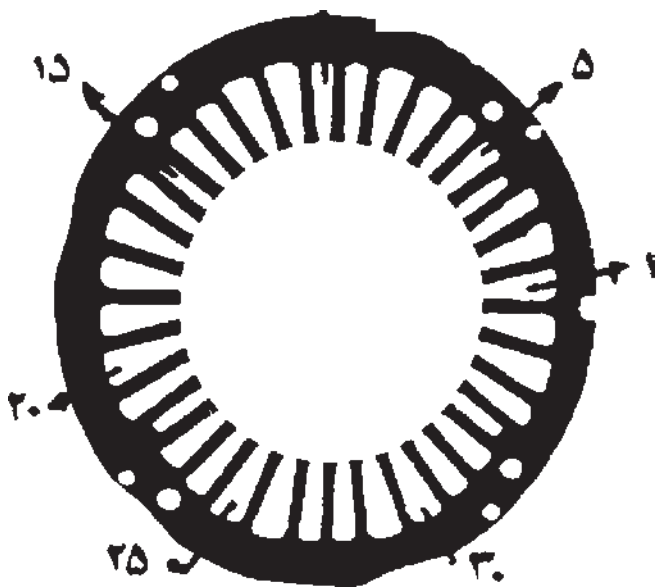


شکل ۲-۲۸

۲- سیم‌پیچ استارت، فقط برای دور بیشتر یعنی حالت چهار قطب منظور می‌شود. سرعت کند موتور از طریق کلید گریز از مرکز مجهز به کنتاکت‌های تبدیل امکان‌پذیر است (شکل ۲-۲۹).



شکل ۲-۲۹



شکل ۲-۳۰

۳- انتخاب شیار شروع سیم پیچی حائز اهمیت است و اگر این انتخاب صحیح انجام نشود سیم پیچی با مشکل روبه‌رو خواهد شد. در شکل ۲-۳۰ شیار شروع نشان داده شده است. با دقت بیشتر مشاهده می‌شود که چهارمین شیار در طرف راست شیار شروع، از کوچک‌ترین شیارهای استاتور می‌باشد.

۴- چون محاسبات سیم پیچی خارج از بحث کتاب است، از جداول ۲-۳۱ تا ۲-۳۴ تعداد دور، قطر سیم، گام‌های سیم‌بندی و قالب کلاف‌ها را انتخاب می‌کنیم. توجه: این جداول به منظور استفاده در طراحی داده شده و نیازی به حفظ کردن آن‌ها نیست.

جدول ۲-۳۱- مشخصات سیم پیچی دور زیاد 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
$\frac{1}{4}$	۰/۶۵	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۶۰	۵۵	۴۵	۲۸/۵	۲۳/۵	۱۹/۵	۳/۷۵	۸/۹
$\frac{1}{۳}$	۰/۷۰	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۵۵	۵۰	۴۰	۳۰	۲۵	۲۱	۴/۳	۸/۹
$\frac{1}{۲}$	۰/۸۰	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۴۴	۴۰	۳۳	۳۲	۲۷	۲۳	۵/۴	۸/۹
$\frac{۳}{۴}$	۰/۹۵	۱-۹	۲-۸	۳-۷	۴۲	۴۰	۳۲	۳۲/۵	۲۷	۲۳	۵/۴	۸/۹

جدول ۳۲-۲- مشخصات سیم پیچی دور کم موتور 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	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

توجه: این جداول به منظور استفاده در طراحی داده شده و نیازی به حفظ کردن آن‌ها نیست.

جدول ۳۳-۲- مشخصات سیم پیچ استارت موقت چهار بوبینه موتور کولر

قدرت استاتور برحسب 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	۲۲۹	۲۵/۵	۲۲/۵

جدول ۳۴-۲- مشخصات سیم پیچ استارت موقت سه بوبینه موتور کولر

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	طول 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

## ۲-۵- کار عملی شماره ۲

هدف: سیم پیچی استاتور موتور تک فاز استارت موقت

زمان: ۲۴ ساعت

نکات ایمنی: محیط کار را از خورده سیم ها و خورده کاغذها و بدنه ی استاتور را نیز از چربی و گردخاک کاملاً پاک کنید. از روشنایی مناسب در روی میز کار استفاده نمایید. میز کار و صندلی نیز باید استاندارد باشد تا هیچ گونه فشار بر کمر و پاها وارد نشود. نکات ایمنی عمومی کار را به طور کامل رعایت کنید.

وسایل و ابزار مورد نیاز

۱- استاتور نگهدار یک عدد

۲- کاردک چوبی

۳- کاردک فیبری

۴- استاتور ۳۶ شیار یک فاز عایق کاری شده ی کولر آبی،

یک عدد (شکل ۳۵-۲).

۵- با توجه به جداول ۲-۳۱ تا ۲-۳۴ و توان موتور

موجود در کارگاه به راهنمایی مربی کارگاه، چهار گروه کلاف

سه تایی برای دور زیاد و استارت، متحدالمرکز با گام های ۱-۹ و

۲-۸ و ۳-۷ تهیه کنید؛ همچنین شش گروه کلاف دوتایی،

متحدالمرکز با گام های ۱-۶ و ۲-۵ برای دور کم آماده کنید.

۶- قیچی کاغذبر



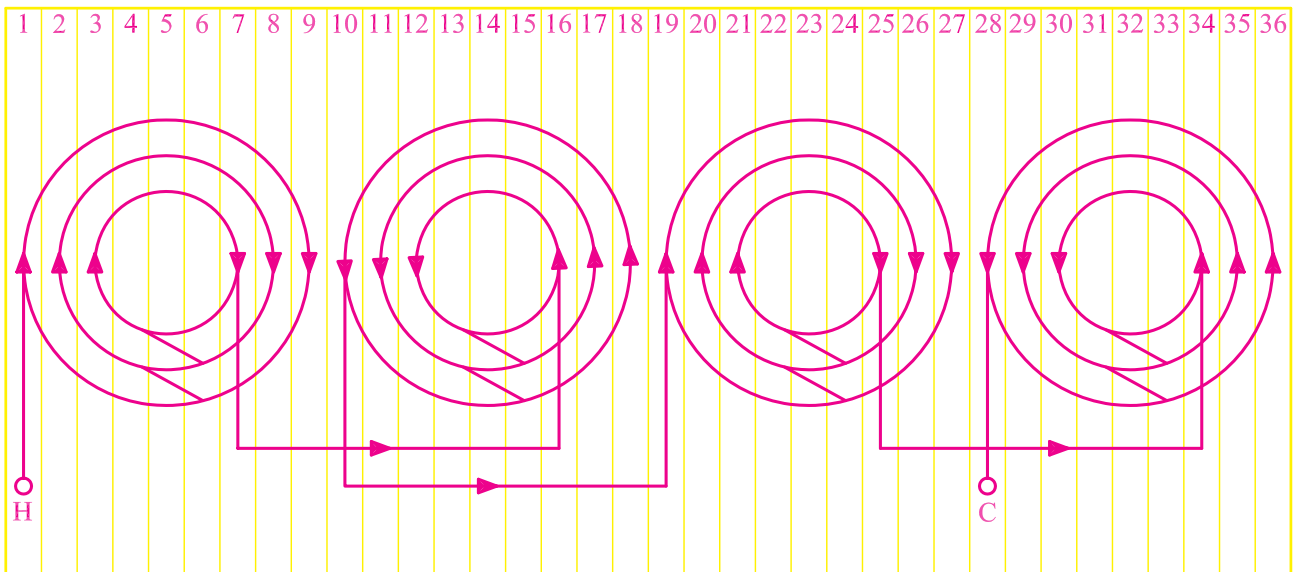
شکل ۳۵-۲

- ۷- کاغذ برشمان  $20^\circ$  به حد کافی
- ۸- نخ ابریشمی برای بستن کلاف‌ها به اندازه کافی
- ۹- هویه‌ی برقی و لحیم به حد کافی
- ۱۰- وارنیش به حد کافی
- ۱۱- کلاف پیچ و متعلقات کلاف پیچی

مثال: موتور ۳۶ شیار ۴ و ۶ قطب مفروض است سیم پیچی این موتور را برای دو حالت اجرا کنید. سیم پیچ استارت بر اساس سیم پیچ اصلی چهار قطب می‌باشد و دور کند پس از راه‌اندازی با دور تند، با کلید گریز از مرکز امکان پذیر است.

### مراحل انجام کار

۱- نقشه‌ی شکل ۶۳-۱ را در نظر بگیرید (شکل ۲-۳۶).



شکل ۲-۳۶



شکل ۲-۳۷

۲- در قسمتی از پوسته‌ی استاتور که عمق بیشتری دارد مطابق شکل (۲-۳۷)، شیار شروع سیم‌بندی و جهت گردش سیم پیچی را تعیین کنید.



شکل ۲-۳۸

۳- کوچک‌ترین کلاف اولین گروه کلاف سیم پیچ دور بیشتر را در شیارهای ۳ و ۷ قرار دهید (شکل ۲-۳۸).



شکل ۲-۳۹

۴- دومین کلاف از گروه کلاف اول را در شیارهای ۲ و ۸ قرار دهید (شکل ۲-۳۹).



شکل ۲-۴۰

۵- سومین کلاف گروه کلاف اول را در شیارهای ۱ و ۹ قرار دهید (شکل ۲-۴۰).

۶- گروه کلاف دوم را نظیر گروه کلاف اول در شیارهای ۱۰، ۱۱، ۱۶، ۱۲، ۱۷ و ۱۸ قرار دهید (شکل ۲-۴۱).



شکل ۲-۴۱

۷- گروه کلاف سوم را در شیارهای ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۵، ۲۶ و ۲۷ قرار دهید (شکل ۲-۴۲).



شکل ۲-۴۲

۸- گروه کلاف چهارم را در شیارهای ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۴، ۳۵ و ۳۶ قرار دهید (شکل ۲-۴۳).



شکل ۲-۴۳





شکل ۲-۴۴

۹- سرسیم خروجی از شیار شماره ۱ را با سیم افشان اتصال دهید و پس از لحیم کاری وارنیش مناسب از آن عبور دهید و محل لحیم کاری را با وارنیش کاملاً بپوشانید و به آن برچسب H بزنید (شکل ۲-۴۴).



شکل ۲-۴۵

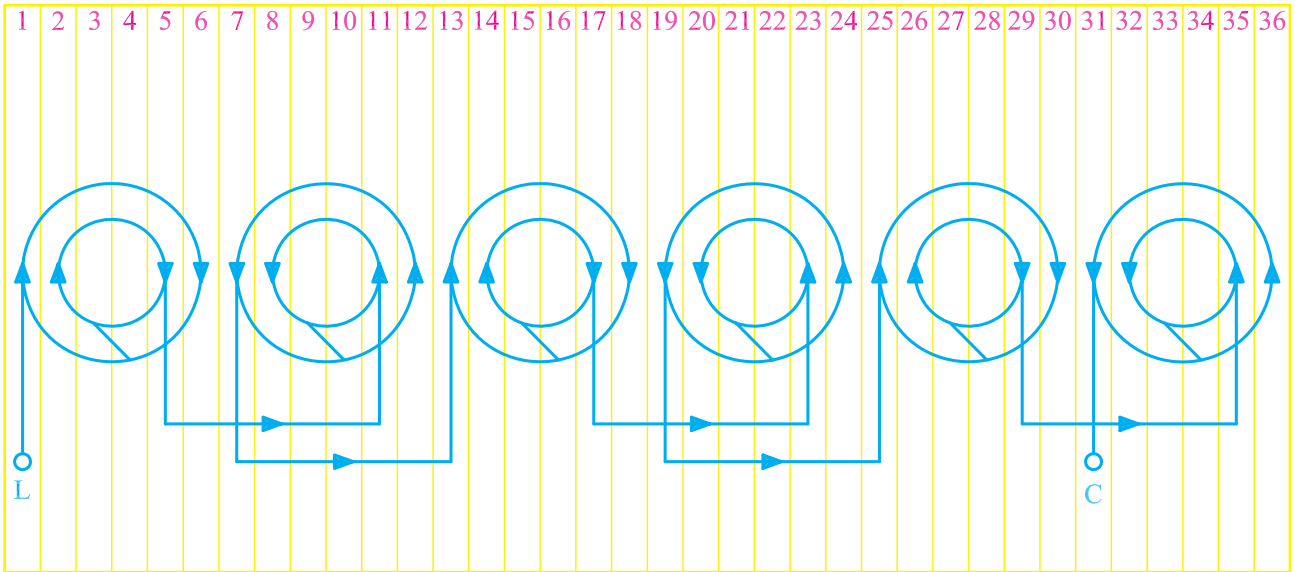
۱۰- سرسیم های خروجی از شیارهای ۷، ۱۶ به ۱۰، ۱۹ و ۲۵ را به ۳۴ اتصال دهید. قبل از لحیم کاری وارنیش را از سیم ها عبور دهید و پس از لحیم کاری، محل لحیم کاری را با وارنیش مناسب پوشش دهید (شکل ۲-۴۵).



شکل ۲-۴۶

۱۱- سرکلافی را که از شیار ۲۸ خارج می شود به سیم افشان اتصال دهید. پس از لحیم کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و به آن برچسب C بزنید (شکل ۲-۴۶).

۱۲- شکل ۱-۶۴ را که مربوط به سیم پیچ دور کند است در نظر بگیرید (شکل ۲-۴۷).



شکل ۲-۴۷



شکل ۲-۴۸

۱۳- کلاف کوچک اولین گروه کلاف، سیم پیچ دور کند را در شیارهای ۲ و ۵ و کلاف بزرگ تر آن را در شیار ۱ و ۶ قرار دهید (شکل ۲-۴۸).



شکل ۲-۴۹

۱۴- بقیه ی کلاف های سیم پیچ دور کمتر را بر اساس شکل (۱-۶۴) و مطابق شکل (۲-۴۹) در شیارهای مربوط قرار دهید.



شکل ۲-۵۰

۱۵- سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱ را به سیم افشان اتصال دهید. پس از لحیم کاری و گذراندن وارنیش مناسب، برچسب L به آن بزنید. توجه داشته باشید که از شیار شماره ۱ دو سیم با برچسب های H و L به بیرون هدایت می شود (شکل ۲-۵۰).



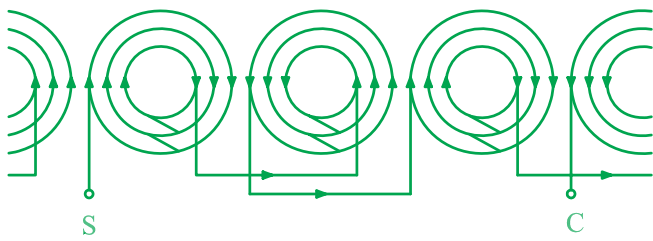
شکل ۲-۵۱

۱۶- سرسیم های خروجی از شیارهای ۵، ۷، ۱۱، ۱۳، ۱۷، ۱۹، ۲۳، ۲۵، ۲۹ و ۳۵ اتصال دهید و پس از گذاشتن وارنیش، محل اتصالات را لحیم کاری کنید. وارنیش ها را روی محل های لحیم کاری هدایت کنید. سرسیم خروجی از شیار شماره ۳۱ را به سیم افشان اتصال دهید و پس از لحیم کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و برچسب C به آن بزنید (شکل ۲-۵۱).



شکل ۲-۵۲

۱۷- از شیار شماره ۵ سیم بیچ استارت را شروع کنید (شکل ۲-۵۲).



۱۸- سیم پیچ استارت را مثل سیم پیچ اصلی دور تند انجام دهید با این تفاوت که سیم پیچ استارت از شیار شماره ۵ شروع می شود و مطابق شکل (۱-۶۵) ادامه می یابد (شکل ۲-۵۳).



شکل ۲-۵۳



شکل ۲-۵۴

۱۹- سر کلاف خروجی از شیار شماره ۵ را به سیم افشان اتصال دهید و پس از لحیم کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و برچسب S به آن بزنید (شکل ۲-۵۴).



شکل ۲-۵۵

۲۰- سرسیم های خروجی از شیارهای ۱۱ را به ۲۰، ۱۴، ۲۳ و ۲۹ را به ۲ اتصال دهید و پس از گذاشتن وارنیش، محل اتصالات را لحیم کاری کنید و محل های لحیم کاری شده را با وارنیش پوشش دهید. سیم خروجی از شیار ۳۲ را به سیم افشان اتصال دهید، پس از لحیم کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و به آن برچسب C بزنید (شکل ۲-۵۵).



۲۱- سه سرسیم خروجی از شیارهای ۲۸، ۳۱ و ۳۲ را که همگی برچسب C دارند، به هم ارتباط دهید و به عنوان سیم مشترک به بیرون هدایت کنید (شکل ۲-۵۶).



شکل ۲-۵۶



۲۲- سیم‌های خروجی را مرتب کنید و پس از نواربندی با در نظر گرفتن برچسب‌های مربوط، سر سیم پیچی‌ها را برای اتصال به ترمینال‌های مربوطه آماده کنید (شکل ۲-۵۷).

شکل ۲-۵۷

## ۶-۲- کار عملی شماره ۳

هدف: سیم پیچی استاتور موتور یک فاز استارت موقت

زمان: ۱۸ ساعت

نکات ایمنی: محیط کار را از سیم‌های چیده شده و کاغذ پاره‌ها و بدنه‌ی استاتور را از چربی و گردخاک کاملاً پاک کنید از روشنایی مناسب در روی میز کار استفاده کنید. میز کار و صندلی نیز باید استاندارد باشد تا هیچ‌گونه فشار بر کمر و پاها وارد نشود. نکات ایمنی عمومی را رعایت کند (شکل ۵۸-۲- الف).

وسایل و ابزار موردنیاز

۱- استاتور نگهدار یک عدد

۲- کاردک چوبی

۳- کاردک فیبری

۴- استاتور ۲۴ شیار یک فاز عایق کاری شده

(شکل ۵۸-۲- ب).

۵- چهار گروه کلاف دو تایی متحدالمرکز برای سیم اصلی

و چهار گروه کلاف دو تایی برای سیم پیچ استارت.

۶- قیچی کاغذبر

۷- کاغذ برشمان ۲۰/۰ به حد کافی

۸- نخ ابریشمی برای بستن کلاف‌ها به اندازه‌ی کافی

۹- هویه‌ی برقی و لحیم به حد کافی

۱۰- وارنیش به حد کافی

۱۱- کلاف پیچ و متعلقات کلاف پیچی

مثال: یک موتور ۲۴ شیار ۴ قطب یک فاز مفروض است.

سیم پیچی این موتور را برای حالت استارت موقت اجرا کنید و

سیم پیچ استارت را نظیر سیم پیچ اصلی در نظر بگیرید.

مراحل انجام کار

۱- مشخصات موتور را تعیین کنید.

$$m = ? \quad 2P = ? \quad Z = ?$$

۲- گام قطبی را محاسبه کنید.

$$Y_p = \frac{Z}{2P} = ?$$

۳- تعداد شیارهای مربوط به سیم پیچ اصلی را مشخص

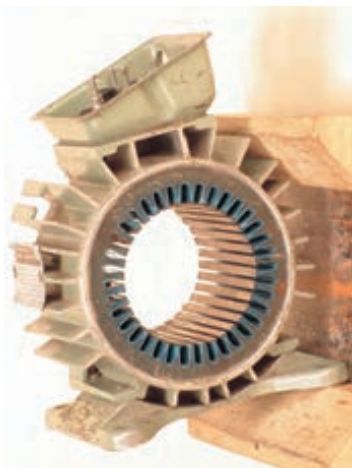
کنید.

$$Z_m = \frac{2}{3} Z = ?$$

۷۰



شکل ۵۸-۲- الف - رعایت نکات ایمنی در محیط کار



شکل ۵۸-۲- ب - پوسته‌ی استاتور

$$Z_s = Z_m = ?$$

$$q_m = \frac{Z_m}{\sqrt{P}} = ?$$

$$q_s = \frac{Z_s}{\sqrt{P}} = ?$$

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

$$U_1 = ? \quad W_1 = 1 + \frac{9^\circ}{\alpha_{ez}} = ?$$

$$Y_z = Y_p - \frac{q_m}{\gamma} = ?$$

۴- سیم استارت را نظیر سیم پیچ اصلی از نظر توزیع در نظر بگیرید.

۵- تعداد شیارهای زیر هر قطب متعلق به هر فاز را برای سیم پیچ اصلی مشخص کنید.

۶- تعداد شیارهای زیر هر قطب متعلق به هر فاز را برای سیم پیچ استارت به دست آورید.

۷- زاویه الکتریکی شیارها را محاسبه کنید.

۸- شروع فاز اصلی و سیم پیچ استارت را به دست آورید.

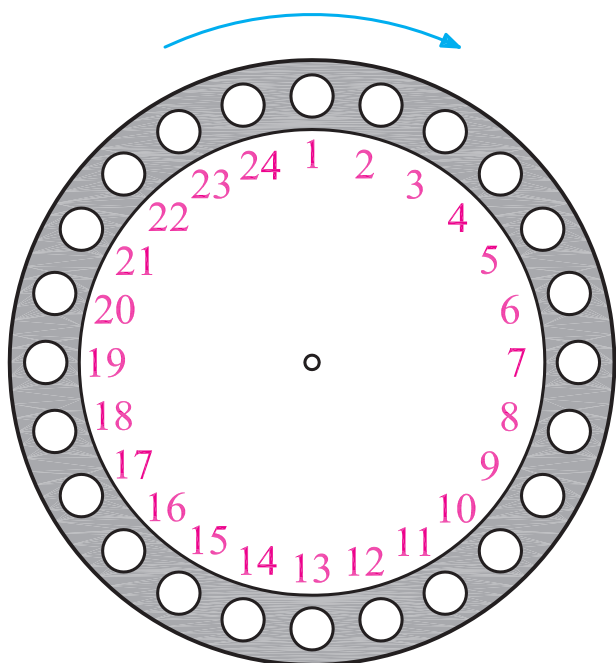
۹- کسری گام را برای سیم پیچ اصلی و استارت مشخص کنید و گام سیم بندی را به دست آورید.

جدول ۲-۵۹

$\begin{matrix} m \\ 2p \end{matrix}$	$U_1, U_2$	$W_1, W_2$
N		
S		
N		
S		

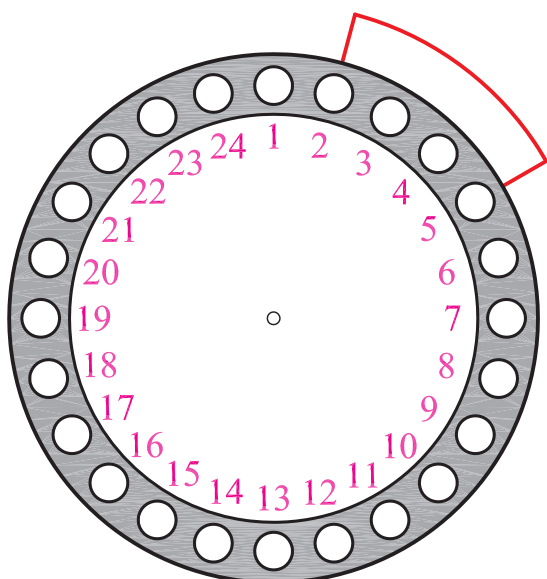
۱- جدول سیم بندی ۲-۵۹ را کامل کنید.

۱۱- شیار شروع و جهت سیم‌بندی را مشخص کنید  
(شکل ۲-۶۰).



شکل ۲-۶۰

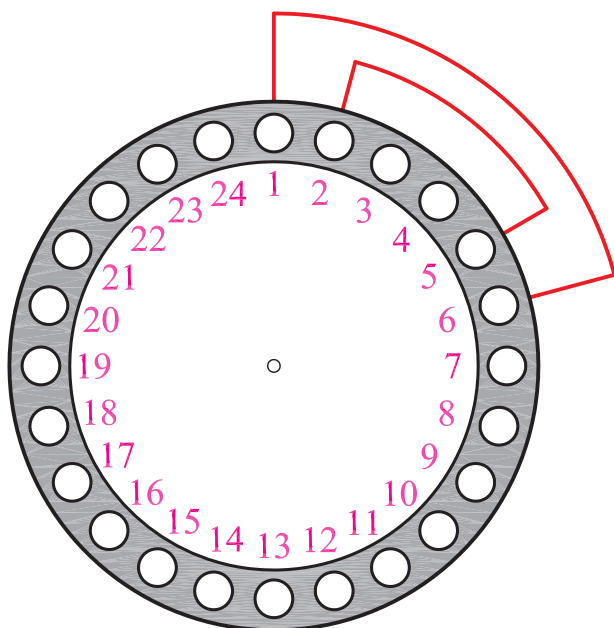
۱۲- اولین کلاف از گروه کلاف شماره یک را در شیارهای  
۲ و ۵ قرار دهید (شکل ۲-۶۱).



شکل ۲-۶۱

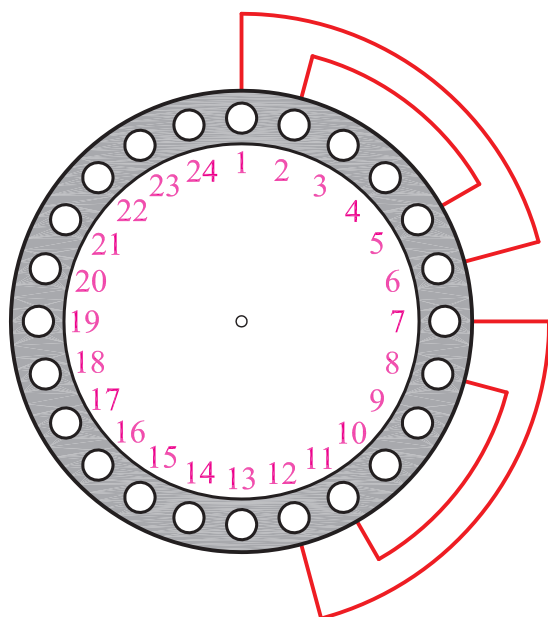


۱۳- دومین کلاف از گروه کلاف شماره یک را در  
شماره‌های ۱ و ۶ قرار دهید (شکل ۲-۶۲).



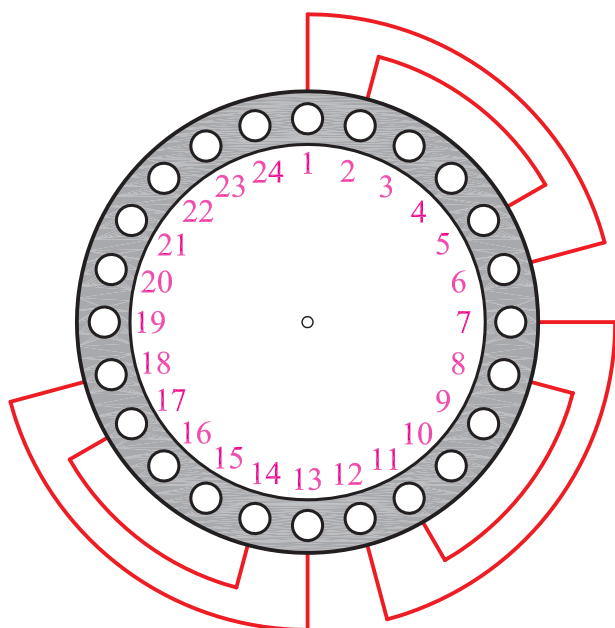
شکل ۲-۶۲

۱۴- دومین گروه کلاف سیم پیچ اصلی را در شماره‌های  
۸-۱۱ و ۷-۱۲ قرار دهید (شکل ۲-۶۳).



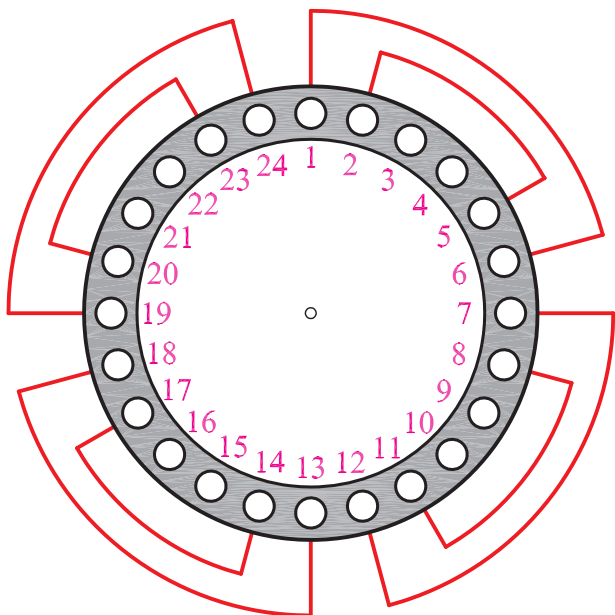
شکل ۲-۶۳

۱۵- سومین گروه کلاف سیم پیچ اصلی را در شیارهای  
 ۱۷-۱۴ و ۱۸-۱۳ قرار دهید (شکل ۲-۶۴).



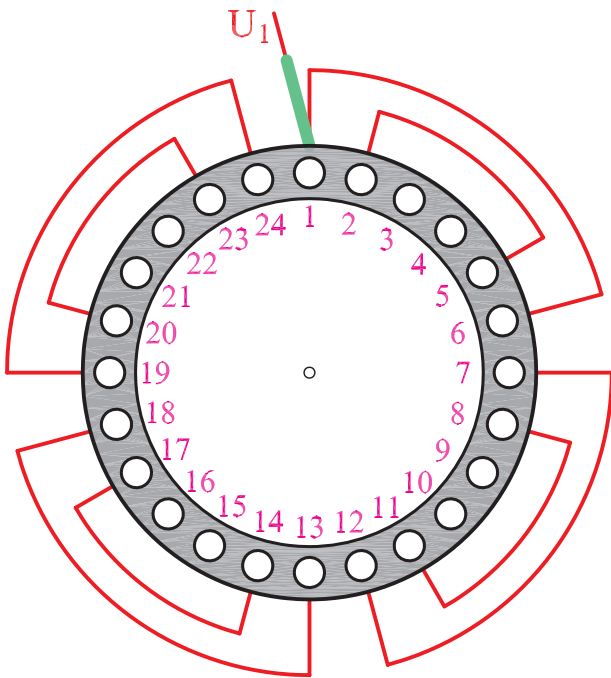
شکل ۲-۶۴

۱۶- چهارمین گروه کلاف سیم پیچ اصلی را در شیارهای  
 ۲۴-۱۹ و ۲۳-۲۰ قرار دهید (شکل ۲-۶۵).



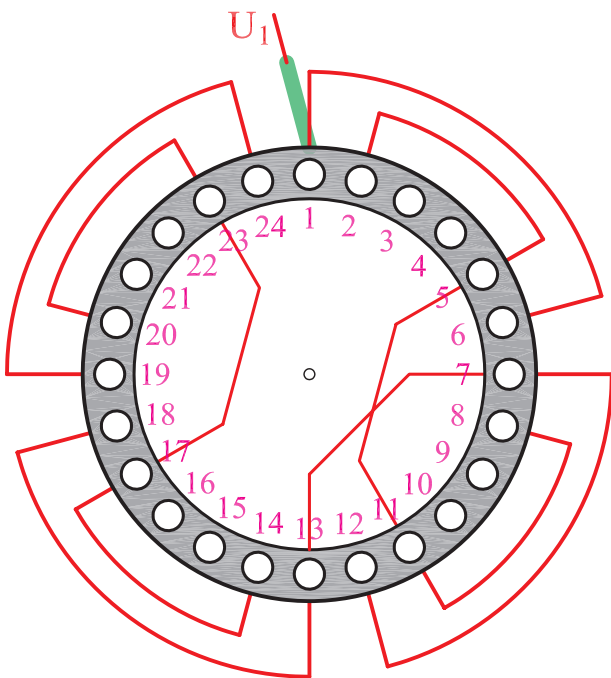
شکل ۲-۶۵

۱۷- سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱ را به سیم افشان  
 اتصال دهید و پس از لحیم کاری برچسب  $U_1$  به آن بزنید  
 (شکل ۲-۶۶).



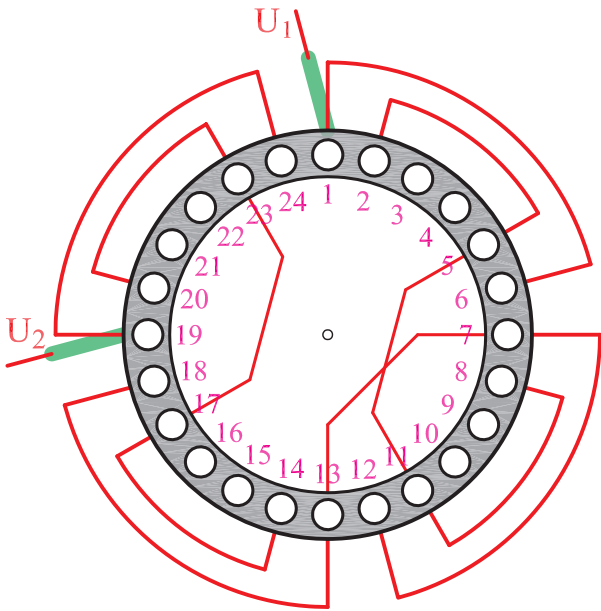
شکل ۲-۶۶

۱۸- سرسیم های خروجی از شیارهای ۵، ۷، ۱۱ را  
 به ۱۳ و ۱۷ را به ۲۳ اتصال دهید و پس از گذراندن وارنیش،  
 آن ها را لحیم کاری کنید و محل های لحیم کاری شده را با  
 وارنیش ها بپوشانید (شکل ۲-۶۷).



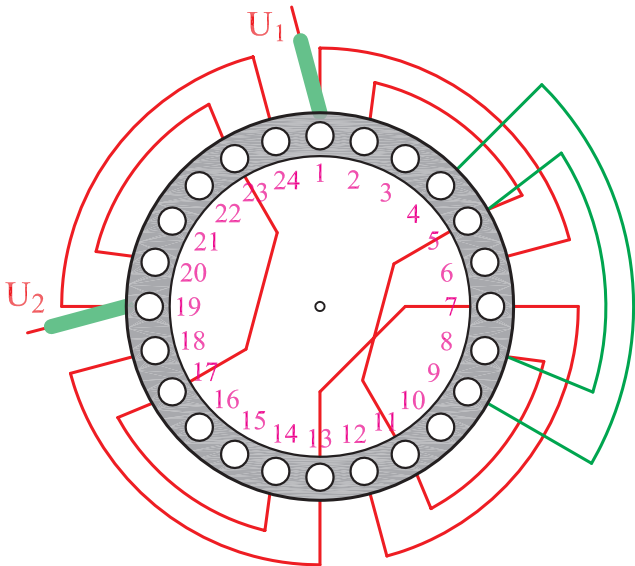
شکل ۲-۶۷

۱۹- سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱۹ را به سیم افشان  
 اتصال دهید و پس از لحیم کاری به آن برچسب  $U_2$  بزنید (شکل  
 ۲-۶۸).



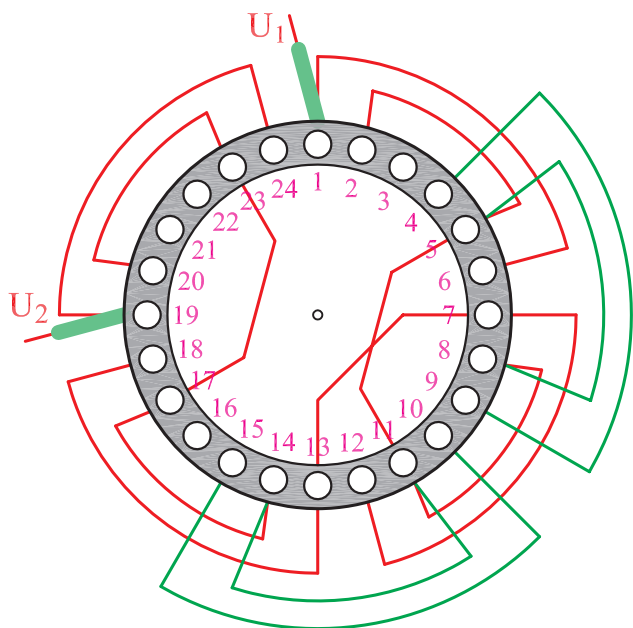
شکل ۲-۶۸

۲۰- اولین گروه کلاف سیم پیچ استارت را در شیارهای  
 ۸-۵ و ۹-۴ قرار دهید (شکل ۲-۶۹).



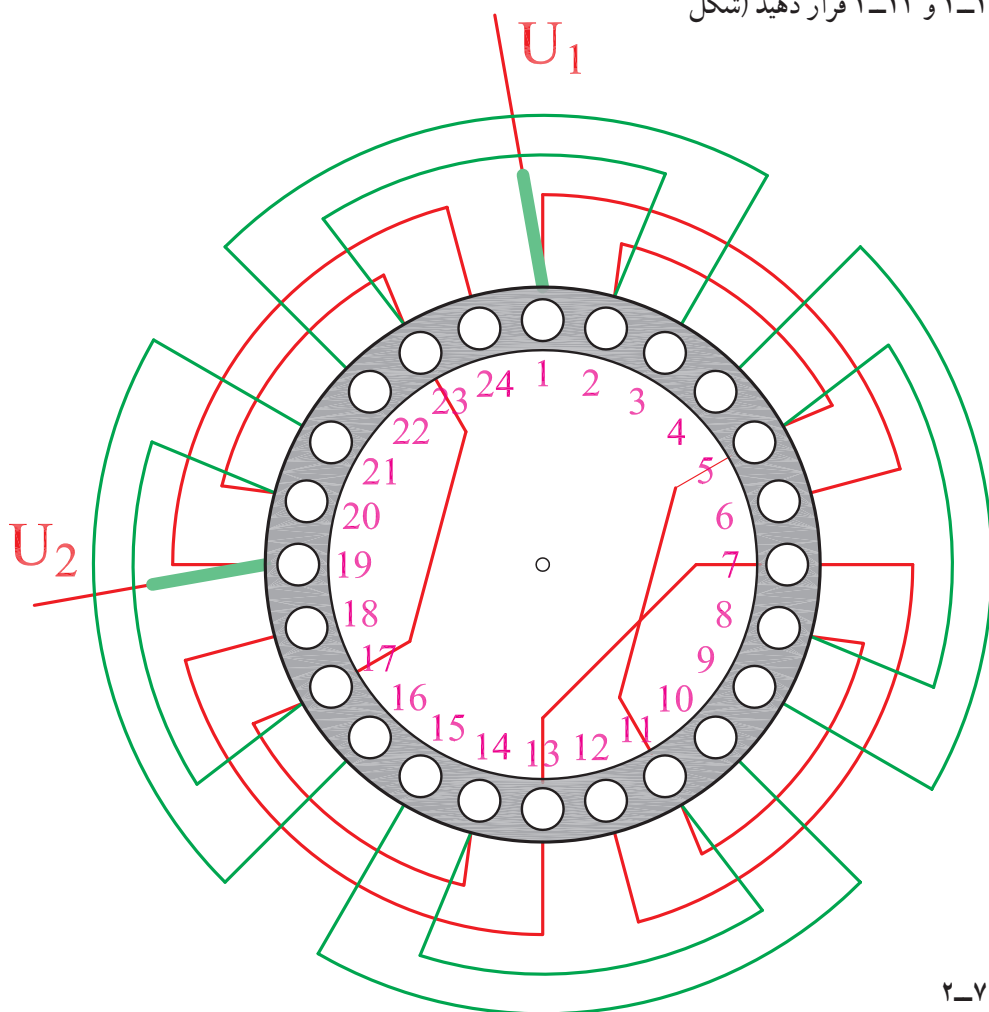
شکل ۲-۶۹

۲۱- دومین گروه کلاف سیم پیچ استارت را در شیارهای ۱۴-۱۱ و ۱۵-۱۰ قرار دهید (شکل ۲-۷۰).



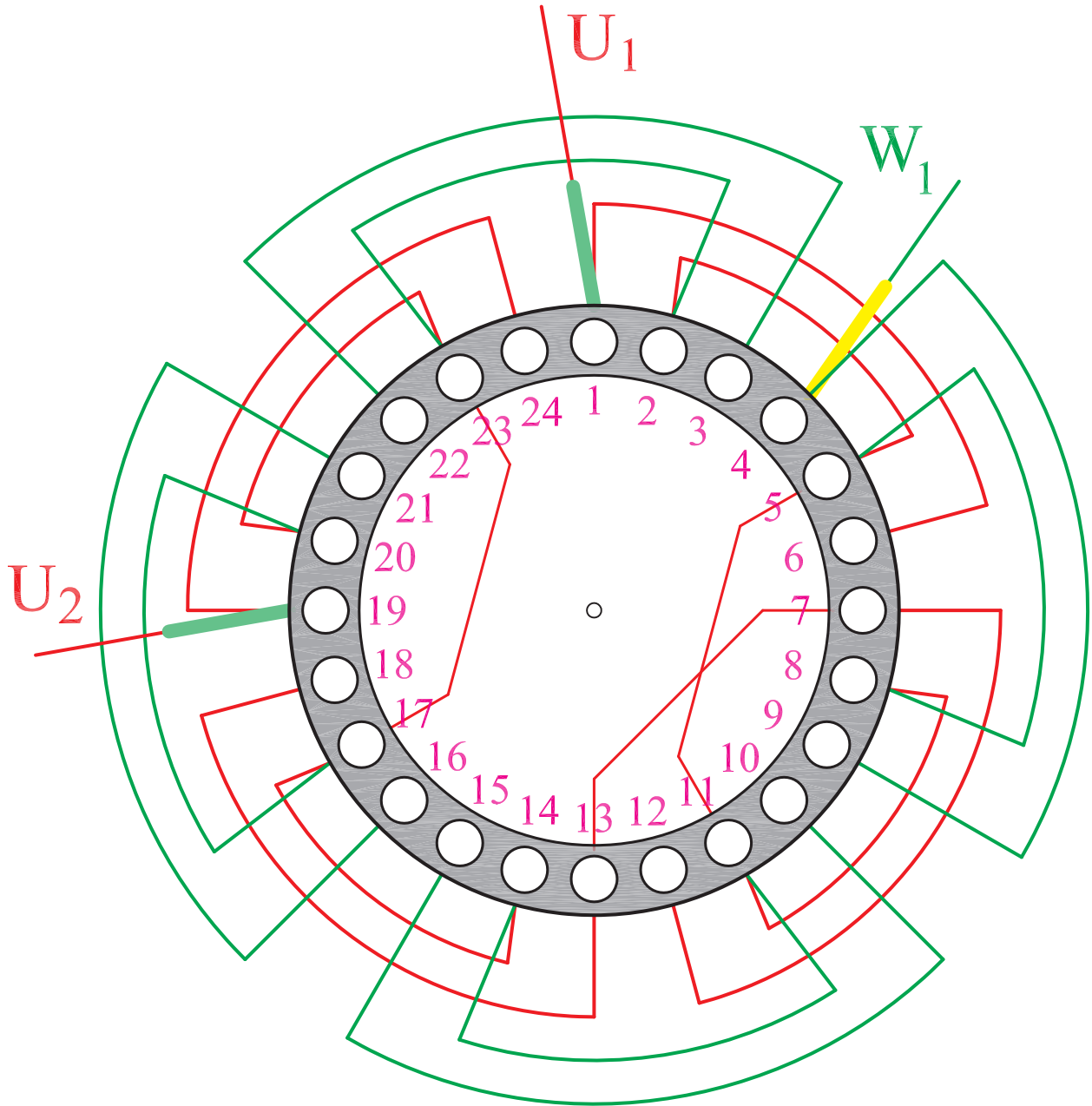
شکل ۲-۷۰

۲۲- گروه کلاف سوم و چهارم سیم پیچ استارت را در شیارهای، ۲۰-۱۷، ۲۱-۱۶، ۲۲-۲۳ و ۲۳-۲۴ قرار دهید (شکل ۲-۷۱).



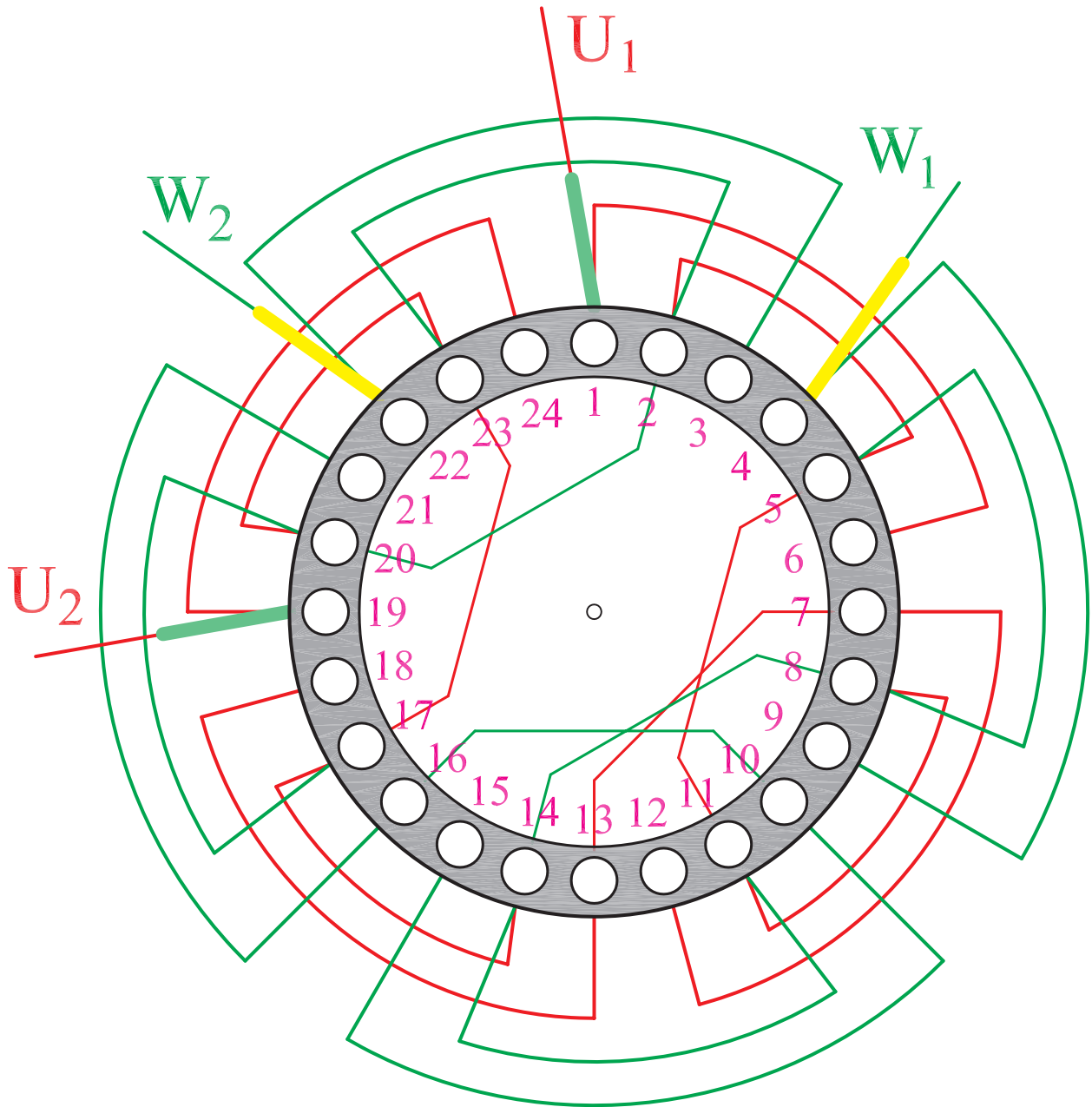
شکل ۲-۷۱

۲۳- سرکلاف خروجی از شیار شماره ۴ را به سیم افشان  
 اتصال دهید و پس از لحیم کاری وارنیش مناسب از آن عبور داده  
 و برچسب  $W_1$  به آن بزنید (شکل ۲-۷۲).



شکل ۲-۷۲

۲۴- سرسیم‌های خروجی از شیارهای ۸، ۱۴، ۱۰، ۱۶ را به ۲۰ و ۲ به اتصال دهید و پس از گذاشتن وارنیش محل اتصالات را لحیم کاری نمایید و محل‌های لحیم کاری را با وارنیش‌ها بپوشانید. سر کلاف خروجی از شیار ۲۲ را به سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و به آن برچسب  $W_p$  بزنید (شکل ۲-۷۳).

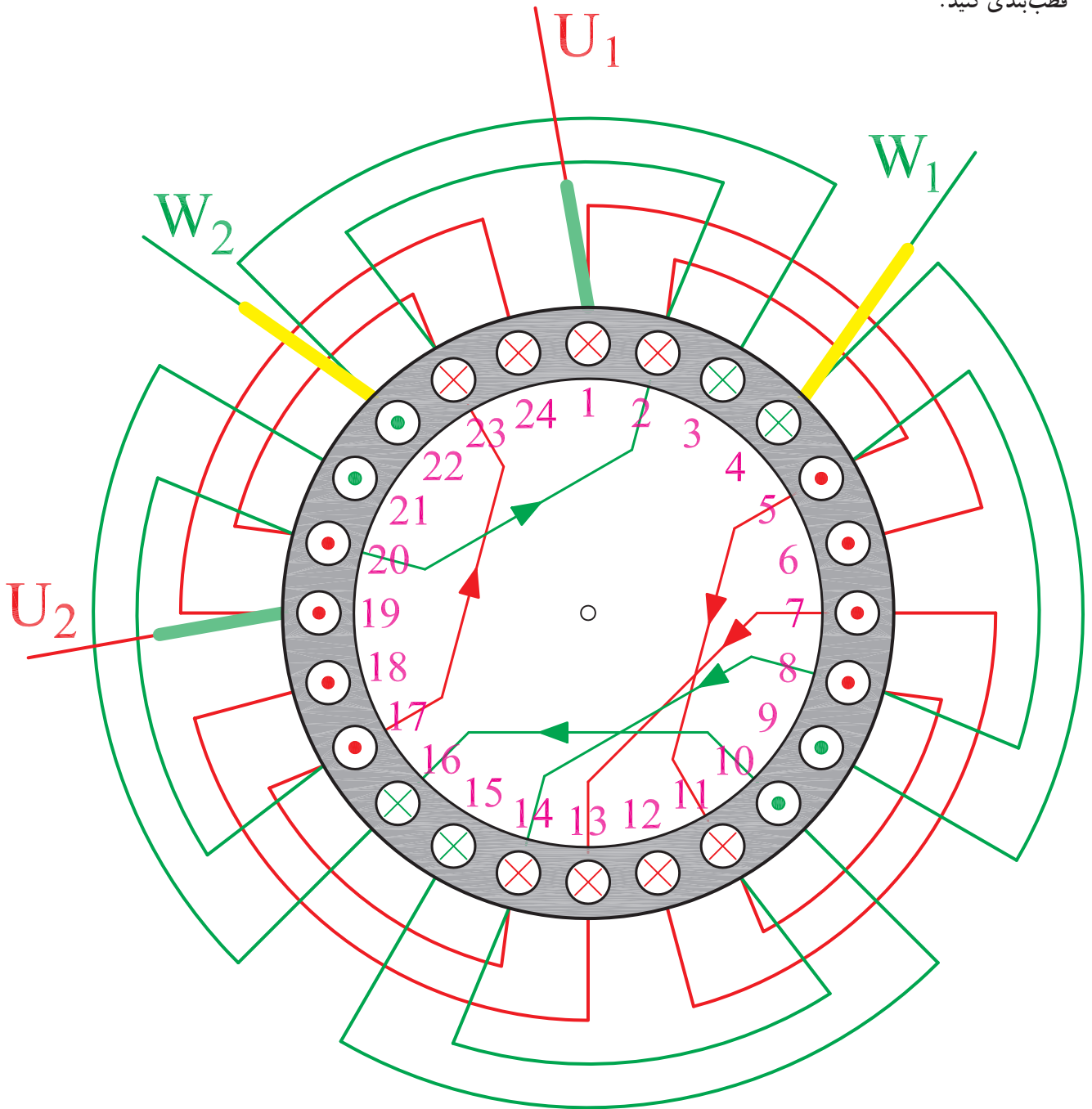


شکل ۲-۷۳

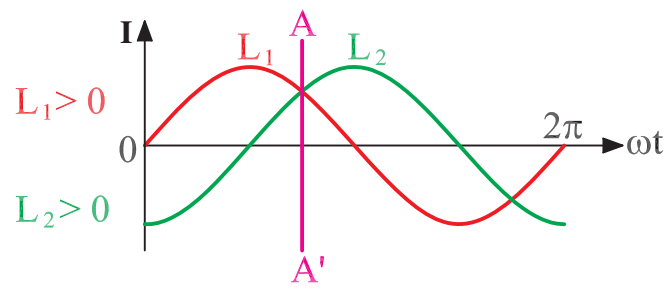
۲۵- برای اطمینان از سربندی صحیح و تشکیل قطب‌ها

بر اساس  $L_1 > 0$  و  $L_2 > 0$  مطابق شکل (۲-۷۴) سیم‌پیچی را

قطب‌بندی کنید.



oN



شکل ۲-۷۴



## ۲-۷- کار عملی شماره ۴

هدف: سیم پیچی استاتور موتور یک فاز استارت موقت

زمان: ۱۷ ساعت

نکات ایمنی: محیط کار را از سیم‌های چیده شده و کاغذ پاره‌ها، و بدنه‌ی استاتور را از چربی و گردخاک کاملاً پاک کنید. از روشنایی مناسب در روی میز کار استفاده کنید. میز کار و صندلی نیز باید استاندارد باشد تا هیچ‌گونه فشار بر کمر و پاها وارد نشود. نکات ایمنی عمومی کار را رعایت کنید.

وسایل و ابزار مورد نیاز

۱- استاتور نگهدار یک عدد

۲- کاردک چوبی

۳- کاردک فیبری

۴- استاتور ۲۴ شیار یک فاز عایق کاری شده (شکل

۲-۷۵).

۵- دو گروه کلاف چهار تایی با گام‌های ۴-۹، ۳-۱۰،

۱۱-۲ و ۱۲-۱ متحدالمرکز برای سیم اصلی و دو گروه کلاف

دوتایی با گام‌های ۲-۱۱ و ۱-۱۲ متحدالمرکز برای سیم پیچ

استارت.

۶- قیچی کاغذبر

۷- کاغذ برشمان ۲۰°/۰ به حد کافی

۸- نخ ابریشمی برای بستن کلاف‌ها به اندازه‌ی کافی

۹- هویه‌ی برقی، و لحیم به حد کافی

۱۰- وارنیش به حد کافی

۱۱- کلاف پیچ و متعلقات کلاف پیچی

مثال: یک موتور ۲۴ شیار ۲ قطب یک فاز مفروض است.

سیم پیچی این موتور را با استارت موقت طرح و اجرا کنید.

مراحل انجام کار

۱- مشخصات موتور را تعیین کنید.

$$m = ? \quad 2P = ? \quad Z = ?$$

نوع سیم پیچی

$$Y_p = \frac{Z}{2P} = ?$$

۲- گام قطبی را محاسبه کنید.

$$Z_m = \frac{2}{3} Z = ?$$

۳- تعداد شیارهای مربوط به سیم پیچی اصلی را مشخص

کنید.

$$Z_s = Z_m = ?$$

$$q_m = \frac{Z_m}{\sqrt{P}} = ?$$

$$q_s = \frac{Z_s}{\sqrt{P}} = ?$$

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

$$U_1 = ? \quad W_1 = 1 + \frac{9^\circ}{\alpha_{ez}} = ?$$

$$Y_z = Y_p - \frac{q_m}{2} = ?$$

۴- سیم استارت را نظیر سیم پیچ اصلی از نظر توزیع در نظر بگیرید.

۵- تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را در سیم پیچ اصلی مشخص کنید.

۶- تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را در سیم پیچ استارت به دست آورید.

۷- زاویه الکتریکی شیارها را محاسبه کنید.

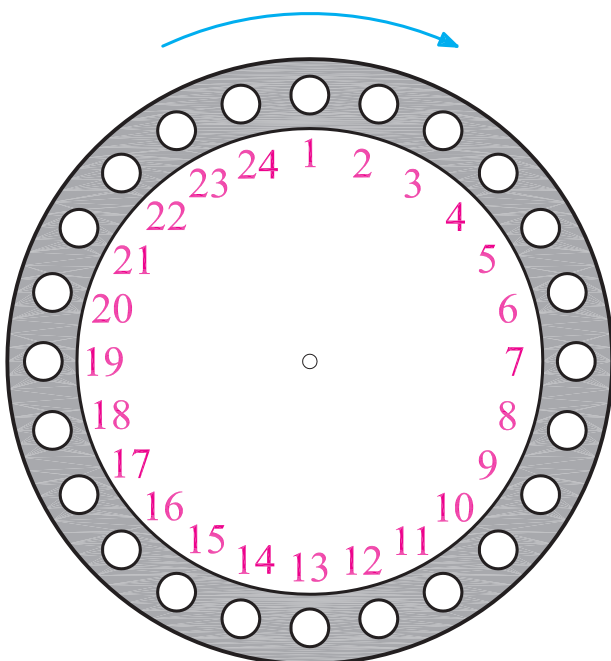
۸- شروع فاز اصلی و سیم پیچ استارت را به دست آورید.

۹- کسری گام را برای سیم پیچ اصلی و استارت مشخص کنید و گام سیم بندی را به دست آورید.

جدول ۲-۷۶

$\begin{matrix} m \\ 2p \end{matrix}$	$U_1, U_2$	$W_1, W_2$
N		
S		

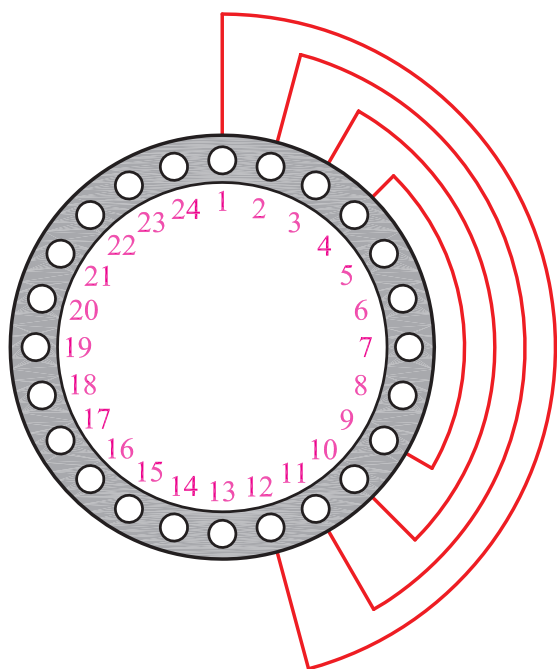
۱۰- جدول سیم بندی ۲-۷۶ را کامل کنید.



۱۱- شیار شروع و جهت سیم بندی را روی شکل (۲-۷۷) مشخص کنید.

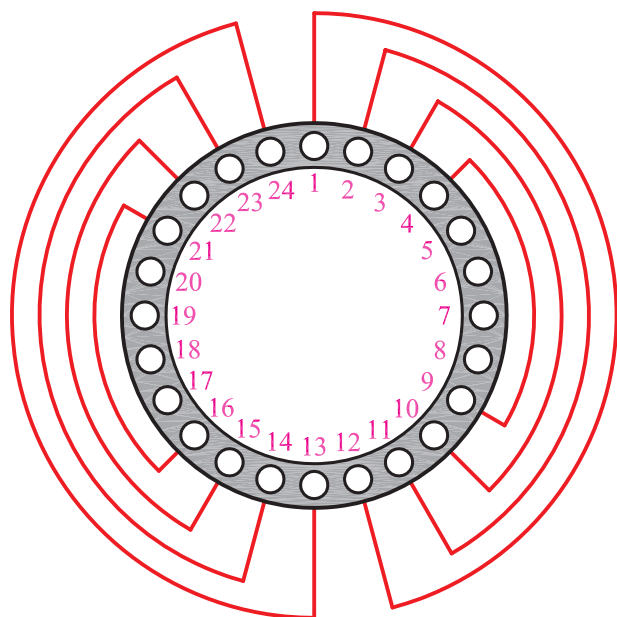
شکل ۲-۷۷

۱۲- گروه کلاف اول را در شیارهای، ۱-۳، ۹-۴، ۱۰-۲ و ۱۱-۲ قرار دهید (شکل ۲-۷۸).



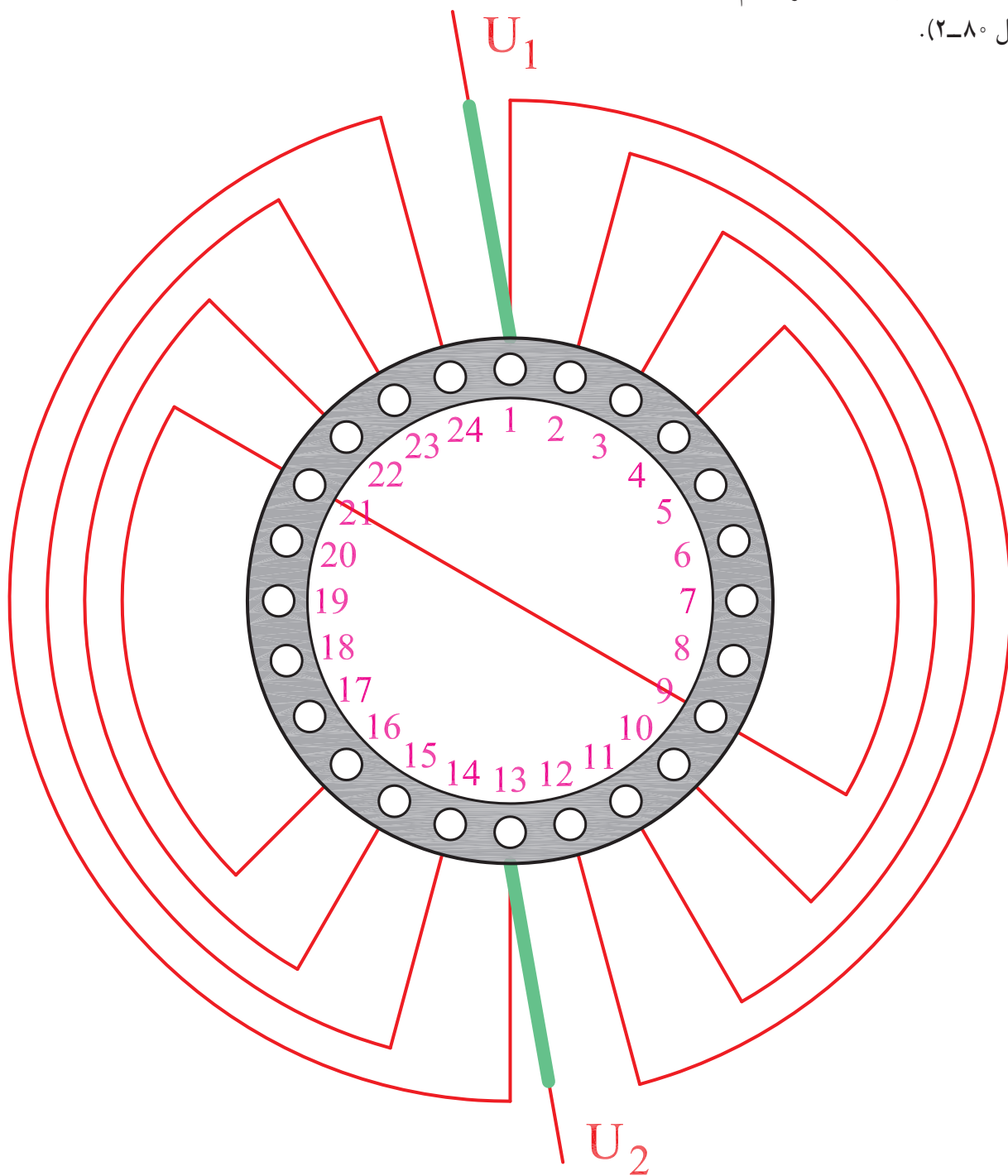
شکل ۲-۷۸

۱۳- گروه کلاف دوم سیم پیچ اصلی را در شیارهای، ۱۳-۲۴ و ۱۴-۲۳، ۱۵-۲۲، ۱۶-۲۱ قرار دهید (شکل ۲-۷۹).



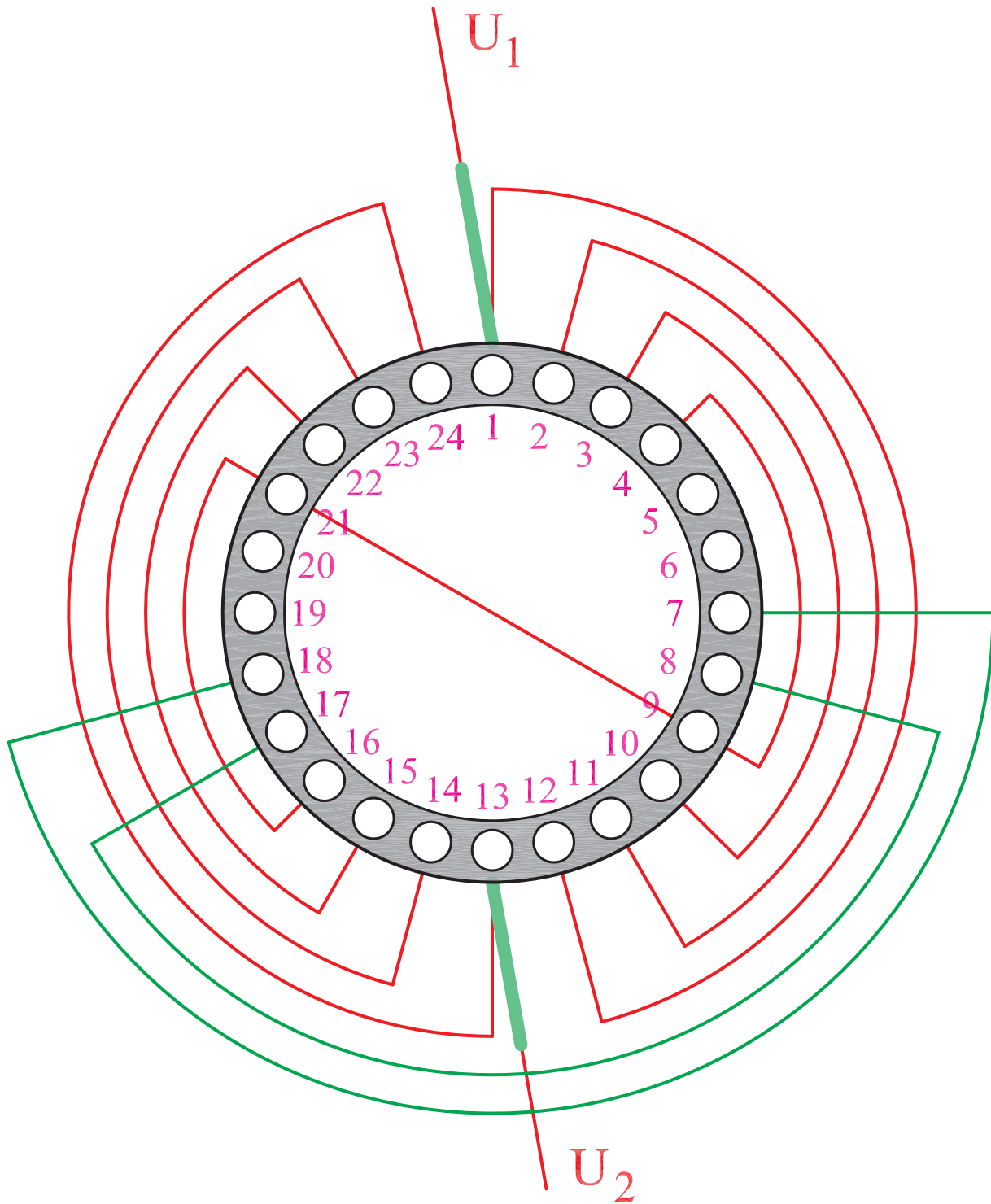
شکل ۲-۷۹

۱۴- سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱ و شماره ۱۳ را به سیم افشان اتصال دهید و پس از لحیم کاری و گذاشتن وارنیش مناسب به آن‌ها برچسب‌های  $U_1$  و  $U_2$  بزنید و سیم خارج شده از شیار ۹ را به انتهای کلاف گروه دوم در شیار ۲۱ اتصال دهید (شکل ۲-۸۰).



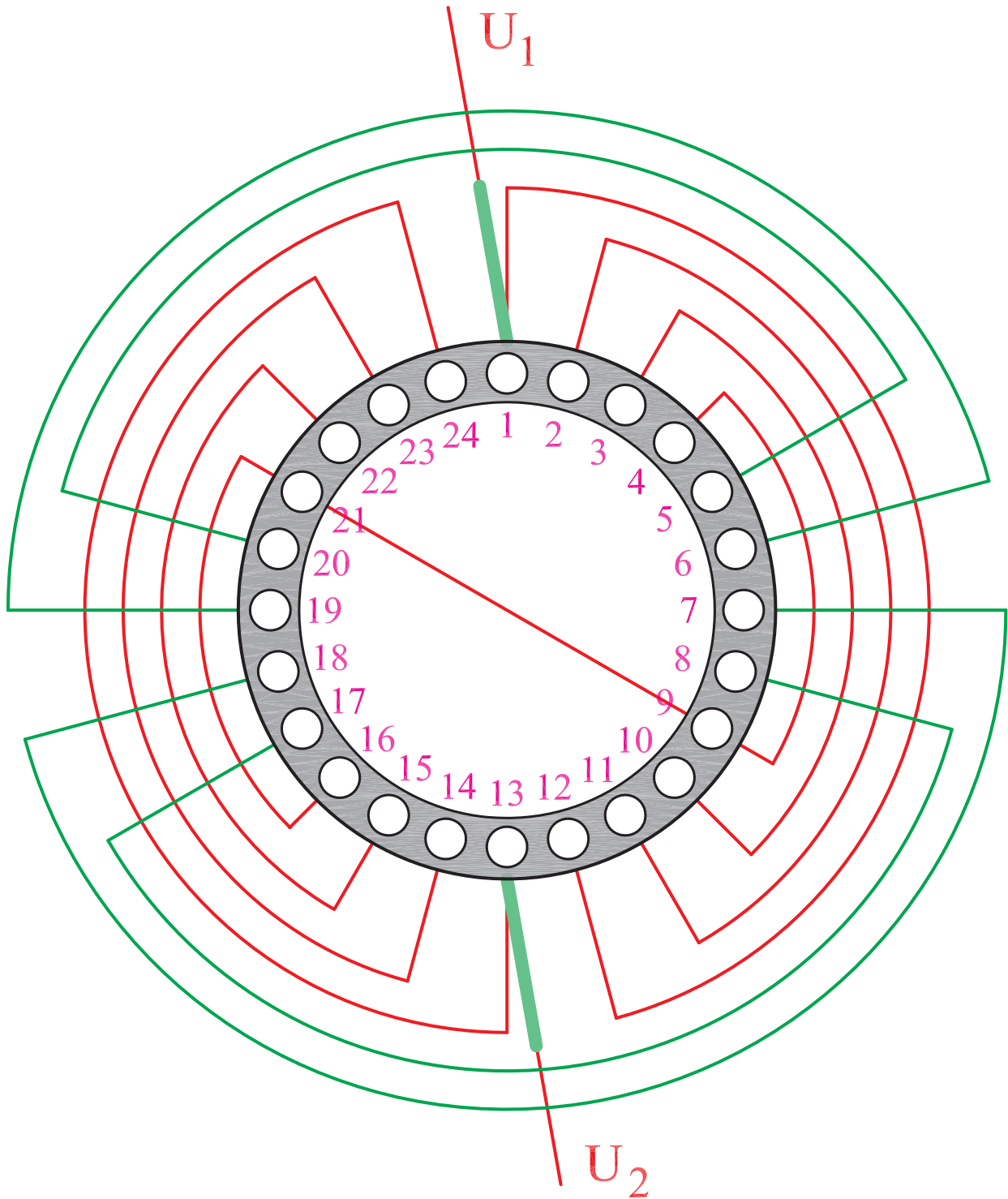
شکل ۲-۸۰

۱۵- اولین گروه کلاف سیم پیچ استارت را در شیارهای،  
۸-۱۷ و ۷-۱۸ قرار دهید (شکل ۲-۸۱).



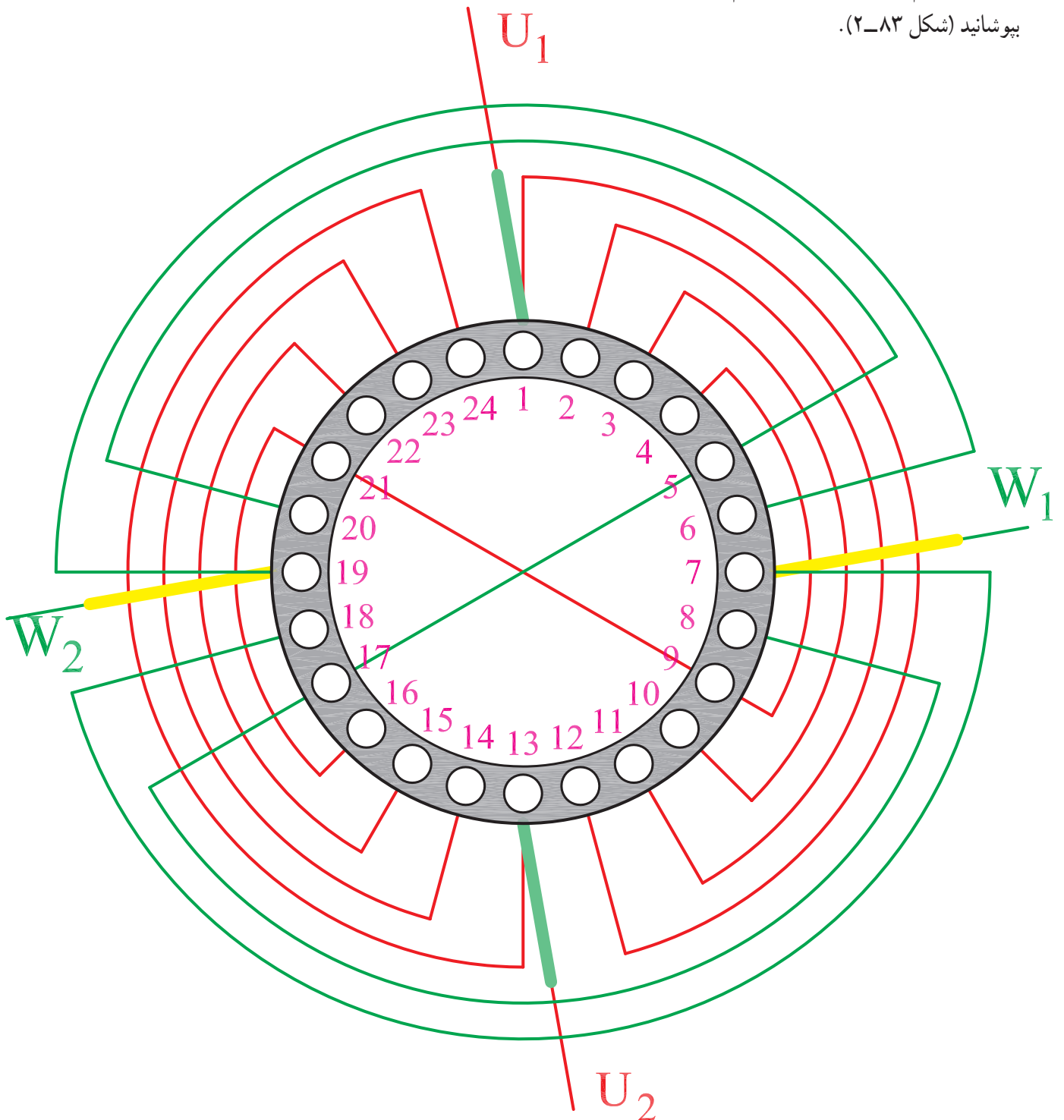
شکل ۲-۸۱

۱۶- دومین گروه کلاف سیم پیچ استارت را در شیارهای،  
۵-۲۰ و ۶-۱۹ قرار دهید (شکل ۲-۸۲).



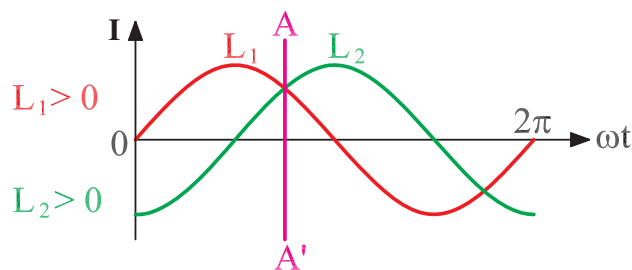
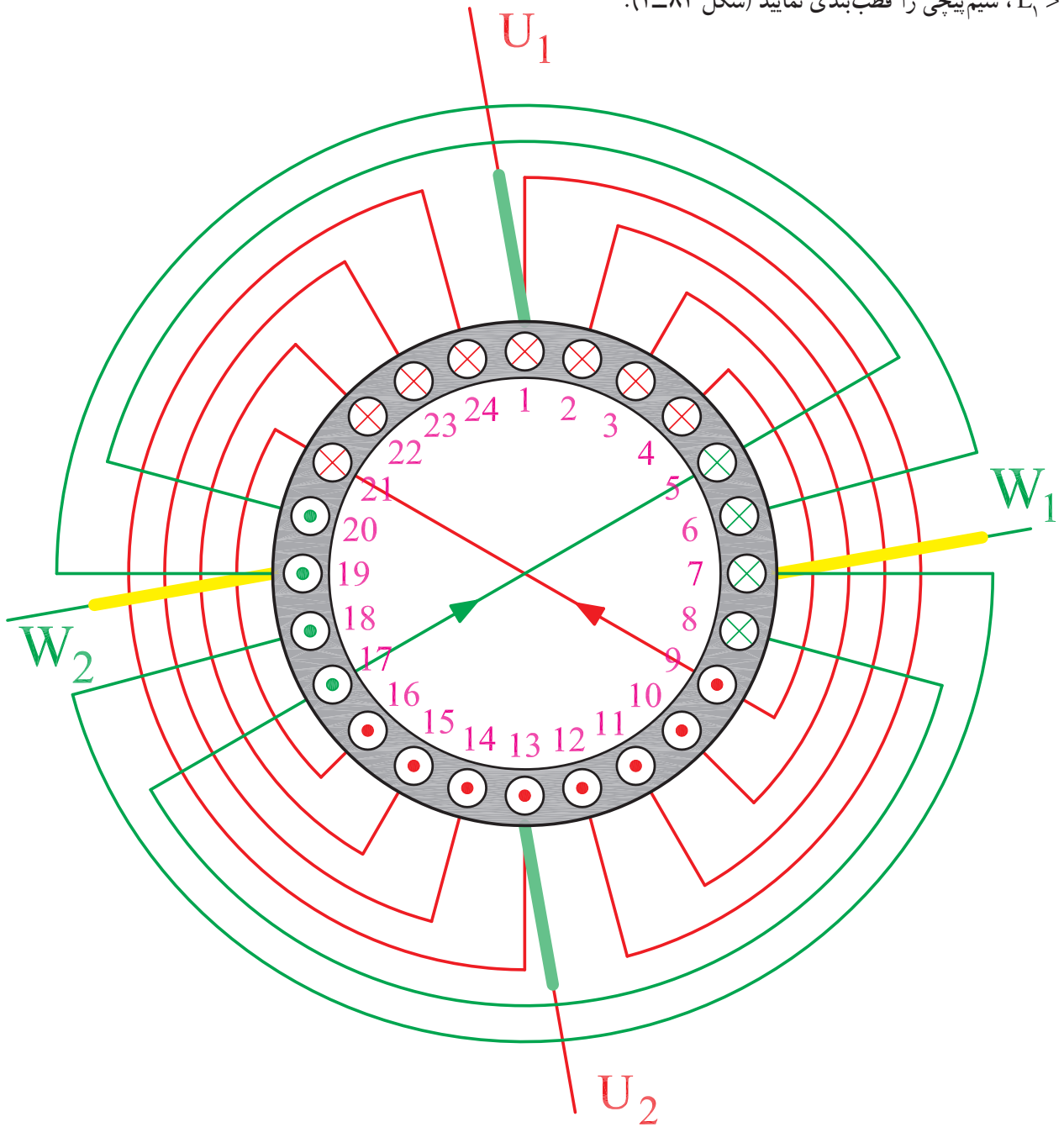
شکل ۲-۸۲

۱۷- سر کلاف‌های خروجی از شیارهای شماره ۷ و شماره ۱۹ را به سیم‌افشان اتصال دهید. پس از لحیم کاری و گذراندن وارنیش مناسب بر روی آن‌ها، برچسب  $W_1$  و  $W_2$  بزنید. ته کلاف خارج شده از شیار شماره ۱۷ را به ته کلاف خارج شده از شیار شماره ۵ اتصال دهید. پس از گذراندن وارنیش مناسب، محل اتصال را لحیم کاری نمایید. محل لحیم کاری شده را با وارنیش بیوشانید (شکل ۲-۸۳).



شکل ۲-۸۳

۱۸- برای اطمینان از سربندی صحیح و تشکیل قطب‌ها، روی نقشه‌ای که آماده کرده‌اید براساس موقعیت  $L_p > 0$  و  $L_1 > 0$ ، سیم‌پیچی را قطب‌بندی نمایید (شکل ۲-۸۴).



شکل ۲-۸۴



## آزمون پایانی (۲)

- ۱- وجوه مشترک و تفاوت‌های سیم‌پیچی موتورهای یک فاز، طرح دو فاز و موتورهای سه فاز را بیان کنید.
  - ۲- مراحل انجام کار سیم‌پیچی موتور یک فاز شش شیار ۲ قطب با استارت موقت را بیان کنید و جداول و نقشه‌ی اجرایی آن را به صورت متحدالمرکز به ازای قطب به دست آورید.
  - ۳- مراحل انجام کار سیم‌پیچی موتور یک فاز ۱۲ شیار ۲ قطب طرح دو فاز را بیان کنید. جداول و نقشه‌ی اجرایی آن را به صورت متحدالمرکز به ازای قطب به دست آورید.
  - ۴- مراحل انجام کار سیم‌پیچی موتور یک فاز ۱۸ شیار ۴ قطب با استارت موقت را بیان کنید. توزیع سیم‌پیچ استارت نظیر سیم‌پیچ اصلی می‌باشد. جداول و نقشه‌ی اجرایی آن را به صورت متحدالمرکز به ازای قطب به دست آورید.
  - ۵- در موتورهای استارت موقت، یک سوم شیارها را سیم‌پیچ موقت اشغال می‌کند. چه لزومی دارد که توزیع سیم‌پیچی استارت را نظیر سیم‌پیچی اصلی در نظر بگیریم؟
  - ۶- برای هر دور از سیم‌پیچی موتورهای یک فاز لازم است از یک ..... و یک سیم‌پیچ ..... استفاده شود.
  - ۷- چرا در موتورهای کولرهای آبی فقط برای سیم‌پیچ دور تند، سیم‌پیچ استارت منظور می‌کنند؟
  - ۸- به چند روش می‌توان سرعت موتورهای یک فاز را تغییر داد؟
  - ۹- در موتورهای کولر ۳۶ شیار ۴ قطب اختلاف فاز جریان سیم‌پیچ اصلی با جریان سیم‌پیچ استارت چند درجه‌ی الکتریکی است.
- (۱) کمتر از ۹۰ درجه (۲) بیشتر از ۹۰ درجه (۳) برابر ۹۰ درجه (۴) کمتر یا بیشتر از ۹۰ درجه

## واحد کار سوم

# تبدیل الکترو موتورهای سه فاز به تک فاز

### هدف کلی

راه اندازی موتورهای سه فاز در جریان متناوب تک فاز

هدف های رفتاری: فراگیر پس از پایان این واحد کار قادر خواهد بود :

- ۱- ظرفیت خازن مورد نیاز موتور سه فاز را، در جریان متناوب تک فاز انتخاب کند.
- ۲- تغییرات توان موتور سه فاز را در جریان متناوب تک فاز شرح دهد.
- ۳- موتور سه فاز را در جریان متناوب تک فاز به کار اندازد.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۲	۲	۴

## پیش آزمون (۳)

۱- ظرفیت خازن مناسب برای موتور سه فاز یک کیلووات، در کار با جریان متناوب تک فاز تقریباً چند میکروفاراد است؟

۱۰ (۱)                      ۲۰ (۲)                      ۵۰ (۳)                      ۷۰ (۴)

۲- برای تغییر جهت گردش موتور سه فاز که در جریان متناوب تک فاز کار می کند، کافی است:

(۱) جای فاز و نول را در ترمینال های موتور عوض کنیم.

(۲) اتصال دوسر خازن را در ترمینال ها عوض کنیم.

(۳) یک سر خازن را بین فاز و نول جابه جا کنیم.

(۴) تعویض جهت گردش امکان پذیر نیست.

۳- تغییرات توان موتور سه فاز، وقتی که در جریان متناوب تک فاز کار می کند کدام است؟

(۱) افزایش                      (۲) کاهش                      (۳) تغییر نمی کند                      (۴) در راه اندازی کاهش و

سپس افزایش می یابد.

۴- موتور سه فاز  $380V/220V$  در جریان متناوب سه فاز  $380^\circ$  ولت اتصال ..... و در جریان متناوب

تک فاز  $220^\circ$  ولت اتصال ..... دارد.

(۱) ستاره - مثلث                      (۲) ستاره - ستاره                      (۳) مثلث - مثلث                      (۴) مثلث - ستاره

### ۱-۳- مقدمه

سادگی ساختمان موتورهای سه فاز، ارزان بودن آنها و کنترل ساده‌ی آنها ایجاب می‌کند که در صنعت و سایر مصارف الکتریکی، حتی‌الامکان از موتورهای سه فاز استفاده شود. موتورهای سه فاز به علت آن که سیم‌پیچی آنها براساس برق سه فاز و با  $120^\circ$  درجه‌ی اختلاف فاز الکتریکی انجام می‌شود، زمانی توان نامی خود را ارائه خواهند داد که با برق سه فاز با اختلاف فاز  $120^\circ$  درجه‌ی الکتریکی تغذیه شوند؛ لذا اگر با برق غیراز سه فاز مثلاً دو فاز یا تک فاز راه‌اندازی شوند، با توان نامی کار نخواهند کرد. بنابراین اگر موتورهای سه فاز را در جریان متناوب تک فاز به کار ببریم اولاً با توان کمتر از نامی کار خواهند کرد و این توان  $70\%$  الی  $80\%$  درصد توان نامی خواهد بود. ثانیاً برای ایجاد اختلاف فاز بین فازها احتیاج به خازن می‌باشد.

### ۲-۳- محاسبات خازن جهت تبدیل موتورهای سه فاز به تک فاز

خازن مورد نیاز در راه‌اندازی موتورهای سه فاز در جریان متناوب تک فاز به عوامل زیر بستگی دارد.

۱- توان موتور

۲- فرکانس برق تغذیه

چون توان یک موتور، متأثر از جریان، ضریب توان، بازده و ولتاژ تغذیه می‌باشد. لذا ظرفیت خازن به ولتاژ تغذیه، جریان نامی موتور و ضریب توان بستگی خواهد داشت.

رابطه‌ای تقریبی بین مشخصات موتور و ظرفیت خازن در به‌کارگیری موتورهای سه فاز در جریان متناوب تک فاز وجود دارد که به شکل زیر بیان می‌شود.

$$C = \frac{2 \times I \times 10^6}{\omega \times U} \sin \varphi$$

C - ظرفیت خازن برحسب میکروفاراد

I - جریان نامی موتور سه فاز

$\omega$  - سرعت زاویه‌ای

U - ولتاژ برق جریان متناوب تک فاز

$\sin \varphi$  - ضریب توان غیر مؤثر موتور

مثال: الکتروموتور سه فاز با توان یک اسب بخار با

ضریب توان  $0.7$  و راندمان  $80\%$  مفروض است. این موتور با ولتاژ  $380$  ولت و فرکانس  $50$  هرتز کار می‌کند؛ می‌خواهیم آن را در جریان متناوب تک‌فاز به کار اندازیم. ظرفیت خازن مورد نیاز را به دست آورید.

$$P = 1 \text{ HP} = 1 \times 736 = 736 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = 0.7, \quad \eta = 0.8$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U_L \eta \cos \varphi}$$

$$I = \frac{736}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8 \times 0.7} \approx 2 \text{ A}$$

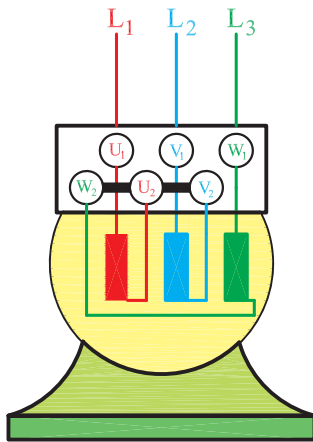
$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0.7^2} = 0.714$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314 \text{ rad/s}$$

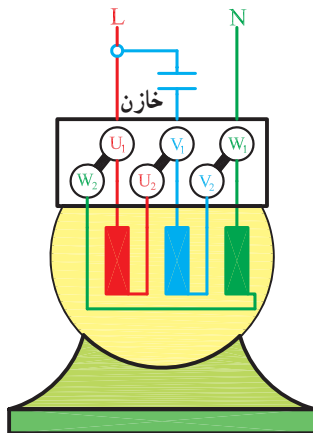
$$C = \frac{2 \times I \times 10^6}{\omega U} \sin \varphi = \frac{2 \times 2 \times 10^6}{314 \times 220} \times 0.714$$

$$C = 42 \mu\text{F}$$

ظرفیت خازن به دست آمده را می‌توان با  $20\%$  تolerانس انتخاب کرد. به طور کلی در راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز در جریان یک فاز ظرفیت خازن را برای هر اسب بخار  $50$  میکروفاراد و برای هر کیلووات  $70$  میکروفاراد در نظر می‌گیرند.



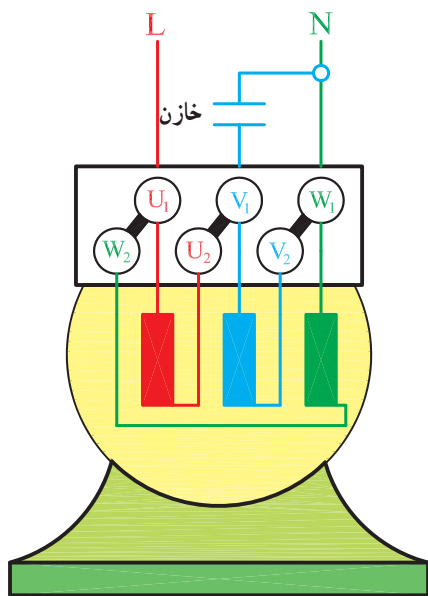
شکل ۱-۳ اتصال ستاره در سه فاز



شکل ۲-۳ اتصال مثلث در جریان تک‌فاز

### ۳-۳ مدار الکتریکی تبدیل الکتروموتورهای سه‌فاز به تک‌فاز

اتصال موتورهای سه‌فاز، در جریان متناوب تک‌فاز، به صورت ستاره و مثلث انجام می‌شود. اگر روی پلاک موتوری  $380\text{V}/220\text{V}$  نوشته شده باشد در جریان سه‌فاز شبکه‌ی برق ایران اتصال آن به صورت ستاره می‌باشد (شکل ۱-۳). ولی در جریان متناوب تک‌فاز این موتور اتصال مثلث خواهد داشت و می‌تواند حدود  $80\%$  درصد توان نامی خود را تحویل دهد (شکل ۲-۳).



شکل ۳-۳- موتور چپ‌گرد با اتصال مثلث در جریان تک‌فاز

اگر اتصال یک سر خازن را بین سیم فاز و نول جابه‌جا کنیم جهت گردش موتور عوض می‌شود. در شکل (۳-۳) جهت گردش موتور برخلاف جهت گردش این موتور در شکل (۳-۲) است.

#### ۳-۴- کار عملی شماره ۱

هدف: راه‌اندازی موتورهای سه فاز در جریان متناوب

تک فاز

زمان: ۲ ساعت

نکات ایمنی: اتصال بدنه‌ی تابلو آزمایش را بررسی کنید. از روشنایی مناسب در روی میزکار استفاده نمایید. از سالم بودن فیوزها و کلیدهای حفاظت شخص مطمئن شوید. قبل از اتصال خازن به ترمینال‌های موتور با اتصال دوسر آن، توسط یک لامپ، آن را کاملاً تخلیه کنید. نکات ایمنی عمومی را کاملاً رعایت کنید.

وسایل و ابزار مورد نیاز

۱- موتور سه فاز کمتر از یک کیلووات

۲- آمپرسنج جریان متناوب با رنج (۱۵-۰) آمپر

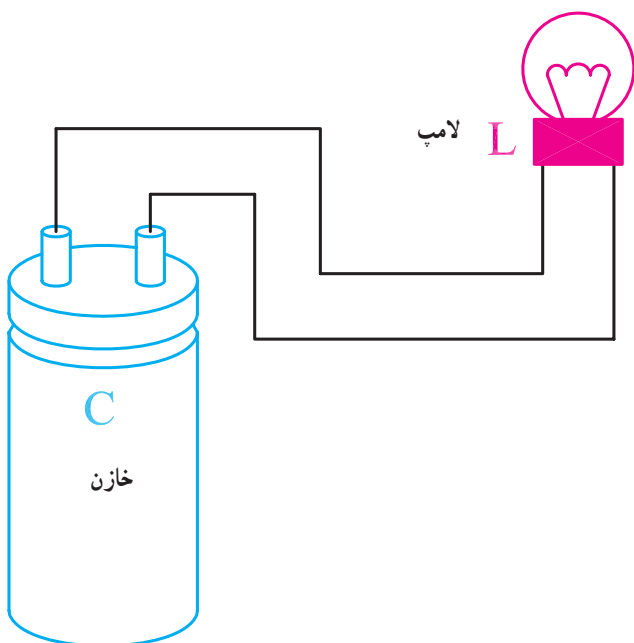
۳- وات‌متر

۴- خازن با ظرفیت‌های مختلف

۵- تابلوکار

۶- کاغذ

۷- مداد و پاک‌کن



### مراحل انجام کار

۱- اطلاعات موتور را از روی پلاک یادداشت کنید.

$$P = ? \quad \eta = ? \quad \cos \phi = ? \quad \Delta / \lambda = ? \quad V / ? V$$

۲- جریان موتور را حساب کنید.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U_L \eta \cos \phi} = ?$$

۳- ظرفیت خازن مورد نیاز را به دست آورید.

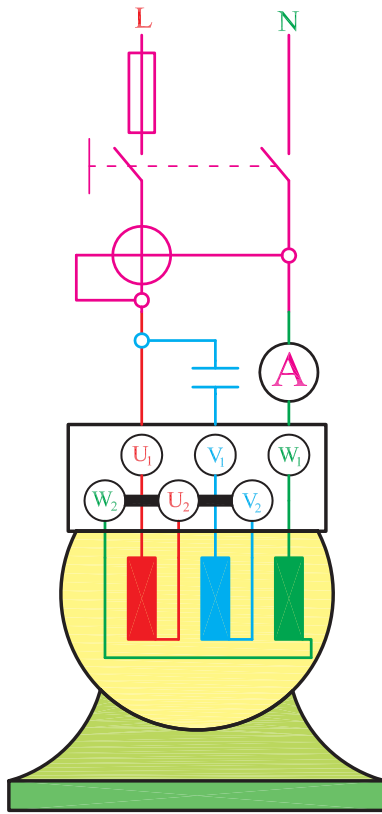
$$C = \frac{2 \times I \times 10^6}{\omega U} = ?$$

۴- خازنی انتخاب کنید که حداقل ۳۲۰ ولت را تحمل

کند.

۵- مداري مطابق شکل (۳-۴) تشکیل دهید و آن را با

احتیاط کامل به تابلوی برق اتصال دهید. پس از راه اندازی و در وضعیت ثابت کار موتور، مقداری را که وات متر و آمپر متر نشان می دهند یادداشت کنید.



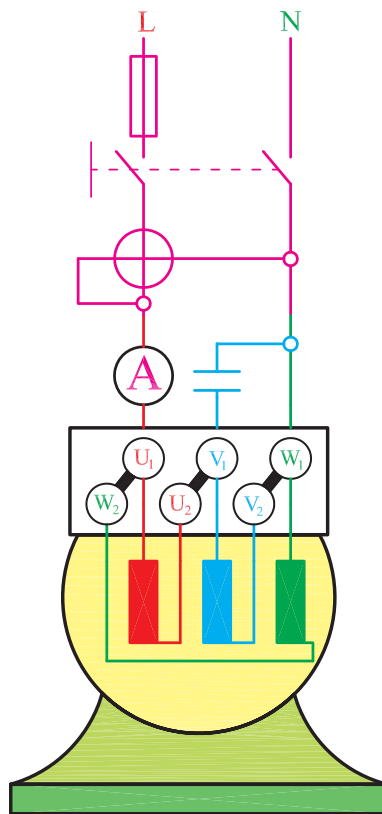
شکل ۳-۴

۶- مدار شکل (۳-۵) را تشکیل دهید. جهت گردش

موتور و مقادیری را که دستگاه های اندازه گیری نشان می دهد، یادداشت کنید و آن ها را با آزمایش مرحله ی قبل مقایسه کنید.

۷- تحقیق کنید در کدام یک از آزمایش های ۵ و ۶، توان

قرائت شده از وات متر به ۸٪ توان موتور نزدیک تر است.



شکل ۳-۵

## آزمون پایانی (۳)

۱- یک موتور سه فاز با مشخصات زیر مفروض است.

$$P = \frac{3}{4} \text{HP}, \lambda/\Delta = 380\text{V}/220\text{V}, \eta = 0.75$$

$$\cos \varphi = 0.8, f = 50\text{Hz}$$

- الف - برای راه اندازی این موتور در جریان متناوب یک فاز، به خازن چند میکروفارادی لازم است؟  
ب - اتصال مجاز این موتور برای بهره برداری از حداکثر توان آن در شبکه ی جریان متناوب چگونه است؟  
۲- از وسایل خانگی چه وسیله ای را می شناسید که در آن از موتور سه فاز استفاده شده باشد؟  
۳- نقش خازن در راه اندازی موتورهای سه فاز، در جریان متناوب تک فاز، چیست.  
۴- در راه اندازی موتور سه فاز در جریان متناوب تک فاز یک سر خازن به ..... اتصال دارد و سر دیگر آن به ..... اتصال دارد.  
۵- برای راه اندازی موتور سه فاز  $50^\circ$  واتی در جریان متناوب تک فاز به خازن چند میکروفارادی احتیاج است؟

۳۵ (۴)

۵۰ (۳)

۷۰ (۲)

۲۵ (۱)



فصل دوم	
گزینه‌ی صحیح	سؤال
4	1
3	2
2	3
1	4

فصل اوّل	
گزینه‌ی صحیح	سؤال
1	1
2	2
1	3
3	4
4	5
2	6
3	7
1	8
1	9

## منابع و مأخذ

۱- محاسبه و طراحی موتورهای الکتریکی تک فاز انیورسال و سیم‌بندی آرمیچر

مؤلفان: مهندس علی عراقی - زنده یاد مهندس علی رحیمیان‌پرور

مهندس محمد حیدری - مهندس احمد معیری از انتشارات سیم‌لاکی فارس

۲- کولر آبی - ساختمان، تعمیر و نگهداری

مؤلفان: مهندس محمد حیدری - مهندس علی عراقی

زنده یاد مهندس علی رحیمیان‌پرور - مهندس احمد معیری از انتشارات سیم‌لاکی فارس

3- DESIGN OF ELECTRICAL MACHINES (DC&AC)

V.N.MITTLE



فهرست رشته‌های مهارتی که می‌توانند از کتاب سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز استفاده نمایند.

ردیف	نام رشته‌ی مهارتی	شماره‌ی رشته‌ی مهارتی	کد رایانه‌ای رشته‌ی مهارتی	نام استاندارد مهارتی مبنا	کد استاندارد مهارتی متولی
۱	ماشین‌های الکتریکی	۱-۱۰-۱۰۱-۳۰۶	۹۳۷۶	تعمیر ماشین‌های الکتریکی درجه ۲	۷۵ و ۸-۵۳/۴۸
۲	ماشین‌های الکتریکی (درجه ۱)	۱-۱۰-۱۰۱-۳۰۵	۹۳۷۵		