جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

سیم پیچی موتورهای تک فاز

شاخه‌ی کاردانش (گروه تحصیلی برق)

رشته‌های مهارتی: ماشین‌های الکتریکی و ماشین‌های الکتریکی درجه (۱)

۶۰۶/۹

پودمانهای مهارتی شاخهٔ کاردانش

بسم الله الرحمن الرحیم

سیم پیچی موتورهای تک‌فاز

شاخه‌ی: کاردانش

زمینه‌ی: صنعت

گروه تحصیلی: برق

زیرگروه: الکترو تکنیک

رشته‌های مهارتی: ماشین‌های الکتریکی و ماشین‌های الکتریکی درجه (۱)

شماره‌ی رشته‌های مهارتی: ۳۰۶ـ۱۰۱ـ۱۰ـ۱ و ۳۰۵ـ۱۰۱ـ۱۰ـ۱

کد رایانه‌ای رشته‌ی مهارتی: ۹۳۷۶ و ۹۳۷۵

نام استاندارد مهارتی مبنا: ماشین‌های الکتریکی درجه (۲)

کد استاندارد متولی: ۵۳/۴۸ـ۸ و ۷۵

شماره‌ی درس: نظری ۸۳۰۰/۶ و عملی ۸۳۰۱/۶

۶۲۱ عراقی، علی

۴۶/ سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز/مؤلف: علی عراقی. ـ تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۲.

س۴۹۴ع/ ۹۹ص.: مصور. ـ (شاخه‌ی کاردانش؛ شماره‌ی درس (نظری ۸۳۰۰/۶ و عملی ۸۳۰۱/۶))

۱۳۸۲ متون درسی شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی صنعت، گروه تحصیلی برق، زیرگروه الکترو تکنیک، رشته‌های مهارتی ماشین‌های الکتریکی، ماشین‌های الکتریکی درجه (۱).

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

۱. موتورهای برقی تک‌فاز ـ سیم‌پیچی. الف. عنوان.

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

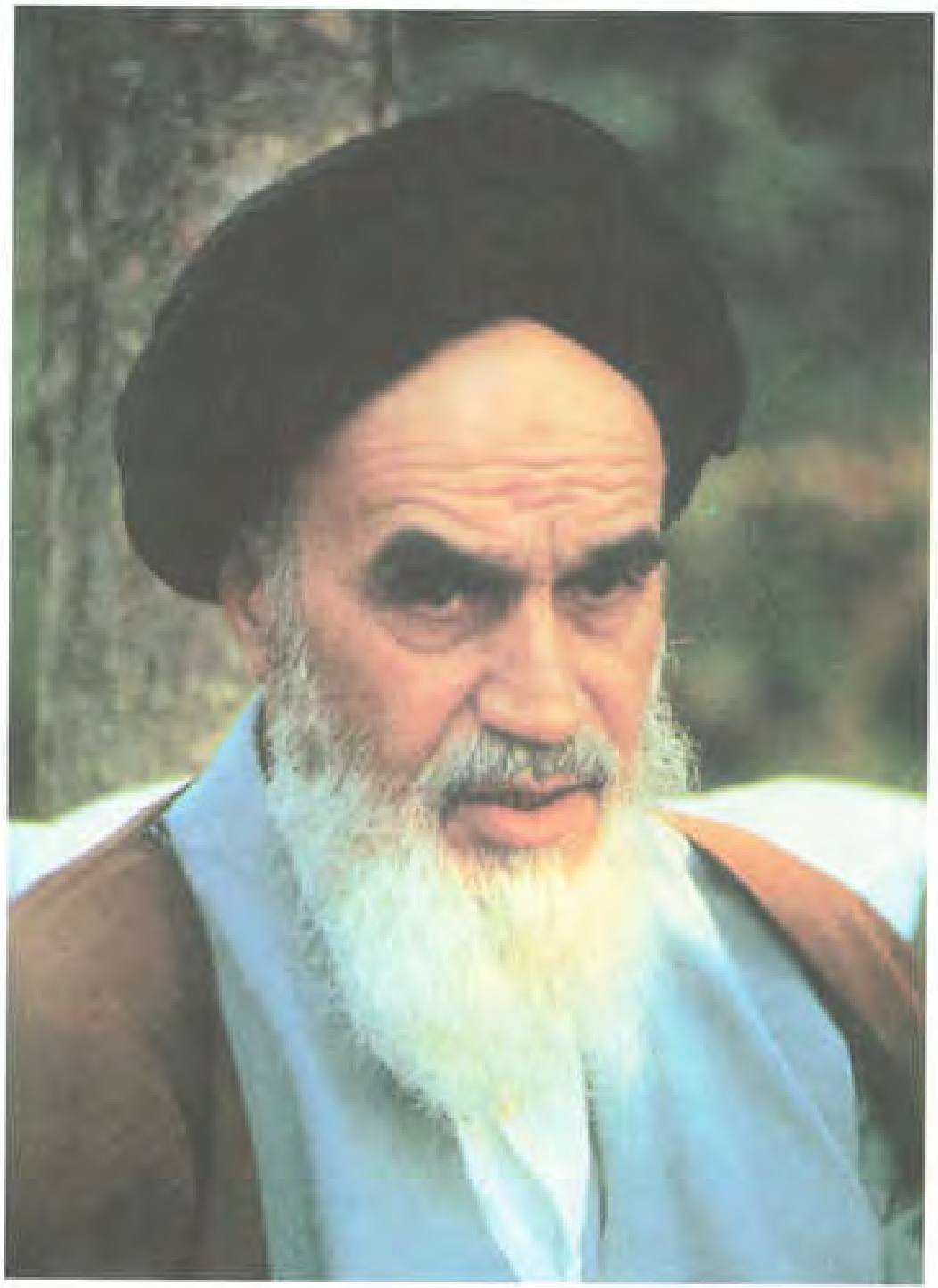
پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزشهای فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایید.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش
نام کتاب: سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز - ۹/۶۰۶
مؤلف: مهندس علی عراقی
ویراستار فنی: مهندس فریدون خلوصی
ویراستار ادبی: جعفر ربانی
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ: اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب های درسی
رسام: محمد سیاحی
صفحه‌آرا: صغری عابدی
طراح جلد: طاهره حسن‌زاده
ناشر: شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)
چاپخانه: ترسیم
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۸۲

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۰-۱۲۵۴-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1254-0



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

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

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

به منظور آشنایی هر چه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه‌ی کاردانش و سایر علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران آموزش‌های مهارتی با روش تدوین «پودمان‌های مهارت»، توصیه می‌شود الگوهای ارائه شده در نمون برگ‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار گیرد. در ارائه دسته‌بندی‌ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آن‌ها نیز تعیین می‌گردد، با روش مذکور یک «پودمان» به عنوان کتاب درسی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «شاخه‌ی کاردانش» چاپ سیاری می‌شود.

به‌طور 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. نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها به‌کار می‌رود. در این نمون برگ مشاهده می‌کنیم که در هر واحد کار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد. در نمون برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با پودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر پودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه کاردانش و کلیه 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 برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های
فنی و حرفه‌ای و کاردانش

P=Power U= Unit M=Module

پیشگفتار

حمد و ستایش پروردگاری را که جای جای هستی را با آیات و جلوه‌های خویش پیراست، تا صاحبان خرد در آن اندیشه کنند.

هنرآموزان گرامی و فراگیران عزیز:

کتابی که اینک پیش رو دارید، یکی از کتاب‌های درسی نظام جدید آموزشی در شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی صنعت می‌باشد که به کوشش شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش) تألیف و چاپ شده است. این شرکت در سال ۱۳۵۴ با هدف طراحی، تولید و تأمین تجهیزات آموزشی، کمک آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی برای تمام مقاطع تحصیلی (از پیش‌دبستانی تا دانشگاه) تأسیس شده است. مهم‌ترین رسالت شرکت، حمایت و پشتیبانی همه جانبه از آموزش کشور می‌باشد. از این‌رو از آغاز تأسیس تاکنون همواره با بهره‌گیری از آخرین دستاوردها و فناوری‌های کشورهای پیشرفته‌ی صنعتی اقدام به تولید بسیاری از تجهیزات آموزشی برای کلاس‌ها، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مراکز آموزشی نموده است.

یکی دیگر از خدمات شرکت، همکاری با سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش برای تألیف و چاپ کتاب‌های درسی می‌باشد. در تألیف این کتاب پیشکسوتان و صاحب‌نظران آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در نهایت صمیمیت، شرکت را یاری داده‌اند تا کتابی آسان، روان و خودآموز تهیه و در اختیار فراگیران قرار داده شود. شیوه‌ی نگارش این کتاب منطبق با شیوه‌ی آموزش مهارت پودمانی (Modular) می‌باشد. این شیوه‌ی آموزش مهارت، هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته‌ی صنعتی در حال اجرا می‌باشد.

امید است مدیران محترم مراکز آموزشی با تمام توان در جهت اجرای هر چه بهتر این شیوه‌ی نوین آموزش مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه اهداف آموزشی کتاب جامعه عمل بپوشانیم. با دستیابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز می‌توانند در زمره صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرار گیرند.

شرکت صنایع آموزشی
واحد تحقیقات و طرح و برنامه

مقدمه

در مراکز صنعتی کمتر پیش می‌آید که از موتورهای تک‌فاز استفاده کنند، بلکه قریب به اتفاق موتورهای مورد استفاده در این مراکز موتورهای سه فاز می‌باشند. این انتخاب به خاطر ارزان بودن موتورهای سه‌فاز، نداشتن تجهیزات اضافی برای راه‌اندازی، ارائه‌ی 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 تک‌فاز استفاده می‌شود.

موتورهای تک‌فاز در توان‌های پایین ساخته می‌شوند و در انواع مختلف از قبیل، موتورهای اینورسال، موتورهای قطب جایگذار، موتورهای با سیم‌پیچ استارت و موتورهای سه‌فاز با کارگر تک‌فاز، در مصارف خانگی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای مثال، بیشتر موتورهای به کار رفته در جاروبرقی‌ها و آب‌میوه‌گیری‌ها از موتورهای اینورسال می‌باشند. اکثر موتورهای به کار رفته در کولرها، ماشین‌های لباسشویی و یخچال‌ها از نوع موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت می‌باشند. موتورهای با سیم‌پیچ استارت ممکن است به صورت طرح دو فاز یا با سیم‌پیچ 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 تک‌فاز از نوع طرح دو فاز، و سیم‌پیچ استارت در حد امکان مورد بررسی قرار گرفته است. سپس سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز 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 پاسخ‌دادن به این پرسش‌ها، آزموده‌های خود را ارزیابی کنند. در فصل پایانی هم تبدیل موتورهای سه فاز به تک فاز و محاسبه‌ی خازن مورد نیاز دنبال شده است.

از همکاران ارجمند خواهشمندیم نظرات اصلاحی خود را به دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و با به نشانی اعلام شده در صفحه‌ی شناسنامه‌ی کتاب ارسال نمایند تا در چاپ‌های بعدی نسبت به رفع اشکالات احتمالی اقدام شود.

مؤلف

فهرست

عنوان — صفحه

واحد کار اول: رسم دیاگرام سیم‌بندی تک‌فاز ۱
پیش‌آزمون (۱) ۲
۱ـ۱ـ مقدمه ۳
۱ـ۲ـ پلاک الکتروموتورهای تک‌فاز ۵
۱ـ۳ـ ایجاد میدان دوّار دو قطبی در استاتور توسط جریان دو فاز ۶
۱ـ۴ـ محاسبه و ترسیم سیم‌بندی استاتور الکتروموتورهای تک‌فاز یک طبقه و یک سرعته و دو سرعته ۹
۱ـ۵ـ کارهای عملی ۲۷
آزمون پایانی (۱) ۴۲

واحد کار دوم: کلاف‌گذاری تک‌فاز ۴۶
۲ـ۱ـ مقدمه ۴۷
۲ـ۲ـ سیم‌پیچی استاتور موتورهای تک‌فاز طرح دو فاز ۴۸
۲ـ۳ـ کارعملی شماره ۱ ..... ۴۸
۲ـ۴ـ سیم‌پیچی استاتور موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت ۵۸
۲ـ۵ـ کار عملی شماره ۲ ..... ۶۱
۲ـ۶ـ کار عملی شماره ۳ ..... ۷۰
۲ـ۷ـ کار عملی شماره ۴ ..... ۸۱
آزمون پایانی (۲) ۸۹

واحد کار سوم: تبدیل الکتروموتورهای سه فاز به تک‌فاز ۹۰
پیش‌آزمون (۳) ۹۱
۳ـ۱ـ مقدمه ۹۲
۳ـ۲ـ محاسبات خازن جهت تبدیل موتورهای سه فاز به تک‌فاز ۹۲
۳ـ۳ـ مدار الکتریکی تبدیل الکتروموتورهای سه فاز به تک‌فاز ۹۳
۳ـ۴ـ کار عملی شماره ۱ ..... ۹۴
آزمون پایانی (۳) ۹۶

پاسخ پیش‌آزمون‌ها ۹۷

منابع و مآخذ ۹۸

هدف کلی بودمان

محاسبه، ترسیم و سیم‌پیچی موتورهای الکتریکی یک‌فاز

واحد کار	توانایی	عنوان توانایی	ساعات		
			نظری	عملی	جمع
۱	۲۹	محاسبه و ترسیم دیاگرام‌های سیم‌بندی الکتروموتورهای یک‌فاز یک‌طبقه	۱۰	۳۰	۴۰
۲	۳۰	سیم‌پیچی الکتروموتورهای یک‌طبقه یک‌سرعته	۸	۷۵	۸۳
۳	۲۸	تبدیل الکتروموتورهای سه‌فاز به یک‌فاز	۲	۲	۴
		جمع کل	۴۰	۱۰۷	۱۲۷

واحد کار اول

رسم دیاگرام سیم‌بندی تک فاز

هدف کلی

محاسبه و ترسیم دیاگرام‌های سیم‌بندی موتورهای یک طبقه‌ی تک‌فاز

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

۱ـ مشخصات موتور را از پلاک موتور به‌دست آورد.

۲ـ موارد کاربرد موتورهای تک‌فاز را نام ببرد.

۳ـ انواع شیوه‌های راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز را شرح دهد و موارد کاربرد هر یک را بیان کند.

۴ـ دیاگرام سیم‌بندی اصلی و استارت موتورهای تک‌فاز یک طبقه‌ی یک سرعته را با راه‌انداز موقت طرح و رسم کند.

۵ـ دیاگرام سیم‌بندی اصلی و استارت موتورهای تک‌فاز یک طبقه‌ی دو سرعته را با راه‌انداز موقت طرح و رسم کند.

۶ـ طرز تشکیل حوزه‌ی دوّار را، در سطح استاتور موتور تک‌فاز با طرح دو فازه، توضیح دهد.

۷ـ 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)

۱ــ در موتورهای تک‌فاز، نقش کلید گریز از مرکز چیست؟

۱) راه‌اندازی ۲) تقویت گشتاور راه‌اندازی

۳) قطع سیم‌پیچ استارت ۴) ایجاد میدان دوّار

۲ــ اختلاف فازالکتریکی بین سیم‌پیچ استارت و سیم‌پیچ اصلی در موتورهای تک‌فاز، تقریباً چند درجه است؟

۱) ۱۲۰ درجه ۲) ۹۰ درجه ۳) ۱۸۰ درجه ۴) صفر

۳ــ در راه‌اندازی موتورهای پرقدرت تک‌فاز از سیم‌پیچ با راه‌انداز ... و در موتورهای کم‌قدرت از سیم‌پیچ با راه‌انداز ..... استفاده می‌شود.

۱) خازنی ــ مقاومتی ۲) خازنی ــ خازنی ۳) مقاومتی ــ خازنی ۴) مقاومتی ــ مقاومتی

۴ــ گام سیم‌بندی سیم‌پیچ استارت در موتورهای تک‌فاز چند برابر گام سیم‌بندی سیم‌پیچ اصلی است؟

۱) نیم ۲) دو ۳) یک ۴) دو سوم

۵ــ در راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز در جریان تک‌فاز، برای هر اسب بخار توان موتور را چند میکروفاراد خازن باید در نظر گرفت؟

۱) ۷۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۶۰ ۴) ۵۰

۶ــ در موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت حداقل چند درصد شیارهای استاتور برای سیم‌پیچ اصلی در نظر گرفته می‌شود؟

۱) ۵۰ ۲) ۷۵ ۳) ۴۰ ۴) ۶۷

۷ــ در سیم‌بندی موتورهای تک‌فاز با طرح دو فاز تقریباً چند درصد شیارهای استاتور با سیم‌پیچ اصلی اشغال می‌شود؟

۱) دو سوم ۲) یک سوم ۳) نصف ۴) سه چهارم

۸ــ ضریب توان موتورهای تک‌فاز ..... از موتورهای سه فاز مشابه است؛ در عوض بازده موتورهای سه فاز ..... از تک فاز است.

۱) کمتر ــ بیشتر ۲) بیشتر ــ کمتر ۳) کمتر ــ کمتر ۴) بیشتر ــ بیشتر

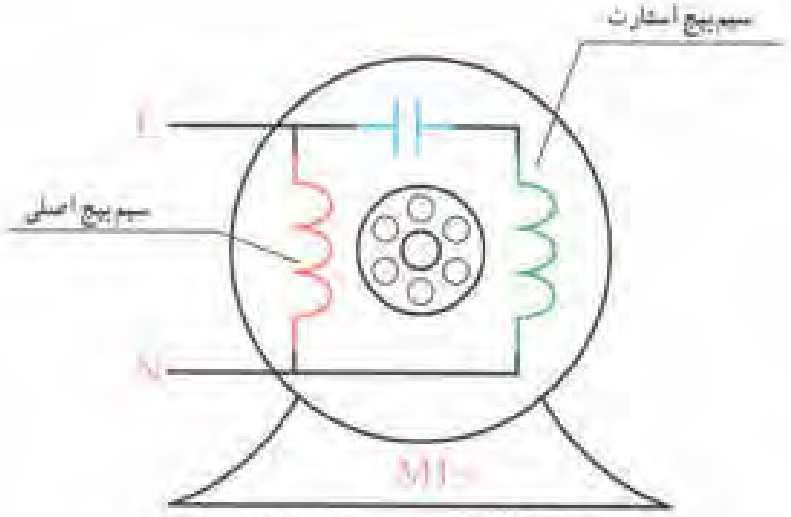
۹ــ موتورهای تک‌فاز به صورت ..... و با گام ..... سیم‌پیچی می‌شوند.

۱) متحدالمرکز ــ کسری ۲) متحدالمرکز ــ کامل

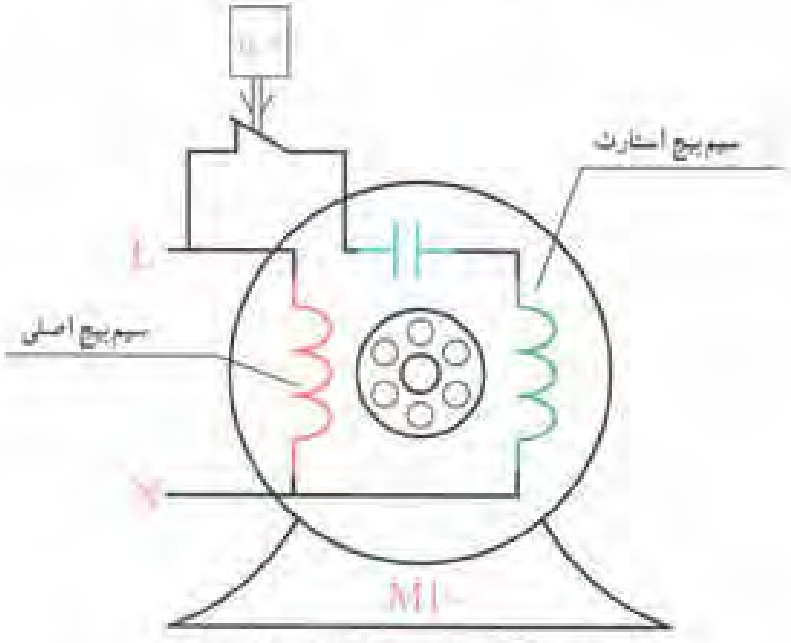
۳) کلاف مساوی ــ کسری ۴) کلاف مساوی ــ کامل

۱ــ۱ــ مقدمه

چنان که گفتیم، الکتروموتورهای تک‌فاز بیشتر مصارف خانگی دارند و در توان‌های پایین ساخته می‌شوند. با توجه به تئوری دو میدان، مقدار مؤثر گشتاور راه‌اندازی در محور موتورهای تک‌فاز صفر است. به همین جهت این موتورها خودبه 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 ۱ــ۱).



موتور تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت دائم



موتور تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت

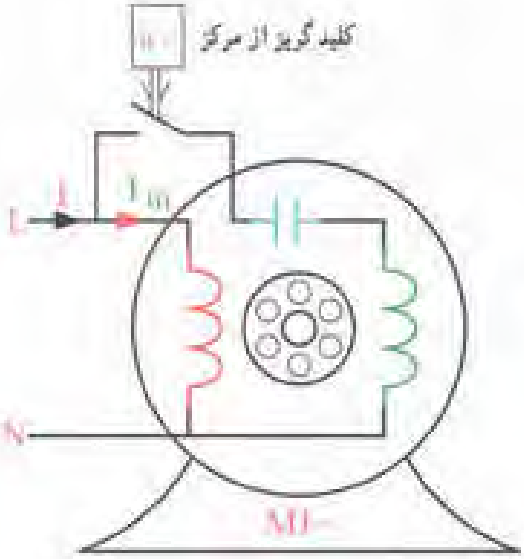
شکل ۱ــ۱

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

این سیم‌پیچ پس از راه‌اندازی از مدار خارج می‌شود، به همین جهت نمی‌توان از همه‌ی 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 سیم‌پیچ 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 ۲ـ۱). 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 سیم‌پیچ‌های موتور خواهد شد. در حالت اول کلید گریز از مرکز به وضعیت قبل بر نمی‌گردد که در نتیجه سیم‌پیچ استارت به هنگام راه‌اندازی در مدار منبع تغذیه قرار نمی‌گیرد و موتور به کار نمی‌افتد. در این حال، از سیم‌پیچ اصلی جریان شدیدی عبور می‌کند که سیم‌پیچ اصلی را می‌سوزاند. در حالت دوم کلید گریز از مرکز قادر به قطع سیم‌پیچ استارت نیست، لذا باقی‌ماندن سیم پیچ استارت در مدار الکتریکی موجب سوختن سیم‌پیچ می‌شود. زیرا سطح مقطع سیم‌پیچ استارت را به دلیل مدت زمان کوتاهی که باید در مدار باشد کوچک انتخاب می‌کنند. کوچکی سطح مقطع، سیم‌پیچ استارت را آسیب‌پذیر می‌کند و وقتی کلید گریز از مرکز نتواند سیم‌پیچ استارت را قطع کند، سیم‌پیچ می‌سوزد. سوختن سیم‌پیچ استارت سبب آسیب‌دیدن سیم‌پیچ اصلی می‌شود.

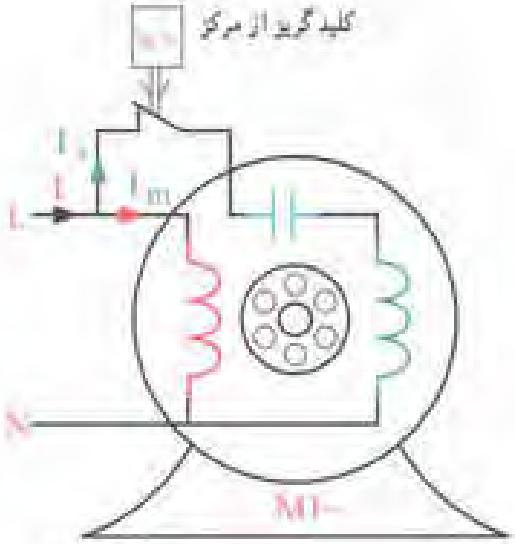
شکل ۲ـ۱ـ کلید گریز از مرکز

کلید گریز از مرکز سیم‌پیچ استارت را قطع نمی‌کند. ابتدا سیم‌پیچ استارت و سپس سیم‌پیچ اصلی می‌سوزد (شکل ۳ـ۱ـ الف).



شکل ۳ـ۱ـ الف

کلید گریز از مرکز سیم‌پیچ استارت را وصل نمی‌کند؛ در نتیجه موتور راه‌اندازی نمی‌شود و می‌سوزد (شکل ۳ـ۱ـ ب).



شکل ۳ـ۱ـ ب

۲ـ۱ـ بلاک الکتروموتورهای تک‌فاز

روی بدنه‌ی همه‌ی موتورهای الکتریکی صفحه‌ای وجود دارد که مشخصات الکتریکی و بعضی از موارد کاربرد موتور را، به صورت یک جدول، روی آن می‌نویسند. این صفحه به بلاک موتور معروف است. جدول ۳ـ۱ نمونه‌ای از یک بلاک است. اطلاعاتی که از این بلاک می‌توان به‌دست آورد عبارت‌است از:

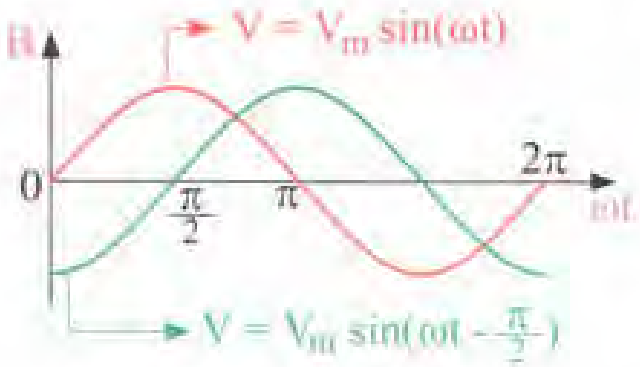
موتور تک‌فاز است. در سال ۱۹۹۰ میلادی ساخته شده است. توان خروجی آن ۰/۵۵kw یا ۵۵۰ وات است. ضریب توان آن ۰/۷۵ = cosφ است. ۵/۵ آمپر جریان می‌کشد. ولتاژ نامی آن ۲۲۰ ولت است. دور نامی آن در هر دقیقه ۱۴۲۰ دور است. با فرکانس ۵۰ هرتز کار می‌کند. دارای IP۴۴ است، یعنی در مقابل تماس با ابزاری مثل پیچ‌گوشتی و آچار و نیز اجسام خارجی به بزرگی دانه‌ی گندم و پاشیده شدن آب به آن در همه جهات حفاظت شده است. ۱۱/۶ کیلوگرم وزن دارد. خازن راه‌انداز آن ۶۰ میکروفاراد ظرفیت دارد و ولتاژ تا ۳۲۰ ولت را تحمل می‌کند.

جدول ۳ـ۱ـ بلاک موتور تک‌فاز

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

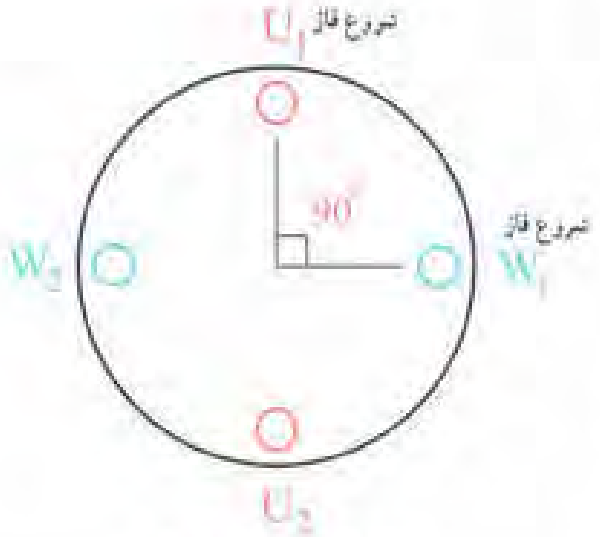
۳ـ۱ـ ایجاد میدان دوّار دو قطبی در استاتور توسط جریان دو فاز

در جریان‌های دو فاز، اختلاف فاز بین دو فاز ۹۰ درجه‌ی الکتریکی است. معمولاً در صنعت، جریان دو فاز تولید نمی‌شود. ولی با مدارهای خازنی می‌توان اختلاف فازهای خیلی نزدیک به ۹۰ درجه‌ی الکتریکی، یعنی دو فاز را ایجاد کرد. شکل (۵ـ۱) جریان الکتریکی دو فاز را نشان می‌دهد.



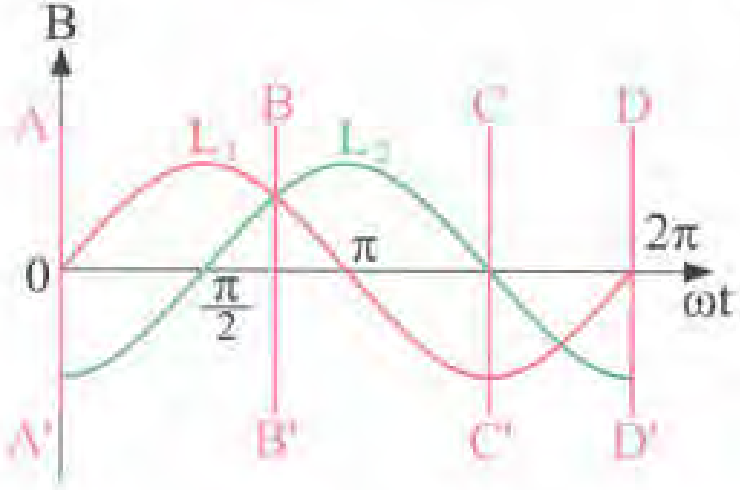
شکل ۵ـ۱ـ جریان متناوب دو فاز

جریان متناوب دو فاز، نظیر جریان متناوب سه فاز، قادر است در سطح استانوری که دو سیم‌پیچ با اختلاف مکان ۹۰ درجه‌ی الکتریکی دارد، حوزه‌ی دوّار مغناطیسی ایجاد کند. این میدان مغناطیسی 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 (۶ـ۱) موقعیت سیم‌پیچ‌های استاتور دو فاز را نشان می‌دهد.



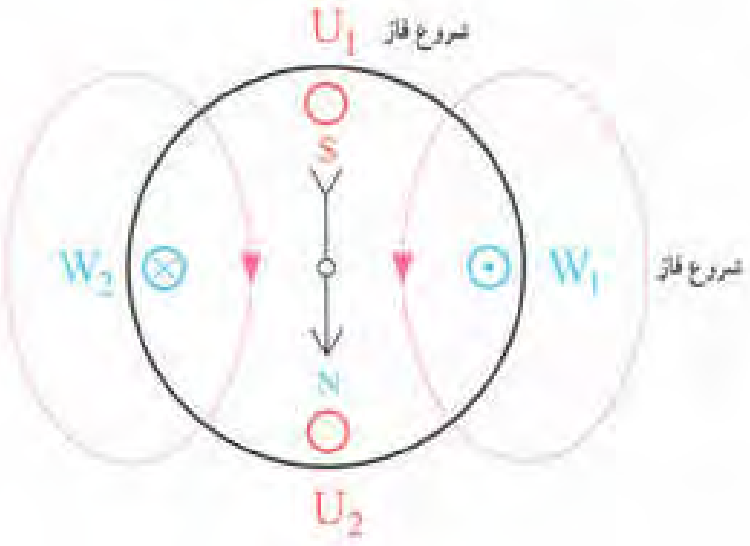
شکل ۶ـ۱ـ استاتور دو فاز

برای نشان دادن چگونگی تشکیل حوزه‌ی دوّار، در استاتور موتور تک‌فاز، توسط جریان متناوب دو فاز موقعیت قطب‌ها را در مقادیر مختلف ωt در سطح استاتور به‌دست می‌آوریم. ورودی جریان‌ها را درون‌سو و با علامت ⊗ و خروجی جریان‌ها را برون‌سو و با علامت ⊙ نشان می‌دهیم. جهت میدان اطراف سیم‌ها از قاعده‌ی دست راست تعیین می‌شود. در مکان AA' (شکل ۷ـ۱)، $\omega t = 0$ است فاز $i_1 < 0$ و $i_2 = 0$



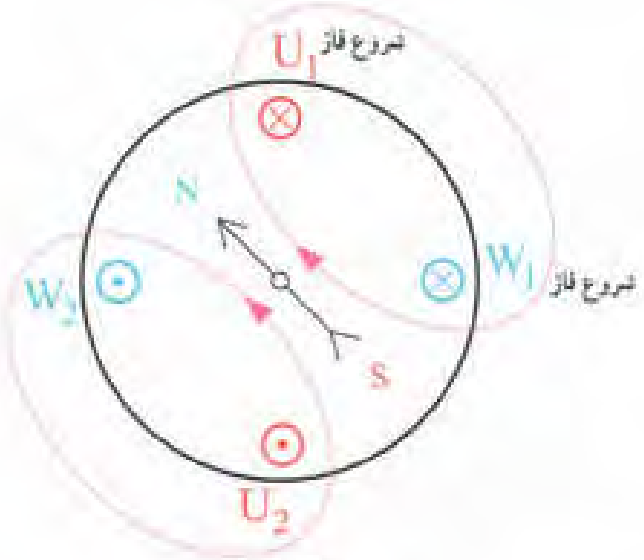
شکل ۷ـ۱ـ شکل موج جریان دو فاز

و موقعیت قطب‌ها براساس شکل(۸ـ۱) می‌باشند.



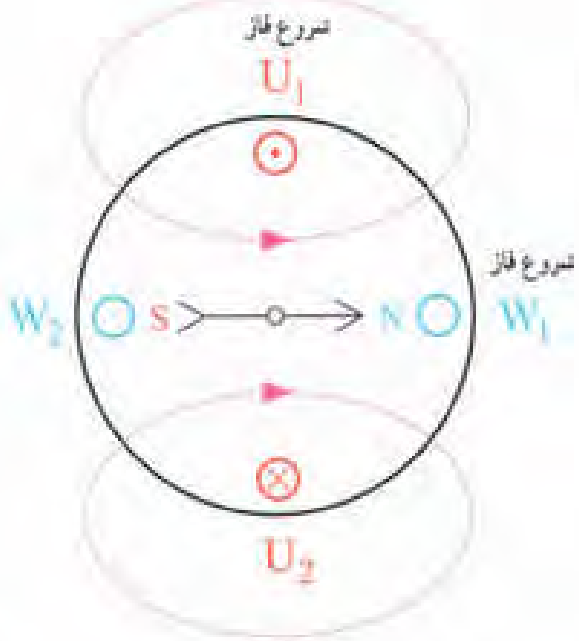
شکل ۸ـ۱

در مکان 'BB ، $\omega t = 135^\circ$ است. در این حالت فاز $L_u > 0$ و $L_v < 0$ است و موقعیت قطب‌ها براساس شکل(۹ـ۱) می‌باشند. به‌طوری که مشاهده می‌شود، قطب‌ها نیز به اندازه‌ی ۱۳۵ درجه جابه‌جا می‌شوند.



شکل ۹ـ۱

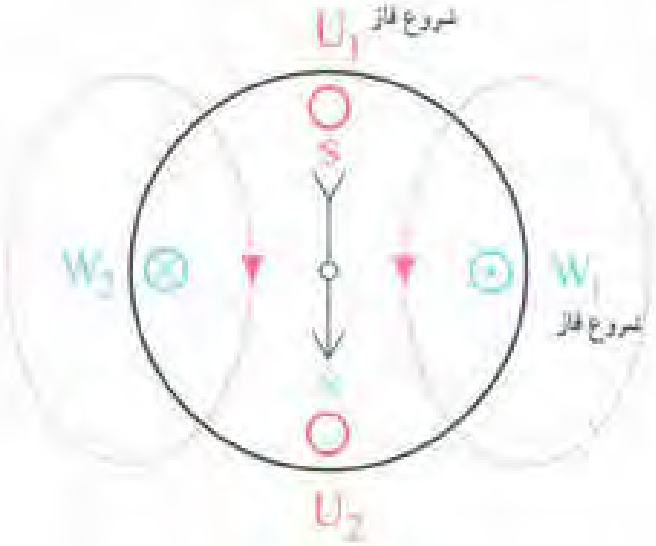
ـ در مکان 'CC ، $\omega t = 270^\circ$ است؛ در این حالت فاز $L_u = 0$ و $L_v < 0$ است و موقعیت قطب‌ها براساس شکل (۱۰ـ۱)می‌باشند.



شکل ۱۰ـ۱

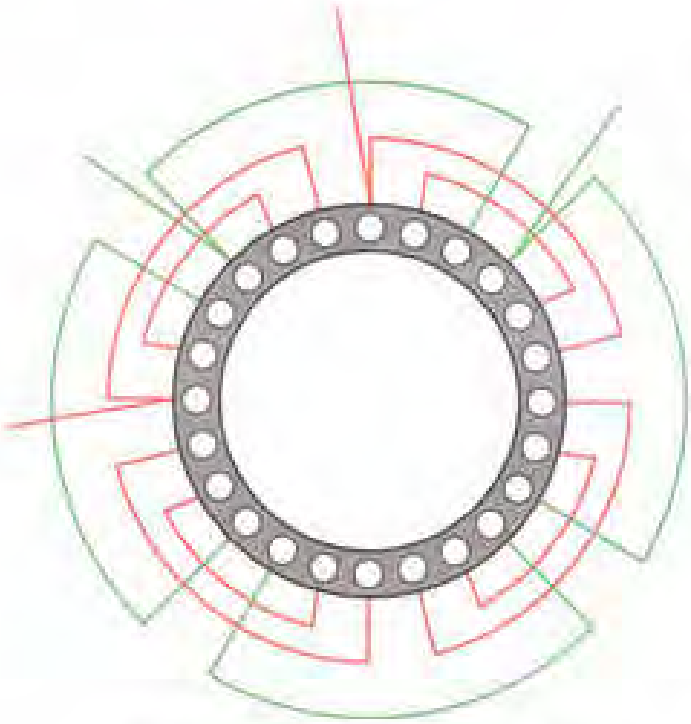
ـ در مکان 'DD ، $\omega t = 360^\circ$ است ؛ در این حالت فاز $L_1 > 0$ و $L_2 = 0$ است و موقعیت قطب‌ها براساس شکل (۱۱ـ۱) می‌باشد.

از شکل‌های ۷ـ۱ تا ۱۱ـ۱ می‌توان نتیجه گرفت که وقتی ωt از صفر تا ۳۶۰ درجه تغییر می‌کند میدان مغناطیسی نیز یک دور کامل سطح استاتور را می‌پیماید ؛ و اگر فرکانس برابر ۱ باشد میدان نیز ۱ بار سطح استاتور را، در هر ثانیه، خواهد پیمود. بدین‌طریق میدان دوّاری با فرکانس ۱ در سطح استاتور موتور دو فاز تشکیل می‌شود.

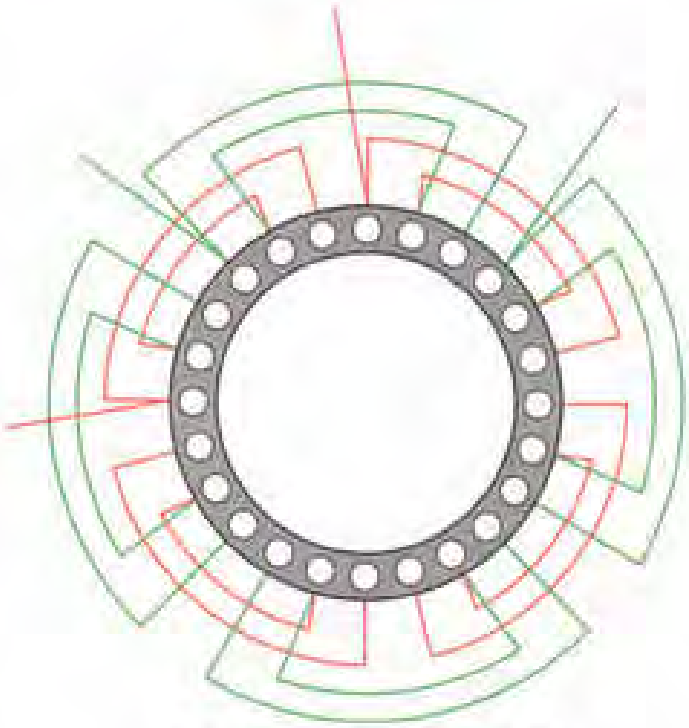


شکل ۱۱ـ۱

چون براساس تئوری دو میدان، برق متناوب تک فاز نمی‌تواند در سطح استاتور حوزه‌ی دوّار ایجاد کند در راه‌اندازی این موتورها از عملکرد یک 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 ۱۲ـ۱). 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 ۱۲ـ۱ـ موتور با سیم‌پیچی استارت موقت

چون از کل هسته‌ی موتور استفاده می‌شود، ضریب بهره‌ی آن بالا است (شکل ۱۳ـ۱).

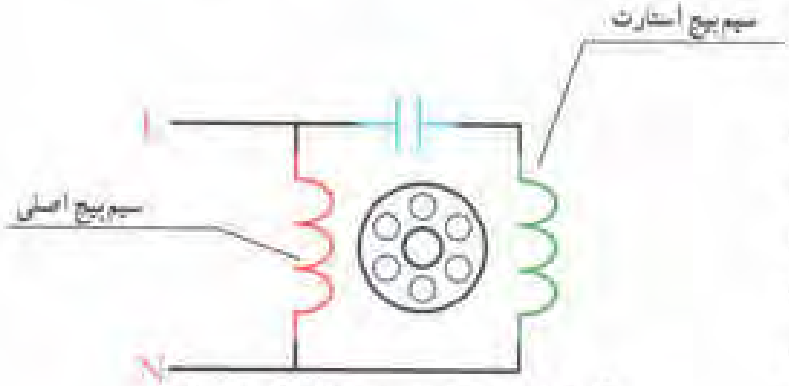


شکل ۱۳ـ۱ـ موتور با سیم‌پیچی طرح دو فاز

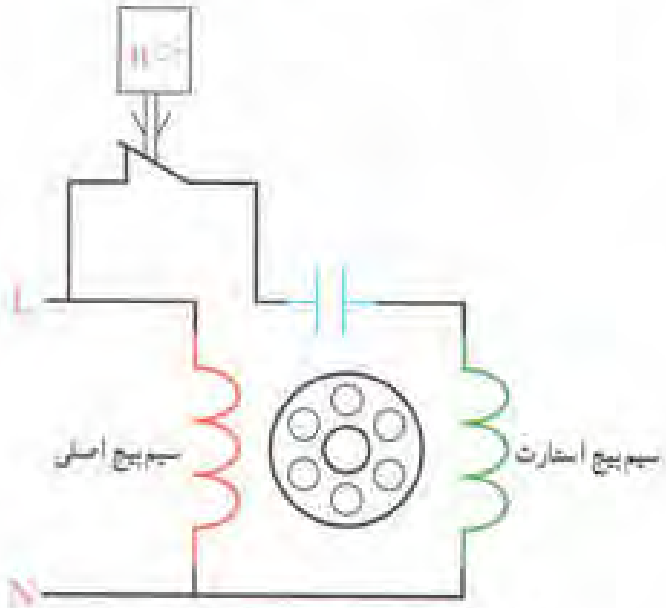
۴ـ۱ـ محاسبه و ترسیم سیم‌بندی استاتور الکتروموتورهای تک فاز یک طبقه یک‌سرعته و دو سرعته

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

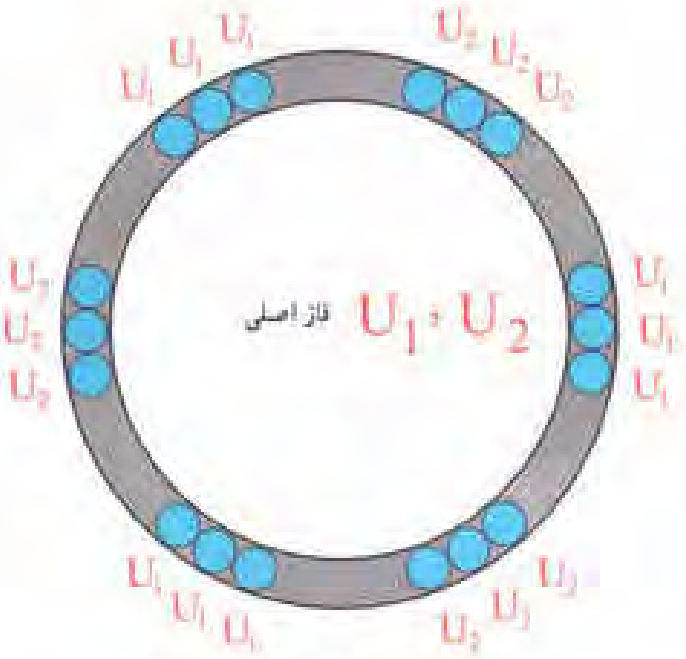
موتورهای تک‌فاز را دو حالت، الف : باقی‌ماندن سیم‌پیچ کمکی در مدار (شکل ۱۴ـ۱) و ب : خارج‌شدن آن از مدار پس از راه‌اندازی (شکل ۱۵ـ۱) مورد بررسی قرار می‌دهیم.



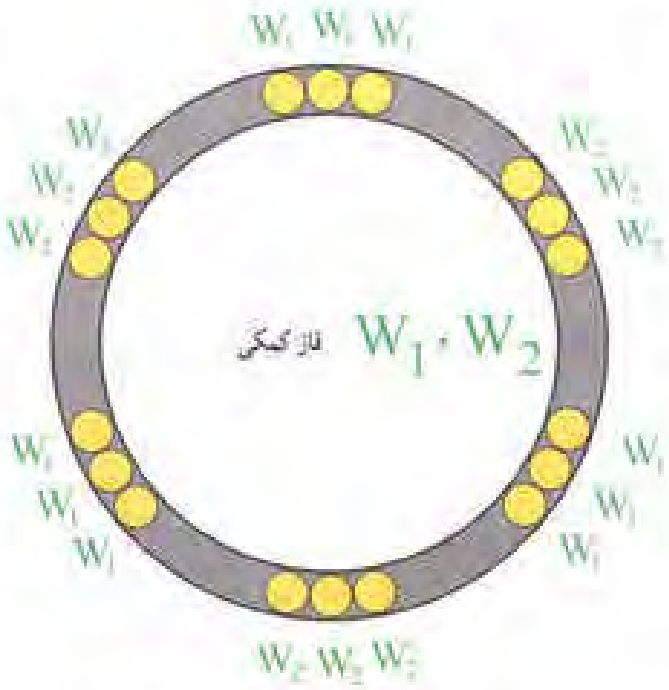
شکل ۱۴ـ۱ـ موتور با سیم‌پیچ‌های دائم در مدار



شکل ۱۵ـ۱ـ موتور با سیم‌پیچ استارت موقت



الف ــ شیارهای مربوط به فاز U_2 و U_1



ب ــ شیارهای مربوط به فاز W_2 و W_1

شکل ۱۶ــ۱ــ تقسیم شیارها بین فازها به سهم مساوی

۱ــ۴ــ۱ــ محاسبه و ترسیم موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ کمکی دائم در مدار: اغلب موتورهایی که سیم پیچ کمکی آن‌ها، در مدار باقی می‌ماند موتورهای طرح دوفاز هستند. همان‌طورکه قبلاً اشاره شد این موتورها کلید گریز از مرکز ندارند و در سیم‌پیچی از کل شیارهای استاتور استفاده می‌شود. در سیم‌پیچی موتورهای طرح دوفاز، نصف شیارها را سیم‌پیچ اصلی و نصف دیگر را سیم‌پیچ کمکی اشغال می‌کند (شکل ۱۶ــ۱).

این نوع سیم‌پیچی، به سیم‌پیچی موتورهای سه‌فاز بیشتر شباهت دارد؛ با این تفاوت که m در موتورهای سه‌فاز برابر ۳ ولی در موتورهای طرح دو فاز برابر ۲ می‌باشد. تفاوت دیگری که در سیم‌پیچی طرح دوفاز مشاهده می‌شود شروع فازهاست.

دیاگرام سیم‌پیچی موتورهای یک فاز، یا طرح دوفاز، را در سه مرحله دنبال می‌کنیم.

مرحله‌ی اول، محاسبات:

۱ــ تعیین گام قطبی (Y_p): گام قطبی از رابطه‌ی $Y_p = \frac{Z}{2P}$ تعیین می‌شود که در آن Z تعداد شیارها و 2P تعداد قطب‌ها می‌باشد (شکل ۱۷ــ۱).

۲ــ محاسبه‌ی تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز (q): تعداد شیارهای زیر هر فاز در هر قطب، از رابطه‌ی $q = \frac{Z}{2P \times m} = \frac{Z}{2P}$ به‌دست می‌آید.

۳ــ گام سیم‌بندی (Y_s): در سیم‌بندی به ازای زوج قطب، گام سیم‌بندی از رابطه‌ی $Y_s = Y_p = \frac{Z}{2p}$ تعیین می‌شود.

در سیم‌بندی به ازای قطب گام سیم‌بندی، از رابطه‌ی $Y_s = \frac{Z}{2P} - \frac{q}{2}$ به‌دست می‌آید (شکل ۱۸ــ۱).

۴ــ زاویه‌ی الکتریکی شیارها (α_{ee}): زاویه‌ی الکتریکی شیارها از رابطه‌ی $\alpha_{ee} = \frac{P \times 360}{Z}$ تعیین می‌شود.

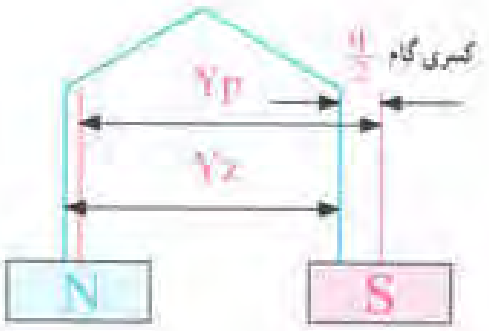
z تعداد شیارها و P نصف تعداد قطب‌ها می‌باشد (شکل ۱۹ــ۱).

۵ــ شروع فازها: شروع فازها در موتورهای تک‌فاز، ۹۰ درجه‌ی الکتریکی اختلاف فاز دارد، بنابراین،

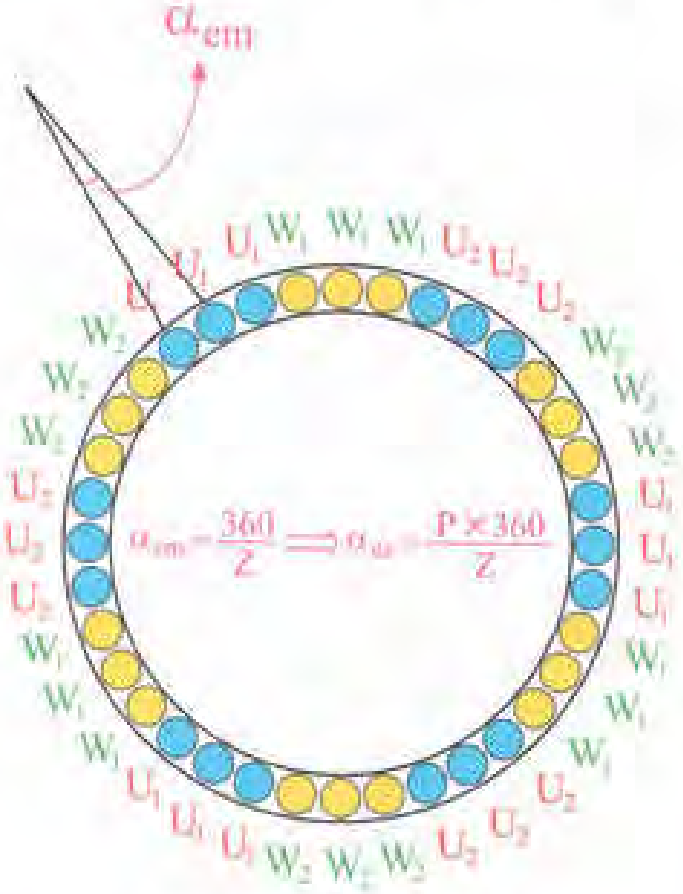
$U_1, U_2 = 1$ شروع فاز اول

$W_1, W_2 = 1 + \frac{90}{\alpha_{ee}}$ شروع فاز دوم

شکل ۱۷ــ۱ــ گام قطبی



شکل ۱۸ــ۱ــ گام سیم‌بندی در سیم‌بندی به ازای قطب



شکل ۱۹ــ۱ــ زاویه‌ی الکتریکی شیارها

مرحله‌ی دوم، تشکیل جدول دیاگرام: سیم‌پیچی موتورهای یک‌فاز، بیشتر به‌صورت یک طبقه و به ازای قطب انجام می‌شود. به‌این علت به تشکیل جدول دیاگرام موتورهای یک‌فاز، به ازای قطب اکتفا می‌کنیم. برای این منظور جدولی رسم می‌کنیم که به تعداد قطب‌ها ردیف و به تعداد فازها ($m=۲$) ستون داشته باشد (جدول ۲۰ـ۱).

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 گـــری گام، به اندازه‌ی $\frac{q}{۲}$ بوده و سیم‌پیچی متقارن خواهد شد. به عنوان مثال برای یک موتور ۲۴ شیار ۶ قطب با $q=۲$، جدول(۲۱ـ۱) تشکیل می‌شود.

در موتور ۲۴ شیار ۶ قطب، در هر فاز برای هر قطب ۴ شیار وجود دارد. گام قطبی $y_p=\frac{۲۴}{۶}=۴$ می‌باشد و چون $q=\frac{۲۴}{۲\times۳}=۲$ است، گـــری گام برابر $\frac{q}{۲}$ یا یک شیار خواهد شد. از آن‌جایی که در سیم‌پیچی به ازای قطب، سیم‌پیچی پس از یک دور به شیار ماقبل خود می‌رسد و شیار شماره یک یا بازوی دوم کلاف اشغال می‌شود، لذا شیار شماره ۲ را برای فاز U_1 و U_2 و شیار شماره ۴ را برای فاز W_2 و W_1 به‌عنوان شیار شروع انتخاب می‌کنیم و با گام سیم‌پیچی $y_1=y_p-\frac{q}{۲}=۴-۱=۳$ جدول را کامل می‌کنیم.

اگر q فرد باشد در این حالت نمی‌توان برای گـــری گام نصف شیار درنظر گرفت. دراین صورت گروه کلاف‌ها را به دو گروه تقسیم می‌کنند که یک گروه، یک کلاف بیشتر از دیگری دارد. مثلاً اگر $q=۳$ باشد یک گروه کلاف دوتایی و دیگری یکی، و اگر $q=۵$ باشد، یک گروه کلاف ۳تایی و دیگری دوتایی خواهد شد. به شکل ۲۲ـ۱ توجه کنید که در آن جدول سیم‌پیچی نیز براساس این تقسیم‌بندی انجام می‌شود.

سیم‌پیچی موتور ۳۶ شیار ۶ قطب موتور تک‌فاز با سیم‌پیچی طرح دوفاز مطابق جدول ۲۳ـ۱ خواهد شد.

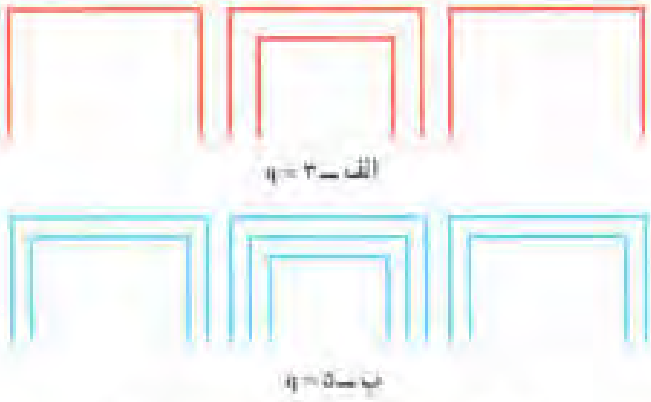
$$q=\frac{Z}{۲Pm}=\frac{۳۶}{۶\times۲}=۳$$

جدول ۲۰ـ۱

m / 2p	U_1 ، U_2	W_1 ، W_2
N		
S		
N		
S		

جدول ۲۱ـ۱ـ سیم‌پیچی موتور ۲۴ شیاری ۶ قطب $q=۲$

m / 2p	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 ـ $q=۳$

ب ـ $q=۵$

شکل ۲۲ـ۱ـ آرایش گروه کلاف‌ها برای پله‌ای فرد

$$\alpha_{ec} = \frac{p \times 360}{z} = \frac{3 \times 360}{36} = 30$$

شروع فاز $U_1, U_2 = 1$

شروع فاز $W_1, W_2 = 1 + \frac{90}{\alpha_{ec}} = 1 + \frac{90}{30} = 4$

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

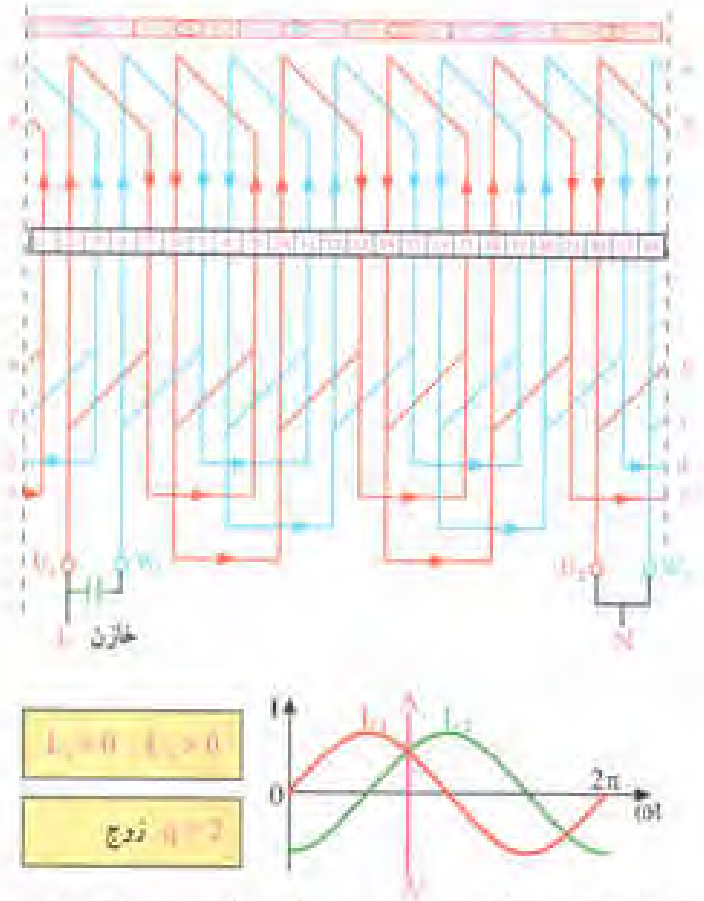
مرحله‌ی سوم، رسم دیاگرام: اغلب موتورهای طرح دوفاز را، به علت مشابه و مساوی بودن کلاف‌های سیم‌پیچ اصلی و کمکی، به‌صورت کلاف مساوی، ولی سیم‌پیچ موتورهای یک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت را معمولاً به‌صورت متحدالمرکز می‌پیچند. علت این امر یکسان نبودن سیم‌پیچ استارت با سیم اصلی است. سیم‌پیچ استارت به‌علت اتصال موقت به مدار الکتریکی، ضعیف‌تر انتخاب می‌شود و آسیب‌پذیری آن بیشتر است. از این رو، روی سیم‌پیچ اصلی قرار می‌گیرد. با سیم‌بندی متحدالمرکز و قرار گرفتن سیم استارت در قسمت رو، می‌توان در صورت نیاز آن را به راحتی تعویض کرد.

دیاگرام‌های سیم‌بندی، براساس جدول راهنما ترسیم می‌شوند. با توجه به جدول ۲۱ـ۱ دیاگرام سیم‌بندی موتور ۲۴ شیار ۶ قطب با ۹ زوج، در شکل ۲۴ـ۱ رسم شده است. چون سیم‌بندی به ازای قطب است اتصال گروه کلاف‌ها، اتصال دور است و بر اساس $L_1 > 0$ و $L_2 > 0$ در سطح استاتور قطب‌سازی شده است. خازن دائمی C، جریانی با اختلاف فاز ۹۰ درجه را تأمین می‌کند.

جدول ۲۳ـ۱ـ موتور ۳۶ شیاری ۶ قطب طرح دوفاز

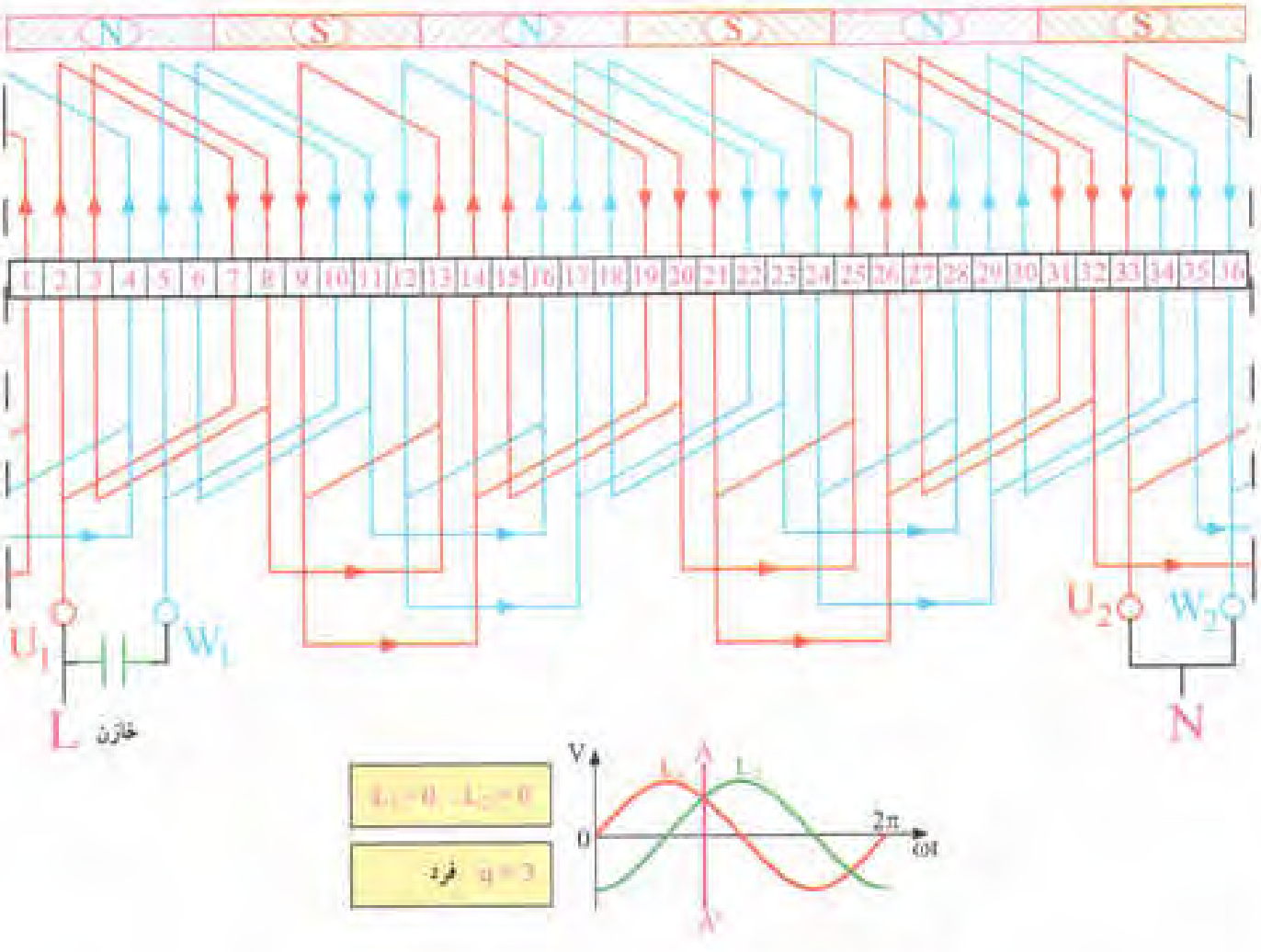
m / 2p	$U_1 \cdot U_2$			$W_1 \cdot W_2$		
N	1	2	3	4	5	6
S	7	8	9	10	11	12
N	13	14	15	16	17	18
S	19	20	21	22	23	24
N	25	26	27	28	29	30
S	31	32	33	34	35	36

1 — 4



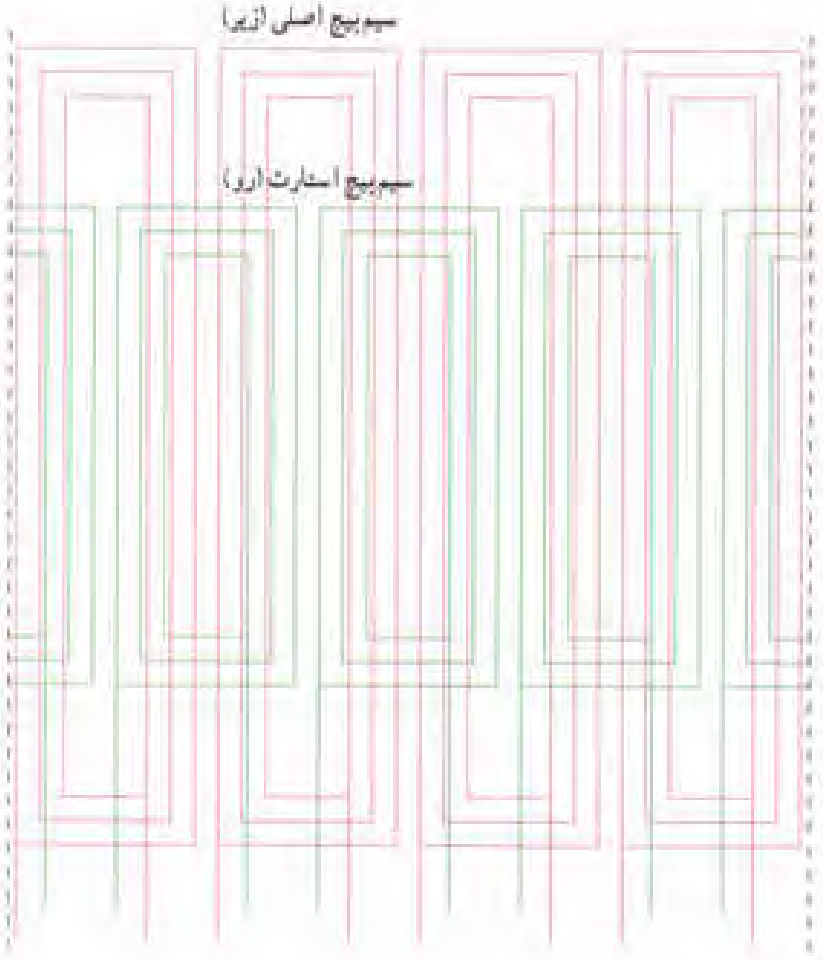
شکل ۲۴ـ۱ـ دیاگرام سیم‌بندی موتور یک‌فاز طرح دوفاز ۲۴ شیار ۶ قطب با ۹ زوج

دیاگرام جدول ۲۳ـ۱ موتور ۳۶ شیار ۶ قطب مطابق شکل ۲۵ـ۱ رسم می‌شود. به‌طوری که مشاهده می‌شود چون $q = ۳$ 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 به‌خاطر $G = ۲P$ اتصال دور می‌باشد و قطب‌بندی بر اساس $L_۱ > ۰$ و $L_۲ < ۰$ انجام شده است. از خازن برای تأمین جریان با اختلاف فاز ۹۰ درجه‌ی الکتریکی از جریان سیم‌پیچ اصلی استفاده شده است. بدین طریق دو جریان با اختلاف فاز ۹۰ درجه‌ی الکتریکی، سیم‌پیچ‌های استاتور را تغذیه می‌کنند. حوزه‌ی دوّار در سطح استاتور تشکیل می‌شود. اتصال خازن در مدار دائمی است و ظرفیت آن در محدوده‌ی ۵ الی ۵۰ میکروفاراد می‌باشد.



شکل ۲۵ـ۱ـ سیم‌پیچی موتور یک‌فاز طرح دوفاز ۳۶ شیار ۶ قطب با q فرد

۲ـ۴ـ۱ـ محاسبه و ترسیم دیاگرام سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت (سیم‌پیچ کمکی از مدار خارج می‌شود): در سیم‌بندی موتورهای یک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت، حداقل یک سوم شیارها را به سیم استارت و دوسوم شیارها را به سیم‌پیچ اصلی اختصاص می‌دهند. برای بهبود گشتاور راه‌اندازی، تعداد کلاف‌های سیم‌پیچ استارت را برابر سیم‌پیچ اصلی منظور می‌کنند. در بعضی موارد تعداد کلاف‌های سیم‌پیچ استارت را بیشتر از تعداد کلاف‌های سیم‌پیچ اصلی درنظر می‌گیرند. بدین‌طریق در بیشتر شیارها، بازوهای سیم‌پیچ اصلی و استارت با هم وجود خواهد داشت. از آن جایی که سیم‌پیچ استارت، سطح مقطع کمتری دارد، آسیب‌پذیر است و احتمال سوختن آن زیاد است، از این‌رو لازم است سیم‌پیچ استارت در طبقه‌ی سطح خارجی شیارها قرار گیرد تا به سادگی قابل تعویض باشد (شکل ۲۶ـ۱).



شکل ۲۶ـ۱ـ سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز در موتورهای تک فاز

موتورهای تک‌فاز با استارت موقت به‌صورت متحدالمرکز سیم‌بندی می‌شوند. سیم‌پیچ اصلی در طبقه‌ی پایین قرار داده می‌شود و سیم‌پیچ استارت روی سیم‌پیچ اصلی قرار داده می‌شود.

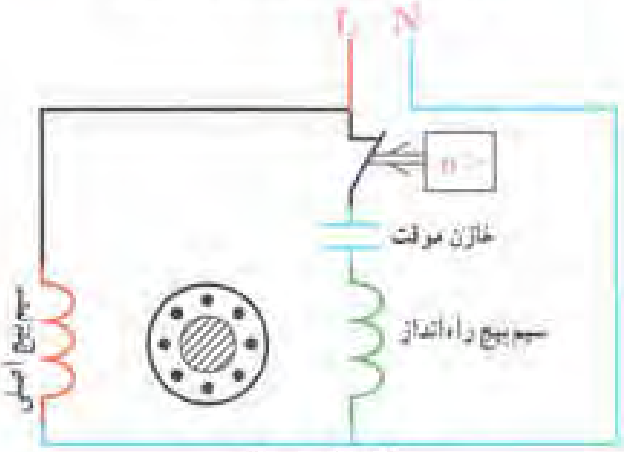
از لحاظ این که سیم‌پیچ راه‌انداز برای مدت کمی در مدار الکتریکی قرار دارد و پس از راه‌اندازی از مدار خارج می‌شود، سطح مقطع آن را کوچک‌تر انتخاب می‌کنند. همین مسئله باعث می‌شود که در صورت عمل نکردن کلید گریز از مرکز، سیم‌پیچ راه‌انداز آسیب ببیند. کوچک‌شدن سطح مقطع سیم‌پیچ راه‌انداز سبب می‌شود که مقاومت اهمی این سیم‌پیچ زیاد شود که این خود باعث به‌وجود آمدن اختلاف فازی در جریان سیم‌پیچ راه‌انداز نسبت به سیم‌پیچ اصلی می‌گردد. در موتورهای تک‌فاز با قدرت کم، مقاومت اهمی سیم‌پیچ راه‌انداز را تقریباً به سه برابر مقاومت اهمی سیم‌پیچ اصلی افزایش می‌دهند. اختلاف فاز جریان سیم‌پیچ‌های اصلی (با خاصیت سلفی بیشتر) و راه‌اندازی (با خاصیت اهمی بیشتر) برای راه‌اندازی موتور کفایت می‌کند و برای ایجاد اختلاف فاز از خازن استفاده نمی‌شود (شکل ۲۷ـ۱).

شکل ۲۷ـ۱ـ موتور تک‌فاز با راه‌انداز مقاومتی

در موتورهای با قدرت بالاتر (از سه چهارم اسب به بالا) روش فوق مناسب نبوده و برای ایجاد اختلاف فاز بین جریان‌های دو سیم‌پیچ از خازن استفاده می‌شود (شکل ۲۸ـ۱).

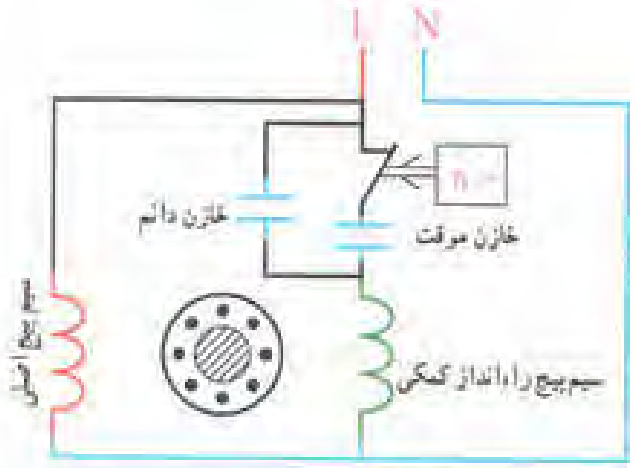
شکل ۲۸ـ۱ـ موتور تک فاز با راه‌انداز خازنی

خازن‌ها با سیم‌پیچ استارت، سری می‌شوند. خازن‌های همراه سیم‌پیچ استارت، اگر توسط کلید گریز از مرکز، از مدار الکتریکی خارج شوند، از نوع خازن‌های الکترولیتی هستند و ظرفیت بالایی (حدود ۱۰۰ الی ۱۶۰ میکروفاراد) دارند (شکل ۲۹ـ۱ـ الف). در بعضی موتورها از دو نوع خازن الکترولیتی و روغنی استفاده می‌شود. علت استفاده از این خازن‌ها در مرحله‌ی اول تقویت گشتاور راه‌اندازی است. در مرحله‌ی بعدی، چون خازن روغنی همراه سیم‌پیچ استارت در مدار تغذیه باقی می‌ماند گشتاور کار را تقویت می‌کند و همچنین از تمام هسته‌ی استاتور در تولید قدرت مکانیکی استفاده می‌شود، لذا ضریب بهره‌ی موتور



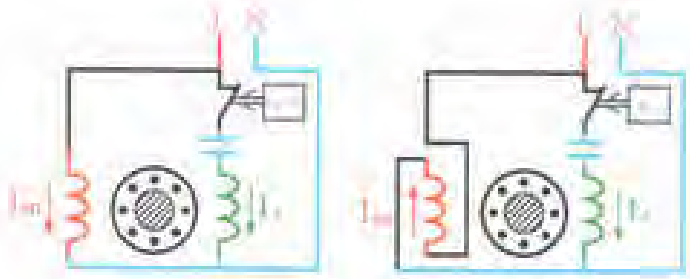
شکل ۲۹ـ۱ـ الف

افزایش می‌یابد. اصولاً ظرفیت خازن‌های الکترولیتی را سه برابر ظرفیت خازن‌های روغنی درنظر می‌گیرند (شکل ۲۹ـ۱ـ ب).



شکل ۲۹ـ۱ـ ب

برای تغییر جهت گردش موتورهای یک‌فاز کافی است اتصال دو سر سیم‌پیچ اصلی یا دو سر سیم‌پیچ استارت را عوض کنیم (شکل ۳۰ـ۱).



موتور یک‌فاز راست‌گرد　　موتور یک‌فاز چپ‌گرد

شکل ۳۰ـ۱

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

محاسبات

$$Z = ۲۴,\ m = ۱$$

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

تعداد شیارهای سیم‌پیچ استارت $Z_s = \frac{۱}{۳}Z = \frac{۱}{۳} \times ۲۴ = ۸$

گام قطبی از رابطه‌ی $Y_p = \frac{Z}{۲P}$ به‌دست می‌آید:

$$Y_p = \frac{۲۴}{۴} = ۶$$

چون تعداد شیارهای مربوط به سیم‌پیچ اصلی $Z_m = ۱۶$ می‌باشد تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز، از تقسیم Z_m به تعداد قطب‌ها به‌دست می‌آید.

$$q_m = \frac{Z_m}{۲P} \Rightarrow q_m = \frac{۱۶}{۴} = ۴$$

برای محاسبه‌ی تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز مربوط به سیم‌پیچ استارت، از رابطه‌ی $q_1 = \frac{Z_{rs}}{2P}$ استفاده می‌شود.

$$q_1 = \frac{Z_{rs}}{2P} \Rightarrow q_1 = \frac{8}{4} = 2$$

موتورهای یک فاز، معمولاً به ازای قطب، سیم‌بندی می‌شوند. بدین علت سیم‌بندی از نوع گام کسری می‌باشند و تعداد کلاف‌ها، در هر گروه کلاف، به اندازه‌ی $q' = \frac{q}{2}$ می‌باشند. کسری گام در سیم‌پیچ استارت و اصلی، برابر نصف شیارها در زیر هر قطب در هر فاز می‌باشد.

در سیم‌پیچ اصلی، گام سیم‌بندی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

در سیم‌پیچ استارت گام سیم‌بندی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Y_{st} = Y_p - \frac{q_{st}}{2} = 4 - 1 = 5$$

پس از محاسبات، جدول دیاگرام سیم‌بندی را تشکیل می‌دهیم. برای هریک از سیم‌پیچ‌های 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 $Y_m = 4$) مطابق جدول ۱ـ۳۱ می‌باشد. برای تشکیل جدول سیم‌پیچ استارت از طریق زاویه‌ی الکتریکی شیارها، شیار شروع سیم‌پیچ استارت را تعیین می‌کنیم.

$$\alpha_{el} = \frac{P \times 360}{Z_s} = \frac{2 \times 360}{24} = 30$$

جدول ۱ـ۳۱

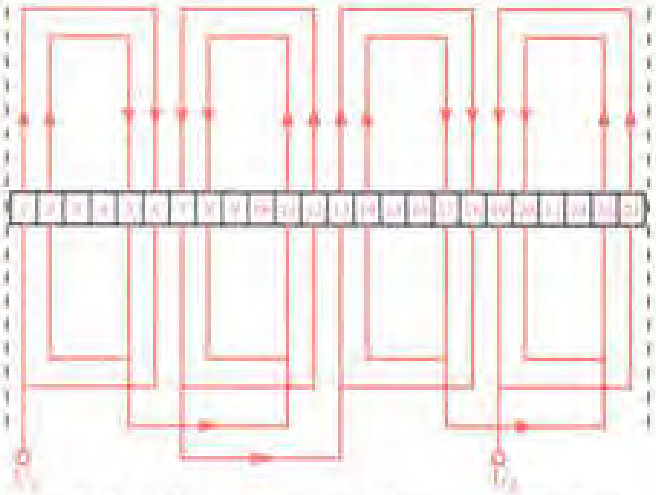
m / 2p	U_1	U_2
N	23	24
	1	2
S	5	6
	7	8
N	11	12
	13	14
S	17	18
	19	20
	23	24

جدول ۳۴ـ۱

2p \ m	$W_1 \cdot W_2$
N	3
	4
S	9
	10
N	15
	16
S	21
	22
	3

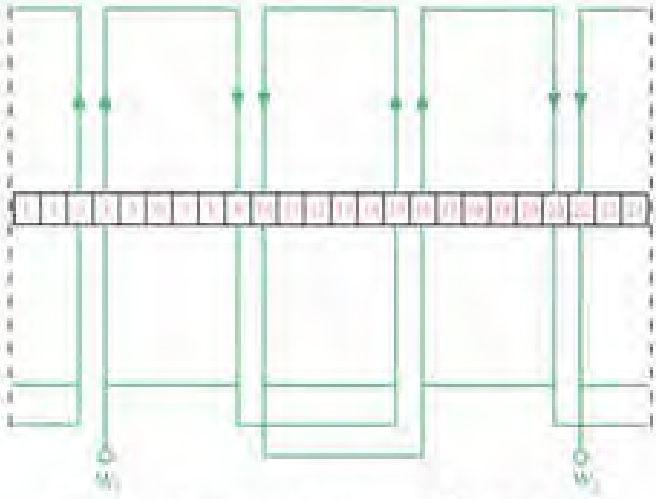
$W_1 = 1 + \frac{90}{\alpha_{ex}} = 1 + \frac{90}{30} = 4$ شروع سیم‌پیچ استارت

جدول سیم‌بندی استارت با توجه به گام قطبی و گام سیم‌بندی ($q_1' = 11$ و $q_1 = 2$ و $Y_p = 6$ و $Y_{p_1} = 5$) مطابق جدول ۳۴ـ۱ می‌باشد.



شکل ۳۴ـ۱ـ سیم‌پیچ اصلی موتور ۲۴ شیار تک‌فاز ۴ قطب

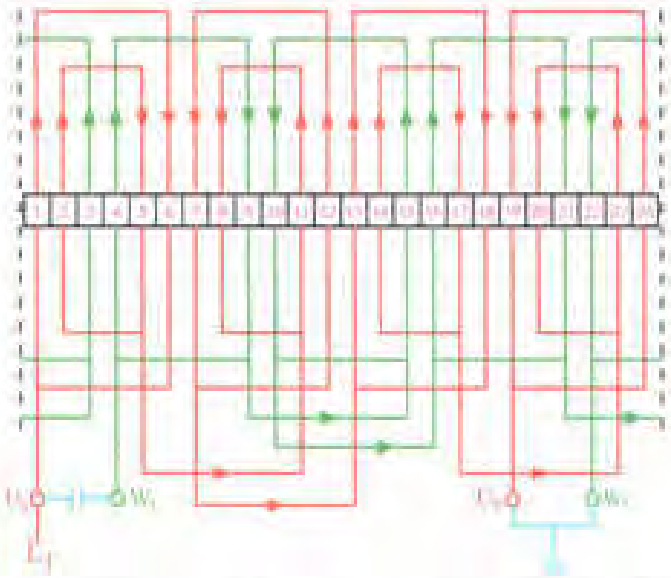
دیاگرام گسترده‌ی سیم‌پیچ اصلی مطابق شکل(۳۳ـ ۱) می‌باشد. این دیاگرام نشان می‌دهد که گام سیم‌بندی برابر ۴ است و نوع سیم‌بندی متحدالمرکز و به‌ازای قطب است و اتصال گروه کلاف‌ها، اتصال دور می‌باشد.



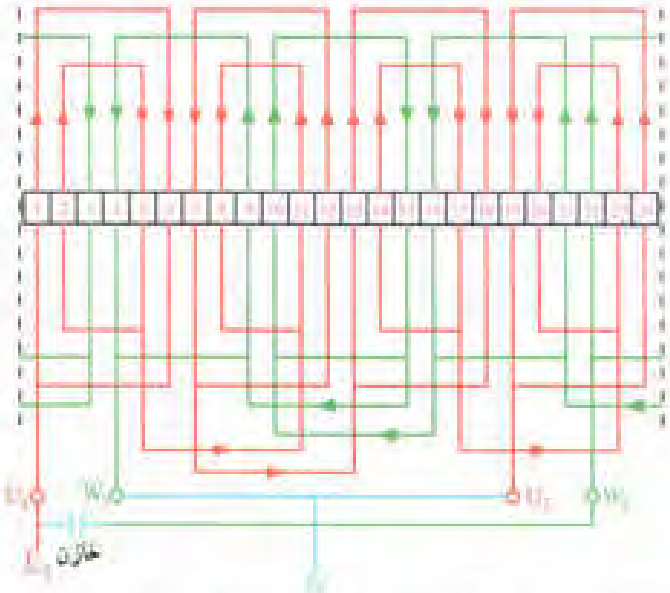
شکل ۳۴ـ۱ـ دیاگرام سیم‌پیچ استارت موتور ۲۴ شیار ۴ قطب

دیاگرام سیم‌بندی سیم‌پیچ استارت ۳ شیار بعد از سیم‌پیچ اصلی شروع می‌شود. یک سوم شیارها براساس جدول ۳۴ـ۱ توسط سیم‌پیچ استارت اشغال شده است (شکل ۳۴ـ۱).

شکل (۳۵ـ۱)اتصال کامل سیم‌پیچی موتور ۲۴ شیار ۴ قطب را با راه‌انداز خازنی، به‌صورت راست‌گرد، نشان می‌دهد. توجه شود که جهت جریان در سیم‌پیچ اصلی و سیم‌پیچ استارت هم جهت می‌باشند ؛ ولی با تعویض اتصال دو سر سیم‌پیچ استارت یا سیم‌پیچ اصلی، جهت جریان‌ها در دو سیم‌پیچ مخالف یکدیگر شده و موتور چپ‌گرد می‌شود (شکل ۳۶ـ۱).

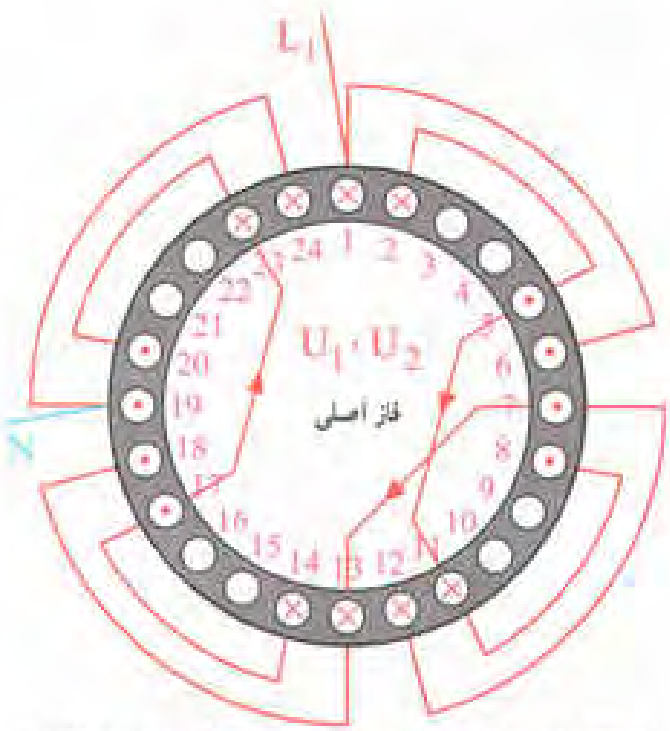


شکل ۳۵ـ۱ـ دیاگرام کامل موتور ۲۴ شیار تک‌فاز ۴ قطب راست‌گرد



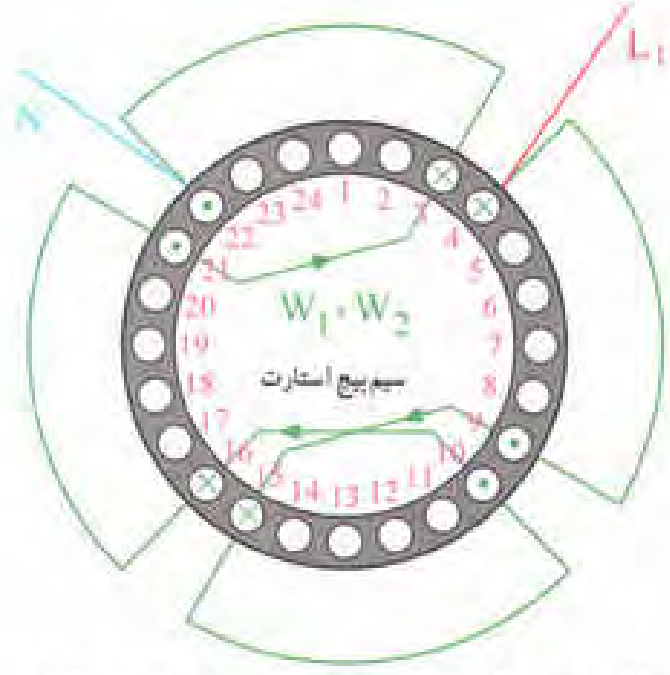
شکل ۳۶ـ۱ـ دیاگرام کامل موتور ۲۴ شیار تک‌فاز ۴ قطب چپ‌گرد

دیاگرام مدور سیم‌پیچ اصلی موتور ۲۴ شیار ۴ قطب مطابق شکل (۳۷ـ۱) رسم می‌شود.



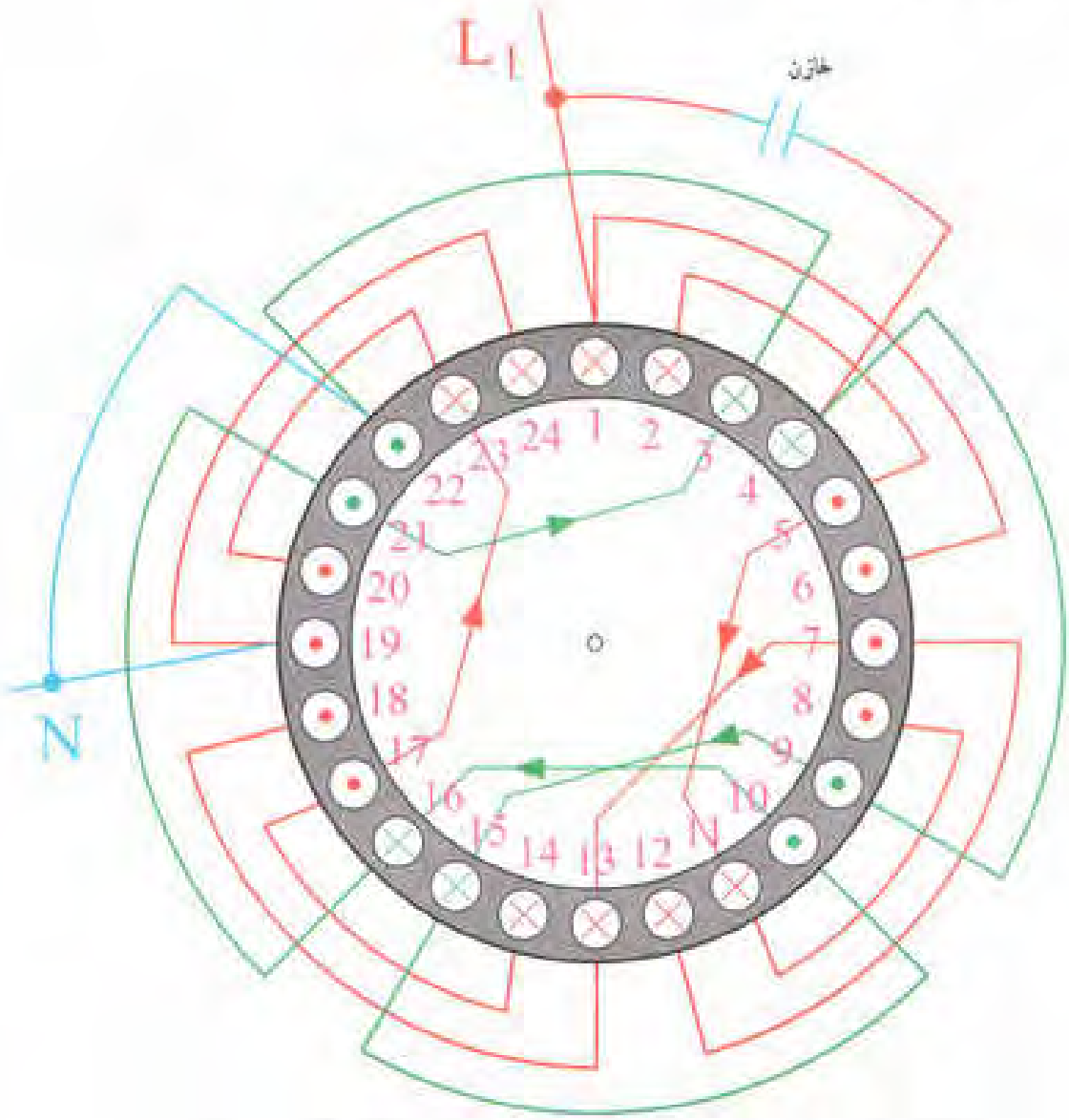
شکل ۳۷ـ۱ـ دیاگرام مدور سیم‌پیچ اصلی موتور ۲۴ شیار تک‌فاز ۴ قطب

دیاگرام مدور سیم‌پیچ استارت موتور ۲۴ شیار ۴ قطب مطابق شکل(۳۸ـ۱) رسم می‌شود.



شکل ۳۸ـ۱ـ دیاگرام مدور سیم‌پیچ استارت موتور ۲۴ شیار تک‌فاز ۴ قطب

دیاگرام مدور سیم‌پیچ اصلی و استارت موتور ۲۴ شیار
۴ قطب مطابق شکل (۳۹ـ۱) رسم می‌شود.



شکل ۳۹ـ۱ـ دیاگرام مدور سیم‌پیچ اصلی و استارت موتور ۲۴ شیار تک‌فاز ۴ قطب

مثال: یک الکتروموتور ۳۶ شیار تک‌فاز مفروض است.
سیم‌بندی این موتور را به‌صورت ۶ قطب تک‌فاز با سیم‌پیچ دائم
در مدار طرح و دیاگرام گسترده‌ی آن را رسم کنید.

حل:

۱ـ مشخصات موتور را یادداشت می‌کنیم.

$Z = 36$ ، $m = 2$ ، $2P = 4$ ، تک‌فاز ، طرح دو فاز
یک طبقه ، یک سرعته

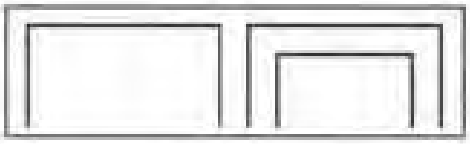
۲ـ گام قطبی را به‌دست می‌آوریم.

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

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

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

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



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

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

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

۶ـ جدولی تشکیل می‌دهیم که دو ستون به تعداد فازها و ۶ ردیف به تعداد قطب‌ها داشته باشد (جدول ۴ـ۱).

جدول ۴ـ۱

2p \ m		
N		
S		
N		
S		
N		
S		

۷ـ 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 درنظر 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 ۲ شروع می‌کنیم. با پیشرفت کار، تجربه‌ی کافی برای انتخاب گروه کلاف‌ها را پیدا خواهیم کرد (جدول ۱ـ۴۱).

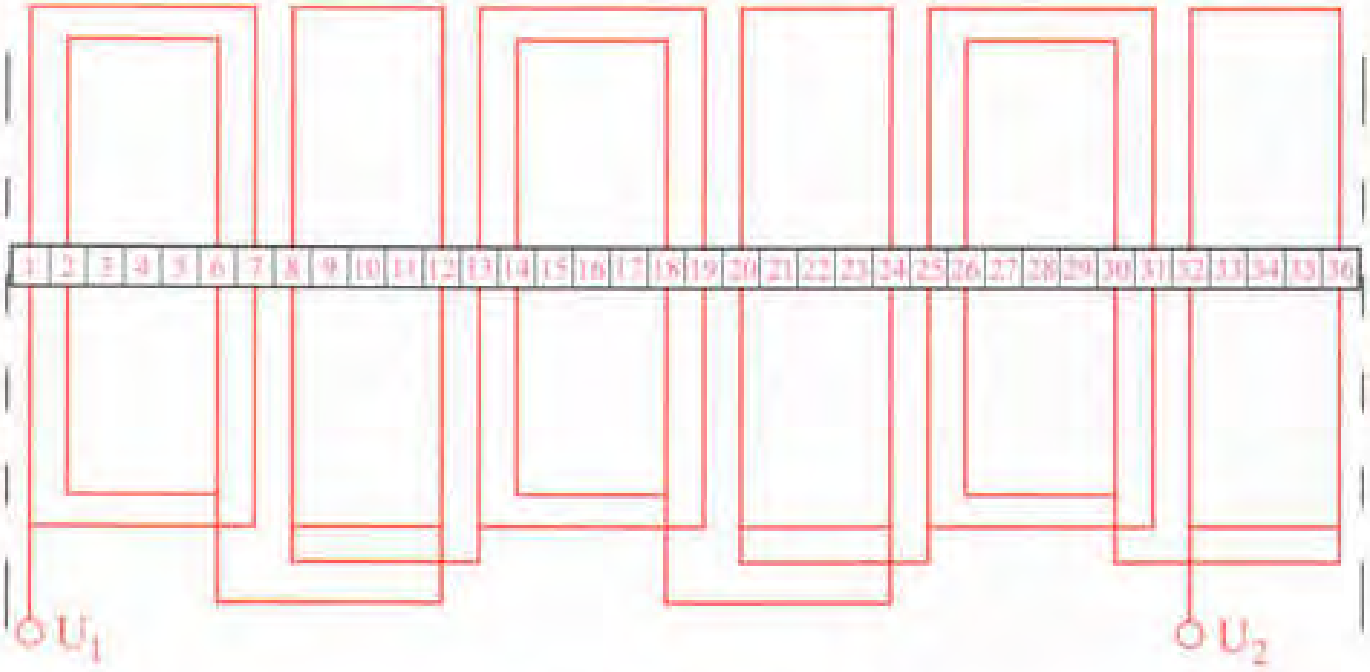
جدول ۱ـ۴۱

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			

۸ـ در طول کاغذ A_4، ۳۶ شیار رسم می‌کنیم (شکل ۱ـ۴۲).

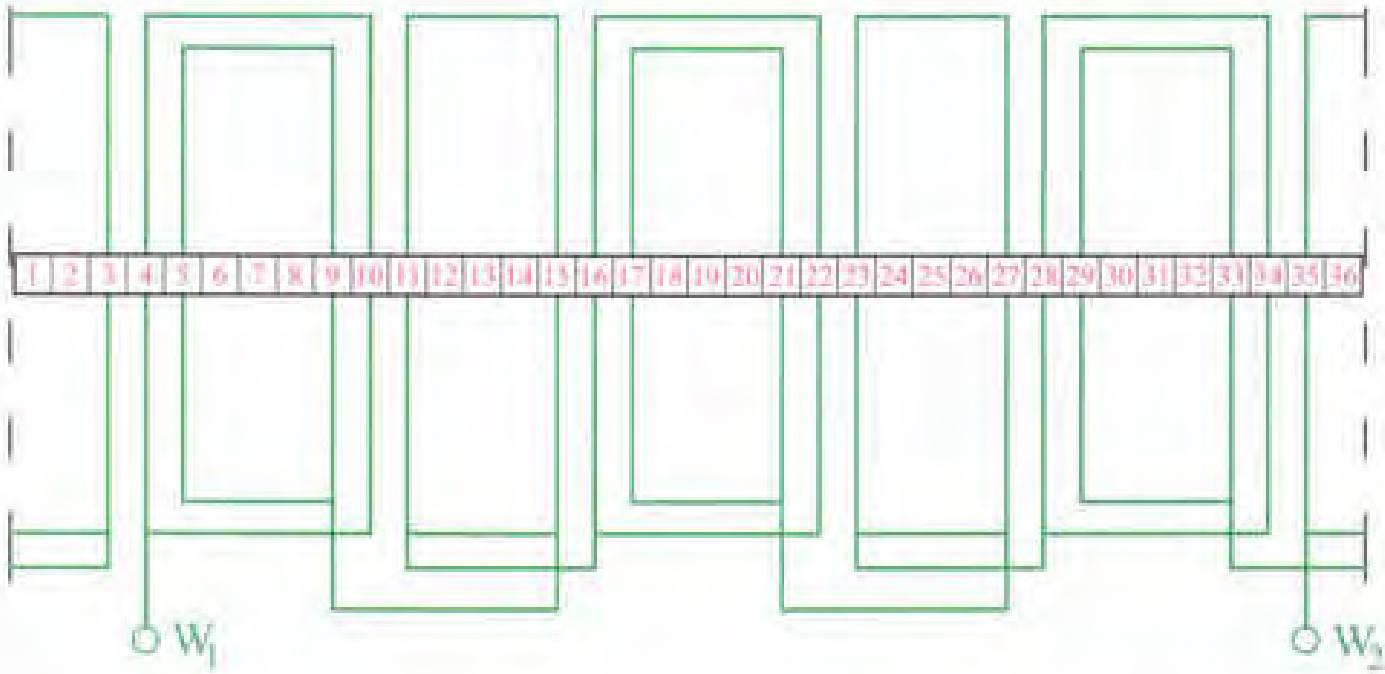
شکل ۱ـ۴۲ـ رسم شیارها

۹ـ باتوجه به جدول ۴۱ـ۱ ابتدا سیم‌پیچ فاز U_1 و U_2 را رسم می‌کنیم (شکل ۴۳ـ۱).



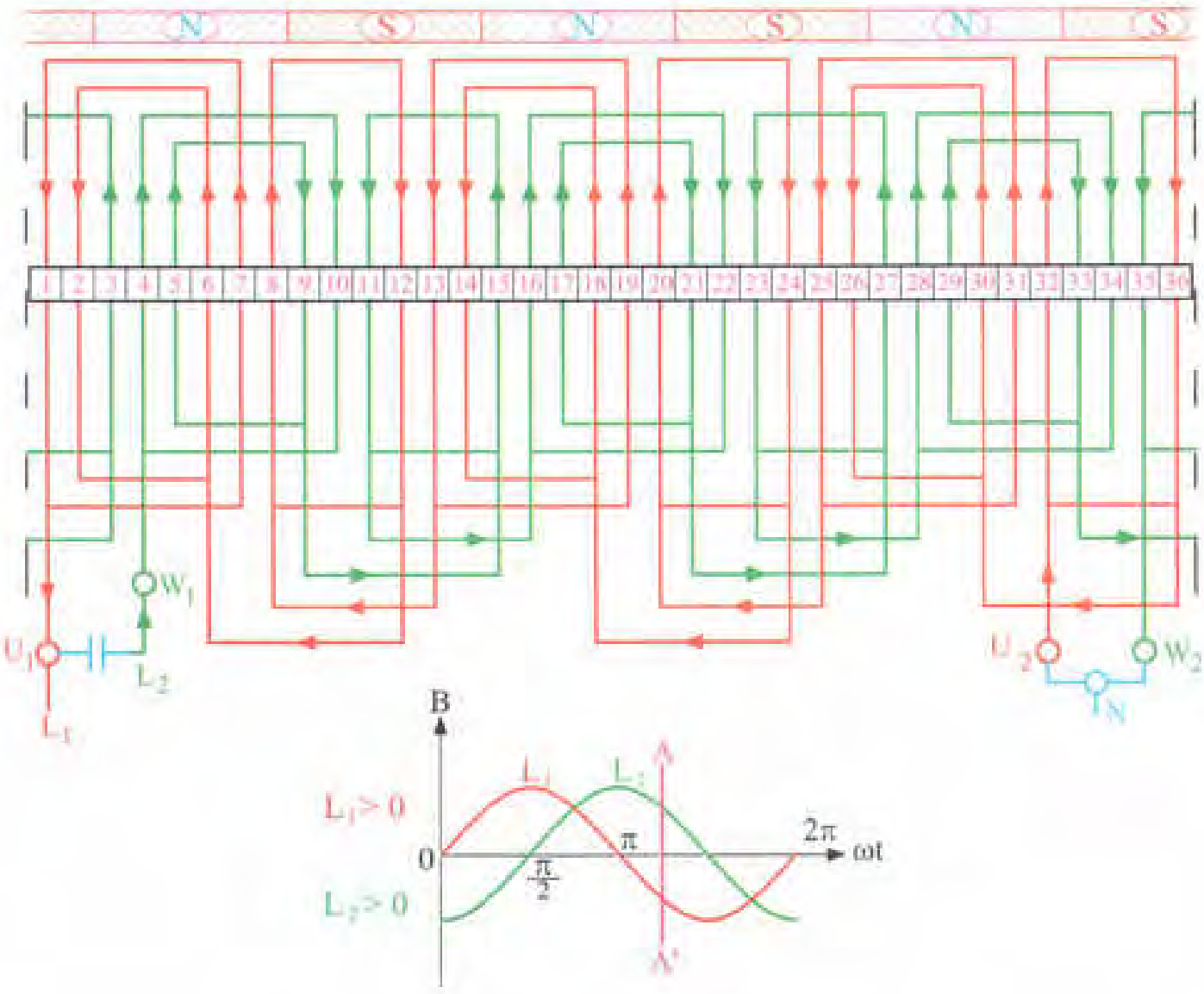
شکل ۴۳ـ۱ـ ترسیم سیم‌پیچ فاز U_1 و U_2

با توجه به جدول ۴۱ـ۱ سیم‌پیچ فاز W_2 و W_1 را مطابق شکل(۴۴ـ۱) رسم می‌کنیم.



شکل ۴۴ـ۱ـ ترسیم سیم‌پیچ فاز W_2 و W_1

۱۰ـ دیاگرام را کامل می‌کنیم و براساس نقطه‌ی مشخصی از منحنی دوفاز (نقطه‌ی A) قطب‌بندی می‌کنیم. اختلاف فاز از طریقه‌ی خازن تأمین می‌شود (شکل ۴۵ـ۱).



شکل ۴۵ـ۱ـ شکل کامل سیم‌پیچی موتور ۳۶ شیار

۵ــ۱ــ کارهای عملی

۱ــ۵ــ۱ــ کار عملی شماره ۱

زمان: ۸ ساعت

هدف: محاسبه و ترسیم دیاگرام سیم‌بندی موتور یک‌فاز یک طبقه‌ی یک سرعته 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

۱ــ کاغذ معمولی برای محاسبات و جدول‌ها، ۲ برگ

۲ــ کاغذ A۴ سفید یا شطرنجی یک برگ

۳ــ خط‌کش ۳۰ سانتی

۴ــ مداد در چهار رنگ

۵ــ مدادتراش و پاک‌کن

۶ــ پرگار

۷ــ شابلن حروف و دایره، هرکدام یک عدد

۸ــ گونیا

۹ــ نقاله

۱۰ــ میزکار

مثال: یک الکتروموتور ۲۴ شیار یک‌فاز مفروض است. سیم‌بندی این موتور را به‌صورت ۴ قطب یک‌فاز با سیم‌پیچ دائم در مدار طرح و دیاگرام گسترده‌ی آن را رسم کنید.

مراحل انجام کار

۱ــ مشخصات موتور را یادداشت کنید.

۲ــ گام قطبی را به‌دست آورید.

۳ــ تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را محاسبه کنید.

۴ــ تعداد کلاف‌های هر گروه کلاف را مشخص کنید.

۵ــ زاویه‌ی الکتریکی شیارها را محاسبه کنید و شیارهای شروع فازها را مشخص سازید.

۶ــ جدولی تشکیل دهید که دو ستون، به تعداد فازها، و ۴ ردیف، به تعداد قطب‌ها، داشته باشد (جدول ۴۶ــ۱).

جدول ۴۶ــ۱

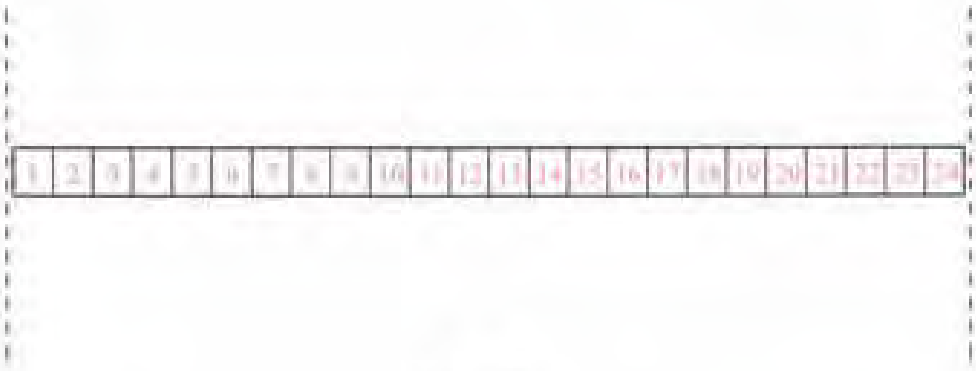
m / 2p		
N		
S		
N		
S		

۷ـ هر ستون را به q قسمت تقسیم کنید. فاز U_1 و U_2 را از شیارهای ۱ شروع کنید. فاز W_2 و W_1 را از شیار ۴ شروع کنید و جدول را کامل کنید (جدول ۴۷ـ۱).

جدول ۴۷ـ۱

m / 2p	U_1 · U_2			W_1 · W_2		
N	1			4		
S						
N						
S						

۸ـ در طول کاغذ A_4، ۲۴ شیار رسم کنید (شکل ۴۸ـ۱).



شکل ۴۸ـ۱

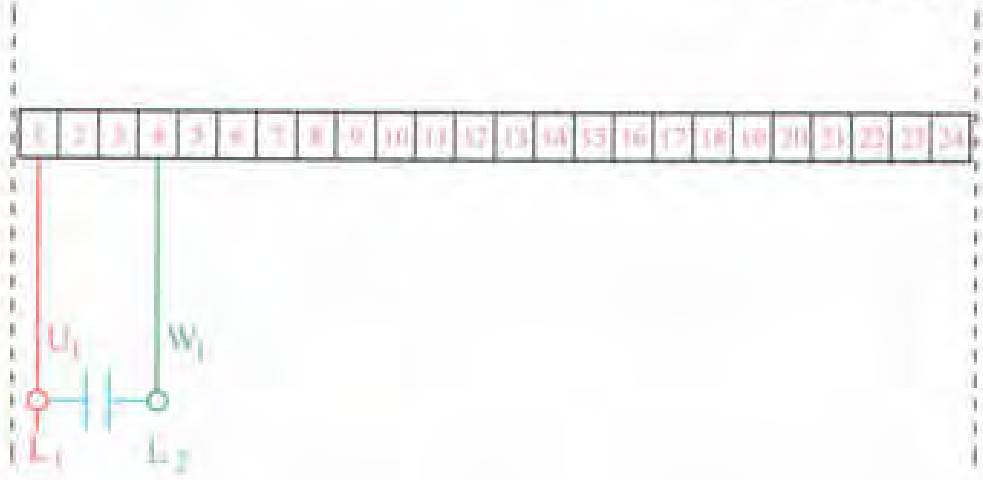
۹ـ با توجه به جدول ۴۷ـ۱ سیم‌پیچ فاز U_2 و U_1 را روی شکل (۴۹ـ۱) رسم کنید.

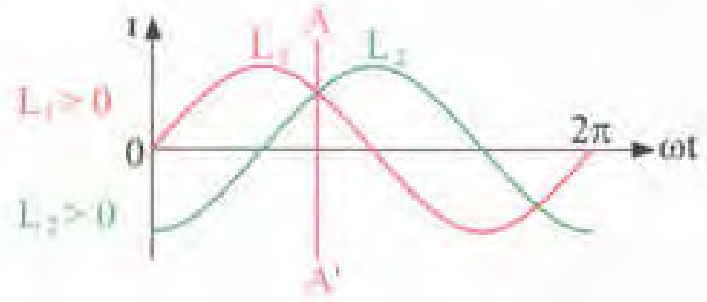
شکل ۴۹ـ۱

با توجه به جدول ۴۷ـ۱ سیم‌پیچ فاز W_2 و W_1 را روی شکل(۵۰ـ۱) ترسیم کنید.

شکل ۵۰ـ۱

۱۰ـ دیاگرام را روی شکل (۵۱ـ۱) 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 ۵۱ـ۱

۲ـ۵ـ۱ـ کار عملی شماره ۲

زمان: ۱۰ ساعت

هدف: محاسبه و ترسیم دیاگرام سیم‌بندی موتور تک‌فاز یک طبقه‌ی یکسرعته 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

۱ـ کاغذ معمولی برای محاسبات و جداول ۱ برگ

۲ـ کاغذ A۴ سفید با شطرنجی یک برگ

۳ـ خط‌کش ۳۰ سانتی

۴ـ مداد در چهار رنگ

۵ـ مدادتراش و پاک‌کن

۶ـ پرگار

۷ـ شابلن حروف و دایره، هرکدام یک عدد

۸ـ گونیا

۹ـ نقاله

۱۰ـ میز کار

مثال: یک موتور ۲۴ شیار دو قطب یک فاز موجود است. دیاگرام سیم‌بندی این موتور را به‌صورت استارت موقت طرح و رسم کنید.

مراحل انجام کار

۱ـ مشخصات موتور را تعیین کنید.

سیم‌بندی استارت موقت $Z_1=۲۴$ ، $m=۱$ ، $۲P=۲$ ،

۲ـ دو سوم شیارها را برای سیم‌پیچ اصلی درنظر بگیرید.

۳ـ یک سوم شیارها را برای سیم‌پیچ استارت درنظر بگیرید.

۴ـ تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را برای سیم‌پیچ اصلی و استارت به‌دست آورید.

۵ـ زاویه‌ی الکتریکی و شروع فازها را مشخص کنید.

۶ـ جدولی مانند جدول ۵۲ـ۱ تشکیل دهید که دو ستون و دو سطر داشته باشد.

جدول ۵۲ـ۱

m / 2p		
N		
S		

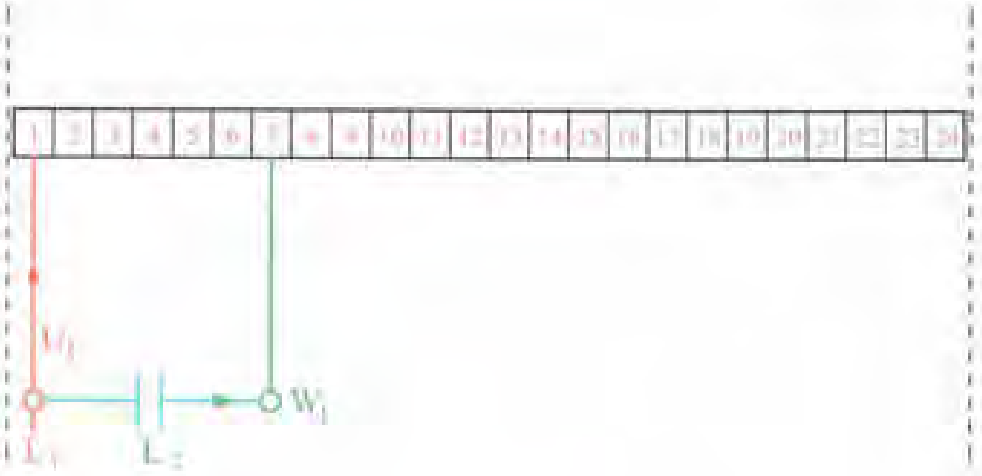
۷ـ با توجه به $q_m = ۸$ و $q_s = ۴$، که هر دو زوج هستند کسری گام را برای سیم‌پیچ استارت ۲ شیار و برای سیم‌پیچ اصلی ۴ شیار منظور کنید. گام قطبی برابر $Y_p = \frac{Z}{۲p} = \frac{۲۴}{۲} = ۱۲$ می‌باشد. جدول لازم را برای سیم‌پیچ اصلی و استارت تشکیل دهید.

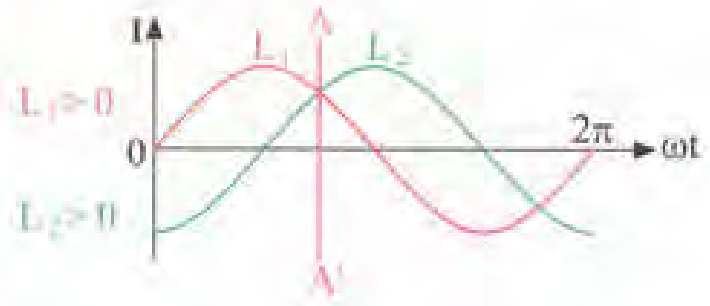
۸ـ روی کاغذ $A_۴$، ۲۴ خانه که هرکدام نماینده‌ی یک شیار است رسم کنید.

۹ـ براساس جدول تهیه شده، دیاگرام سیم‌پیچ اصلی را رسم کنید. سیم‌پیچی متحدالمرکز و به‌ازای قطب می‌باشد.

۱۰ـ سیم‌پیچ استارت را که یک سوم شیارهای استاتور را پوشش می‌دهد پیاده کنید. شروع سیم‌پیچ استارت را از شیار شماره ۷ درنظر بگیرید.

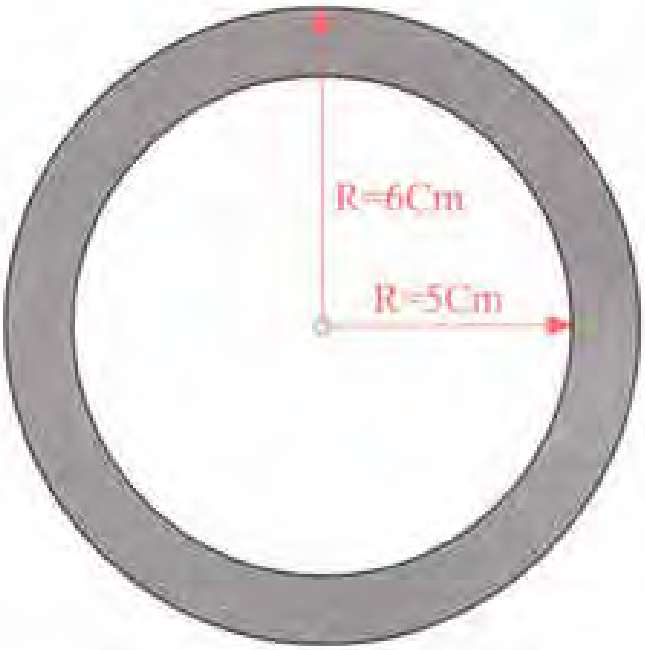
۱۱ـ براساس $I_{s_1} > ۰$ و $I_{s_2} > ۰$ دیاگرام را بر روی شکل (۵۳ـ۱) قطب‌بندی کنید.





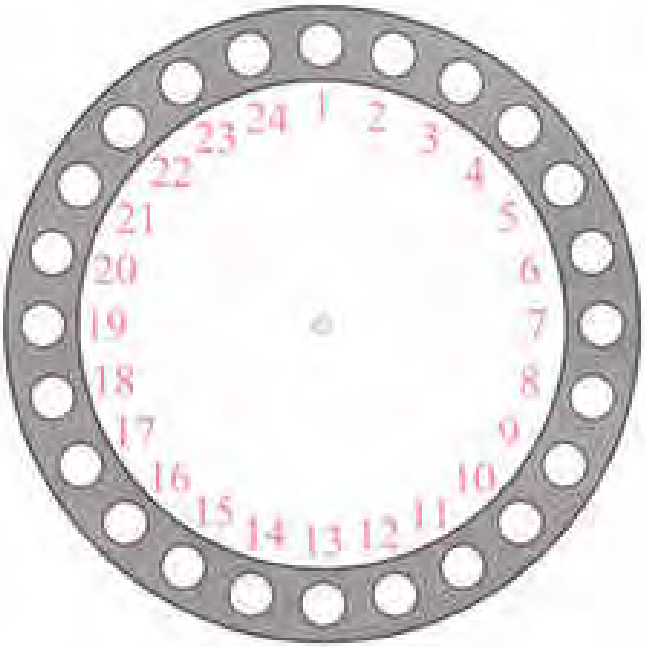
شکل ۵۳ـ۱

۱۲ـ برای رسم دیاگرام مدور، دو دایره‌ی متحدالمرکز به شعاع‌های ۶ و ۵ سانتی‌متر در وسط کاغذ A_4 رسم می‌کنیم (شکل ۵۴ـ۱).



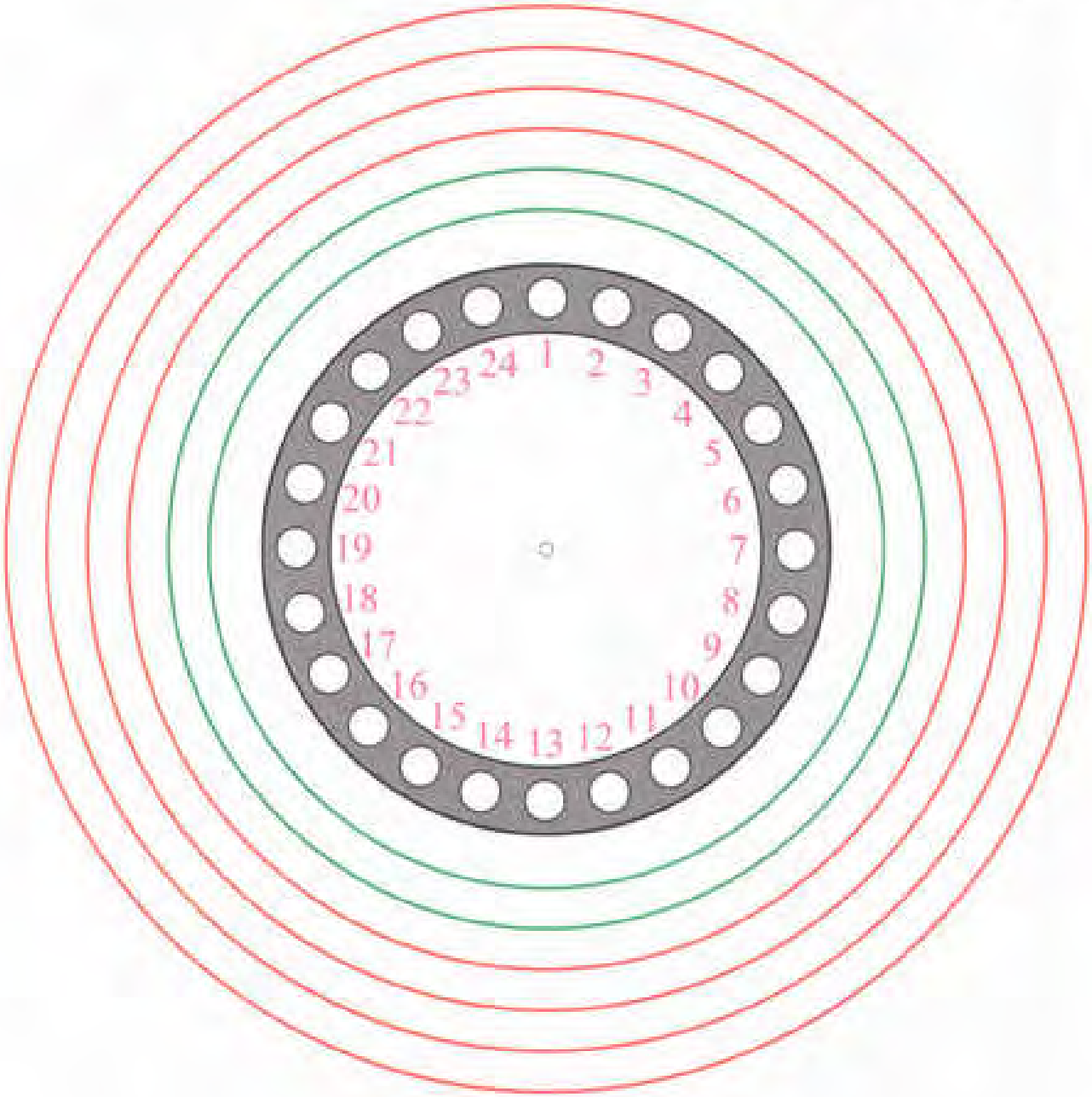
شکل ۵۴ـ۱

۱۳ـ بین دو دایره‌ی شکل ۵۴ـ۱ را به ۲۴ قسمت تقسیم می‌کنیم (شکل ۵۵ـ۱).



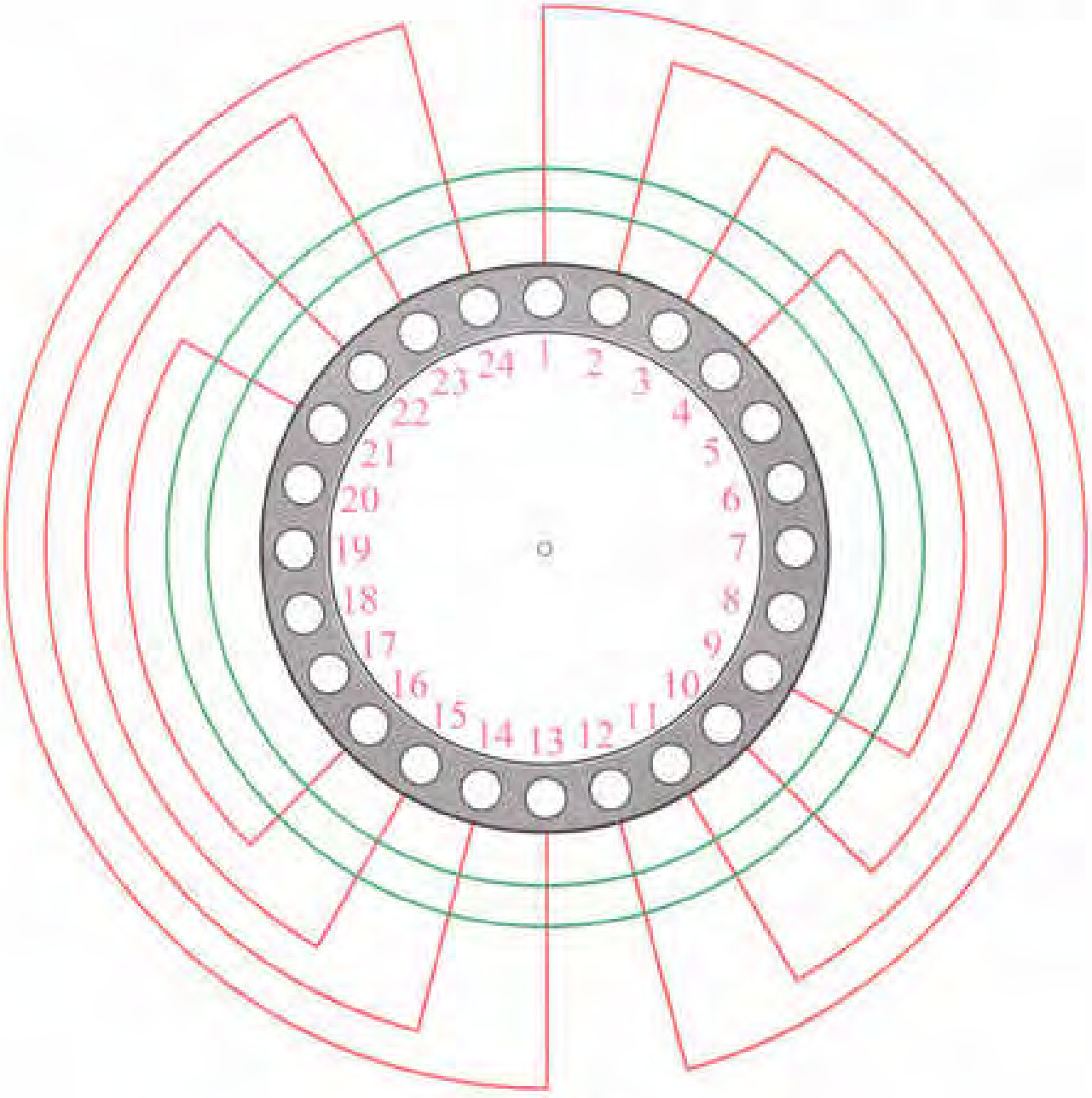
شکل ۵۵ـ۱

۱۴ـ اطراف شکل (۵۵ـ۱) شش دایره‌ی متحدالمرکز به اختلاف شعاع ۷/۵ میلی‌متر مطابق شکل (۵۶ـ۱) رسم می‌کنیم.



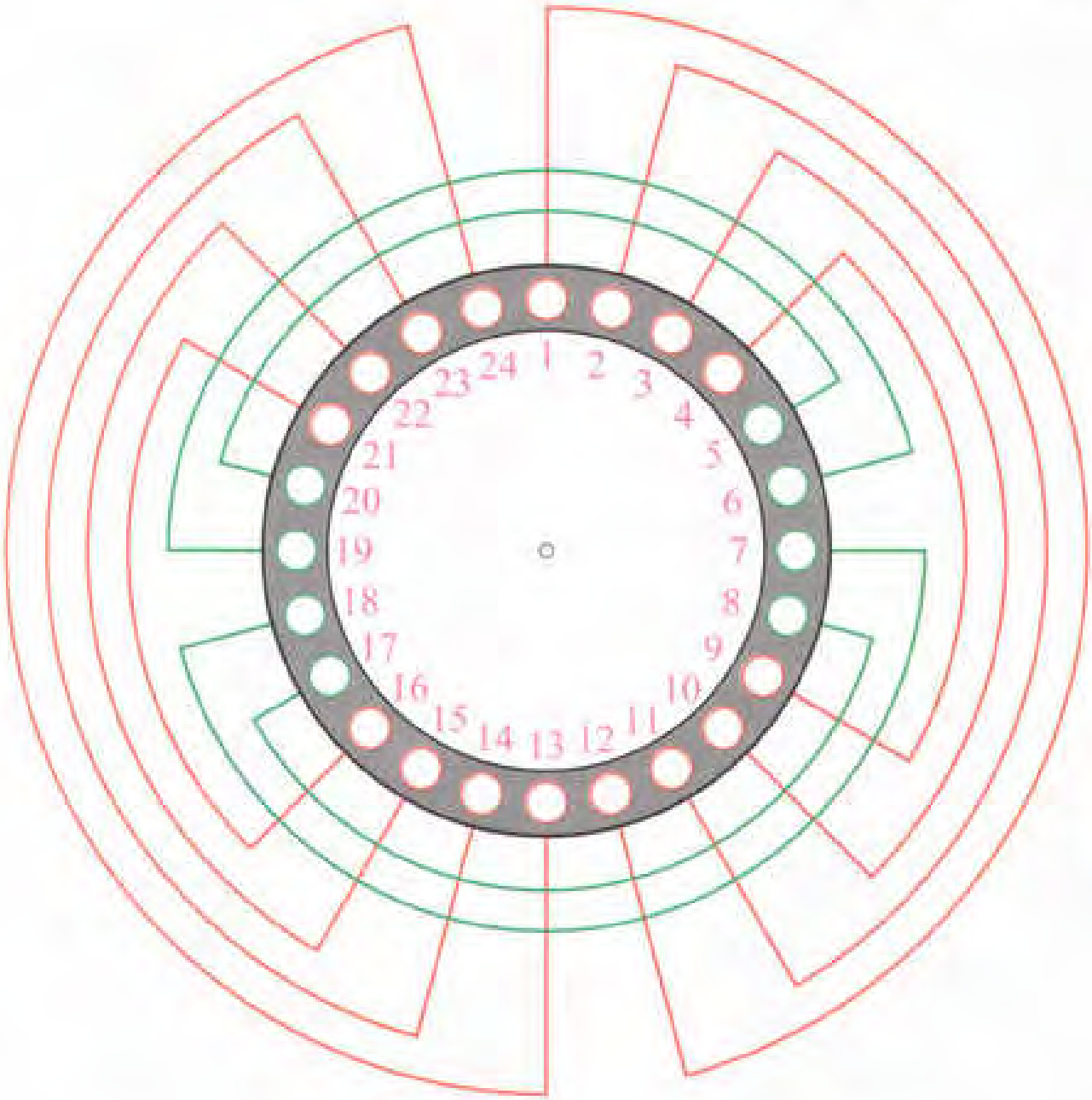
شکل ۵۶ـ۱

۱۵ـ 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 (۵۷ـ۱) 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 (۵۷ـ۱) انجام می‌دهیم.



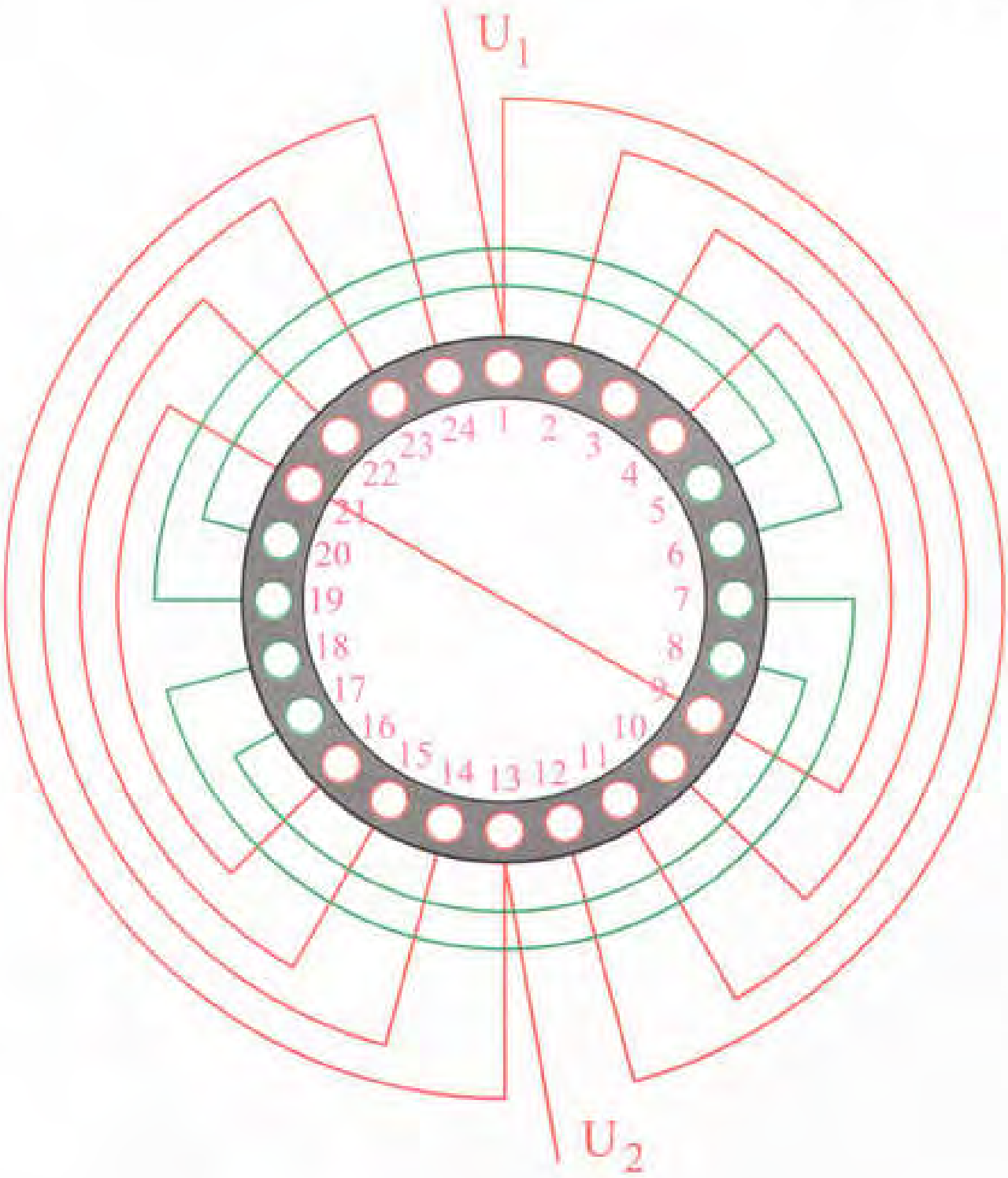
شکل ۵۷ـ۱

۱۶ــ دایره‌های ۵ و ۶ را به سیم‌پیچ استاتور 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 (۵۸ــ۱) پاک می‌کنیم، سپس این عمل را برای دایره‌ی ششم در شیارهای ۸، ۱۷، ۵ و ۲۰ تکرار می‌کنیم.



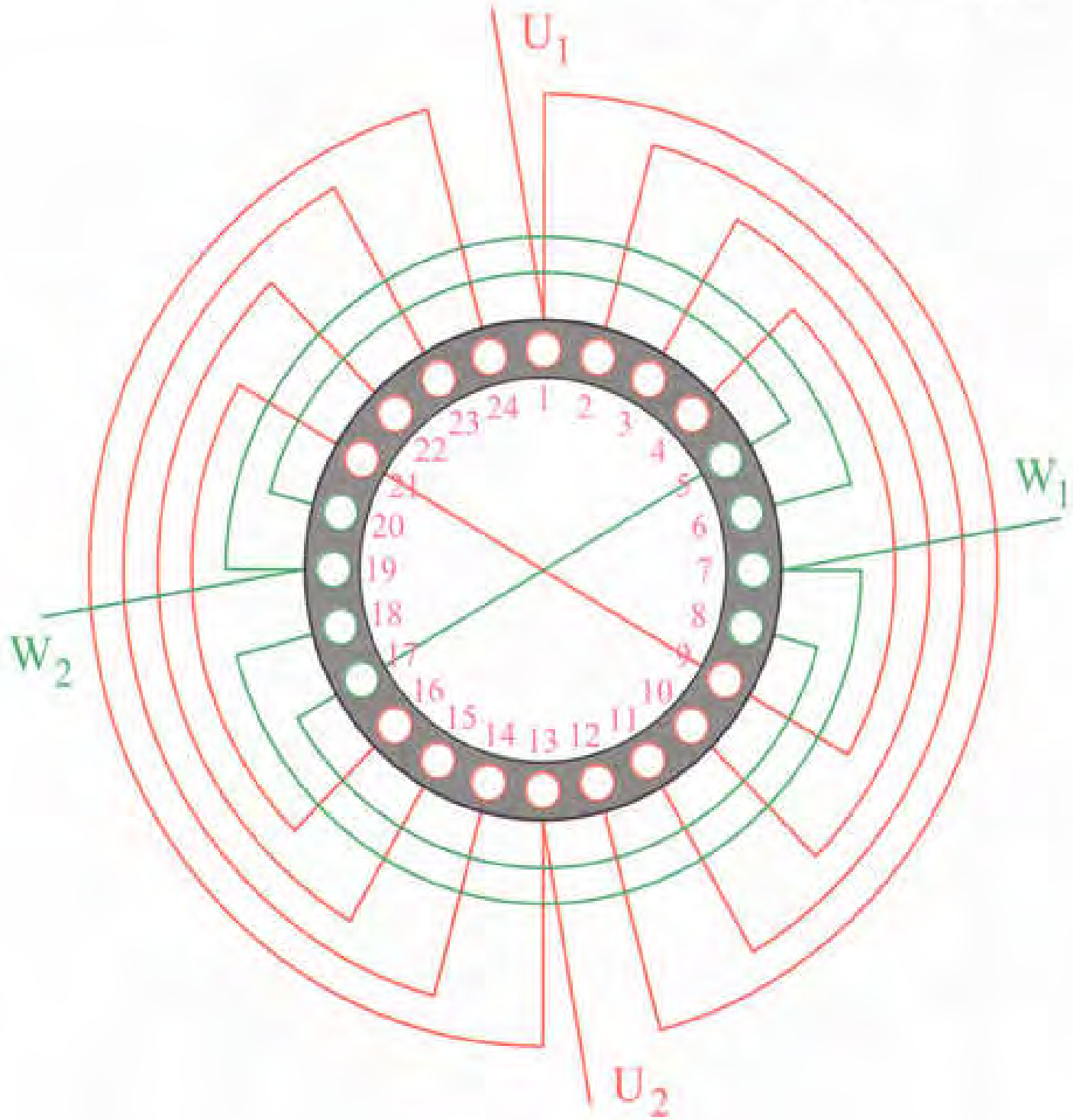
شکل ۵۸ــ۱

۱۷ـ 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 ۵۹ـ۱).



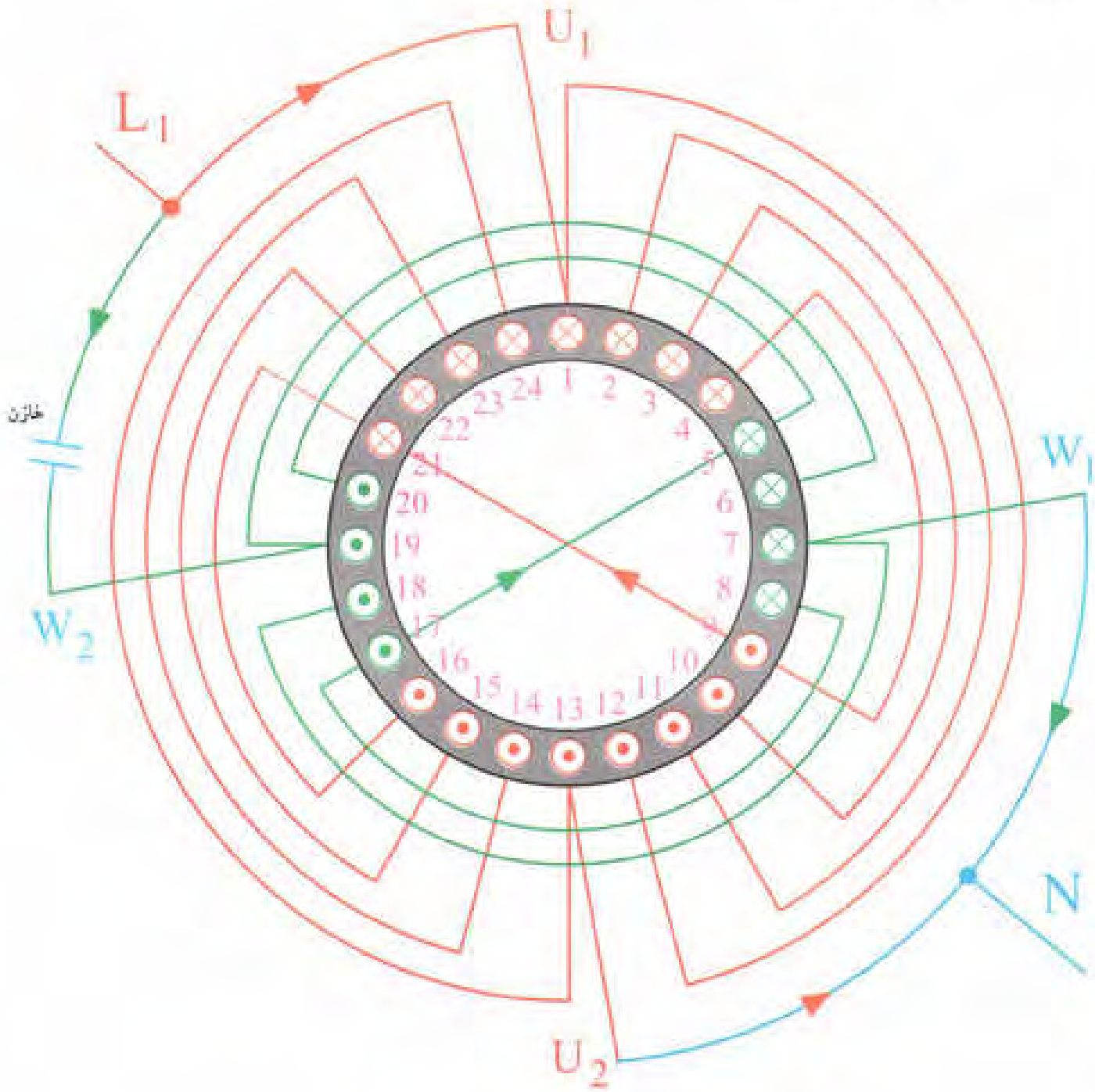
شکل ۵۹ـ۱

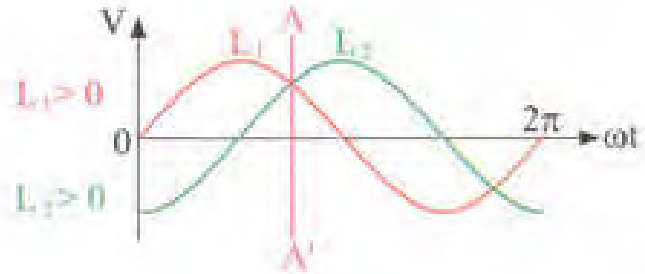
۱۸ـ ورودی W_1 را، از شیار شماره ۷ انتخاب می‌کنیم. سرسیم خروجی از شیار شماره ۱۷ را، به سرسیم موجود در شیار شماره ۵ اتصال می‌دهیم. سرسیم خروجی از شیار شماره ۱۹ را به W_2 مشخص می‌کنیم (شکل ۶۰ـ۱).



شکل ۶۰ـ۱

۱۹ـ براساس موقعیت $e_1 > 0$ و $e_1 < 0$، قطب‌بندی سیم‌پیچی را انجام می‌دهیم (شکل ۶۱ـ۱).





شکل ۶۱ـ۱

۳ـ۵ـ۱ـ 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

۱ـ کاغذ معمولی برای محاسبات و جدول‌ها ۲ برگ

۲ـ کاغذ A_4 سفید با شطرنجی یک برگ

۳ـ خط‌کش ۳۰ سانتی

۴ـ مداد در چهار رنگ

۵ـ مدادتراش و پاک‌کن

۶ـ پرگار

۷ـ شابلن حروف و دایره، هرکدام یک عدد

۸ـ گونیا

۹ـ نقاله

۱۰ـ 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

۱ـ مشخصات موتور را یادداشت کنید.

۲ـ گام قطبی را برای $2P = 4$ به‌دست آورید.

۳ـ دو سوم شیارها را برای سیم‌پیچ اصلی درنظر بگیرید و تعداد آن‌ها را مشخص کنید.

۴ـ تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را برای $2P = 4$ به‌دست آورید.

۵ـ گام سیم‌بندی را برای $2P = 4$ معین کنید.

۶ـ سیم‌بندی را به‌ازای قطب و متحدالمرکز درنظر بگیرید.

۷ـ جدولی تهیه کنید که یک ستون برای U_1 و U_2 و چهار ردیف برای $2P = 4$ داشته باشد.

۸ـ چون $\frac{9}{3} = \frac{6}{2}$ می‌باشد در ردیف اول به‌شماره‌ی متوالی ۳ و ۲ و ۱ را منظور کنید و شماره یک را به U_1 اختصاص دهید و با توجه به $Y_{y1} = 6$ جدول را به‌صورت متحدالمرکز کامل کنید.

۹ـ زاویه‌ی الکتریکی شیارها را محاسبه کنید.

۱۰ـ شروع سیم‌پیچ استارت را به‌دست آورید. این سیم‌پیچ نسبت به سیم‌پیچ اصلی چهار قطب، ۹۰ درجه‌ی الکتریکی اختلاف فاز دارد. از آن‌جایی که زاویه‌ی الکتریکی ۲۰ درجه است و $\frac{90}{20} = 4/5$ عدد صحیح نمی‌باشد شروع W_1 را از شیار شماره ۵ منظور کنید.

۱۱ـ جدول سیم‌پیچ استارت را براساس توزیع سیم‌پیچ اصلی، درحالت چهارقطب منظور کنید و ابتدای آن را از شیار شماره ۵ شروع نمایید.

۱۲ـ محاسبات سیم‌پیچی را برای حالت ۶ قطب دنبال کنید.

۱۳ـ گام قطبی و تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را محاسبه کنید.

۱۴ـ سیم‌پیچی را براساس کمری گام $\frac{9}{3} = \frac{6}{2} = 3$ به صورت متحدالمرکز به‌ازای قطب درنظر بگیرید.

۱۵ـ جدولی با ۶ ردیف، برای $2P = 6$ و یک ستون، برای سیم‌پیچ اصلی U_1' و U_1'' منظور کنید و از شیار شماره ۱ جدول را با گروه کلاف‌های دوتایی کامل کنید.

۱۶ـ متناسب با کاغذ A_4، ۳۶ خانه و هر خانه را به‌عنوان یک شیار رسم کنید.

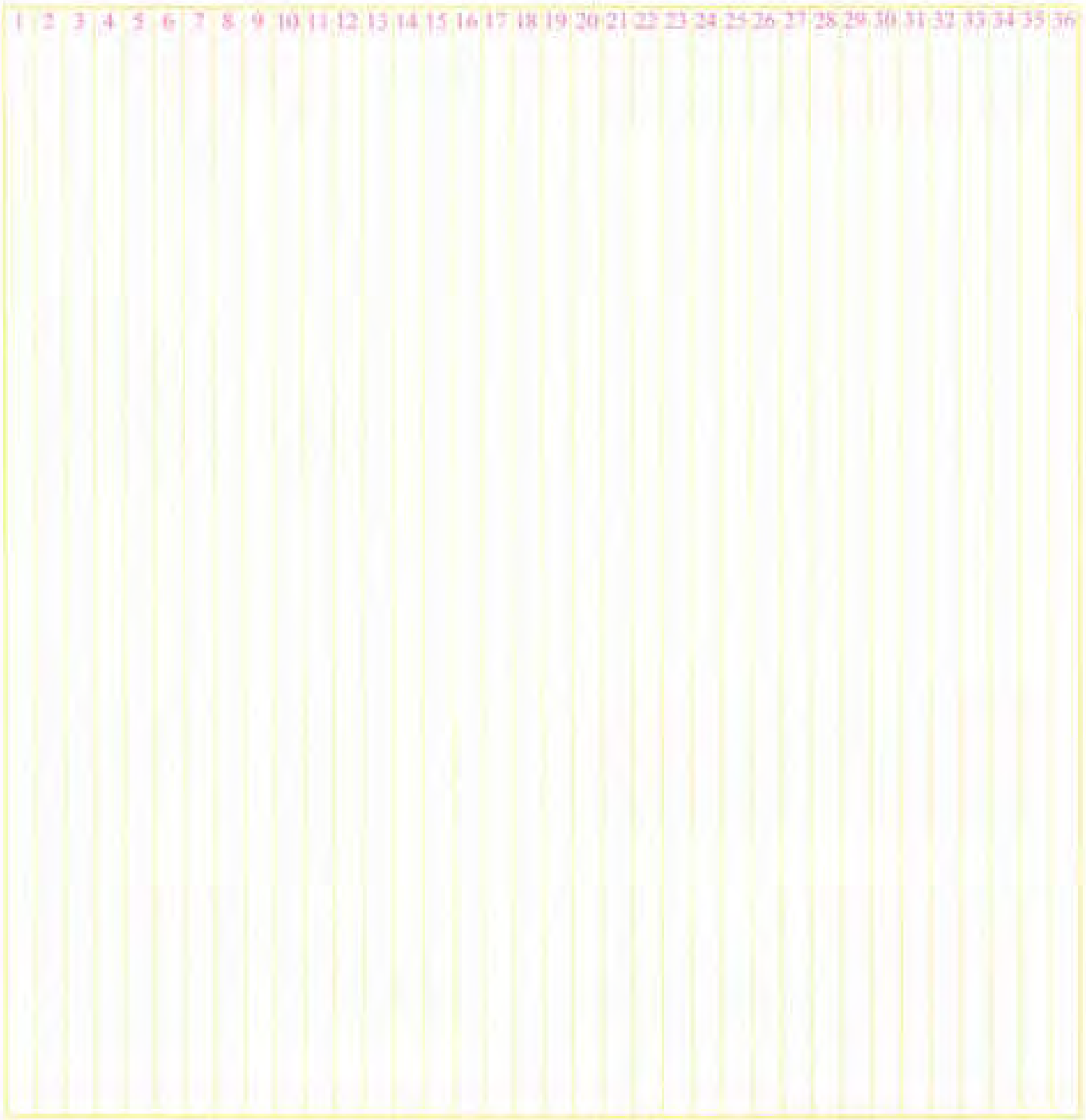
۱۷ـ با توجه به جدول بند ۷ سیم‌پیچ اصلی چهار قطب را رسم کنید.

۱۸ـ براساس جدول ۱۴ سیم‌پیچ اصلی شش قطب را رسم کنید.

۱۹ـ با توجه به جدول بند ۱۰ سیم‌پیچ استارت را از شیار شماره ۵، بر روی شکل پیاده کنید.

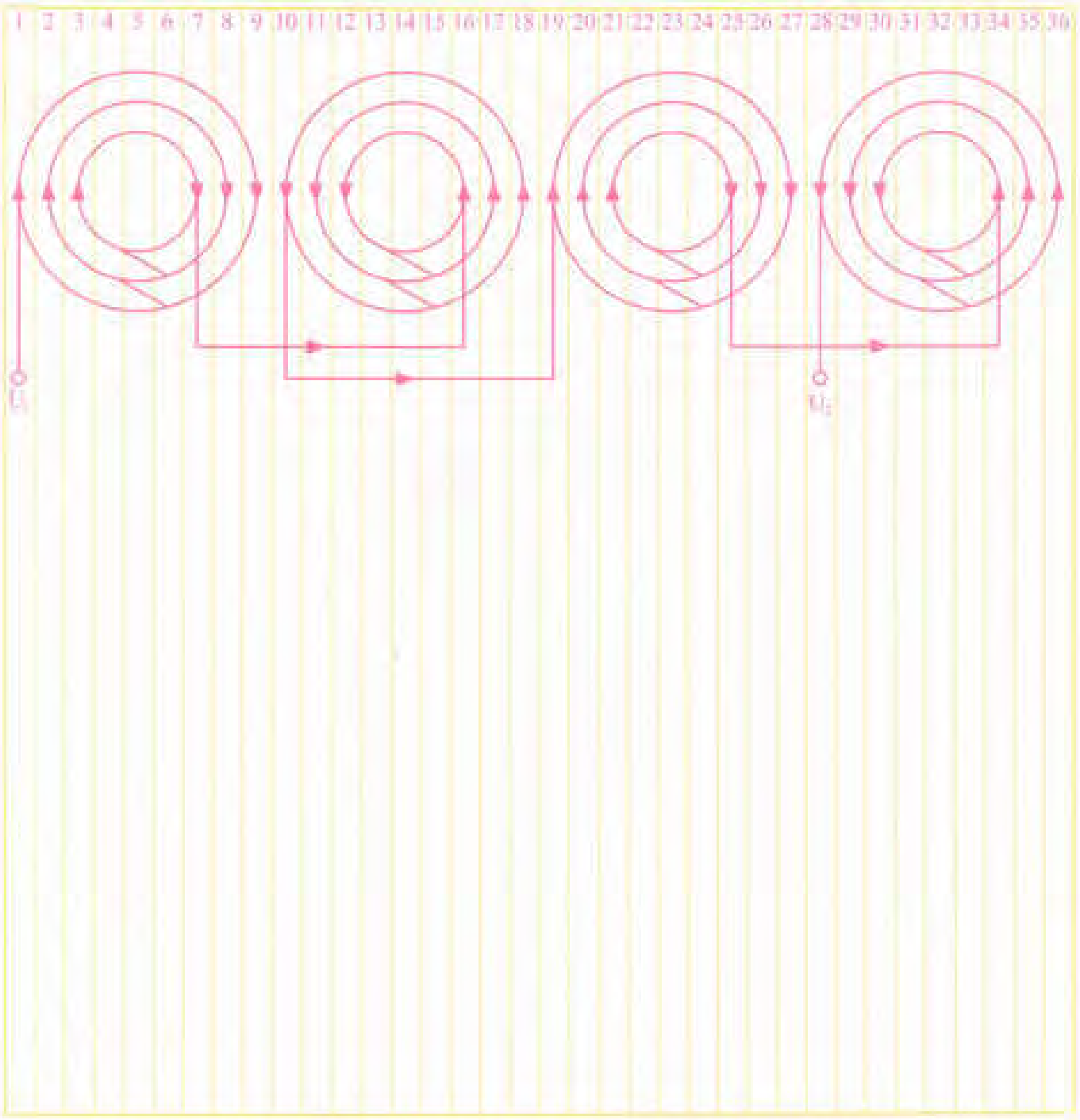
۲۰ـ گروه کلاف‌های مربوط به هر سیم‌پیچی، در شکل را با اتصال دور، سربندی کنید.

۲۱ــ برای رسم دیاگرام مدور، از دوایر متحدالمرکز استفاده می‌کنیم. سیم‌پیچ‌ها را جداگانه نشان می‌دهیم. برای این منظور در طول کاغذ ۳۶ ستون مطابق شکل ۶۲ــ۱ رسم می‌کنیم.



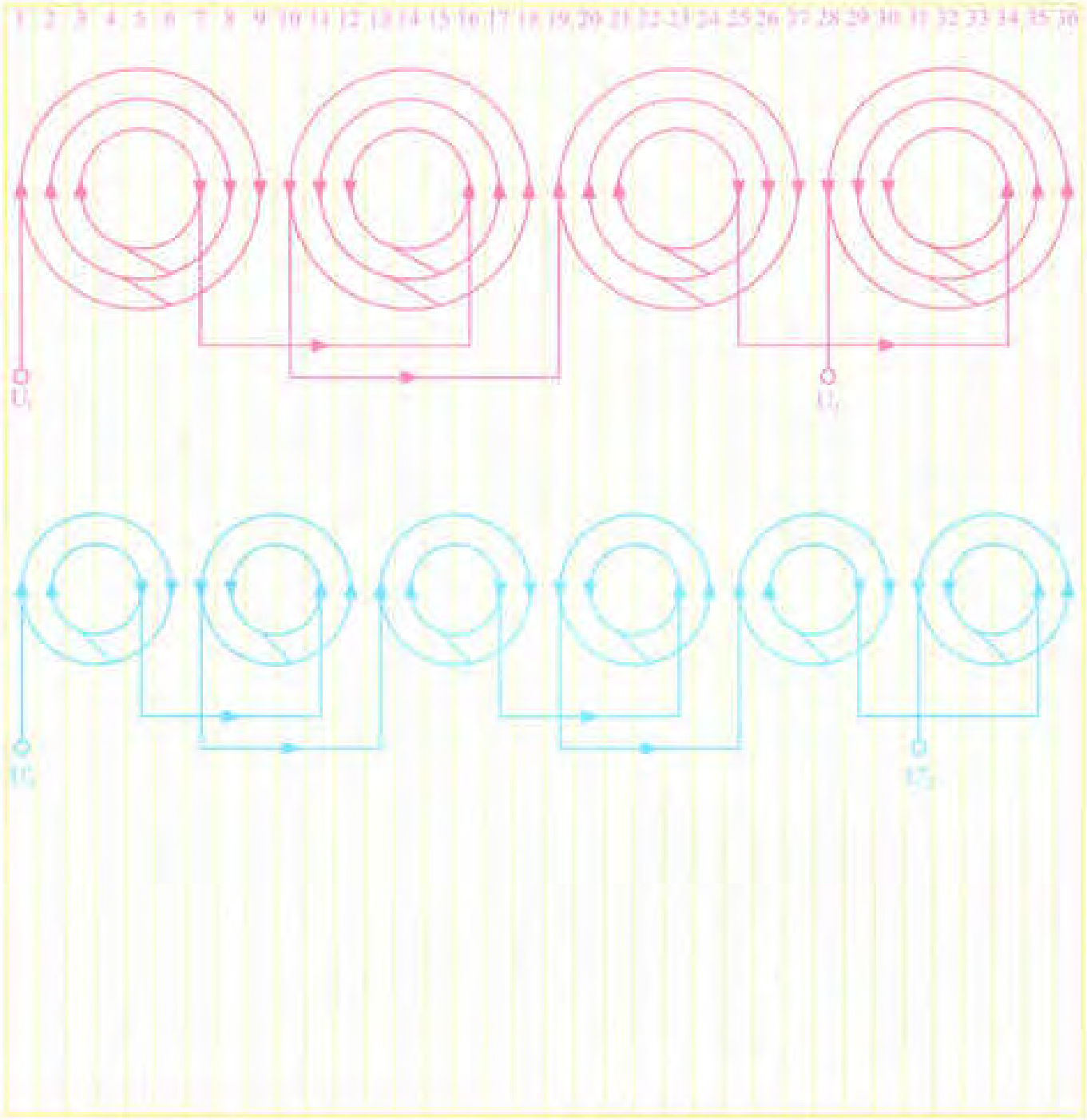
شکل ۶۲ــ۱

۲۲ـ چون $\frac{۶}{۲} = ۳$ ، $\frac{۹۰}{۲} =$ سیم‌پیچ چهار قطب را با دو لایه متحدالمرکز سه‌تایی کامل می‌کنیم (شکل ۶۳ـ۱).



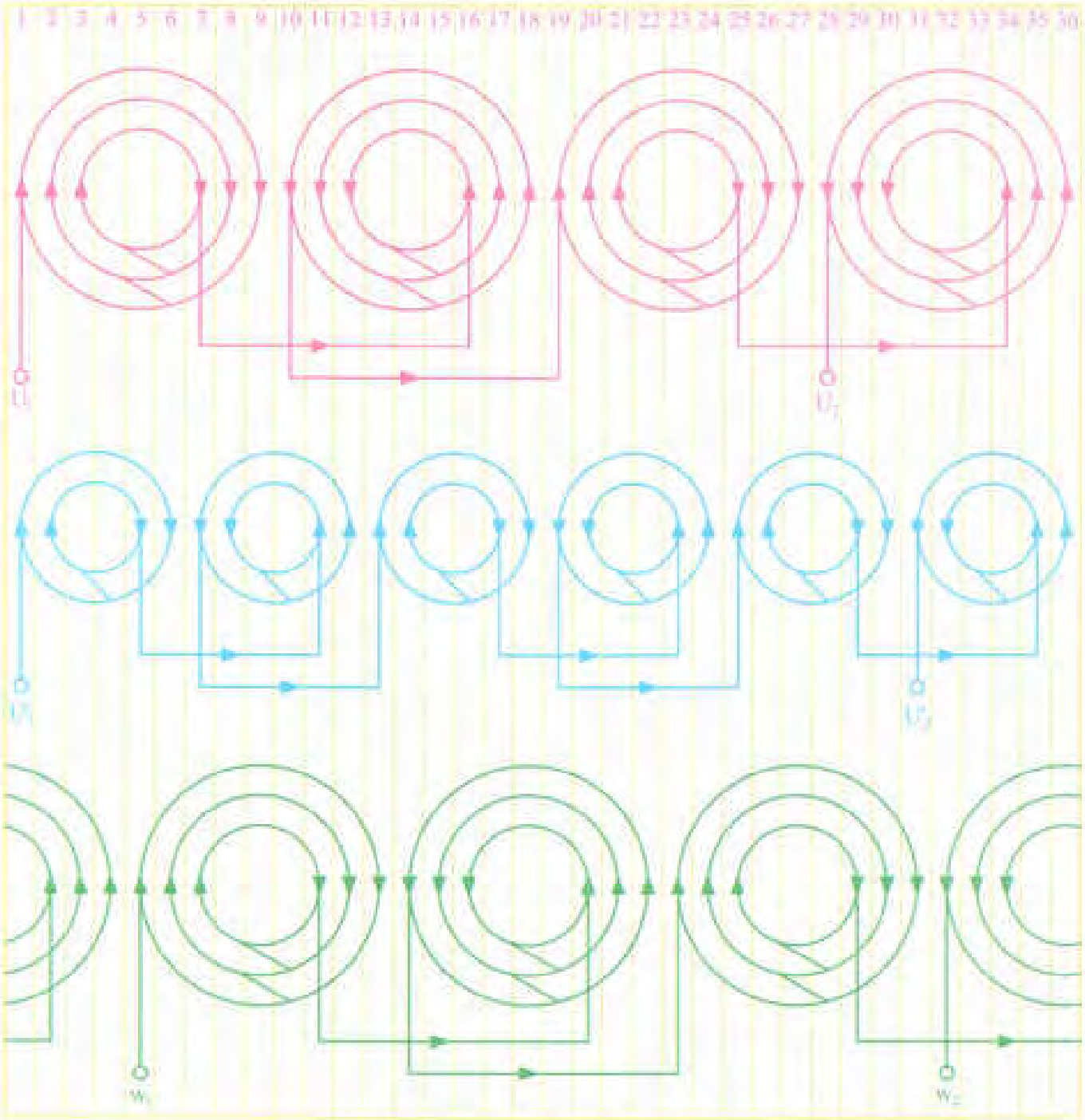
شکل ۶۳ـ۱

۲۳ـ چون $\frac{۳۶}{۲}=\frac{۴}{۲}=۲$ سیم‌پیچ شش قطب را با دوایر متحدالمرکز دوتایی کامل می‌کنیم (شکل ۶۴ـ۱).



شکل ۶۴ـ۱

۲۴ـ سیم‌پیچ استارت را نظیر سیم‌پیچ اصلی، از شیار ۵ شروع می‌کنیم. بدین‌ترتیب رسم دیاگرام مدور کامل می‌شود (شکل ۶۵ـ۱).



شکل ۶۵ـ۱

آزمون پایانی (۱)

۱ـ چرا نمی‌توان موتورهای تک‌فاز را بدون راه‌انداز، راه‌اندازی کرد؟

۲ـ روش‌های راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز را بیان کنید.

۳ـ راه‌اندازی مقاومتی موتورهای تک‌فاز در کدام موتورها به‌کار می‌رود؟

۴ـ نقش خازن را در سیم‌پیچ استارت موقت شرح دهید.

۵ـ خازن‌هایی که در موتورهای تک‌فاز، طرح دو فاز و استارت موقت به‌کار می‌روند، به‌ترتیب، چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟

۶ـ محدوده‌ی ظرفیت خازن‌های به‌کار رفته در موتورهای تک‌فاز، طرح دو فاز و استارت موقت را بیان کنید.

۷ـ 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؟

۸ـ مزیت موتورهای طرح دوفاز را، نسبت به موتورهای استارت موقت توضیح دهید.

۹ـ در موتورهای استارت موقت اگر کلید گریز از مرکز خوب عمل نکند در کار موتور چه مشکلاتی پیش خواهد آمد؟

۱۰ـ از پلاک موتورهای تک‌فاز به کدام اطلاعات موتور می‌توان دسترسی پیدا کرد؟ چه لزومی دارد این اطلاعات روی پلاک موتور نوشته شود؟

۱۱ـ چگونه برق دو فاز حوزه‌ی دوّار تولید می‌کند؟ پاسخ را با رسم شکل بیان کنید.

۱۲ـ اختلاف فاز بین دو سیم‌پیچ اصلی و استارت در موتورهای تک‌فاز..... درجه است. این اختلاف فاز از شبکه‌ی یک فاز به‌وسیله‌ی..... تهیه می‌شود؟

۱۳ـ روش تغییر جهت گردش موتورهای تک‌فاز طرح دوفاز 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

۱۴ـ زاویه‌ی الکتریکی موتور تک‌فاز ۳۶ شیار ۴ قطب با طرح دو فاز..... درجه است، با افزایش تعداد قطب‌ها مقدار این زاویه..... می‌یابد؟

۱۵ـ مراحل طرح سیم‌پیچی یک موتور تک‌فاز ۳۶ شیار دوقطب، طرح دو فاز را بیان کنید و محاسبات لازم و جدول‌های مربوط را به‌دست آورید و دیاگرام گسترده و مدوّر آن را رسم کنید.

۱۶ـ ا، در موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت چگونه تعیین می‌شود؟

۱۷ـ کلیه‌ی 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.

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

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

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

۱) ۳ ۲) ۲

۳) ۴ ۴) ۶

۲۱ـ در ساختمان موتورهای تک‌فاز از..... توان هسته و در موتورهای سه فاز..... توان هسته استفاده می‌شود.

۱) ٪۶۶ ـ ٪۵۰ ۲) ٪۶۶ ـ ٪۱۰۰

۳) ٪۵۰ ـ ٪۶۶ ۴) ٪۱۰۰ ـ ٪۶۶

واحد کار دوم

کلاف گذاری تک‌فاز

هدف کلی

سیم‌پیچی موتورهای یک طبقه‌ی یک فاز

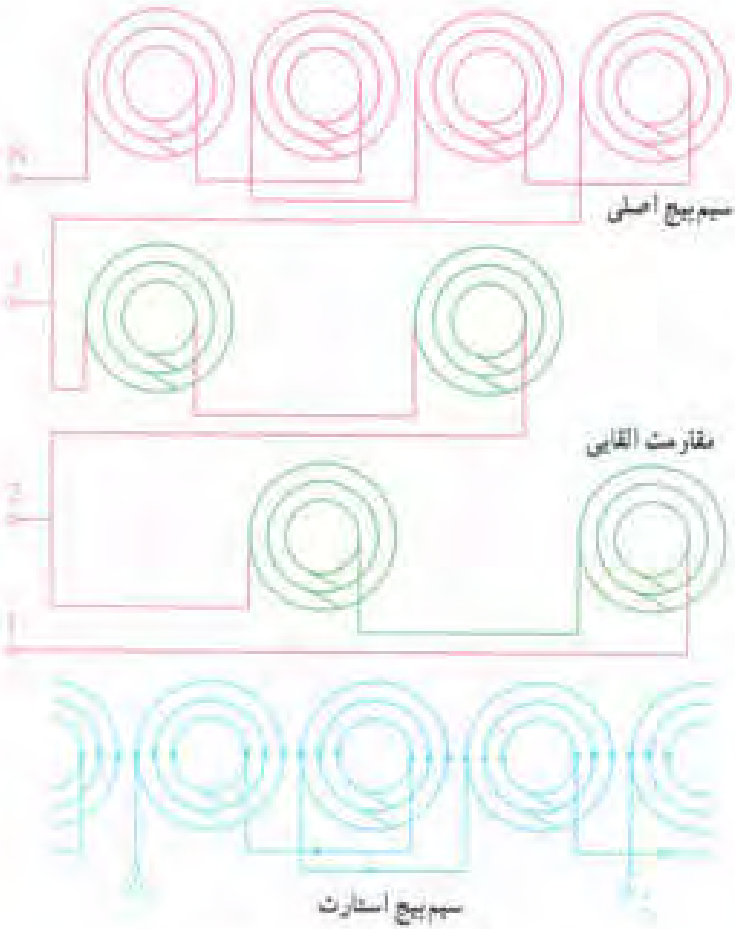
هدف‌های رفتاری: فراگیر پس از پایان این واحد کار قادر خواهد بود:

۱ـ برای گروه کلاف‌ها، قالب مناسب تهیه کند.
۲ـ گروه کلاف‌ها را با کلاف‌پیچ بپیچد و آن‌ها را آماده کند.
۳ـ بازوهای کلاف‌ها را با توجه به نقشه‌ی موتور، در داخل شیارها قرار دهد.
۴ـ سیم‌بندی کلاف مساوی موتورهای یک فاز طرح دو فاز را اجرا کند.
۵ـ سیم‌بندی کلاف متحدالمرکز موتورهای استارت موقت را اجرا کند.
۶ـ سرهای خروجی کلاف‌ها را به‌طرف جعبه‌ی اتصال موتور هدایت کند.
۷ـ سیم‌پیچی موتورهای یک فاز طرح دو فاز را اجرا کند.
۸ـ سیم‌پیچی موتورهای یک فاز استارت موقت را اجرا کند.
۹ـ روی بازوها را برای جلوگیری از بیرون زدن سیم‌ها از شیارها با کاغذ برشمان بپوشاند.
۱۰ـ استاتور موتور تک‌فاز سیم‌پیچی شده را با روتور و دربوش‌ها جمع کند.
۱۱ـ وضعیت کاری آن را از طریق آزمایش بررسی کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۸	۷۵	۸۳

۱ـ۲ـ مقدمه

سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز متنوع است. در موتورهای کم‌قدرت، برای تغییر سرعت موتورها، علاوه‌بر سیم‌پیچ استارت (برای راه‌اندازی) از سیم‌پیچ کمکی، که نقش مقاومت الفایی دارد، نیز استفاده می‌شود. این سیم‌پیچ روی سیم‌پیچ اصلی قرار می‌گیرد و می‌تواند با نصف یا تمام تعداد دور، با سیم‌پیچ اصلی سری شود و دورهای مختلفی را در موتور پدید آورد. این نوع سیم‌پیچی که در موتورهای تک‌فاز، نظیر پنکه‌های رومیزی مشاهده می‌شود خارج از بحث ماست (شکل ۱ـ۲).

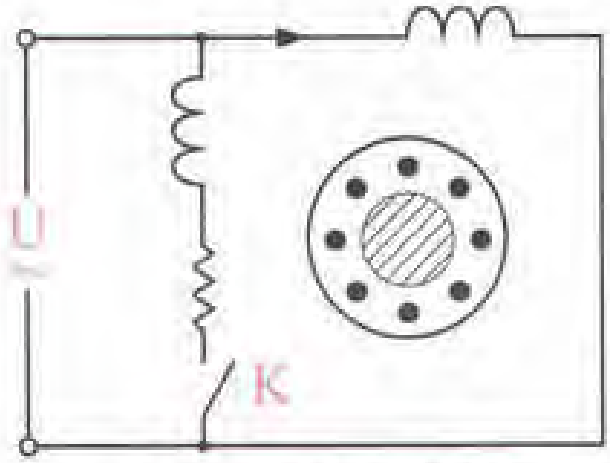


شکل ۱ـ۲ـ سیم‌پیچ‌های موتور پنکه

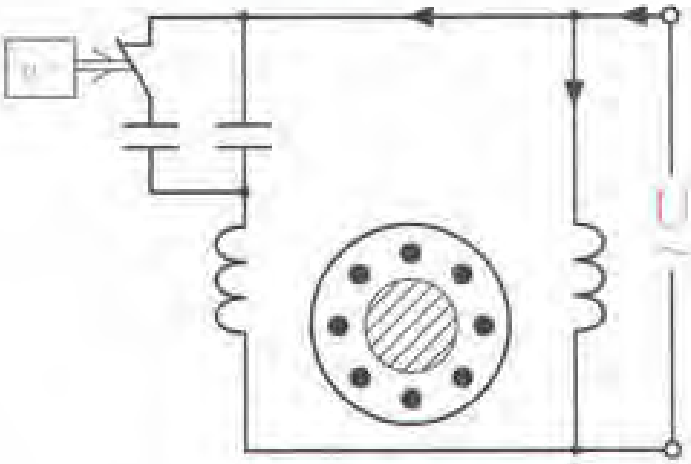
روش دیگر راه‌اندازی موتورهای تک‌فاز، در موتورهای قطب چاکدار، مشاهده می‌شود. در این موتورها از حلقه‌های اتصال کوتاه در شیارهایی که روی قطب‌ها منظور می‌شود به‌عنوان سیم‌پیچ راه‌انداز استفاده می‌شود. سیم‌پیچی این موتورها نیز از موضوع بحث ما خارج است (شکل ۲ـ۲).

شکل ۲ـ۲ـ استاتور موتور قطب چاکدار

سیم‌پیچ موتورهایی که توان آن‌ها، تا یک دوم اسب بخار است معمولاً دارای سیم‌پیچ از نوع راه‌انداز مقاومتی است (شکل ۳ـ۲). موتورهایی که توان آن‌ها بیش از یک دوم اسب بخار است دارای سیم‌پیچ استارت از نوع راه‌انداز خازنی هستند (شکل ۴ـ۲). چون محاسبه‌ی سیم‌بندی این نوع موتورها خارج از حوزه‌ی بحث این کتاب است و از طرف دیگر روش سیم‌پیچی آن‌ها، مشابه یکدیگر است لذا با جداول جدید این نوع سیم‌بندی‌ها را تعقیب خواهیم کرد.



شکل ۳ـ۲ـ موتور تک فاز با راه‌انداز مقاومتی



شکل ۴ـ۲ـ موتور تک‌فاز با راه‌انداز خازنی

سیم‌پیچی موتورهای یک فاز طرح دو فاز، یا سیم‌پیچی موتورهای سه‌فاز شبیه یکدیگرند. به یک نمونه از این نوع سیم‌پیچی اشاره خواهیم کرد. در سیم‌پیچی موتورهای سه‌فاز و بازپیچی الکتروموتورها، روش جمع‌آوری موتورها را پس از سیم‌پیچی استاتور و آزمایش آن‌ها یاد گرفتیم. در این کتاب به سیم‌پیچی استاتور موتورهای یک فاز خواهیم پرداخت.

۲ـ۲ـ سیم‌پیچی استاتور موتورهای تک‌فاز طرح دو فاز

در سیم‌پیچی استاتور موتورهای تک‌فاز، با توجه به مطالبی که در فصل اول یاد گرفتیم،

ابتدا محاسبات، جداول و دیاگرام سیم‌پیچی را تهیه می‌کنیم. سپس از نقشه‌ی به‌دست آمده، سیم‌پیچی استاتور را شروع می‌کنیم.

۳ـ۲ـ کار عملی شماره ۱

هدف: سیم‌پیچی استاتور موتور یک‌فاز طرح دوفاز

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 میزکار استفاده کنید. میزکار و صندلی نیز باید استاندارد باشد تا هیچ‌گونه فشاری بر کمر و پاها وارد نشود. دیگر نکات فنی را که در بازپیچی موتورها فراگرفته‌اید کاملاً رعایت نمایید.

وسایل و ابزار موردنیاز

۱ـ استاتور نگهدار یک عدد

۲ـ کاردک چوبی

۳ـ کاردک فیبری

۴ـ استاتور ۳۶ شیار یک فاز عایق‌کاری شده (شکل ۵ـ۲).

۵ـ با توجه به توان موتور موجود در کارگاه و به راهنمایی مربی کارگاه، شش گروه کلاف دوتایی متحدالمرکز با گام‌های ۷ـ۱ و ۶ـ۲ و شش کلاف تکی با گام ۵ـ۱ آماده کنید.

۶ـ نیچی کاغذبر

۷ـ کاغذ پرشمان ۰/۲۰ به حد کافی

۸ـ نخ ابریشمی برای بستن کلاف‌ها به‌اندازه‌ی کافی

۹ـ هویه‌ی برقی و لحیم به‌حد کافی

۱۰ـ وارنیش به‌حد کافی

۱۱ـ کلاف‌پیچ و متعلقات کلاف‌پیچی

شکل ۵ـ۲

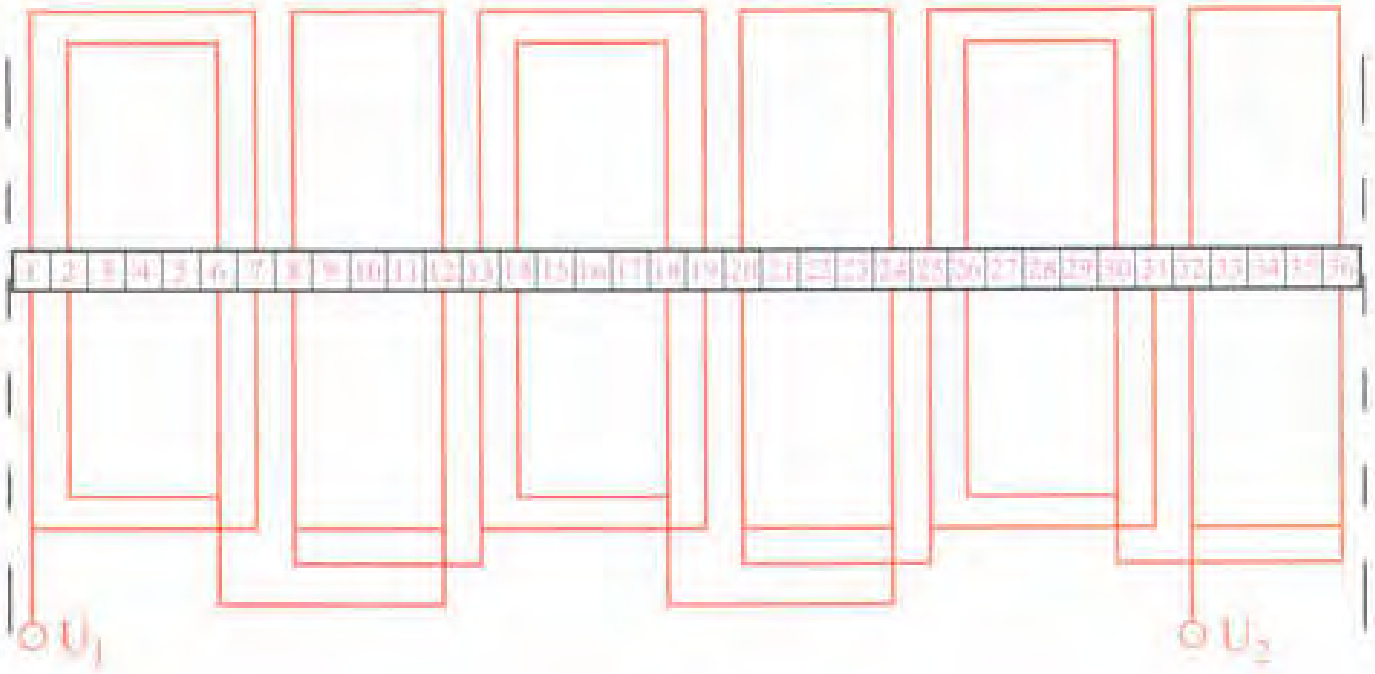
مراحل انجام کار

۱ـ با توجه به جدول ۲۱ـ۱ محاسبات لازم را نوشته و سپس جدول ۶ـ۲ را تشکیل دهید.

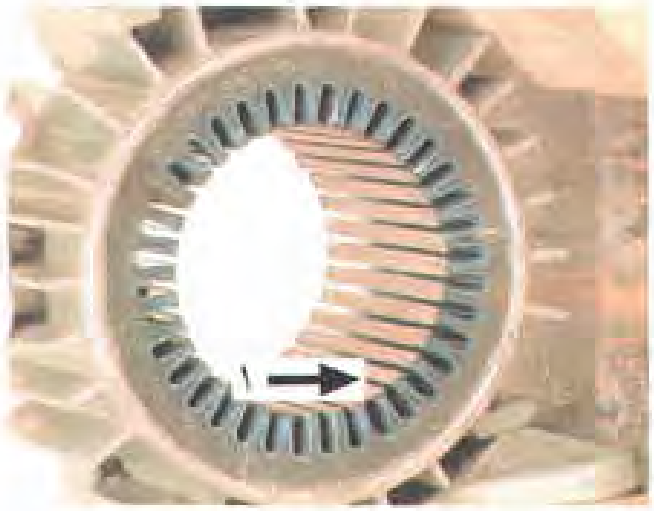
جدول ۶ـ۲

m / 2p	$U_1 \cdot U_2$			$W_1 \cdot W_2$		
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	

۲ـ دیاگرام سیم‌پیچ اصلی (U_1 ، U_2) را آماده کنید (شکل ۷ـ۲).



شکل ۷ـ۲



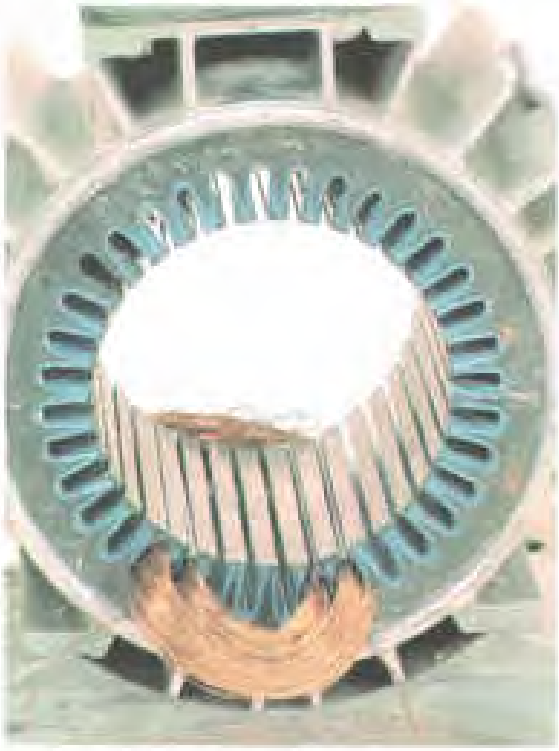
شکل ۸ـ۲

۳ـ یکی از شیارها را به‌عنوان شروع سیم‌پیچی، انتخاب و جهت گردش سیم‌پیچی را مشخص کنید (شکل ۸ـ۲).

۴ـ یکی از کلاف‌های دوتایی را انتخاب کنید. اینما 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 ۹ـ۲).

شکل ۹ـ۲

۵ـ کلاف بزرگ‌تر، گروه کلاف اول را در شیارهای ۱ و ۷ قرار دهید (شکل ۱۰ـ۲).



شکل ۱۰ـ۲

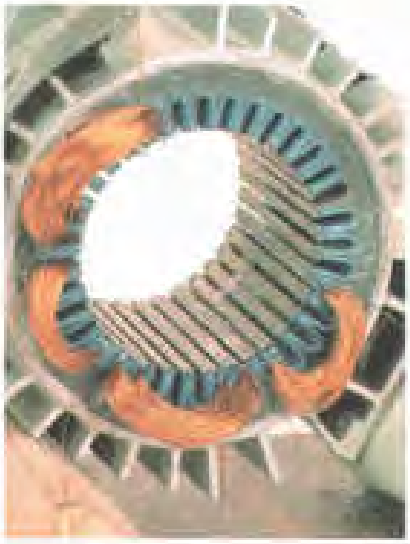
۶ـ دومین گروه کلاف سیم‌پیچ U_1, U_2 را که کلاف تکی است، در شیارهای ۸ و ۱۲ قرار دهید (شکل ۱۱ـ۲).

شکل ۱۱ـ۲

۷ـ گروه کلاف سوم را در شیارهای ۱۳ و ۱۴ و ۱۸ و ۱۹ قرار دهید (شکل ۱۲ـ۲).

شکل ۱۲ـ۲

۸ـ چهارمین گروه کلاف سیم‌پیچ U_1, U_2 را که کلاف تکی است در شیارهای ۲۰ و ۲۴ قرار دهید (شکل ۱۳ـ۲).



شکل ۱۳ـ۲

۹ـ گروه کلاف پنجم را در شیارهای ۲۵ و ۲۶ و ۳۰ و ۳۱ قرار دهید (شکل ۱۴ـ۲).

شکل ۱۴ـ۲

۱۰ـ ششمین گروه کلاف سیم‌پیچ U_1، U_2 را که کلاف تکی است در شیارهای ۳۲ و ۳۶ قرار دهید (شکل ۱۵ـ۲).

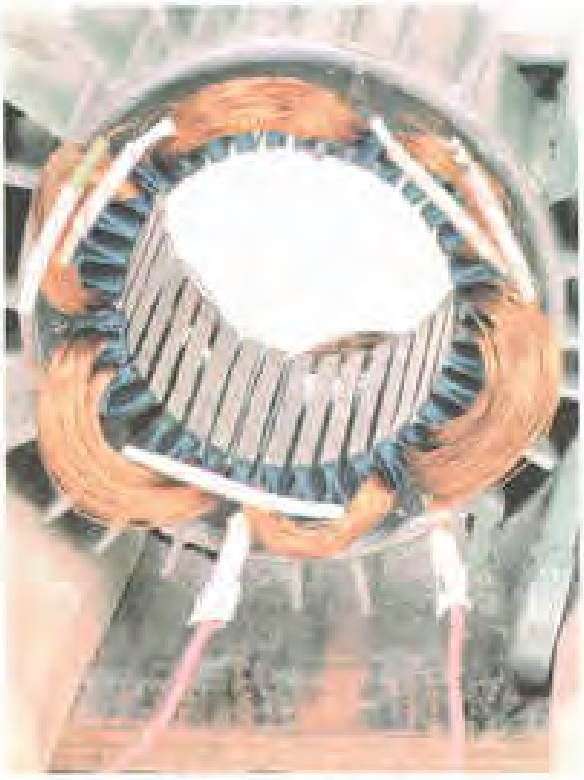
شکل ۱۵ـ۲

۱۱ـ سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱ را با سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری، روی آن وارنیش مناسب بکشید تا اتصال بدنه نداشته باشد و آن را برچسب U_1 بزنید (شکل ۱۶ـ۲).

شکل ۱۶ـ۲

۱۲ـ سر کلاف خروجی از شیار ۶ را، به سر کلاف خروجی از شیار ۱۲ اتصال دهید. پس از لحیم‌کاری، روی آن‌ها وارنیش قرار دهید. سیم‌های خروجی از شیارهای، ۸ را به ۱۳، ۱۸ را به ۲۴، ۲۰ را به ۲۵ و ۳۰ را به ۳۶ اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری روی آن وارنیش قرار دهید (شکل ۱۷ـ۲).

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

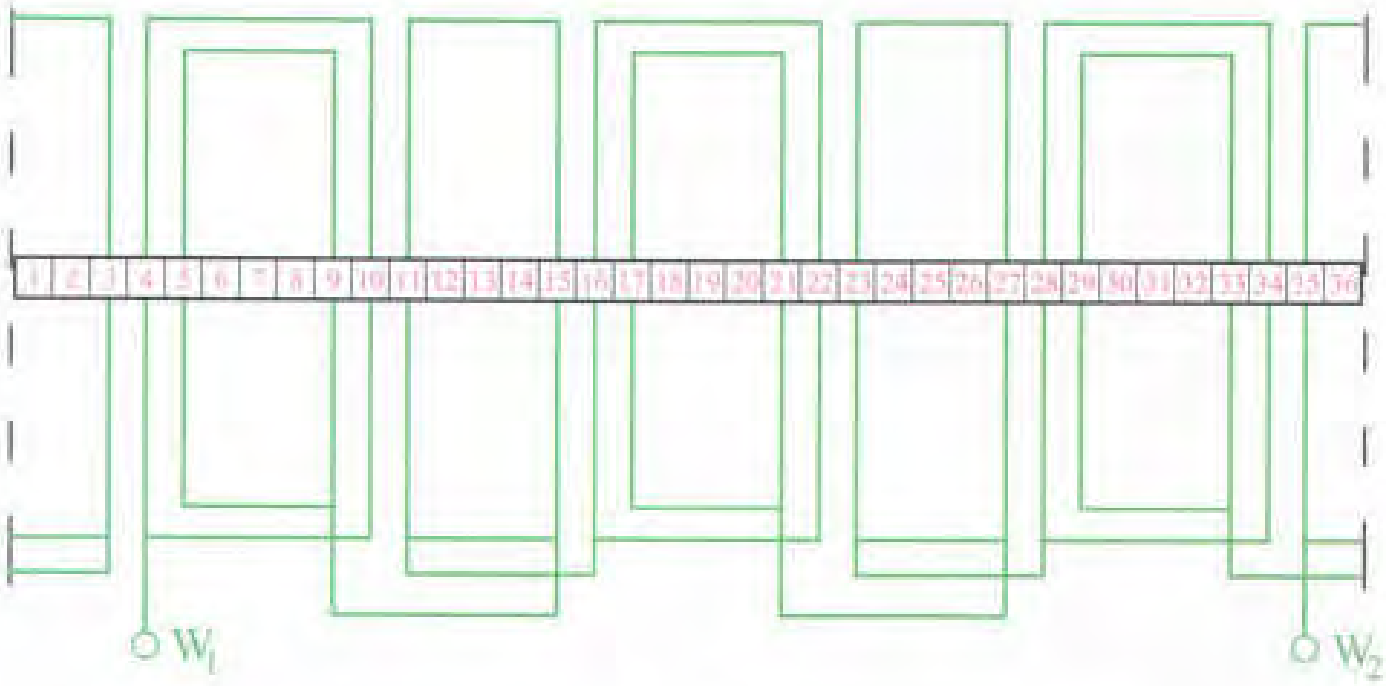


شکل ۱۷ـ۲

۱۳ـ سرسیم خروجی، از شیار شماره ۳۲ را به سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری وارنیش مناسب از آن عبور دهید و آن را برچسب «U» بزنید (شکل ۱۸ـ۲).

شکل ۱۸ـ۲

۱۴ـ شکل سیم‌پیچی فاز ۲، W_1 ، W_2 را مطابق شکل ۴۴ـ۱ رسم کنید (شکل ۱۹ـ۲).



شکل ۱۹ـ۲

شکل ۲۰ـ۲

۱۵ـ اولین گروه کلاف دوتایی فاز ۲، 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 ۲۰ـ۲).

۱۶ـ 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 (۶ـ۲) و شکل (۱۹ـ۲) تکمیل کنید (شکل ۲۱ـ۲).

شکل ۲۱ـ۲

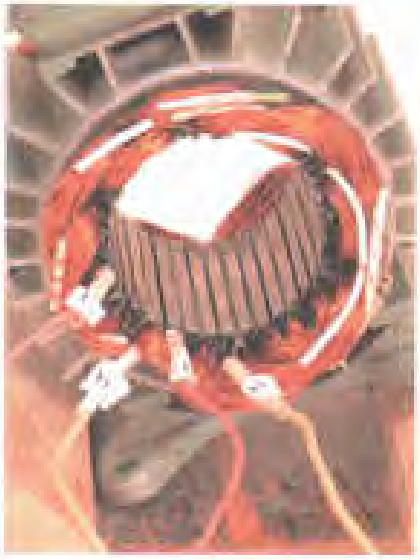
۱۷ـ موقعیت کلاف‌های فاز W_1، W_2 به‌صورت شکل ۲۲ـ۲ خواهد بود.

شکل ۲۲ـ۲

۱۸ـ سرسیم خروجی از شیار شماره ۴ را با سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری، روی آن وارنیش مناسب قرار دهید و برچسب W_2 بزنید (شکل ۲۳ـ۲).

شکل ۲۳ـ۲

۱۹ـ 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 ۲۴ـ۲ وارنیش مناسب از آن‌ها عبور دهید.



شکل ۲۴ـ۲

۲۰ـ سرسیم خروجی از شیار ۳۵ را با سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری وارنیش مناسب از آن عبور دهید و به آن برچسب W_2 بزنید (شکل ۲۵ـ۲).

شکل ۲۵ـ۲

۲۱ـ پس از سربندی، سیم‌ها را به تخته کلم هدایت کنید (شکل ۲۶ـ۲).

شکل ۲۶ـ۲

۲۲ـ برچسب سیم‌ها را در تخته گلم مشخص کنید (شکل ۲۷ـ۲).

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

شکل ۲۷ـ۲

۴ـ۲ـ سیم‌پیچی استاتور موتورهای تک‌فاز با سیم‌پیچ استارت موقت

در سیم‌پیچی استاتور موتورهای تک‌فاز، با استارت موقت، حداقل دوسوم شیارهای استاتور را سیم‌پیچ اصلی پوشش می‌دهد. آرایش کلاف‌های سیم‌پیچ استارت را اغلب نظیر سیم‌پیچ اصلی در نظر می‌گیرند. در بعضی موارد 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 یک‌سرعته 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، به‌عبارت دیگر، فضا و عمق شیارها، برعکس موتورهای سه‌فاز، با هم برابر نیستند. در سیم‌پیچی این موتورها، رعایت نکات زیر ضروری است.

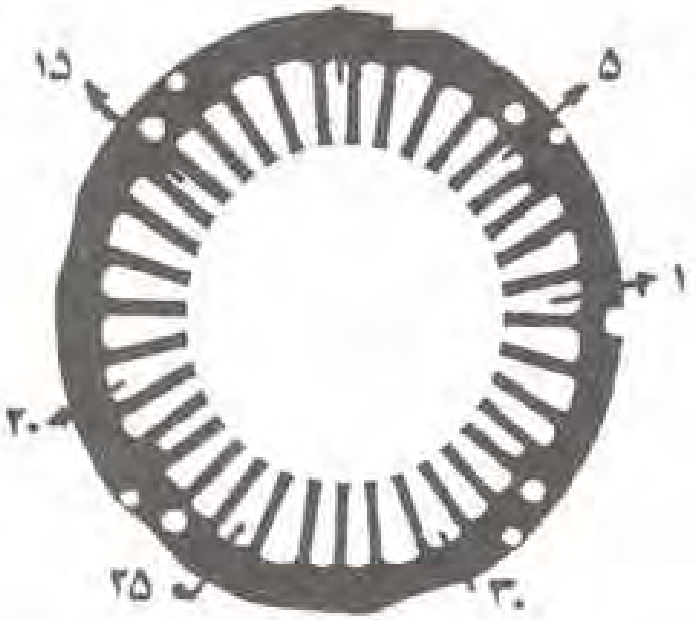
۱ـ وجود کلید گریز از مرکز باعث شده است عمق پوسته در یک طرف بیشتر از طرف دیگر باشد (شکل ۲۸ـ۲).

شکل ۲۸ـ۲

۲ـ 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 ۲۹ـ۲).

شکل ۲۹ـ۲

۳ـ انتخاب شیار شروع سیم‌پیچی حائز اهمیت است و اگر این انتخاب صحیح انجام نشود سیم‌پیچی با مشکل روبه‌رو خواهد شد. در شکل ۳۰ـ۲ شیار شروع نشان داده شده است. با دقت بیشتر مشاهده می‌شود که چهارمین شیار در طرف راست شیار شروع، از کوچک‌ترین شیارهای استاتور می‌باشد.



شکل ۳۰ـ۲

۴ـ چون محاسبات سیم‌پیچی خارج از بحث کتاب است، از جداول ۳۱ـ۲ تا ۳۴ـ۲ 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 ۳۱ـ۲ـ مشخصات سیم‌پیچی دور زیاد موتور کولر آبی

قطر داخلی استاتور به cm	طول هسته به cm	طول بوبین کوچک به cm	طول بوبین متوسط به cm	طول بوبین بزرگ به cm	تعداد دور بوبین کوچک	تعداد دور بوبین متوسط	تعداد دور بوبین بزرگ	گام بوبین کوچک	گام بوبین متوسط	گام بوبین بزرگ	قطر سیم مسی به mm	قدرت استاتور برحسب اسب بخار
۸/۹	۳/۷۵	۱۹/۵	۲۳/۵	۲۸/۵	۴۵	۵۵	۶۰	۳ـ۷	۲ـ۸	۱ـ۹	۰/۶۵	$\frac{1}{4}$
۸/۹	۴/۳	۲۱	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۳ـ۷	۲ـ۸	۱ـ۹	۰/۷۱	$\frac{1}{3}$
۸/۹	۵/۴	۲۳	۲۷	۳۲	۳۳	۴۰	۴۴	۳ـ۷	۲ـ۸	۱ـ۹	۰/۸۰	$\frac{1}{2}$
۸/۹	۵/۴	۲۳	۲۷	۳۲/۵	۳۲	۴۰	۴۲	۳ـ۷	۲ـ۸	۱ـ۹	۰/۹۵	$\frac{3}{4}$

جدول ۳۲ـ۲ـ مشخصات سیم‌پیچی دور کم موتور کولر آبی

قطر داخلی استاتور به cm	طول هسته به cm	طول بوبین کوچک به cm	طول بوبین بزرگ به cm	تعداد دور بوبین کوچک	تعداد دور بوبین بزرگ	گام بوبین کوچک	گام بوبین بزرگ	قطر سیم مسی به mm	قدرت استاتور برحسب اسب بخار
۸/۹	۳/۷۵	۱۸	۲۲	۹۰	۹۰	۲ـ۵	۱ـ۶	۰/۴۵	$\frac{1}{4}$
۸/۹	۴/۳	۲۰	۲۳/۵	۸۲	۸۲	۲ـ۵	۱ـ۶	۰/۵۰	$\frac{1}{3}$
۸/۹	۵/۴	۲۲/۵	۲۵/۵	۷۰	۷۰	۲ـ۵	۱ـ۶	۰/۵۵	$\frac{1}{2}$
۸/۹	۵/۴	۲۲/۵	۲۵/۵	۶۵	۶۵	۲ـ۵	۱ـ۶	۰/۶۰	$\frac{3}{4}$

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

جدول ۳۳ـ۲ـ مشخصات سیم‌پیچ استارت موقت چهار بوبینه موتور کولر

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	۲۲۹	۳۴	۱۲	۴۰	۲۰	۲۰	۴ـ۷	۳ـ۸	۲ـ۹	۱ـ۱۰	۰/۵۵	$\frac{3}{4}$

جدول ۳۴ـ۲ـ مشخصات سیم‌پیچ استارت موقت سه بوبینه موتور کولر

طول داخلی استاتور به cm	طول هسته به cm	طول بوبین کوچک به cm	طول بوبین متوسط به cm	طول بوبین بزرگ به cm	تعداد دور بوبین کوچک	تعداد دور بوبین متوسط	تعداد دور بوبین بزرگ	گام بوبین کوچک	گام بوبین متوسط	گام بوبین بزرگ	قطر سیم مسی به mm	قدرت استاتور برحسب اسب بخار
۸/۹	۳/۷۵	۱۸/۵	۲۲/۵	۲۶	۲۰	۳۵	۳۵	۳ـ۷	۲ـ۸	۱ـ۹	۰/۴۰	$\frac{1}{4}$
۸/۹	۴/۳	۲۰	۲۴	۲۸	۱۸	۳۵	۳۴	۳ـ۷	۲ـ۸	۱ـ۹	۰/۵۰	$\frac{1}{3}$
۸/۹	۵/۴	۲۲/۵	۲۲/۵	۲۹	۲۱	۳۵	۳۴	۳ـ۷	۲ـ۸	۱ـ۹	۰/۵۰	$\frac{1}{2}$
۸/۹	۵/۴	۲۲/۵	۲۵/۵	۲۹	۲۴	۲۰	۲۰	۳ـ۷	۲ـ۸	۱ـ۹	۰/۵۵	$\frac{3}{4}$

۵ـ۲ـ کار عملی شماره ۲

هدف: سیم‌پیچی استاتور موتور تک‌فاز استارت موقت

زمان: ۲۴ ساعت

نکات ایمنی: محیط کار را از خورده سیم‌ها و خورده‌کاغذها و بدنه‌ی 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 باشند تا هیچ‌گونه فشار بر کمر و پاها وارد نشود. نکات ایمنی عمومی کار را به‌طور کامل رعایت کنید.

وسایل و ابزار مورد نیاز

۱ـ استاتور نگهدار یک عدد

۲ـ کاردک چوبی

۳ـ کاردک فیبری

۴ـ استاتور ۳۶ شیار یک فاز عایق‌کاری‌شده‌ی کولرآبی، یک عدد (شکل ۳۵ـ۲).

شکل ۳۵ـ۲

۵ـ با توجه به جداول ۳۱ـ۲ تا ۳۴ـ۲ و توان موتور موجود در کارگاه به راهنمایی مربی کارگاه، چهار گروه کلاف سه‌تایی برای دور زیاد و استارت، متحدالمرکز با گام‌های ۹ـ۱ و ۸ـ۲ و ۷ـ۳ تهیه کنید؛ همچنین شش گروه کلاف دوتایی، متحدالمرکز با گام‌های ۶ـ۱ و ۵ـ۲ برای دور کم آماده کنید.

۶ـ قیچی کاغذبر

۷ـ کاغذ برشمان ۴۰/- به حد کافی

۸ـ نخ ابریشمی برای بستن کلاف‌ها به اندازه کافی

۹ـ هویه‌ی برقی و لحیم به حد کافی

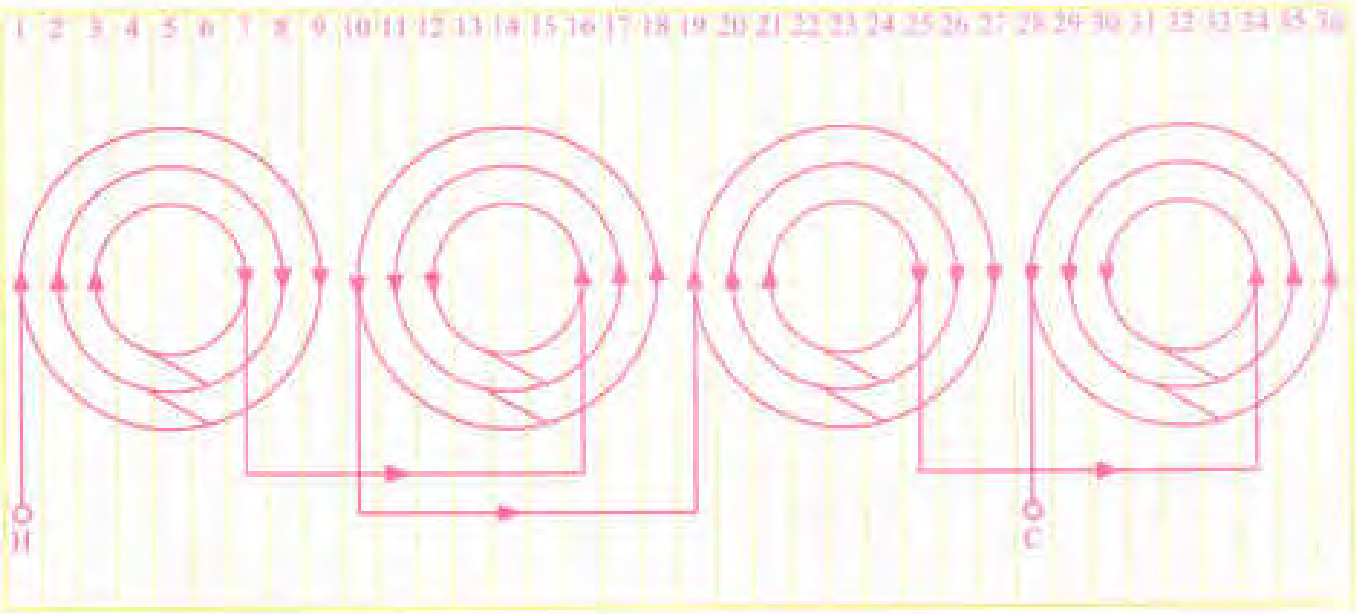
۱۰ـ وارنیش به حد کافی

۱۱ـ کلاف پیچ و متعلقات کلاف پیچی

مثال: موتور۳۶ شیار ۴ و۶ قطب مفروض است سیم‌پیچی این موتور را برای دو حالت اجرا کنید. سیم‌پیچ استارت براساس سیم‌پیچ اصلی چهار قطب می‌باشد و دور کند پس از راه‌اندازی یا دور تند، با کلید گریز از مرکز امکان‌پذیر است.

مراحل انجام کار

۱ـ نقشه‌ی شکل ۶۴ـ۱ را در نظر بگیرید (شکل ۳۶ـ۲).



شکل ۳۶ـ۲

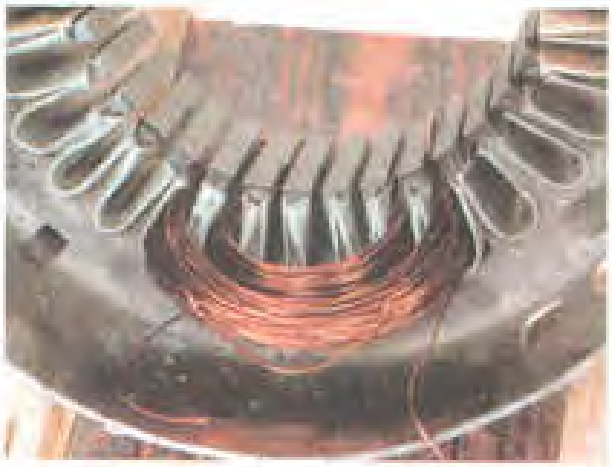
۲ـ در قسمتی از پوسته‌ی استاتور که عمق بیشتری دارد مطابق شکل (۳۷ـ۲)، شیار شروع سیم‌بندی و جهت گردش سیم‌پیچی را تعیین کنید.

شکل ۳۷ـ۲

۳ـ کوچک‌ترین کلاف اولین گروه کلاف سیم‌پیچ دور بیشتر را در شیارهای ۳ و ۷ قرار دهید (شکل ۳۸ـ۲).

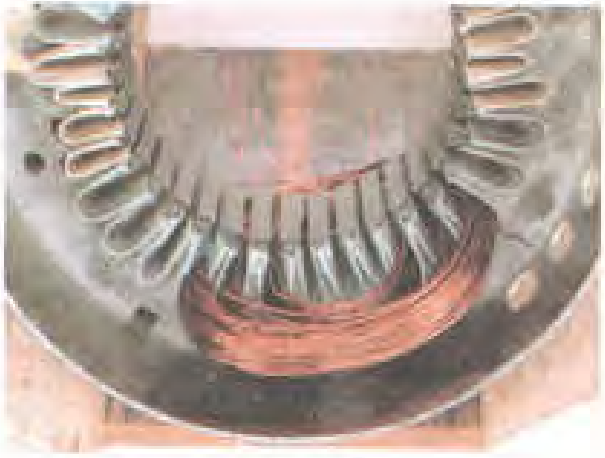
شکل ۳۸ـ۲

۴ـ دومین کلاف از گروه کلاف اول را در شیارهای ۲ و ۸ قرار دهید (شکل ۳۹ـ۲).



شکل ۳۹ـ۲

۵ـ سومین کلاف گروه کلاف اول را در شیارهای ۱ و ۹ قرار دهید (شکل ۴۰ـ۲).



شکل ۴۰ـ۲

۶ـ گروه کلاف دوم را نظیر گروه کلاف اول در شیارهای ۱۰، ۱۱، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۸ قرار دهید (شکل ۴۱ـ۲).

شکل ۴۱ـ۲

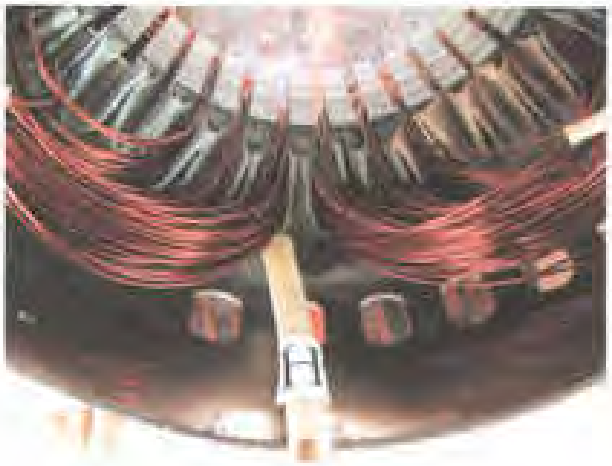
۷ـ گروه کلاف سوم را در شیارهای ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۵، ۲۶ و ۲۷ قرار دهید (شکل ۴۲ـ۲).

شکل ۴۲ـ۲

۸ـ گروه کلاف چهارم را در شیارهای ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۴، ۳۵ و ۳۶ قرار دهید (شکل ۴۳ـ۲).

شکل ۴۳ـ۲

۹ـ سرسیم خروجی از شیار شماره ۱ را با سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری وارنیش مناسب از آن عبور دهید و محل لحیم‌کاری را با وارنیش کاملاً بپوشانید و به آن برچسب H بزنید (شکل ۴۴ـ۲).



شکل ۴۴ـ۲

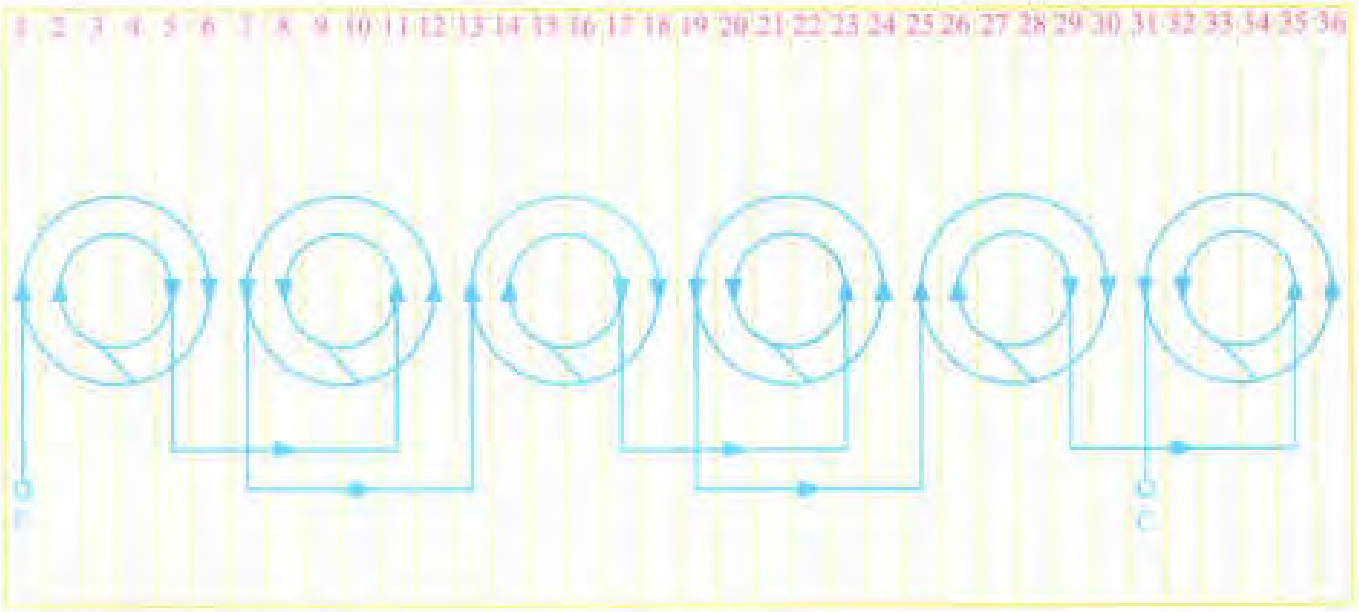
۱۰ـ سرسیم‌های خروجی از شیارهای، ۷ را به ۱۶، ۱۰ را به ۱۹ و ۲۵ را به ۳۴ اتصال دهید. قبل از لحیم‌کاری وارنیش را از سیم‌ها عبور دهید و پس از لحیم‌کاری، محل لحیم‌کاری را با وارنیش مناسب پوشش دهید (شکل ۴۵ـ۲).

شکل ۴۵ـ۲

۱۱ـ سرکلافی را که از شیار ۲۸ خارج می‌شود به سیم‌افشان اتصال دهید. پس از لحیم‌کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و به آن برچسب C بزنید (شکل ۴۶ـ۲).

شکل ۴۶ـ۲

۱۲ـ شکل ۶۴ـ۱ را که مربوط به سیم‌پیچ دور کند است در نظر بگیرید (شکل ۴۷ـ۲).



شکل ۴۷ـ۲

شکل ۴۸ـ۲

۱۳ـ کلاف کوچک اولین گروه کلاف، سیم‌پیچ دور کند را در شیارهای ۴ و ۵ و کلاف بزرگ‌تر آن را در شیار ۱ و ۶ قرار دهید (شکل ۴۸ـ۲).

شکل ۴۹ـ۲

۱۴ـ بقیه‌ی کلاف‌های سیم‌پیچ دور کمتر را بر اساس شکل (۶۴ـ۱) و مطابق شکل (۴۹ـ۲) در شیارهای مربوط قرار دهید.

۱۵ـ سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱ را به سیم‌افشان اتصال دهید. پس از لحیم‌کاری و گذراندن وارنیش مناسب، پرچسب L به آن بزنید. توجه داشته باشید که از شیار شماره ۱ دو سیم با پرچسب‌های H و L به بیرون هدایت می‌شود (شکل ۵۰ـ۲).

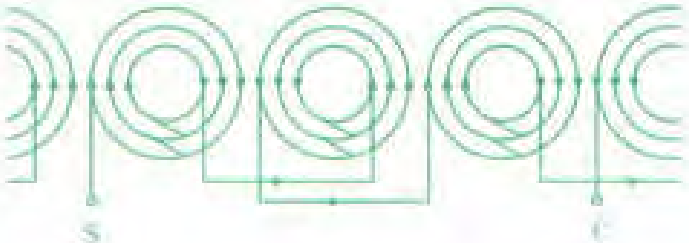
شکل ۵۰ـ۲

۱۶ـ سرسیم‌های خروجی از شیارهای ۵ را به ۱۱، ۷ را به ۱۷، ۱۳ را به ۲۳، ۱۹ را به ۲۵ و ۲۹ را به ۳۵ اتصال دهید و پس از گذاشتن وارنیش، محل اتصالات را لحیم‌کاری کنید. وارنیش‌ها را روی محل‌های لحیم‌کاری هدایت کنید. سرسیم خروجی از شیار شماره ۳۱ را به سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و پرچسب C به آن بزنید (شکل ۵۱ـ۲).

شکل ۵۱ـ۲

۱۷ـ از شیار شماره ۵ سیم‌پیچ استارت را شروع کنید (شکل ۵۲ـ۲).

شکل ۵۲ـ۲



۱۸ـ سیم‌پیچ استارت را مثل سیم‌پیچ اصلی دور تند انجام دهید با این تفاوت که سیم‌پیچ استارت از شیار شماره ۵ شروع می‌شود و مطابق شکل (۶۵ـ۱) ادامه می‌یابد (شکل ۵۳ـ۲).

شکل ۵۳ـ۲

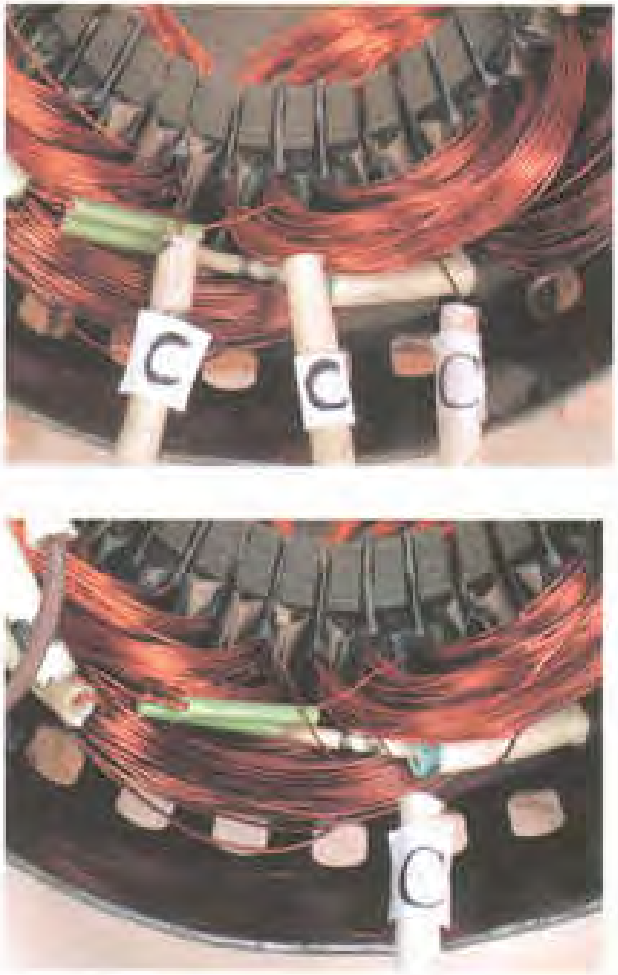
۱۹ـ سر کلاف خروجی از شیار شماره ۵ را به سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و برچسب S به آن بزنید (شکل ۵۴ـ۲).

شکل ۵۴ـ۲

۲۰ـ سرسیم‌های خروجی از شیارهای ۱۱ را به ۱۴،۲۰ را به ۲۳ و ۲۹ را به ۲ اتصال دهید و پس از گذاشتن وارنیش، محل اتصالات را لحیم‌کاری کنید و محل‌های لحیم‌کاری‌شده را با وارنیش پوشش دهید. سیم خروجی از شیار ۳۲ را به سیم‌افشان اتصال دهید، پس از لحیم‌کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و به آن برچسب C بزنید (شکل ۵۵ـ۲).

شکل ۵۵ـ۲

۲۱ـ سه سرسیم خروجی از شیارهای ۲۸، ۳۱ و ۳۲ را که همگی برچسب C دارند، به هم ارتباط دهید و به‌عنوان سیم مشترک به بیرون هدایت کنید (شکل ۵۶ـ۲).



شکل ۵۶ـ۲

۲۲ـ سیم‌های خروجی را مرتب کنید و پس از نوارپیچی با در نظرگرفتن برچسب‌های مربوط، سر سیم‌پیچی‌ها را برای اتصال به ترمینال‌های مربوطه آماده کنید (شکل ۵۷ـ۲).

شکل ۵۷ـ۲

۶ـ۲ـ کار عملی شماره ۳

هدف: سیم‌پیچی 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 باشند تا هیچ گونه فشار بر کمر و پاها وارد نشود. نکات ایمنی عمومی را رعایت کنید(شکل۵۸ـ۲ـ الف)

وسایل و ابزار موردنیاز

۱ـ استاتور نگهدار یک عدد

۲ـ کاردک چوبی

۳ـ کاردک فیبری

۴ـ استاتور ۲۴ شیار یک فاز عایق کاری شده (شکل۵۸ـ۲ـ ب)

۵ـ چهار گروه کلاف دو تایی متحدالمرکز برای سیم اصلی و چهار گروه کلاف دوتایی برای سیم‌پیچ استارت.

۶ـ فیبر کاغذی

۷ـ کاغذ پرسپان ۰/۲۰ به حد کافی

۸ـ نخ ابریشمی برای بستن کلاف‌ها به اندازه‌ی کافی

۹ـ هویه‌ی برقی و لحیم به حد کافی

۱۰ـ وارنیش به حد کافی

۱۱ـ کلاف پیچ و متعلقات کلاف‌پیچی

مثال: یک موتور ۲۴ شیار ۴ قطب یک فاز مفروض است. سیم‌پیچی این موتور را برای حالت استارت موقت اجرا کنید و سیم‌پیچ استارت را نظیر سیم‌پیچ اصلی در نظر بگیرید.

مراحل انجام کار

۱ـ مشخصات موتور را تعیین کنید.

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

۲ـ گام قطبی را محاسبه کنید.

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

۳ـ تعداد شیارهای مربوط به سیم‌پیچ اصلی را مشخص کنید

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

۴ـ سیم استارت را نظیر سیم‌پیچ اصلی از نظر توزیع در

شکل ۵۸ـ۲ـ الف ـ رعایت نکات ایمنی در محیط کار

شکل ۵۸ـ۲ـ ب ـ بوبینه‌ی استاتور

۴ـ سیم استارت را نظیر سیم‌پیچ اصلی از نظر توزیع در نظر بگیرید.

۵ـ تعداد شیارهای زیر هر قطب متعلق به هر فاز را برای سیم‌پیچ اصلی مشخص کنید.

۶ـ تعداد شیارهای زیر هر قطب متعلق به هر فاز را برای سیم‌پیچ استارت به‌دست آورید.

۷ـ زاویه‌ی الکتریکی شیارها را محاسبه کنید.

۸ـ شروع فاز اصلی و سیم‌پیچ استارت را به‌دست آورید.

۹ـ گشری گام را برای سیم‌پیچ اصلی و استارت مشخص کنید و گام سیم‌بندی را به‌دست آورید.

$Z_s = Z_m = ?$

$q_m = \frac{Z_m}{2P} = ?$

$q_s = \frac{Z_s}{2P} = ?$

$\alpha_{ee} = \frac{P \times 360}{Z} = ?$

$U_1 = ?$ $W_1 = 1 + \frac{90}{\alpha_{ee}} = ?$

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

۱۰ـ جدول سیم‌بندی ۵۹ـ۲ را کامل کنید.

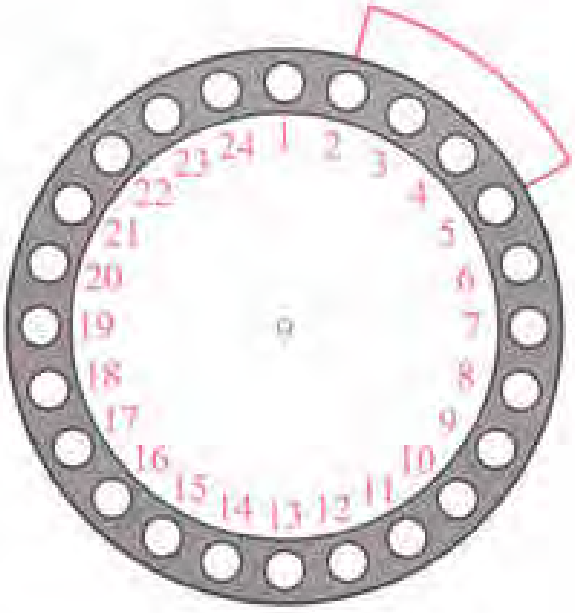
جدول ۵۹ـ۲

m / 2p	$U_1 \cdot U_2$	$W_1 \cdot W_2$
N		
S		
N		
S		

۱۱ـ شیار شروع و جهت سیم‌بندی را مشخص کنید (شکل ۶۰ـ۲).

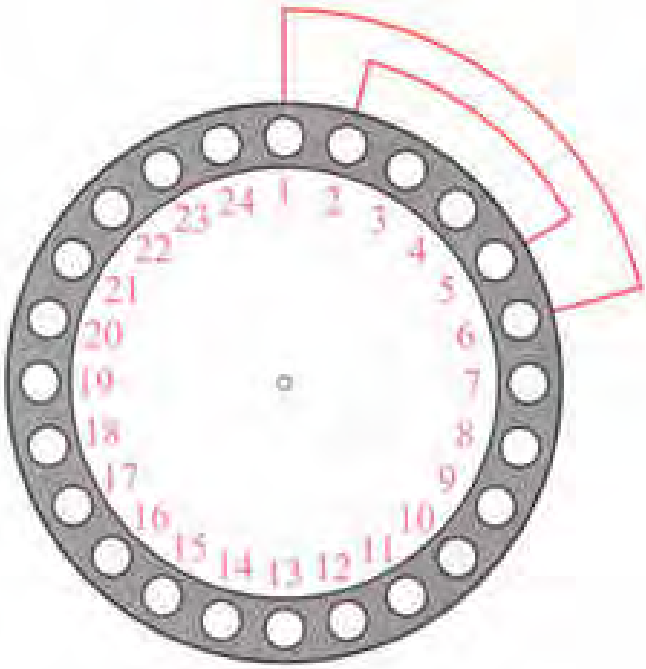
شکل ۶۰ـ۲

۱۲ـ اولین کلاف از گروه کلاف شماره یک را در شیارهای ۲ و ۵ قرار دهید (شکل ۶۱ـ۲).



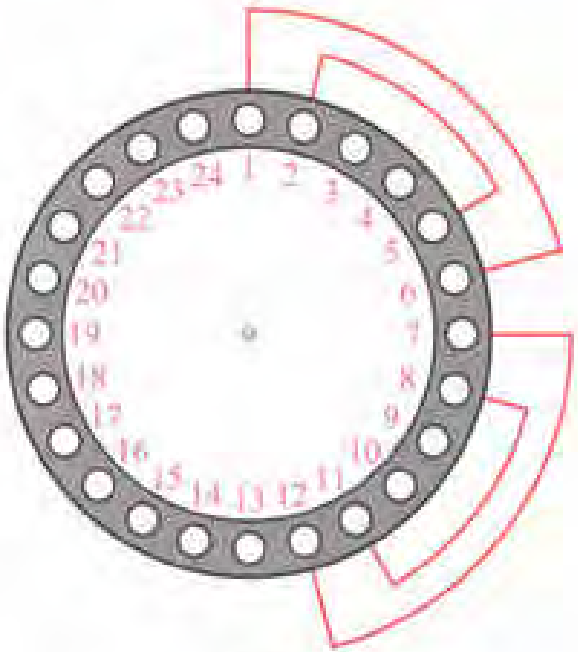
شکل ۶۱ـ۲

۱۳ـ دومین کلاف از گروه کلاف شماره یک را در شیارهای ۱ و ۶ قرار دهید (شکل ۶۲ـ۲).



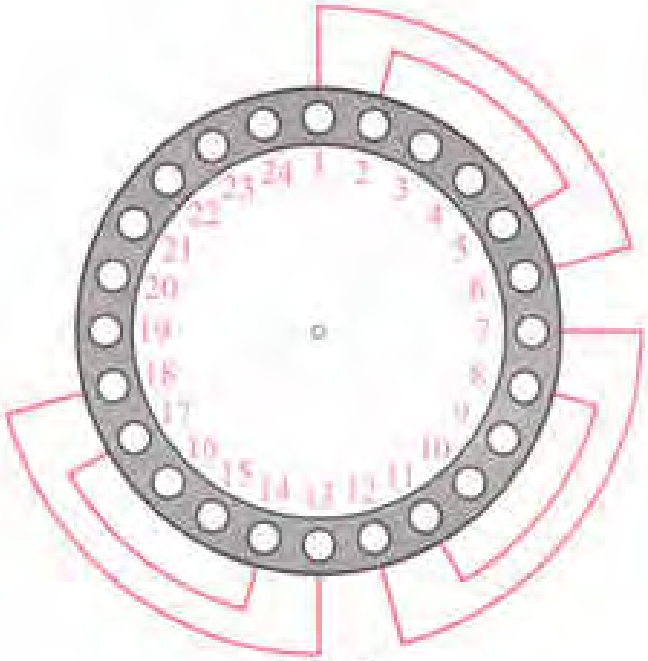
شکل ۶۲ـ۲

۱۴ـ دومین گروه کلاف سیم‌پیچ اصلی را در شیارهای ۸ـ۱۱ و ۷ـ۱۲ قرار دهید (شکل ۶۳ـ۲).



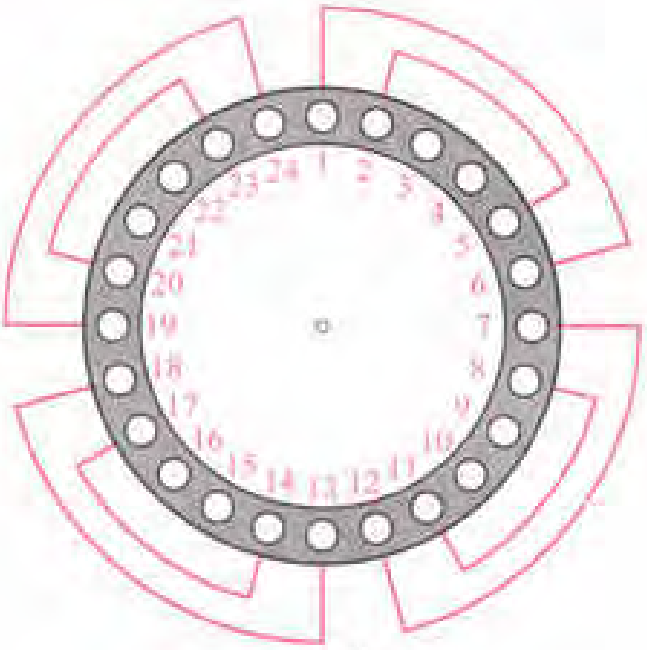
شکل ۶۳ـ۲

۱۵ـ سومین گروه کلاف سیم‌پیچ اصلی را در شیارهای ۱۴ـ۱۷ و ۱۳ـ۱۸ قرار دهید (شکل ۶۴ـ۲).



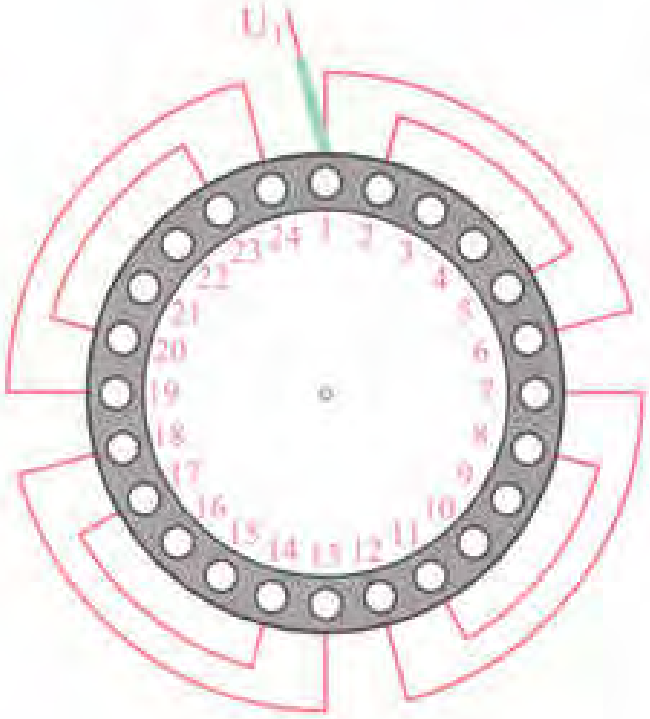
شکل ۶۴ـ۲

۱۶ـ چهارمین گروه کلاف سیم‌پیچ اصلی را در شیارهای ۲۰ـ۲۳ و ۱۹ـ۲۴ قرار دهید (شکل ۶۵ـ۲).



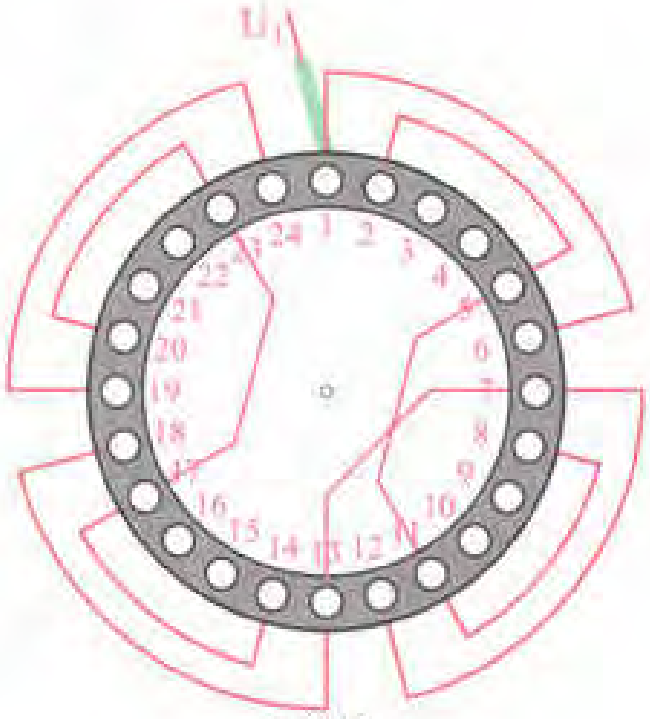
شکل ۶۵ـ۲

۱۷ـ سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱ را به سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری برچسب U_1 به آن بزنید (شکل ۶۶ـ۲).



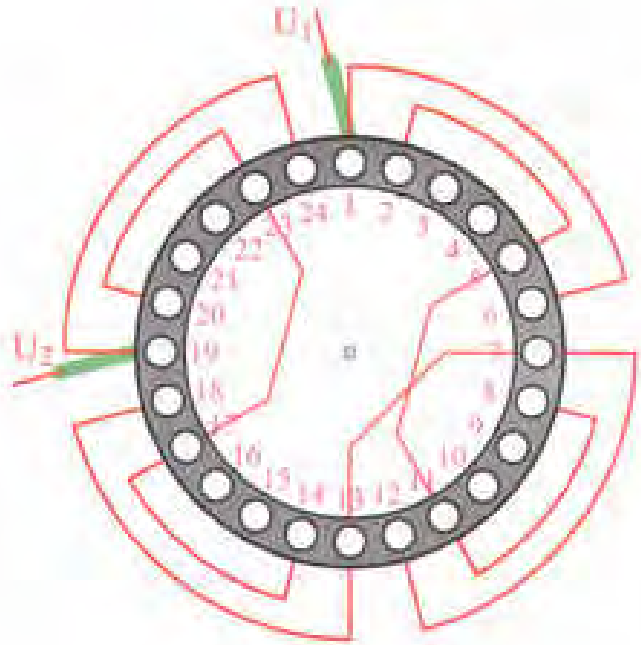
شکل ۶۶ـ۲

۱۸ـ سرسیم‌های خروجی از شیارهای ۵ را به ۷،۱۱ را به ۱۳ و ۱۷ را به ۲۳ اتصال دهید و پس از گذراندن وارنیش، آن‌ها را لحیم‌کاری کنید و محل‌های لحیم‌کاری شده را با وارنیش‌ها بپوشانید (شکل ۶۷ـ۲).



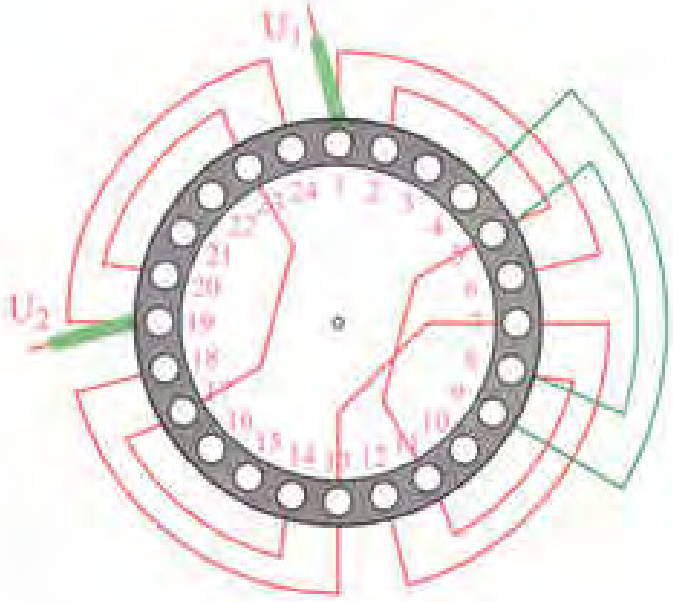
شکل ۶۷ـ۲

۱۹ـ سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱۹ را به سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری به آن برچسب U_1 بزنید (شکل ۶۸ـ۲).



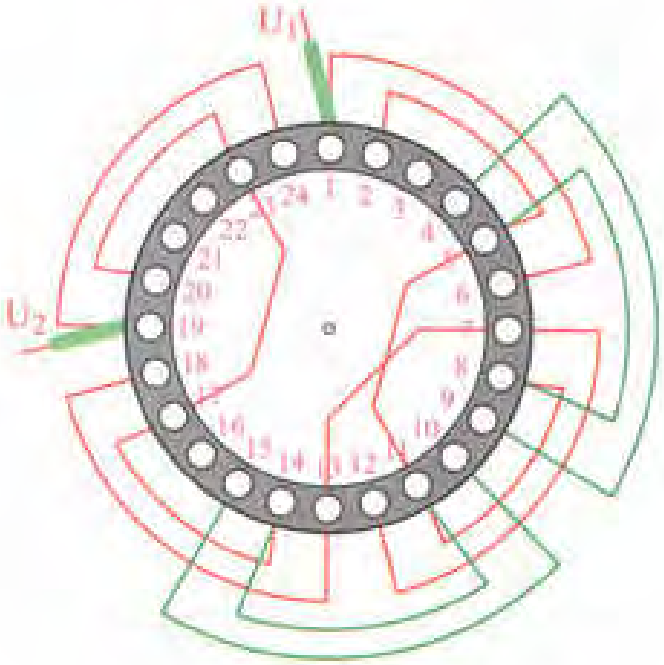
شکل ۶۸ـ۲

۲۰ـ اولین گروه کلاف سیم‌پیچ استارت را در شیارهای ۵ـ۸ و ۴ـ۹ قرار دهید (شکل ۶۹ـ۲).



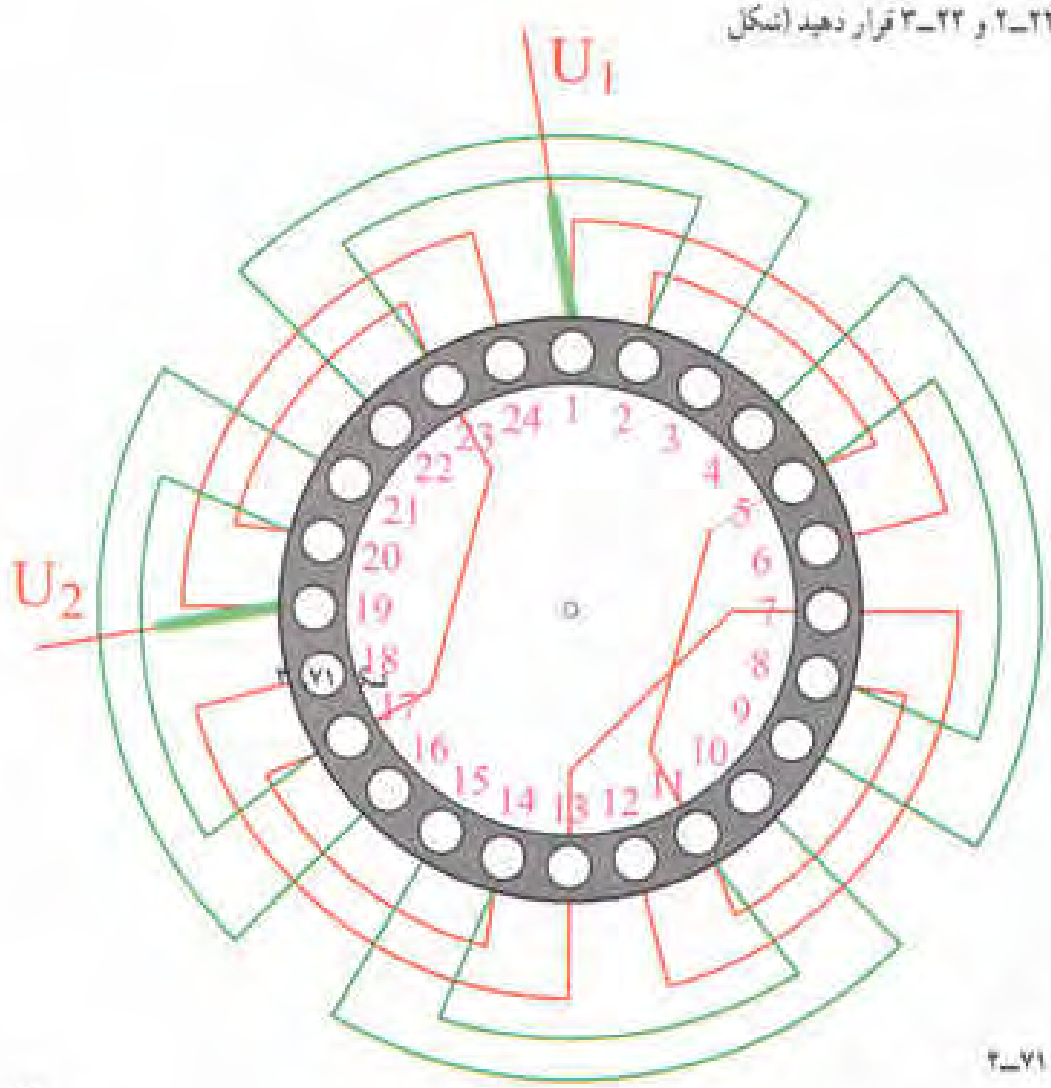
شکل ۶۹ـ۲

۲۱ـ دومین گروه کلاف سیم‌پیچ استارت را در شیارهای ۱۱ـ۱۴ و ۱۰ـ۱۵ قرار دهید (شکل ۷۰ـ۲).



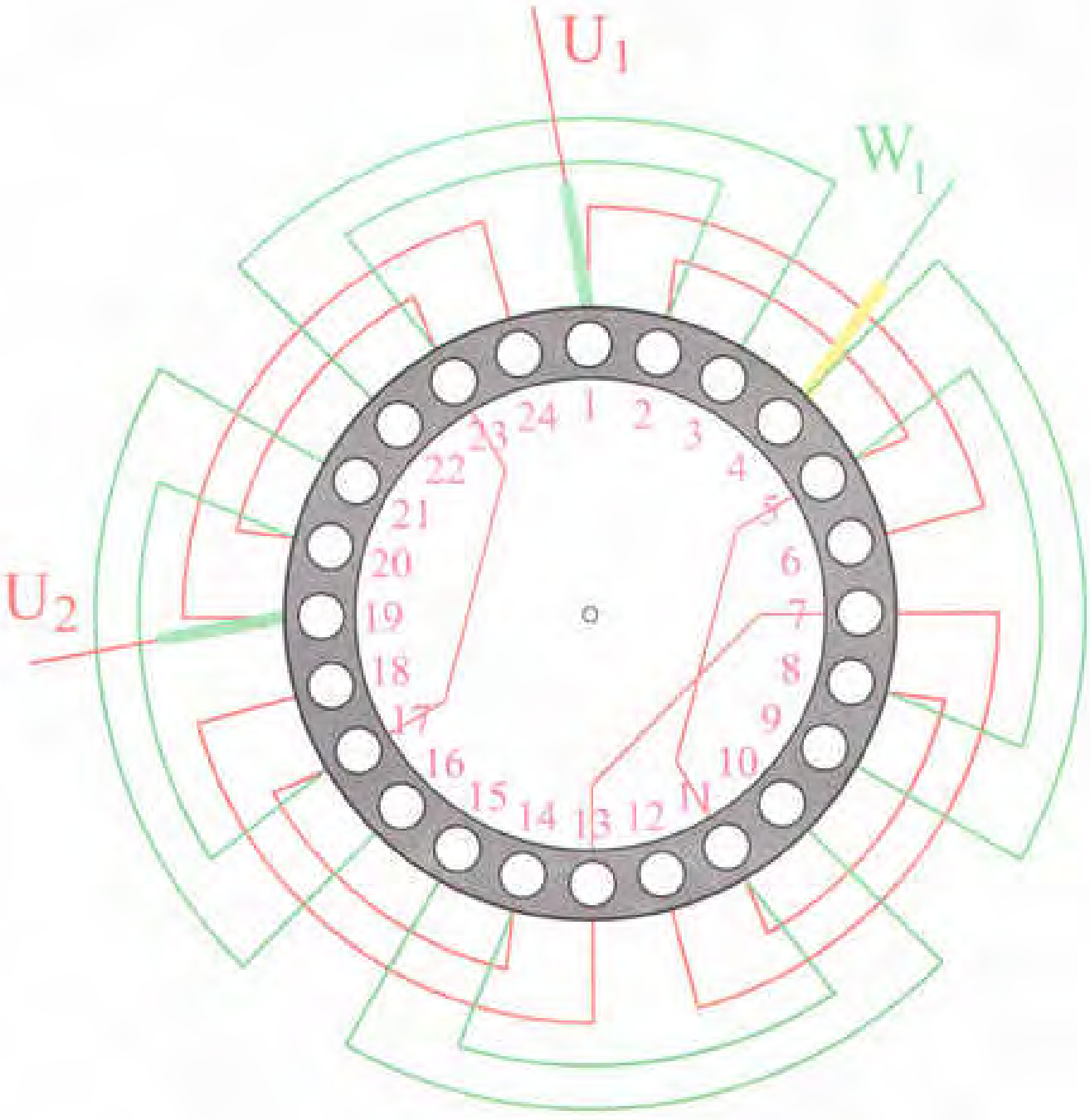
شکل ۷۰ـ۲

۲۲ـ گروه کلاف سوم و چهارم سیم‌پیچ استارت را در شیارهای ۱۷ـ۲۰، ۱۶ـ۲۱، ۲۳ـ۲ و ۲۲ـ۳ قرار دهید (شکل ۷۱ـ۲).



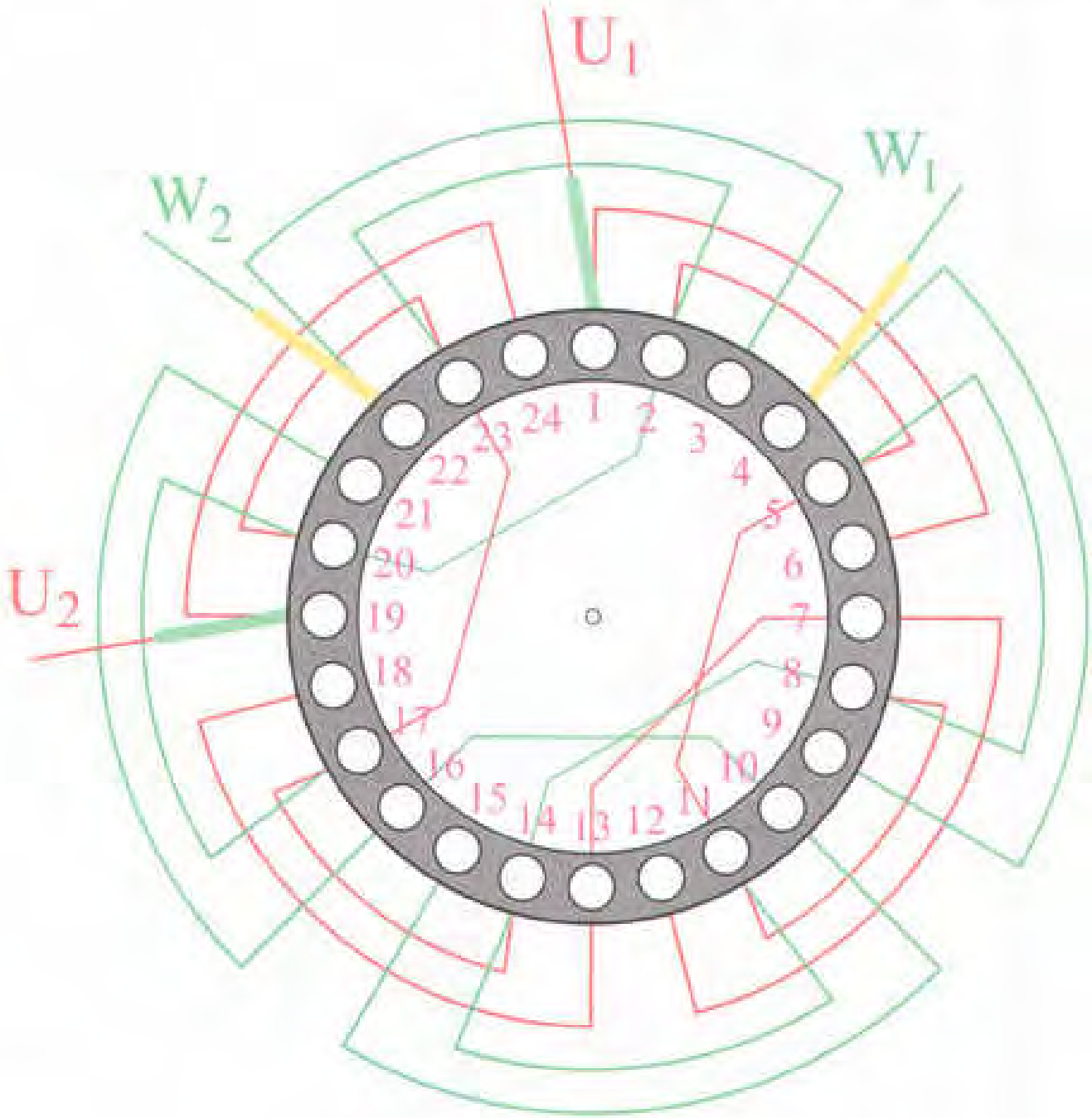
شکل ۷۱ـ۲

۲۳ـ سرکلاف خروجی از شیار شماره ۴ را به سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری وارنیش مناسب از آن عبور داده و برچسب W_1 به آن بزنید (شکل ۷۲ـ۲).



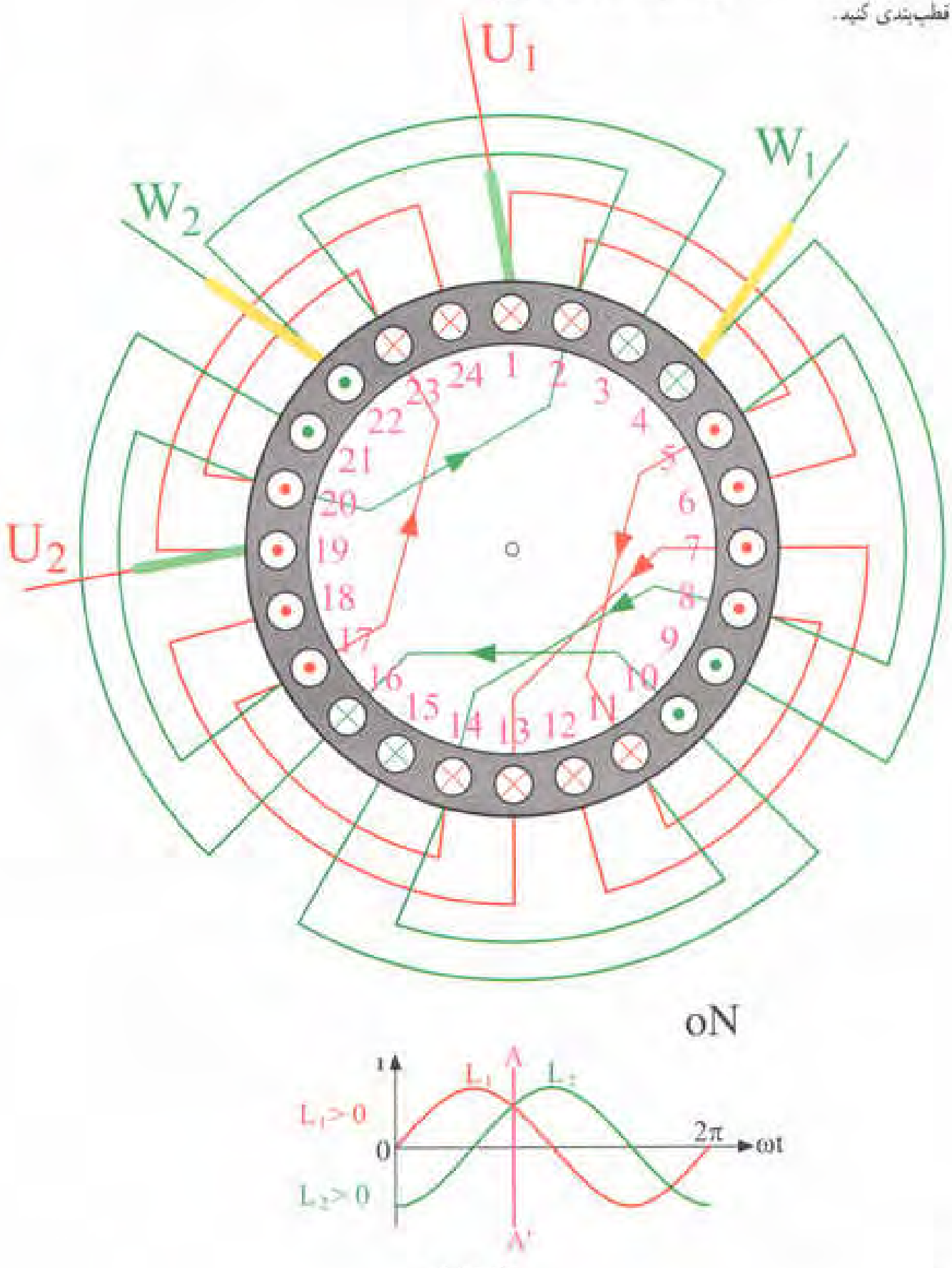
شکل ۷۲ـ۲

۲۴ـ سرسیم‌های خروجی از شیارهای ۸ را به ۱۴، ۱۰ را به ۱۶ و ۲۰ را به ۲ اتصال دهید و پس از گذاشتن وارنیش محل اتصالات را لحیم‌کاری نمایید و محل‌های لحیم‌کاری را با وارنیش‌ها بپوشانید. سر کلاف خروجی از شیار ۲۲ را به سیم‌افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری، وارنیش مناسب از آن عبور دهید و به آن برچسب W_2 بزنید (شکل ۷۳ـ۲).



شکل ۷۳ـ۲

۲۵ـ برای اطمینان از سربندی صحیح و تشکیل قطب‌ها براساس $L_1 > 0$ و $L_2 > 0$ مطابق شکل (۷۴ـ۲) سیم‌پیچی را قطب‌بندی کنید.



شکل ۷۴ـ۲

۷ـ۲ـ کار عملی شماره ۴

هدف: سیم‌پیچی استاتور موتور یک فاز استارت موقت

زمان: ۱۷ ساعت

نکات ایمنی: محیط کار را از سیم‌های چیده شده و کاغذپاره‌ها، 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

۱ـ استاتور نگهدار یک عدد

۲ـ کاردک چوبی

۳ـ کاردک فیبری

۴ـ استاتور ۲۴ شیار یک فاز عایق‌کاری شده (شکل ۷۵ـ۲).

۵ـ دو گروه کلاف چهار تایی با گام‌های ۴ـ۹، ۳ـ۱۰، ۲ـ۱۱ و ۱ـ۱۲ متحدالمرکز برای سیم اصلی و دو گروه کلاف دوتایی با گام‌های ۲ـ۱۱ و ۱ـ۱۲ متحدالمرکز برای سیم‌پیچ استارت.

۶ـ قیچی کاغذبر

۷ـ کاغذ پرتسمان ۰/۲۰ به حد کافی

۸ـ نخ ابریشمی برای بستن کلاف‌ها به اندازه‌ی کافی

۹ـ هویه‌ی برقی، و لحیم به حد کافی

۱۰ـ وارنیش به حد کافی

۱۱ـ کلاف پیچ و متعلقات کلاف‌پیچی

شکل ۷۵ـ۲

مثال: یک موتور ۲۴ شیار ۲ قطب یک فاز مفروض است. سیم‌پیچی این موتور را با استارت موقت طرح و اجرا کنید.

مراحل انجام کار

۱ـ مشخصات موتور را تعیین کنید.

نوع سیم‌پیچی $m=?\quad 2P=?\quad Z=?$

۲ـ گام قطبی را محاسبه کنید.

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

۳ـ تعداد شیارهای مربوط به سیم‌پیچی اصلی را مشخص کنید.

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

۴ـ سیم استارت را نظیر سیم‌پیچ اصلی از نظر توزیع در نظر بگیرید.

۵ـ تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را در سیم‌پیچ اصلی مشخص کنید.

۶ـ تعداد شیارهای زیر هر قطب در هر فاز را در سیم‌پیچ استارت به‌دست آورید.

۷ـ زاویه‌ی الکتریکی شیارها را محاسبه کنید.

۸ـ شروع فاز اصلی و سیم‌پیچ استارت را به‌دست آورید.

۹ـ کسری گام را برای سیم‌پیچ اصلی و استارت مشخص کنید و گام سیم‌بندی را به‌دست آورید.

۱۰ـ جدول سیم‌بندی ۷۶ـ۲ را کامل کنید.

۱۱ـ شیار شروع و جهت سیم‌بندی را روی شکل (۷۷ـ۲) مشخص کنید.

$Z_1 = Z_{st} = ?$

$q_{st} = \frac{Z_{st}}{2P} = ?$

$q_s = \frac{Z_s}{2P} = ?$

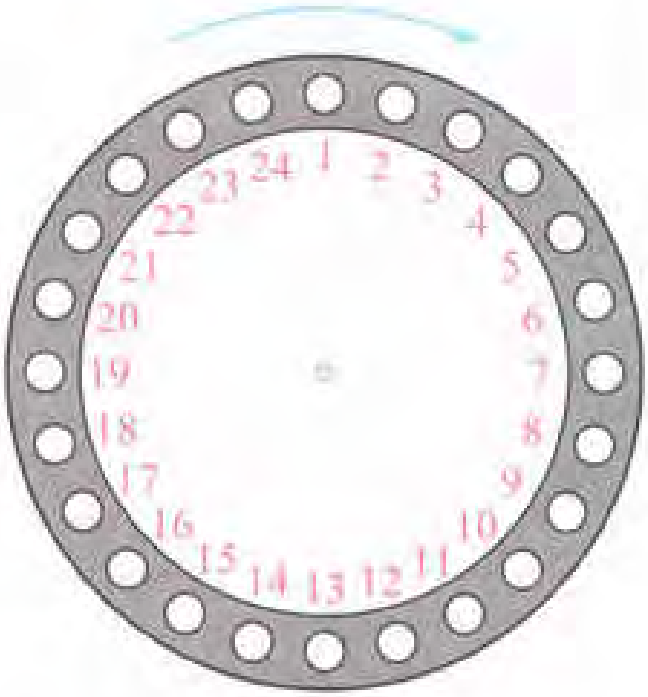
$\alpha_{es} = \frac{P \times 360}{Z} = ?$

$U_1 = ?\quad W_1 = 1 + \frac{q_s}{\alpha_{es}} = ?$

$Y_s = Y_p - \frac{q_{st}}{2} = ?$

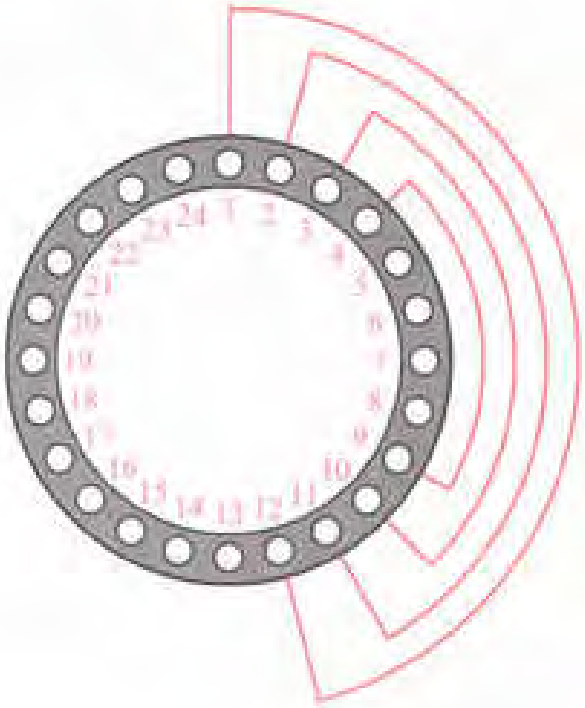
جدول ۷۶ـ۲

m / 2p	U_1 ، U_2	W_1 ، W_2
N		
S		



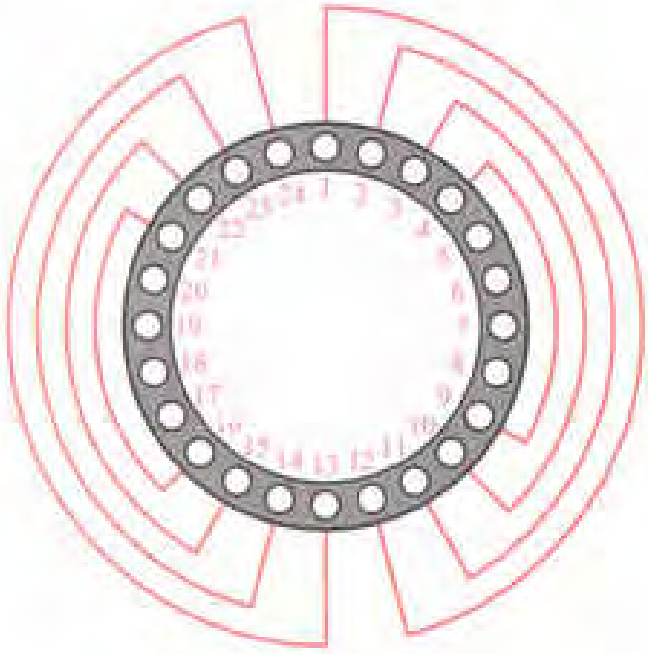
شکل ۷۷ـ۲

۱۲ـ گروه کلاف اول را در شیارهای، ۴ـ۹، ۳ـ۱۰، ۲ـ۱۱ و ۱ـ۱۲ قرار دهید (شکل ۷۸ـ۲).



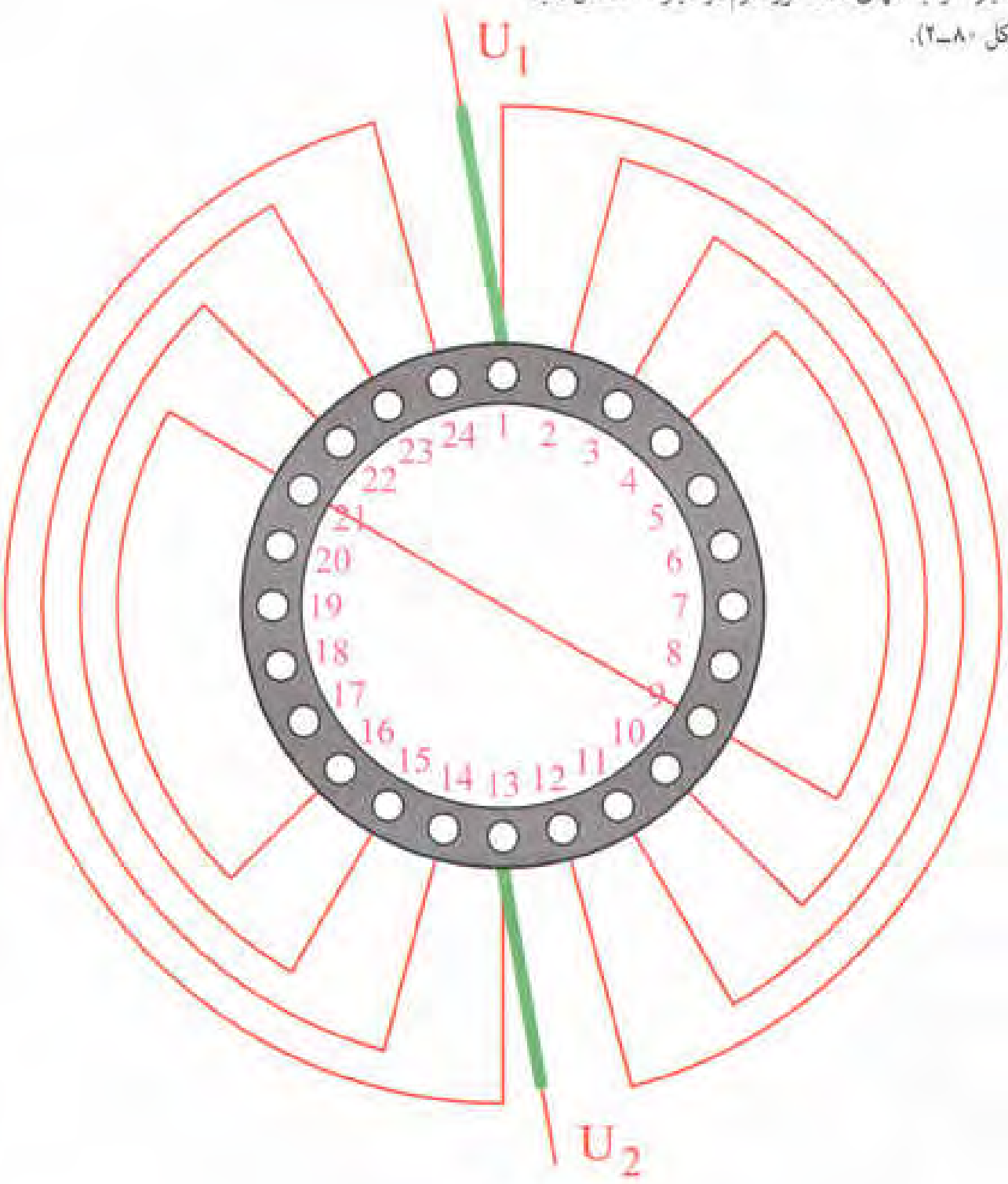
شکل ۷۸ـ۲

۱۳ـ گروه کلاف دوم سیم‌پیچ اصلی را در شیارهای، ۱۶ـ۲۱، ۱۵ـ۲۲، ۱۴ـ۲۳ و ۱۳ـ۲۴ قرار دهید (شکل ۷۹ـ۲).



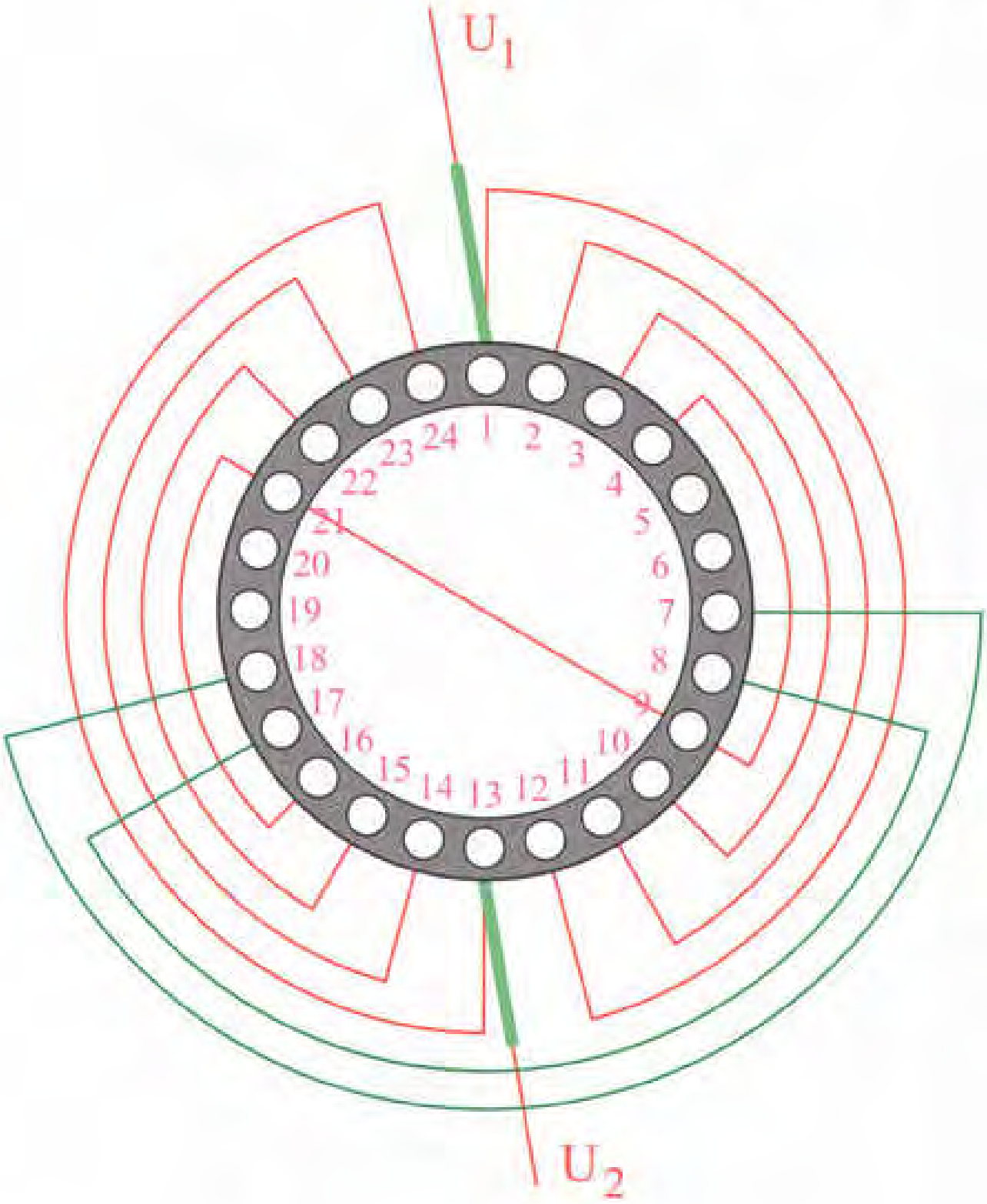
شکل ۷۹ـ۲

۱۴ـ سر کلاف خروجی از شیار شماره ۱ و شماره ۱۳ را به سیم افشان اتصال دهید و پس از لحیم‌کاری 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 ۸۰ـ۲).



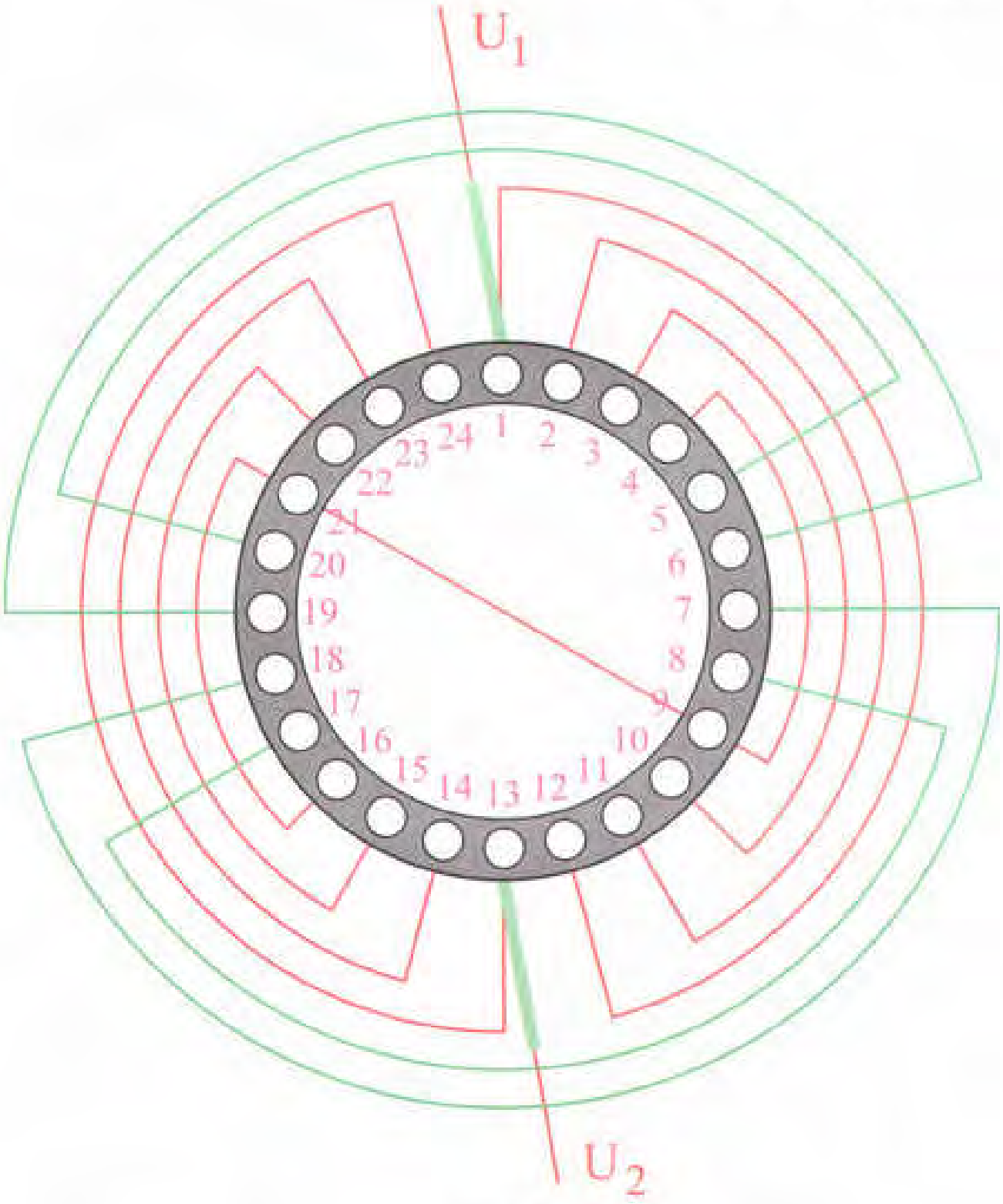
شکل ۸۰ـ۲

۱۵ـ اولین گروه کلاف سیم‌پیچ استارت را در شیارهای
۸ـ۱۷ و ۷ـ ۱۸ قرار دهید (شکل ۸۱ـ۲).



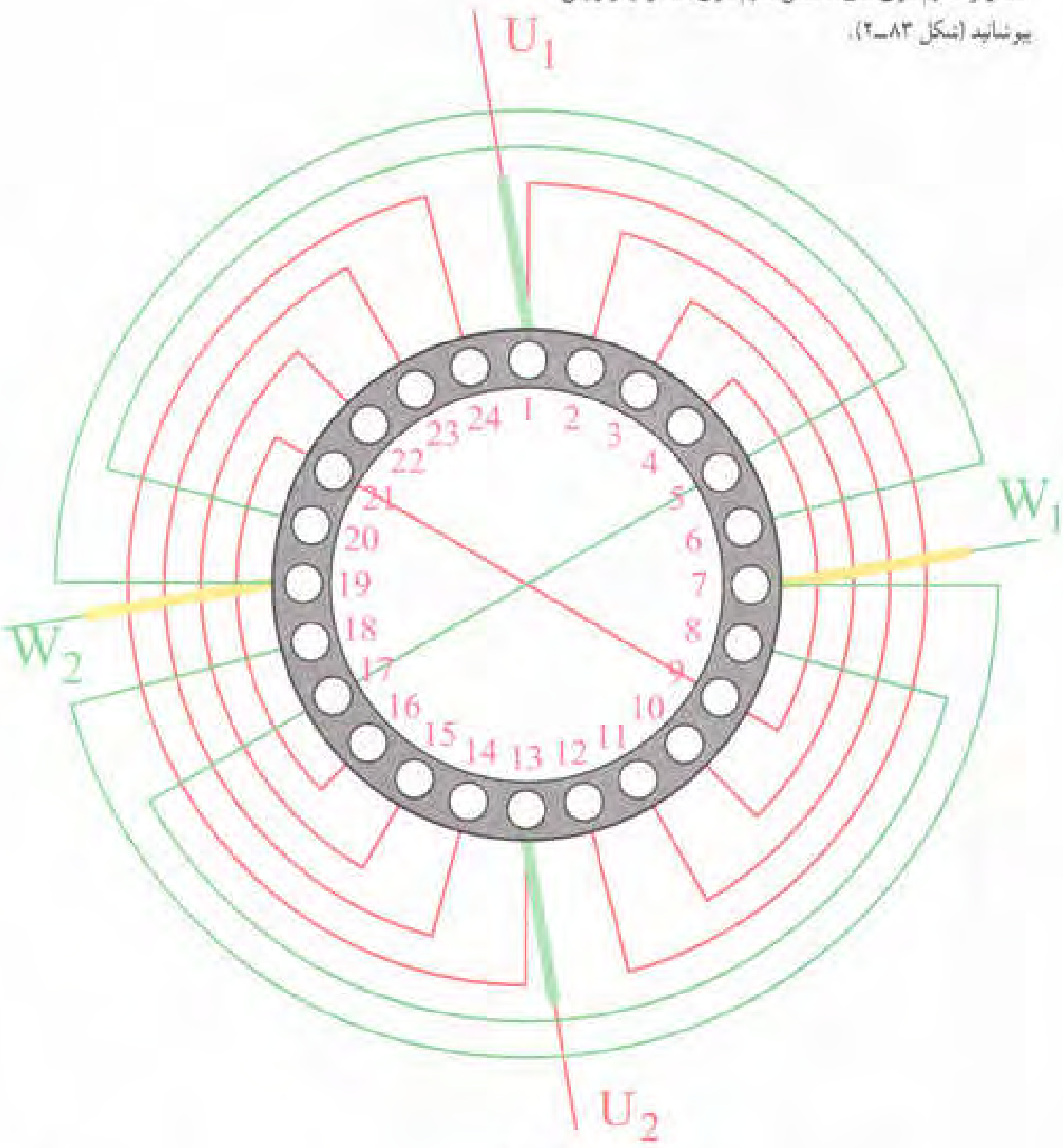
شکل ۸۱ـ۲

۱۶ـ دومین گروه کلاف سیم‌پیچ استارت را در شیارهای
۲۰ـ۵ و ۱۹ـ۶ قرار دهید (شکل ۸۲ـ۲).



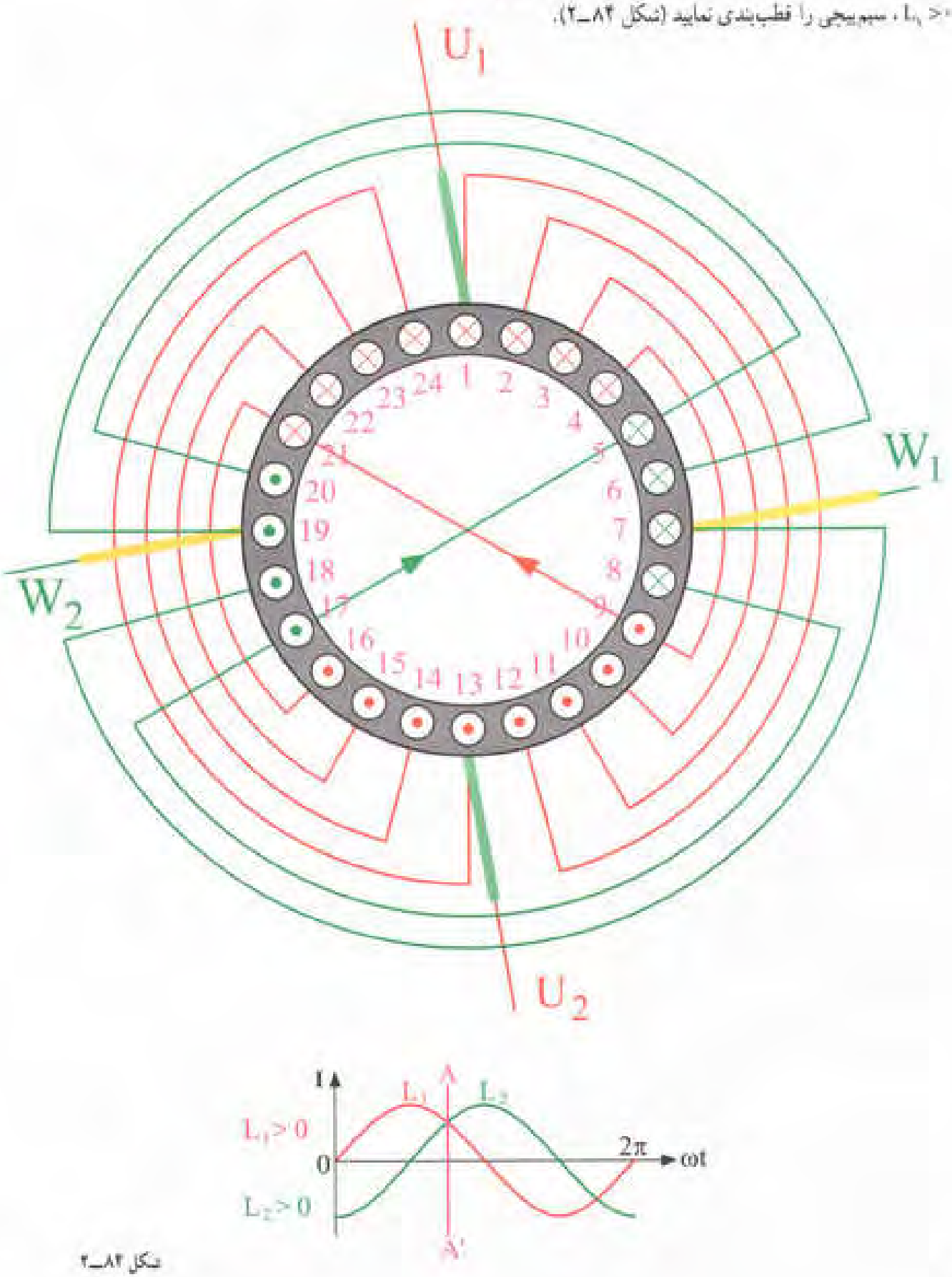
شکل ۸۲ـ۲

۱۷ـ سر کلاف‌های خروجی از شیارهای شماره ۷ و شماره ۱۹ را به سیم‌افشان اتصال دهید. پس از لحیم‌کاری و گذراندن وارنیش مناسب بر روی آن‌ها، برجسب 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 لحیم‌کاری نمایید. محل لحیم‌کاری شده را با وارنیش بپوشانید (شکل ۸۳ـ۲).



شکل ۸۳ـ۲

۱۸ـ برای اطمینان از سربندی صحیح و تشکیل قطب‌ها، روی نقشه‌ای که آماده کرده‌اید براساس موقعیت $L_1 > 0$ و $L_2 > 0$، سیم‌پیچی را قطب‌بندی نمایید (شکل ۸۴ـ۲).



شکل ۸۴ـ۲

آزمون پایانی (۲)

۱ـ وجوه مشترک و تفاوت‌های سیم‌پیچی موتورهای یک فاز، طرح دو فاز و موتورهای سه فاز را بیان کنید.

۲ـ 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 به‌دست آورید.

۳ـ مراحل انجام کار سیم‌پیچی موتور یک فاز ۱۲ شیار ۲ قطب طرح دو فاز را بیان کنید. جداول و نقشه‌ی اجرایی آن را به‌صورت متحدالمرکز به ازای قطب به‌دست آورید.

۴ـ 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 به‌صورت متحدالمرکز به ازای قطب به‌دست آورید.

۵ـ 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؟

۶ـ برای هر دور از سیم‌پیچی موتورهای یک فاز لازم است از یک ..... و یک سیم‌پیچ ..... استفاده نمود.

۷ـ چرا در موتورهای کولرهای آبی فقط برای سیم‌پیچ دور تند، سیم‌پیچ استارت منظور می‌کنند؟

۸ـ به چند روش می‌توان سرعت موتورهای یک فاز را تغییر داد؟

۹ـ 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

راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز در جریان متناوب تک‌فاز

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

۱ـ ظرفیت خازن مورد نیاز موتور سه‌فاز را، در جریان متناوب تک‌فاز انتخاب کند.

۲ـ تغییرات توان موتور سه‌فاز را در جریان متناوب یک فاز شرح دهد.

۳ـ موتور سه‌فاز را در جریان متناوب تک‌فاز به‌کار اندازد.

پیش آزمون (۳)

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

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۵۰ ۴) ۷۰

۲ـ برای تغییر جهت گردش موتور سه‌فازی که در جریان متناوب تک فاز کار می‌کند، کافی است:

۱) جای فاز و نول را در ترمینال‌های موتور عوض کنیم.

۲) اتصال دوسر خازن را در ترمینال‌ها عوض کنیم.

۳) یک سر خازن را بین فاز و نول جابه‌جا کنیم.

۴) تعویض جهت گردش امکان‌پذیر نیست.

۳ـ تغییرات توان موتور سه‌فاز، وقتی که در جریان متناوب تک‌فاز کار می‌کند کدام است؟

۱) افزایش ۲) کاهش ۳) تغییر نمی‌کند ۴) در راه‌اندازی کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۴ـ موتور سه‌فاز ۳۸۰۷/۲۲۰۷ در جریان متناوب سه فاز ۳۸۰ ولت اتصال ..... و در جریان متناوب تک‌فاز ۲۲۰ ولت اتصال ..... دارد.

۱) ستاره ـ مثلث ۲) ستاره ـ ستاره ۳) مثلث ـ مثلث ۴) مثلث ـ ستاره

۱ــ۳ــ مقدمه

سادگی ساختمان موتورهای سه‌فاز، ارزان بودن آن‌ها و کنترل ساده‌ی آن‌ها ایجاب می‌کند که در صنعت و سایر مصارف الکتریکی، حتی‌الامکان از موتورهای سه‌فاز استفاده شود. موتورهای سه‌فاز به علت آن که سیم‌پیچی آن‌ها براساس برق سه‌فاز و با ۱۲۰ درجه‌ی اختلاف فاز الکتریکی انجام می‌شود، زمانی توان نامی خود را ارائه خواهند داد که با برق سه‌فاز با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه‌ی الکتریکی تغذیه شوند؛ لذا اگر با برق غیراز سه فاز مثلاً دو فاز یا تک‌فاز راه‌اندازی شوند، با توان نامی کار نخواهند کرد. بنابراین اگر موتورهای سه‌فاز را در جریان متناوب تک‌فاز به‌کار ببریم اولاً با توان کمتر از نامی کار خواهند کرد و این توان ۷۰ الی ۸۰ درصد توان نامی خواهد بود. ثانیاً برای ایجاد اختلاف فاز بین فازها احتیاج به خازن می‌باشد.

۲ــ۳ــ محاسبات خازن جهت تبدیل موتورهای سه‌فاز به تک‌فاز

خازن مورد نیاز در راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز در جریان متناوب تک‌فاز به عوامل زیر بستگی دارد

۱ــ توان موتور

۲ــ 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 سه‌فاز در جریان متناوب تک فاز وجود دارد که به شکل زیر بیان می‌شود.

$$C = \frac{۲۴۱۸ \times I}{\omega \times U} \sin\varphi$$

ــ C ظرفیت خازن برحسب میکروفاراد

ــ I جریان نامی موتور سه‌فاز

ــ ω سرعت زاویه‌ای

ــ U ولتاژ برق جریان متناوب تک‌فاز

ــ $\sin\varphi$ ضریب توان غیرمؤثر موتور

مثال: الکتروموتور سه‌فازی با توان یک اسب‌بخار با

ضریب توان ۰/۷ و راندمان ۸۰٪ مفروض است. این موتور با ولتاژ ۳۸۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز کار می‌کند؛ می‌خواهیم آن را در جریان متناوب تک‌فاز به‌کار اندازیم. ظرفیت خازن مورد نیاز را به‌دست آورید.

$$P = 1HP = 1 \times 736 = 736W$$

$$\cos\varphi = 0/7 \quad , \quad \eta = 0/8$$

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

$$I = \frac{736}{\sqrt{3} \times 380 \times 0/8 \times 0/7} = 2A$$

$$\sin\varphi = \sqrt{1-\cos\varphi^2} = \sqrt{1-0/7^2} = 0/714$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3/14 \times 50 = 314 rad/s$$

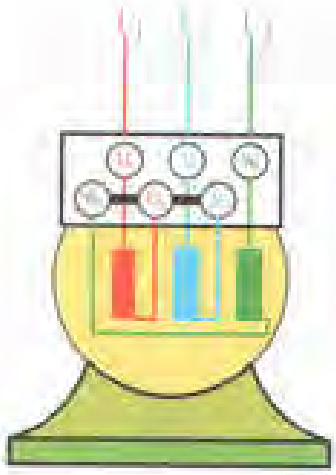
$$C = \frac{2 \times I \times 10^6}{\omega U} \sin\varphi = \frac{2 \times 2 \times 10^6}{314 \times 220} \times 0/714$$

$$C = 22\mu F$$

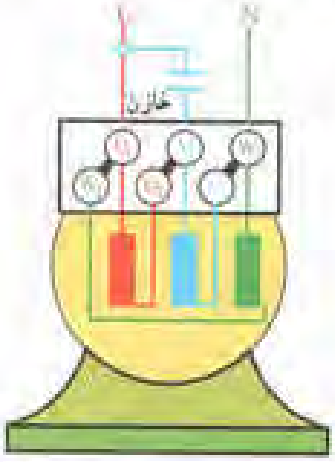
ظرفیت خازن به‌دست آمده را می‌توان با ۲۰٪ تلرانس انتخاب کرد. به‌طور کلی در راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز در جریان یک فاز ظرفیت خازن را برای هر اسب‌بخار ۵۰ میکروفاراد و برای هر کیلووات ۷۰ میکروفاراد درنظر می‌گیرند.

۳ـ۳ـ مدار الکتریکی تبدیل الکتروموتورهای سه‌فاز به تک فاز

اتصال موتورهای سه‌فاز، در جریان متناوب تک فاز، به‌صورت ستاره و مثلث انجام می‌شود. اگر روی پلاک موتوری ۳۸۰/۲۲۰V نوشته شده باشد در جریان سه‌فاز شبکه‌ی برق ایران اتصال آن به‌صورت ستاره می‌باشد (شکل ۱ـ۳). ولی در جریان متناوب تک‌فاز این موتور اتصال مثلث خواهد داشت و می‌تواند حدود ۸۰ درصد توان نامی خود را تحویل دهد (شکل ۲ـ۳).

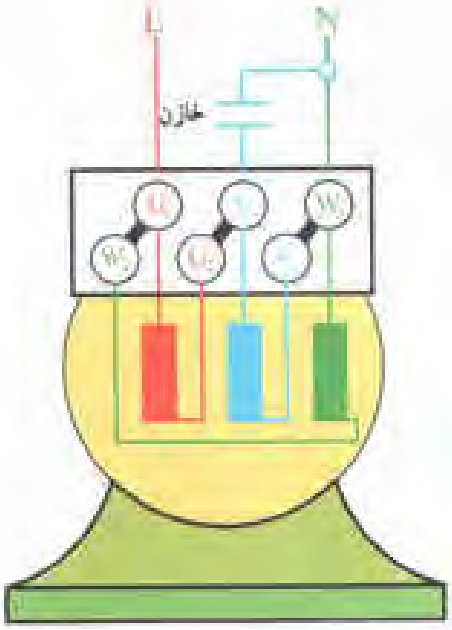


شکل ۱ـ۳ـ اتصال ستاره در سه فاز



شکل ۲ـ۳ـ 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 (۳ـ۳) جهت گردش موتور برخلاف جهت گردش این موتور در شکل (۲ـ۳) است.



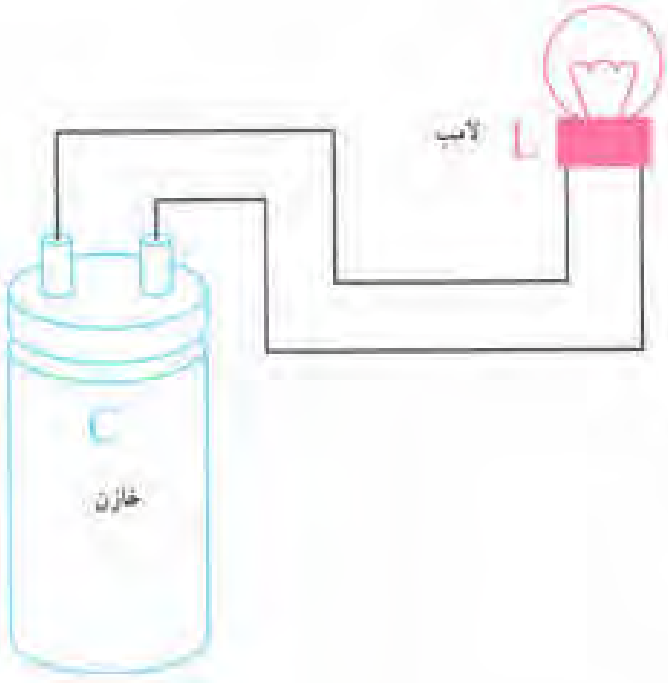
شکل ۳ـ۳ـ موتور چپ‌گرد با اتصال مثلث در جریان تک‌فاز

۴ـ۳ـ 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 شخصی مطمئن شوید. قبل از اتصال خازن به ترمینال‌های موتور یا اتصال دوسر آن، توسط یک لامپ، آن را کاملاً تخلیه کنید. نکات ایمنی عمومی را کاملاً رعایت کنید.



وسایل و ابزار مورد نیاز

۱ـ موتور سه‌فاز کمتر از یک کیلووات

۲ـ آمپرسنج جریان متناوب با رنج (۱۵ـ۰) آمپر

۳ـ وات‌متر

۴ـ خازن با ظرفیت‌های مختلف

۵ـ تابلو کار

۶ـ کاغذ

۷ـ مداد و پاک‌کن

مراحل انجام کار

۱ـ اطلاعات موتور را از روی پلاک یادداشت کنید.

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

۲ـ جریان موتور را حساب کنید.

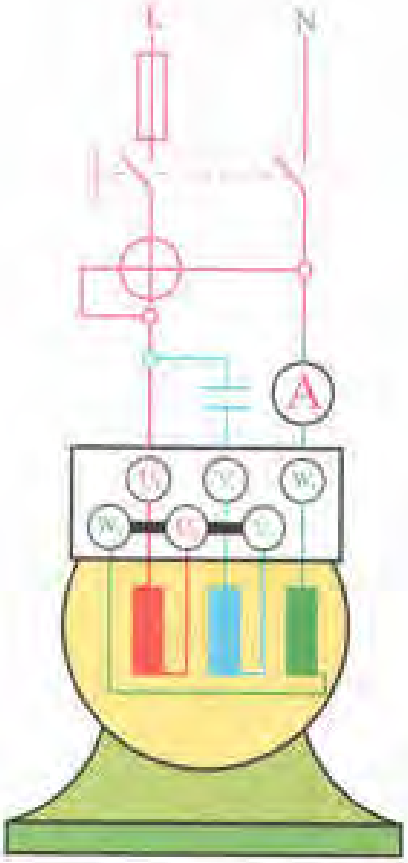
$$I=\frac{P}{\sqrt{3}U_1\,\eta\cos\varphi}=?$$

۳ـ ظرفیت خازن مورد نیاز را به‌دست آورید.

$$C=\frac{۲۷۴۱\times۱۰^{۶}}{\omega U}=?$$

۴ـ خازنی انتخاب کنید که حداقل ۴۲۰ ولت را تحمل کند.

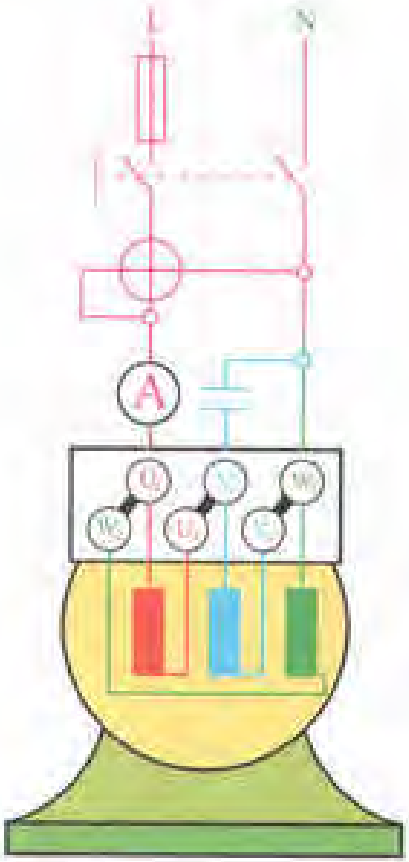
۵ـ مداری مطابق شکل(۴ـ۳) تشکیل دهید و آن را با احتیاط کامل به تابلوی برق اتصال دهید. پس از راه‌اندازی و در وضعیت ثابت کار موتور، مقداری را که وات‌متر و آمپرمتر نشان می‌دهند یادداشت کنید.



شکل ۴ـ۳

۶ـ مدار شکل (۵ـ۳) را تشکیل دهید. جهت گردش موتور و مقادیری را که دستگاه‌های اندازه‌گیری نشان می‌دهد، یادداشت کنید و آن‌ها را با آزمایش مرحله‌ی قبل مقایسه کنید.

۷ـ تحقیق کنید در کدام یک از آزمایش‌های ۵ و ۶، توان قرائت شده از وات‌متر به ۸۰٪ توان موتور نزدیک‌تر است.



شکل ۵ـ۳

آزمون پایانی (۳)

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

$P=\frac{3}{4}HP$ ، $\Delta/\lambda=380V/220V$ ، $\eta=0/75$

$\cos\phi=0/8$ ، $f=50Hz$

الف ـ برای راه‌اندازی این موتور در جریان متناوب یک فاز، به خازن چند میکروفارادی لازم است؟

ب ـ اتصال مجاز این موتور برای بهره‌برداری از حداکثر توان آن در شبکه‌ی جریان متناوب چگونه است؟

۲ـ از وسایل خانگی چه وسیله‌ای را می‌شناسید که در آن از موتور سه فاز استفاده شده باشد؟

۳ـ نقش خازن در راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز، در جریان متناوب تک فاز، چیست.

۴ـ در راه‌اندازی موتور سه فاز در جریان متناوب تک‌فاز یک سر خازن به ..... اتصال دارد و سر دیگر آن به ..... اتصال دارد.

۵ـ برای راه‌اندازی موتور سه فاز ۵۰۰ واتی در جریان متناوب تک‌فاز به خازن چند میکروفارادی احتیاج است؟

۱) ۲۵ ۲) ۷۰ ۳) ۵۰ ۴) ۳۵

پاسخ پیش آزمون‌ها

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

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

منابع و مآخذ

۱ـ محاسبه و طراحی موتورهای الکتریکی تک‌فاز اینورسال و سیم‌بندی آرمیچر

مؤلفان : مهندس علی عراقی ـ زنده یاد مهندس علی رحیمیان‌پرور

مهندس محمد حیدری ـ مهندس احمد معیری از انتشارات سیم لاکی فارس

۲ـ کولر آبی ـ ساختمان، تعمیر و نگهداری

مؤلفان : مهندس محمد حیدری ـ مهندس علی عراقی

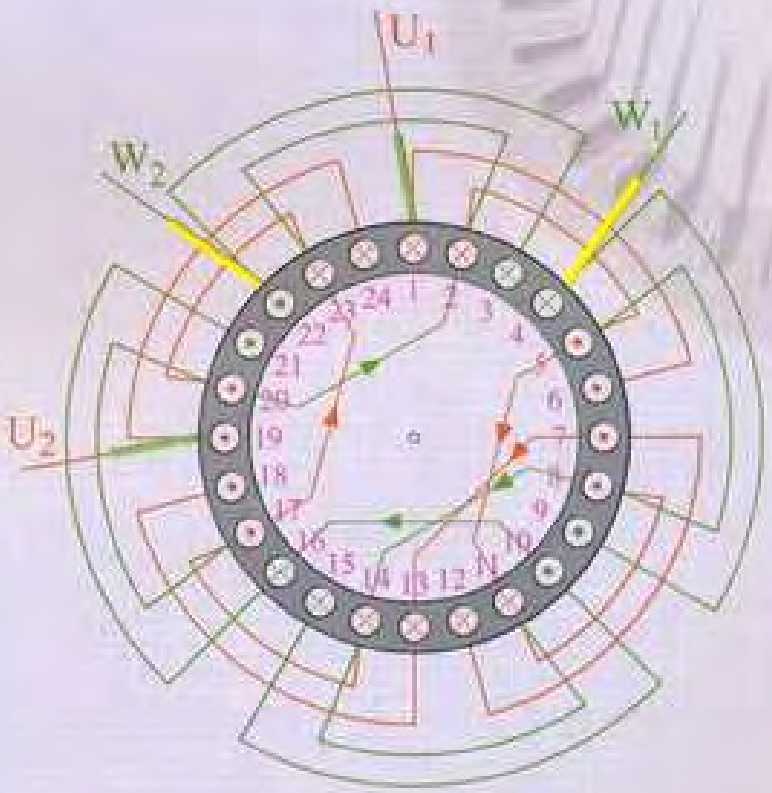
زنده یاد مهندس علی رحیمیان‌پرور ـ مهندس احمد معیری از انتشارات سیم لاکی فارس

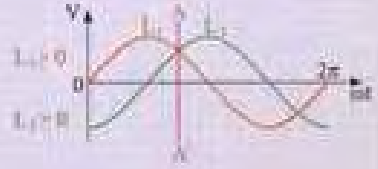
3- DESIGN OF ELECTRICAL MACHINES (DC&AC)

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	۳۰۴ـ۱۰۱ـ۱۰ـ۱	۹۳۷۶	تعمیرماشین‌های الکتریکی درجه ۲	۵۳/۴۸ـ ۸ و۷۵
۲	ماشین‌های الکتریکی (درجه ۱)	۳۰۵ـ۱۰۱ـ۱۰ـ۱	۹۳۷۵		





شابک ۰ - ۰۵ - ۱۲۵۴ - ۱۶۴
ISBN 964-05-1254-0

قیمت در تمام کشور ۶۰۰۰ ریال

۱۳۸۲