سیم‌پیچی حلقوی ساده با خصوصیات زیر شناسایی خواهد شد:

- گام کموتاتور $y_C = \pm 1$ است. در صورتی‌که $y_C = +1$ باشد سیم‌پیچی حلقوی ساده راست‌گرد است. در صورتی‌که $y_C = -1$ باشد سیم‌پیچی را حلقوی ساده چپ‌گرد می‌نامند.
- تعداد جاروبک‌ها برابر تعداد قطب‌ها می‌باشد. شکل (۱۱۱ ـ ۲)
- پهنای هر جاروبک با عرض تیغه کموتاتور برابر است. شکل (۱۱۳ ـ ۲)
- تعداد راه‌های جریان برابر تعداد قطب‌ها است. شکل (۱۱۲ ـ ۲)

روابط $y = y_1 - y_2$ و $y = y_C$ حاکم است. شکل (۱۰۸ ـ ۲)

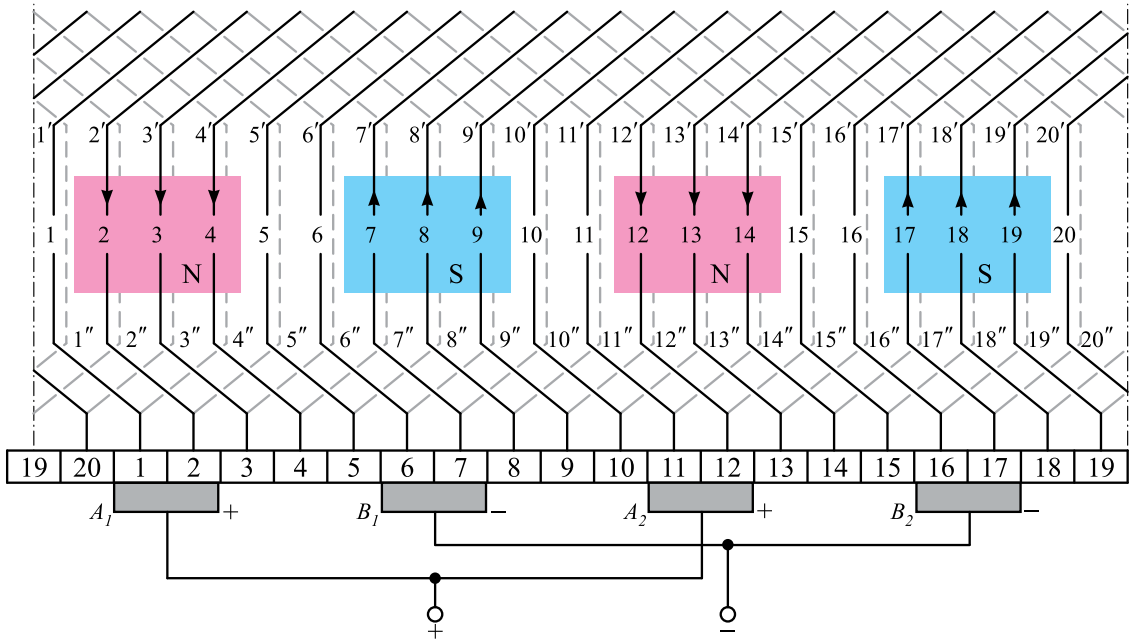
۲ ـ ۱۴ ـ ۲ سیم‌پیچی حلقوی مرکب

سیم‌پیچی حلقوی مرکب از m سیم‌پیچی حلقوی ساده مستقل از یک‌دیگر تشکیل می‌شود که با هم موازی شده‌اند و به همین دلیل نیز به آن مرکب گویند.

در بین اصطلاحات سیم‌پیچی آرمیچر، m را «درجه ترکیب» نامیده‌اند. m نشان می‌دهد سیم‌پیچی مرکب از چند سیم‌پیچی ساده تشکیل شده است. $m=1$ یعنی رتور دارای یک سیم‌پیچی حلقوی ساده می‌باشد و $m=2$ یعنی رتور دارای دو سیم‌پیچی حلقوی ساده است که در اصطلاح آن را «سیم‌پیچی حلقوی مرکب دوگانه» می نامند. این روند نام‌گذاری می‌تواند ادامه یابد.

در سیم‌پیچی حلقوی مرکب سر و ته کلاف‌های هر یک از سیم‌پیچی‌های حلقوی ساده به تیغه‌های کموتاتور به فاصله $\frac{m}{2}$ متصل می‌شوند. جاروبک نیز با پهنای خود تیغه‌های کموتاتور مجاور یک‌دیگر را به هم ارتباط می‌دهد. بدیهی است پهنای جاروبک m برابر عرض تیغه کموتاتور انتخاب می‌شود تا m سیم‌پیچی حلقوی ساده را با هم موازی کند.

دیاگرام گسترده سیم‌پیچی حلقوی مرکب دوگانه یک رتور ۲۰ شیار ۴ قطب در شکل (۱۱۵ ـ ۲) نشان داده شده است.



شکل ۱۱۵ ـ ۲ دیاگرام گسترده سیم‌پیچی حلقوی مرکب دو گانه رتور ۲۰ شیار چهار قطب

این سیم‌پیچی شامل دو سیم‌پیچی حلقوی ساده ۴ قطب است که مستقل از یک‌دیگر می‌باشند. لذا $m=2$ است. به همین دلیل آن را مرکب دوگانه نامیده‌اند. هر یک از این سیم‌پیچی‌های حلقوی ساده طبق رابطه (۹ ـ ۲) دارای ۴ راه جریان می‌باشند. پهنای جاروبک ۲ برابر عرض یک تیغه کموتاتور انتخاب شده است تا دو تیغه مجاور یک‌دیگر را به هم ارتباط دهد. بدین ترتیب دو سیم‌پیچی حلقوی ساده با یک‌دیگر موازی می‌شوند و آرمیچر دارای ۸ راه جریان می‌شود. مشاهده می‌شود تعداد راه‌های جریان به ۲ برابر تعداد قطب‌ها افزایش یافته است. بنابراین در حالت کلی تعداد راه‌های جریان از رابطه (۱۱ ـ ۲) به‌دست می‌آید.

$$a = m\mathrm{P} \qquad (۲-۱۱)$$

در این رابطه:

P تعداد قطب

m درجه ترکیب

a تعداد راه جریان

در شکل (۱۱۳ ـ ۲) گام کموتاتور ۲ است که با درجه ترکیب m برابر شده است. لذا در حالت کلی می‌توان از رابطه (۱۲ ـ ۲) گام کموتاتور سیم‌پیچی حلقوی را به‌دست آورد.

$$\mathrm{y}_C = \pm m \qquad (۲-۱۲)$$

در این رابطه:

m درجه ترکیب

$+m$ برای سیم‌پیچی راست‌گرد

$-m$ برای سیم‌پیچی چپ‌گرد

y_C گام کموتاتور

سیم‌پیچی حلقوی مرکب نسبت به سیم‌پیچی حلقوی ساده، دارای تعداد راه جریان بیش‌تری است لذا از آن در سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌هایی استفاده می‌شود که برای جریان خیلی زیاد طراحی شده‌اند.

فعالیت ۹ ـ ۲

گام‌های سیم‌پیچی شکل (۱۱۵ ـ ۲) را تعیین کنید.

با توجه به مطالب بخش‌های ۱ ـ ۱۴ ـ ۲ و ۲ ـ ۱۴ ـ ۲ می‌توان درباره سیم‌پیچی حلقوی به نکات زیر اشاره داشت:

- با استفاده از سیم‌پیچی حلقوی مرکب امکان استفاده از سیم‌پیچی آرمیچر در جریان‌های بیش‌تر فراهم می‌شود.
- درجه ترکیب m نشان می‌دهد که سیم‌پیچی آرمیچر از چند سیم‌پیچی ساده تشکیل شده است.
- گام کموتاتور $\mathrm{y}_C = \pm m$ است. علامت مثبت برای سیم‌پیچی راست‌گرد و علامت منفی برای سیم‌پیچی چپ‌گرد منظور می‌شود.
- تعداد جاروبک‌ها m برابر تعداد قطب‌ها است.
- پهنای هر جاروبک m برابر عرض تغیه کموتاتور می‌باشد.

- تعداد راه‌های جریان m برابر تعداد قطب‌ها است. یعنی $a = mP$
- گام سیم‌پیچی برابر است با $y = y_C$
- رابطه $y = y_1 - y_2$ همواره حاکم است.
- جریان هر راه جریان برابر است با $I_{a1} = \frac{I_A}{a}$

پرسش ۸ ـ ۲

۱ ـ تفاوت سیم‌پیچی‌های حلقوی و موجی از نظر شکل سیم‌پیچی را بنویسید.

۲ ـ دیاگرام گسترده دو کلاف از سیم‌پیچی حلقوی ساده را رسم کنید و گام‌های سیم‌پیچی را بر روی آن نشان دهید.

۳ ـ خصوصیات سیم‌پیچی حلقوی ساده را بنویسید.

۴ ـ خصوصیات سیم‌پیچی حلقوی مرکب را بنویسید.

۵ ـ تفاوت سیم‌پیچی حلقوی راست‌گرد با چپ‌گرد را با رسم شکل نشان دهید.

۶ ـ گام‌های سیم‌پیچی شکل (۱۱۱ ـ ۲) را تعیین کنید.

تمرین ۸ ـ ۲

۱ ـ برای رتور ۱۹ شیار یک ماشین جریان مستقیم که به‌صورت حلقوی ساده راست‌گرد با چهار قطب سیم‌پیچی شده است گام‌های سیم‌پیچی و تعداد راه‌های مسیر جریان را تعیین کنید.

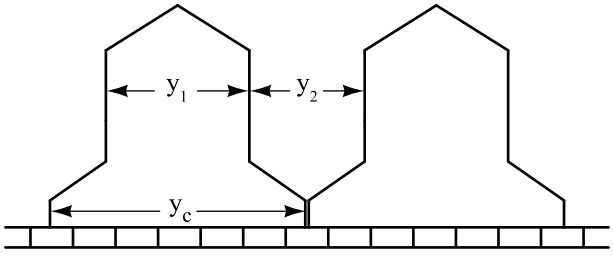
۲ ـ رتور ۱۵ شیار یک ماشین جریان مستقیم چهار قطب به صورت حلقوی مرکب سیم‌پیچی شده است. مطلوب است:

الف ـ گام‌های سیم‌پیچی

ب ـ تعداد راه‌های جریان

۳ ـ ۱۴ ـ ۲ ـ سیم‌پیچی موجی ساده

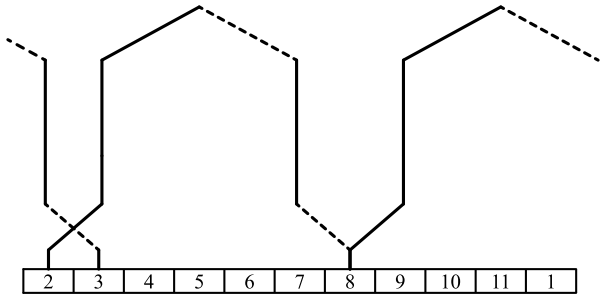
سربندی دو کلاف به تیغه‌های کموتاتور به صورت سیم‌پیچی موجی ساده به همراه گام‌های آن در شکل (۱۱۶ ـ ۲) نشان داده شده است.



شکل ۱۱۶ ـ ۲ دیاگرام گسترده دو کلاف از سیم‌پیچی موجی ساده

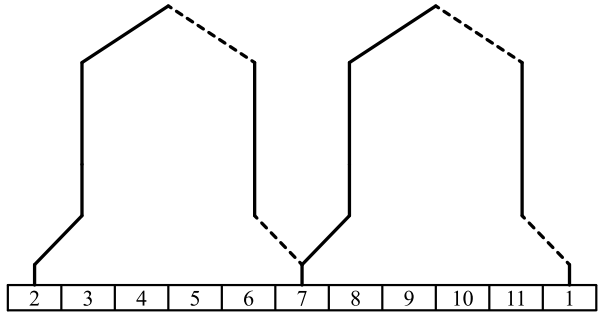
در این شکل مشاهده می‌شود سر و ته هر کلاف با فاصله‌ای زیاد به اندازه y_C به دو تیغه کموتاتور متصل می‌شود و ته هر کلاف محل اتصال سر کلاف بعدی خواهد شد و این روند ادامه می‌یابد تا این‌که سر و ته همه کلاف‌ها به تیغه‌های کموتاتور متصل می‌شوند.

سیم‌پیچی موجی نیز به دو صورت «راست‌گرد» یا «پیش‌رونده» و «چپ‌گرد» یا «پس‌رونده» سربندی می‌شود. سربندی دو کلاف به صورت راست‌گرد در شکل (۱۱۷ ـ ۲) نشان داده شده است. در سیم‌پیچی راست‌گرد ته کلاف دوم به تیغه کموتاتور سمت راست سرکلاف اول اتصال داده شده است.



شکل ۱۱۷ ــ ۲ سربندی دو کلاف سیم پیچی موجی به صورت راست‌گرد

سربندی دو کلاف به صورت چپ‌گرد در شکل (۱۱۸ ـ ۲) نشان داده شده است. در سیم‌پیچی چپ‌گرد ته کلاف دوم به تیغه کموتاتور سمت چپ سرکلاف اول اتصال داده شده است.



شکل ۱۱۸ ــ ۲ سربندی دو کلاف سیم‌پیچی موجی به صورت چپ‌گرد

دیاگرام دایره‌ای سیم‌پیچی موجی ساده چهار قطب رتور ۱۱ شیار با ۱۱ تیغه کموتاتور در شکل (۱۱۹ ـ ۲) نشان داده شده است.

رتور ۱۱ شیار و ۴ قطب دارد و از رابطه (۷ ـ ۲) گام قطبی به‌دست می‌آید:

$$y_p = \frac{S}{P} = \frac{11}{4} = 2/75$$

در این شکل یکی از کلاف‌ها پررنگ‌تر نشان داده شده است که آن را کلاف اول می نامیم. بازوی اول این کلاف در شیار ۱ رتور قرار دارد و بازوی دوم آن در شیار ۴ رتور قرار گرفته است. بین بازوی اول و دوم این کلاف ۳ شیار فاصله است و طبق تعریف، گام رفت $y_1 = 3$ می‌شود. چون گام رفت بزرگ‌تر از گام قطبی است سیم‌پیچی از نوع «گام بلند» می‌باشد.

سر کلاف اول به تیغه ۱ کموتاتور اتصال دارد. این کلاف در طی مسیری راست‌گرد پس از عبور از شیارهای ۱ و ۴ رتور، ته آن به تیغه ۶ کموتاتور متصل شده است. بین سر و ته این کلاف ۵ عایق از کموتاتور قرار دارد طبق تعریف، گام کموتاتور $y_C = +5$ می‌شود و سیم‌پیچی راست‌گرد است.

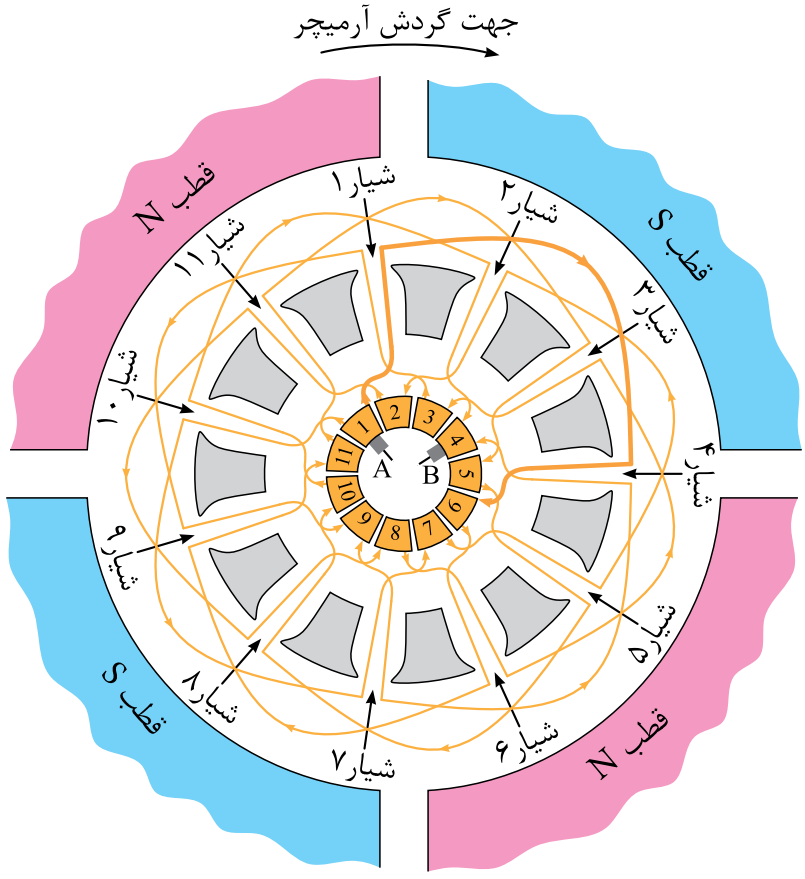
کلاف بعدی کلاف دوم نامیده می‌شود که بازوی اول آن در شیار ۶ و بازوی دوم این کلاف در شیار ۹ رتور قرار می‌گیرد. سر کلاف دوم به تیغه ۵ کموتاتور که ته کلاف اول به آن متصل شده بود، اتصال می‌یابد و ته آن به تیغه ۱۱ کموتاتور متصل می‌شود. این روند در جاگذاری کلاف‌های بعدی در شیارهای رتور و اتصال سرو ته آن‌ها به تیغه‌های کموتاتور ادامه می‌یابد تا آن‌که انتهای آخرین کلاف به ابتدای کلاف اول در تیغه ۱ وصل شود. بدین ترتیب سیم‌پیچی رتور به صورت موجی ساده تکمیل می‌شود.

بازوی دوم کلاف اول در شیار ۴ و بازوی اول کلاف دوم در شیار ۶ رتور قرار دارد. بین این دو بازو ۲ شیار فاصله است که طبق تعریف، گام برگشت $y_2 = 2$ می‌شود.

بازوی اول کلاف اول در شیار ۱ و بازوی اول کلاف دوم در شیار ۶ رتور قرار دارد بین این دو بازو ۵ شیار فاصله است و طبق تعریف، گام سیم‌پیچی $y = 5$ می‌شود.

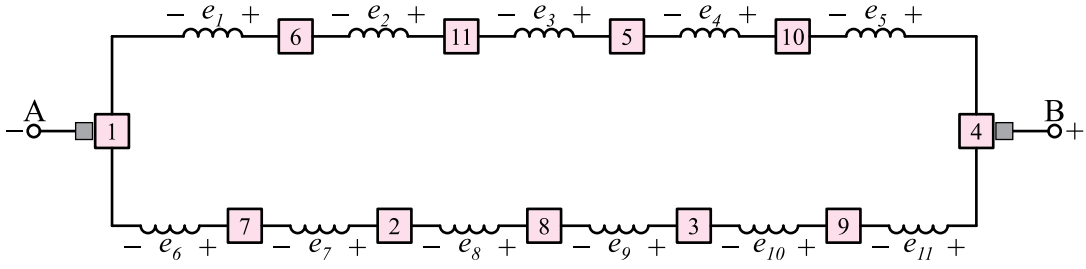
مطابق شکل این سیم‌پیچی موجی دو عدد جاروبک دارد که پهنای هر یک برابر با عرض تیغه کموتاتور است.

جاروبک‌هـا بـر روی تیغه‌هایـی از کموتاتـور قرار می‌گیرند کـه جریان کلاف‌ها به آن‌هـا وارد یا از آن‌ها خارج می‌شود. جریان از تیغه‌ی شمار ۱ کموتاتور خارج و به تیغه شـماره ۴ کموتاتور وارد می‌شود. لذا جاروبک A بـه روی تیغه شـماره ۱ و جاروبـک B به روی تیغه شماره ۴ کموتاتور قرار می‌گیرند.



شکل ۱۱۹ ـ ۲ دیاگرام مدور رتور ۱۱ شیار ۴ قطب با سیم‌پیچی موجی ساده

دیاگـرام خطی سـیم‌پیچی موجی سـاده مربوط به دیاگرام دایره‌ای شـکل (۱۱۷ ـ ۲) در شکل (۱۲۰ ـ ۲) نشان داده شده است.



شکل ۱۲۰ ـ ۲ دیاگرام خطی رتور ۱۱ شیار با قطب با سیم‌پیچی موجی ساده

در این شکل کلاف‌ها از طریق تیغه‌های کموتاتور با یک‌دیگر سری شده‌اند. با قرار گرفتن جاروبک‌ها به روی تیغه‌های کموتاتور دو مسیر شکل می‌گیرد و کلاف‌های آرمیچر در این دو مسیر توزیع می‌شوند.

جریـان ورودی به آرمیچر پـس از عبور از جاروبک بین این دو مسیر تقسیم می‌شود. هر یک از این مسیرها راهی برای عبور جریان است. لذا دو «راه جریان» ایجاد شده است. یعنی:

$$a = ۲ \qquad (۲-۱۳)$$

مشاهده می‌شود در سـیم‌پیچی موجی ساده تعداد راه‌های جریان مستقل از تعداد قطب‌ها می‌باشد و هیچ ارتباطی با یک‌دیگر ندارد.

با توجه به دیاگرام خطی شـکل (۱۲۰ ـ ۲) مشاهده می‌شود کلاف‌های سـیم‌پیچی آرمیچر در ۲ راه جریان توزیـع شـده‌اند. کلاف‌ها در هر راه جریـان با یک‌دیگر سری می‌شوند و نیروی محرکه القایی آن‌ها با یک‌دیگر جمع می‌شـود. کلاف‌های هر یک از این راه‌های جریان پس از این‌که با یک‌دیگر سـری شـدند بوسـیله اتصال جاروبک‌ها به تیغه‌های کموتاتور با هم موازی می‌شوند. بدین ترتیب جریان آرمیچر بین دو راه جریان تقسـیم می‌شود. اگر جریان هر مسـیر جریان $I_{A۱}$ آمپر باشد از آن‌جایی که آرمیچر ۲ راه جریان دارد لذا جریان آرمیچر $۲I_{A۱}$ آمپر خواهد شـد. بنابراین بیـن جریان آرمیچر و جریـان هـر راه جریان همـان رابطـه (۱۰ ـ ۲) برقرار است.

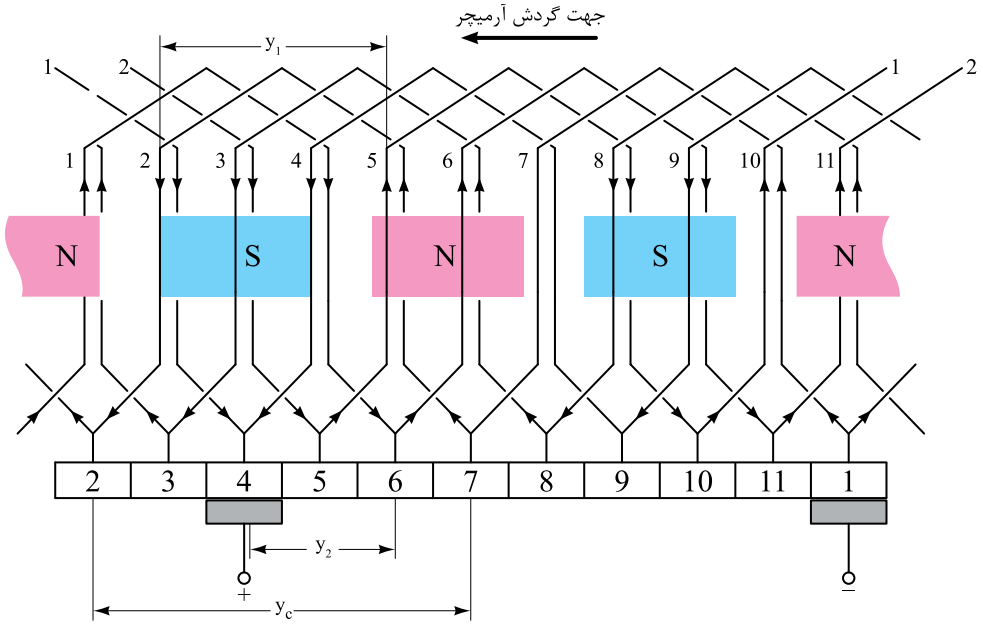
$$I_{a۱} = \frac{I_A}{a}$$

سـیم‌پیچی موجـی سـاده انتخاب مناسـبی برای آرمیچرهای ولتاژ زیاد و جریان نسـبتاً کم می‌باشد. زیرا در سیم پیچی موجی در هر راه جریان تعداد بیش‌تری از کلاف‌ها با هم سری می‌شوند و سیم‌پیچی آرمیچر ولتاژ بیش‌تـری را خواهد داشـت. تعداد کـم راه‌های جریان امکان تحمل جریان‌های زیاد از سیم‌پیچی موجی ساده را سلب می‌کند.

دیاگرام گسترده سـیم‌پیچی موجی ساده مربوط به دیاگرام دایره‌ای شـکل (۱۱۹ ـ ۲) در شکل (۱۲۱ ـ ۲) نشان داده شده است.

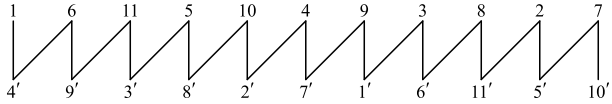
فعالیت ۱۰ـ ۲

گـام‌هـای سـیم‌پیچی y_C ، $y_۱$ ، $y_۲$ و y شـکل (۱۲۱ ـ ۲) را به‌دست آورید.



شکل ۱۲۱ ـ ۲ دیاگرام گسترده رتور ۱۱ شیار، ۴ قطب موجی ساده

دیاگرام سریع سیم‌پیچی موجی ساده مربوط به دیاگرام دایره‌ای شکل (۱۱۹ ـ ۲) در شکل (۱۲۲ ـ ۲) نشان داده شده است.



شکل ۱۲۲ ـ ۲ دیاگرام سریع رتور ۱۱ شیار چهار قطب با سیم‌پیچی موجی ساده

در دیاگرام سریع بازویی که در شیار در زیر قرار می‌گیرد با اعداد پریم‌دار نشان داده می‌شود.

سیم‌پیچی موجی ساده با خصوصیات زیر شناسایی خواهد شد:

- تعداد جاروبک‌ها ۲ عدد می‌باشد. شکل (۱۱۹ ـ ۲)
- پهنای هر جاروبک برابر عرض تیغه کموتاتور است. شکل (۱۲۰ ـ ۲)
- تعداد راه‌های جریان برابر ۲ می‌باشد. شکل (۱۲۰ ـ ۲)
- روابط $y = y_1 + y_2$ و $y = y_C$ حاکم است. شکل (۱۱۶ ـ ۲)

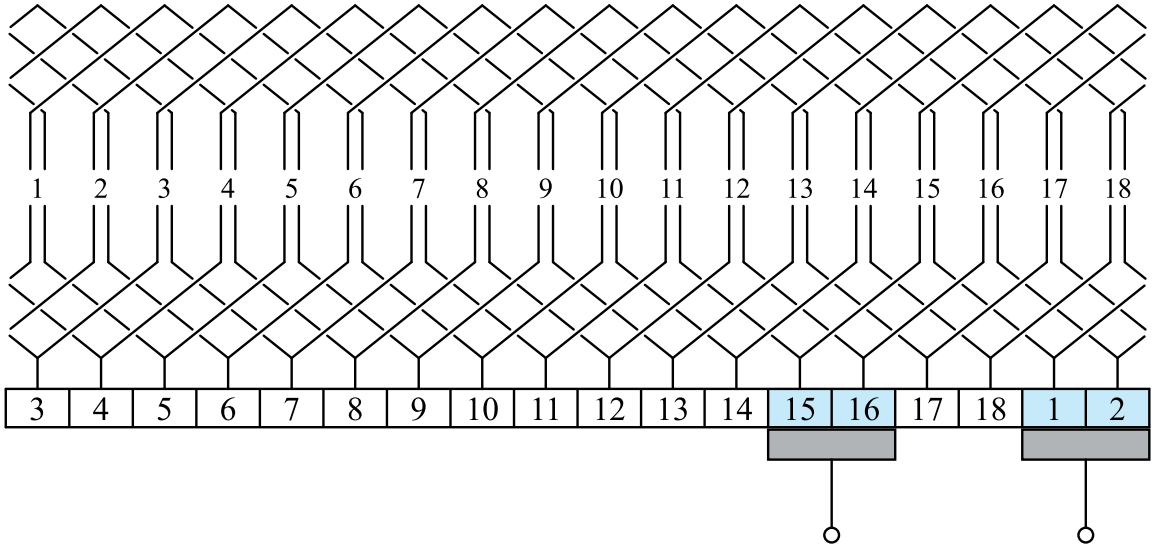
۴ ـ ۱۴ ـ ۲ ـ سیم‌پیچی موجی مرکب

سیم پیچی موجی مرکب از m سیم پیچی موجی ساده مستقل از یک‌دیگر تشکیل می‌شود که با هم موازی شده‌اند. و به همین دلیل نیز به آن مرکب گویند. در این سیم‌پیچی نیز m نشان می‌دهد سیم‌پیچی مرکب از چند سیم‌پیچی ساده تشکیل شده است. $m=1$ یعنی رتور دارای یک سیم‌پیچی موجی ساده است. $m=2$ یعنی رتور دارای دو سیم‌پیچی موجی ساده است که در اصطلاح آن را «سیم‌پیچی موجی مرکب دوگانه» می‌نامند. این روند نام‌گذاری می‌تواند ادامه یابد.

در سیم‌پیچی موجی مرکب سر و ته کلاف‌های هر یک از سیم‌پیچی‌های موجی ساده به تیغه‌های کموتاتور به فاصله $\frac{m}{2}$ متصل می‌شوند.

جاروبک نیز با پهنای خود تیغه‌های کموتاتور مجاور یک‌دیگر را به هم ارتباط می‌دهد. بدیهی است پهنای جاروبک m برار عرض تیغه کموتاتور انتخاب می‌شود تا m سیم‌پیچی موجی ساده را با هم موازی کند.

دیاگرام گسترده سیم‌پیچی موجی مرکب دوگانه یک رتور ۱۸ شیار ۴ قطب در شکل (۱۲۳ ـ ۲) نشان داده شده است.



شکل ۱۲۳ ـ ۲ دیاگرام گسترده سیم‌پیچی موجی مرکب دوگانه رتور ۱۸ شیار ۴ قطب

این سیم‌پیچی شامل دو سیم‌پیچی موجی ساده ۴ قطب است که مستقل از یک‌دیگر می‌باشند؛ لذا $m=۲$ است. به همین دلیل آن را مرکب دوگانه نامیده‌اند. هر یک از این سیم‌پیچی‌های موجی ساده طبق رابطه (۱۳ ـ ۲) دارای ۲ راه جریان می‌باشند. پهنای جاروبک ۲ برابر عرض یک تیغه کموتاتور انتخاب شده است تا دو تیغه مجاور یک‌دیگر را به هم ارتباط دهد. بدین ترتیب دو سیم‌پیچی موجی ساده با یک‌دیگر موازی می‌شوند و سیم‌پیچی آرمیچر دارای ۴ راه جریان می‌شود. مشاهده می‌شود تعداد راه‌های جریان به ۲ برابر تعداد راه‌های جریان سیم‌پیچی موجی ساده افزایش یافته است. بنابراین در حالت کلی تعداد راه‌های جریان از رابطه (۱۴ ـ ۲) به‌دست می‌آید.

$$a = ۲m \qquad (۲-۱۴)$$

در این رابطه:

m درجه ترکیب

a تعداد راه جریان

فعالیت ۱۱ ـ ۲

گام‌های سیم‌پیچی y_C ، $y_۱$ ، $y_۲$ و y را در شکل (۱۲۳ ـ ۲) به‌دست آورید.

گام کلکتور در سیم‌پیچی‌های موجی اعم از ساده یا مرکب از رابطه (۱۵ ـ ۲) محاسبه می‌شود.

$$y_C = \frac{۲(c \pm m)}{P} \qquad (۲-۱۵)$$

در این رابطه:

c تعداد تیغه‌های کموتاتور

m درجه ترکیب

$+m$ برای سیم‌پیچی راست‌گرد

$-m$ برای سیم‌پیچی چپ‌گرد

P تعداد قطب

y_C گام کموتاتور

سیم‌پیچی موجی مرکب نسبت به موجی ساده، دارای تعداد راه جریان بیش‌تری است. لذا سیم‌پیچی آرمیچر می‌تواند جریان بیش‌تری داشته باشد. ضمن این‌که تغییری در ولتاژ سیم‌پیچی آرمیچر با سیم‌پیچی موجی مرکب نسبت به موجی ساده ایجاد نخواهد شد.

با توجه به مطلب بخش‌های ۳ ـ ۱۴ ـ ۲ و ۴ ـ ۱۴ ـ ۲ می توان درباره سیم‌پیچی موجی به نکات زیر اشاره داشت:

- با استفاده از سیم‌پیچی موجی مرکب امکان استفاده از سیم‌پیچی آرمیچر در جریان‌های بیش‌تر فراهم می‌شود.
- درجه ترکیب m نشان می‌دهد که سیم‌پیچی آرمیچر از چند سیم‌پیچی ساده تشکیل شده است.
- گام کموتاتور $y_C = \frac{۲(c \pm m)}{P}$ است. علامت مثبت برای سیم پیچی راست‌گرد و علامت منفی برای سیم پیچی چپ‌گرد منظور می‌شود.
- تعداد جاروبک‌ها به تعداد قطب‌ها بستگی ندارد و به‌طور ثابت ۲ عدد می‌باشد.

- پهنای هر جاروبک m برابر عرض تیغه‌های کموتاتور است.
- تعداد راه‌های جریان $a = ۲m$ می‌باشد.
- گام سیم‌پیچی برابر است با $y = y_C$
- رابطه $y = y_۱ + y_۲$ همواره حاکم است.
- جریان هر راه جریان برابر است با $I_{a۱} = \frac{I_A}{a}$

پرسش ۹ ـ ۲

۱ ـ دیاگرام گسترده دو کلاف از سیم‌پیچی موجی ساده را رسم کنید و گام‌های سیم‌پیچی را بر روی آن نشان دهید.

۲ ـ خصوصیات سیم‌پیچی موجی ساده را بنویسید.

۳ ـ خصوصیات سیم‌پیچی موجی مرکب را بنویسید.

۴ ـ تفاوت سیم‌پیچی موجی راست‌گرد با چپ‌گرد را با رسم شکل نشان دهید.

۵ ـ گام‌های سیم‌پیچی شکل (۱۱۷ ـ ۲) را به‌دست آورید.

تمرین ۹ ـ ۲

۱ ـ رتور ۱۱ شیار یک ماشین جریان مستقیم را به‌صورت موجی ساده چهار قطب چپ‌گرد سیم‌پیچی شده است مطلوب است:

الف ـ گام‌های سیم‌پیچی

ب ـ تعداد راه‌های جریان

۱۵ ـ ۲ ـ کمیت‌های الکتریکی سیم‌پیچی آرمیچر

کمیت‌های الکتریکی سیم‌پیچی آرمیچر شامل نیروی محرکه القایی، جریان، مقاومت الکتریکی و گشتاور است. نوع سیم‌پیچی آرمیچر یکی از عواملی است که در مقدار هر یک از این کمیت‌ها موثر است. با انتخاب نوع سیم‌پیچی مناسب می‌توان مقدار مطلوب هر یک از این کمیت‌ها را به‌دست آورد.

۱ ـ ۱۵ ـ ۲ ـ نیروی محرکه القایی

در روش‌های سیم‌پیچی مشاهده شد در هر راه جریان کلاف‌های سیم‌پیچی آرمیچر از طریق تیغه‌های کموتاتور با یک‌دیگر سری می‌شوند. لذا نیروی محرکه القایی هر کلاف e، در هر راه جریان، با یک‌دیگر جمع می‌شود. این موضوع در دیاگران گسترده بخوبی مشهود است. با مقایسه دیاگرام گسترده سیم‌پیچی‌های حلقوی و موجی شکل‌های (۱۱۲ ـ ۲) و (۱۲۰ ـ ۲) مشاهده می‌شود تعداد کلاف‌های هر راه جریان سیم‌پیچی موجی بیش‌تر از سیم‌پیچی حلقوی است. لذا نیروی محرکه القایی هر مسیر جریان در سیم‌پیچی موجی بیش‌تر از سیم‌پیچی حلقوی است. این موضوع بیانگر تاثیر نوع سیم‌پیچی بر نیروی محرکه القایی آرمیچر است.

نیروی محرکه القایی سیم‌پیچی آرمیچر، ناشی از گردش رتور در میدان مغناطیسی استاتور است. بنابراین در ماشین‌های جریان مستقیم در حالت موتوری یا ژنراتوری با گردش رتور، نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچی آرمیچر ایجاد خواهد شد.

نیروی محرکه القایی سیم‌پیچی ماشین‌های جریان مستقیم در حالت موتوری یا ژنراتوری از رابطه

(۱۶ ـ ۲) به‌دست می‌آید.

$$E_A = \frac{P}{a} \cdot Z \cdot \varphi \cdot \frac{n}{۶۰} \qquad (۲-۱۶)$$

در این رابطه:

n سرعت گردش رتور بر حسب دور بر دقیقه[۱] [RPM]

فوران هر قطب بر حسب وبر $[wb]$

Z تعداد هادی‌های درون شیارهای رتور

P تعداد قطب‌های استاتور

a تعداد راه جریان سیم‌پیچی آرمیچر

E_A نیروی محرکه القایی سیم‌پیچی آرمیچر بر حسب ولت [V]

مثال ۴ ـ ۲ ـ رتور یک ماشین جریان مستقیم دارای سیم‌پیچی حلقوی ساده، ۴ قطب و فوران هر قطب wb ۰/۱ دارای ۱۰۰۰ هادی در شیارهای رتور با سرعت RPM ۱۲۰۰ می‌گردد. نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچی آرمیچر چند ولت است؟

حل:

سیم‌پیچی حلقوی ساده است لذا $m=۱$ است.

در سیم‌پیچی حلقوی داریم: $a = mP$

$a = ۱ \times ۴ = ۴$

از رابطه (۱۶ ـ ۲) خواهیم داشت:

$$E_A = \frac{P}{a} \cdot Z \cdot \varphi \cdot \frac{n}{۶۰}$$

$$E_A = \frac{۴}{۴} \times ۱۰۰۰ \times ۰/۱ \times \frac{۱۲۰۰}{۶۰} = ۲۰۰\ [V]$$

فعالیت ۱۲ ـ ۲

نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچی آرمیچر مثال ۴ ـ ۲ را به ازای سیم‌پیچی موجی ساده به‌دست آورید. از مقایسه جواب‌ها چه نتیجه‌ای به‌دست می‌آید.

معمولاً رابطه (۱۶ ـ ۲) را در $\frac{۲\pi}{۲\pi}$ ضرب می‌کنند.

$$E_A = \frac{P}{a} \cdot Z \cdot \varphi \cdot \frac{n}{۶۰} \cdot \frac{۲\pi}{۲\pi} \qquad (۲-۱۷)$$

در رابطه (۱۷ ـ ۲) کمیت‌هایی که در یک ماشین جریان مستقیم ثابت هستند و در حین کار ماشین تغییر نمی‌کنند را ضریب ثابت K می‌نامند و واحد آن $\frac{۱}{rad}$ است.

$$K = \frac{P}{a} \cdot \frac{Z}{۲\pi} \qquad (۲-۱۸)$$

هم‌چنین در رابطه (۱۷ ـ ۲) حاصل $\frac{n \cdot ۲\pi}{۶۰}$ بیانگر سرعت زاویه‌ای ω می‌باشد. سرعت زاویه‌ای عبارت مقدار زاویه‌ای که رتور در مدت یک ثانیه طی می‌کند.

$$\omega = \frac{۲\pi n}{۶۰} \qquad (۲-۱۹)$$

در این رابطه:

n سرعت گردش رتور بر حسب دور بر دقیقه [PRM]

ω سرعت زاویه‌ای رتور بر حسب رادیان بر ثانیه $\left[\frac{rad}{sec}\right]$

با جایگزینی مقادیر K و ω از روابط (۱۸ ـ ۲) و (۱۹ ـ ۲) در رابطه (۱۷ ـ ۲) خواهیم داشت:

۱. Revolution Per Minute

$$E_A = K \cdot \varphi \cdot \omega \qquad (۲-۲۰)$$

رابطه (۲۰ ـ ۲) نشـان می‌دهد نیروی محرکه القایی در سـیم‌پیچی آرمیچر یک ماشین جریان مستقیم تابع سرعت رتور و فوران قطب‌های آن است.

مثال ۵ ـ ۲ ـ نیروی محرکه القایی در سـیم‌پیچی آرمیچر یک ماشـین جریان مستقیم با فوران هر قطب ۲۰ mwb و سـرعت رتور ۶۰۰ RPM برابر ۱۲۰ ولت است. ضریب ثابت ماشین چقدر است؟

حل:

واحـد فـوران به وبر تبدیل می‌شـود، لـذا خواهیم داشت:

$$\varphi = ۲۰ \times ۱۰^{-۳} [wb]$$

سـرعت زاویه از رابطه (۱۹ ـ ۲) به‌دست می‌آید؛ در صورتی‌که فرض شود $\pi = ۳$ خواهیم داشت:

$$\omega = \frac{۲\pi n}{۶۰}$$

$$\omega = \frac{۲ \times ۳ \times ۶۰۰}{۶۰} = ۶۰ \left[\frac{rad}{sec}\right]$$

از رابطه (۲۰ ـ ۲) ضریب ثابت به‌دست خواهد آمد.

$$E_A = K \cdot \varphi \cdot \omega$$

$$K = \frac{E}{\varphi \cdot \omega} = \frac{۱۲۰}{۲۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۶۰۰} = ۱۰ \left[\frac{۱}{rad}\right]$$

فعالیت ۱۳ ـ ۲

نیروی محرکه القایـی در سیم‌پیچی آرمـیچر مـثال ۵ ـ ۲ را در سـرعت ۹۰۰ RPM به‌دسـت آوریـد. از مقایسه جواب‌ها چه نتیجه‌ای به‌دست می‌آید؟

نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچی آرمیچر از رابطه (۲۱ ـ ۲) نیز قابل محاسبه است.

$$E_A = \frac{Z \cdot E_C}{a} \qquad (۲-۲۱)$$

در این رابطه:

E_A نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچی آرمیچر

Z تعداد هادی‌های درون شیارهای آرمیچر

a تعداد راه جریان سیم‌پیچی آرمیچر

E_C نیروی محرکه القایی در هر هادی آرمیچر

مثـال ۶ ـ ۲ ـ رتور یک ماشـین جریان مسـتقیم دارای سیم‌پیچی‌های حلقوی ساده چهار قطب می‌باشد. این سیم‌پیچی شامل ۲۰۰ هادی است و نیروی محرکه القایی هر هادی ۲ ولت می‌باشـد. نیروی محرکه القایی در سیم‌پیچی آرمیچر چند ولت است.

حل:

سیم‌پیچی حلقوی ساده است لذا $m=۱$ می‌باشد.

در سیم‌پیچی حلقوی داریم:

$$a = mP$$

$$a = ۱ \times ۴ = ۴$$

نیـروی محرکـه القایی در هر هادی ۲ ولت اسـت. یعنی:

$$E_C = ۲V$$

از رابطه ۲۱ ـ ۲ خواهیم داشت:

$$E_A = \frac{Z \cdot E_C}{a}$$

$$E_A = \frac{۲۰۰ \times ۲}{۴} = ۱۰۰ [V]$$