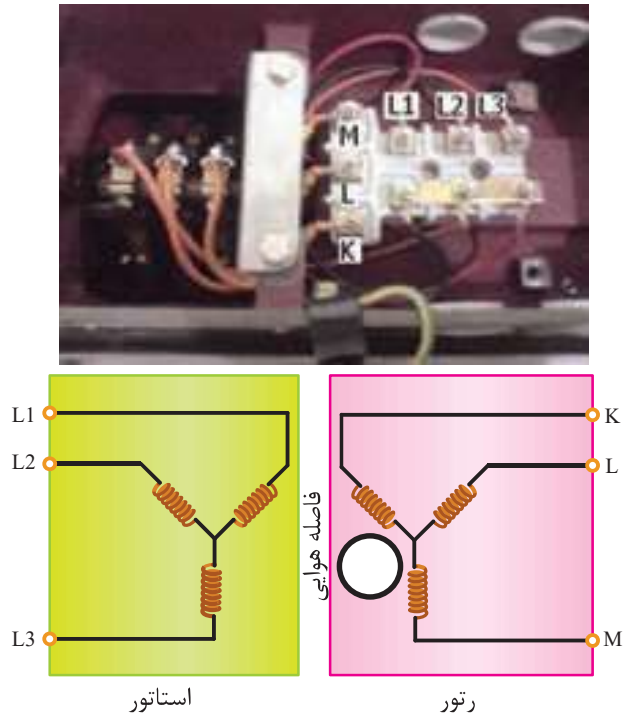
۲ــ۳ــ اساس کار موتورهای القایی

مطابق شکل (۱۰)، مدار الکتریکی موتور القایی سه فاز رتور سیم پیچی شده مانند یک ترانسفورماتور سه فاز است. در واقع هر دو از اثر القای نیروی محرکه در سیم پیچ طرف دیگر استفاده می کنند لذا به این موتورها، موتورهای القایی گفته می‌شود.

البته در ساختار موتور القایی بین سیم استاتور (اولیه) و رتور (ثانویه) علاوه بر هسته مغناطیسی، فاصله هوایی نیز وجود دارد و از آنجا که در قدرت‌های یکسان، نیروی محرکه مغناطیسی بیشتری جهت غلبه بر تلفات مکانیکی رتور و مقاومت مغناطیسی ناشی از فاصله هوایی بین استاتور و رتور مورد نیاز است، بنابراین در قدرت یکسان جریان بی باری موتورهای القایی نسبت به ترانسفورماتورها بیشتر می‌باشد.



شکل ۱۰ ــ مدار الکتریکی(پایین) و جعبه ترمینال(بالا) موتور القایی با رتور سیم پیچی شده

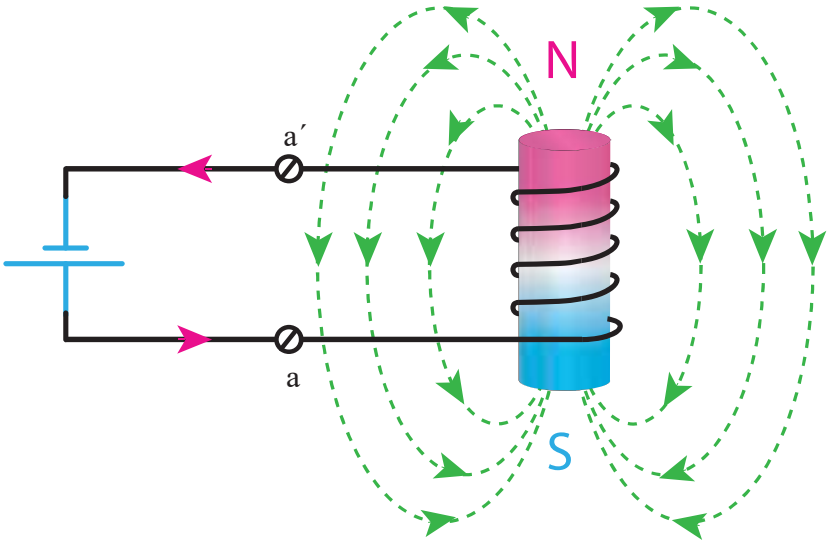
۳ــ۳ــ پدیده میدان دوار در ماشین‌های القایی

در این بخش پس از معرفی ساختار ماشین القایی سه فاز، ثابت می‌شود که چگونه با عبور جریان سه فاز از سه سیم پیچ استاتور ماشین القایی می‌توان میدان دوار ایجاد کرد به‌طوری که این میدان پیرامون هسته استاتور گردش نموده و بدین ترتیب شرایط لازم برای چرخش رتور را فراهم کند.

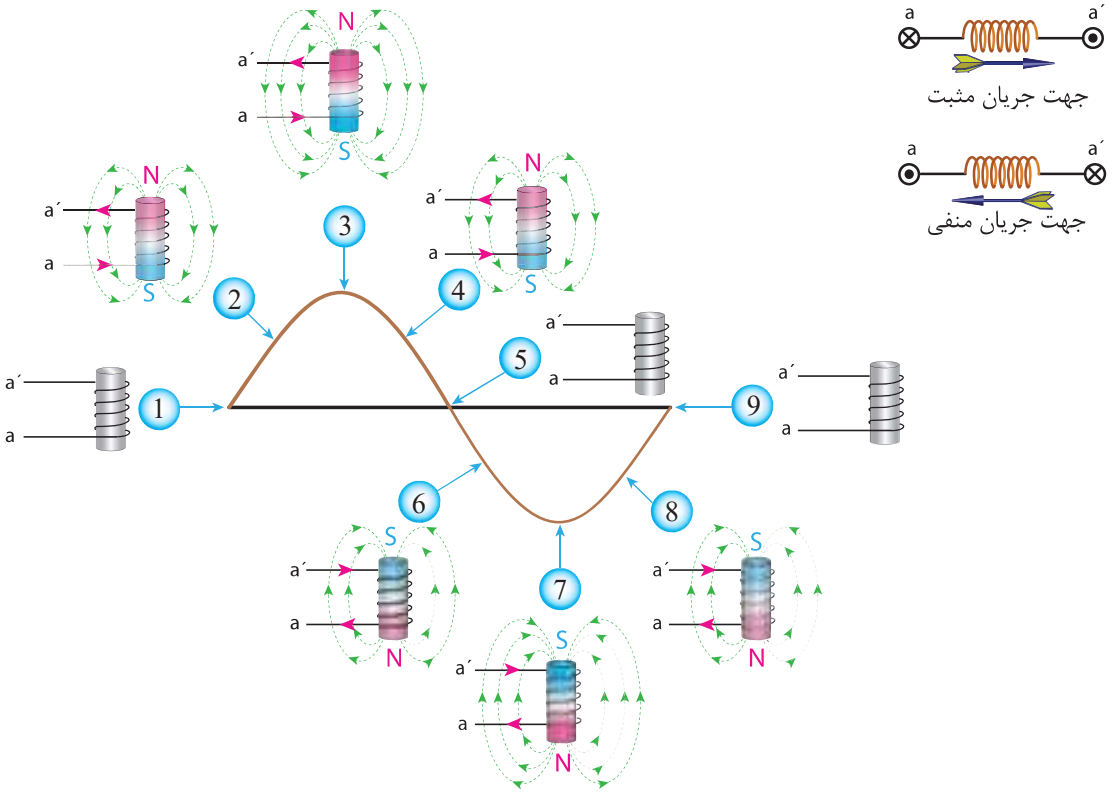
البته برای اثبات موضوع فوق از معادلات ریاضی بهره می‌گیرند ولی از آنجا که می‌توان این موضوع را با دلایل فیزیکی نیز شرح داد، لذا برای اثبات میدان دوار از تشریح فیزیکی میدان استفاده می‌گردد.

در آغاز انواع میدان‌های ایجاد شده توسط جریان‌های مستقیم و متناوب یادآوری می‌شود. مطابق شکل (۱۱) با عبور جریان DC از یک سیم‌پیچ می‌توان میدان ثابت ایجاد کرد. زیرا اندازه و جهت این میدان همواره ثابت است. همچنین با عبور

جریان متناوب تک فاز میدانی متغیر ایجاد می‌شود که به‌صورت ضربانی جهت آن در هر نیم سیکل مرتب تغییر می کند که به آن میدان ضربانی می‌گویند. جهت میدان‌های مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ در جریان متناوب تکفاز مطابق شکل (۱۲) می‌باشد.



شکل ۱۱ــ میدان مغناطیسی حاصل از منبع جریان مستقیم

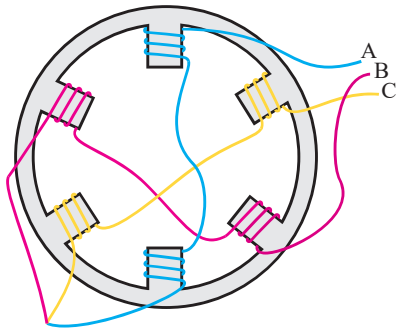


شکل ۱۲ــ جهت میدان مغناطیسی سیم پیچ در جریان متناوب

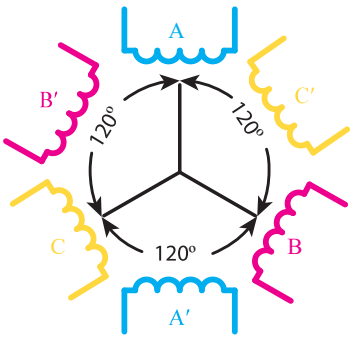
پیکان نشان داده شده در شکل ۱۲ جهت جریان فرضی وارد و خارج شده از سیم‌پیچ را نشان می‌دهد.

در ادامه نشان داده می‌شود که با عبور جریان‌های متناوب سه فاز در سه سیم‌پیچ مطابق شکل (۱۳) میدان‌های گردشی یا دوار ایجاد خواهد شد.

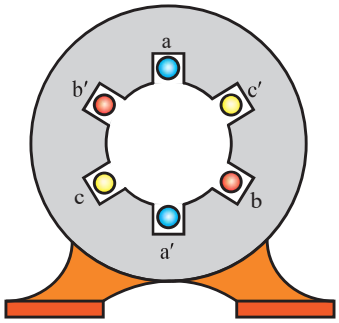
شکل (۱۳ــ الف) سیم‌بندی سه فازه ماشین القایی دوقطبی ساده را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۱۳ــ ب، ج)، سیم‌پیچ‌های سه فاز c,b,a در بدنه استاتور، با اختلاف ۱۲۰ درجه مکانی نسبت به یکدیگر جاسازی شده‌اند در این ماشین بازوی برگشت سیم‌پیچ‌های هر فاز استاتور، ماشین



الف)شمای واقعی با ماشین القایی با سیم پیچ متمرکز



ب) نمایش کلاف‌ها بر اساس موقعیت مکانی



ج) شمای تک حلقه سیم‌بندی ماشین القایی با سیم پیچ گسترده بر اساس موقعیت مکانی

د) شکل واقعی ماشین القایی سیم پیچ متمرکز مدل آزمایشگاهی

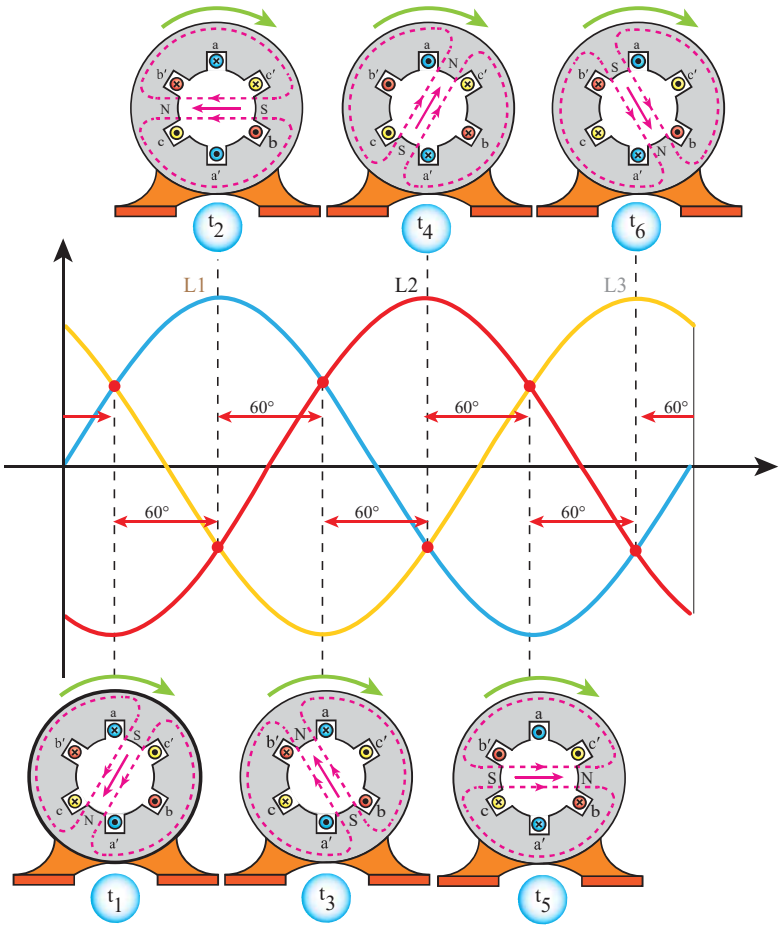
شکل ۱۳ــ ماشین القایی سه فاز

را به دو نیم تبدیل نموده است یعنی بازوی رفت سیم‌پیچ مثلاً a با بازوی برگشت آن یعنی a′، ۱۸۰ درجه اختلاف مکانی دارد بنابراین در این ماشین القایی میدان دو قطبی ایجاد می‌شود.

برای شروع انتهای سیم‌پیچ‌های سه فاز استاتور یعنی (a′,b′,c′) را با اتصال ستاره به هم متصل کرده و ابتدای آنها یعنی (a,b,c) را به منبع برق سه فاز با ولتاژ مناسب، وصل می‌کنند.

بلافاصله پس از اتصال برق سه فاز به سیم‌پیچ‌های استاتور، جریان الکتریکی در آن جاری می‌شود و سپس در هادی‌های هر سیم پیچ متناسب با جهت جریان عبوری از آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود.

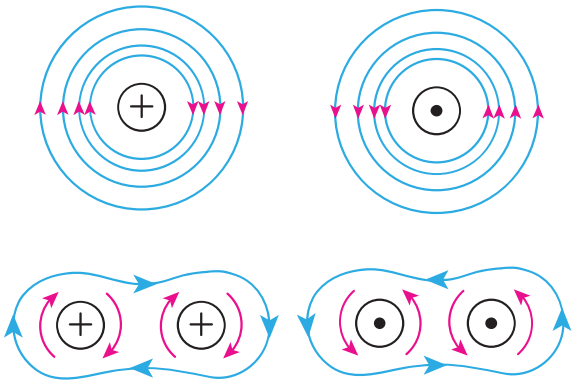
برای تحلیل آسان‌تر میدان دوار، اندازه و جهت جریان‌های سه فازه شکل (۱۴) در زمان‌های t_1 تا t_6 در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه فاصله هر یک از نمونه‌های زمانی ۶۰ درجه از یکدیگر می‌باشد. بنابراین با تحلیل این ۶ نقطه می‌توان گردش کامل میدان دوار را در مسیر دایره‌ای (یعنی ۳۶۰ درجه) بررسی نمود.



شکل ۱۴ــ میدان دوار استاتور در یک دوره تناوب

جدول (۱) تحلیل جهت جریان هر یک از سیم‌پیچ‌ها را در یک دوره تناوب شکل موج سه فاز نشان می‌دهد. جهت جریان هادی‌های هر شیار و وضعیت میدان‌های مغناطیسی استاتور در هر یک از زمان‌های t_1 تا t_6 به کمک جدول (۱) به‌دست می‌آید.

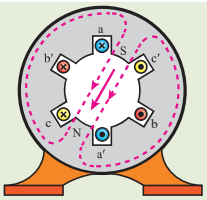
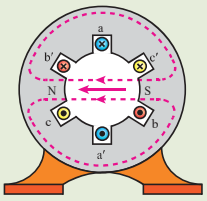
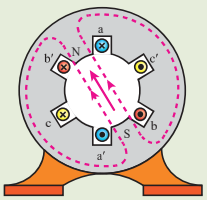
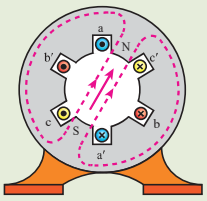
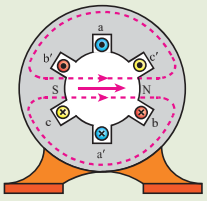
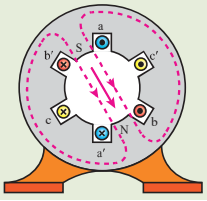
از آنجا که شیارهای استاتور، هادی‌های هر فاز را در خود جای داده‌اند و جهت جریان هادی‌های هر شیار در هر لحظه با توجه به فرض فوق قابل علامت‌گذاری هستند. لذا می‌توان جدول(۱) را کامل نمود. بنابراین با توجه به میدان مغناطیسی اطراف هادی‌های هم جوار، جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده در هر لحظه به‌دست می‌آید.



شکل ۱۵ــ میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان و دو سیم مجاور یا جریان هم جهت

به عنوان نمونه با توجه به شکل موج جریان‌های سینوسی سه فاز، در لحظه t_1، فاز a مثبت، فاز b منفی و فاز c مثبت است. پس علامت جهت جریان در ابتدای سیم‌پیچ a، ⊗ و در انتهای آن یعنی a′، ⊙ درج می‌شود. این علامت‌ها برای فازهای دیگر نیز به همین ترتیب در سطر مربوط به هر زمان قرار داده می‌شود. با در نظر گرفتن جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده از زمان t_1 تا t_6 می‌توان نتیجه گرفت که میدان مغناطیسی در هسته استاتور می‌چرخد. این میدان در حال گردش را میدان دوار می‌گویند.

جدول ۱ــ جهت جریان سیم پیچ‌های استاتور

	علامت جریان هر فاز			جهت جریان در مقاطع سیم پیچ						
	I_a	I_b	I_c	a	c′	b	a′	c	b′	
t_1	+	−	+	⊗	⊙	●	⊙	×	⊗	
t_2	+	−	−	⊗	⊗	●	⊙	⊙	⊗	
t_3	+	+	−	⊗	⊗	⊗	⊙	⊙	⊙	
t_4	−	+	−	⊙	⊗	⊗	⊗	⊙	⊙	
t_5	−	+	+	⊙	⊙	⊗	⊗	⊗	⊙	
t_6	−	−	+	⊙	⊙	●	⊗	⊗	⊗	

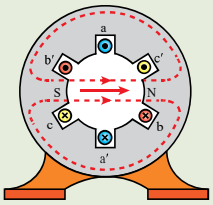
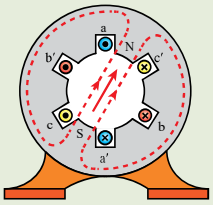
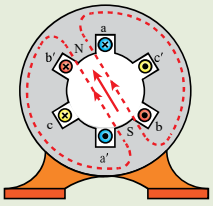
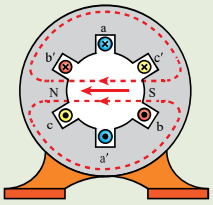
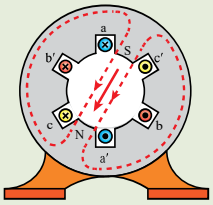
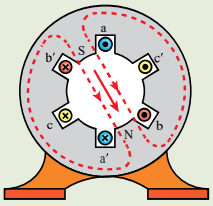
جهت گردش میدان →

۴ــ۳ــ تغییر جهت چرخشی میدان دوار

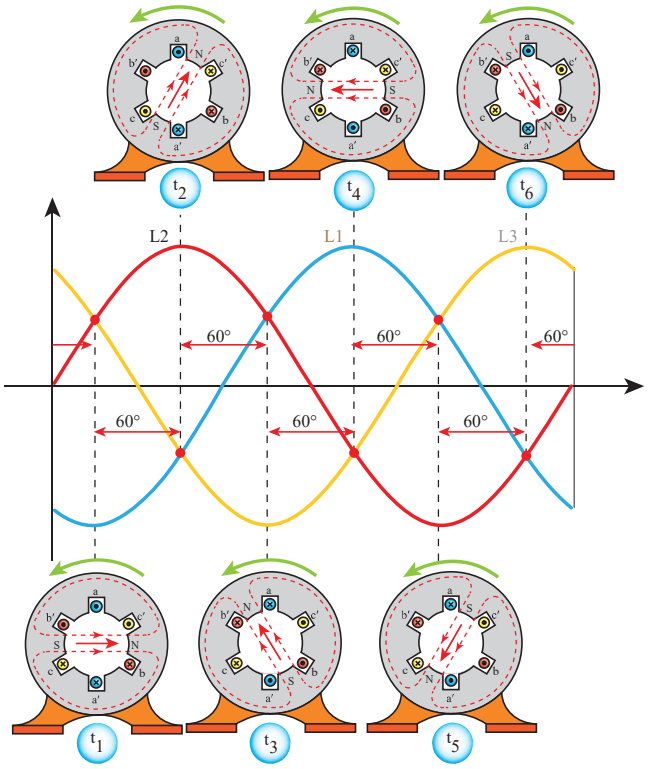
در صورتی که جای دو فاز از سه فاز متصل شده به ماشین القایی به اختیار عوض شود، میدان دوار ماشین القایی سه فاز تغییر جهت می‌دهد. این تغییر در جدول (۲) بر اساس شکل (۱۶) انجام شده است.

شکل (۱۶) جهت چرخش میدان مغناطیسی دوار را با تعویض جای فاز a و b نمایش می‌دهد. از این روش برای تغییر جهت گردش موتور القایی استفاده می‌شود.

جدول ۲ــ اثر تغییر جای دو فاز بر جهت میدان دوار

زمان	علامت جریان هر فاز			جهت جریان در مقاطع سیم پیچ						
	I_a	I_b	I_c	a	c′	b	a′	c	b′	
t_1	−	+	+	⊙	⊙	⊗	⊗	⊗	⊙	
t_2	−	+	−	⊙	⊗	⊗	⊗	⊙	⊙	
t_3	+	+	−	⊗	⊗	⊗	⊙	⊙	⊙	
t_4	+	−	−	⊗	⊗	●	●	⊙	⊗	
t_5	+	−	+	⊗	⊙	●	●	⊗	⊗	
t_6	−	−	+	⊙	⊙	⊗	⊗	⊗	⊗	

جهت گردش میدان ←



شکل ۱۶ــ جهت جریان سیم‌پیچ‌های استاتور و تغییر جهت میدان دوار در یک دوره تناوب

خود را بیازمایید

۱ــ چرا جریان بی‌باری موتورهای القایی بیشتر از ترانسفورماتورها می‌باشد؟

۲ــ آیا می‌توان با جریان مستقیم میدان دوار ایجاد کرد؟

۳ــ با توجه به علامت جریان‌های داده شده در جدول زیر، جهت جریان در سیم‌پیچ‌های ماشین القایی و جهت میدان دوار را تعیین کنید.

زمان	علامت جریان هر فاز			جهت جریان در مقاطع سیم‌پیچ					
	I_a	I_b	I_c	a	c′	b	a′	c	b′
t_1	+	+	−						
t_2	−	+	−						
t_3	−	+	+						
t_4	−	−	+						
t_5	+	−	+						
t_6	+	−	−						