۵
موتورهای تک‌فاز

۵

هدف‌های رفتاری :

ــ نحوه تولید میدان مغناطیسی در یک استاتور با یک و دو سیم‌پیچ را بررسی نماید.
ــ لزوم استفاده از سیم‌پیچ کمکی در موتورهای تک‌فاز را توضیح دهد.
ــ ساختمان داخلی موتورهای القایی تک‌فاز را از روی شکل شرح دهد.
ــ طرز کار موتورهای القایی تک‌فاز را توضیح دهد.
ــ انواع موتورهای القایی تک‌فاز را نام ببرد.
ــ شکل واقعی موتور فاز شکسته را از میان موتورهای تک‌فاز دیگر تمیز دهد.
ــ ساختمان موتور فاز شکسته را توضیح دهد.
ــ شکل مداری موتور یک‌فاز فاز شکسته را رسم کند.
ــ طرز کار موتور یک‌فاز فاز شکسته را توضیح دهد.
ــ منحنی مشخصه گشتاور ــ سرعت موتور فاز شکسته را رسم کند.
ــ منحنی مشخصه گشتاور ــ سرعت موتور فاز شکسته را تشریح کند.
ــ کاربردهای موتور تک‌فاز فاز شکسته را بیان کند.
ــ شکل واقعی موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز را از میان موتورهای دیگر تمیز دهد.
ــ ساختمان موتور با خازن راه‌انداز را توضیح دهد.
ــ شکل مداری موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز را رسم کند.
ــ طرز کار موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز را توضیح دهد.
ــ منحنی مشخصه گشتاور ــ سرعت موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز را رسم کند.
ــ منحنی مشخصه گشتاور ــ سرعت موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز را تشریح کند.
ــ کاربردهای موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز را بیان کند.
ــ شکل واقعی موتور تک‌فاز خازن دائم کار را از میان موتورهای دیگر تمیز دهد.
ــ ساختمان موتور با خازن دائم کار را توضیح دهد.
ــ شکل مداری موتور با خازن دائم کار را توضیح دهد.
ــ شکل مداری موتور با خازن دائم کار را رسم کند.
ــ منحنی مشخصه گشتاور ــ سرعت موتور با خازن دائم کار را رسم کند.
ــ طرز کار موتور با خازن دائم کار را تشریح کند.
ــ کاربرد موتورهای تک‌فاز با خازن دائم کار را بیان کند.
ــ شکل واقعی موتور تک‌فاز دوخازنی را از میان موتورهای تک‌فاز تمیز دهد.
ــ ساختمان موتورهای تک‌فاز دوخازنی را توضیح دهد.

ـ شکل مداری موتورهای تک‌فاز دوخازنی را توضیح دهد.
ـ شکل مداری موتورهای تک‌فاز دوخازنی را رسم کند.
ـ منحنی مشخصه گشتاور سرعت موتور دوخازنی را رسم کند.
ـ منحنی پیشرفته گشتاور سرعت موتور دوخازنی را تشریح کند.
ـ کاربرد انواع موتورهای تک‌فاز دوخازنی را بیان کند.
ـ چگونگی تغییر جهت چرخش در موتورهای القایی تک‌فاز را توضیح دهد.
ـ کاربردهای تغییر جهت چرخش در موتورهای القایی تک‌فاز را نام ببرد.
ـ شکل واقعی موتور قطب چاک‌دار را از دیگر موتورهای تک‌فاز تمیز دهد.
ـ ساختمان موتور قطب چاک‌دار را از روی شکل توضیح دهد.
ـ طرز کار موتور قطب چاک‌دار را توضیح دهد.
ـ منحنی مشخصه موتور قطب چاک‌دار را رسم کند.
ـ منحنی مشخصه موتور قطب چاک‌دار را تشریح کند.
ـ کاربردهای موتور قطب چاک‌دار را نام ببرد.
ـ شکل واقعی موتور انیورسال را از دیگر موتورهای تک‌فاز تمیز دهد.
ـ ساختمان داخلی موتورهای انیورسال را از روی شکل توضیح دهد.
ـ طرز کار موتور انیورسال را توضیح دهد.
ـ منحنی مشخصه موتور انیورسال را رسم کند.
ـ منحنی مشخصه موتور انیورسال را تشریح کند.
ـ کاربردهای موتورهای انیورسال را بیان کند.
ـ نحوه راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز در شبکه تک‌فاز را با رسم شکل مداری آن توضیح دهد.
ـ ساختمان داخلی مولد القایی تک‌فاز را از روی شکل توضیح دهد.
ـ طرز کار مولد القایی تک‌فاز را بیان کند.
ـ کاربردهای مولد القایی تک‌فاز را بیان کند.

۵

مقدمه

غالباً در ساختمان‌های مسکونی، کارگاه‌های کوچک، مغازه‌ها و فروشگاه‌ها از شبکه برق تک‌فاز استفاده می‌شود. بنابراین برای استفاده از وسایلی همچون کولر، یخچال، ماشین لباسشویی، پمپ‌های آب خانگی و دیگر وسایل مورد نیاز در زندگی امروزی به موتور تک‌فاز الکتریکی احتیاج می‌باشد.

آنچنان که در فصل ۳ بیان شد، منبع تغذیه AC تک‌فاز میدان ضربانی ایجاد می‌کند. به همین خاطر در ابتدا تصور می‌شد که یکی از ضعف‌های برق AC عدم کارآیی آن در تولید موتورهای الکتریکی تک‌فاز است[۱].

با همت مهندس فرانسوی موریس لبلانس[۲] و ارائه تئوری دو میدانی میدان‌های ضربانی، طراحی و تولید انواع موتورهای تک‌فاز شروع شد و این ضعف به‌طور کلی از پرونده برق AC پاک گردید.

شکل ۱ــ کاربردهای موتورهای تک‌فاز در لوازم خانگی

به‌طور کلی انواع موتورهای الکتریکی که در شبکه های برق تک‌فاز جریان متناوب استفاده می‌شوند جزء ماشین‌های مخصوص به‌حساب می‌آیند.

از آنجا که موتورهای الکتریکی تک‌فاز بسیار متنوع هستند، لذا هر یک بنا بر ویژگی های خود در جایی کاربرد دارند. این موتورها در قدرت‌های کم معمولاً تا ۴ کیلو وات ساخته می‌شوند.

علاوه بر دسترسی ساده به برق تک‌فاز در هر مکان، سازندگان لوازم خانگی، دلیل اصلی استفاده از موتورهای الکتریکی تک‌فاز را قیمت ارزان و مشخصه گشتاور ــ دور خاص این موتورها می‌دانند.

به‌طور کلی موتورهای تک‌فاز به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند :

- موتور القایی تک‌فاز
- موتور یونیورسال
- موتور سنکرون تک‌فاز

در این کتاب فقط انواع موتورهای القایی تک‌فاز و موتور یونیورسال تشریح می‌شود و ساختمان انواع موتورهای سنکرون تک‌فاز در دوره‌های بالاتر تحصیلی مورد بررسی قرار خواهد گرفت[۳].

۱ــ حامیان برق DC، یکی دیگر از نقاط ضعف برق AC را کنترل ناپذیر بودن سرعت موتورهای جریان متناوب می‌دانستند که با رشد صنعت الکترونیک قدرت بر این مشکل نیز چیره شدند.

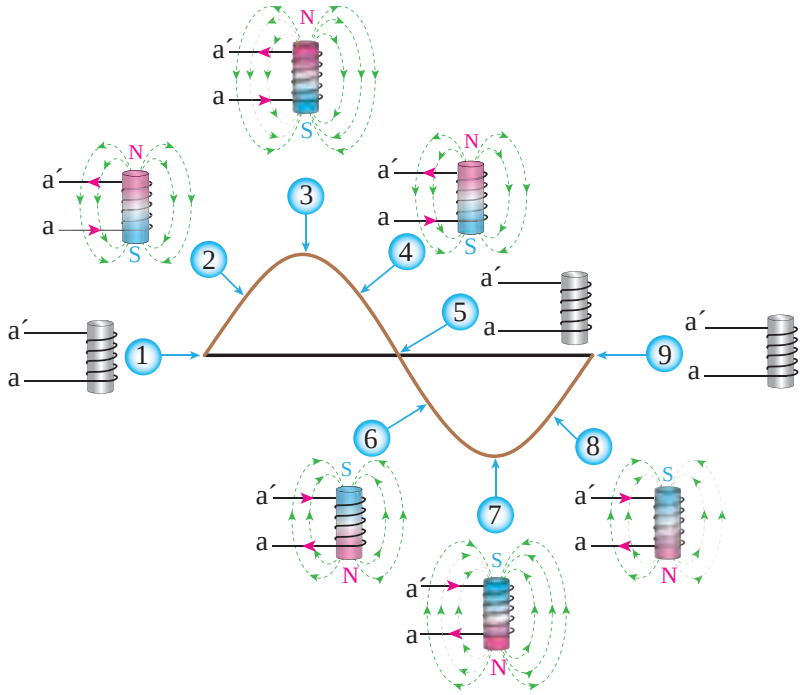
۲ــ Maurice Leblanc (۱۸۵۷ــ۱۹۲۳)

۳ــ دانش آموزان به فصل ۳، بخش اساس کار ماشین‌های القایی و پدیده میدان دوار رجوع نمایند.

۱ــ۵ــ موتورهای القایی تک‌فاز

همان‌گونه که بیان شد عامل ایجاد چرخش در موتورهای القایی سه فاز، ایجاد میدان دوار در داخل استاتور می‌باشد. در صورتی که با عبور جریان AC تک‌فاز از یک سیم‌پیچ میدان ضربانی ایجاد می‌شود.

برای ساختن موتور القایی تک‌فاز، باید بتوان با ابتکاری خاص میدان دوار ایجاد نمود. هر چند طرح‌های ارائه شده در جهت ایجاد میدان دوار دارای نواقصی است اما برای چرخش موتورهای با توان کم کافی می‌باشد.



شکل ۲ــ ولتاژ و جریان تک‌فاز در یک سیم‌پیچ میدان ضربانی ایجاد می‌کند

در واقع چگونگی القای ولتاژ در هادی‌های رتور و چرخش آن در موتورهای سه فاز و تک‌فاز شبیه یکدیگر است از این رو به دلیل سادگی ساختمان موتورهای القایی تک‌فاز، رتور همهٔ آنها را از نوع قفسه سنجابی می‌سازند.

۱ــ۱ــ۵ــ چگونگی ایجاد چرخش در موتورهای القایی تک‌فاز :

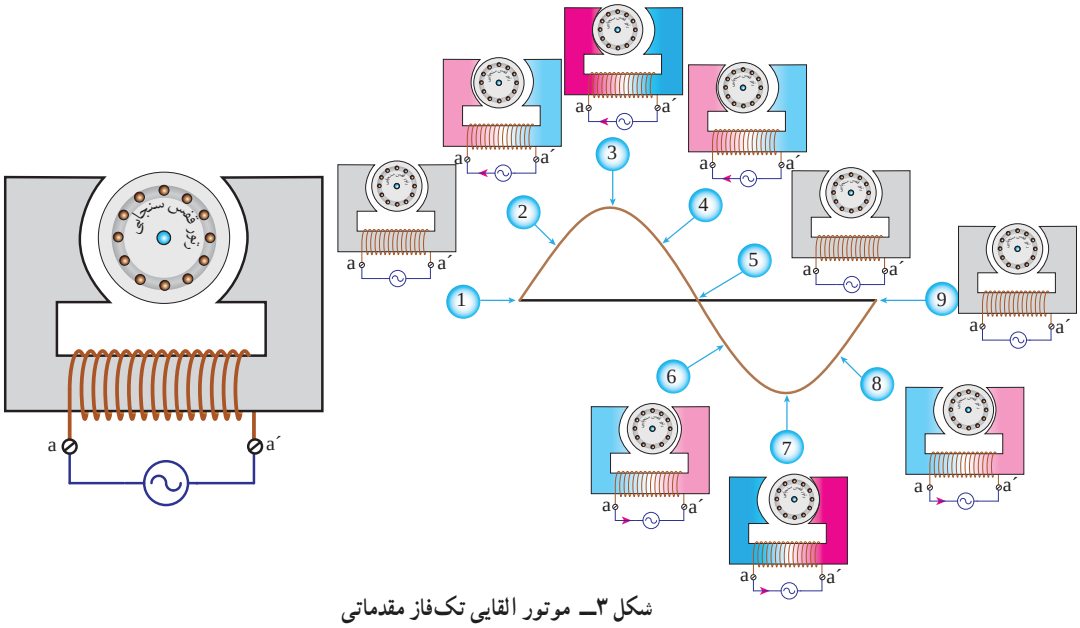
در تشریح عملکرد موتورهای القایی، نحوهٔ ایجاد میدان دوار در استاتور ماشین از اصول اساسی می‌باشد. آزمایش شکل(۳) نشان می‌دهد که در صورت اتصال موتور به شبکه برق تک‌فاز AC، رتور حرکتی نخواهد داشت.

اما اگر با کمک یک وسیله راه‌انداز رتور این موتور در یک جهت، مثلاً راست‌گرد، به چرخش درآید رتور در همان جهت به حرکت دورانی خود ادامه می‌دهد.

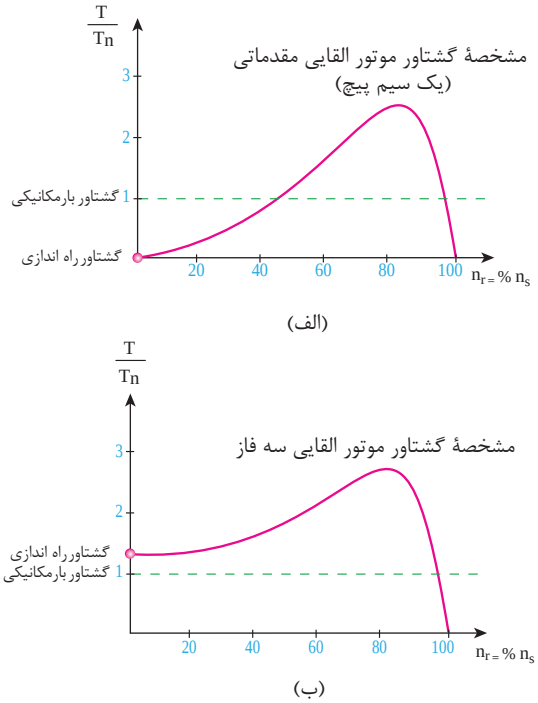
موضوع جالب توجه اینکه اگر ابتدا رتور به سمت چپ چرخانده شود، ادامه چرخش رتور چپگرد خواهد بود.

بنابراین می‌توان گفت میدان ضربانی موتور تک‌فاز شامل دو میدان دوار با اندازه‌ای برابر، یکی راست‌گرد و دیگری چپ‌گرد است. با آزمایش شکل (۳) مشخص می‌شود که با کمک وسیله راه‌انداز یکی از دو میدان بر دیگری غلبه نموده و باعث چرخش رتور در یک جهت می‌شود.

در واقع تئوری دو میدانی اثبات می‌کند که میدان ضربانی



شکل ۳ــ موتور القایی تک‌فاز مقدماتی



شکل ۴ــ مقایسه مشخصه گشتاور ــ دور موتور القایی تک‌فاز مقدماتی و سه فاز

برق تک‌فاز با مجموع دو میدان دوار هم اندازه مختلف الجهت برابر می‌باشد. هر چند تشریح موضوع فوق با روابط ریاضی تبیین می‌گردد اما در این کتاب به مشاهدات فیزیکی آن بسنده می‌شود.

مشخصه گشتاور ــ دور موتور تک‌فاز مقدماتی، مطابق شکل (۴ ــ الف) می‌باشد. با توجه به شکل (۴ ــ الف) می‌توان مشاهده نمود که موتور القایی تک‌فاز مقدماتی گشتاور راه‌اندازی ندارد و به همین دلیل بدون وسیلهٔ راه‌انداز به چرخش در نمی‌آید.

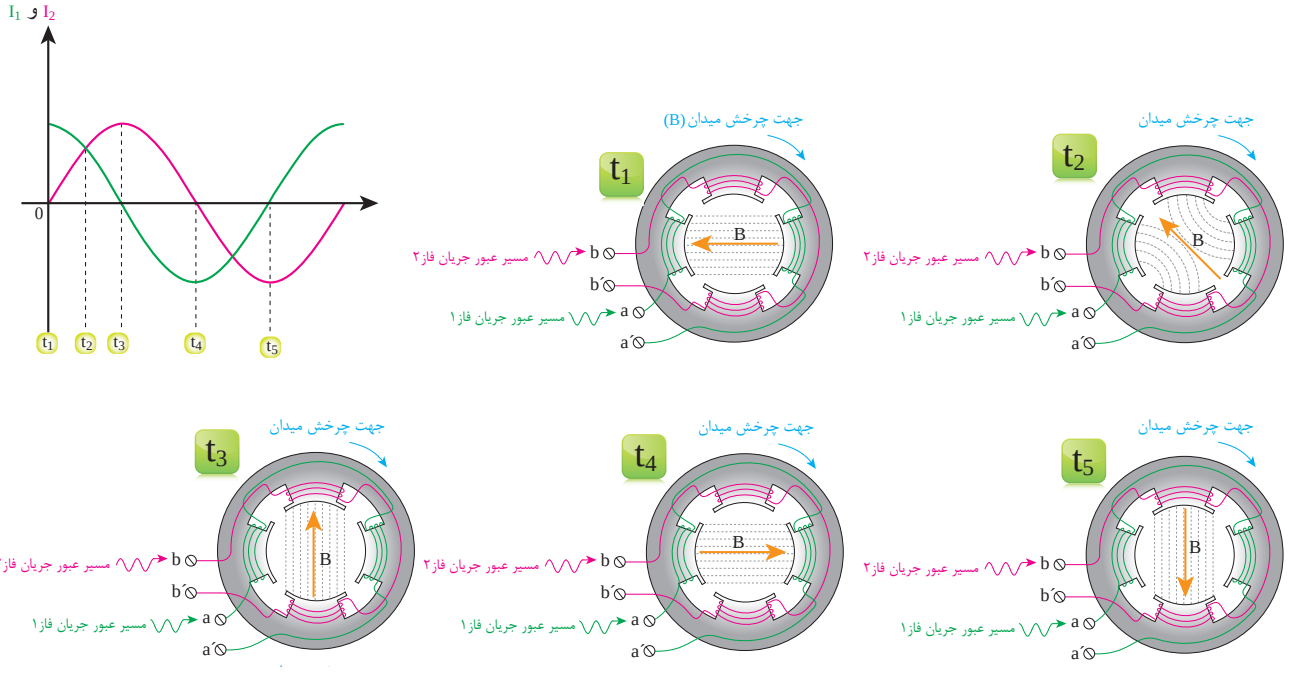
بنابراین باید برای راه‌اندازی موتور القایی تک‌فاز تدبیری اندیشیده شود.

همان‌طور که در تئوری ایجاد میدان دوار موتورهای سه فاز القایی گفته شد، با قرار دادن سه دسته سیم‌پیچ با اختلاف مکانی ۱۲۰ درجه در پوسته استاتور و عبور جریان سه فاز از آنها میدان دوار ایجاد می‌شود.[۱]

همچنین اگر مطابق شکل(۵) در پوسته استاتور دو دسته سیم‌پیچ با اختلاف مکانی ۹۰ درجه نسبت به هم جا سازی شوند به‌طوری که جریان عبوری از آنها دارای اختلاف فاز ۹۰ درجه باشد، می‌توان میدان دوار ایجاد کرد.

۱ــ برای توضیحات بیشتر به فصل سوم مبحث ایجاد میدان دوار مراجعه کنید.

با توجه به الگوی شکل (۶ ــ الف)، برای ایجاد چرخش در موتورهای تک‌فاز القایی می‌توان از دو دسته سیم‌پیچ استفاده کرد به شرطی که بتوان بین جریان سیم‌پیچ‌ها اختلاف فاز ایجادنمود. ایجاد این اختلاف فاز با استفاده از یک المان مناسب انجام می‌شود.



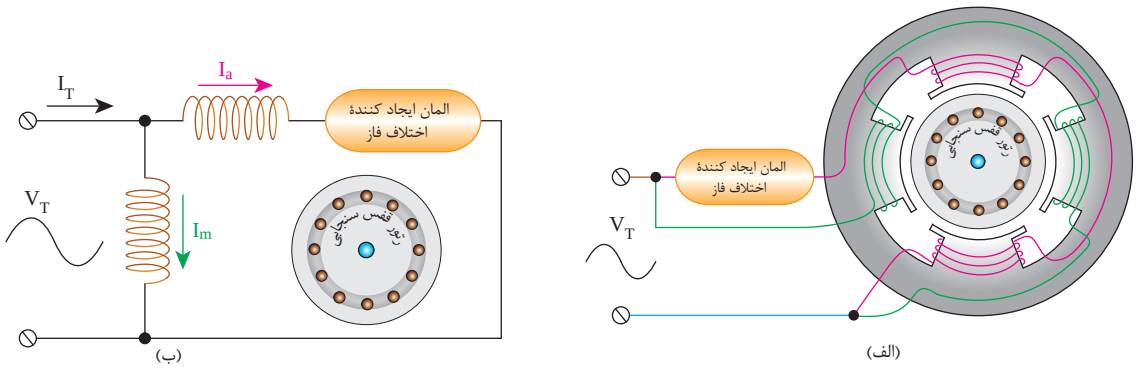
شکل ۵ ــ ایجاد میدان دوار با کمک دو دسته سیم‌پیچ و دو جریان متناوب با اختلاف فاز ۹۰ درجه

یکی از این دو سیم‌پیچ را سیم‌پیچ اصلی (Main) و دیگری را سیم‌پیچ کمکی (Auxiliary) یا راه‌انداز می‌نامند.

سیم‌پیچ‌های موتور تک‌فاز القایی و المان ایجادکننده اختلاف فاز در مدار شکل (۶ ــ ب) نمایش داده شده است.

جریان سیم‌پیچ اصلی را با I_m و جریان سیم‌پیچ راه‌انداز را با I_a نشان می‌دهند.

هر چه اختلاف فاز جریان سیم‌پیچ اصلی (I_m) با سیم‌پیچ راه‌انداز(I_a) بیشتر باشدگشتاور راه‌اندازی بیشتر و میدان دوار ایجاد شده متقارن‌تر است.



شکل ۶ ــ مدار اتصال موتور تک‌فاز چهار قطب به جریان برق تک‌فاز

بیشترین گشتاور راه‌اندازی زمانی است که اختلاف فاز جریان دو سیم‌پیچ ۹۰ درجه باشد. در این حالت میدان دوار ایجاد شده کاملاً متقارن می‌باشد.

موتورهای تک‌فاز القایی بر اساس انتخاب المان ایجاد کننده اختلاف فاز به صورت ذیل دسته‌بندی می‌شوند :

- موتورهای القایی تک‌فاز با فاز شکسته
- موتورهای القایی با خازن راه‌انداز
- موتور القایی با خازن دائم کار
- موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار)
- موتور القایی قطب چاک‌دار

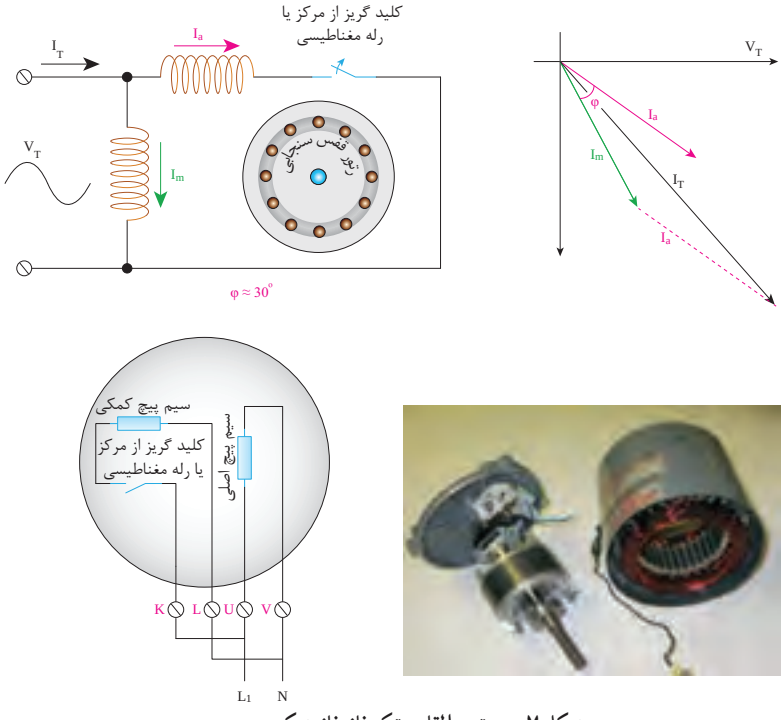
۲ــ۱ــ۵ــ موتورهای القایی تک فاز با فاز شکسته :

در این موتورها برای ایجاد اختلاف فاز بین جریان سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز، نسبت مقاومت اهمی به القایی سیم‌پیچ راه‌انداز را بیشتر از سیم‌پیچ اصلی اختیار می‌کنند. یعنی امپدانس سیم‌پیچ راه‌انداز بیشتر خاصیت اهمی و امپدانس سیم‌پیچ اصلی بیشتر خاصیت سلفی دارد. در نتیجه مطابق دیاگرام برداری شکل(۷) بین جریان دو سیم‌پیچ اختلاف فاز ایجاد می‌شود.

بهترین راه افزایش نسبت مقاومت اهمی به مقاومت القایی، استفاده از سیم نازک‌تر در سیم‌پیچ می‌باشد. ضمن آنکه با قرارگیری سیم‌پیچ در عمق کمتر شیارهای استاتور اثر مقاومت القایی سیم‌پیچ کاهش می‌یابد. در عمل با قرار دادن سیم‌پیچ راه‌انداز بر روی سیم‌پیچ اصلی، سیم‌پیچ راه‌انداز در عمق کمتر و سیم‌پیچ اصلی در عمق بیشتر قرار گرفته و بدین سبب مقاومت القایی آن کمتر از مقاومت القایی سیم‌پیچ اصلی می‌شود.

از آنجا که مقاومت اهمی سیم‌پیچ راه‌انداز زیاد می‌باشد، در صورت ادامه کار موتور، تلفات حرارتی در سیم‌پیچ راه‌انداز باعث افزایش دمای سیم‌پیچ و سوختن آن می‌شود.

به همین خاطر باید پس از راه‌اندازی موتور و زمانی که سرعت آن حدوداً به ۷۵ درصد سرعت نامی رسید، سیم‌پیچ راه‌انداز از مدار خارج گردد.



شکل ۷ــ موتور القایی تک‌فاز فاز شکسته

برای این‌کار در بعضی موتورها مانند موتور کولر از کلید گریز از مرکز و در برخی دیگر مانند یخچال و فریزر از رله مغناطیسی استفاده می‌شود.

کلید گریز از مرکز کلیدی است که با افزایش سرعت موتور از یک حد معین، عمل می‌کند.

رله مغناطیسی نیز با افزایش نسبی جریان سیم‌پیچ کمکی بعد از راه‌اندازی موتور سبب قطع مدار می‌شود. با ساختمان داخلی این کلیدها در کتاب برق صنعتی آشنا می‌شوید.

در موتورهای القایی تک‌فاز، که سیم‌پیچ راه‌انداز آنها از مدار خارج می‌شود، معمولاً $\frac{۱}{۳}$ شیارهای استاتور به سیم‌پیچ راه‌انداز و $\frac{۲}{۳}$ دیگر به سیم‌پیچ اصلی تعلق دارند.

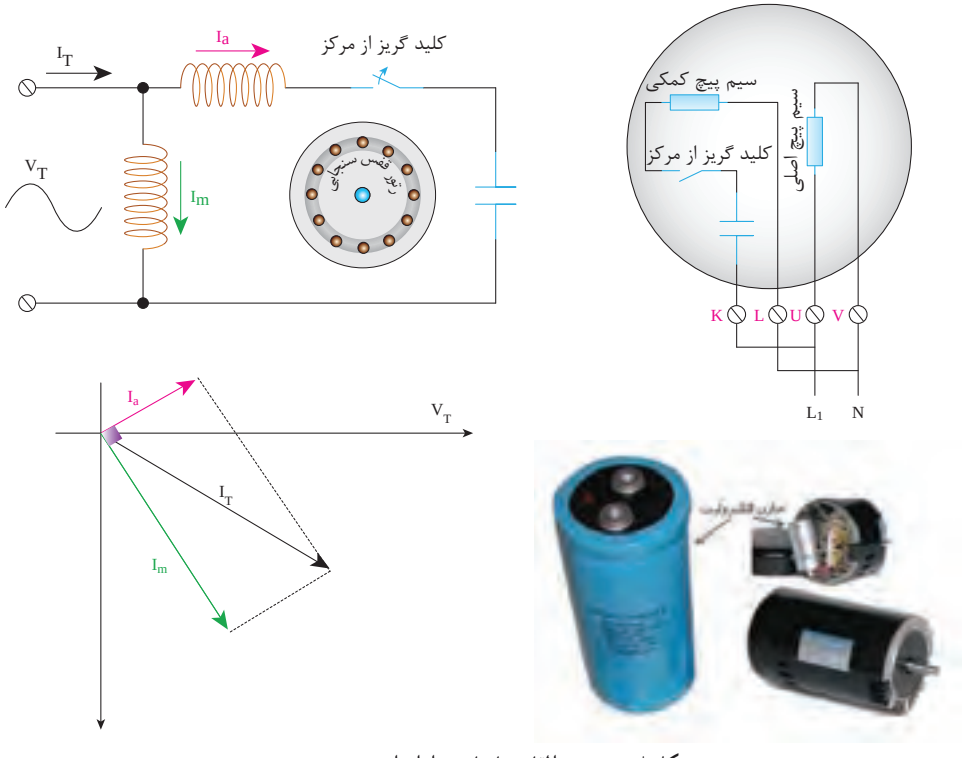
این موتورها در وسایلی همچون پمپ‌های کوچک خانگی، یخچال، فریزر و کولرها کاربرد دارند.

۳ــ۱ــ۵ــ موتورهای القایی با خازن راه‌انداز :

شکل(۸) ایجاد اختلاف فاز جریان سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز را به کمک یک خازن سری شده با سیم‌پیچ راه‌انداز نشان می‌دهد. با محاسبه مقدار مناسب ظرفیت خازن می‌توان اختلاف زاویه بین دو جریان را در زمان راه‌اندازی به ۹۰ درجه رساند. در نتیجه گشتاور راه‌اندازی چنین موتوری بسیار خوب می‌باشد. زیرا بیشترین مقدار گشتاور در موتور القایی تک‌فاز با ایجاد این زاویه به‌دست می‌آید.

بعد از راه‌اندازی موتور، عبورجریان زیاد از خازن باعث سوختن آن می‌شود به همین خاطر باید خازن را توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج کرد.

با توجه به اینکه از خازن راه‌انداز جریان زیادی عبور می‌کند، باید ظرفیت آن نیز زیاد باشد. از طرفی چون این خازن مدت کوتاهی در مدار است بنابراین می‌توان از خازن‌های الکترولیتی استفاده کرد، زیرا با در نظر گرفتن ظرفیت خازن‌های الکترولیتی، حجم آنها کوچک و قیمتشان ارزان است.



شکل ۸ ــ موتور القایی با خازن راه‌انداز

موتورهای القایی با خازن راه‌انداز مشخصه راه‌اندازی خوبی داشته و به‌طور کلی در وسایلی همچون کمپرسورها، دستگاه‌های چند کارهٔ نجاری و ... کاربرد دارند.

۴ــ۱ــ۵ــ موتور القایی با خازن دائم کار : اگر مطابق شکل(۹) خازن سری شده با سیم‌پیچ راه‌انداز طوری محاسبه گردد تا در موقع راه‌اندازی اختلاف فاز اندک ولی در زمان کار، اختلاف فاز تقریباً ۹۰ درجه شود، می‌توان خازن را در مدار نگه داشت. در این صورت مقدار ظرفیت خازن دائم کار نسبت به خازن راه‌انداز کمتر است و در زمان راه‌اندازی جریان کمتری از آن عبور می‌کند. از طرفی چون خازن دائم کار مدت زمان بیشتری باید در مدار بماند بنابراین خازن الکترولیت برای آن مناسب نیست. لذا خازن این موتورها از نوع روغنی انتخاب می‌شود که قیمت آنها گران‌تر از خازن‌های الکترولیت است.

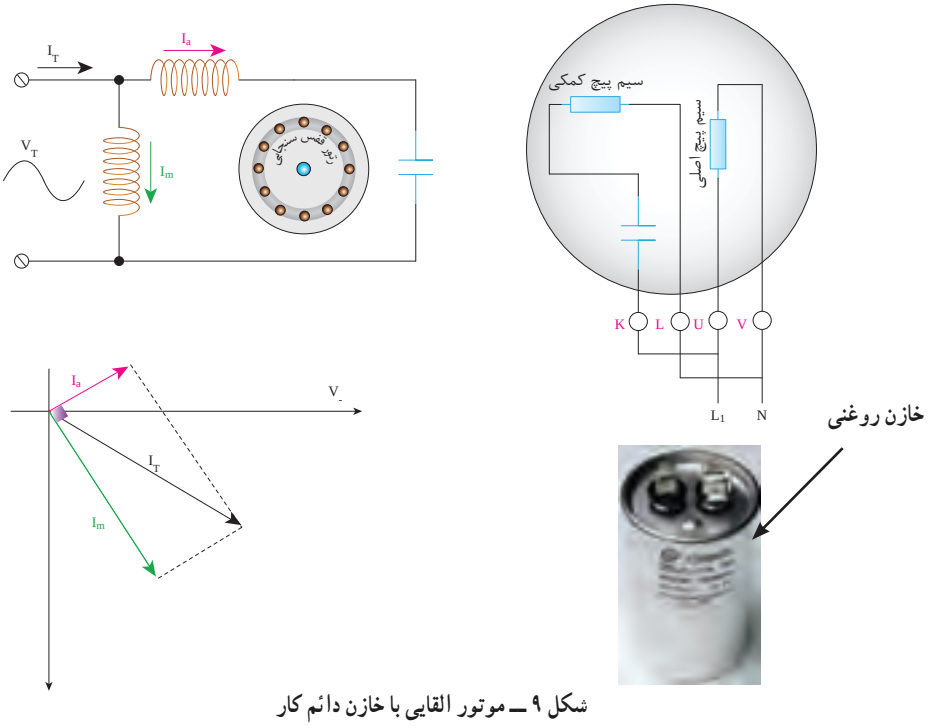
راندمان، ضریب قدرت و گشتاور کار این موتورها در حالت کار بسیار خوب است .

به دلیل اینکه سیم‌پیچ راه‌انداز از مدار خارج نمی‌شود در نتیجه سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز را در این موتورها مانند هم در نظر می‌گیرند و هر کدام نصف شیارهای استاتور را اشغال می‌کنند.

از خصوصیات خوب این موتورها سر و صدای کم در زمان کار می‌باشد ضمن آنکه با تغییر ولتاژ سرعتشان قابل کنترل است. به همین خاطر در وسایلی همچون پنکه، ماشین لباسشویی خانگی و هر جایی که تغییر بار در نقطه کار نداشته باشیم، مناسب است.

۵ــ۱ــ۵ــ موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار) : اگر در موتور القایی از هر دو خازن دائم کار و راه‌انداز مطابق شکل(۱۰) هم زمان استفاده شود، موتور را دو خازنی می‌گویند.

همان‌طور که در بخش‌های پیشین به آن اشاره شد خازن راه‌انداز از نوع الکترولیتی و با ظرفیت زیاد می‌باشد در حالی که خازن دائم کار از نوع روغنی و دارای ظرفیت کم است.



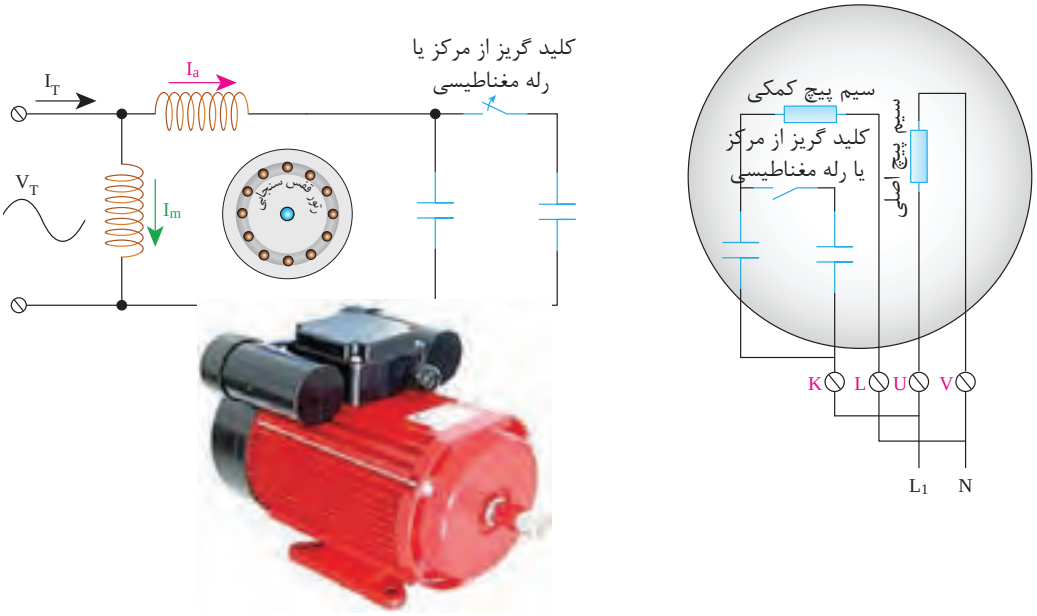
شکل ۹ ــ موتور القایی با خازن دائم کار

در ابتدای راه‌اندازی موتور، هر دو خازن با هم موازی بوده و با سیم‌پیچ راه‌انداز به‌طور سری در مدار قرار می‌گیرند ولی پس از رسیدن دور موتور به ۷۵ درصد دور نامی به‌وسیله کلید گریز از مرکز خازن راه‌انداز از مدار خارج می‌شود و تنها خازن روغنی در مدار باقی می‌ماند. به دلیل وجود این دو خازن، این نوع موتورها هم دارای مشخصه گشتاور راه‌اندازی خوب می‌باشند و هم در زمان کار آرام و بی صدا کار می‌کنند. در این موتورها سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز شبیه یکدیگر در نظر گرفته می‌شود.

این موتورها غالباً جزء موتورهای صنعتی محسوب می‌شوند و در وسایلی مانند ماشین لباسشویی صنعتی، یخچال‌های صنعتی، موتورهای بالابر و ... کاربرد دارند.

۶ــ۱ــ۵ــ موتور القایی قطب چاک‌دار : اگر برروی قطب های برجستهٔ موتور شکل (۳) شیارهایی تعبیه گردد و یک یا چند حلقه هادی اتصال کوتاه شده مطابق شکل (۱۱) در داخل آن قرار داده شود در این صورت به این نوع موتور القایی، موتور قطب چاک‌دار می‌گویند.

حلقه‌های هادی اتصال کوتاه شده در طرفین قطب‌ها نقش سیم‌پیچ راه‌انداز و ایجاد کننده اختلاف فاز بین میدان اصلی و میدان قطب چاک‌دار را ایفا می‌کنند. زیرا میدان القا شده در حلقه‌های اتصال کوتاه ۹۰ درجه نسبت به‌میدان قطب اصلی اختلاف فاز داشته و این اختلاف دو میدان در این نوع موتورها، برای ایجاد گشتاور راه‌اندازی کافی می‌باشد.



شکل ۱۰ــ موتور القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار)

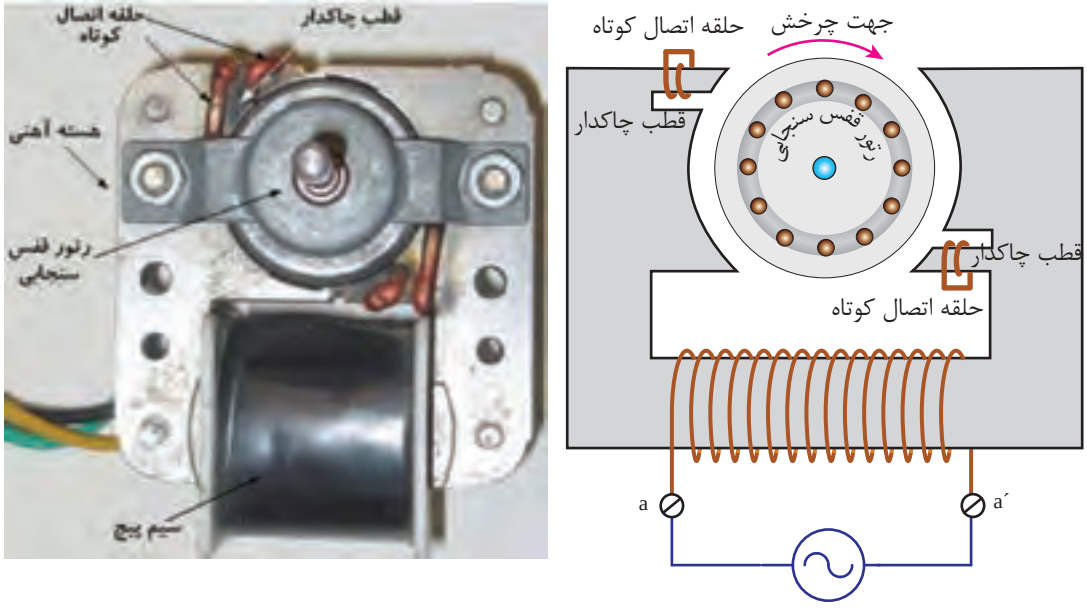
گشتاور راه‌اندازی و ضریب بهرهٔ این موتورها بسیار کم است و معمولاً در توان‌های کمتر از ۱۵۰ وات ساخته می‌شوند. مزیت اصلی این موتورها سادگی ساختمان آنها می‌باشد.

پمپ آب کولر، فن‌های کوچک آشپزخانه و ... وسایلی هستند که از این موتورها در ساخت آن استفاده می‌شود.

۷ــ۱ــ ۵ ــ تغییر جهت گردش در موتورهای القایی تک‌فاز

تغییر جهت گردش در موتورهای القایی تک‌فاز : به‌طور کلی برای تغییر جهت گردش موتورهای القایی تک‌فاز باید جهت جریان را در یکی از سیم‌پیچ‌های اصلی یا راه‌انداز عوض نمود.

در تغییر جهت گردش موتورهای القایی با خازن دائم کار غالباً از مدار شکل (۱۲) استفاده می‌شود. چون مشخصات سیم‌پیچ اصلی و راه‌انداز مانند هم می‌باشند بنابراین می‌توان خازن را طوری در مدار قرار داد که در یک جهت با سیم‌پیچ اصلی و در جهت دیگر با سیم‌پیچ راه‌انداز سری شود.

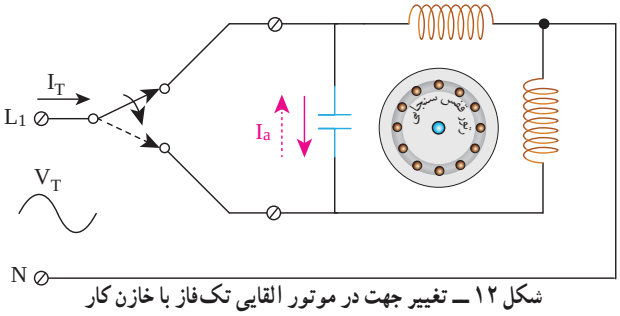


شکل ۱۱ــ موتور القایی قطب چاک‌دار (به جهت چرخش و قطب‌ها توجه شود)

باید توجه داشت که در این مدار با تغییر جهت جریان خازن، جهت چرخش رتور عوض می‌شود.

از آنجا که جریان راه‌اندازی موتورهای القایی تک‌فاز با خازن دائم کار کم است بنابراین برای قطع و وصل پی‌درپی در شبکه برق کمتر ایجاد اشکال می‌کند. همچنین از ویژگی‌های دیگر این موتورسادگی مدار تغییر جهت در آن می‌باشد.

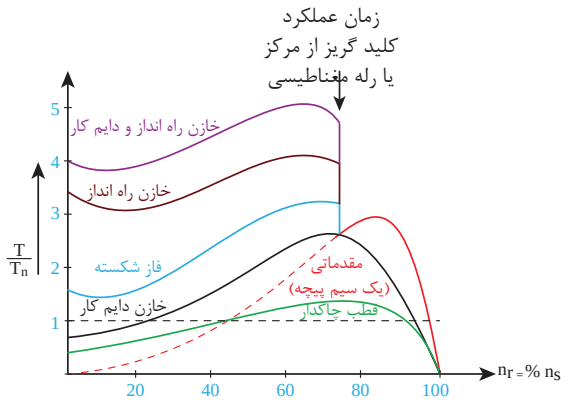
در موتورهای قطب چاک‌دار مطابق شکل (۱۱) جهت چرخش همواره ثابت و از سمت چاک‌دار یک قطب به سمت بدون چاک قطب دیگر می‌باشد.



شکل ۱۲ ــ تغییر جهت در موتور القایی تک‌فاز با خازن کار

۸ــ۱ــ۵ــ مقایسه موتورهای القایی تک‌فاز :

هریک از موتورهای القایی تک‌فاز در جای خاصی کاربرد دارند. در شکل (۱۳) مشخصه‌های گشتاور ــ دور کلیه موتورهای القایی تک‌فاز با یکدیگر مقایسه شده است. با توجه به شکل (۱۳) مشخص است که موتور القایی دو خازنی از بیشترین گشتاور راه‌اندازی برخوردار بوده و کمترین گشتاور مربوط به موتور قطب چاک‌دار است.



شکل۱۳ــ مقایسه مشخصهٔ گشتاور ــ دور موتورهای القایی تک‌فاز

۲ــ۵ــ موتور یونیورسال

در درس ماشین الکتریکی DC ساختمان موتور سری ارائه شده است و رابطهٔ گشتاور آن از رابطه (۱ــ۵) تبعیت می‌کند :

$$T = KI_a^2 \qquad (۱ــ۵)$$

در رابطه (۱ــ۵)

K ضریبی است که به ساختمان داخلی موتور سری بستگی دارد

I_a جریان عبوری از آرمیچر بر حسب آمپر

T گشتاور موتور بر حسب N ــ m

با توجه به رابطه (۱ــ۵)، گشتاور موتور سری رابطه مجذوری با جریان آرمیچر دارد. به‌طور مثال تغییرات گشتاور بر اساس جریان آرمیچر به‌ازای K=۱ به صورت منحنی شکل(۱۴) در خواهد آمد.

بیشتر بدانید

همچنین دیگر خصوصیات تقریبی هر یک از موتورهای القایی به‌طور خلاصه در جدول (۱) آورده شده است.

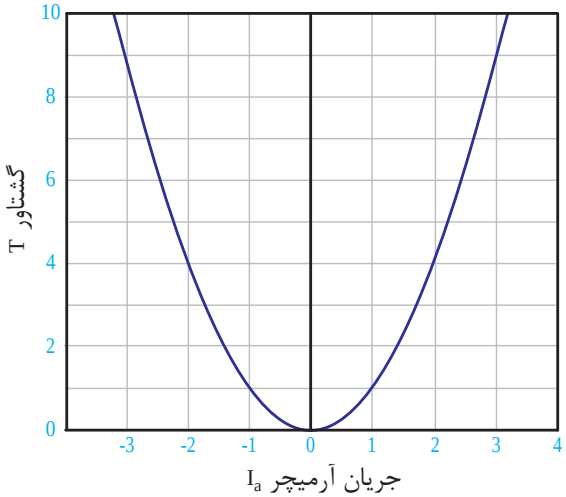
نوع موتور القایی تک‌فاز	گشتاور راه‌اندازی (درصد از گشتاور نامی)	ضریب توان در بار نامی	بازده در بار نامی (به درصد)	محدودهٔ توان (اسب بخار)	مقایسه تقریبی قیمت(به درصد)
فاز شکسته	۲۰۰~۱۵۰	۰/۵ ~ ۰/۶۵	۵۵ ~ ۶۵	۰/۰۵ ~۱	۱۰۰
خازن دایم کار	۱۵۰~۳۰	۰/۷ ~ ۰/۹	۶۰ ~ ۷۰	۰/۱۲۵ ~۶	۱۴۰
خازن راه‌انداز	۲۵۰~۴۰۰	۰/۵ ~۰/۶۵	۵۵ ~ ۶۵	۰/۱۲۵ ~۱۰	۱۲۰
دوخازنی	۲۵۰~۴۵۰	۰/۷ ~ ۰/۹	۶۰ ~ ۷۰	۰/۱۲۵ ~۱۰	۱۸۰
قطب چاک‌دار	۲۰~ ۶۰	۰/۲۵ ~ ۰/۴	۱۵ ~ ۴۰	۰/۰۱ ~۰/۱۶	۵۰

جدول ۱ــ مقایسه ویژگی انواع موتورهای القایی تک‌فاز

با توجه به شکل (۱۴)، با تغییر جهت جریان آرمیچر، مقدار گشتاور یا نیروی وارد شده به محور منفی نمی‌شود بنابراین جهت گشتاور همواره مثبت بوده و عوض نمی‌گردد.

از آنجایی که تغییر جهت جریان تنها بر اساس تغییر پلاریته ولتاژ اعمالی بر موتور امکان پذیر است بنابراین با اتصال منبع تغذیه جریان متناوب به موتور سری، این موتور با رفتار مشابهی که در جریان مستقیم دارد می‌تواند استفاده شود.

البته بدیهی است برای عملکرد بدون آسیب موتور، باید اندازهٔ ولتاژ مؤثر منبع تغذیه متناوب، معادل مقدار ولتاژ منبع تغذیه جریان مستقیم باشد. از آنجا که این موتورها می‌توانند با هر دو نوع جریان متناوب و یا مستقیم کار کنند، موتورهای یونیورسال[۱] نامیده می‌شوند.



شکل۱۴ــ مشخصه الکترومغناطیسی موتور DC

باید توجه داشت با اتصال موتور سری به جریان متناوب، علاوه بر مقاومت اهمی سیم‌پیچ های موتور به دلیل وجود اندوکتانس آن، مقاومت القایی نیز به مدار اضافه می‌شود در نتیجه امپدانس آن افزایش می‌یابد، بنابراین به نسبت اتصال موتور به جریان مستقیم، جریان کمتری از سیم‌پیچ های موتور عبور می‌کند.

با مفهوم عکس العمل آرمیچر در درس ماشین الکتریکی DC آشنا شده‌اید. پدیدهٔ عکس العمل آرمیچر با عبور جریان متناوب از موتور سری هم ایجاد می‌شود که باعث تضعیف میدان اصلی موتور و تغییر مکان صفحهٔ خنثی می‌گردد.

بر خلاف جریان مستقیم، با اتصال موتور یونیورسال به جریان متناوب، در هستهٔ سیم‌پیچ تحریک نیز، تلفات فوکو و هیسترزیس ایجاد خواهد شد و در نتیجه برای مقابله با آن باید جنس هسته از فولاد مغناطیسی مرغوب و به‌صورت ورقه ورقه ساخته شود.

به‌طور کلی برای بهبود عملکرد موتور یونیورسال در جریان متناوب باید ملاحظات ویژه ای در طراحی، ساختمان و سیم‌پیچی آن رعایت شود.

یکی از خصوصیات موتور یونیورسال افزایش سرعت آن در بی باری و کاهش سرعت آن در زیر بار می‌باشد. این همان خاصیت موتور سری است. زیرا بر اثر کاهش جریان آرمیچر I_a، فوران (شار مغناطیسی قطب‌ها) نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه برای جبران ولتاژ آرمیچر طبق رابطه (۲ــ۵)، رتور باید با سرعت بیشتری بچرخد.[۲]

$$Ea=K\varphi\omega \qquad (۵ــ۲)$$

در رابطه (۲ ــ ۵) :

Ea ولتاژ آرمیچر بر حسب ولت

K ضریب ثابتی است که به ساختمان موتور بستگی دارد

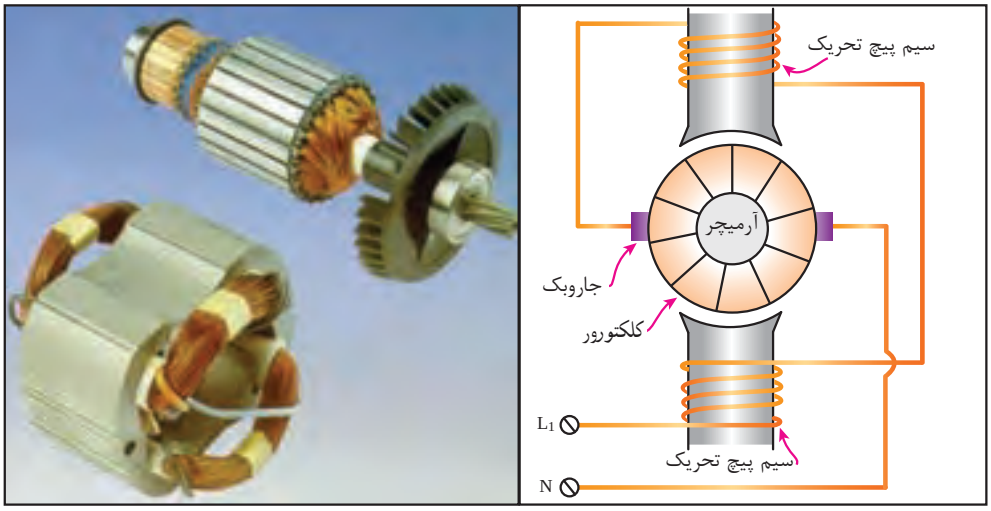
φ شار مغناطیسی زیر هر قطب بر حسب وبر

ω سرعت زاویه رتور بر حسب رادیان بر ثانیه

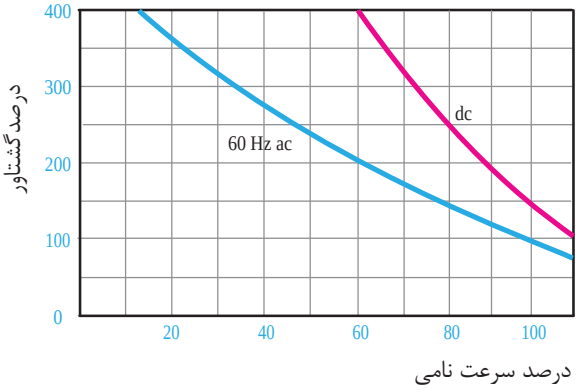
۱ــ همه منظوره ــ فراگیر

۲ــ برای توضیح بیشتر این رابطه به کتاب ماشین DC رجوع کنید.

البته گشتاور موتور یونیورسال به دلیل وجود راکتانس سیم‌پیچ های آرمیچر و قطب‌ها و همچنین عکس العمل آرمیچر از موتور سری کمتر است. این تفاوت در مشخصه گشتاور آنها در شکل(۱۶) نشان داده شده است.



شکل ۱۵ ــ شکل ظاهری موتور یونیورسال



شکل۱۶ ــ مشخصه گشتاور ــ دور موتور یونیورسال

از محاسن این نوع موتور حجم کم و سبکی وزن آن به نسبت قدرت تولیدی آن می‌باشد.

همچنین گشتاور فوق العاده این موتور در زیر بار، سهولت در کنترل سرعت و استفاده از آن در سرعت‌های بالا (حتی تا ۲۰۰۰۰ RPM) از دیگر مزایای این موتور به شمار می‌آید.

این نوع موتور حداکثر تا توان $\frac{۳}{۴}$ اسب بخار ساخته می‌شود و در وسایل و ابزارهای کارگاهی مانند مته، سنگ فرز و برخی لوازم خانگی مانند جارو برقی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳ــ۵ــ استفاده از موتورهای سه فاز در شبکه برق تک‌فاز

در بعضی مواقع[۱] ضرورت دارد که از موتور سه فاز القایی در شبکه برق تک‌فاز استفاده شود. با کمک خازن روغنی و با انتخاب ظرفیت مناسب می‌توان این نوع موتور را در شبکه برق تک‌فاز راه‌اندازی نمود.

این طرح برای اولین بار توسط مهندس چارلز اشتاین متز[۲] ارائه گردید و مدارات شکل(۱۷) به نام ایشان معروف است.

بوبین هر فاز موتور سه فاز القایی۳۸۰V، تحمل ولتاژ ۲۲۰ V را دارد، پس اگر چنین موتوری بخواهد با برق تک‌فاز راه‌اندازی گردد باید به‌طور مثلث به مدار اتصال داده شود تا ولتاژ اعمال شده به هر بوبین آن ۲۲۰ V باشد. همچنین برای اتصال

۱ــ در دسترس نبودن شبکه برق سه فاز

۲ــ مهندس آلمانی تباری که کشف پدیدهٔ هیسترزیس و روش‌های مقابل با آن نیز از جمله فعالیت‌های ایشان می‌باشد.

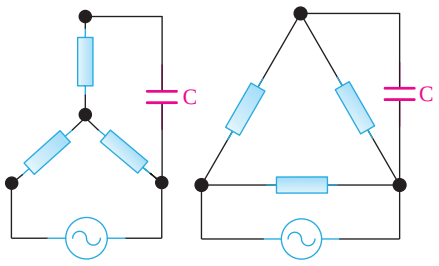
Charls Steinmetz (۱۹۲۳ ــ ۱۸۶۵)

۵

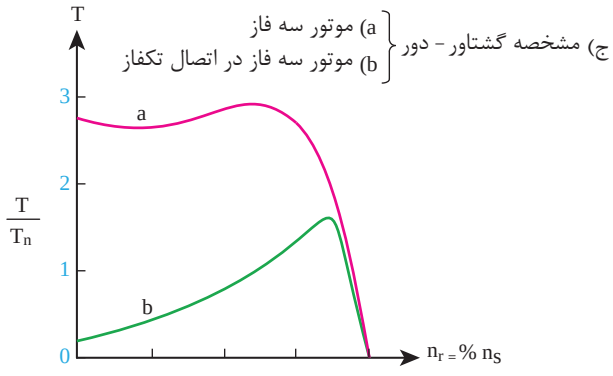
موتور سه فازی با ولتاژ ۲۲۰/۱۲۵ V به برق تک‌فاز باید آن را به‌صورت ستاره به شبکه متصل نمود.

تحقیق کنید

دلیل اتصال ستاره در موتور سه فاز با ولتاژ ۲۲۰/۱۲۵V هنگام استفاده در شبکه برق تک‌فاز چیست؟



الف) اتصال ستاره ب) اتصال مثلث



ج) مشخصه گشتاور - دور

شکل۱۷ــ انواع مدار راه‌اندازی موتور سه فاز به‌صورت تک‌فاز با کمک خازن

با توجه به قرارگیری خازن به صورت دائم در این مدار، از خازن روغنی باید استفاده شود. تجربه نشان داده است که درحالت راه‌اندازی تک‌فاز موتور سه فاز، برای ایجاد گشتاور راه‌اندازی تا حدود ۳۰ درصد گشتاور نامی‌موتور و گشتاور کاری تا حدود ۷۵ درصد آن، به‌ازای هر کیلو وات توان مؤثر موتور، باید خازنی با ظرفیت ۶۰ تا ۷۰ میکرو فاراد، به کار برد و البته در صورت تمایل به افزایش گشتاور راه‌اندازی از مقدار ۳۰ درصد، باید مقدار ظرفیت خازن را بیشتر نمود. این کار با اضافه شدن یک خازن الکترولیت به طور موازی با خازن قبلی صورت می‌گیرد که پس از راه‌اندازی موتور توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج می‌شود.

به دلیل وابستگی گشتاور بار به مقدار ظرفیت خازن انتخاب شده و ثابت بودن آن لازم است که گشتاور بار تغییر نداشته باشد لذا توصیه می‌گردد از این روش فقط در بارهای با **گشتاور ثابت** استفاده شود.

مثال برای راه‌اندازی تک‌فاز موتور سه فاز القایی با توان ۳ کیلو وات تقریباً به چه مقدار ظرفیت خازن نیاز می‌باشد؟

$$C(\mu F) = ۷۰(\frac{\mu F}{Kw}) \times P(Kw)$$

$$C = ۷۰(\frac{\mu F}{Kw}) \times ۳(Kw) = ۲۱۰(\mu F)$$

بنابراین موتور فوق برای داشتن گشتاور راه‌اندازی تا حدود ۳۰ درصد گشتاور نامی و گشتاور کاری تا حدود ۷۵ درصد آن به خازنی با ظرفیت (μF) ۲۱۰ نیاز دارد.

پرسش‌های پایان فصل(۵)

۱ــ چرا به موتورهای تک‌فاز AC نیاز داریم؟

۲ــ موتور تک‌فاز مقدماتی (یک سیم‌پیچه) در صورت راه‌اندازی می‌تواند راست‌گرد یا چپگرد بچرخد. (درست/غلط)

۳ــ موتور تک‌فاز یک سیم‌پیچه دارای گشتاور راه‌اندازی..... (صفر/کم/زیاد) است.

۴ــ انواع موتورهای تک‌فاز القایی را نام برده و نحوهٔ عملکرد آن را شرح دهید.

۵ــ چرا ضریب قدرت موتورهای القایی تک‌فاز با فاز شکسته در حالت کار کم است؟

۶ــ تغییر جهت چرخش در موتور های القایی تک‌فاز چگونه است؟ با مدار نشان دهید.

۷ــ در مقایسه موتورهای دو خازنی با موتورهای القایی با خازن راه‌انداز کدام پاسخ درست است؟

الف) تقریباً همان گشتاور راه‌اندازی است ولی ضریب قدرت بهتری دارد.

ب) ضریب قدرت راه‌اندازی و کار بالاتری دارد.

ج) گشتاور راه‌اندازی بالاتر اما ضریب قدرت کمتری دارد.

د) گشتاور راه‌اندازی کمتر اما ضریب قدرت بزرگتری دارد.

۸ــ جهت چرخش موتور قطب چاک‌دار چگونه تعیین می‌شود؟ با ترسیم شکل نشان دهید.

۹ــ در ابزارهای دستی از چه نوع موتور تک‌فازی استفاده می‌شود و چرا؟

۱۰ــ تفاوت‌های عملکردی موتور یونیورسال را در جریان DC و AC توضیح دهید.

۱۱ــ مقدار خازن مورد نیاز جهت راه‌اندازی یک موتور سه فاز ۱/۵ Kw به‌صورت تک‌فاز چقدر باید باشد؟