

موتورهای تک فاز



هدف‌های رفتاری :

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

- شکل مداری موتورهای تک فاز دوخازنی را توضیح دهد.
- شکل مداری موتورهای تک فاز دوخازنی را رسم کند.
- منحنی مشخصه گشتاور سرعت موتور دوخازنی را رسم کند.
- منحنی پیشرفته گشتاور سرعت موتور دوخازنی را تشریح کند.
- کاربرد انواع موتورهای تک فاز دوخازنی را بیان کند.
- چگونگی تغییر جهت چرخش در موتورهای القایی تک فاز را توضیح دهد.
- کاربردهای تغییر جهت چرخش در موتورهای القایی تک فاز را نام ببرد.
- شکل واقعی موتور قطب چاک دار را از دیگر موتورهای تک فاز تمیز دهد.
- ساختمان موتور قطب چاک دار را از روی شکل توضیح دهد.
- طرز کار موتور قطب چاک دار را توضیح دهد.
- منحنی مشخصه موتور قطب چاک دار را رسم کند.
- منحنی مشخصه موتور قطب چاک دار را تشریح کند.
- کاربردهای موتور قطب چاک دار را نام ببرد.
- شکل واقعی موتور انیورسال را از دیگر موتورهای تک فاز تمیز دهد.
- ساختمان داخلی موتورهای انیورسال را از روی شکل توضیح دهد.
- طرز کار موتور انیورسال را توضیح دهد.
- منحنی مشخصه موتور انیورسال را رسم کند.
- منحنی مشخصه موتور انیورسال را تشریح کند.
- کاربردهای موتورهای انیورسال را بیان کند.
- نحوه راه اندازی موتورهای سه فاز در شبکه تک فاز را با رسم شکل مداری آن توضیح دهد.
- ساختمان داخلی مولد القایی تک فاز را از روی شکل توضیح دهد.
- طرز کار مولد القایی تک فاز را بیان کند.
- کاربردهای مولد القایی تک فاز را بیان کند.

مقدمه

تکفاز شروع شد و این ضعف به طور کلی از پرونده برق AC پاک گردید.

به طور کلی انواع موتورهای الکتریکی که در شبکه های برق تکفاز جریان متناوب استفاده می شوند جزء ماشین های مخصوص به حساب می آیند.

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

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- دور خاص این موتورها می دانند.

به طور کلی موتورهای تکفاز به سه دسته کلی تقسیم می شوند:

— موتور القایی تکفاز

— موتور یونیورسال

— موتور سنکرون تکفاز

در این کتاب فقط انواع موتورهای القایی تکفاز و موتور یونیورسال تشریح می شود و ساختمان انواع موتورهای سنکرون تکفاز در دوره های بالاتر تحصیلی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.^۲

غالباً در ساختمان های مسکونی، کارگاه های کوچک، مغازه ها و فروشگاه ها از شبکه برق تکفاز استفاده می شود. بنابراین برای استفاده از وسایلی همچون کولر، یخچال، ماشین لباسشویی، پمپ های آب خانگی و دیگر وسایل مورد نیاز در زندگی امروزی به موتور تکفاز الکتریکی احتیاج می باشد.

آنچنان که در فصل ۳ بیان شد، منبع تغذیه AC تکفاز میدان ضربانی ایجاد می کند. به همین خاطر در ابتدا تصور می شد که یکی از ضعف های برق AC عدم کارایی آن در تولید موتورهای الکتریکی تکفاز است.^۱

با همت مهندس فرانسوی موریس لبلانس^۲ و ارائه تئوری دو میدانی میدان های ضربانی، طراحی و تولید انواع موتورهای



شکل ۱- کاربردهای موتورهای تکفاز در لوازم خانگی

۱- حامیان برق DC، یکی دیگر از نقاط ضعف برق AC را کنترل ناپذیر بودن سرعت موتورهای جریان متناوب می دانستند که با رشد صنعت الکترونیک قدرت بر این مشکل نیز

چیره شدند.

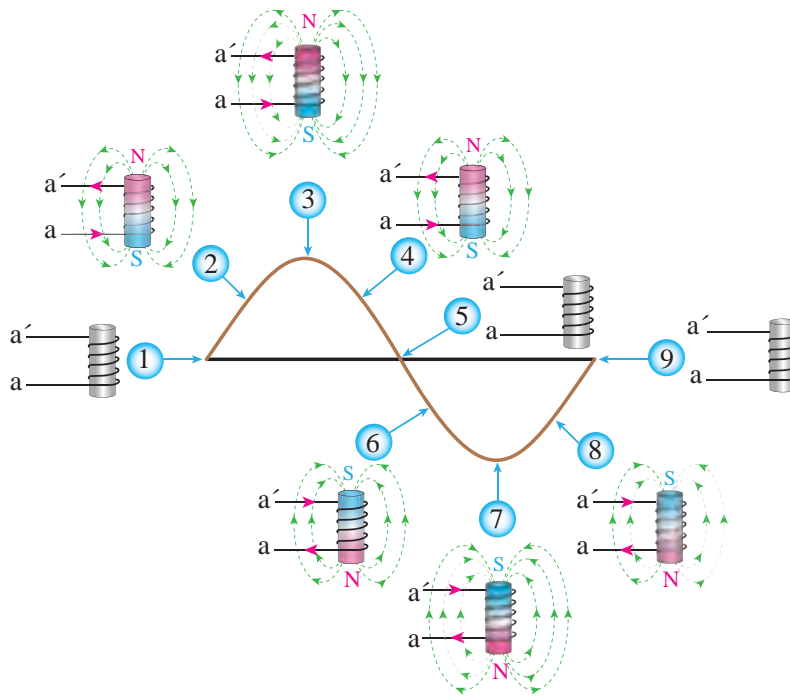
۲- Maurice Leblanc (۱۸۵۷-۱۹۲۳)

۳- دانش آموزان به فصل ۳، بخش اساس کار ماشین های القایی و پدیده میدان دوار رجوع نمایند.

۱-۵- موتورهای القایی تک فاز

برای ساختن موتور القایی تک فاز، 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.

همان گونه 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 تک فاز از یک سیم پیچ میدان ضربانی ایجاد می‌شود.



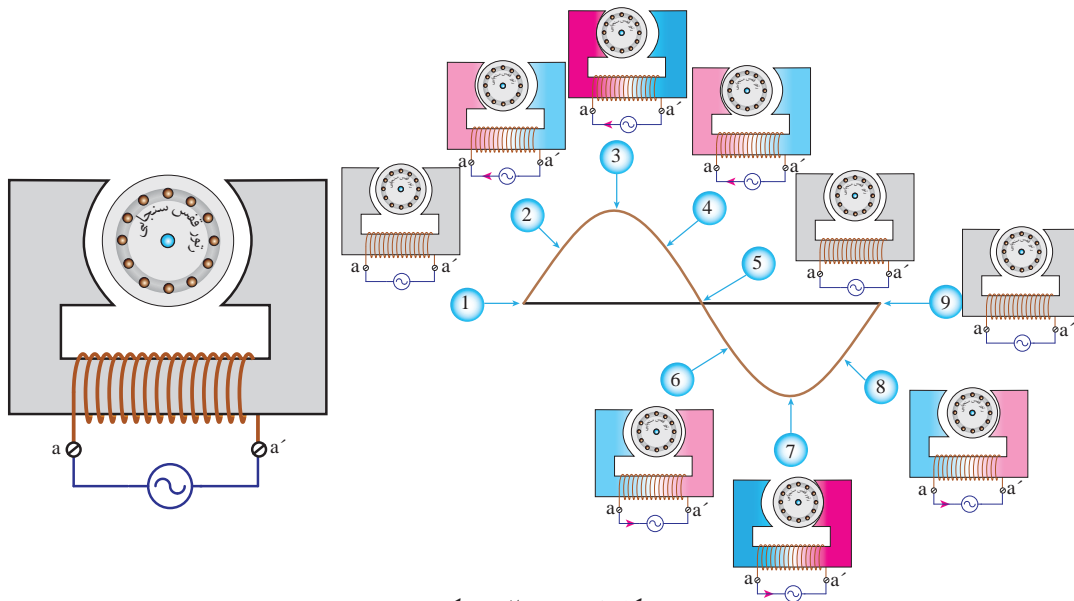
شکل ۲- ولتاژ و جریان تک فاز در یک سیم پیچ میدان ضربانی ایجاد می‌کند

یک جهت، مثلاً راست گرد، 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 تک فاز شامل دو میدان دوار با اندازه‌ای برابر، یکی راست گرد و دیگری چپ گرد است. با آزمایش شکل (۳) مشخص می‌شود که با کمک وسیله راه انداز 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

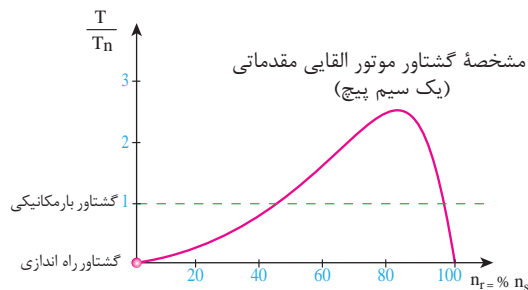
در واقع چگونگی القای ولتاژ در هادی‌های رتور و چرخش آن در موتورهای سه فاز و تک فاز شبیه یکدیگر است از این رو به دلیل سادگی ساختمان موتورهای القایی تک فاز، رتور همه آنها را از نوع قفسه سنجایی می‌سازند.

۱-۵-۱- چگونگی ایجاد چرخش در موتورهای

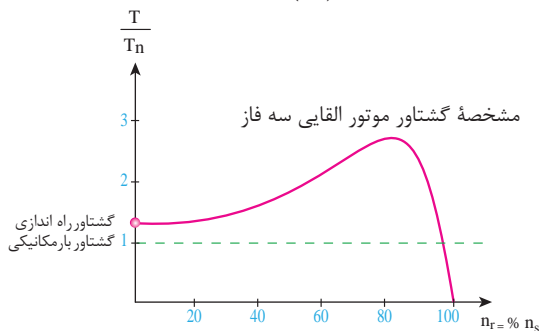
القایی تک فاز: در تشریح عملکرد موتورهای القایی، نحوه ایجاد میدان دوار در استاتور ماشین از اصول اساسی می‌باشد. آزمایش شکل (۳) نشان می‌دهد که در صورت اتصال موتور به شبکه برق تک فاز AC، رتور حرکتی نخواهد داشت. اما اگر با کمک یک وسیله راه انداز رتور این موتور در



شکل ۳- موتور القایی تک فاز مقدماتی



(الف)



(ب)

شکل ۴- مقایسه مشخصه گشتاور - دور موتور القایی تک فاز مقدماتی و سه فاز

همچنین اگر مطابق شکل (۵) در پوسته استاتور دو دسته سیم پیچ با اختلاف مکانی 90° درجه نسبت به هم جا سازی شوند به طوری که جریان عبوری از آنها دارای اختلاف فاز 90° درجه باشد، می توان میدان دوار ایجاد کرد.

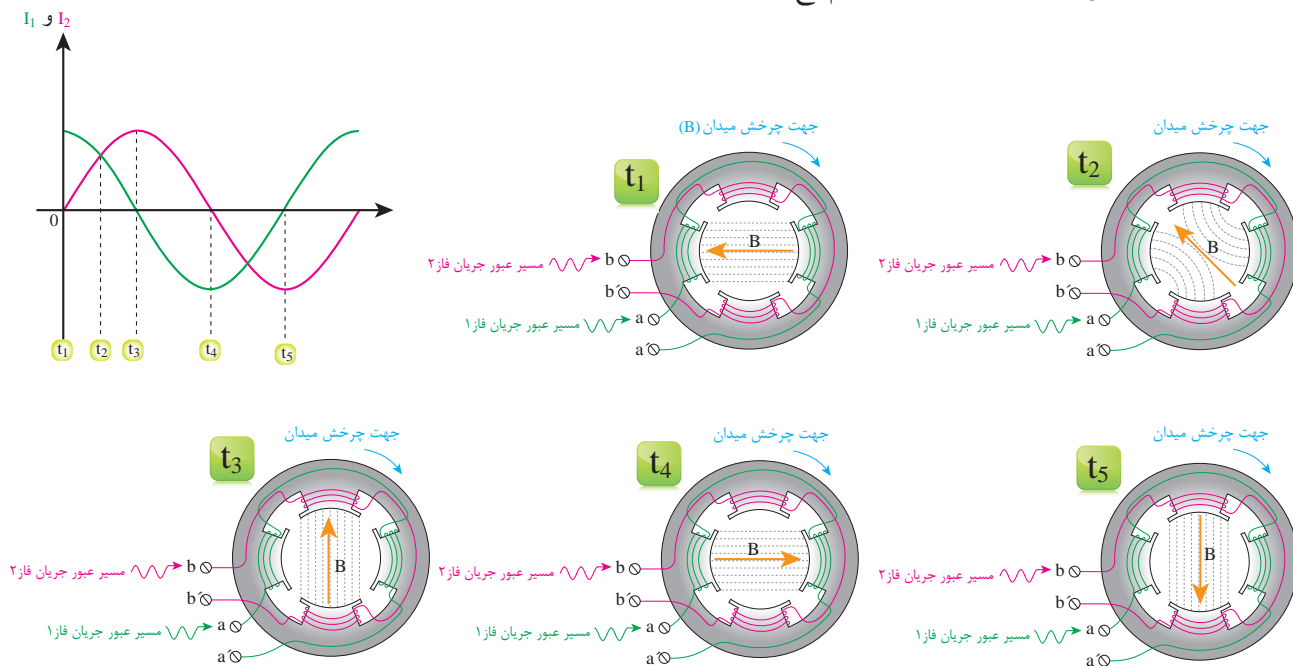
برق تک فاز با مجموع دو میدان دوار هم اندازه مختلف جهت برابر می باشد. هر چند تشریح موضوع فوق با روابط ریاضی تبیین می گردد اما در این کتاب به مشاهدات فیزیکی آن بسنده می شود. **مشخصه گشتاور - دور موتور تک فاز مقدماتی**، مطابق شکل (۴ - الف) می باشد. با توجه به شکل (۴ - الف) می توان مشاهده نمود که موتور القایی تک فاز مقدماتی گشتاور راه اندازی ندارد و به همین دلیل بدون وسیله راه انداز به چرخش در نمی آید. بنابراین باید برای راه اندازی موتور القایی تک فاز تدبیری اندیشیده شود.

همان طور که در تئوری ایجاد میدان دوار موتورهای سه فاز القایی گفته شد، با قرار دادن سه دسته سیم پیچ با اختلاف مکانی 120° درجه در پوسته استاتور و عبور جریان سه فاز از آنها میدان دوار ایجاد می شود.^۱

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

فاز ایجاد نمود. ایجاد این اختلاف فاز با استفاده از یک المان مناسب انجام می‌شود.

با توجه به الگوی شکل (۶- الف)، برای ایجاد چرخش در موتورهای تک‌فاز القایی می‌توان از دو دسته سیم‌پیچ استفاده کرد به شرطی که بتوان بین جریان سیم‌پیچ‌ها اختلاف

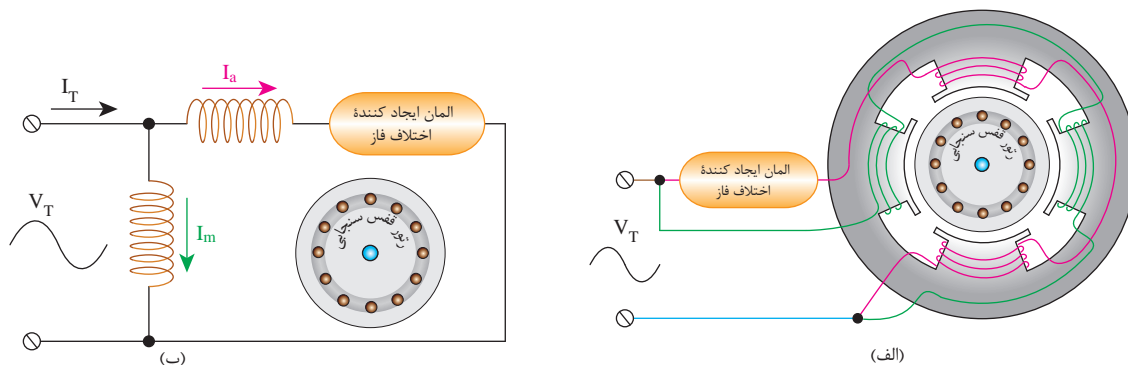


شکل ۵- ایجاد میدان دوار با کمک دو دسته سیم‌پیچ و دو جریان متناوب با اختلاف فاز ۹۰ درجه

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 باشد گشتاور راه‌اندازی بیشتر و میدان دوار ایجاد شده متقارن‌تر است.

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- ب) نمایش داده شده است.



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

سلفی دارد. در نتیجه مطابق دیاگرام برداری شکل (۷) بین جریان دو سیم پیچ اختلاف فاز ایجاد می شود.

بهترین راه افزایش نسبت مقاومت اهمی به مقاومت القایی، استفاده از سیم نازک تر در سیم پیچ می باشد. ضمن آنکه با قرارگیری سیم پیچ در عمق کمتر شیارهای استاتور اثر مقاومت القایی سیم پیچ کاهش می یابد. در عمل با قرار دادن سیم پیچ راه انداز بر روی سیم پیچ اصلی، سیم پیچ راه انداز در عمق کمتر و سیم پیچ اصلی در عمق بیشتر قرار گرفته و بدین سبب مقاومت القایی آن کمتر از مقاومت القایی سیم پیچ اصلی می شود.

از آنجا که مقاومت اهمی سیم پیچ راه انداز زیاد می باشد، در صورت ادامه کار موتور، تلفات حرارتی در سیم پیچ راه انداز باعث افزایش دمای سیم پیچ و سوختن آن می شود.

به همین خاطر باید پس از راه اندازی موتور و زمانی که سرعت آن حدوداً به ۷۵ درصد سرعت نامی رسید، سیم پیچ راه انداز از مدار خارج گردد.

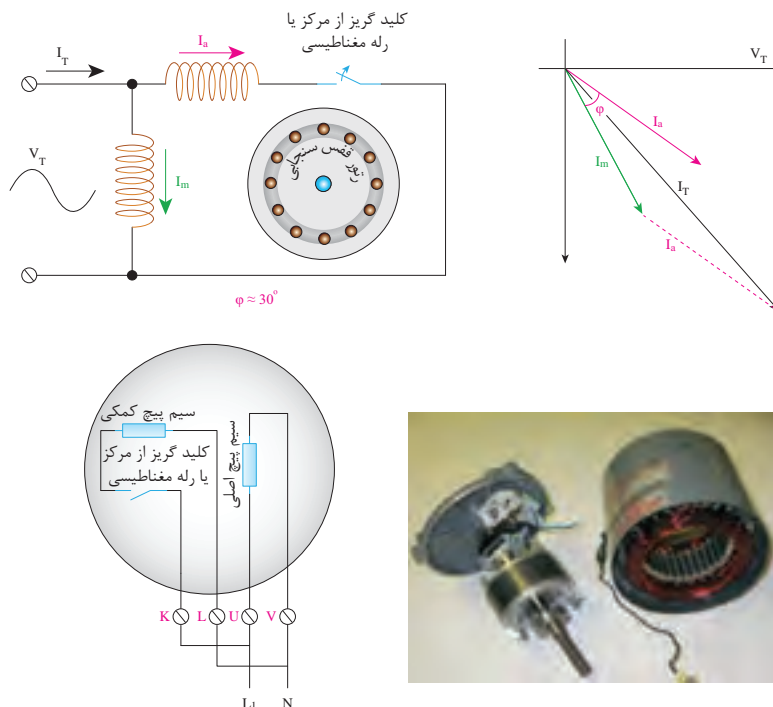
بیشترین گشتاور راه اندازی زمانی است که اختلاف فاز جریان دو سیم پیچ 90° درجه باشد. در این حالت میدان دوار ایجاد شده کاملاً متقارن می باشد.

موتورهای تک فاز القایی بر اساس انتخاب المان ایجاد کننده اختلاف فاز به صورت ذیل دسته بندی می شوند :

- موتورهای القایی تک فاز با فاز شکسته
- موتورهای القایی با خازن راه انداز
- موتور القایی با خازن دائم کار
- موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه انداز و دائم کار)
- موتور القایی قطب چاک دار

۲-۱-۵- موتورهای القایی تک فاز با فاز شکسته :

در این موتورها برای ایجاد اختلاف فاز بین جریان سیم پیچ اصلی و راه انداز، نسبت مقاومت اهمی به القایی سیم پیچ راه انداز را بیشتر از سیم پیچ اصلی اختیار می کنند. یعنی امپدانس سیم پیچ راه انداز بیشتر خاصیت اهمی و امپدانس سیم پیچ اصلی بیشتر خاصیت



شکل ۷- موتور القایی تک فاز فاز شکسته

۳-۱-۵- موتورهای القایی با خازن راه انداز :

شکل (۸) ایجاد اختلاف فاز جریان سیم پیچ اصلی و راه انداز را به کمک یک خازن سری شده با سیم پیچ راه انداز نشان می دهد. با محاسبه مقدار مناسب ظرفیت خازن می توان اختلاف زاویه بین دو جریان را در زمان راه اندازی به 90° درجه رساند. در نتیجه گشتاور راه اندازی چنین موتوری بسیار خوب می باشد. زیرا بیشترین مقدار گشتاور در موتور القایی تک فاز با ایجاد این زاویه به دست می آید.

بعد از راه اندازی موتور، عبور جریان زیاد از خازن باعث سوختن آن می شود به همین خاطر باید خازن را توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج کرد.

با توجه به اینکه از خازن راه انداز جریان زیادی عبور می کند، باید ظرفیت آن نیز زیاد باشد. از طرفی چون این خازن مدت کوتاهی در مدار است بنابراین می توان از خازن های الکترولیتی استفاده کرد، زیرا با در نظر گرفتن ظرفیت خازن های الکترولیتی، حجم آنها کوچک و قیمتشان ارزان است.

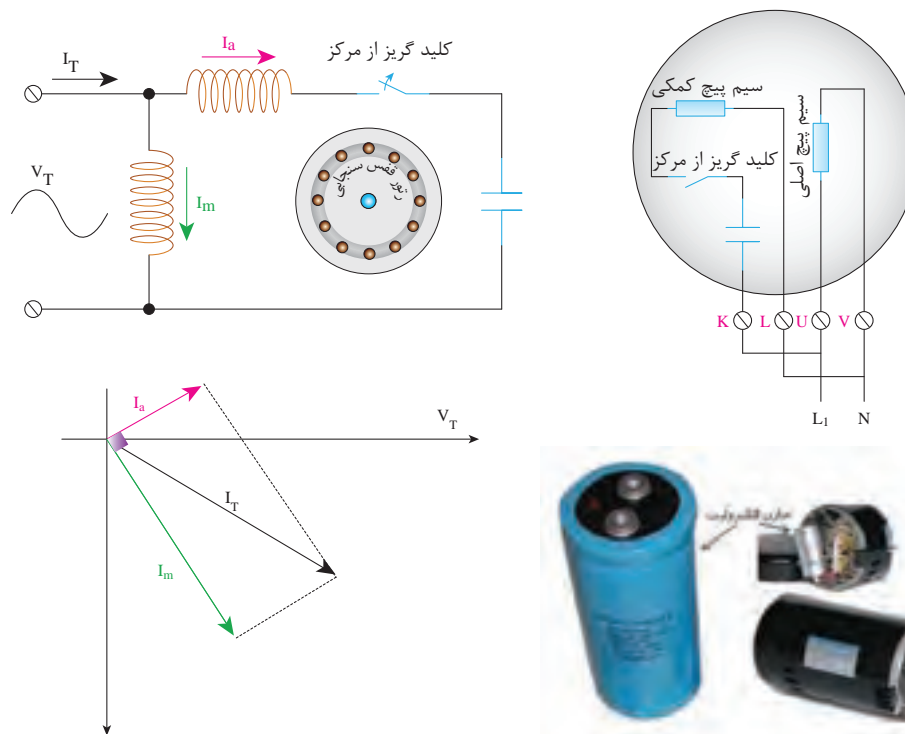
برای این کار در بعضی موتورها مانند موتور کولر از کلید گریز از مرکز و در برخی دیگر مانند یخچال و فریزر از رله مغناطیسی استفاده می شود.

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

رله مغناطیسی نیز با افزایش نسبی جریان سیم پیچ کمکی بعد از راه اندازی موتور سبب قطع مدار می شود. با ساختمان داخلی این کلیدها در کتاب برق صنعتی آشنا می شوید.

در موتورهای القایی تک فاز، که سیم پیچ راه انداز آنها از مدار خارج می شود، معمولاً $\frac{1}{3}$ شیارهای استاتور به سیم پیچ راه انداز و $\frac{2}{3}$ دیگر به سیم پیچ اصلی تعلق دارند.

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



شکل ۸- موتور القایی با خازن راه انداز

به دلیل اینکه سیم پیچ راه انداز از مدار خارج نمی شود در نتیجه سیم پیچ اصلی و راه انداز را در این موتورها مانند هم در نظر می گیرند و هر کدام نصف شیارهای استاتور را اشغال می کنند.

از خصوصیات خوب این موتورها سر و صدای کم در زمان کار می باشد 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.

۵-۱-۵- موتورهای القایی دو خازنی (خازن

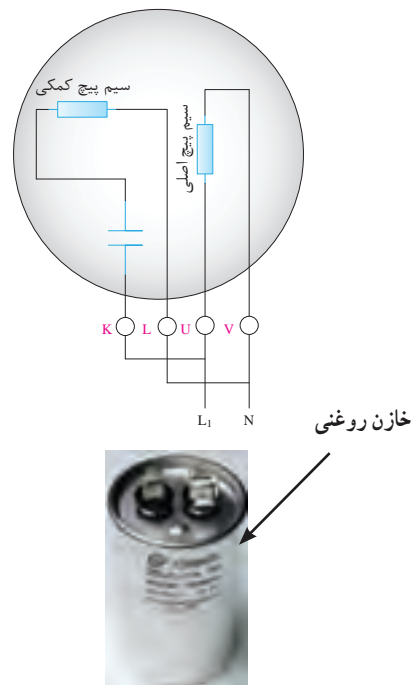
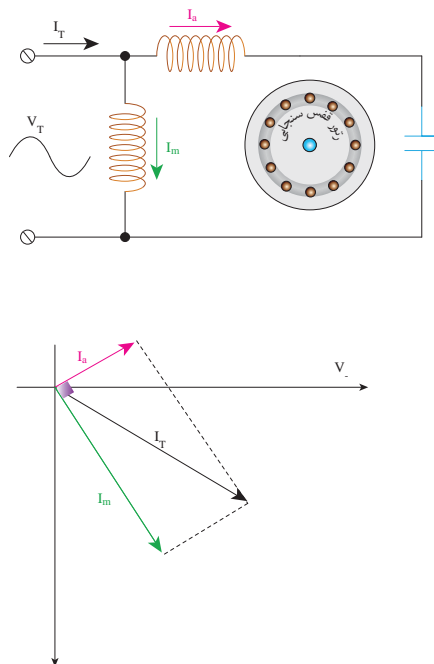
راه انداز و دائم کار): اگر در موتور القایی از هر دو خازن دائم کار و راه انداز مطابق شکل (۱۰) هم زمان استفاده شود، موتور را دو خازنی می گویند.

همان طور که در بخش های پیشین به آن اشاره شد خازن راه انداز از نوع الکترولیتی و با ظرفیت زیاد می باشد در حالی که خازن دائم کار از نوع روغنی و دارای ظرفیت کم است.

موتورهای القایی با خازن راه انداز مشخصه راه اندازی خوبی داشته و به طور کلی در وسایلی همچون کمپرسورها، دستگاه های چند کاره نجاری و ... کاربرد دارند.

۴-۱-۵- موتور القایی با خازن دائم کار: اگر

مطابق شکل (۹) خازن سری شده با سیم پیچ راه انداز طوری محاسبه گردد تا در موقع راه اندازی اختلاف فاز اندک ولی در زمان کار، اختلاف فاز تقریباً 90° درجه شود، می توان خازن را در مدار نگه داشت. در این صورت مقدار ظرفیت خازن دائم کار نسبت به خازن راه انداز کمتر است و در زمان راه اندازی جریان کمتری از آن عبور می کند. 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 می شود که قیمت آنها گران تر از خازن های الکترولیت است. راندمان، ضریب قدرت و گشتاور کار این موتورها در حالت کار بسیار خوب است.



شکل ۹- موتور القایی با خازن دائم کار

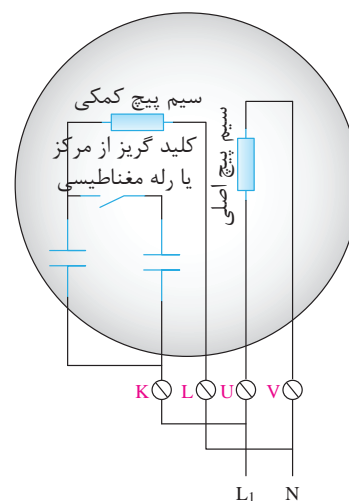
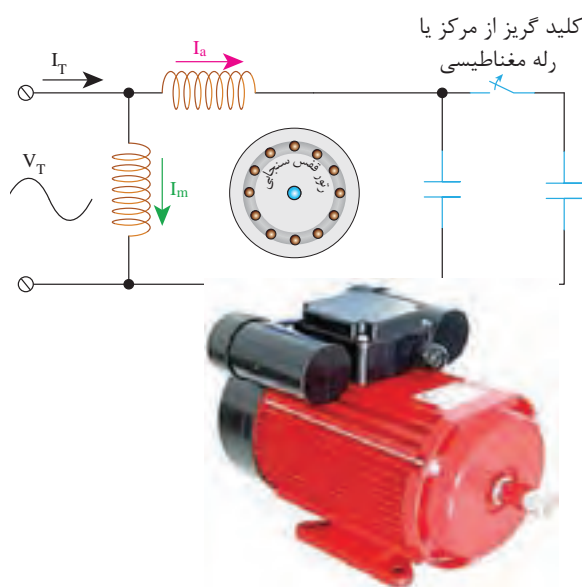
۶-۱-۵- موتور القایی قطب چاک دار: اگر بر روی

قطب های برجسته 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 چاک دار می گویند.

حلقه های هادی اتصال کوتاه شده در طرفین قطب ها نقش سیم پیچ راه انداز و ایجاد کننده اختلاف فاز بین میدان اصلی و میدان قطب چاک دار را ایفا می کنند. زیرا میدان القا شده در حلقه های اتصال کوتاه 90° درجه نسبت به میدان قطب اصلی اختلاف فاز داشته و این اختلاف دو میدان در این نوع موتورها، برای ایجاد گشتاور راه اندازی کافی می باشد.

در ابتدای راه اندازی موتور، هر دو خازن با هم موازی بوده و با سیم پیچ راه انداز به طور سری در مدار قرار می گیرند ولی پس از رسیدن دور موتور به ۷۵ درصد دور نامی به وسیله کلید گریز از مرکز خازن راه انداز از مدار خارج می شود و تنها خازن روغنی در مدار باقی می ماند. به دلیل وجود این دو خازن، این نوع موتورها هم دارای مشخصه گشتاور راه اندازی خوب می باشند و هم در زمان کار آرام و بی صدا کار می کنند. در این موتورها سیم پیچ اصلی و راه انداز شبیه یکدیگر در نظر گرفته می شود.

این موتورها غالباً جزء موتورهای صنعتی محسوب می شوند و در وسایلی مانند ماشین لباسشویی صنعتی، یخچال های صنعتی، موتورهای بالابرو... کاربرد دارند.



شکل ۱۰- موتور القایی دو خازنی (خازن راه انداز و دائم کار)

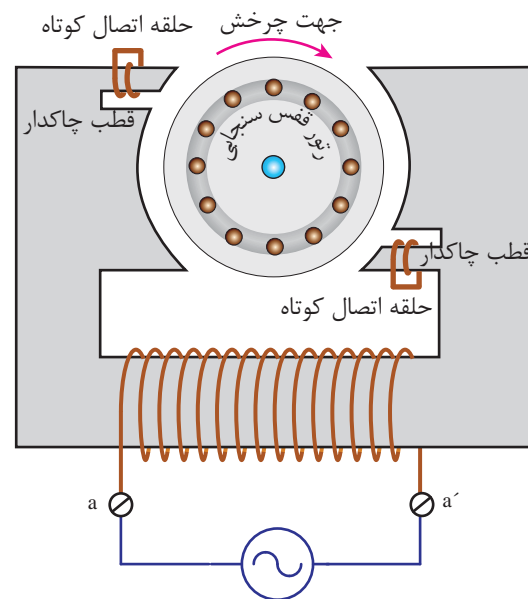
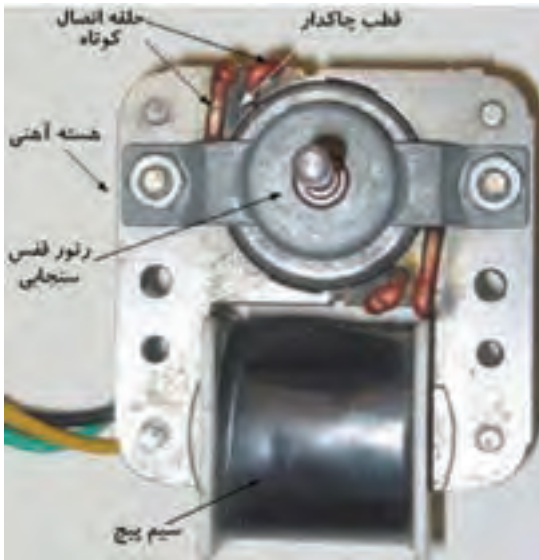
پمپ آب کولر، فن های کوچک آشپزخانه و... وسایلی هستند که از این موتورها در ساخت آن استفاده می شود.

گشتاور راه اندازی و ضریب بهره این موتورها بسیار کم است و معمولاً در توان های کمتر از ۱۵۰ وات ساخته می شوند. مزیت اصلی این موتورها سادگی ساختمان آنها می باشد.

۵-۱-۷ - تغییر جهت گردش در موتورهای

القایی تک فاز: به طور کلی برای تغییر جهت گردش موتورهای القایی تک فاز باید جهت جریان را در یکی از سیم پیچ های اصلی یا راه انداز عوض نمود.

در تغییر جهت گردش موتورهای القایی با خازن دائم کار غالباً از مدار شکل (۱۲) استفاده می شود. چون مشخصات سیم پیچ اصلی و راه انداز مانند هم می باشند بنابراین می توان خازن را طوری در مدار قرار داد که در یک جهت با سیم پیچ اصلی و در جهت دیگر با سیم پیچ راه انداز سری شود.

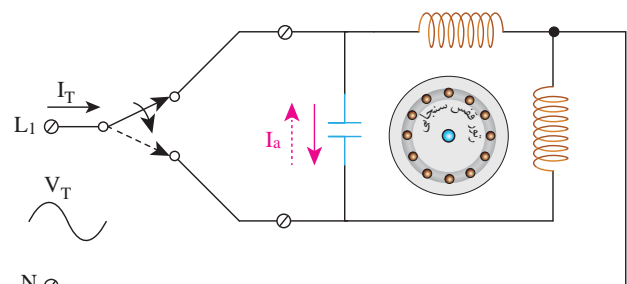


شکل ۱۱- موتور القایی قطب چاک دار (به جهت چرخش و قطب ها توجه شود)

از آنجا که جریان راه اندازی موتورهای القایی تک فاز با خازن دائم کار کم است بنابراین برای قطع و وصل بی دربی در شبکه برق کمتر ایجاد اشکال می کند. همچنین از ویژگی های دیگر این موتور سادگی مدار تغییر جهت در آن می باشد.

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

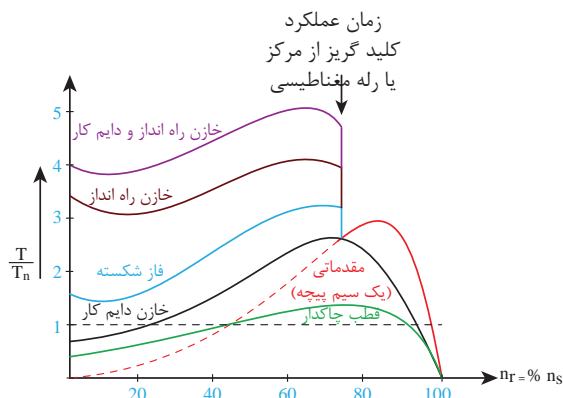
باید توجه داشت که در این مدار با تغییر جهت جریان خازن، جهت چرخش رتور عوض می شود.



شکل ۱۲- تغییر جهت در موتور القایی تک فاز با خازن کار

۸-۱-۵- مقایسه موتورهای القایی تک فاز :

هریک از موتورهای القایی تک فاز در جای خاصی کاربرد دارند. در شکل (۱۳) مشخصه‌های گشتاور - دور کلیه موتورهای القایی تک فاز با یکدیگر مقایسه شده است. با توجه به شکل (۱۳) مشخص است که موتور القایی دو خازنی از بیشترین گشتاور راه اندازی برخوردار بوده و کمترین گشتاور مربوط به موتور قطب چاک دار است.



شکل ۱۳ - مقایسه مشخصه گشتاور - دور موتورهای القایی تک فاز

۲-۵- موتور یونیورسال

در درس ماشین الکتریکی DC ساختمان موتور سری ارائه شده است و رابطه گشتاور آن از رابطه (۵-۱) تبعیت می کند :

$$T = KI_a^2 \quad (5-1)$$

در رابطه (۵-۱)

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 - m

با توجه به رابطه (۵-۱)، گشتاور موتور سری رابطه

مجذوری با جریان آرمیچر دارد. به طور مثال تغییرات گشتاور بر

اساس جریان آرمیچر به ازای $K=1$ به صورت منحنی شکل (۱۴) در خواهد آمد.

بیشتر بدانید



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

نوع موتور القایی تک فاز	گشتاور راه اندازی (درصد از گشتاور نامی)	ضریب توان در بار نامی	بازده در بار نامی (به درصد)	محدوده توان (اسب بخار)	مقایسه تقریبی قیمت (به درصد)
فاز شکسته	۱۵۰~۲۰۰	۰/۵ ~ ۰/۶۵	۵۵ ~ ۶۵	۰/۰۵ ~ ۱	۱۰۰
خازن دائم کار	۱۵۰~۳۰	۰/۷ ~ ۰/۹	۶۰ ~ ۷۰	۰/۱۲۵ ~ ۶	۱۴۰
خازن راه انداز	۲۵۰~۴۰۰	۰/۵ ~ ۰/۶۵	۵۵ ~ ۶۵	۰/۱۲۵ ~ ۱۰	۱۲۰
دو خازنی	۲۵۰~۴۵۰	۰/۷ ~ ۰/۹	۶۰ ~ ۷۰	۰/۱۲۵ ~ ۱۰	۱۸۰
قطب چاک دار	۲۰~۶۰	۰/۲۵ ~ ۰/۴	۱۵ ~ ۴۰	۰/۰۱ ~ ۰/۱۶	۵۰

جدول ۱- مقایسه ویژگی انواع موتورهای القایی تک فاز

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

بر خلاف جریان مستقیم، با اتصال موتور یونیورسال به جریان متناوب، در هسته سیم پیچ تحریک نیز، تلفات فوکو و هیستریزیس ایجاد خواهد شد و در نتیجه برای مقابله با آن باید جنس هسته از فولاد مغناطیسی مرغوب و به صورت ورقه ورقه ساخته شود. به طور کلی برای بهبود عملکرد موتور یونیورسال در جریان متناوب باید ملاحظات ویژه‌ای در طراحی، ساختمان و سیم پیچی 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 (۲-۵)، رتور باید با سرعت بیشتری بچرخد.^۲

$$E_a = K\phi\omega \quad (۲-۵)$$

در رابطه (۲-۵) :

E_a ولتاژ آرمیچر بر حسب ولت

K ضریب ثابتی است که به ساختمان موتور بستگی دارد

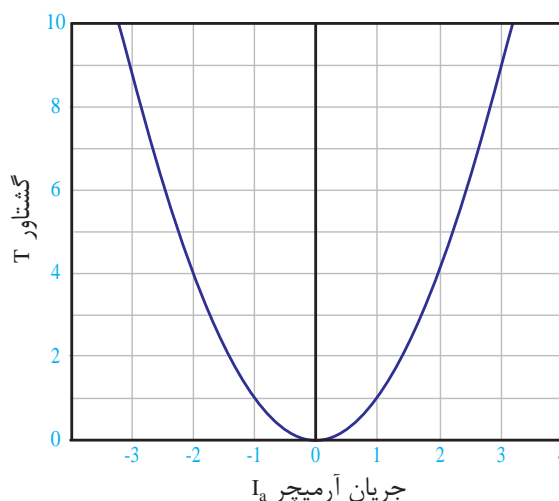
ϕ شار مغناطیسی زیر هر قطب بر حسب وبر

ω سرعت زاویه رتور بر حسب رادیان بر ثانیه

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 اندازه 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.



شکل ۱۴ - مشخصه الکترو مغناطیسی موتور DC

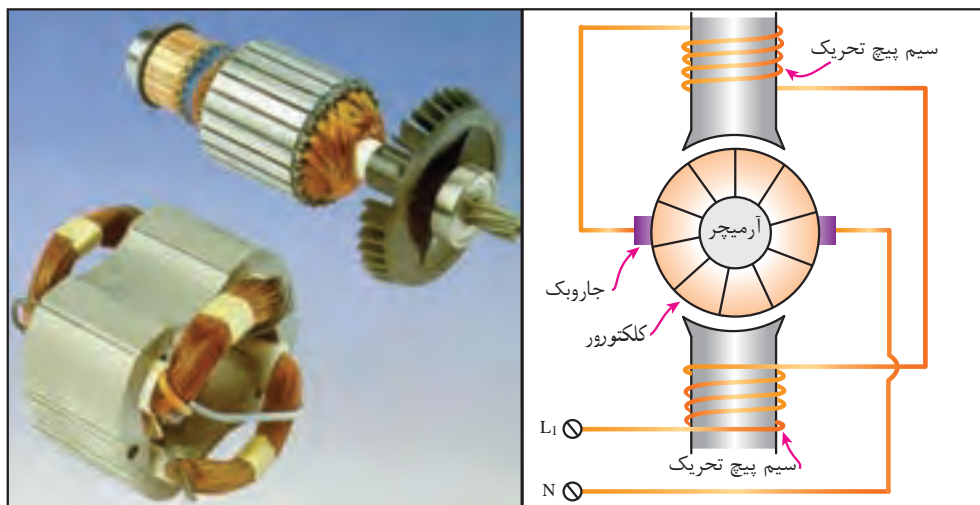
باید توجه داشت با اتصال موتور سری به جریان متناوب، علاوه بر مقاومت اهمی سیم پیچ‌های موتور به دلیل وجود اندوکتانس آن، مقاومت القایی نیز به مدار اضافه می‌شود در نتیجه امپدانس آن افزایش می‌یابد، بنابراین به نسبت اتصال موتور به جریان مستقیم، جریان کمتری از سیم پیچ‌های موتور عبور می‌کند.

۱- همه منظوره - فراگیر

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

از موتور سری کمتر است. این تفاوت در مشخصه گشتاور آنها در شکل (۱۶) نشان داده شده است.

البته گشتاور موتور یونیورسال به دلیل وجود راکتانس سیم پیچ های آرمیچر و قطب ها و همچنین عکس العمل آرمیچر



شکل ۱۵ - شکل ظاهری موتور یونیورسال

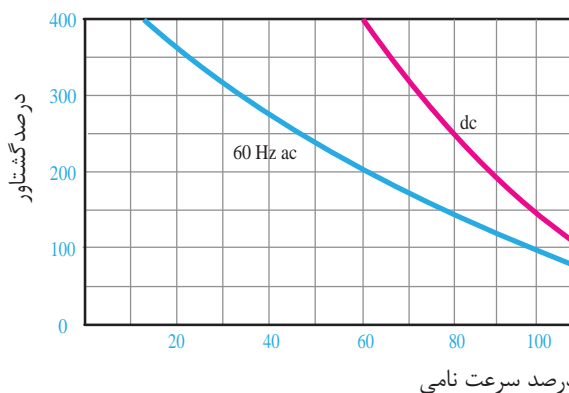
برخی لوازم خانگی مانند جارو برقی مورد استفاده قرار می گیرد.

۳-۵- استفاده از موتورهای سه فاز در شبکه

برق تک فاز

در بعضی مواقع^۱ ضرورت دارد که از موتور سه فاز القایی در شبکه برق تک فاز استفاده شود. با کمک خازن روغنی و با انتخاب ظرفیت مناسب می توان این نوع موتور را در شبکه برق تک فاز راه اندازی 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 القایی ۳۸۰V، تحمل ولتاژ ۲۲۰V را دارد، پس اگر چنین موتوری بخواهد با برق تک فاز راه اندازی گردد باید به طور مثلث به مدار اتصال داده شود تا ولتاژ اعمال شده به هر بوبین آن ۲۲۰V باشد. همچنین برای اتصال



شکل ۱۶ - مشخصه گشتاور - دور موتور یونیورسال

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

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

این نوع موتور حداکثر تا توان $\frac{3}{4}$ اسب بخار ساخته می شود و در وسایل و ابزارهای کارگاهی مانند مته، سنگ فرز و

۱- در دسترس نبودن شبکه برق سه فاز

۲- مهندس آلمانی تباری که کشف پدیده هیستریزس و روش های مقابل با آن نیز از جمله فعالیت های ایشان می باشد.

موتور سه فازی با ولتاژ ۲۲۰/۱۲۵ V به برق تک فاز باید آن را به صورت ستاره به شبکه متصل نمود.

تحقیق کنید



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

با توجه به قرارگیری خازن به صورت دائم در این مدار، از خازن روغنی باید استفاده شود. تجربه نشان داده است که در حالت راه اندازی تک فاز موتور سه فاز، برای ایجاد گشتاور راه اندازی تا حدود ۳۰ درصد گشتاور نامی موتور و گشتاور کاری تا حدود ۷۵ درصد آن، به ازای 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 راه اندازی 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 می گیرد که پس از راه اندازی موتور توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج می شود.

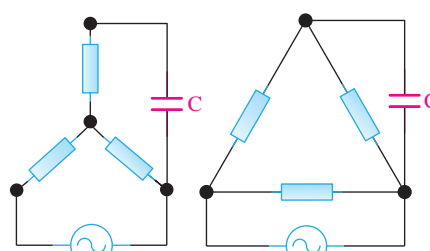
به دلیل وابستگی گشتاور بار به مقدار ظرفیت خازن انتخاب شده و ثابت بودن آن لازم است که گشتاور بار تغییر نداشته باشد لذا توصیه می گردد از این روش فقط در بارهای با گشتاور ثابت استفاده شود.

مثال برای راه اندازی تک فاز موتور سه فاز القایی با توان ۳ کیلو وات تقریباً به چه مقدار ظرفیت خازن نیاز می باشد؟

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

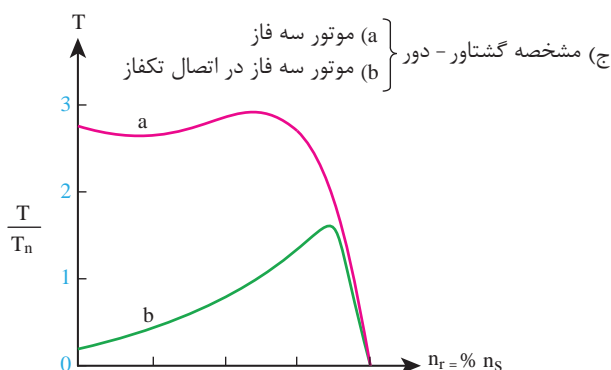
$$C = \frac{V}{Kw} \times 3(Kw) = 210 (\mu F)$$

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



الف) اتصال ستاره

ب) اتصال مثلث



شکل ۱۷ - انواع مدار راه اندازی موتور سه فاز به صورت تک فاز با کمک خازن

پرسش‌های پایان فصل (۵)

۱- چرا به موتورهای تک فاز AC نیاز داریم؟

۲- موتور تک فاز مقدماتی (یک سیم پیچه) در صورت راه اندازی می تواند راست گرد یا چپگرد بچرخد. (درست/غلط)

۳- موتور تک فاز یک سیم پیچه دارای گشتاور راه اندازی..... (صفر/کم/زیاد) است.

۴- انواع موتورهای تک فاز القایی را نام برده و نحوه عملکرد آن را شرح دهید.

۵- چرا ضریب قدرت موتورهای القایی تک فاز با فاز شکسته در حالت کار کم است؟

۶- تغییر جهت چرخش در موتورهای القایی تک فاز چگونه است؟ با مدار نشان دهید.

۷- در مقایسه موتورهای دو خازنی با موتورهای القایی با خازن راه انداز کدام پاسخ درست است؟

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

ب) ضریب قدرت راه اندازی و کار بالاتری دارد.

ج) گشتاور راه اندازی بالاتر اما ضریب قدرت کمتری دارد.

د) گشتاور راه اندازی کمتر اما ضریب قدرت بزرگتری دارد.

۸- جهت چرخش موتور قطب چاک دار چگونه تعیین می شود؟ با ترسیم شکل نشان دهید.

۹- در ابزارهای دستی از چه نوع موتور تک فازی استفاده می شود و چرا؟

۱۰- تفاوت های عملکردی موتور یونیورسال را در جریان DC و AC توضیح دهید.

۱۱- مقدار خازن مورد نیاز جهت راه اندازی یک موتور سه فاز $1/5 \text{ Kw}$ به صورت تک فاز چقدر باید باشد؟