

۵  
موتورهای تکفاز



۱- مقدمه

۲- موتورهای القایی تکفاز

۱-۲- چگونگی ایجاد چرخش در موتورهای القایی تکفاز

۲-۲- موتورهای القایی تکفاز با فاز شکسته

۳-۲- موتورهای القایی با خازن راه‌انداز

۴-۲- موتور القایی با خازن دائم کار

۵-۲- موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار)

۶-۲- موتور القایی قطب چاکدار

۷-۲- تغییر جهت گردش در موتورهای القایی تکفاز

۸-۲- مقایسه موتورهای القایی تکفاز

۳- موتور یونیورسال

۴- استفاده از موتورهای سه فاز در شبکه برق تکفاز

۱

۲

۳

۴

۵

بطور کلی انواع موتورهای الکتریکی که در شبکه های برق تکفاز جریان متناوب استفاده می شوند جزو ماشینهای مخصوص بحساب 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 قدرتهای کم معمولا 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.

بطور 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 میشود و ساختمان انواع موتورهای سنکرون تکفاز در دوره های بالاتر تحصیلی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

غالباً در ساختمانهای 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، پمپهای آب خانگی و .. دیگر وسایل مورد نیاز در زندگی امروزی به موتور تکفاز الکتریکی احتیاج می باشد.

آنچنانکه 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 ضعفهای برق AC عدم کارایی آن در تولید موتورهای الکتریکی تکفاز است! با همت مهندس فرانسوی موريس لبلايس<sup>۱</sup> و ارائه تئوری دو میدانی میدانهای ضربانی، طراحی و تولید انواع موتورهای تکفاز شروع شد و این ضعف بطور کلی از پرونده برق AC پاک گردید.



شکل ۱- کاربرد های 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- Leblanc Maurice (۱۸۵۷-۱۹۲۳)

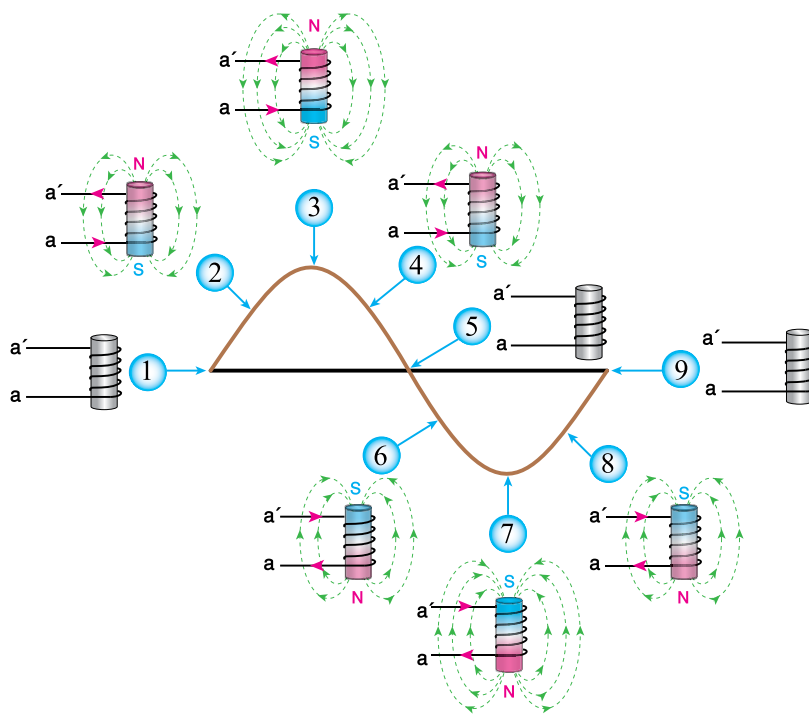
۳- دانش آموزان به فصل ۳، بخش اساس کار ماشینهای القایی و پدیده میدان دوار رجوع نمایند.



## ۲- 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 سیم پیچ 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 ۲- ولتاژ و جریان تکفاز در یک سیم پیچ میدان ضربانی ایجاد می‌کند

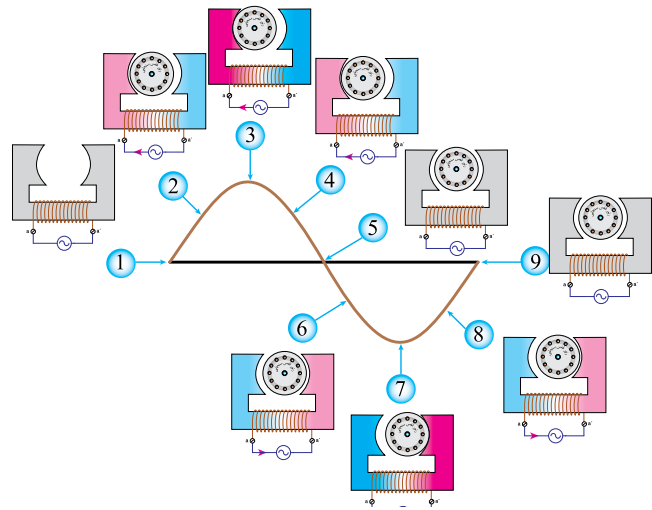
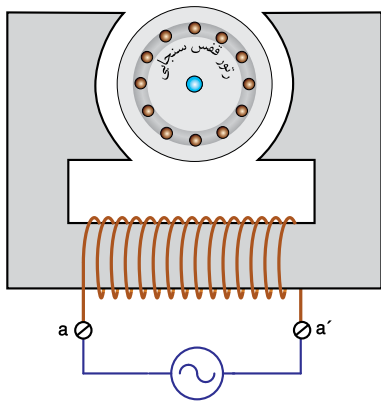
اما اگر با کمک یک وسیله راه‌انداز رتور این موتور در یک جهت، مثلاً راستگرد، به چرخش درآید رتور در همان جهت به حرکت دورانی خود ادامه می‌دهد. موضوع جالب توجه اینکه اگر ابتدا رتور به سمت چپ چرخانده شود، ادامه چرخش رتور چپگرد خواهد بود.

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

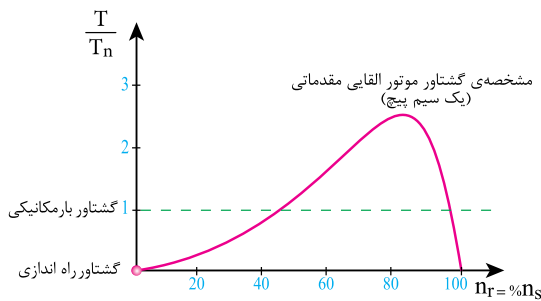
در واقع چگونگی القای ولتاژ در هادیهای رتور و چرخش آن در موتورهای سه فاز و تکفاز شبیه یکدیگر است از این رو به دلیل سادگی ساختمان موتورهای القایی تکفاز، رتور همه‌ی آنها را از نوع قفسه‌سنجابی می‌سازند.

## ۲-۱- چگونگی ایجاد چرخش در موتورهای القایی تکفاز

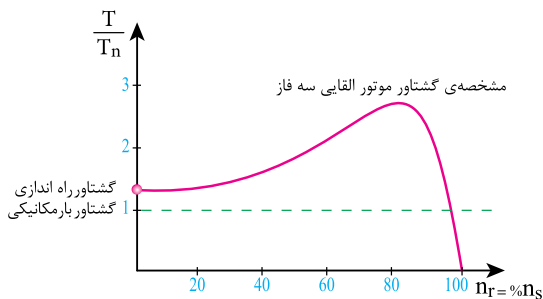
در تشریح عملکرد موتورهای القایی، نحوه‌ی ایجاد میدان دوار در استاتور ماشین از اصول اساسی می‌باشد. آزمایش شکل (۳) نشان می‌دهد که در صورت اتصال موتور به شبکه برق تکفاز AC، رتور حرکتی نخواهد داشت.



شکل ۳- موتور القایی تکفاز مقدماتی



(الف)



(ب)

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

همچنین اگر مطابق شکل (۵) در پوسته استاتور دو دسته سیم پیچ با اختلاف مکانی ۹۰ درجه نسبت به

دیگری غلبه نموده و باعث چرخش رتور در یک جهت می‌شود.

در واقع تئوری دو میدانی اثبات می‌کند که میدان ضربانی برق تکفاز با مجموع دو میدان دوار هم اندازه مختلف الجهدت برابر می‌باشد. هر چند تشریح موضوع فوق با روابط ریاضی تبیین می‌گردد اما در این کتاب به مشاهدات فیزیکی آن بسنده می‌شود.

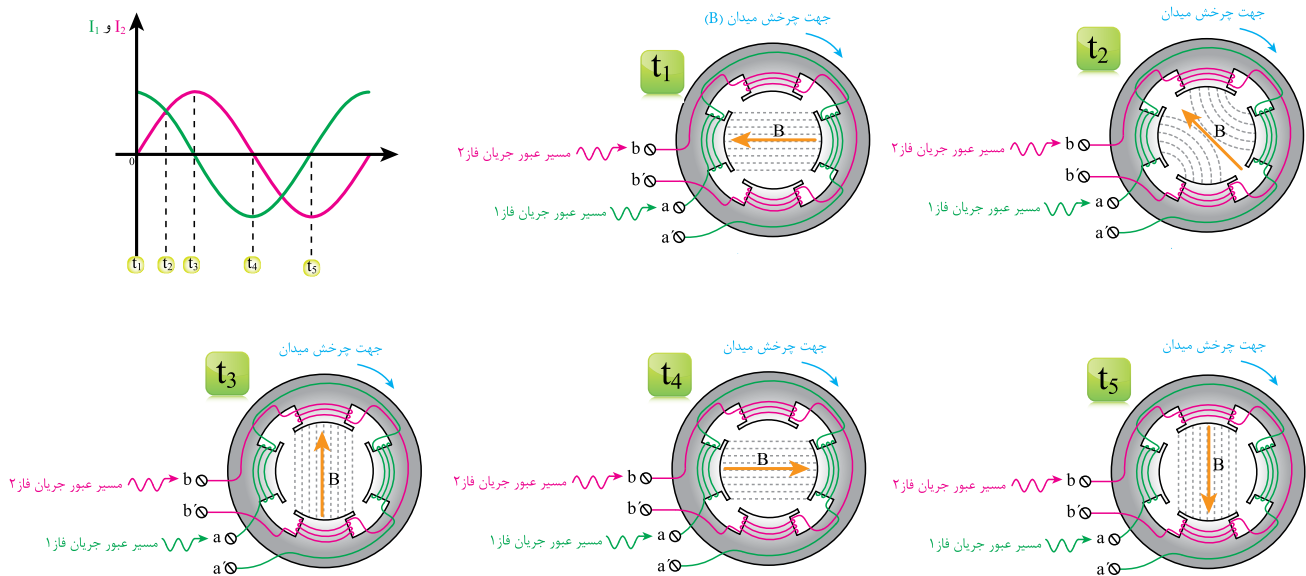
مشخصه گشتاور - دور موتور تکفاز مقدماتی ، مطابق شکل (۴-الف) می‌باشد. با توجه به شکل (۴-الف) می‌توان مشاهده نمود که موتور القایی تکفاز مقدماتی گشتاور راه‌اندازی ندارد و به همین دلیل بدون وسیله راه‌انداز به چرخش در نمی‌آید.

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 سیم پیچ با اختلاف مکانی ۱۲۰ درجه در پوسته استاتور و عبور جریان سه فاز از آنها میدان دوار ایجاد می‌شود.<sup>۱</sup>

هم جا سازی شوند به طوری که جریان عبوری از آنها دارای اختلاف فاز ۹۰ درجه باشد، می توان میدان دوار ایجاد کرد.

با توجه به الگوی شکل (۶-الف)، برای ایجاد چرخش در موتورهای تکفاز القایی می توان از دو دسته سیم



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

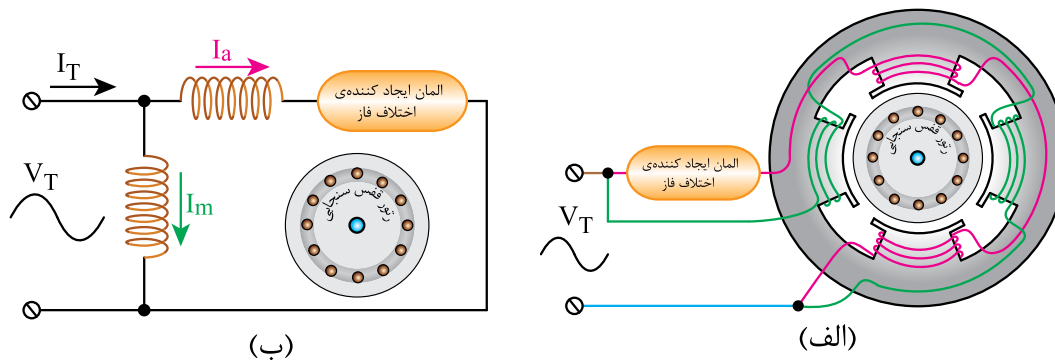
سیم پیچهای موتور تکفاز القایی و المان ایجاد کننده اختلاف فاز در مدار شکل (۶-ب) نمایش داده شده است.

جریان سیم پیچ اصلی را با  $I_m$  و جریان سیم پیچ راه انداز را با  $I_a$  نشان می دهند.

هر چه اختلاف فاز جریان سیم پیچ اصلی ( $I_m$ )

پیچ استفاده کرد به شرطی که بتوان بین جریان سیم پیچ ها اختلاف فاز ایجاد نمود. ایجاد این اختلاف فاز با استفاده از یک المان مناسب انجام می شود.

یکی از این دو سیم پیچ را سیم پیچ اصلی (Main) و دیگری را سیم پیچ کمکی (Auxiliary) یا راه انداز می نامند.



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

## ۲-۲- موتورهای القایی تکفاز 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 سلفی دارد. در نتیجه مطابق دیاگرام برداری شکل (۷) بین جریان دو سیم پیچ اختلاف فاز ایجاد می شود.

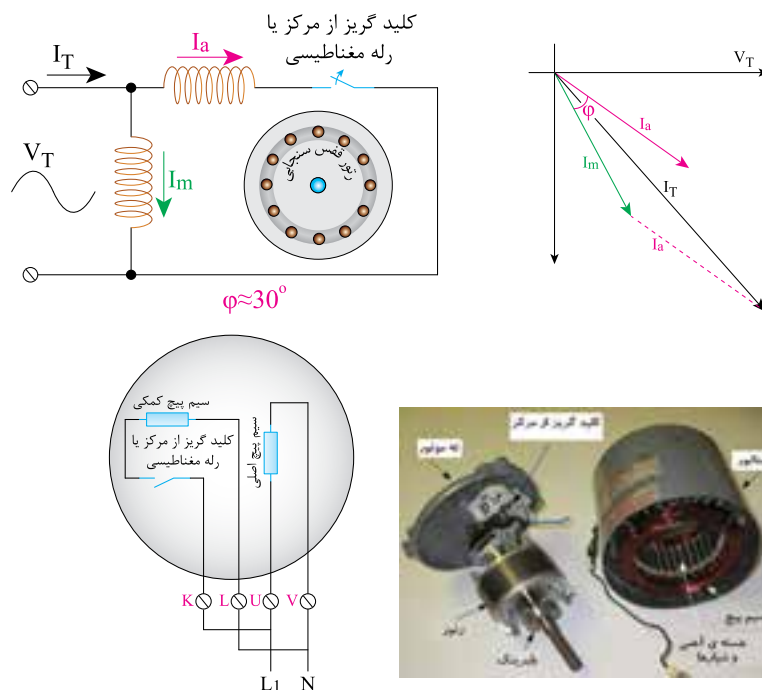
بهترین راه افزایش نسبت مقاومت اهمی به مقاومت القایی، استفاده از سیم نازکتر در سیم پیچ می باشد. ضمن آنکه با قرار گیری سیم پیچ در عمق کمتر شیارهای استاتور اثر مقاومت القایی سیم پیچ کاهش می یابد. در عمل با قرار دادن سیم پیچ راه انداز بر روی سیم پیچ اصلی، سیم پیچ راه انداز در عمق کمتر و سیم پیچ اصلی در عمق 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

با سیم پیچ راه انداز ( $I_a$ ) بیشتر باشد گشتاور راه اندازی بیشتر و میدان دوار ایجاد شده متقارن تر است. بیشترین گشتاور راه اندازی زمانی است که اختلاف فاز جریان دو سیم پیچ ۹۰ درجه باشد. در این حالت میدان دوار ایجاد شده کاملاً متقارن می باشد. موتورهای تکفاز القایی بر اساس انتخاب المان ایجاد کننده اختلاف فاز به صورت ذیل دسته بندی می شوند:

- موتورهای القایی تکفاز 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 چاکدار
- موتورهای القایی تکفاز
- موتورهای القایی تکفاز با فاز شکسته



شکل ۷- موتور القایی تکفاز فاز شکسته

از مدار خارج می‌شود، معمولاً  $\frac{1}{3}$  شیارهای استاتور به سیم پیچ راه‌انداز و  $\frac{2}{3}$  دیگر به سیم پیچ اصلی تعلق دارند.

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

### ۲-۳- موتورهای القایی با خازن راه‌انداز

شکل (۸) ایجاد اختلاف فاز جریان سیم پیچ اصلی و راه‌انداز را به کمک یک خازن سری شده با سیم پیچ 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 بدست می‌آید.

می‌باشد، در صورت ادامه کار موتور، تلفات حرارتی در سیم پیچ راه‌انداز باعث افزایش دمای سیم پیچ و سوختن آن می‌گردد.

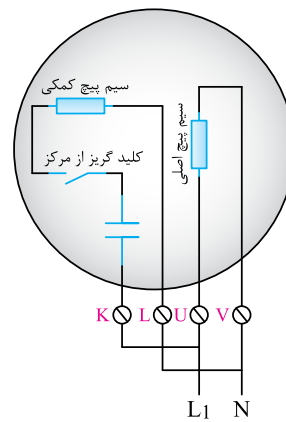
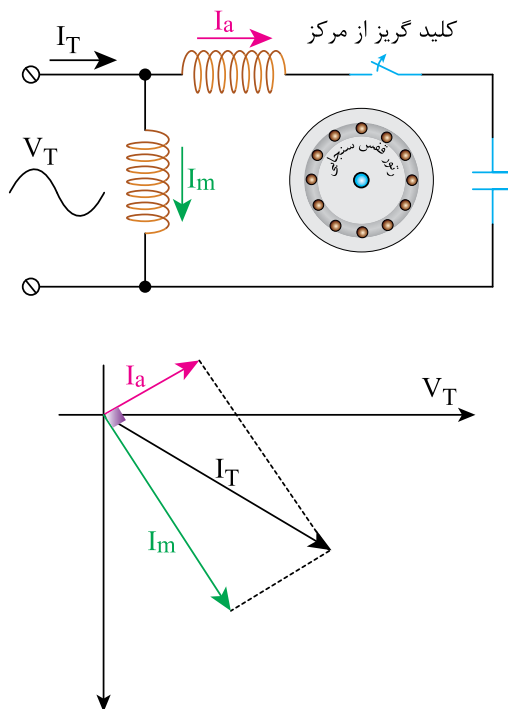
به همین خاطر باید پس از راه‌اندازی موتور و زمانیکه سرعت آن حدوداً به ۷۵ درصد سرعت نامی رسید، سیم پیچ راه‌انداز از مدار خارج گردد.

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 سیم پیچ 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 سیم پیچ راه‌انداز آنها



شکل ۸- موتور القایی با خازن راه‌انداز



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 سیم پیچ راه‌انداز از مدار خارج نمی‌شود در نتیجه سیم پیچ 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.

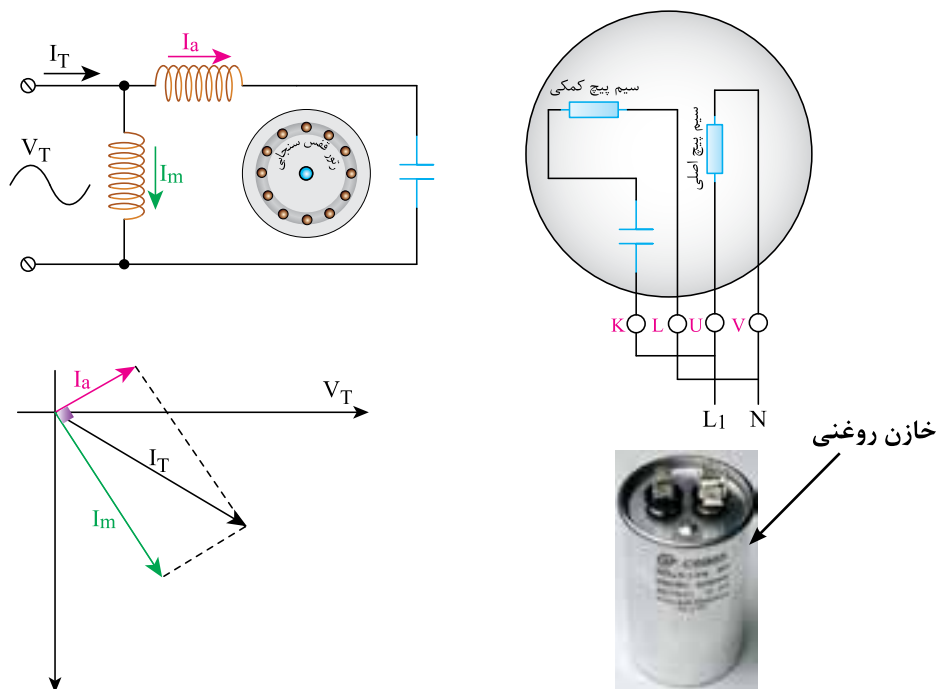
بعد از راه‌اندازی موتور، عبور جریان زیاد از خازن باعث سوختن آن می‌شود به همین خاطر باید خازن را توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج کرد.

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.

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

#### ۲-۴- موتور القایی با خازن دائم کار

اگر مطابق شکل (۹) خازن سری شده با سیم پیچ 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



شکل ۹- موتور القایی با خازن دائم کار

۲-۵- موتورهای القایی دو خازنی (خازن راه‌انداز و دائم کار)

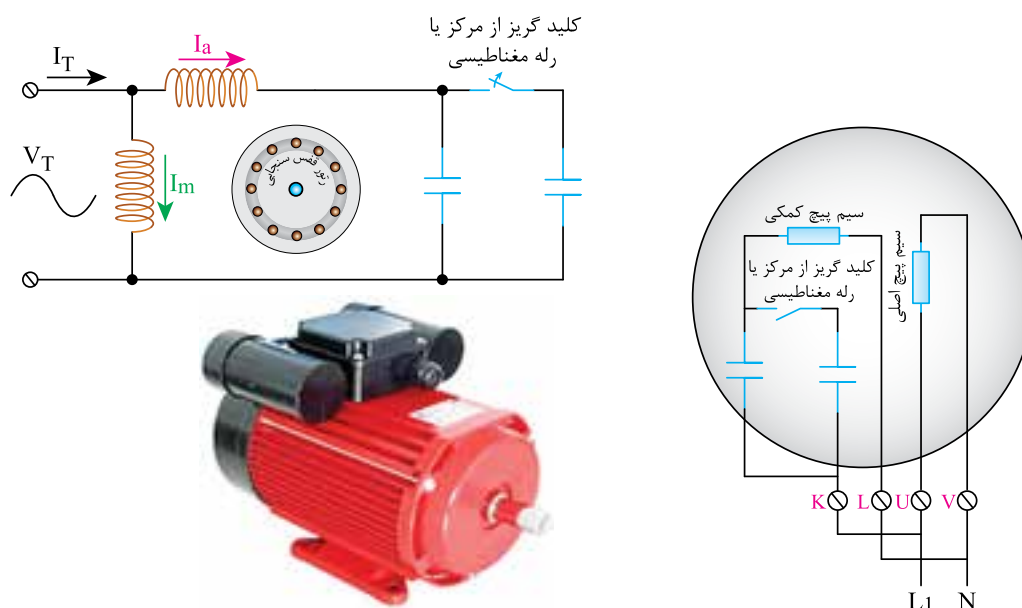
اگر در موتور القایی از هر دو خازن دائم کار و راه‌انداز مطابق شکل (۱۰) هم زمان استفاده شود، موتور را دو خازنی می‌گویند.

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

در ابتدای راه‌اندازی موتور، هر دو خازن با هم موازی بوده و با سیم پیچ راه‌انداز بطور سری در مدار قرار می‌گیرند ولی پس از رسیدن دور موتور به ۷۵ درصد دور

نامی بوسیله 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 سیم پیچ اصلی و راه‌انداز شبیه یکدیگر در نظر گرفته می‌شود.

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



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

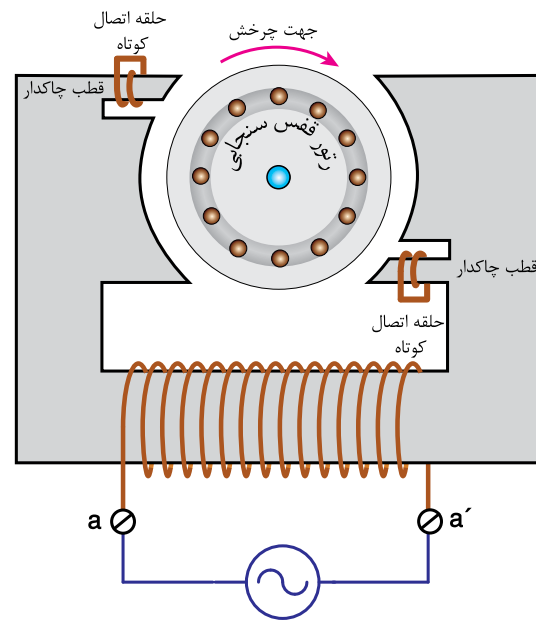
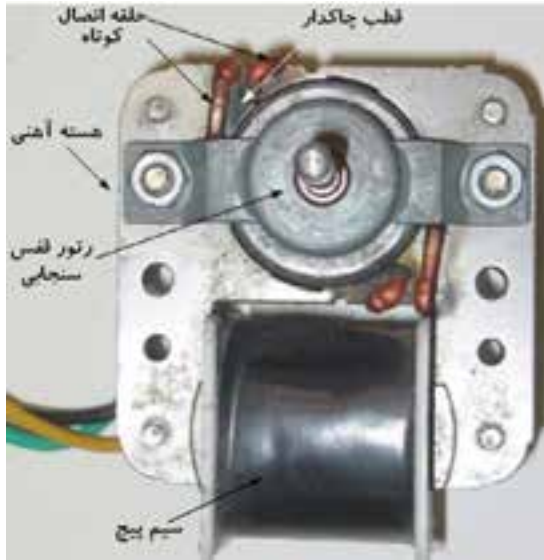
حلقه های هادی اتصال کوتاه شده در طرفین قطبها نقش سیم پیچ راه‌انداز و ایجاد کننده اختلاف فاز بین میدان اصلی و میدان قطب چاکدار را ایفا می‌کنند. زیرا میدان القا شده در حلقه های اتصال کوتاه ۹۰ درجه نسبت به میدان قطب اصلی اختلاف فاز داشته و

۲-۶- موتور القایی قطب چاکدار

اگر بر روی قطب های برجسته‌ی 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.

این اختلاف دو میدان در این نوع موتورها، برای ایجاد گشتاور راهاندازی کافی می‌باشد.  
گشتاور راهاندازی و ضریب بهره‌ی 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.



شکل ۱۱- موتور القایی قطب چاکدار (جهت چرخش و قطبها توجه شوند)

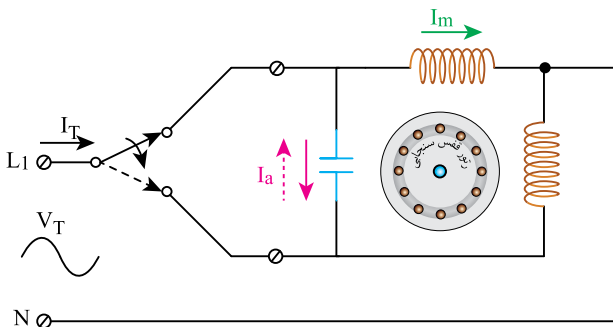
## ۲-۷- تغییر جهت گردش در موتورهای القایی تکفاز

بطور کلی برای تغییر جهت گردش موتورهای القایی تکفاز باید جهت جریان را در یکی از سیم پیچهای اصلی یا راهانداز عوض نمود.

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

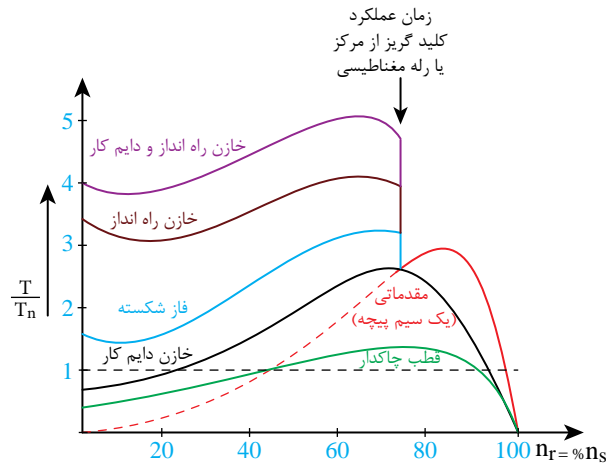
باید توجه داشت که در این مدار با تغییر جهت جریان خازن، جهت جریان در سیم پیچ کمکی عوض

گردیده و همین موضوع سبب تغییر جهت چرخش رتور می‌شود.



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

القایی دو خازنی از بیشترین گشتاور راه‌اندازی برخوردار بوده و کمترین گشتاور مربوط به موتور قطب چاکدار است.



شکل ۱۳- مقایسه مشخصه‌ی گشتاور- دور موتورهای القایی تکفاز

از آنجا که جریان راه‌اندازی موتورهای القایی تکفاز با خازن دائم کار کم است بنابراین برای قطع و وصل پی در پی در شبکه برق کمتر ایجاد اشکال می‌کند. همچنین از ویژگی‌های دیگر این موتور سادگی 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.

### ۲-۸- مقایسه موتورهای القایی تکفاز

هر یک از موتورهای القایی تکفاز در جای خاصی کاربرد دارند. در شکل (۱۳) مشخصه‌های گشتاور- دور کلیه موتورهای القایی تکفاز با یکدیگر مقایسه شده است. با توجه به شکل (۱۳) مشخص است که موتور

### بیشتر بدانید

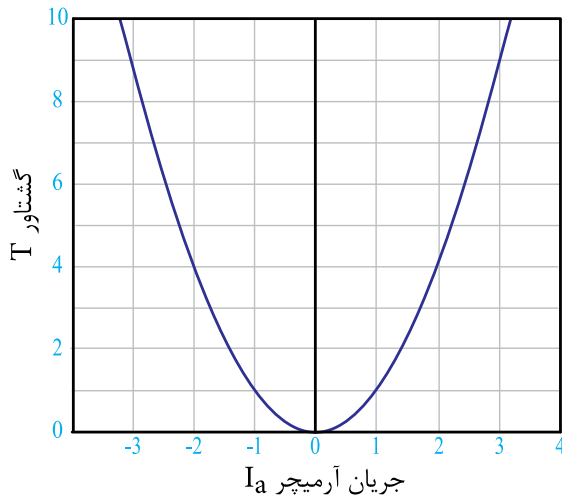


همچنین دیگر خصوصیات تقریبی هر یک از موتورهای القایی بطور خلاصه در جدول (۱) آورده شده است.

نوع موتور القایی تکفاز	گشتاور راه‌اندازی (درصد از گشتاور نامی)	ضریب توان در بار نامی	بازده در بار نامی (به درصد)	محدوده‌ی 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
دو خازنی	۲۵۰ ~ ۴۵۰	۰/۷ ~ ۰/۹	۶۰ ~ ۷۰	۰/۱۲۵ ~ ۱۰	۱۸۰
قطب چاکدار	۲۰ ~ ۶۰	۰/۲۵ ~ ۰/۴	۱۵ ~ ۴۰	۰/۰۱ ~ ۱۶	۵۰

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های انواع موتورهای القایی تکفاز

کنند، موتورهای یونیورسال<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند.



شکل ۱۴- مشخصه الکترومغناطیسی 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 می‌گردد در نتیجه امپدانس آن افزایش می‌یابد، بنابراین به نسبت اتصال موتور به جریان مستقیم، جریان کمتری از سیم پیچ‌های موتور عبور می‌کند.

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

بر خلاف جریان مستقیم، با اتصال موتور یونیورسال به جریان متناوب، در هسته‌ی سیم پیچ تحریک نیز، تلفات فوکو و هیستریزس ایجاد خواهد شد و در نتیجه برای مقابله با آن باید جنس هسته از فولاد مغناطیسی مرغوب و بصورت ورقه ورقه ساخته شود.

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

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

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 با  $K=1$  به صورت منحنی شکل (۱۴) در خواهد آمد.

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.

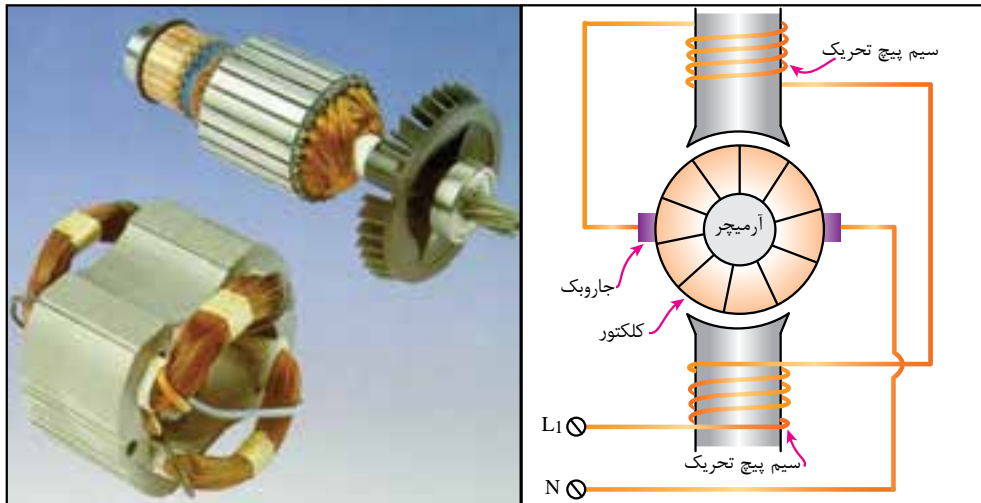
از آنجاییکه تغییر جهت جریان تنها بر اساس تغییر پلاریته ولتاژ اعمالی بر موتور امکان پذیر است بنابراین با اتصال منبع تغذیه جریان متناوب به موتور سری، این موتور با رفتار مشابهی که در جریان مستقیم دارد می‌تواند استفاده شود.

البته بدیهی است برای عملکرد بدون آسیب موتور باید اندازه‌ی ولتاژ موثر منبع تغذیه متناوب، معادل مقدار ولتاژ منبع تغذیه جریان مستقیم باشد. از آنجاکه این موتورها می‌توانند با هر دو نوع جریان متناوب و یا مستقیم کار

(۱) همه منظوره - فراگیر

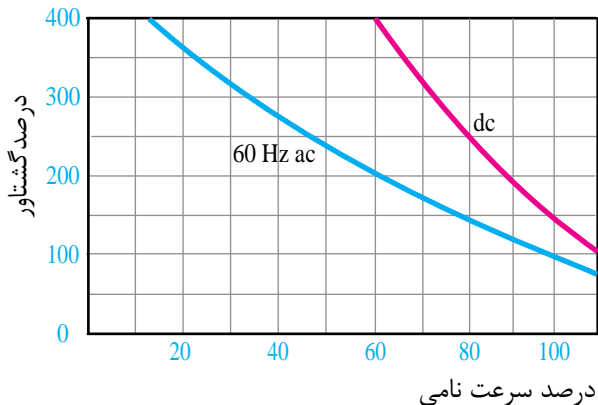


بطور کلی برای بهبود عملکرد موتور یونیورسال در جریان متناوب باید ملاحظات ویژه ای در طراحی، ساختمان و سیم پیچی آن رعایت گردد.



شکل ۱۵- شکل ظاهری موتور یونیورسال

البته گشتاور موتور یونیورسال به دلیل وجود راکتانس سیم پیچهای 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 ۱۶- مشخصه گشتاور- دور موتور یونیورسال

از محاسن این نوع موتور حجم کم و سبکی وزن آن

یکی از خصوصیات موتور یونیورسال افزایش سرعت آن در بی باری و کاهش سرعت آن در زیر بار می باشد. این همان خاصیت موتور سری است. زیرا بر اثر کاهش جریان آرمیچر  $I_a$ ، فوران (شار مغناطیسی قطبها) نیز کاهش می یابد و در نتیجه برای جبران ولتاژ آرمیچر طبق رابطه (۲-۵)، رتور باید با سرعت بیشتری بچرخد.<sup>۱</sup>

$$E_a = K\phi\omega \quad (2-5)$$

در رابطه (۲-۵):

$E_a$  ولتاژ آرمیچر بر حسب ولت

$K$  ضریب ثابتی است که به ساختمان موتور

بستگی دارد

$\phi$  شار مغناطیسی زیر هر قطب بر حسب وبر

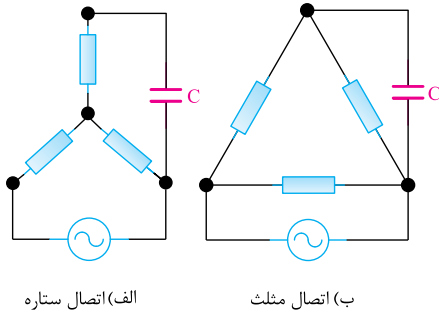
$\omega$  سرعت زاویه رتور بر حسب رادیان بر ثانیه

(۱) برای توضیح بیشتر این رابطه به کتاب ماشین DC رجوع کنید.

به نسبت قدرت تولیدی آن می‌باشد.

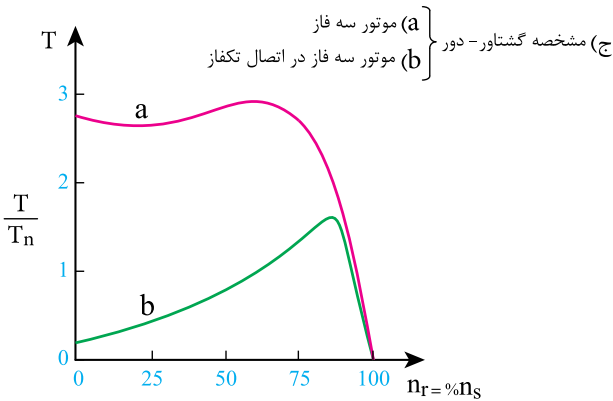
همچنین گشتاور فوق العاده این موتور در زیر بار، سهولت در کنترل سرعت و استفاده از آن در سرعت های بالا (حتی تا ۲۰۰۰۰ RPM) از دیگر مزایای این موتور به شمار می‌آید.

این نوع موتور حداکثر تا توان  $\frac{3}{4}$  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.



الف) اتصال ستاره

ب) اتصال مثلث



ج) مشخصه گشتاور-دور } موتور سه فاز (a)  
موتور سه فاز در اتصال تکفاز (b)

#### ۴- استفاده از موتورهای سه فاز در شبکه برق تکفاز

در بعضی مواقع<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup> ارائه گردید و مدارات شکل (۱۷) زیر به نام ایشان معروف است.

بویین هر فاز موتور سه فاز القایی ۳۸۰V، تحمل ولتاژ ۲۲۰V را دارد، پس اگر چنین موتوری بخواهد با برق تکفاز راه‌اندازی گردد باید بطور مثلث به مدار اتصال داده شود تا ولتاژ اعمال شده به هر بویین آن ۲۲۰V باشد. همچنین برای اتصال موتور سه فازی با ولتاژ ۲۲۰/۱۲۵V به برق تکفاز باید آن را بصورت ستاره به شبکه متصل نمود.

#### شکل ۱۷- انواع مدار راه‌اندازی موتور سه فاز بصورت تکفاز با کمک خازن

با توجه به قرارگیری خازن به صورت دائم در مدار، از خازن نوع روغنی استفاده می‌شود. تجربه نشان داده است که در حالت راه‌اندازی تکفاز موتور سه فاز، برای ایجاد گشتاور راه‌اندازی تا حدود ۳۰ درصد گشتاور نامی موتور و گشتاور کاری تا حدود ۷۵ درصد آن، بازای هر کیلو وات توان موثر 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.

#### تحقیق کنید



دلیل اتصال ستاره در موتور سه فاز با ولتاژ

۲۲۰/۱۲۵V هنگام استفاده در شبکه برق تکفاز

چیست؟

(۱) در دسترس نبودن شبکه برق سه فاز

(۲) مهندس آلمانی تباری که کشف پدیده ی هیستریزیس و روش‌های مقابل با آن نیز از جمله فعالیت های ایشان می‌باشد. ۲۱۷

Steinmetz charls (۱۸۶۵-۱۹۲۳)



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؟

$$C(\mu F) = 70 \cdot \left(\frac{\mu F}{Kw}\right) \times P(Kw)$$

$$C = 70 \cdot \left(\frac{\mu F}{Kw}\right) \times 3(Kw) = 210 \cdot (\mu F)$$

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  $(\mu F) 210$  نیاز دارد.



## پرسشهای پایان فصل (۵)

- (۱) چرا به موتورهای تکفاز AC نیاز داریم؟
- (۲) موتور تکفاز مقدماتی (یک سیم پیچه) در صورت راه اندازی می تواند راستگرد یا چپگرد بچرخد. (درست/ غلط)
- (۳) موتور تکفاز یک سیم پیچه دارای گشتاور راه اندازی ..... (صفر/ کم/ زیاد) است.
- (۴) انواع موتورهای تکفاز القایی را نام برده و نحوه عملکرد آن را شرح دهید.
- (۵) چرا ضریب قدرت موتورهای القایی تکفاز با فاز شکسته در حالت کار کم است؟
- (۶) تغییر جهت چرخش در موتور های القایی تکفاز 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 چاکدار چگونه تعیین می کنند؟ با ترسیم شکل نشان دهید.
- (۹) در ابزارهای دستی از چه نوع موتور تکفازی 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 ۱/۵Kw بصورت تکفاز چقدر باید باشد؟

