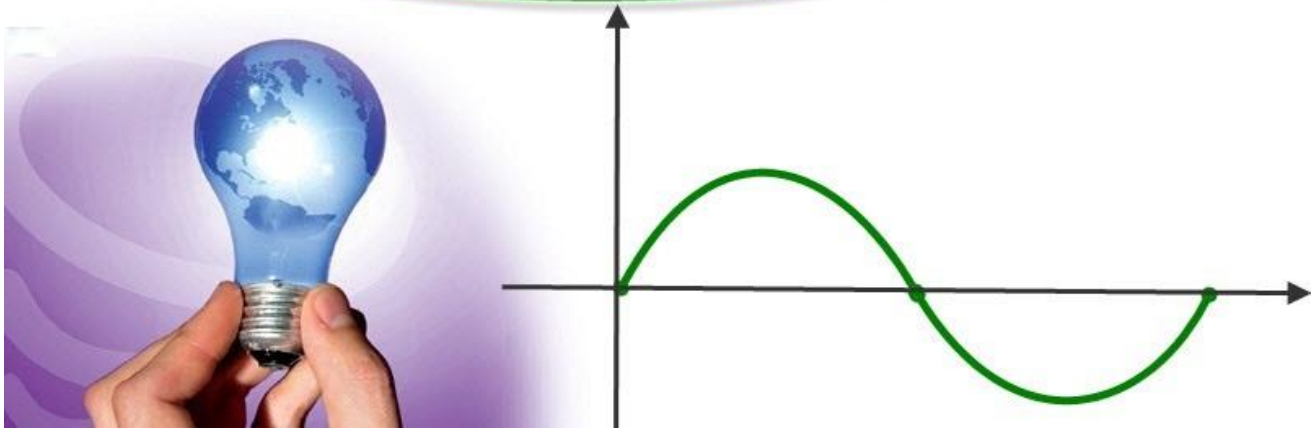
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

مقایسه ی روشهای کنترل موتورهای القایی سه فاز

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۳۰۷)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست

عنوان	صفحه
مقدمه	
فصل اول : روشهای راه‌اندازی موتورهای القایی:	
۱-۱) راه‌اندازی با مقاومت راه‌انداز	۱
۱-۲) راه‌اندازی با اتوترانس	۸
۱-۳) راه‌اندازی بخشی از سیم پیچی	۱۳
۱-۴) راه‌اندازی ستاره – مثلث	۱۶
- انتخاب نحوه‌ی راه‌اندازی با مشخصه‌ی ولتاژ کاهش یافته	۲۱
۱-۵) ترمز گیری در موتورهای القایی	۲۷
فصل دوم : روشهای کنترل سرعت کلاسیک موتورهای القایی:	
۲-۱) روش مدولاسیون دامنه‌ی قطب	۳۱
۲-۲) روش قطبهای منتج	۳۵
۲-۳) روش تغییر ولتاژ	۴۲
۲-۴) روش تغییر ولتاژ – فرکانس . (عملکرد با منبع تغذیه‌ی غیرسینوسی)	۴۲
فصل سوم : روش کنترل برداری و روش کنترل مستقیم گشتاور خروجی	
۳-۱) روش کنترل برداری	۴۹
۳-۲) روش کنترل مستقیم گشتاور خروجی (کنترل کننده‌ی بهینه‌ی شار برای کارکرد موتور در بازده حداکثر)	۶۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول روشهای راه اندازی موتورهای القایی

۱-۱) راه اندازی مقاومتی:(مقاومت راه انداز)

یک راه ســـاده و بســـیار معمول، برای راه اندازی موتور تحت ولتاژ کاهش یافته، در راه اندازهای دارای مقاومت راه انداز استفاده می شود.

در این روش یک مقاومت بطور سری بین خطوط تغذیه و موتور و صل می گردد. بنابراین افت ولتاژی بر روی مقاومت ایجاد می شود و ولتاژایجاد شده بر روی موتور کاهش می یابد. در نتیجه ی آن، سرعت کاهش یافته و در هنگام راه اندازی ، جریان راه اندازی، کمتر است. همانطور که موتور شـــروع به شـــتاب گیری می کند،جریان گذرنده از مقاومت، کاهش می یابد.و در نتیجه از افت ولتاژهم بر روی مقاومت، کاســته می شــود. در نهایت ولتاژرســیده به موتور رو به افزایش می گذارد.شـــتاب گیری یکنواخت همراه با افزایش یکنواخت گشـــتاور و سرعت بدست می آید. مقاومت راه اندازی در هنگامی که موتور، به سرعت مشخصی برسد ،از

خط خارج می شـود.و سـپس موتور به صـورتی که با ولتاژکامل خط کار کند به خط تغذیه وصل می شود. اضافه ویا حذف کردن مقاومت راه اندازی در مدار راه اندازموتور، هم می تواند بصورت دستی وهم بصورت خودکار انجام شود.

از مقاومتهای راه اندازبرای راه اندازی موتورهای روتور قفسـی ،در موقعیتهایی که گشـتاور محدودی در راه اندازی، برای جلوگیری از ایجاد آسـیب در ادوات مکانیکی مورد نظر باشـد اسـتفاده می شـود.نتیجه ی دیگراسـتفاده از آنها ،جلوگیری از ایجاد جریان هجومی در راه اندازی ا ست.که در غیر اینصورت ممکن ا ست باعث ایجاد اغتشاش در خط تغذیه در هنگام راه اندازی گردد.

محدود نمودن جریان راه اندازی در موارد زیر بسیار مورد نظر است.

۱- در هنگامی که سیستم قدرت ،توانایی راه اندازی یا تحمل راه اندازی موتور را در ولتا ژ کامل ندارد.

۲- در هنگامی که راه اندازی با ولتاژ کامل ممکن اسـت باعث ایجاد ناهماهنگی و اغتشـاشـاتی در خطوط تغذیه بشـود.(برای مثال در هنگام راه اندازی چندین موتور بطور همزمان.)

در چنین مو قعیتهایی، راه اندازهای کاهنده ی ولتاژ برای موتورهای با توان نامی کمتر از ۵ اسب بخار، پیشنهاد می شوند.

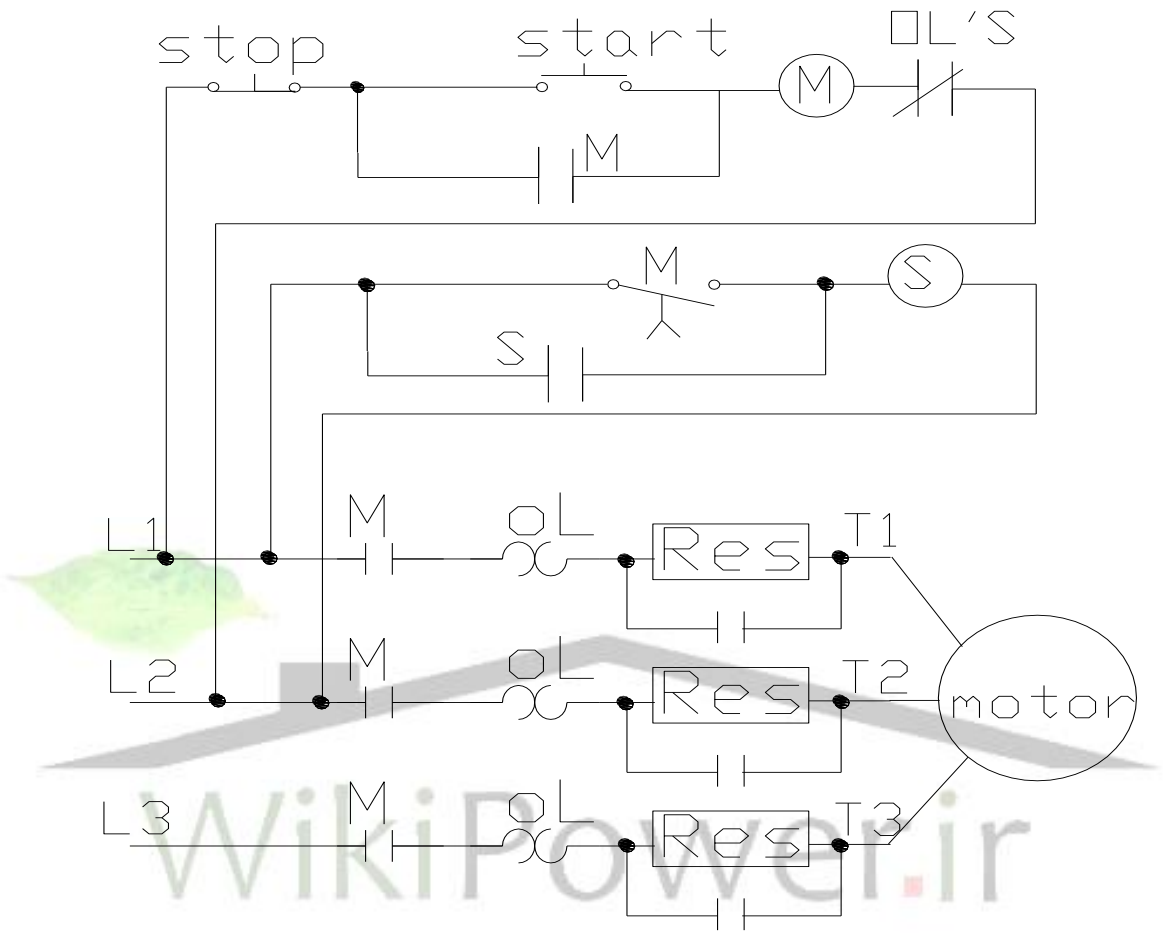
راه اندازهای با مقاومت راه انداز، ممکن است از یک یا چند مرحله ی شتاب دهی در حین راه اندازی ا ستفاده کنند. و این بستگی به اندازه و قدرت موتوردر حال کنترل دارد.چنین راه

اندازهایی شتاب یکنواختی را، بدون اینکه در خطوط تغذیه شاهد افت ولتاژی در هنگام راه اندازی با شیم، بد ست می دهند.راه اندازهای با مقاومت راه انداز یا راه اندازهای مقاومتی می توانند کار رساندن موتور از حالت شروع به حالت عملکرد مانا را بصورت بسته انجام دهند. و این بدان معنی اســـت که موتور از آن لحظه ای که شـــروع به کار میکند تا لحظه ای که به ســـرعت مطلوب رســـیده و مقاومت راه انداز از مدار خارج می شـــود هرگز از خطوط تغذیه بصورت کامل جدا نمی شود.

راه اندازهای مقاومتی ،مقداری از انرژی را بصـــورت حرارت از دســـت می دهند.ولی به هر صورت، در این روش، موتور در ضریب توان بهتری نسبت به سایر روشهای راه اندازی شروع به کار می کند . رآه ندازهای مخصوصی برای بارهای با اینرسی بالا مورد نیاز هستند.و یا در مواقعی که جریان راه اندازی باید از لحاظ ســـرعت افزایش در هنگام راه اندازی کاملا کنترل شود.

شـــکل ۱-۱-۱ یک راه انداز مقاومتی را نشـــان می دهد. که در این راه انداز دو نقطه ی شتابدهی داریم.

WikiPower.ir



شکل ۱-۱-۱

یکی از راه های افزایش گشتاور در هنگام راه اندازی ، افزایش مقاومت روتور است. می توان با جایگذاری مواد با مقاومت بالا در شکافهایی در پوسته روتور، به این هدف رسید. چون در هنگام راه اندازی لغزش بالا و فرکانس جریان القا شده در روتور برابر با فرکانس جریان استاتور است به دلیل اثر پوستی جریان که در فرکانس بالا اتفاق می افتد جریان در سطح روتور شروع به گسترش می کند و درنتیجه مقاومت بیشتری در برابر خود دیده، ولی در هنگام

کارکرد طبیعی چون لغزش پایین است جریان در عمق رسانای روتور گسترش و جریان می یابد و مقاومت کمتری در برابر خود دیده و به این طریق می توان سرعت موتور را سریع تر به ۲۵٪ از سرعت نهایی رساند و زودتر مقاومتهای راه انداز را از مدار خارج و به بهبود بازده کمک نمود.

زمانی که کلید شروع فشار داده شود، یک حلقه از مدار در امتداد مسیر از نقطه یL1و در مسیر با نقاط STOP,STARTو سیم پیچMو اتصالات رله ی اضافه بار تاL2 بسته می شود. در هنگامی که سیم پیچ M، تحریک می شود ،تمامی کلیدهای Mعمل کرده و بسته می شوند.و موتور از طریق کلیدهای Mو مقاومتهای راه انداز و رله های ا ضافه بار، تغذیه می شود.بدلیل انکه مقاومتها، بطور سری با موتور قرار گرفته اند، افت ولتاژی در مقاومتها ایجاد شده وموتور با ولتاژ راه اندازی کمتر شروع به کار می کند. با شتاب گیری موتور،افت ولتاژ بر روی مقاومتها به آرامی کم می شود و این به دلیل کاهش جریان است. و به همین صورت(به دلیل ایجاد پاد ولتا ژ در موتور) ولتاژ پایا نه های موتور افزایش می یابد.

پس از یک زمان شتاب گیری از پیش تعیین شده ،اتصالات کلید با تاخیر زمانی M ،بسته می شوند.و این کار باعث تحریک سیم پیچ S می گردد.در نتیجه کلیدهای S بسته شده و مقاومتهای راه انداز از مدار خارج می شوند.و موتور به ولتاژ کامل خط متصل می گردد.توجه کنید که سیم پیچM توسط کلید توقف به صورت مستقیم، کنترل می شود.برای بیشترین بازده و کارایی، تمام کلیدهای لازم که باید به صورت دستی و توسط

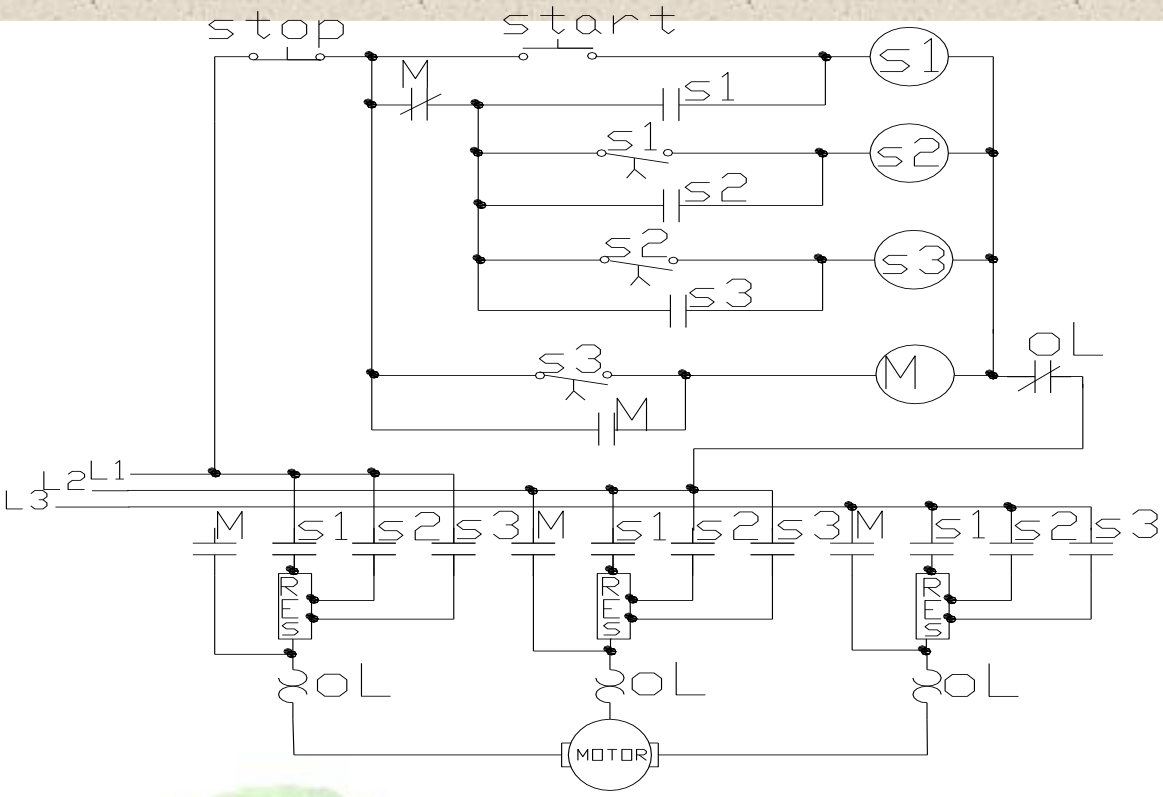
اپراتوربا آنها کار شود،معمولا در روی محل منا سبی که براحتی قابل د سترس ا ست تعبیه می شوند.راه انداز در نزدیکی موتور جا سازی می شود تا سیم پیچی مدار قدرت تا حد امکان کوتاهتر شـــود.راه اندازهای مقاومتی برای اســـتفاده در موتورهای تکفاز یا ســـه فازموجود هستند.و همچنین برای داشتن تعداد نقاط مختلف مرحله ی شتاب گیری نیز انواع مختلفی از آنها ساخته شده است.

راه انداز مقاومتی با چهار مرحله ی شتاب دهی:

شکل ۲-۱-۱ نشاندهنده ی مدار قدرت یک راه انداز با چهار مرحله ی شتاب گیری برای موتوراست.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



operation	contactor			
	S1	S2	S3	M
start	1			
2nd point	1	1		
3rd point	1	1	1	
RUN				1

شکل ۲-۱-۱

با بســـتن کلید شـــروع(start) ســـیم پیچ S۱تحریک ودر نتیجه کلیدهای S۱ بســـته می شوند.و موتور از طریق کل مقاومت به خط وصل می شود.کلید با تاخیر زمانی S ۱ پس از زمان مشخص و محدودی بسته می شود، که باعث تحریک سیم پیچ S۲ شده و در نتیجه ی ان تمام کلیدهای S۲ بسته می شوند.و این باعث خارج شدن قسمتی از کل مقاومتی میشود که در مرحله ی قبل وارد مدار شـــده بود.کلید با تاخیر زمانیS2 نیز به همین ترتیب پس از

زمان کوتاهی بسته شده و عین مرحله ی قبل دوباره تکرار میشودو در نتیجه ی آن باز قسمتی دیگراز مقاومت راه انداز از خط خارج می شود.و در نهایت با عمل کلید با تاخیر زمانی S3و تحریک سیم پیچM کلیدهای M نیز بسته شده و کل مقاومت راه انداز از مدار خارج می شود و موتور با ولتاژ کامل خط تغذیه می شود.روتور ممکن است تا دومین یا سومین نقطه ای که قسمتی از مقاومت راه انداز در حال خارج شدن از مدار است ،شروع به چرخش نکند.ولی به هر حال به هدف کاهش ولتاژ در راه اندازی دست یافته ایم.

راه اندازهای مقاومتی دارای خصوصیات زیر هستند:

۱- ساختمان ساده ۲- هزینه ی ساخت کم ۳- نیاز به نگهداری پایین ۴- ایجاد گشتاور با تغییر یکنواخت در هنگام راه اندازی ۵- ارتباط پیوسته ی موتور با خط در طول زمان راه اندازی ۶- ضریب توان بالا.

از راه اندازهای مقاومتی برای راندن بارهای سنگین نباید استفاده شود.چون دارای این خاصیت هستند که باعث ایجاد گشتاور کم هنگام راه اندازی در موتور می شوند.

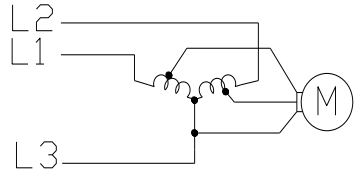
این راه اندازها از لحاظ اقتصادی خیلی به صرفه نیستند زیرا توان حرارتی مصرف می کنند.

۲-۱) راه اندازی با اتو ترانسفورماتور:

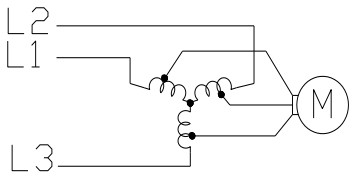
این نوع از راه اندازها از اتو ترانسفورماتوردر بین موتور و خطوط تغذیه استفاده می کنند. تا ولتاژ و جریان را در راه اندازی کاهش دهند.سرکهایی بر روی اتو ترانس هستند که به

اســـتفاده کننده اجازه می دهند تا موتور را تقریبا در ۵۰یا ۶۵ویا۸۰٪از ولتاژ خط راه اندازی نماید.

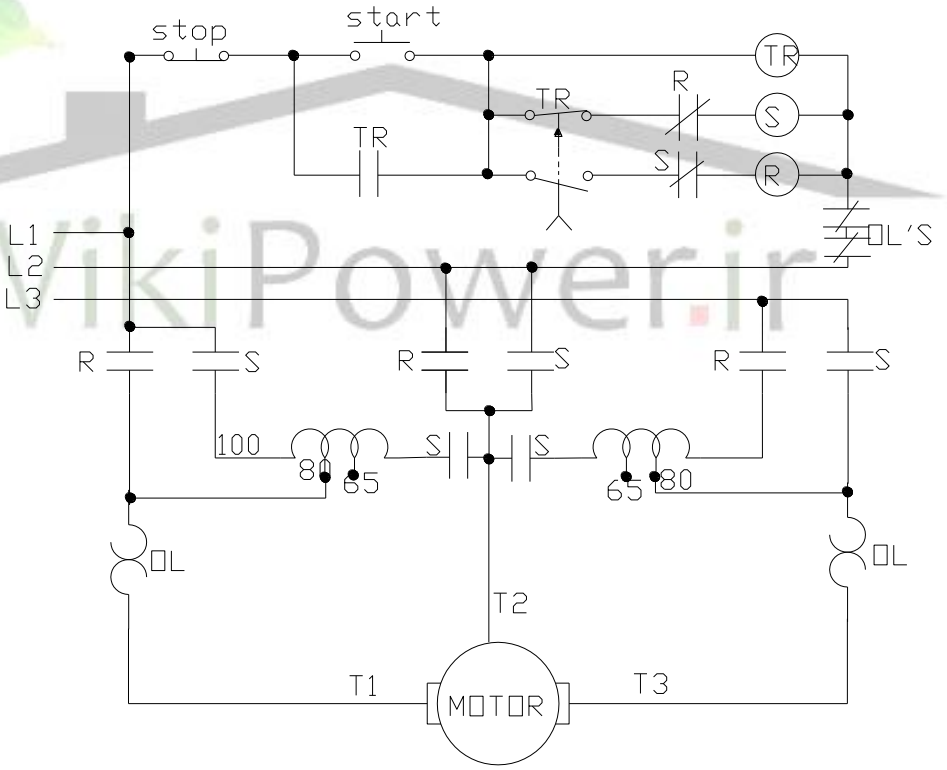
بیشتر موتورها در ۶۵٪ از ولتاژ خط راه اندازی می شوند.چنین راهی برای تغییر ولتاژ راه اندازی در مقایســه با روشــهای دیگر راه اندازی به صــورت کلی قابل دســترســی نیســت.اتو ترانسهای راه اندازی صورت کلی بارهایی القایی هستند.بنابراین بر روی ضریب قدرت تاثیر می گذارند.و مناسب برای انجام راه اندازی با زمان طولانی هستند.در موقعیت هایی که برای مثال۶۵٪ ولتاژ خط برای راه اندازی ناکافی است از سرکهای ۸۰٪ استفاده می شود.یک راه انداز اتو ترانسفورمری بطور کلی از دو اتو ترانس که بصورت دلتا باز متصل شده اندتشکیل یافته اســت.در هنگام راه اندازی توســط اتو ترانس که منجر به کاهش ولتاژمتصــل به موتور میشــود موتور به ســرکهای روی ترانس متصــل اســت.با یک ولتاژ کمتر در هنگام راه اندازی ،موتور جریان کمتری کشیده وگشتاور کمتری نسبت به حالتی که با ولتاژ کامل شروع به راه اندازی کند تولید خواهد نمود.یک رله ی تاخیر زمانی قابل تنظیم ،عمل تبدیل از ولتاژ کاهش یافته به ولتاژ کامل و نامی را کنترل می کند.شــکل ۱-۲-۱نحوه ی اتصــال برای راه اندازی موتوربا دو عدد اتوترانس را نشان میدهد. شکل ۲-۲-۱ نحوه ی اتصال موتور رابه سه اتو ترانس را نشان می دهد.برای فهمیدن بهتر نحوه ی عمل راه انداز اتو ترانسفورمری به دیا گرام تک خطی در شکل ۳-۲-۱ توجه کنید.



شکل ۱-۲-۱



شکل ۲-۲-۱



شکل ۳-۲-۱

باید توجه دا شت که وقتی موتور القایی با مقاومت راه انداز، راه اندازی شود، برای مثال با اعمال ۴۰٪ از ولتاژ نامی به موتور در هنگام راه اندازی (که توسط مقاومت راه انداز ایجاد می شود). از آنجا که گشتاور راه اندازی با نسبت مجذور ولتاژ اعمال شده به موتور، تغییر می کند، فقط $۰,۴^۲$ یا ۰,۱۶ در صد گشتاور ایجاد شده در هنگام راه اندازی با ولتاژ نامی (بدون مقاومت راه انداز) بدست می آید. ولی در هنگام راه اندازی با اتو ترانس ۶۴,۸٪ از ولتاژ خط را می توان به موتور اعمال کرد و در نتیجه جریان موتور ۶۴,۸٪ از جریان در هنگام راه اندازی عادی خواهد بود. ولی البته جریان خط ۴۰٪ جریان راه اندازی با ولتاژ نامی خواهد بود. و در نتیجه، در راه اندازی با اتوترانس، در مثال گفته شده، گشتاور راه اندازی $۰,۶۴۸^۲$ برابر گشتاور راه اندازی با ولتاژ کامل خواهد بود و یا ۰,۴ آن.

پس می بینیم که راه اندازی با اتوترانس گشتاور راه اندازی متناسب با مجذور جریان خط کاسته نمی شود.

$$IF \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{0.648} \longrightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{0.648}{1}$$

$$\longrightarrow IF\ I_2 = 0.648 \times I_n \longrightarrow I_1 = 0.4 I_n$$

I_n = جریان راه اندازی با ولتاژ نامی

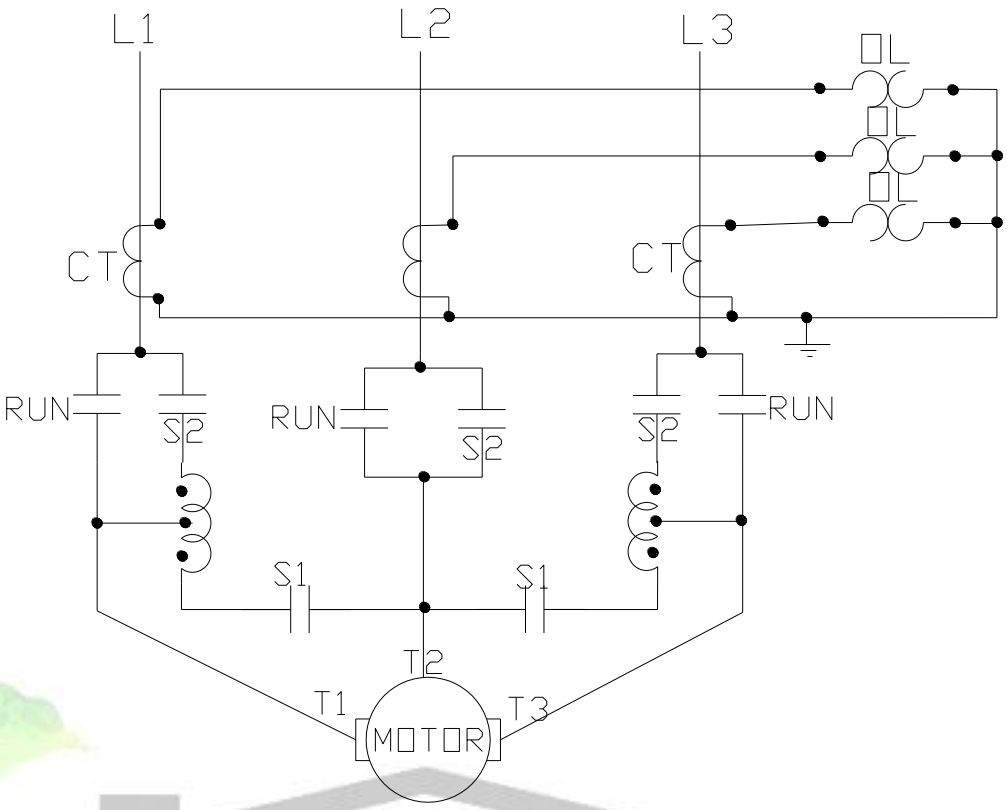
در هنگام بستن کلید شروع START،رله ی با تاخیر زمانی تحریک می شود.همزمان کلید TRبسته شده و از طریق مسیر کلیدTR و کلید با تاخیر زمانی TR و کلید در حالت طبیعی بسته یR ، سیم پیچS، تحریک می شود.و در نتیجه ی آن تمام کلیدهای Sبسته می شوند. پس از مدتی کوتاه کلید با تاخیر زمانیTR فعال شده و با بسته شدنش، سیم پیچ Rتحریک

می شود .سیم پیچR کلید در حالت طبیعی بسته یR را باز کرده و تمام کلیدهای در حالت طبیعی باز راکه مستقیما به موتور متصل اند را می بندد.نتیجه ی این عمل، برداشتن تحریک از روی سیم پیچS و در نتیجه باز شدن اتصالات تمام کلیدهایS متصل به موتور که در مر حله ی راه اندازی برای تغذیه ی موتور از طریق اتو ترانس بسته شده بودند و نیز بسته شدن کلید در حالت طبیعی بسته یS که مر بوط و متصل به سیم پیچR است ، خواهد بود.و در نهایت با ب سته شدن ات صالات کلیدهای R اتو ترانس از خط خارج و موتور م ستقیما به ولتاژخط وصل می شود.

نکته ی مهم این ا ست که وقتی که از دو تراز سفورماتور ا ستفاده می شود. در هنگام راه اندازی، در ولتاژ داده شده به موتور، نا متقارنی پیش خواهد آمد.و این نا متقارنی یک انحراف از گشتاور مورد نظر ایجاد شده توسط موتور را به اندازه ی ۱۰٪ ایجاد می کند.در هنگام عمل مانا و سرعت طبیعی موتور، موتور به صورت م ستقیم به خط و صل شده و اتو تراز سها از خط خارج می شوند.جبرانگرهای راه اندازی(راه اندازهای اتو تراز سفورمری)که از ۵ کلید اتصال ما بین موتور و اتو ترانس استفاده می کنند. می توانند در هنگام عمل رساندن ولتاژ موتور از ولتاژ راه اندازی(کاهش یافته)تا ولتاژ کامل بر حسب این که موتور را در این حین از خط جدا کنند یا خیر به دو دسته ی انتقال باز و انتقال بسته تقسیم شوند. راه اندازهای با انتقال بسته معمولا در استاندارد اندازه ی ۶ وبزرگتر یافت می شوند. برای راه اندازنشان داده شده در شکل ۲-۴ ،اتصالات راه انداز، شامل سه کلید S2ودو کلید S1هستند که بصورت مستقل از یکدیگر عمل می کنند. در هنگام انتقال از مرحله ی راه اندازی به

حالت مانا ۲ کلیدS1 باز هستند. و سه کلید S2بسته می مانند. موتور به شتابگیری در حالی که از اتو ترانس تغذیه می کند ،ادامه می دهد.با یک چنین راه اندازی، موتور در حین راه اندازی از خط جدا نمی شـــود.بنابراین شـــتابدهی یکنواخت و اغتشـــاش کمتری در خط خواهیم داشت.ترانسفورماتورها در حین کار موتور تخلیه ی انرژی می شوند.این هم می تواند به صرفه جویی در انرژی الکتریکی و هم به افزایش طول عمر ترانسفورماتورها کمک کند.در شـــکل ۴-۲-۱ ترانســـفورماتورهای جریانی می بینیم.این ترانســـفورماتورها در موتورهای با قدرت و اندازه ی بزرگ برای ایجاد جریان قابل تغذیه توسط رله های بار اضافی استفاده می شـــوند.رله های مغناطیســـی اضـــافه بار نیز همچنین در راه اندازهای بزرگ کاهنده ی ولتاژ استفاده می شوند.

WikiPower.ir



WikiPower.ir

شکل ۴-۲-۱

۳-۱) راه اندازی با بخشی از سیم پیچ:

موتورهای القایی معمولا با دو د سته سیم پیچهای م شابه سه فاز ساخته می شوند.این

اجازه ی دا شتن موتوری با قابلیت کارکرد با دو ولتاژ مثلا(۴۴۰/۲۲۰) را به کاربر می دهد.بنا

براین یک موتور برای کار با دو مقدار توان در دسترس است.برای کار با ولتاژ پایین تر، سیم پیچها در داخل استاتور به صورت موازی اتصال می یابند.و برای کار با ولتاژ بالاتر سیم پیچها به صورت سری اتصال می یابند.سیم پیچها می توانند هم به صورت ستاره و هم به صورت دلتا متصل باشند.ولی پس از آنکه موتور با هدفی خاص طراحی شد امکان ایجاد حالتهای مختلف به طور کلی محدود است.زیرا انجام هر عمل دلخواه با سرهای خروجی سیم پیچهای استاتوربا در نظر گرفتن حالاتی که سازنده پیش بینی و مد نظر قرار داده است ،ممکن است به نتیجه ی دلخواه نیا نجامد. اگر یک موتور قابل کارکردبا ولتاژهای به نسبت ۲ به ۱ برای کارکرد با ولتاژپایین ترنامی اش استفاده شود،می توان از راه اندازی با قسمتی از سیم پیچی ا ستفاده کرد.راه انداز دارای دو سری اتصالات در یک قفسه ا ست.دو سیم پیچ ،دو سری مشخص اتصالات ا صلی و اتصالات کمکی اگر نیاز با شند.و دو سری از سیم پیچیهای بار اضافی و اتصالات آنها.یک دیاگرام تک خطی از مدار راه اندازی در شکل۳-۱ نشان داده شده است.سیم پیچها در این شکل به صورت ستاره متصل شده اند.نحوه ی سیم بندی دلتا هم می تواندبرای هر دو سیم پیچ ا ستفاده شود.ولی هرکدام از آنها باید به صورت دلتای بسته در تمام زمانها باقی بمانند. عمل مدار به شرح زیر است.

۱- با فشار دکمه ی استارت سیم پیچ راه انداز تحریک می شود.

۲- کلیدهای مربوط به سیم پیچ راه انداز Sکه سه تا هستندبسته می شوند.

۳- ولتاژ کامل خط به ورودیهای T3-T2-T1 از موتور اعمال می شوند (قسمت یا نیمی از موتور کامل)و موتور شروع به شتاب گیری میکند.

۴- در این لحظه اتصال کمکی S1بسته می شود. بنابراین کلید شروع STARTمی تواند آزاد شود.

۵- STcنیز همچنین یک اتصال کمکی است که بوسیله ی سیم پیچ راه اندازS تحریک می شود.

اگر چه این کلید دارای ثابت زمانی(تاخیر زمانی) است و حدود ۱ ثانیه طول می کشد تا بسته شود.

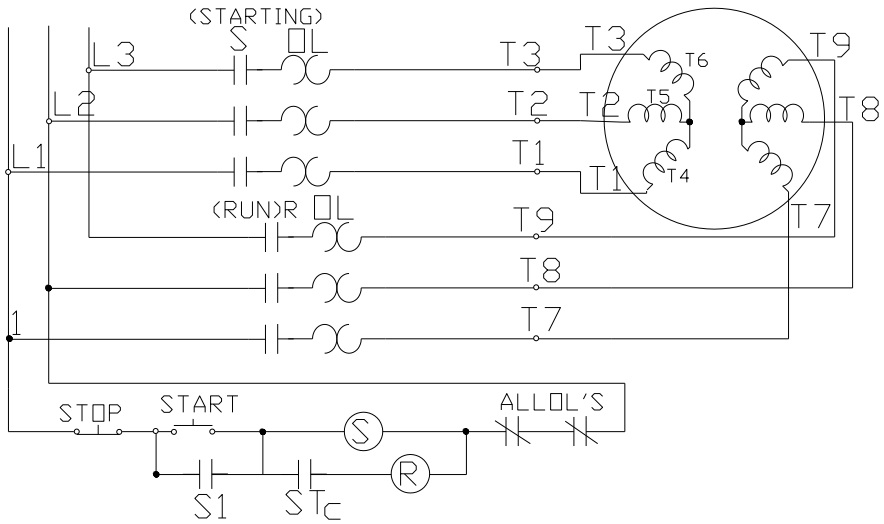
۶- در ادامه سیم پیچ R تحریک می شود و تمام اتصالاتR را می بندد.واین امکان این که ولتاژ کامل خط به سیم پیچ دوم از ورودیهای T7-T8-T9اعمال شودرامی دهد.

۷- موتور به شتابگیری ادامه می دهد تا به سرعت نامی برسد و گشتاور اضافه ی دیگری از سیم پیچ دوم اضافه می شود.

توجه کنید که با این که سیم پیچیهای اضافه بار در هر کدام از خطوط مجزای مدار اصلی قرار دارند ولی تمام کلیدهای رله ی بار اضافی بصورت سری در مدار

کنترل قرار دارند.بنا براین با تحریک هر یک از ۶ کلید اتصال دهنده، موتور به صورت خودکار، از کار باز خواهد ایستاد . توجه می کنیم که با فعال شدن سیم پیچ راه اندازS ،از لحظه ی فعال شدن تا اتمام عملیات راه اندازی و رسیدن به کار کرد طبیعی موتور، ولتاژ کامل خط به موتور اعمال می شود. دقیقا شبیه راه اندازی ستاره مثلث. اگرچه به هدف کاهش جریان در هنگام راه اندازی رسیده ایم، راه اندازی بخشی از سیم پیچی در قسمت راه اندازهای با ولتاژ کاهش یا فته طبقه بندی میشود.به این دلیل که فقط یک سیم پیچی در

ابتدا برای ایجاد میدان مغناطیسی دوار جریان دهی می شود، سیم پیچ دوم درمدار اتصال ستاره ،مدار باز و د ر مدار اتصال دلتا ،اتصال کوتاه خواهد بود. بنا براین اندوکتانس متقابل نسبت به حالتی که تمام سیم پیچها در مدار با شند، بین سیم پیچها متفاوت خواهد بود.و نیز مقدار کم تاثیر یا تاثیر به اندازه ی صفر از ا شباع شدگی را به دلیل شار کاهش یا فته، خواهیم داشت.بنا براین جریان راه اندازی با قسمتی از سیم پیچی معمولا بین ۷۰ تا ۸۰ در صد از جریان راه اندازی با حالتی ا ست که تمام سیم پیچها در مدار قرار گیرند.و گشتاور تولید شده در راه اندازی نیز تقریبا ۵۰ در صد گشتاوری خواهد بود که در راه اندازی با ولتاژ کامل بد ست می آید.به هرحال در زمانی که به حالت کارکرد طبیعی می ر سیم ،هر کدام از سیم پیچها ،نصف جریان خط را خواهند دا شت.بنابراین مقدار نامی سیم پیچهای تحریک اجزای حفاظتی برای حالت اضافه باری در نصف مقدار جریان موتور تنظیم می شوند.این عمل بسیار رضایت بخش و لازم است زیرا سیم پیچها بصورت موازی در درگاههای راه انداز تغذیه می شوندو نه در موتور.مدار راه انداز در شکل ۱-۳-۱ با سه سیم در مدار کنترل نشان داده شده است.



شکل ۱-۳-۱

تمام موتورهای با خصوصیت قابل کارکرد بودن با دو مقدار ولتاژ به نسبت ۱به ۲ برای روش روش راه اندازی با بخشی از سیم پیچی مناسب نیستند.وباید با سازنده ی موتور قبل از استفاده از این روش راه ندازی مشورت داشته باشیم.و اگر موتوری برای راه اندازی با این روش مناسب نباشد و جریان راه اندازی پایین هم نیاز داشته باشیم می توان از روشهای دیگر راه اندازی استفاده کرد.

۴-۱) راه اندازی ستاره مثلث:

یک روش بسیار معمول برای کاهش جریان هجومی در راه اندازی بدون اینکه از وسیله ای خارجی ا ستفاده کنیم ،راه اندازی ستاره مثلث ا ست.موتورهای ستاره مثلثی در ساخت ،شبیه به موتورهای استاندارد روتور قفسی هستند.اگرچه در موتورهای ستاره مثلثی هر دو

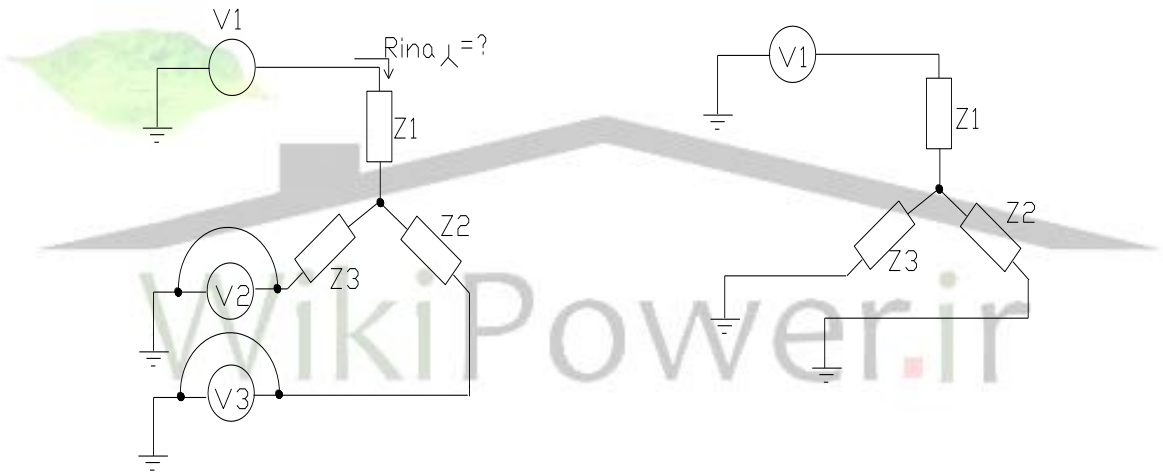
سـر هرکدام از سـه سـیم پیچ فاز از داخل اسـتاتور بیرون آورده شـده اند.اگر راه انداز مورد ا ستفاده، تعداد مورد نیاز سیمهای ا رتباطی و ات صالات صحیح را دارا با شد موتور هم به صورت مثلث و هم به صورت ستاره قابل راه اندازی ا ست. موتور باید به صورتی سیم بندی شده با شد که در حالت کار عادی به صورت مثلث به خط تغذیه و صل شود.(سیم پیچهای استاتور به صورت مثلث باشند)سر تمام سیمها باید به خروجی موتور آورده شوندتا بتوان به صورت مناسب اتصالات ستاره یا مثلث را در داخل سیم پیچ استاتور ایجاد کرد.

موتورهای سـتاره مثلث به صـورت گسـترده ای در کارهایی که دارای بارهای با اینرسـی بالاو زمان مورد نیاز زیاد برای شـتاب گیری باشـند ،اسـتفاده می شـوند.ازآ نجاییکه در راه اندازی تمام سیم پیچهای ا ستاتور ا ستفاده می شوندهیچ و سیله ی محدود کننده ای مثل مقاومت یا اتو ترانس وجود ندارد.چون سرعت یک موتور ستاره مثلث روتور قفسی به تعداد قطبهای موتورو فرکانس منبع تغذیه بسـتگی دارد و از آنجاییکه هر دو این مقادیر ثابت هستند، موتور تقریبا در سرعت یکسانی هم در اتصال ستاره و هم در اتصال مثلث کار خواهد کرد.جریان هجومی در راه اندازی و بطور کلی جریان خط تغذیه، در هنگامیکه سیم پیچهای موتوربه صورت ستاره به خطوط وصل شده باشند نسبت به حالتی که به صورت مثلث وصل شده با شند،کمتر ا ست.جریان سیم پیچها نیز از جریان خط در حالتی که اتصالات موتور به صورت مثلث با شند کمتر خواهد شد.در واقع جریان خط در حالت ات صال ستاره ۱/۳ برابر جریان خط در حالت ات صال مثلث ا ست.و جریان سیم پیچ هر فاز در حالت ات صال ستاره

0.577برابر جریان سیم پیچ هر فاز در اتصال مثلث است.دلیل این موضوع را از تئوری مدار بدست می آوریم.

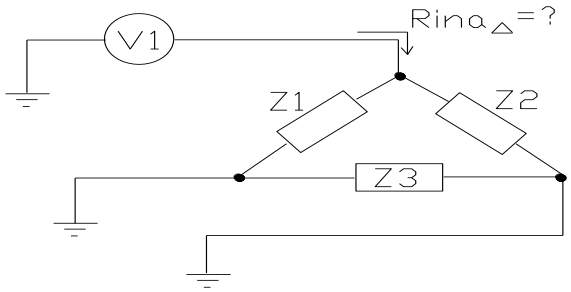
می توانیم سه مقاومت ایجاد شده تو سط سیم پیچهای هر فاز ا ستاتور موتور را با Z1-Z2-Z3 نشان دهیم.

برای بدست آوردن Rin، تمام منابع مستقل را به جز V1 صفر فرض می کنیم. پس مدار به صورت مقابل تبدیل می شود.



$$R_{in} = Z_1 + Z_3 \quad Z_2$$
$$IF \quad Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$$
$$\longrightarrow R_{in} = Z + \frac{Z}{2} = \frac{3}{2}Z$$

حال فرض کنیم که همان مقاومتها را این بار با آرایش مثلث به منبع تغذیه ی ســـه فاز وصل کرده ایم.دوباره فرض می کنیم که تمام منابع تغذیه ی مدار به جز V1 صفر باشند.



$$R_{in} = Z_1 \quad Z_2$$
$$IF \quad Z_1 = Z_2 = Z$$
$$\longrightarrow R_{in} = \frac{1}{2} Z$$

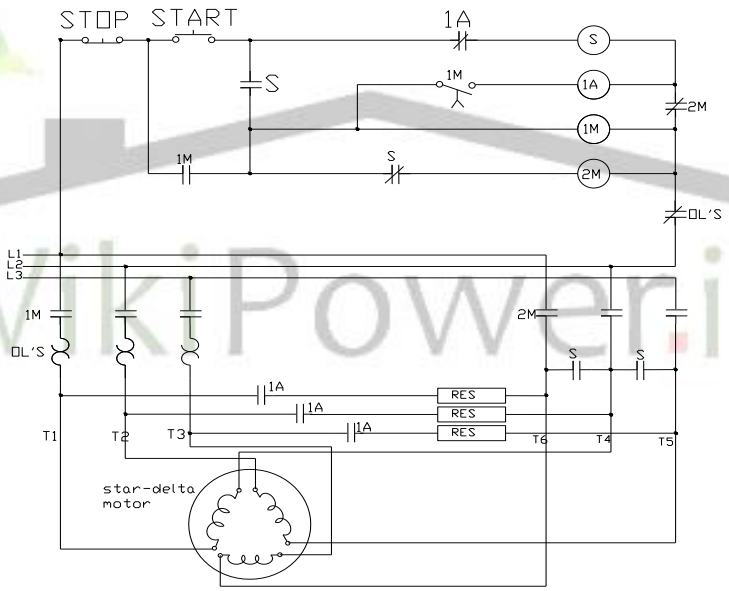
پس چون مقاومت ورودی در آرایش مثلث، برای هر خط ۱/۳ مقاومت ورودی برای هر خط، در آرایش ستاره، برای هر خط است، پس جریان خط هم در آرایش ستاره ۱/۳ جریان خط در آرایش مثلث خواهد شد.

WikiPower.ir

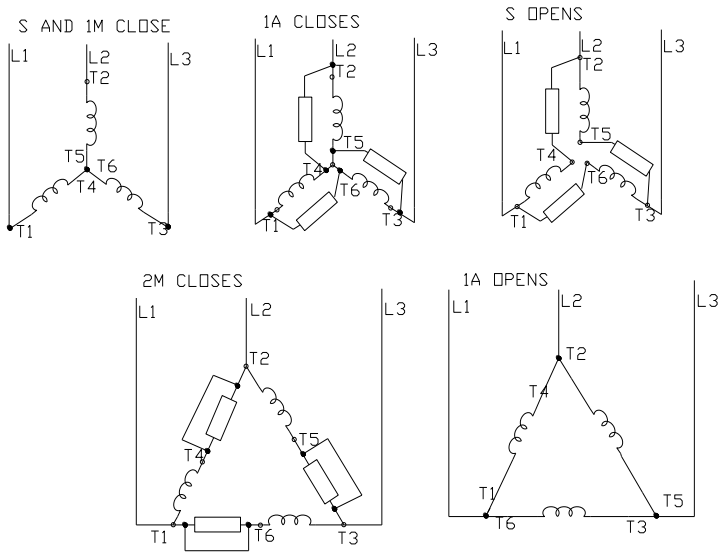
راه اندازی با تبدیل بسته:

شکل زیر نشان دهنده ی دیاگرام تک خطی مدار راه اندازبا تبدیل بسته و روش ستاره مثلث اســت.در این شــکلها مقاومتها برای ایجاد ارتباط بین موتور و خطوط تغذیه، در هنگام جابجایی و تبدیل از حالت ستاره به مثلث پیش بینی شده اند.با راه اندازی با تبدیل بسته، تبدیل اتصالات موتور، از حالت ستاره به مثلث ،بدون قطع شدن کامل تغذیه ی موتور انجام می شود.در حین انجام راه اندازی، راه انداز، موتور را از حالت وصل به صورت ستاره به خط تغذیه، به حالت وصل موتور به صورت مثلث به خط تغذیه می برد.

شـــکل ۱-۴-۱ مدار راه انداز و نیز مراحل تبدیل از حالت ســـتاره به مثلث را نشـــان می دهد.نکته ی مهم ان اســـت که تنها با یک روش راه اندازی به صـــورت منفرد نمی توان همیشه به نتایج دلخواه ر سید. چون محدودیتها بسیار و نیازها ممکن ا ست در نهایت منجر به ایجاد نتایج متضاد شوند.همیشه لازم است از ترکیبی از روشهای راه اندازی تا رسیدن به نتیجه ی دلخواه استفاده کنیم.و حتی ممکن است به طراحی خاصی در مواردی خاص برای دستگاه راه انداز نیاز پیدا کنیم.



شکل ۱-۴-۱



شکل ۱-۴-۱

انتخاب نحوه ی راه اندازی با مشخصه ی ولتاژ کاهش یافته:

اگر تنها هدفمان از راه اندازی با ولتاژ کاهش یافته این باشد که به پایین ترین جریان راه اندازی ممکن برسیم آنگاه هر دو نحوه ی راه اندازی چه بوسیله ی روش (دلتا-ستاره)و یا روش ا ستفاده از اتو ترانسفور ماتور انتخابهای خوبی هستند. ولی اغلب ملاحضاتی برای راه اندازی وجود دارد.و انتخاب نحوهی راه اندازی به این سادگی نیست.جدول زیرمی تواند به ا ستفاده کننده در نحوه ی انتخاب راه انداز بسیار یاری دهنده با شد.این جدول خصو صیات انواع راه اندازهای مختلف را مشخص می کند.

توضیحات	نوع راه اندازی که می تواند استفاده شود. (به ترتیب اولویت)	خصوصیات مورد نظر
	۱- اتو ترانسفورماتور ۲- ستاره-مثلث ۳- بخشی از سیم پیچی ۴- استفاده از مقاومت راه انداز.	با کمترین جریان راه اندازی
	۱- مقاومت راه انداز ۲- ستاره-مثلث. ۳- اتو ترانسفور ماتور. ۴- بخشی ارز سیم پیچی.	شتاب یکنواخت.
موتوردارای ساختاربخشی از سیم پیچی(یا طراحی شده برای راه اندازی با این روش)ممکن است تا هنگامی که سیم پیچ دوم آن هم به خط تغذیه متصل شود نتواند بار را با شتاب کامل براند.	۱- اتوترانسفورماتور ۲- مقاومت راه انداز ۳- بخشی از سیم پیچی	گشتاور راه اندازی بالا
برای این حالت راه انداز با مقاومت راه انداز باید دارای مقاومت خاصی باشد تا بتواند طول زمان زیاد شتابدهی را تحمل کند	۱- اتوترانس ۲- ستاره-مثلث ۳- مقاومت راه انداز	مناسبترین از لحاظ شتابگیری در بازه ی زمانی بیشتر

بطور کلی موتور با سیم پیچی بخشی برای کارهای با تعدد زیاد قطع و وصل مناسب نیستند.	۱- مقاومت راه انداز. ۲- اتو ترانس. ۳- ستاره- مثلث.	مناسب برای شروع و قطع و وصل کار به تعداد زیاد.(کارهای دارای قطع ووصل زیاد).

جدول مقایسه ای بین انواع راه اندازی(ربای انتخاب مناسبترین نحوه ی راه اندازی با توجه به محدودیتهای موجود)

خصوصیات راه اندازی به درصدی از مقادیر در ولتاژ کامل					
معایب	مزایا	گشتور راه اندازی	جریان خط	ولتاژ موتور	نوع راه انداز
۱-در توانهای کمتر گرانترین نوع راه اندازی است ۲- ضریب توان کم	۱- بیشترین گشتاور خروجی را به ازای واحد جریان کشیده شده از خط می دهد. ۲- سرکهای روی اتوترانس اجازه ی تنظیم ولتاژ راه اندازی را میدهند. ۳- مناسب برای راه اندازی بارهای سنگین.	٪۶۴ ٪۴۲ ٪۲۵	٪۶۴ ٪۴۲ ٪۲۵	سرکها ٪۸۰ ٪۶۵ ٪۵۰	اتوترانس

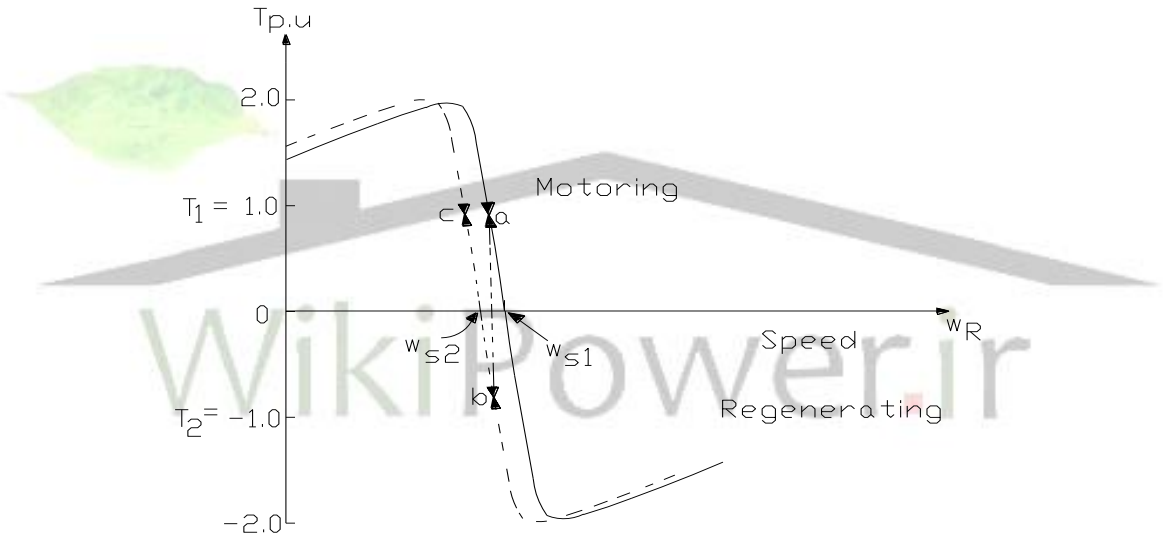
	۴-در هنگام راه اندازی جریان موتور بیشتر از جریان خط است.				
۱- بازدهی گشتاور پایین. ۲- تولید حرارت توسط مقاومت. ۳- در راه اندازی ها یی که طول زمان راه اندازی بی شتر از پنج ثانیه باشد به مقاومتهایی با قیمت بالاتری نیاز است.	۱- شتابدهی یکنواخت-ولتاژ موتور با افزایش سرعت افزایش می یابد. ۲- ضریب توان بالادر هنگام راه اندازی. ۳- ارزانتر از راه انداز اتو ترانسی در قدرتهای پایین. ۴- امکان ایجاد تا هفت نقطه ی شتابگیری.	٪۴۹	٪۷۰	٪۷۰	مقاومت راه انداز
۱-برای بار های با اینرسی بالا وراه اندازیهای با زمان طولا نی غیر مناسب است. ۲- به طراحی خاصی برای ساختمان موتور	۱- ارزانترین نحوه ی راه اندازی است. ۲- اغلب مو تورهای طراحی شده برای کار با ولتاژهای با نسبت یک به دو می توانند با این روش راه اندازی شوند. ۳- اندازه ی کوچک.	٪۴۸	٪۶۵	٪۱۰۰	بخشی از سیم پیچی.

در ولتاژهای بالاتراز ۲۳۰ ولت نیاز دارد.					
۱- گشتاور راه اندازی پایین است. ۲- به طراحی خاصی برای موتورنیازمند است.	۱- هزینه ی مناسب (کمتر از هزینه ی لازم لازم برای راه اندازی با مقاومت و یا اتوترانس.) ۲- مناسب برای بارهای با اینرسی بالا و طول زمان راه اندازی زیاد. ۳- گشتاورخروجی خوب.	٪۳۳,۳	۳۳,۳ ٪	٪۱۰۰	ستاره-مثلث

۵-۱) ترمز گیری در موتورهای القایی با پسخورد توان به منبع تغذیه:

موتورهای القایی را می توان با پسخورد توان به منبع تغذیه از سرعتشان کاست.وقتی موتور در یک سرعت پایدار در حال کار است.اگر فرکانس منبع تغذیه کاهش یابد،.به صورت ناگهانی، ماشین تحت شرایط لغزش منفی کار خواهد کرد.(حالت ژنراتوری)و در نتیجه سرعت آن پایین خواهد آمد. ماشین در نهایت با پایین آمدن سرعتش دوباره به ناحیه ی کاری موتوری باز خواهد گشت.عملکرد موتور تحت شرایط ترمز ژنراتوری در شکل ۱-۵-۱

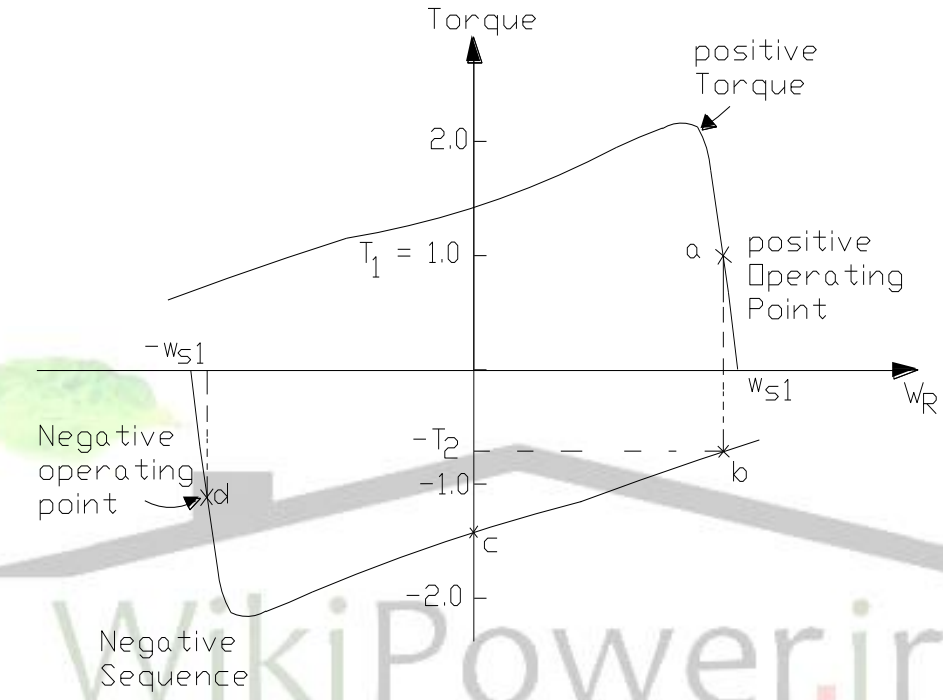
نشان داده شده است.ماشین در ابتدا در نقطه ای بر روی منحنی متناظر با تولید گشتاور T1 کار می کند.(فرکانس تغذیه یf_{s1} و سرعت میدان سنکرون w_{s1})در هنگامی که فرکانس منبع تغذیه کاهش می یابد(برای مثال فرکانسf_{s2} شده و سرعت زاویه ای میدان سنکرون هم w_{s2} شود.)موتور در حالت ژنراتوری و در نقطه ی b که روی منحنی مشخص شده است، کار خواهد کرد.گشتاور بازدارنده در این حالت T2 سرعت را پایین آورده و در نهایت ماشین به صورت موتور در سرعت پاینتری متناظر با نقطه ی cو با ایجاد گشتاورT1 کار خواهد کرد.



شکل ۱-۵-۱

اگر ترتیب فاز منبع تغذیه ی استاتور عکس شود.میدان سنکرون دوار در داخل استاتور دارای چرخش در جهت معکوس حالت قبل میشود.تحت چنین شرایطی موتور بصورت ژنراتوری کار می کند.و گشتاور منفی به صورتی که در شکل ۲-۵-۱ نشان داده شده است ،ایجاد میکند.موتور سریعا به نقطه ی ایست می رود(نقطه ی c بر روی منحنی).و اگر منبع

تغذیه از موتور قطع نشـــود، موتور شـــروع به چرخش در جهت مخالف خواهد کردو نقطه ی جدید کار، نقطه ی d خواهد بود.



شکل ۲-۵-۱

فصل دوم روش های کنترل سرعت

کلاسیک موتورهای القایی

۱-۲) روش مدولا سیون دامنه ی قطب:

روش PAM یا مدولا سیون دامنه ی قطب راهی برای دستیابی به تعداد جفتهای مختلفی از قطبها در سیم پیچی ا ستاتورا ست. بصورتی که تعداد قطبها می تواند به صورت مقداری غیر از نسبت یک به دو باشد. در واقع تغییر یافتن تعدادی از قطبهای سیم پیچ استاتور نتیجه ی ساده ی تغییر دادن اتصالات(شش)درگاه یا ترمینال خروجی است. دقیقا مشابه با حالتی که در روش قطبهای منتج داشتیم.

تئوری آن به این صورت است که وقتی که سینوسی هایی با دو فرکانس متفاوت در یکدیگر ضرب شوند (در یک وسیله بنام MIXER) ،نتیجه ی آ ن ایجاد شدن سینوسیهایی با فرکانس برابر با مجموع و تفا ضل دو سینو سی ورودی ابتدایی خواهد بود. بنابراین اگر یک سیگنال 100khz در یک سیگنال با فرکانس 1khz ضرب شود،فرکانس سینوسیهای خرو جی MIXER ، 99khz و101khz خواهند بود.

در روش PAM نیز بر همین مبنا تغییراتی در گسترش میدان الکترو مغناطیسی در داخل استاتور ایجاد می شود.

اگر سیم پیچ یک ماشین که به صورت طبیعی دارای P قطب است بوسیله ی وارونگی اتصالهای N تا از گروه پیچکهای قطب درهر سیم پیچ فاز مدوله شود، آنگاه دو موج نیروی الکترو مغناطیسی در سیم پیچ استاتور ایجاد خواهد شد. یکی از آنها دارای P+N قطب ودیگری دارای P-N قطب خواهد بود.اگر یکی از این شکل موجها به جای دیگری انتخاب شود، آنگاه موتور بر روی استاتورش همان تعداد قطب متناظر را خواهد داشت. و البته به همان تعداد قطب بر روی روتور القا خواهد شد. همانطور که گفتیم برتری این روش نسبت به روش قطب-منتج آنست که دو سرعت لزوما نباید نسبت دو به یک داشته باشند.

برای مثال فرض کنید که میدان استاتور ماشینی توزیع سینوسی دارد:

$F_1(\theta)_1=F_{max}\sin(P_1/2)\theta_1$

که در آن P_1 تعداد قطبهای سیم پیچ است. هرگاه این میدان با تابع سینوسی دیگر θ مدولش ضربی بیابد:

$$F(\theta_1)=MsinP_M/2\theta_1(F_{MAX}\,SIN\frac{P_1}{2}\theta_1)=\frac{MF_{MAX}}{2}\left[COS\left(\frac{P-P_M}{2}\theta_1\right)-COS\left(\frac{P_1+P_M}{2}\theta_1\right)\right]$$

نتیجه اش بدست آمدن میدانهای استاتور با دو تعداد قطب متفاوت است.

$$P_Q=P_1-K\ ,\quad P_B=P_1+K$$

که در آن در این حالت $K=P_M$

در عمل تابع مدولنده تا حدی ناهنجار یعنی یک موج مستطیلی با دامنه ی M=1 است . و این مدولش صرفا با وارونگی اتصالهای نیمی از گروه پیچک های قطب درهر سیم پیچ فاز انجام می شود.

برای مثال سیم پیچ سه فاز ۸ قطبی را در نظر می گیریم . سرعت همزمان در بسامد 60hz برابر با ۹۰ دوردر دقیقه است . محرکه ی مغناطیسی لحظه ای قطبهای سیم پیچ یک فاز در شکل ۱-۱-۲ همراه با تابع مدولش یک موج مستطیلی دو قطب ،نمایانده شده است.پس تعداد قطبهای میدان مدوله شده ۶و۱۰ است. (تابع مدولش) یک شیوه ی تفننی نشان دادن اینست که برای داشتن سرعتی دیگراتصال به گروهه های قطبهای۵و۶و۷و۸ معکوس می شوند.موج محرکه ی مغناطیسی برآیند ،برای همان جریان فازلحظه ای در شکل ۱-۱-۲ رسم شده است.پیداست که یک میدان۶ قطب ونیز یک میدان ۱۰قطب تولید شده است.(البته میدان ۱۰ قطب به اندازه ی میدان ۶قطب ،بدیهی نیست).تحلیل سری فوریه ، شکل موج میدانهای ۶ قطب و ۱۰ قطب را با دامنه های نسبی نمایانده در شکل ۱-۱-۲ نتیجه می دهد.

برای فهمیدن این که کدام سرعت همزمان خود را بر دیگری تحمیل می کند باید میدان سیم پیچهای دو فاز دیگر را نیز به حساب آوریم.میدان۶ قطب، نسبت به تابع مدولش تابعی کسینوسی و میدان ۱۰قطب ،منفی تابع کسینوسی است.تابع مدولنده، ۳۶۰ درجه ی مکانیکی گسترش دارد.توابع مدولنده ی دو فاز دیگر نسبت به مال این فاز، به ترتیب ۱۲۰ درجه ی مکانیکی پس افت و پیش افت دارند.برای میدان ۶قطب ،این جابجایی برابر ۳۶۰

درجه ی الکتریکی ا ست.یعنی مولفه های ۶قطبی میدانهای سه سیم پیچ فاز، در ف ضا هم فازند.

اما در زمان هم فاز نیستند.سه میدان شش قطب، با جریانهای سه سیم پیچ فاز متنا سبند.و اگر این جریانها ترازمند با شند(یا اگر سیم پیچها صرفنظر از ترازمندی ات صال ستاره باشند)،مجموع لحظه ای آنها صفر است!پس مجموع مولفه های ۶ قطبی محرکه های مغناطیسی سه فاز، به میدان کل صفر منجر می شود.از طرف دیگر، موجهای محرکه ی مغناطی سی فاز ۱۰ قطبی ، 60درجه ی الکتریکی ازهم فا صله دارند.بنا براین اگر ترتیب فاز برای میدان ۸ قطب ابتدایی abc باشد،میدان 10قطب با ترتیب acbخواهد بود.برای جلوگیری از چرخش وارونه ی ماشین، وقتی به ۱۰قطب مدولیده می شود،دو تا از سیم ربطهای خطها باید وارونه شوندو در عین حال، اتصالهای گروهه های ۴ قطب در هر فازوارونه می شوند.سرعت همزمان ۶۰ هرتزی موتور مدوله شده ،۷۲۰دور بر دقیقه است.پیش از کشف PAM برای داشتن دو سرعت که به نسبت دو بر یک نبودند،می بایست دو سیم پیچ جداگانه بر ماشین داشت.PAMموجب کاهش زیادی در اندازه و بهای ماشین شده است.

می توانیم استدلال گفته شده را به صورت شماتیک هم نشان دهیم. در شکلهای ۲-۱-۲ و ۳-۱-۲، گسترش شار سیم پیچ های هر فاز در داخل استاتور را بدون در نظر داشتن اختلاف فاز الکتریکی آنها و صرفاً با در نظر دا شتن اختلاف فاز مکانیکی بین آنها ن شان داده شده اند. (منحنی های سیاه) منحنی های آبی، نشان دهنده ی تغییر شار، پس از انجام عمل مدولاسیون، بر روی شار سیم پیچی هر فاز می با شند. تابعی که به صورت مستطیلی نشان

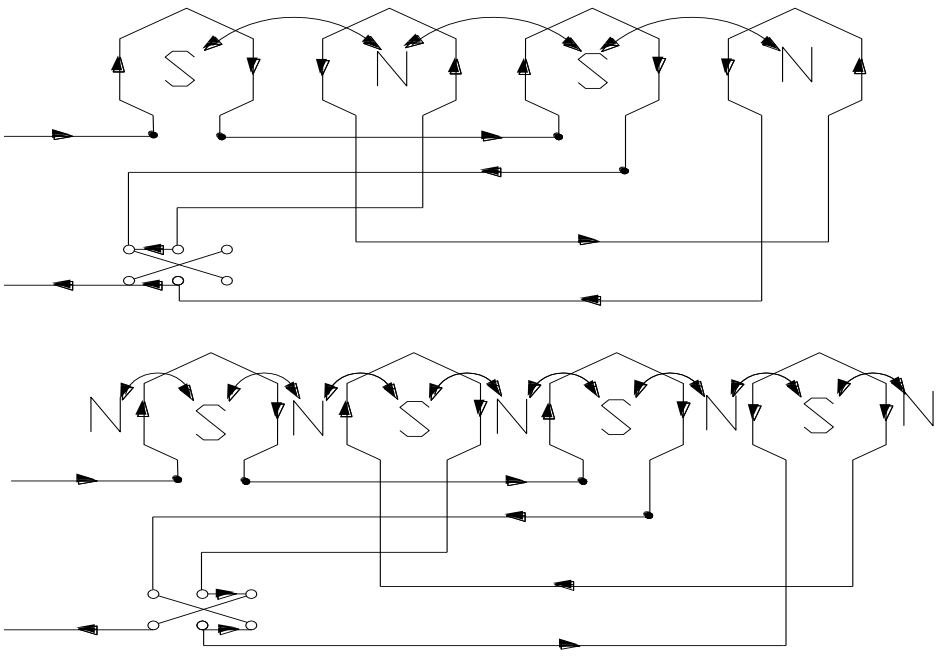
داده ایم در واقع تجسمی از تابه مدولا سیون ا ست که با ضرب آن در تابع سینو سی نشان دهنده ی توزیع شار، توزیع شار جدید برای هر سیم پیچی هر فاز حاصل می شود. (خطوط آبی و سیاه) بدیهی ا ست که در نقاطی که تابع مدولا سیون (تابع مستطیلی شکل) مثبت ا ست، در شار تغییر بوجود نمی آید. ولی در نقاطی که تابع مدولا سیون منفی با شد، همانند آنست که شار را در مقداری منفی ضرب کرده ایم و جهت شار را معکوس کرده ایم. (خطوط آبی) چون سیم پیچی های گروهه های هر فاز در داخل استاتور نسبت به دیگری ۱۲۰ درجه مکانیکی فاصله دارد پس این ۱۲۰ درجه مکانیکی را در نمودارهای نشاندهنده ی شار، لحاظ کردیم، ولی از لحاظ اختلاف فاز الکتریکی، هر فاز نسبت به دیگری ۱۲۰ درجه الکتریکی اختلاف فاز نیز دارد. ولی این را در روی نمودارهای نشاندهنده ی توزیع شار اصلی نشان ندادیم و در عرض، توزیع شار هارمونیکهایشان را با ۱۲۰ درجه الکتریکی اختلاف فاز نسبت به یکدیگر کشیدیم (منحنی قرمز) همانطور که مشاهده می شود، توزیع شار هارمونیکهای ششم تقریباً یکدیگر را خنثی و توزیع شار هارمونیکهای ۱۰ ام یکدیگر را تقویت می کنند.

۲-۲) سرعت با استفاده از روش قطبهای منتج:

موتورهای روتور قفسی دارای بیشترین کاربرد در صنعت هستند. و این بدان علت ا ست که بسیار ساده و ارزان هستند.موتورهای القایی موتورهایی با سرعت ثابت هستند ولی برخی مدلها از آنها برای کار در سرعتهای مختلف طراحی شده اند. برای انجام این کار میتوان با تغییر اتصال سیم پیچ ا ستاتور تعداد قطبهای موتور قفس دار را تغییر داد.کنترل سرعت در

روش قطبهای منتج،صورت پله ای دارد.این روش برای موتورهای با روتورسیم پیچی شده عملی نیست، زیرا سیم پیچهای روتور نیز باید برای داشتن تعداد قطبی برابر با تعداد قطبهای استاتور تغییر اتصال یابند.حال انکه روتور قفسدار خود به خود تعداد قطبی برابر قطبهای میدان شکاف هوایی بدست می اورد .

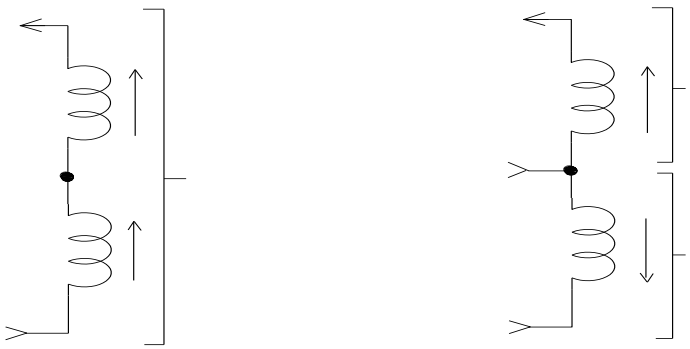
همانطور که می دانیم ،سرعت میدان چرخان درون استاتور، به فرکانس جریان استاتور،که از منبع تغذیه ی جریان متناوب می آید و نیز به تعداد قطبهای روی استاتور بستگی دارد.عبارت جفت قطبها به این دلیل بکار می رود تا نشان داده شودکه قطبهای موتور، همیشه بصورت جفت هستند.و هیچ گاه یک موتور تعداد فردی از قطبها را ندارد.در روش قطبهای منتج، معمولا تنها دو سرعت همزمان می توان بد ست آورد که یکی ن صف دیگری ا ست.البته ممکن ا ست دو سیم پیچ ا ستاتور جداگانه ن صب کرد ولذا چهار سرعت بد ست آورد.طرحواره ی اصلی در شکل ۱-۲-۲ می شود:



شکل ۱-۲-۲

آنچه که دریک فاز نوعی یک سیم پیچ چند فاز دو سرعته رخ می دهد،در این شکل به نمایش گذاشته شده است.و در ان هر پیچک نشانگر یک گروه پیچک است.هنگامی که جریان در گروه پیچکهای قطبهای یک در میان را وارونه کنیم همچنانکه در شکل می بینیم همه ی گروه پیچکها ،قطبداشت مغناطیسی یکسانی می یابند. آنگاه شار گروه پیچکهای قطبها باید در بین فضای بین گروه پیچکها باز گردند و به این صورت قطبهای مغناطیسی با قطبدا شت مخالف بر روی سطح ه سته ی ا ستاتوردر این ف ضاها القا کنند. این قطبهای القا شده را قطبهای منتج گویند.آنگاه تعداد قطبهای ماشین دو برابر شده و سرعت همزمان نصف مقدار پیشین را دارد.

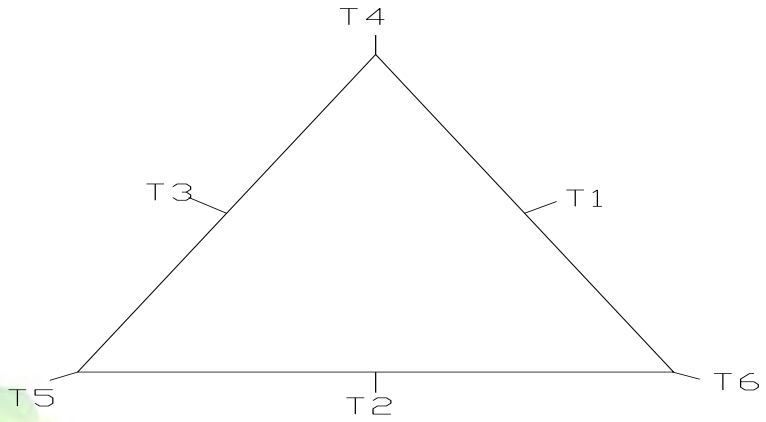
شکل ۲-۲-۲ نحوه ی تغییر تعداد قطبها را در سیم پیچی استاتور بوسیله ی تغییر اتصالات و در نتیجه تغییر سمت جریان در بعضی از سیم پیچها نشان میدهد:



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۲-۲-۲

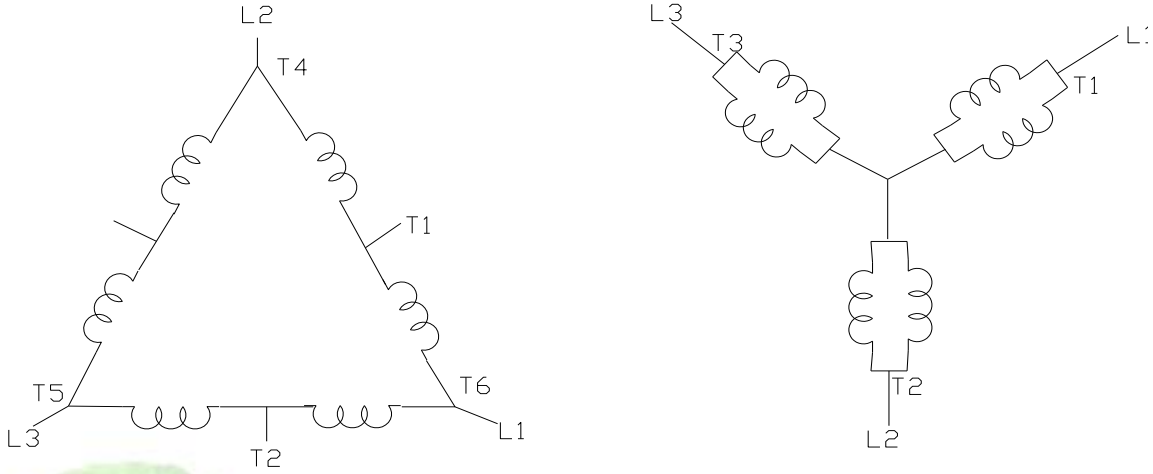
یک موتور سه فاز روتور قفسی میتواند به گونه ای که در نهایت ۶ سر سیم بندی استاتوردر دسترس باشد ساخته شود.مطا بق شکل ۲-۲-۲



شکل ۳-۲-۲

بوسیله ی ایجاد اتصالات مناسب برای این سرها، در نهایت سیم پیچی داخل استاتور می تواند به صورت دلتای سری و یا ستاره ی موازی در آید.اگر سیم بندی به صورتی با شد که اتصالات بصورت دلتای سری، سرعت بالا و اتصال به صورت ستاره ی موازی، سرعت کم ایجاد کند،انگاه توان اسب بخاردرهردوسرعت یکسان است.و اگر سیم بندی به صورتی باشد که اتصال به صورت دلتای سری، منجر به سرعت پایین و اتصال ستاره ی موازی منجر به سرعت بالا گردد، آنگاه مقدار گشتاور در هر دو سرعت ،ثابت خواهد ماند.موتورهای منا سب برای کنترل سرعت از طریق روش قطبهای منتج، دارای یک سیم پیچ برای دو سرعت

هستند.یعنی در کل در داخل موتور تنها یک سیم پیچی است که در هر دو سرعت پایین یا بالا از این سیم پیچی استفاده می شود(شکل ۴-۲-۲):



شکل ۴-۲-۲

از آنجا که این موتورها در طول سالیان متمادی به صورت استاندارد شده ای درآمده اند ، ساختمان ادوات کنترل کننده ی آنها نیز، در طی سالیان گذشته به مرور استاندارد و شکلی ساختار یافته به خود گرفته اند.موتورهای با سیم پیچ منفرد ب صورت کلی دارای ۶ خروجی برای اتصالات استاتورهستند، که بصورت T1تا T6نامگذاری میشوند.کنترل کننده های مغناطیسی برای دو سرعت نیز، دارای همین نامها برای اتصالا تشان به موتور می با شند.در همه ی حالات، برای کار با سرعت پایین، خروجیهایT1-T2-T3 به خطوط تغذیه اتصال می یابند.و خروجی های T4-T5-T6 نیز برای کارکرد با سرعت بالا به خطوط تغذیه اتصال می یابند.برای این که جهت گردش روتوردر حالت گذر از سرعت پایین به سرعت بالا یکسان

بماند. T1 به خروجی تغذیه ی یکسانی با T6و T2 به خروجی تغذیه ی یکسانی با T4 و T3 به خروجی تغذیه ی یکسانی با T5 وصل می شود.اگر به معکوس کردن جهت حرکت همراه با تغییر سرعت نیاز باشد کنترل کننده هایی که تعویض اتصالات را بصورت مناسبی انجام دهند نیزوجود دارند.تمامی سازندگان موتور های الکتریکی برای موتور های با خصوصیات کلی مختلف تولید شده شان خصوصیات یکسانی را برای تغییر اتصالات تا رسیدن به ارایش قطبها ی خاص فراهم می کنند. بنابراین:

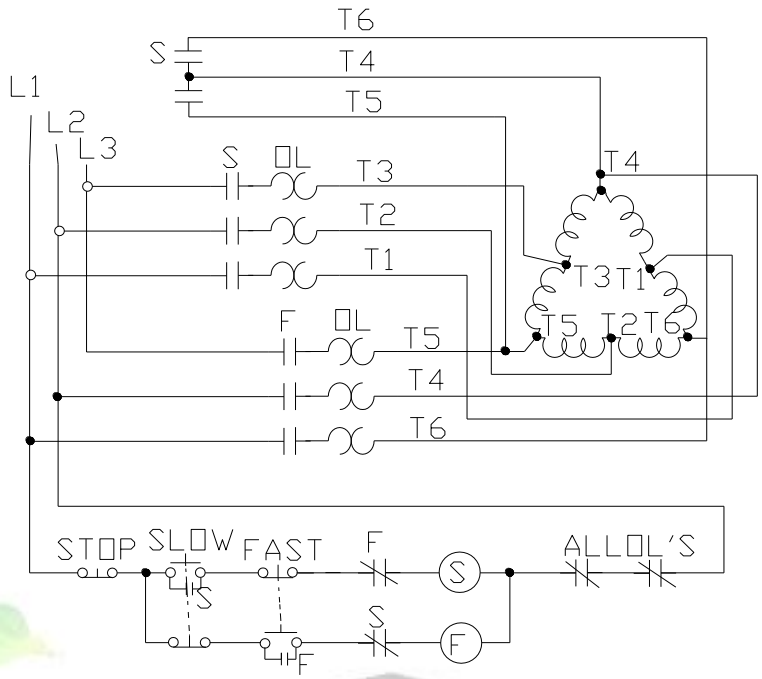
۱- توان اسب بخار ثابت: دو اتصال ستاره ی موازی برای سرعت پایین و دلتای اتصال سری برای سرعت بالا (اتصالات استاتور در شکل ۴-۲-۲ نشان داده شده است).

۲- گشتاور ثابت : اتصال دلتای سری برای سرعت پایین ودو اتصال ستاره ی موازی برای سرعت بالا

۳- گشتاور متغیر- توان متغیر: اتصال سری ستاره برای سرعت پایین و دو اتصال ستاره موازی برای سرعت بالا.

باید تاکید شود که این خصوصیات برای یک موتور که برای هر کدام از این حالات طراحی شده است دیگر عوض شدنی نیست.

هر موتور و نیز کنترل کننده اش برای کارمشخص و خصوصیات مورد نیاز برای ان کار طراحی می شود.یک مدار کنترل کننده ی مغناطیسی برای موتور دارای قابلیت کارکرد در دو سرعت و با توان ثابت در شکل ۵-۲-۲ نشان داده شده است. نحوه ی عملکرد مدار به شرح زیر است



شکل ۵-۲-۲

WikiPower.ir

۱- سیم پیچ کنترل کننده ی دور پایین یا Sپنج کلید به طور عادی بازاصلی را فعال میکندو بعلاوه ی دو کلید کمکی Sدر مدار کنترل که خطوط T4-T5-T6 را در یک نقطه به هم متصل می کنند.تا دو اتصال ستاره موازی در موتور برای کار در سرعت پایین ایجاد شود.تمام ۶ سسیم پیچ موتور حدود ۵۷,۷٪ ولتاژخط را بر روی خود می بینند.

۲- سیم پیچ Fیا سیم پیچ دور سریع ،سه کلید اصلی که بصورت طبیعی باز هستند را فعال می کند.علاوه بر دو کلید کمکی هم که در مدار کنترل دارا است که انها را هم فعال میکند.

۳- تحریک شدن سیم پیچ F باعث از بین رفتن تحریک بر روی سیم پیچ Sمی گردد. در نتیجه اتصال ستاره میشکند و اتصال سری برای هر جفت از سیم پیچهای استاتور حاصل میشود.بستن کلیدهای اتصالF منجر به اتصال سیم پیچیها به صورت دلتای سری به خطوط تغذیه می شود.و در این هنگام هر سیم پیچ ا ستاتور دارای حدود ۵۰٪ از ولتاژ خط بر روی خود است.

۴- تمام کلیدهای در حالت معمول بسته برای ا ضافه بار، به صورت سری با هر دو سیم پیچ فعال کننده قرار دارند. همانند کلید توقف(stop).

در مدار نشان داده شده در شکل ۵-۲-۲ موتور هم می تواند به صورت با سرعت بالا و هم با ســـرعت پایین راه اندازی شـــود.ولی البته نه در هر دو آنها. اگر نیاز به رفتن از حالت دورتند به دور ارام و یا بالعکس باشـــدآنگاه کلید توقف باید در ابتدا فعال شـــود. و در نتیجه تمامی سیم پیچهای کنترل قطع می شوند و سپس اپراتور باید کار موتور در دور بالا یا پایین را انتخاب کند.

۳-۲) کنترل سرعت موتورهای القایی بو سیله ی تغییر ولتاژ منبع تغذیه:

سرعت موتور القایی را می توان بو سیله ی کنترل اندازه ی ولتاژ اعمال شده به سیم پیچ استاتور کنترل کرد.گشتاور خروجی موتور القایی متناسب با مجذور ولتاژ اعمال شده به سیم

پیچ استاتورش است.این روش کنترل سرعت، گشتاور خروجی ماشین را تغییر می دهد.و در نتیجه سرعت نیز دچار تغییر خواهد شد.ولی بازده به صورت بسیار زیاد ،همزمان با کاهش سرعت پایین می آید. و این روش را برای بسیاری از کاربردها نامناسب می سازد.

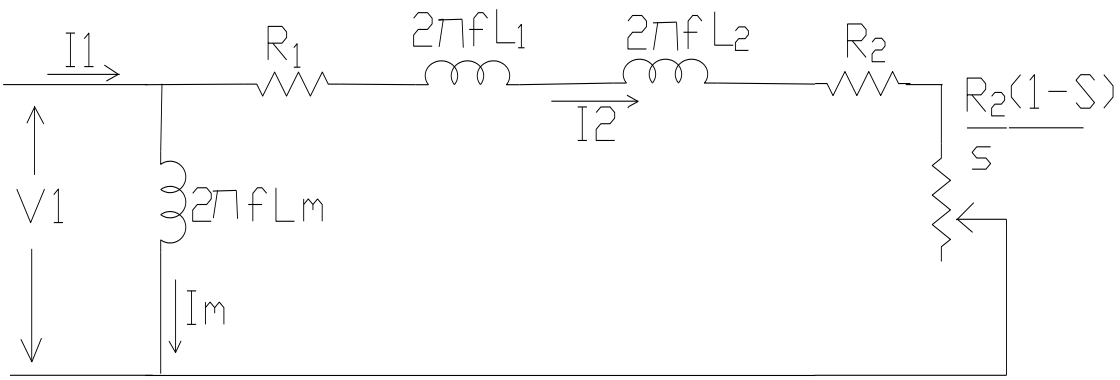
۲-۴) تغییرهمزمان ولتاژو فرکانس برای کنترل سرعت:

یک راه بسیار خوب برای کنترل سرعت موتورهای القایی ،تغییر فرکانس منبع تغذیه ا ستاتور ا ست. با این روش البته به منبع تغذیه ای نیاز داریم که ولتاژ و فرکانس خروجی آن را بتوان به صورت همزمان تنظیم کرد.تغییر همزمان فرکانس و ولتاژ مورد نظر است، زیراچگالی شار در موتورکه بامقدار ولتاژ ورودی در هر سیکل متنا سب ا ست،باید ثابت نگه داشته شودتا بتوانیم به مقدار مناسب گشتاور نامی برسیم.

- عملکرد موتور القایی تحت فرکانس متغییر منبع تغذیه:

با توجه به مدار معادل تقریبی موتور القایی، همانطورکه فرکانس تغذیه ی استاتور تغییرمی کند راکتانس ا ستاتورو راکتانس روتور و راکتانس مغناطیس کنندگی بصورت تابعی از فرکانس تغییر می کنند.اگر ولتاژ تغذیه ثابت نگه داشته شودو فرکانس را پایین بیاوریم ،به علت کم شدن مقاومت راکتانسهاجریان در مدار زیاد می شودوبنابراین برای

عملکرد با فرکانس متغییر، فرکانس و ولتاژ منبع تغذیه باید در یک تنا سب منا سب تغییر کنندتا جریان موتور ثابت بماند. توان و گ شتاور ایجاد شده تو سط موتور،تابعی از جریان در موتور هستند. امپدانس کل معادل مدار برابر است با:



$Z_{IN}=((R_1+R_2/S)+J2\pi f_s(L1+L2))$

زمانی که فرکانس جریان ورودی بالا باشـــد(نزدیکHZ۶۰)امپدانس مدارمعادل، بصـــورت اندوکتیو غالب در می آید. و درنتیجه امپدانس ورودی بصـــورت متناســـب با فرکانس تغییرخواهد کرد.بنابراین ولتاژ منبع تغذیه کننده ی موتور باید متناســـب با فرکانس تغییر کندتا این که گشـــتاور در خروجی ثابت بماند.اگر فرکانس ورودی پایین باشـــد(پایینتر از HZ۴۰)آنگاه از مقاومت ســـیم پیچ موتور نمی توان چشـــم پوشـــید.بنابراین امپدانس موتور متناسب با فرکانس کاهش نخواهد یافت. بنابراین ولتاژ اعمال شده به موتور نباید متناسب با فرکانس کاهش یابد.(در فرکانسهای کم).مقدار نسبت ولتاژ بر فرکانس در فرکانسهای پایین باید بیشتر از مقدار آن در فرکانسهای بالا باشد.

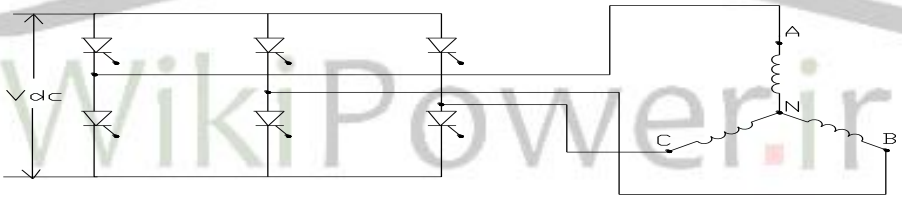
در رنج فرکانسی پایینتر، اگر v/f ثابت نگه داشته شود آنگاه گشتاور راه اندازی با افزایش فرکانس افزایش خواهد یافت.

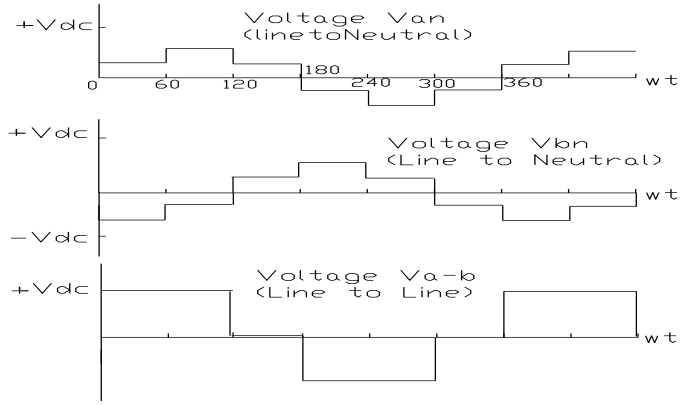
بنابراین از بحث بالا مشاهده می شود که مقداری از فرکانس بهینه که در ان گشتاور راه اندازی، بیشترین است ،وجود دارد.

عملکرد موتور القایی، با منبع تغذیه ی غیر سینوسی:

موتور القایی که بوسیله ی مبدلهای حاللت جامد رانده می شود. تحت ولتاژهای غیر سینو سی بر روی ا ستاتورش ا ست.هارمونیکهای زمانی موجود در ولتاژ اعمال شده منجر به ایجاد جریانهایی در فرکانس هارمونیکها می شوند.این هارمونیکهای جریانی تلفات را در موتور افزایش میدهند.و نیز باعث ایجاد ریپل در سرعت و گشتاور موتور می شوند.ولتاژ خروجی یک مبدل سه فاز در شکل زیر نشان داده شده ا ست.می توان این ولتاژ را بصورت مجموعه ای از هارمونیکها(تبدیل فوریه) به صورت زیر بیان کرد.

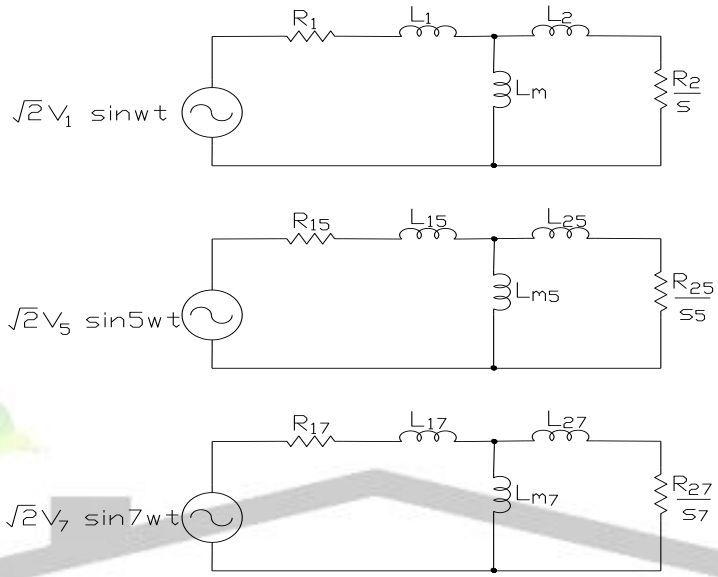
$$V(t)=\sqrt{2}(V1.\sin Wt+V5.\sin 5Wt+V7\sin 7Wt+Vk\sin kWt)$$





دامنه ی ولتاژ هارمونیکها با افزایش بسامد، کاهش می یابد. هارمونیکهای مهم، هارمونیکهای پنجم و هفتم هستند.مشخصه ی عملکرد موتور القایی که قبلا گفته شد از

مدار معادل حالت پایدار آن بدست می آید. با یک ولتاژ ورودی غیر سینوسی مدار معادل باید به گونه ای تغییر یابد تا هر هارمونیک موجود در منبع ولتاژ را در بر بگیرد.مدار معادل برای هارمونیک اصلی پنجم و هفتم به صورت شکل ۱-۴-۲ زیر است.

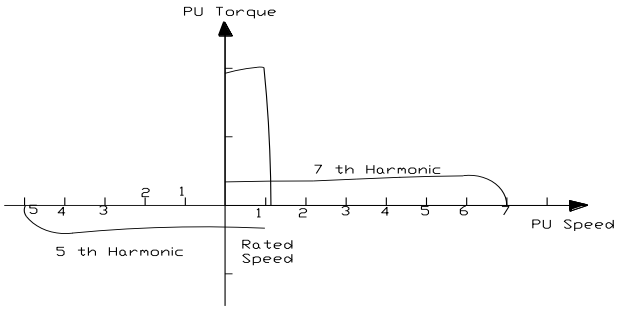


شکل ۱-۴-۲

منحنی های گ شتاور- سرعت موتور در هارمونیک ا صلی پنجم و هفتم در شکل ۲-۴-۲ نشان داده شده اند.لغزش موتوربرای مدار با جریان هارمونیک پنجم برابراست با:

(5Ns-Nr)/(5Ns)=0.8

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲-۴-۲

به همین صـــورت مقدار لغزش برای مولفه ی هارمونیک هفتم بســـیار به یک نزدیک اســـت.بنابراین در مدارهای ها رمونیک پنجم و هفتم تقریبا شـــرایط روتور قفل شـــدگی داریم.زمانی که موتور در سرعت نامی اش کار می کند گشتاور ایجاد شده توسط هارمونیک پنجم منفی و گشتاور تولید شده توسط هارمونیک هفتم مثبت است.بنا براین این گشتاورها تمایل به خنثی کردن یکدیگر دارند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم روش کنترل برداری و روش کنترل مستقیم گشتاور خروجی

روش کنترل برداری

برای موتورهای القایی چندگونه مدل مختلف تعریف شده ا ست. مدلی که برای روش کنترل بر روی آن ا ستفاده می شود، بو سیله ی تئوری ریا ضیات برداری بد ست می آید. م شخ صه های یک موتور القایی سه فاز (شامل ولتاژ ها، جریان ها، شار الکترومغناطیسی و...) بصورت بردارهای مختلط فضـایی بیان می شـوند. این چنین مدلی، برای هر تغییر لحظه ای ولتاژ و جریان معتبر بوده و ب صورت کامل، عملکرد ما شین را هم تحت شرایط پایدار و عادی و هم گذرا تو ضیح می دهد. بردارهای مختلط ف ضایی بو سیله ی ا ستفاده از تنها دو محور متعامد می توانند مشخص شوند. موتور می تواند یک ماشین ۲ فاز تصور شود. و استفاده از مدل دو فازی موتور دارای این مزیت است که تعداد معادلات کمتر شده و انجام طراحی برای دستگاه کنترل کننده، ساده تر می شود. یک موتور القایی سه فاز با سیم پیچهای استاتور مشابه، و با

توزیع سینوسی و فاصله ی مکانیکی ۱۲۰ درجه و تعداد دور N_s و مقاومت R_s فرض می کنیم. برای روتور هم می توان مدلی با سیم پیچهای مشابه با توزیع سینوسی، با فاصله ی ۱۲۰ درجه و تعداد دور N_s و مقاومت R_s، در نظر گرفت. با توجه به ایجاد کویل مغناطیسی بین سیم پیچهای استاتور و روتور، می‌توانیم معادلات ولتاژ روتور و استاتور را به صورت زیر بنویسیم:

معادلات ولتاژ سیم پیچهای استاتور:

$$v_{as} = i_{as} r_s + \frac{d}{dt}\lambda_{as}$$

$$v_{bs} = i_{bs} r_s + \frac{d}{dt}\lambda_{bs}$$

$$v_{cs} = i_{cs} r_s + \frac{d}{dt}\lambda_{cs}$$

معادلات ولتاژ بر روی سیم پیچهای روتور:

$$v_{ar} = i_{ar} r_r + \frac{d}{dt}\lambda_{ar}$$

$$v_{br} = i_{br} r_r + \frac{d}{dt}\lambda_{br}$$

$$v_{cr} = i_{cr} r_r + \frac{d}{dt}\lambda_{cr}$$

معادلات شار پیوندی سیم پیچهای روتور و استاتور بر حسب اندوکتانس و جریان سیم پیچها

$$\begin{bmatrix} \lambda_s^{abc} \\ \lambda_r^{abc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ss}^{abc} & L_{sr}^{abc} \\ L_{rs}^{abc} & L_{rr}^{abc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_s^{abc} \\ i_r^{abc} \end{bmatrix}$$

به گونه ای که :

$$\lambda_s^{abc} = [\lambda_{as} \ \lambda_{bs} \ \lambda_{bs}]$$

$$\lambda_r^{abc} = [\lambda_{ar} \ \lambda_{br} \ \lambda_{br}]$$

$$i_s^{abc} = [i_{as} \ i_{bs} \ i_{bs}]$$

$$i_r^{abc} = [i_{ar} \ i_{br} \ i_{br}]$$

اندوکتانس سیم پیچهای ا ستاتور ن سبت به ا ستاتور و روتور ن سبت به روتور به صورت زیر خواهد بود :

$$L_{ss}^{abc} = \begin{bmatrix} L_{ls}+L_{sm} & -\frac{1}{2}L_{sm} & -\frac{1}{2}L_{sm} \\ -\frac{1}{2}L_{sm} & L_{ls}+L_{sm} & -\frac{1}{2}L_{sm} \\ -\frac{1}{2}L_{sm} & -\frac{1}{2}L_{sm} & L_{ls}+L_{sm} \end{bmatrix}$$

L_{ls}: اندوکتانس پراکندگی هر فاز سیم پیچ استاتور

L_{lr}: اندوکتانس پراکندگی هر فاز سیم پیچ روتور

L_{ss}: اندوکتانس پراکندگی سیم پیچهای استاتور

L_{rr}: اندوکتانس پراکندگی سیم پیچهای روتور

$$L_{rr}^{abc} = \begin{bmatrix} L_{lr}+L_{rm} & -\frac{1}{2}L_{rm} & -\frac{1}{2}L_{rm} \\ -\frac{1}{2}L_{rm} & L_{lr}+L_{rm} & -\frac{1}{2}L_{rm} \\ -\frac{1}{2}L_{rm} & -\frac{1}{2}L_{rm} & L_{lr}+L_{rm} \end{bmatrix}$$

L_{sm}: اندوکتانس مقابل بین سیم پیچهای استاتور

L_{rm}: اندوکتانس مقابل بین سیم پیچهای روتور

L_{sr}: اندوکتانس مقابل بین سیم پیچهای استاتور و روتور

مشاهده می شود که اندوکتانس متقابل استاتور نسبت به روتور و بالعکس به زاویه ی روتور بستگی دارد. و به صورت زیر خواهد بود.

$$\left[L_{sr}^{abc}\right]=\left[L_{rs}^{abc}\right]=\begin{bmatrix}\cos\theta_r & \cos\left(\theta_r+\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_r-\frac{2\pi}{3}\right)\\ \cos\left(\theta_r-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\theta_r & \cos\left(\theta_r+\frac{2\pi}{3}\right)\\ \cos\left(\theta_r-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_r-\frac{2\pi}{3}\right) & \cos\theta_r\end{bmatrix}$$

چون به عبارات وابسته به هم استاتور و هم به روتور، تابعی از موقعیت روتورهستند، بنابراین با چرخش رتور، این عبارات با زمان تغییر خواهند کرد. و معادلات دیفرانسیلی با ضرایب متغیر با زمان بدست خواهند آمد. که تحلیل آنها، بسیار پیچیده خواهد بود.

با انجام تبدیلات ریاضی، معادلات دیفرانسیل با ضرایب متغیر زمان را به معادلات دیفرانسیل با ضرایب ثابت تبدیل می کنیم.

اساس این تبدیلات بر این پایه است که اثر الکترومغناطیسی سه سیم پیچ ساکن یا گردان را با دو سیم پیچی که با سرعت دلخواهی در حال چرخش هستند، ایجاد کنیم. به شرطی که این دو سیم پیچی اثر متقابل بر یکدیگر نداشته باشند (بر هم عمود باشند). و در نهایت به جای تحلیل سه سیم پیچی با آثار متقابل نسبت به یکدیگر از تحلیل دو سیم پیچی بدون اثر متقابل بر یکدیگر استفاده کنیم.

مدل ماشین القایی در دستگاه دو محوری:

اگر منبع تغذیه سه فاز و متعادل باشد (که معمولاً همینطور است). از تئوری دو محوری برای مدل سازی دینامیکی ماشین استفاده می شود. بصورتی که پارامترها و متغیرها در محورهای عمود بر هم بیان می شود و تأثیری بر یکدیگر ندارند. در این روش، پارامترهای متغیر با زمان حذف می شوند. دو محور ذکر شده را محور مستقیم یا d (direct) و محور عمود یا q (quadrature) می نامیم.

مدل دینامیکی ماشین می تواند هم در دستگاه مرجع گردان و هم دستگاه مرجع ساکن بیان شود. در دستگاه مرجع ساکن، محورهای d و q را به استاتور متصل و ساکن فرض می کنیم. و در د ستگاه مرجع گردانی محورهای d و q را در حال چرخش با سرعت زاویه‌ای دلخواهی فرض می کنیم. در د ستگاه مرجع گردان، می توانیم محورهای q و d را چسبیده به روتور و در حال چرخش با سرعت زاویه ای روتور و یا چسبیده به میدان سنکرون و در حال چرخش با سرعت زاویه ای میدان تصور کنیم که در این صورت به بیشترین ساده سازی در معادلات خواهیم رسید. برتری محورهای گردان با سرعت سنکرون در آن است که اگر منبع سینوسی باشد متغیرها در حالت مانا بصورت کمیتهای Dc می شوند. تبدیل عبارات در سیستم مرجع ساکن a_s,b_s,c_s به سیستم دوار q و d با ماتریس تبدیل زیر انجام می شود.

$$\begin{bmatrix} F_{Os} \\ F_{Ds} \\ F_{Qs} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \cos\theta_s & \cos\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right) \\ \sin\theta_s & \sin\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{as} \\ F_{bs} \\ F_{cs} \end{bmatrix}$$

θ_s: زاویه بین محور D و محور a_s

F: می تواند ولتاژ جریان یا شار پیوندی ماشین باشد.

بهتر است برای ساده تر شدن ماتریس، محور D را منطبق بر محور a_s فرض کنیم که در این صورت زاویه $\theta_s = 0$ خواهد بود و ماتریس تبدیل به صورت زیر در می آید:

$$\begin{bmatrix} F_{Os} \\ F_{Ds} \\ F_{Qs} \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} F_{as} \\ F_{bs} \\ F_{cs} \end{bmatrix}$$

تبدیل فوق را به صورت قطبی نیز می توان انجام داد.

$$F_s(t) = F_{as}\cos\theta_s + F_{bs}\cos\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) + F_{cs}\cos\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right)$$

با استفاده از تئوری اعداد مختلط $F_s(t) = F_{as}\cos\theta_s + F_{bs}\cos\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) + F_{cs}\cos\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right)$

$$\vec{F}_s = \frac{2}{3}\left[F_{as}(t) + aF_{bs}(t) + a^2F_{cs}(t)\right] \qquad a = e^{J\frac{2\pi}{3}}$$

$|\bar{f}_s|$: اندازه ی کمیتهای استاتور نسبت به محور حقیقی.

θ_s : زاویه ی کمیتهای استاتور نسبت به محور حقیقی.

بردار F را در مختصات دو محوری می توان بصورت مقابل نوشت. $\vec{F}_s = F_{Ds} + jF_{Qs}$

در ماشینهای سه فاز متقارن و در دستگاه مختصال دو محوری خواهیم داشت:

$$F_{Ds} = Re(\vec{F}_s) = Re\left[\frac{2}{3}(F_{as} + aF_{bs} + a^2F_{cs})\right] = \frac{2}{3}\left[F_{as} - \frac{1}{2}F_{bs} - \frac{1}{2}F_{cs}\right]$$

$$F_{Qs} = Im(\vec{F}_s) = Im\left[\frac{2}{3}(F_{as} + aF_{bs} + a^2F_{cs})\right] = \frac{F_{bs} - F_{cs}}{\sqrt{3}}$$

همین منطق کلی را میت وان برای روتور هم اعمال کرد. باید توجه داشت که دستگاه مرجع $a_r\ b_r\ c_r$ و $d_r\ q_r$ o نسبت به هم ساکن هستند و در نتیجه برای روتور خواهیم داشت:

$|\bar{F}_s|$ و θ_s ، به ترتیب اندازه و زاویه کمیتهای روتور هستند. $\vec{F}_r = |\vec{F}_r| e^{J\theta_r}$

حال اگر بردار $\bar{F}_s$ را در مختصات دو محوری ثابت شده به روتور تعریف کنیم، خواهیم داشت :

$$\vec{F}_r = F_{dr} + JF_{qr}$$

با ا ستفاده از شکل زیر می توان کمیتهای ا ستاتور در سی ستم مرجع ساکن $D - Q$ را به سیستم مرجع گردان $d - q$ با سرعت ω_r یا هر سرعت دلخواه دیگر منتقل نمود.

با توجه به شکل برای تبدیل محورهای ساکن $D - Q$ به محورهای گردان $d - q$ و بالعکس داریم:

$$\bar{F}_s = \bar{F}_r e^{J\theta_r}$$

$$\vec{F}_r = F_{dr} + JF_{qr}$$

$$\vec{F}_s = F_{Ds} + JF_{Qs}$$

$$\bar{F}_r = \bar{F}_s e^{-J\theta_r}$$

پس می توانیم از فرم ماتریسی زیر برای انتقال از مختصات مرجع ساکن به مختصات دور این متصل به روتور استفاده کنیم.

$$\begin{bmatrix} F_{dr} \\ F_{qr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \sin\theta_r \\ -\sin\theta_r & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{Dr} \\ F_{Qr} \end{bmatrix}$$

و برای تبدیل معکوس آن خواهیم داشت :

$$\begin{bmatrix} F_{Dr} \\ F_{Qr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \sin\theta_r \\ -\sin\theta_r & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{dr} \\ F_{qr} \end{bmatrix}$$

$$Q = \frac{d\omega_r}{dt}$$

مدل ماشین در دستگاه مرجع d – q با سرعت دلخواه :

تبدیلات مطرح شده در قسمت قبل، را می توان بصورت مستقیم از محورهای ساکن استاتور به محورهای گردان روتور انجام داد. در شکل زیر رابطه بین محورهای ثابت c_s,b_s,a_s استاتور و محورهای گردان با سرعت ω_r روتور c_r,b_r,a_r و با محورهای گردان d q با سرعت دلخواه ω نشان داده شده است.

از قوانین مکانیک می دانیم که :

$$\theta(t) = \int^{t} \omega(t)dt + \theta(0)$$

$$\theta_r(t) = \int^{t} \omega_r(t)dt + \theta_r(0)$$

سرعت محورهای گردان نسبت به روتور از قانون سرعت نسبی $\omega - \omega_r$ می باشد.

تبدیل کمیتها از دستگاه مرجع abc به odq به صورت زیر خواهد بود.

$$\begin{bmatrix} F_o \\ F_d \\ F_q \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \cos\theta_s & \cos\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right) \\ \sin\theta_s & \sin\left(\theta_s - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta_s - \frac{4\pi}{3}\right) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} F_a \\ F_b \\ F_c \end{bmatrix}$$

θ_x زاویه ی بین دستگاه مرجع odq و محورهای abc استاتور یا روتور.

برای تبدیل کمیتهای استاتور به مختصات odq : $\theta_x = \theta$

برای تبدیل کمیتهای روتور به مختصات odq : $\theta_x = \theta - \theta_r$

برای انجام تبدیل معکوس (از دستگاه odq به دستگاه abc)

$$\begin{bmatrix} F_a \\ F_b \\ F_c \end{bmatrix} = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} 1 & \cos(\theta_x) & \sin(\theta_x) \\ 1 & \cos\left(\frac{2\pi}{3} - \theta_x\right) & \sin\left(\frac{2\pi}{3} - \theta_x\right) \\ 1 & \cos\left(\frac{4\pi}{3} - \theta_x\right) & \sin\left(\frac{4\pi}{3} - \theta_x\right) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} F_o \\ F_d \\ F_q \end{bmatrix}$$

WikiPower.ir

معادلات ولتاژ در دستگاه odq

برای معادلات ولتاژ استاتور، داشتیم :

$$v_s^{abc} = r_s^{abc} i_s^{abc} + \frac{d}{dt}\lambda_s^{abc}$$

خواهیم داشت :

$$v_s^{odq} = [T(\theta)] r_s^{abc} i_s^{abc} + [T(\theta)] \frac{d}{dt}\left([T(\theta)]^{-1} [\lambda_s^{odq}]\right)$$

$$\frac{d}{dt}\left([T(\theta)]^{-1}[\lambda_s^{odq}]\right)=\begin{bmatrix}0 & -\sin(\theta) & \cos(\theta)\\ 0 & -\sin(\frac{2\pi}{3}-\theta) & -\cos(\frac{2\pi}{3}-\theta)\\ 0 & -\sin(\frac{4\pi}{3}-\theta) & -\cos(\frac{4\pi}{3}-\theta)\end{bmatrix}\frac{d\theta}{dt}[\lambda_s^{odq}]+$$

$$[T(\theta)]^{-1}\frac{d}{dt}\left([\lambda_s^{odq}]\right)$$

در نهایت خواهیم داشت :

$$v_s^{odq}=r_s^{odq}i_s^{odq}+\frac{d}{dt}\lambda_s^{odq}+\omega\begin{bmatrix}0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -1\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix}\lambda_r^{odq}$$

و اگر معادله ی بدست آمده را به صورت برداری بنویسیم :

$$\bar{v}_s=R_s\bar{r}_s+\frac{d}{dt}\bar{\lambda}_s+j\omega\bar{\lambda}_s$$

به صورت مشابه کمیتهای روتور را می توان به مرجع odq انتقال داد. البته برای روتور زاویه ای انتقال $(\theta-\theta_r)$ خواهد بود.

لذا با اســتفاده از $[T(\theta-\theta_r)]$ و معادلات ولتاژ روتور به همان ترتیبی که برای اســتاتور انجام دادیم، معادلات ولتاژ زیر را برای سیم پیچ های روتور بدست می آوریم:

$$v_r^{odq}=r_r^{odq}i_r^{odq}+\frac{d}{dt}\lambda_r^{odq}+(\omega-\omega_r)\begin{bmatrix}0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -1\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix}\lambda_r^{odq}$$

$$\bar{v}_r=r_r\bar{i}_r+\frac{d}{dt}\bar{\lambda}_r+j(\omega-\omega_r)\bar{\lambda}_r$$

روابط شار پیوندی در دستگاه odq:

شارهای پیوندی استاتور در دستگاه odq به صورت زیر خواهد بود. که با ضریب معادله ی (۳ – ۱) در $[T(\theta)]$ حاصل می شود.

$$\lambda_s^{odq} = [T(\theta)]\left(L_{ss}^{abc}[T(\theta)]^{-1} i_s^{odq}\right) + [T(\theta)]\left(L_{sr}^{abc}[T(\theta-\theta_r)]^{-1} i_r^{odq}\right)$$

$$\lambda_s^{odq} = \begin{bmatrix} L_{ls}+\frac{3}{2}L_{sm} & 0 & 0 \\ 0 & L_{ls}+\frac{3}{2}L_{sm} & 0 \\ 0 & 0 & L_{ls} \end{bmatrix} i_s^{odq} + \begin{bmatrix} \frac{3}{2}L_{sr} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2}L_{sr} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} i_r^{odq}$$

و به صورت مشابه معادلات شار پیوندی روتور نیز به صورت زیر بدست می آیند:

$$\lambda_r^{odq} = [T(\theta-\theta_r)]\left(L_{rr}^{abc}[T(\theta-\theta_r)]^{-1} i^{odq}\right) + [T(\theta-\theta_r)]\left(L_{rs}^{abc}[T(\theta_r)]^{-1} i_s^{odq}\right)$$

$$\lambda_r^{odq} = \begin{bmatrix} L_{lr}+\frac{3}{2}L_{rm} & 0 & 0 \\ 0 & L_{lr}+\frac{3}{2}L_{rm} & 0 \\ 0 & 0 & L_{lr} \end{bmatrix} i_r^{odq} + \begin{bmatrix} \frac{3}{2}L_{sr} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2}L_{sr} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} i_s^{odq}$$

معادلات شار پیوندی روتور و استاتور را به صورت فشرده می نویسیم:

$$\begin{bmatrix} \lambda_{os} \\ \lambda_{ds} \\ \lambda_{qs} \\ \lambda'_{or} \\ \lambda'_{dr} \\ \lambda'_{qr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ls} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L_{ls}+\frac{3}{2}L_{sm} & 0 & 0 & \frac{3}{2}L_{rm} & 0 \\ 0 & 0 & L_{ls}+\frac{3}{2}L_{sm} & 0 & 0 & \frac{3}{2}L_{rm} \\ 0 & 0 & 0 & L'_{ls} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2}L_{rm} & 0 & 0 & L'_{lr}+\frac{3}{2}L_{rm} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{3}{2}L_{rm} & 0 & 0 & L'_{lr}+\frac{3}{2}L_{rm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{os} \\ i_{ds} \\ i_{qs} \\ i'_{or} \\ i'_{dr} \\ i'_{qr} \end{bmatrix}$$

معادله گشتاور الکترومغناطیسی در مرجع odq:

مجموع توانهای لحظه ای ورودی به هر شش سیم پیچ استاتور و روتور به شرح زیر است :

$$P_{in} = v_{as}i_{as} + v_{bs}i_{bs} + v_{cs}i_{cs} + v'_{as}i'_{as} + v'_{bs}i'_{bs} + v'_{cs}i'_{cs}$$

و بر حسب کمیتهای دستگاه odq ، توان لحظه ای به این شکل است :

$$P_{in} = \frac{3}{2}\left(v_{as}i_{as} + v_{bs}i_{bs} + 2v_{cs}i_{cs} + v'_{as}i'_{as} + v'_{bs}i'_{bs} + 2v'_{cs}i'_{cs}\right)$$

و گشتاور الکترومکانیکی به صورت بدست می آید :

$$T_{em} = \frac{3}{2}\frac{P}{2\omega_r}\left[\omega(\lambda_{ds}i_{qs} - \lambda_{qs} - i_{ds}) + (\omega - \omega_r)(\lambda'_{dr}i'_{qr} - \lambda'_{qr} - i'_{dr})\right]$$

با توجه به رابطه ی شار پیوندی می توانیم نشان دهیم که :

$$\begin{cases} \lambda_{ds}i_{qs} - \lambda_{qs}i_{ds} = (L_{is}i_{ds} + L_m i_{ds} + L_m i'_{dr})i_{qs} - (L_{is}i_{qs} + L_m i_{qs} + L_m i'_{dr})i_{ds} \\ = L_m(i_{qs}i'_{dr} - i_{ds}i'_{qr}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \lambda'_{ds}i'_{qs} - \lambda'_{qs}i'_{ds} = (L'_{is}i'_{ds} + L'_m i'_{ds} + L_m i_{dr})i'_{qs} - (L'_{is}i'_{qs} + L'_m i'_{qs} + L_m i_{dr})i'_{ds} \\ = L_m(i_{qs}i'_{dr} - i_{ds}i'_{qr}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \lambda_{ds}i_{qs} - \lambda_{qs}i_{ds} = -(\lambda'_{ds}i'_{qs} - \lambda'_{qs}i'_{ds}) = L_m(i_{qs}i'_{dr} - i_{ds}i'_{qr})$$

پس معادله ی گشتاور الکترومکانیکی را به صورت زیر می توانیم بنویسیم :

$$T_{em} = \frac{3}{2}\frac{P}{2}(\lambda'_{qr}i'_{dr} - \lambda'_{dr}i'_{qr})$$

$$= \frac{3}{2}\frac{P}{2}(\lambda_{ds}i_{qs} - \lambda_{qs}i_{ds})$$

$$= \frac{3}{2}\frac{P}{2}L_m(i'_{dr}i_{qs} - i'_{qr}i_{ds})$$

معادله ی مکانیکی ماشین القایی :

معادله ی حرکت روتور به وسیله مساوی قرار دادن گشتاور اینرسی و گشتاور شتاب دهنده به صورت زیر نوشته می شود.

$$J\frac{d\omega_m}{dt} = T_{em} - T_{mech} - T_{damp}$$

به صورتی که T_{em} گشتاور الکترومغناطیسی، T_{mech} گشتاور مکانیکی خارجی اعمال شده در خلاف جهت سرعت روتور و T_{dmp} نیز گشتاور میرا کننده در خلاف جهت حرکت = T_{damp} $F\omega_{rm}$ و F ، مجموع نیروی اصطکاک استاتور و روتور است. T_{mech} برای حالت موتوری همان گشتاور بار است و مثبت در نظر گرفته می شود. و در حالت ژنراتوری، گشتاور اعمال شده به شناخت از طریق محرک اولیه ا ست و منفی در نظر گرفته می شود. اغلب معادله ی اخیر را بر حسب ثابت اینرسی H می نویسند که به صورت زیر تعریف می شود:

$$H = \frac{J\omega_{bm}^2}{2S_b}$$

WikiPower.ir

جایگزین H به جای j معادله ی گشتاور بر حسب ثانیه اینرسی به صورت زیر خواهد بود:

$$\frac{d\left(\frac{\omega_r}{\omega_b}\right)}{dt} = \frac{1}{2H}(T_{em} - T_{mech} - T_{damp})$$

کنترل برداری ماشینهای القایی :

در روش کنترل برداری در واقع ماشین ac به مشابه یک ماشین dc تحریک مستقل کنترل می شود. گشتاور در یک ماشین dc با صرف نظر از اثر اشباع و عکس العمل آرمیچیر، از رابطه ی زیر بدست می آید :

$$T_e = K I_a I_f$$

I_a : جریان آمپر

I_f : جریان سیم پیچ میدان (استاتور).

در ماشینهای dc متغیرهای کنترل I_a و I_f را می توان به عنوان بردارهای متعامد یا مستقل در نظر گرفت. در کارکرد معمول، جریان میدان I_f به گونه ای تنظیم می شود که شار میدان در مقدار نامی ثابت نگه داشته شده و مقدار گشتاور با تغییر جریان آرمیچر، تغییر می کند. از آنجاییکه جریان I_f یا شار میدان از جریان آرمیچر I_a مستقل است، میزان حساسیت گشتاور چه در حالت پایدار و چه در حالت گذرا، در حد بیشینه می ماند. این حالت از کنترل قابل تعمیم به ماشین القایی نیز می باشد. به این شرط که کارکرد ماشین در یک سیستم مرجع سنکرون در نظر گرفته شود که در اینصورت متغیرهای سینوسی به شکل مقادیر dc ظاهر می شوند. در کنترل برداری I_{ds} مشابه I_f در ماشین dc می باشد. بنابراین گشتاور را می توان به فرم زیر نوشت :

$$T_e = K |\psi_m| i_{qs} = K' i_{qs} i_{ds}$$

ایده ی این که چگونه می توان i_{ds} و i_{qs} را به عنوان بردارهای کنترل در روش برداری ایجاد نمود با کمک دیاگرام فاز دری در سیستم مرجع گردان سنکرون $(d^e - q^e)$ در شکل زیر تشریح شده است.

این دیاگرام فاز روی با این فرض که ولتاژ شکاف هوایی V_g هم راستا با محور q می‌باشد، رسم شده است. جریان استاتور i_s به اندازه ی $90 - \theta$ از V_g عقب است. به این ترتیب $i_{qs} = i_s \sin\theta$ هم راستا با V_g و $i_{ds} = i_s \cos\theta$ عمود بر آن می باشد. جریان i_{qs} مؤلفه ی حقیقی یا مؤلفه ی گشتاور جریان استاتور بوده که توان حقیقی مربوطه در شکاف هوایی برابر با V_g i_{qs} می باشد جریان i_{ds} مؤلفه ی موهومی یا مؤلفه ی میدان جریان استاتور بوده که وظیفه اش ایجاد شار شکاف هوایی برابر ψ_m می باشد. توان راکتیو مربوطه هم در شکاف هوایی برابر $V_g i_{ds}$ است. از روی دیاگرام فاز روی می توان دید که گشتاور تولیدی در شکاف هوایی برابر $T_e = K\, i_{qs}\, i_{ds}$ می باشد که i_{ds} , i_{qs} مستقل از یکدیگر بوده و هر یک از آنها را می توان بدون آنکه تأثیری روی دیگری داشته باشند، تغییر داد و کنترل نمود. همانند ماشین dc برای کارکرد طبیعی i_{ds}، ثابت می ماند و گشتاور را با تغییر i_{qs} می توان تغییر داد. با توجه به اینکه جریانهای i_{ds} , i_{qs} مؤلفه های جریان استاتور در دستگاه مرجع گردانی هستند که محور d آن در راستای میدان می‌باشد و مولفه ی q همواره بر میدان عمود است می توان نتیجه گرفت که مؤلفه ی q میدان λ_q در این دستگاه مرجع انتخاب شده، صفر خواهد بود. برای اینکه بتوانیم در هر لحظه و موقعیتی محور d را در راستای میدان قرار دهیم باید

سرعت و موقعیت (زاویه) میدان در هر لحظه محاسبه شود. برای بدست آوردن زاویه میدان روشهای مختلفی وجود دارد که مبنای تقسیم بندی روش مستقیم و غیر مستقیم در کنترل برداری است.

کنترل کننده بهینه شـــار برای کارکرد موتور القایی در بازده حداکثر

رشد روزافزون کاربران انرژی و محدویت منابع انرژی، جستجوی راهکارهای افزایش بازده سیستم های گوناگون را اجتناب ناپذیر می سازد. حداقل کردن میزان تلفات روش موسومی اســت که در مورد کاربران انرژی الکتریکی به کار گرفته می شــود. این روش کاربران برق را مجبور می ســازد که تحت هر شــرایطی با بازده حداکثر عملی کار کنند. موتورهای القایی بیشتر از ۶۰ درصد برق صنعتی را مصرف می کنند به همین علت تلاشهایی قابل توجهی در زمینه بهبود بازده آنها صورت می گیرد.

حداقل کردن تلفات با اســتفاده از مواد با کیفیت بالا و بهبود روند طراحی ســاخت و الگوریتمهای کنترل هوشــمند در مراحل عملکردی صــورت می پذیرد. در دســته بندی آخر مهمترین مسئله تطبیق شار موتور با بار است.

میزان نامی شار، مقدار بهینه شده آن در نقطه کار نامی موتور است. اما در بارهای سبک استفاده از همان شار نامی باعث کاهش ضریب توان و بازده درایو خواهد شد.

سه روش برای حداقل کردن تلفات وجود دارد که عبارتنداز:

کنترل شار به عنوان تابعی از گشتاور، کنترل شار برا ساس مدل تلفات و کنترل شار به وسیله کنترل کننده جستجوگر تلفات حداقل

دو روش اول به ترتیب اشـــکالاتی از جمله بهبود جزئی بازده درایو و وابســـتگی به تغییر پارامترهای موتور دارند. در سومین روش توان خروجی موتور در حالی که سطح شار به طور مداوم به منظور یافتن توان ورودی حداقل موتور کاهش می یابد، ثابت نگه دا شته می شود. این روش جذابتر اســـت، زیرا مقدار شـــار بهینه را پیدا کرده و نیز به تغییر پارامتهاری موتور حساس نیست.

از زمان ابداع مفهوم کنترل مستقیم گشتاور، این روش در بسیاری از کاربردهای درایوهای AC به کار برده شده ا ست. این م سئله مرهون پا سخ گ شتاور سریع و مقاومت ا ست. این مسـئله مرهون پاسـخ گشـتاور سـریع و مقاومت آن در مقابل تغییر پرامترهای موتور اسـت. ساختار سادۀ آن به خاطر استفاده از مقایسه گرهای هیسترزیس و جدول سوئیچینگ برای کنترل گشتاور و کنترل شار ا ست. در DTC معمولاً دامنه شار ا ستاتور برابر میزان نامی آن تنظیم می شود. همان طور که ذکر شد این نقطه، نقطۀ بهینه کارکرد درایو در بار سبک نمی با شد. در این مقاله برای ر سیدن به بهترین شار DTC یک کنترل کننده شار بهینه پیشنهاد شده است.

این کنترل کننده برا ساس الگوریتم جستجو کار می کند، زیرا در صورت ا ستفاده از بقیه انواع کنترل کننده های شار، عدم وابستگی DTC به پارامترهای ما شین از بین می رود. این

نوع کنترل کننده شـار برای موتورهای القایی کنترل اسـکالر اسـتفاده شـده اسـت که نتایج خوبی نیز در پی داشته است.

۲- کنترل مستقیم گشتاور

ایده اصلی مفهوم DTC که بلوک دیاگرام آن در شکل (۱) نشان داده شده است، بر مبنای انتخاب بهترین بردار ولتاژ اسـت که باعث چرخش شـار شـده و گشـتاور دلخواه را تولید می کند.

در خلال این چرخش دامنه شار در محدوده ای از پیش تعریف شده باقی می ماند. با یک اینورتر ولتاژ سه فاز، ۶ بردار غیر صفر ولتاژ و دو بردار ولتاژ صفر که قابلیت اعمال به پایانه های ما شین را دارند به وجود می آیند. شار ا ستاتور با ا ستفاده از بردار ولتاژ و جریان اندازه گیری شده، قابل تقریب زدن است.

$$\Psi_S = \int (V_S - R_S I_S)dt \qquad (۱)$$

که در آن R_S مقاومت اسـتاتور و I_S, V_S به ترتیب بردارهای ولتاژ و جریان اسـتاتور هستند، بنابراین گشتاور نیز با استفاده از مؤلفه های تقریبی شار و جریان اندازه گیری شده قابل محاسبه است:

$$T = P(\Psi_d I_q - \Psi_q I_d \qquad (۲)$$

که در آن p، جفت قطب و q,d بیانگر مؤلفه های انتقال Concordia جریان و شـار هستند. خط سیر دایره ای شار استاتور به ۶ قسمت متقارن منتسب به بردارهای ولتاژ اینورتر

تقسیم شده است. برای هر قسمت یک مجموعه بردار مناسب پیشنهاد شده است. بردارهای ولتاژ به موتور اعمال شده اند تا دامنه شار و گشتاور ثابت بمانند. این مسائل در شکل (۲) نشان داده شده است.

۳ـ کنترل کننده بهینه شار

شکل (۳) یک نمودار کلی بازده موتور را بر اثر تغییر بار، هنگامی که شار مقدار نامی خود را دارد، نشان می دهد. موتور به گونه ای طراحی شده است که بازده حداکثر آن در بار نامی رخ می دهد. در نقطه بهینه، تلفات آهن و تلفات مس یکسان هستند. بنابراین میزان شار موتور باید در هنگام کاهش بار، تنظیم شود.

تطبیق بار و شار به سه طریق امکان پذیر است: کنترل شار به عنوان تابعی از گشتاور، کنترل شار براساس مدل اتلاف و کنترل شار به وسیله کنترل کننده جستجوی حداقل تلفات.

• کنترل شار به عنوان تابعی از گشتاور:

در این روش دامنهٔ شار همان طور که در معادله (۳) نشان داده شده است به عنوان تابعی از گشتاور تنظیم می شود:

$$|\Psi_S| = |\Psi_{sn}|\sqrt{\frac{T}{T_n}} \qquad (۳)$$

به طوری که Ψ_{sn} و T_n به ترتیب مقادیر نامی شار و گشتاور موتور هستند. این روش به خاطر سادگی اش، روشی شناخته شده در صنعت است. هر چند که این روش تلفات توان درایو را بررسی نمی کند و نمی تواند مقدار بهینه شار را پیدا کند. بنابراین این روش تنها یک بهبود جزئی در بازده درایو دارد.

• کنترل کننده شار بر پایه مدل تلفات:

در تقسیم بندی دوم شار بهینه براساس مدل تلفات موتور القایی معین می شود. سرعت همگرایی این روش بسیار زیاد است و نقطه عملکرد بهینه موتور را به دست می دهد. اما این روش، به دقت تعیین پارامترهای موتور و تغییرات آنها در حین عمل وابسته است.

• کنترل کننده جستجوگر شار:

در تقسیم بندی سوم، توان ورودی درایو توسط تنظیم مقدار شار، حداقل می شود. بنابراین در صورت ثابت ماندن توان خروجی، بازده حداکثر می شود. این روش پاسخ زمانی نسبتاً طولانی (بیشتر از ۱۰ ثانیه) دارد، اما کاملاً از پارامترهای درایو مستقل است. بنابراین این روش برای DTC از دو روش ذکر شده دیگر در قسمتهای قبل مناسبتر است، زیرا آنها استقلال عملکرد DTC از پارامترهای ماشین را از بین می برند.

۴- روش کنترل پیشنهادی

این روش (کنترل کننده جستجوگر شار)، اساساً از توان ورودی سیستم درایو به عنوان تابع هدف استفاده کرده و آن را حداقل می کند. از آنجایی که اندازه گیری توان ورودی درایو به سخت افزار اضافی از جمله وات متر برای خط ac یا یک حسگر جریان برای باس dc نیاز دارد، بعضی مؤلفان استفاده از توان ورودی موتور را به عنوان تابع هدف پیشنهاد می کنند و نشان می دهند که این انتخاب، نقطه بازده حداکثر سیستم درایو را خیلی دورتر از نقطه واقعی بهینه آن نمی برد.

شکل (۴) بلوک دیاگرام این روش را که به طرح DTC اعمال شده است، نشان می دهد. برای به کار بردن الگوریتم جستجو در یک DTC، توان ورودی موتور به وسیله معادله (۴) در مدل فضای برداری موتور ارجاع شده به سمت استاتور محاسبه شده است:

$$P = I_d V_d + V_q I_q \quad (۴)$$

مقدار مرجع شار با پله های متوالی به منظور حداقل کردن توان اکتیو تغییر می کند. الگوریتم کنترل در زیر ارائه شده است:

مقدار مرجع شار جدید = مقدار مرجع شار قبلی + δF

اگر P_{active} جدید > P_{active} قبلی

$\delta F = -\delta F$ (۵) سپس به طوری که δF پله تغییر شار است.

مسئله ای که وجود دارد، این است که توان ورودی موتور به عنوان تابعی از شار حول نقطه حداقل خود مسطح است و باعث می شود که حساسیت تغییرات توان ورودی موتور به

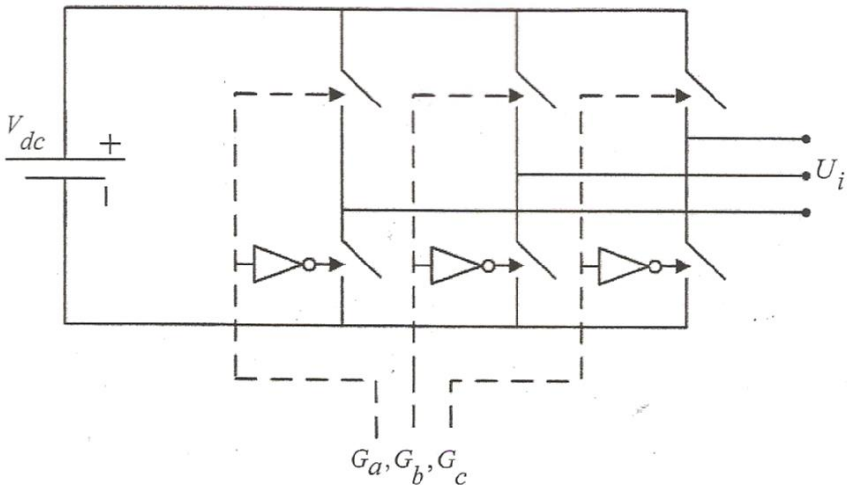
تغییرات شار کم شود. البته شار موتور به سوی نقطه بهینه خود همگرا می شود، اما نوساناتی نیز در اطراف این نقطه دارد.

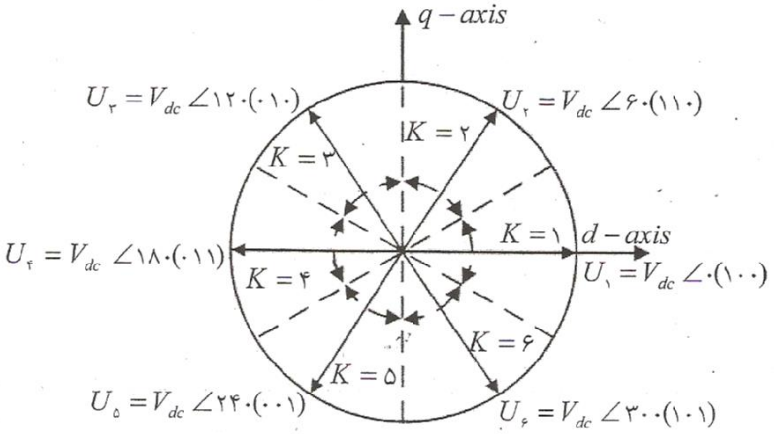
از آنجا که جریان استاتور حساسیت بیشتری در مقایسه با توان ورودی نسبت به شار موتور نشان می دهد، جریان استاتور نیز می تواند در فرایند بهینه سازی استفاده شود. شکل (۵) مقایسه ای میان توان ورودی موتور و جریان استاتور به عنوان تابعی از شار موتور را نشان می دهد. در شکل دیده می شود که توان ورودی موتور در حالتی که بار سبکتر می شود، مسطح تر می شود. بنابراین جریان استاتور جانشین خوبی برای تابع هدف در فرآیند بهینه سازی است.

WikiPower.ir

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

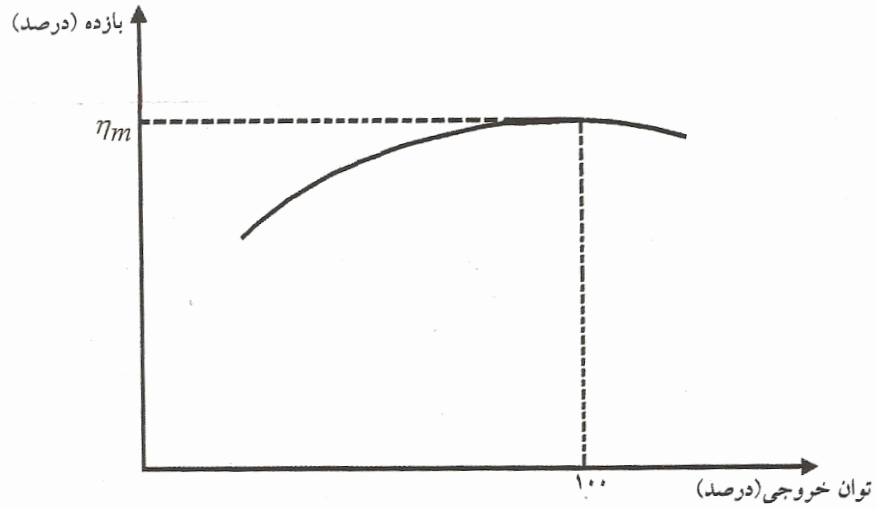




شکل۲ـ۲ـ۴ اینورتر دو سطحی و بردارهای ولتاژ آن.

www.wikipower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

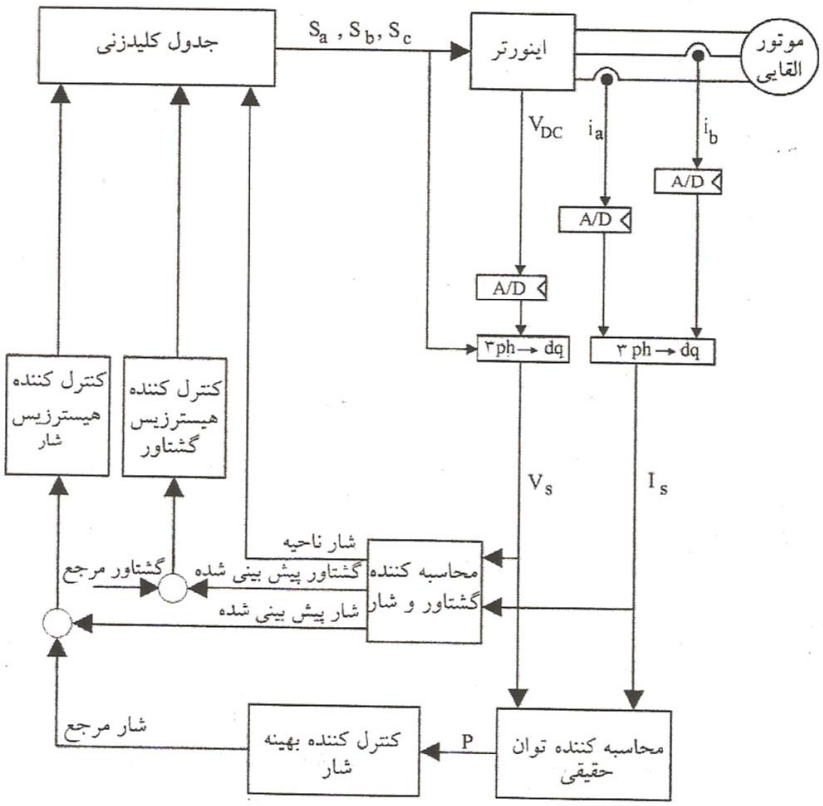


شکل۳-۲-۳نمودار تغییرات بازده موتور الکتریکی بر حسب تغییرات بار.

WikiPower.ir

www.wikipower.ir

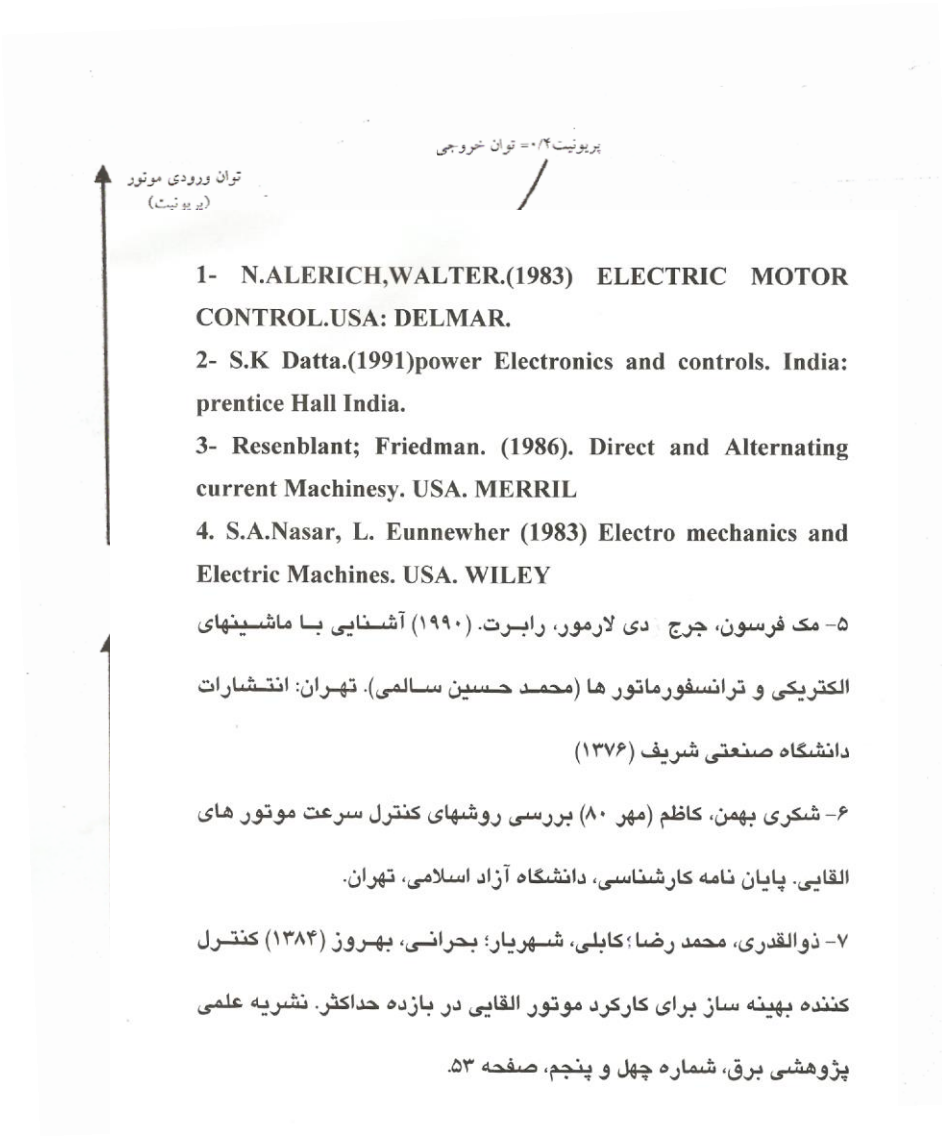
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل۴-۲-۳نمودار بلوکی اعمال روش بهینه‌سازی شار در روش کنترل مستقیم گشتاور.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع:



1- N.ALERICH,WALTER.(1983) ELECTRIC MOTOR CONTROL.USA: DELMAR.

2- S.K Datta.(1991)power Electronics and controls. India: prentice Hall India.

3- Resenblant; Friedman. (1986). Direct and Alternating current Machinesy. USA. MERRIL

4. S.A.Nasar, L. Eunnewher (1983) Electro mechanics and Electric Machines. USA. WILEY

۵- مک فرسون، جرج دی لارمور، رابرت. (۱۹۹۰) آشنایی با ماشینهای الکتریکی و ترانسفورماتور ها (محمد حسین سالمی). تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی شریف (۱۳۷۶)

۶- شکری بهمن، کاظم (مهر ۸۰) بررسی روشهای کنترل سرعت موتور های القایی. پایان نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

۷- ذوالقدری، محمد رضا؛کابلی، شهریار؛ بحرانی، بهروز (۱۳۸۴) کنترل کننده بهینه ساز برای کارکرد موتور القایی در بازده حداکثر. نشریه علمی پژوهشی برق، شماره چهل و پنجم، صفحه ۵۳.