

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

عنوان :

مطالعه و بررسی عیوب و محاسن

راه اندازهای موتورهای الکتریکی

مقدمه:

از آنجایی که امروزه راه اندازی موتورهای الکتریکی یکی از مسائل و دغدغه های بزرگ کارخانه های صنعتی و شرکت های تولیدی و نیز تولید کنندگان نیروی برق و شرکت های وابسته میباشد در این پروژه به بررسی برخی از این راه اندازها می پردازیم و محاسن و معایب آنها را مورد بررسی علمی قرار میدهیم.

از دلایل اهمیت موضوع شوک های الکتریکی و مکانیکی شدیدی می باشد که در زمان راه اندازی به شبکه برق رسانی و موتور وارد و سبب استهلاک شدید دستگاه های موجود و بالا بردن هزینه های اقتصادی می شود . بنابراین استفاده از راه انداز های مناسب بخصوص در مورد موتورها با توان های بیش از چندین اسب بخار در کاهش هزینه های برق مصرفی و نیز هزینه های نگهداری و تعمیر تاثیر بسزایی دارد.

فهرست:

۱ (کلیات موتور آسنکرون سه فاز : ۱

۲ (۱ - ۱) ساختمان موتورهای القایی سه فاز : ۲

۲ (۱ - ۱ - ۱) استاتور : ۲

۳ (۱ - ۱ - ۲) رتور : ۳

۴ (۱ - ۱ - ۳) حلقه های لغزان : ۴

۴ (۱ - ۱ - ۴) جاروبک ها : ۴

۴ (۱ - ۱ - ۵) یاتاقان و بدنه : ۴

۵ (۲ - ۱) عملکرد موتورهای القایی سه فاز : ۵

۵ (۱ - ۲ - ۱) موتور ساکن ۵

۹ (۲ - ۲ - ۱) مکانیزم تولید گشتاور در موتور القایی (آسنکرون) : ۹

۱۴ (۳ - ۲ - ۱) موتور گردان : ۱۴

۲۲ (۴ - ۲ - ۱) موتور در شرایط ماندگار : ۲۲

۲۵ (۳ - ۱) موتور فقس سنجابی : ۲۵

۲۸ (۲) انواع روشهای راه اندازی موتور القایی سه فاز : ۲۸

۳۰ (۱ - ۲) روش راه اندای مستقیم : ۳۰

۳۱ (۲ - ۲) روش راه اندازی توسط افزایش مقاومت رتور : ۳۱

۳۱ (۱ - ۲ - ۲) موتورهای رتور سیم پیچی شده : ۳۱

۳۷ (۲ - ۲ - ۲) Liquide starter : ۳۷

فهرست:

- ۳۸..... (۲ - ۲ - ۳) درایور راه اندای کرامی :
- ۴۰..... (۲ - ۲ - ۴) راه اندازی موتورهای قفس سنجابی با توجه
به جریان و مقاومت رتور :
- ۴۰..... الف - کلاس A :
- ۴۱..... ب - کلاس D :
- ۴۱..... ج - کلاسهای B , C :
- ۴۱..... د - رتورهایی با میله های عمیق :
- ۴۲..... ه - موتورهای قفس سنجابی دوبل :
- ۴۳..... (۲ - ۳) انتخاب ولتاژ موتور :
- ۴۳..... (۲ - ۳ - ۱) راه اندازی موتور قفسه ای با کاهش ولتاژ استاتور :
- ۴۶..... (۲ - ۴) راه اندازی با استفاده از کلید ستاره مثلث :
- ۴۹..... (۲ - ۵) روش کلاچ گریز از مرکز :
- ۵۰..... (۲ - ۶) پیک جریان حین راه اندازی :
- ۵۱..... (۲ - ۷) دینامیک راه اندازی :
- ۵۳..... موتور با بار خالص :
- ۵۳..... گرم شدن رتور :
- ۵۴..... (۲ - ۸) راه اندازی موتورهای بزرگ به کمک خازن :
- ۵۵..... (۲ - ۸ - ۱) مشکل راه اندازی موتورهای القایی بزرگ :

فهرست:

- ۲-۸-۲) عملکرد یک سیستم راه اندازی خازنی: ۵۶
- ۳) راه اندازی تریستوری موتورهای القایی: ۵۷
- مقدمه: ۵۸
- ۲-۳) مدهای کنترل: ۶۲
- ۱-۲-۳) کنترل راه اندازی: ۶۳
- ۲-۲-۳) کنترل شتاب راه اندازی: ۶۳
- ۳-۳) مشخصات راه اندازهای تریستوری: ۶۷
- ۴-۳) شرح مدارهای متداول راه اندازهای تریستوری: ۶۸
- ۵-۳) مدار قدرت: ۶۸
- ۱-۵-۳) معرفی تریستور: ۶۹
- ۱-۱-۵-۳) مدل دو ترانزیستوری تریستور: ۷۰
- ۲-۱-۵-۳) روش های روشن شدن تریستور: ۷۱
- ۶-۳) مدار فرمان: ۷۲
- ۱-۶-۳) مدار آتش کننده: ۷۴
- ۲-۶-۳) مدار تقویت کننده: ۷۵
- ۳-۶-۳) مزیت عمده راه اندازی موتور به شیوه تریستوری و
- انتقال زاویه آتش: ۷۶
- ۴-۶-۳) مدار خطای جریان: ۷۷

فهرست:

(۷-۳) طراحی و بررسی مدار عملی و ساده راه انداز نرم موتور

۷۷.....آسنکرون (القایی):.....

۷۹.....(۱-۷-۳) کنترل:.....

۸۴.....(۲-۷-۳) نوسانساز موج دنداناره ای:.....

۸۶.....(۳-۷-۳) کنترل زاویه آتش :.....

۸۸.....(۴-۷-۳) مقایسه کننده:.....

۸۹.....(۵-۷-۳) ایزوله کننده مدار قدرت و مدار فرمان:.....

۹۰.....(۶-۷-۳) رله اضافه ولتاژ و افت ولتاژ:.....

۹۲.....(۷-۷-۳) رله اضافه جریان (Over Current) :.....

۹۳.....(۸-۳) نظام هماهنگ و $\frac{V}{F} = etc$:.....

۹۵.....(۱-۸-۳) لزوم استفاده از نظام $\frac{V}{F}$ ثابت:.....

۹۷.....(۲-۸-۳) توضیح درباره PWM :.....

۱۰۰.....(۳-۸-۳) مدارات اینورتر:.....

۱۰۲.....(۴-۸-۳) رکتیفایرها:.....

۱۱۱.....(۹-۳) مقایسه قیمت تمام شده انواع راه اندازها :.....

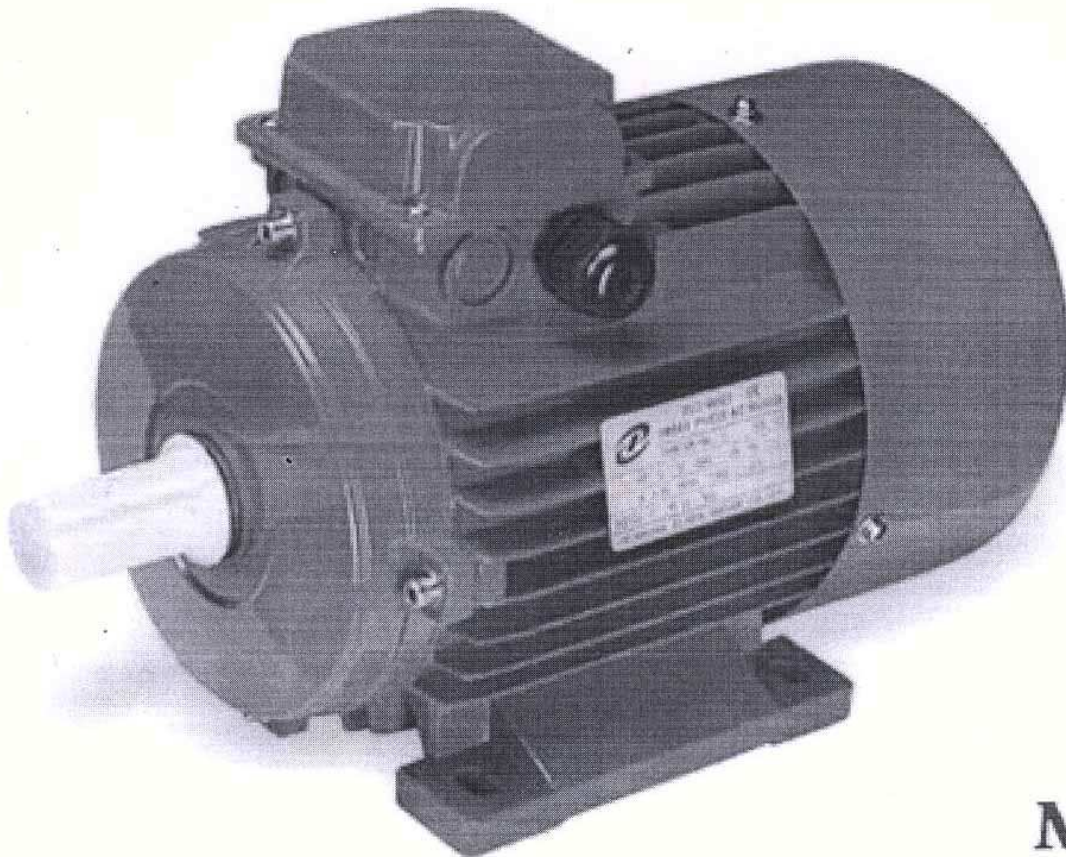
۱۱۳.....(۱۰-۳) نتیجه :.....

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooon.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

« بسم الله الرحمن الرحيم »

فصل اول :

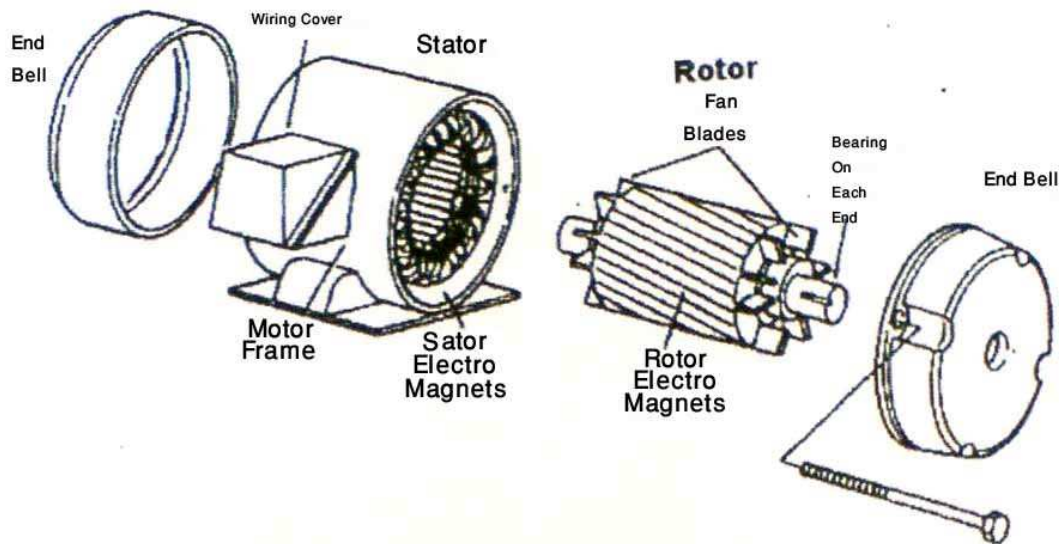
« کلیات موتور آسنکرون سه فاز »



MS
Aluminum Housing Motor

۱-۱) ساختمان موتورهای القایی سه فاز :

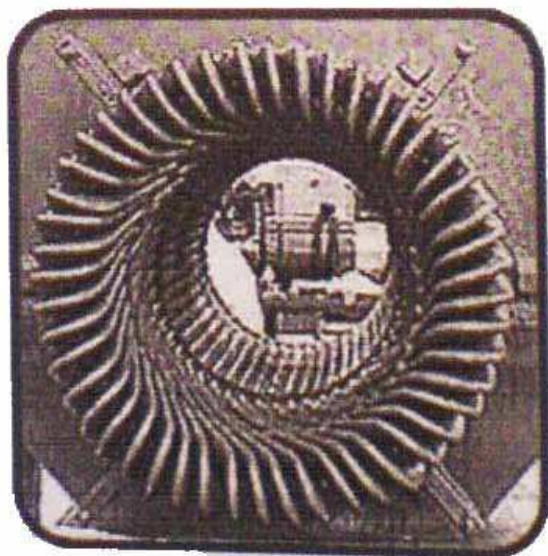
شکل (۱-۱) تصویر یک موتور القایی سه فاز و قطعات آن را نشان میدهد .



شکل (۱-۱)

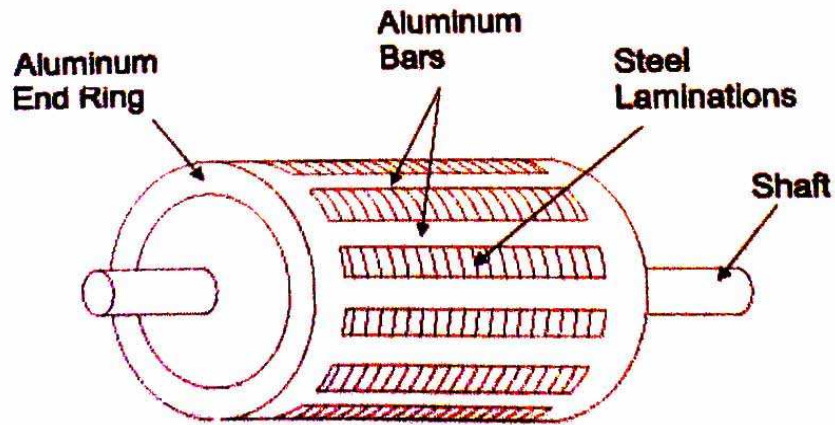
۱-۱-۱) استاتور :

هسته استاتور به صورت ورقه ورقه (لایه لایه) از جنس فولاد مرغوب ساخته می شوند و علت مورق بودن استاتور جلوگیری از جریان فوکو و تلفات ناشی از آن می باشد .
سطح داخلی استاتور حاوی شیارهای متعددی جهت سیم پیچ های سه فاز است .



شکل (۱-۲)

هر کلاف در دو شیار می نشیند و طول استوانه ها مقداری بیشتر از طول کلاف ها خواهند بود. سیم بندی استاتور به صورت مثلث و یا ستاره قابل تنظیم می باشد.

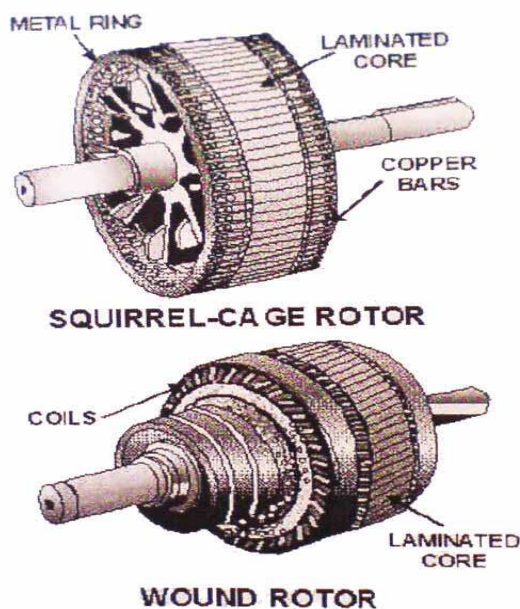


شکل (۱-۳)

۱-۱-۲) رتور: هسته رتور نیز مورق ساخته شده (لایه لایه) و از جنس مواد فرو مغناطیسی مرغوب ساخته می شود سطح خارجی رتور همانند استاتور دارای شیارهایی است و هادی های رتور در آن جاسازی می شوند. رتور از نظر ساختمانی به دو نوع تقسیم می شوند:

۱- موتور سیم پیچی شده که درون شیارهای رتور میله های مسی یا آلومینیومی قرار میگیرد.

۲- موتور قفس سنجابی که درون شیارهای رتور میله های مسی یا آلومینیومی قرار می

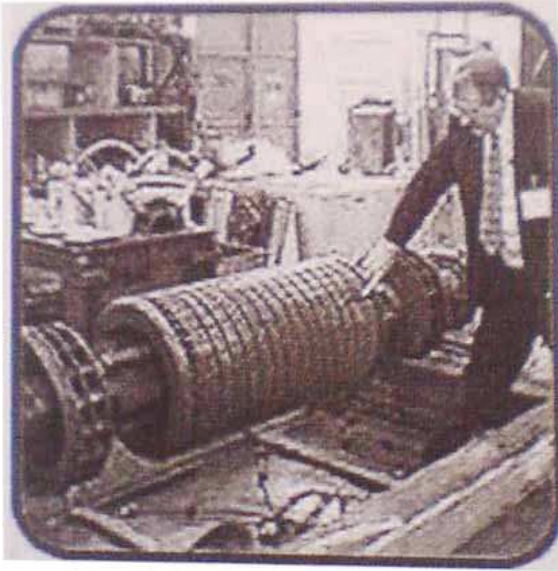


شکل (۱-۴)

باید دانست در رتور قفس سنجابی میله ها از دو سمت توسط حلقه های انتهایی به هم متصل یا به عبارت بهتر اتصال کوتاه شده اند. در رتور سیم پیچی شده در حقیقت یک اتصال کوتاه شده داریم.

۱-۱-۳) حلقه های لغزان :

کارخانه های سازنده سه پایه رتور را از درون به یکدیگر وصل کرده و هر سه پایه دیگر را از ماشین خارج و به حلقه های لغزان بر روی محور رتور متصل می سازند.

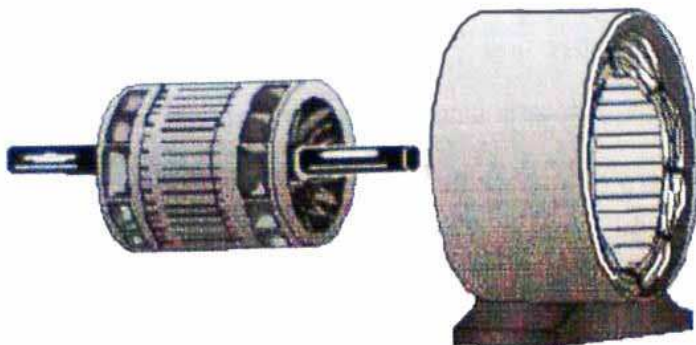


شکل (۱-۵)

۱-۱-۴) جاروبک ها :

بر روی حلقه های لغزان جاروبک نصب شده که ساکن است و می توان از این طریق مقاومت رتور را تغییر داد.

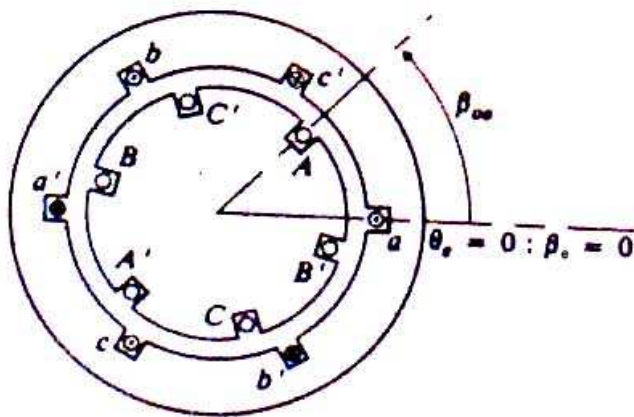
۱-۱-۵) یاتاقان و بدنه :



شکل (۱-۶)

۱-۲) عملکرد موتورهای القایی سه فاز :

شکل (۱-۷) یک موتور دو قطبی را نشان میدهد. در این دیاگرام فقط یک دسته هادی برای هر فاز نشان داده شده است. البته هر یک از اینها نشان دهنده یک سری سیم بندی در شیارهای مختلف است به طوری که یک توزیع سینوسی از نیروی محرکه القایی در فاصله هوایی ایجاد شود می توان یک مدل الکتریکی برای موتورهای القایی ارائه داد.

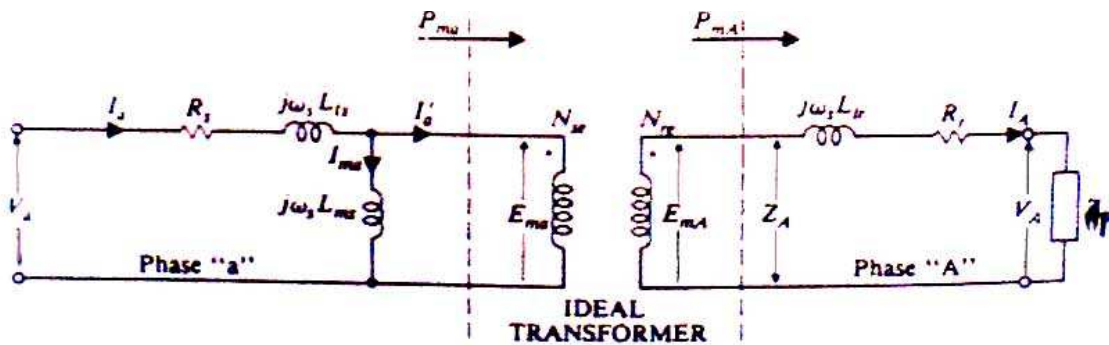


شکل (۱-۷)

۱-۲-۱) موتور ساکن :

اگر استاتور موتور شکل (۱-۷) بوسیله یک منبع سه فاز متقارن تحریک شود آنگاه یک میدان گردان در فاصله هوایی ایجاد خواهد شد. این میدان گردان از هادی های رتور عبور کرده و در آنها ولتاژ القا می کند این ولتاژها سینوسی هستند و با هم اختلاف فاز دارند. بنابراین اگر موتور ساکن باشد به سادگی یک ترانسفورماتور عمل می کند. ممکن است فرض شود سیم بندی استاتور و رتور هر دو ستاره باشند بدون اینکه توجه به واقعیت آنها بشود. چون موتور شبیه به ترانسفورماتور سه فاز عمل می کند می توانیم مدار معادل یک فاز آن را بکشیم.

شکل (۱-۸) مدار معادل تک فاز را نشان می دهد.



شکل (۱-۸)

فرض کنید سیم پیچ رتور مدار باز باشد و یک شبکه سه فاز متقارن استاتور را با فرکانس ω_s تغذیه کند. ولتاژ فاز آن برابر V_a باشد. جریان متوجه I_a و دیگر جریان های متوجه در فازهای دیگر یک میدان گردان در فاصله هوایی ایجاد می کنند که باعث ایجاد ولتاژ القایی E_{ma} در فاز a می شود. مقداری فلوئی پراکنده نیز هست که آن را به صورت Ψ_s در مدار نشان می دهند که یک افت ولتاژ القایی در مدار ایجاد می کند. بعلاوه به دلیل وجود مقاومت سیم پیچ یک افت ولتاژی نیز خواهیم داشت که در مدار به صورت مقاومت R_s نشان داده شده است.

هنگامی که رتور مدار باز باشد در ترانسفور ماتور ایده ال جریان نداریم بنابر این I_a همان جریان مغناطیس کنندگی I_{ma} می باشد. میدان گردان ولتاژ القایی E_{ma} را در فاز a ایجاد می کند ضمناً در اثر همین میدان گردان ولتاژ E_{ma} نیز در رتور القا خواهد شد.

بنابر این:

$$\frac{E_{mA}}{E_{ma}} = \frac{N_{re}}{N_{se}} \quad (1-1)$$

اما به دلیل وجود زاویه β_{oe} بین استاتور و رتور مطابق شکل بین ولتاژها اختلاف فاز به وجود خواهد آمد ولتاژهای القایی استاتور و رتور در یک زمان به مقدار پیک نمی رسند

بلکه زمانی به اندازه $\frac{\beta_{oe}}{N_s}$ طول می کشد. بنابر این نسبت ولتاژهای استاتور و رتور مطابق

رابطه زیر می باشد.

$$\frac{\bar{E}_{mA}}{\bar{E}_{ma}} = \frac{N_{re}}{N_{se}} \angle -\beta_{oe} \quad (1-2)$$

اگر با متعادل به رتور و وصل شود و استاتور با شبکه سه فاز متعادل تغذیه شود آنگاه

جریان های متعادل با فرکانس $W_r = W_s$ در رتور خواهیم داشت و معادلات آنها به

صورت زیر می باشد.

$$\begin{aligned} i_A &= \hat{i}_r \sin(w_r t + \alpha_r) \\ i_B &= \hat{i}_r \sin(w_r t + \alpha_r - \frac{2\pi}{3}) \\ i_C &= \hat{i}_r \sin(w_r t + \alpha_r - \frac{4\pi}{3}) \end{aligned} \quad (1-3)$$

این جریان ها باعث ایجاد یک میدان گردان می شوند.

$$F_{rg} = \frac{3N_{re}\hat{i}_r}{2p} \cos(W_r t + \alpha_r + \beta_{oe} - \theta_e) \quad (1-4)$$

اما چون $W_r = W_s$ می باشد.

$$F_{rg} = \hat{F}_{rg} \cos(W_s t + \alpha_r + \beta_{oe} - \theta_e) \quad (1-5)$$

$$\hat{F}_{rg} = \frac{3N_{re}\hat{i}_r}{2p} \quad (1-6)$$

در یک ترانسفور ماتور تک فاز نیروی محرکه مغناطیسی تولید شده توسط ثانویه با

نیروی محرکه مغناطیسی مؤلفه بار اولیه I_2 مساوی و مخالف می باشد.

$$N_1 I'_2 = N_2 I_2 \quad (1-7)$$

در یک موتور سه فاز ساکن مانند یک ترانسفورماتور سه فاز عمل می شود. نیروی

محرکه مغناطیسی که توسط جریان های فاز I_a, I_b, I_c جریان های استاتور از رابطه زیر

محاسبه می شوند.

$$\begin{aligned} \bar{I}_b &= \bar{I}'_b + \bar{I}_{mb} \\ \bar{I}_c &= \bar{I}'_c + \bar{I}_{mc} \end{aligned} \quad (1-8)$$

و همچنین :

$$\begin{aligned} i'_a &= \hat{i}'_s \sin(W_s t + \alpha'_s) \\ i'_b &= \hat{i}'_s \sin(W_s t + \alpha'_s - \frac{2\pi}{3}) \\ i'_c &= \hat{i}'_s \sin(W_s t + \alpha'_s - \frac{4\pi}{3}) \end{aligned} \quad (1-9)$$

میدان گردانی با معادله زیر در فاصله هوایی ایجاد می شود .

$$F'_{sg} = F'_{sg} \cos(W_s t + \alpha'_s - \theta_e) \quad (1-10)$$

$$\hat{F}'_{sg} = \frac{3N_{se} \hat{i}'_s}{2p} \quad (1-11)$$

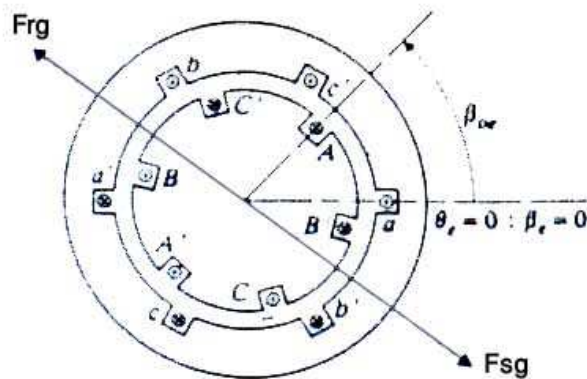
اگر میدانهای گردان در رابطه (۱-۱۰) و (۱-۵) با هم برابر باشند .

$$\frac{3N_{se} \hat{i}'_r}{2p} = \frac{3N_{re} \hat{i}'_r}{2p} \quad (1-12)$$

$$\alpha'_s = \alpha_r + \beta_{oe} \quad (1-13)$$

این حالت در شکل (۱ - ۹) نشان داده شده است . جهت جریان ها در سیم پیچ ها ، در

یک لحظه بخصوص مشخص شده است .



شکل (۱-۹)

ولتاژ القایی هادی های استاتور و رتور در یک جهت می باشند این مسئله قابل پیش بینی

بود . چون آنها توسط یک میدان گردان ایجاد شده اند اما همانطور که در شکل (۱ - ۹)

مشخص است جریانهای استاتور ورتور مخالف هم می باشند .

برای راحتی جریانهای فاز \dot{I}_A, \dot{I}_a در معادلات (۱-۳) و (۱-۹) نسبت به فاز $\bar{V}_a = \bar{V}_a L_o$

تعریف می شود .

$$\bar{I}_A = \frac{\hat{i}_r}{\sqrt{2}} \angle \alpha r \quad (1-14)$$

$$\frac{\bar{I}_A}{I'_a} = \frac{\hat{i}_r}{\hat{i}'_s} \angle \alpha_r - \alpha' \quad (1-15)$$

بنابراین :

$$\bar{I}_a = \frac{\hat{i}'_s}{\sqrt{2}} \angle \alpha's \quad (1-16)$$

با استفاده از معادلات (۱-۱۲) و (۱-۱۳) و (۱-۱۶) داریم:

$$\frac{\bar{I}_A}{I'_a} = \frac{N_{se}}{N_{re}} \angle -\beta_{oe} \quad (1-17)$$

معادله (۱-۱۷) نسبت جریان ترانسفور ماتور ایده آل شکل (۱-۸) را نشان می دهد .

نسبت امپدانس ترانسفورماتور ایده آل با استفاده از رابطه (۱-۱۷) و (۱-۲) بدست می

آید .

$$\frac{\bar{Z}_A}{Z'_A} = \left[\frac{N_{re}}{N_{se}} \right]^2 \quad (1-18)$$

قدرت ورودی به یک فاز ترانسفورماتور ایده آل در اولیه با قدرت خروجی آن فاز در

ثانویه برابر خواهد بود .

$$\frac{P_{mA}}{P_{ma}} = 1 \quad (1-19)$$

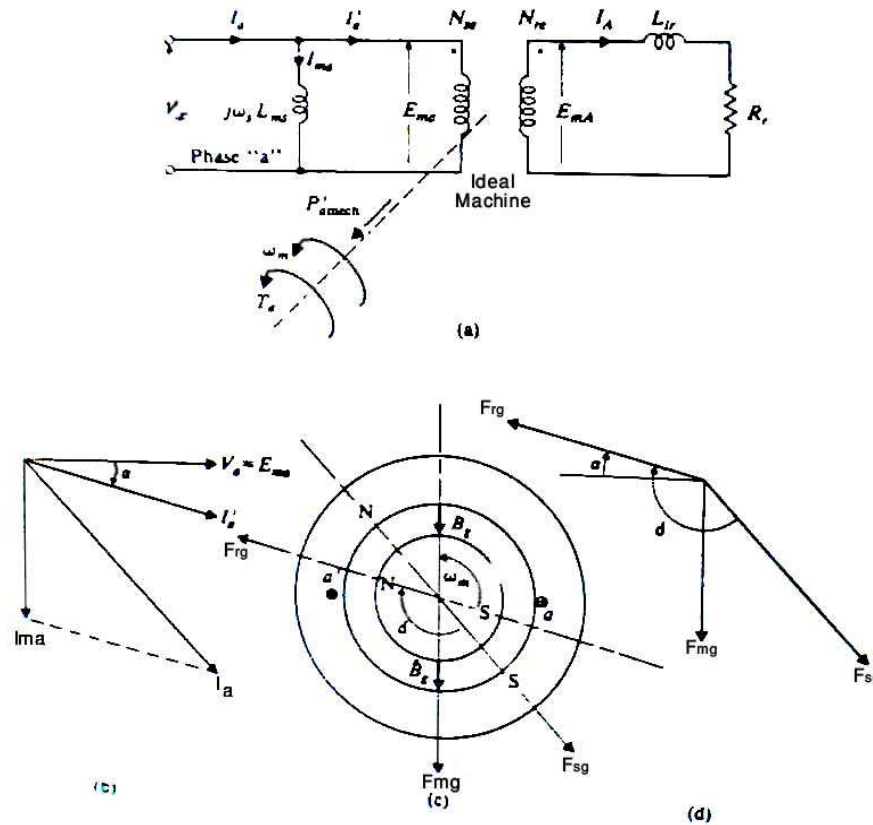
۱-۲-۲) مکانیزم تولید گشتاور در موتور القایی (آسنکرون) :

محاسبات قبل توانایی آن را می دهد که عملکرد موتر آسنکرون را پیشگویی کنیم . با یک

دید فیزیکی به مسئله یادگیری ما افزایش می یابد . شباهتها و تفاوت ها را با ماشین های

الکتریکی دیگر بهت ر تشخیص می دهیم . یک مدل ساده که در آن مقاومت و راکتانس پراکندگی استاتور صرف نظر شده است . در شکل (۱۰-۱) نشان داده شده است .

شکل نشان دهنده حالت یک فاز می باشد .



شکل (۱۰-۱)

دو فاز دیگر به صورتی که t متغیرها 120° اختلاف فاز دارند و سیفت پیدا می کنند قابل کشیدن هستند (نسبت به a در استاتور و A در رتور). جریانهای I_A, I_B, I_C در رتور تولید یک میدان گردان می کنند که در فاصله هوایی می چرخد .

جریان I'_a, I'_b, I'_c نیز تولید میدان گردان می کنند که مطابق با قانون آمپر این دو میدان باید برابر و مخالف یکدیگر باشند . در یک ماشین ایده آل نیروی محرکه منتجه صفر است .

$$N_{se}I'_a = N_{re}I_A \quad (1-20)$$

ولی در یک ماشین واقعی دو میدان یکدیگر را خنثی نمی کنند. نتیجه دو میدان در واقع میدانی است که توسط جریانهای مغناطیس کننده سه فاز تولید شده اند جریان استاتور در فاز a از رابطه زیر بدست می آید.

$$\bar{I}_a = \bar{I}'_a + I_{ma} \quad (1-21)$$

مؤلفه های مغناطیس کننده جریان های استاتور تولید میدان گردان در فاصله هوایی می کنند. این میدان ولتاژهای القایی E_{ma} , E_{mb} , E_{mc} را در استاتور ایجاد می کند. در مدار شکل (۱-۱۰) مقدار ولتاژ القایی در فاز a

$$E_{ma} = Va = cte \quad (1-22)$$

اگر رتور هم جهت و هم سرعت با میدان گردان حرکت کند لغزش صفر می شود ($S=0$) و ولتاژ القایی در فاز A رتور

$$E_{ma} = \frac{SN_{re}}{N_{se}} E_{ma} = 0 \quad (1-23)$$

می باشد. در این شرایط $I'_a I_A$ هر دو صفر می باشند. جریان فاز a استاتور همان جریان مغناطیس کننده I_{ma} می باشد این جریان نسبت به ولتاژ V_a مقدار ۹۰ درجه اختلاف فاز دارد و پس فاز می باشد.

حالا شرایطی را در نظر می گیریم که رتور با سرعت کمتر از سرعت سنکرون دوران کند. بنابر این $S > 0$ می باشد و ولتاژ القایی E_{ma} در رتور ایجاد می شود که جریانی در رتور با فرکانس $W_r = SW_s$ ایجاد می کند. مقدار جریان \bar{I}_A برابر مقدار زیر

$$\bar{I}_A = \frac{\bar{E}_{ma}}{R_r + jW_r \Psi_{Lr}} \quad (1-24)$$

می باشد. مؤلفه جریانی قدرت در مدار استاتور I'_α

$$\bar{I}'_\alpha = \frac{N_{se}}{N_{re}} \bar{I}_A \quad (1-25)$$

جریان I'_α نسبت به ولتاژ القایی E_{ma} پس فاز است همانقدر که نسبت به E_{ma} پس فاز می باشد. مقدار زاویه برابر

$$\alpha = t_g^{-1} \frac{W_r \Psi_{Lr}}{R_r} \quad (1-26)$$

دیاگرام فازی معادله (۱-۲۱) در شکل (۱-۱۰) b نشان داده شده است. یک میدان گردان متناظر با این دیاگرام در شکل (۱-۱۰) c نشان داده شده است.

در لحظه ای که I_{ma} مقدار ماکزیمم خود را دارد \bar{F}_{mg} به صورت عمود رو به پایین می باشد. بردارها در شکل (۱-۱۰) d نشان داده شده است.

میدان گردان استاتور \bar{F}_{sg} متناسب با جریان \bar{I}_α می باشند و وقفه هم نام نسبت به \hat{F}_{mg} دارد که اندازه آن همان زاویه بین \bar{I}_α و \bar{I}_{mg} می باشد. میدان گردان مؤلفه جریانی های قدرت I'_c, I'_b, I'_a را میتوان از دیاگرام فازی بدست آورد. اما میدان گردان ناشی از جریانی های رتور I_A, I_B, I_C به صورت \hat{F}_{rg} در شکل نمایش داده شده است. از شکل (۱-۱۰) d

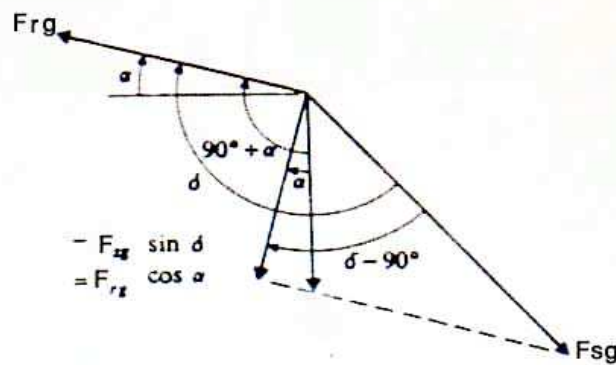
$$\bar{F}_{mg} = \bar{F}_{sg} + \bar{F}_{rg} \quad (1-27)$$

گشتاور تولیدی در اثر میدان گردان مطابق رابطه زیر می باشد.

$$T = -K \hat{F}_{sg} \hat{F}_{rg} \sin \delta \quad (1-28)$$

δ زاویه ای است که از محور استاتور به محور رتور اندازه گیری می شود. شکل (۱-۱۰) d حالت موتوری را نشان می دهد.

با افزایش لغزش S ولتاژ القایی E_{ma} افزایش می یابد. جریان رتور I_A و میدان گردان \bar{F}_{rg} نیز افزایش پیدا می کند. جریان استاتور \bar{I}_a زیاد می شود تا میدان گردان \bar{F}_{sg} زیاد شده و در نتیجه برآیند دو میدان \hat{F}_{rg} و \hat{F}_{sg} میدان گردان با مقدار ثابتی باشد F_{mg} . با افزایش لغزش \bar{F}_{rg} و \bar{F}_{sg} افزایش می یابند و افزایش آنها طوری است که $\delta \sin$ کاهش می یابد. تغییرات گشتاور سرعت را با استفاده از دیاگرام (۱-۱۱) بهتر می توان مشخص کرد.



شکل (۱-۱۱)

$$\hat{F}_{sg} [\cos(\delta - 90^\circ)] = -F_{sg} \sin \delta = T_{mg} \cos \alpha \quad (1-29)$$

با جایگزینی در رابطه زیر داریم:

$$T = k \bar{F}_{rg} \bar{F}_{mg} \cos \alpha \quad (1-30)$$

معادله (۱-۲۲) نشان می دهد. E_{ma} ثابت است. بنابراین \hat{F}_{mg} نیز ثابت خواهد بود. در

لغزش کم $R_r \gg W_r$ از معادله (۱-۲۶) نتیجه می شود $\alpha \approx 0$ است. در شکل

$$d (1-10) \hat{F}_{rg} \text{ تقریباً عمود بر } \hat{F}_{mg} \text{ می باشد. با افزایش لغزش } \hat{F}_{rg} \text{ با نسبت کمتری}$$

افزایش می یابد. زیرا راکتانس $W_r \Psi_{Lr}$ اثر القایی از خود نشان میدهد. زاویه α نیز

افزایش می یابد. بنابراین افزایش گشتاور متناسب با افزایش لغزش نیست. در لغزش

زیاد $W_r S_{Lr} \gg R_r$ از معادلات (۱-۲۳) و (۱-۲۴) داریم:

$$I_A = \frac{S \left(\frac{N_{se}}{N_{re}} \right) \hat{E}_{ma}}{R_r + jSW_S L_W} \approx \frac{N_{se}}{N_{re}} \cdot \frac{V_a}{jW_S \delta_W} \text{cte} \quad (1-31)$$

با افزایش لغزش، \bar{F}_{rg} به سمت یک مقدار ثابت میل می کند. ولی α بسمت صفر میل می کند. کل تغییرات با استفاده از معادله (۱-۳۰) قابل بیان می باشد. در لغزش زیاد \hat{F}_{mg} ، \hat{F}_{rg} با هم زاویه حدود 180° درجه می سازد.

با افزایش لغزش ابتدا گشتاور زیاد می شود اما بعد از رسیدن به یک مقدار ماکزیم شروع به کاهش می کند.

با استفاده از شکل (۱-۱۰) دیده می شود قدرت ورودی به هر فاز برابر مقدار زیر

$$P_{ma} = E_{ma} I'_a \cos \alpha \quad (1-32)$$

می باشد. با جایگزین در معادله (۱-۳۰) گشتاور توسعه یافته در ماشین $P = 2$ قطبی بدست می آید.

$$T = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{W_S} I'_a \cos \alpha \quad (1-33)$$

این معادله را می توان با معادله (۱-۳۰) مقایسه کرد. \hat{E}_{ma} متناسب با \hat{E}_{mg} می باشد و \hat{F}_{rg} متناسب با I'_a می باشد.

بحثهای بالا بطریق مشابه می توانند در مورد ژنراتور آسنکرون ربع دوم شکل (۱-۱۷) تکرار شود.

۱-۲-۳) موتور گردان:

در موتور گردان اندکتانس و مقاومت عوض نمی شود. اما رابطه ولتاژ القایی اولیه و ثانویه (استاتور و رتور) تغییر خواهد کرد. فرکانس نیروی محرکه القایی رتور از رابطه زیر تعیین می شود.

$$W_r = W_s - W_m \quad (1-34)$$

این سرعت ها اگر بر حسب زاویه الکتریکی باشند برای موتورهای چند قطبی صادق هستند در غیر این صورت معادله زیر نوشته می شود که معادله بر حسب سرعت زاویه ای مکانیکی می باشد.

$$W_r = W_s - \frac{p}{2} W_m \quad (1-35)$$

مدار معادل موتور گردان در شکل (۱-۱۲) نشان داده شده است. رتور ممکن است اتصال کوتاه در نظر گرفته شود و امپدانس Z_A فقط شامل مقاومت رتور و امپدانس پراکندگی باشد. شرط انیکه ماشین اندوکسیدنی در حالت موتور کار کند.

$$\frac{2}{p} W_s - W_M > 0 \quad (1-36)$$

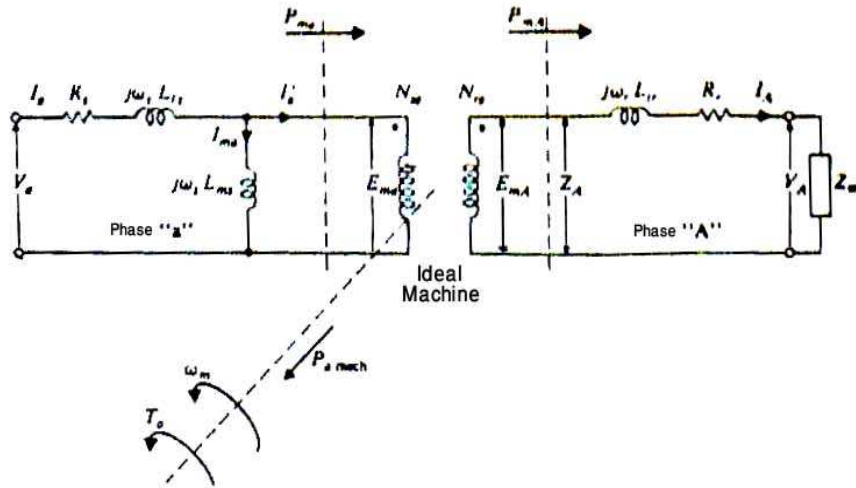
بنابراین رتور باید از میدان گردان آهسته تر دوران کند. تعریف لغزش از رابطه زیر مشخص می شود.

$$S = \frac{(\frac{2}{p})W_s - W_M}{(\frac{2}{p})W_s} = \frac{W_r}{W_s} \quad (1-37)$$

این عامل در نیروی محرکه القایی، امپدانس، نسبت توان موتور القایی مؤثر واقع می شود.

رابطه ولتاژ القایی رتور و استاتور مطابق رابطه زیر می باشد.

$$\frac{\bar{E}_{mA}}{\bar{E}_{ma}} = \frac{W_s - (\frac{p}{2})W_M}{W_s} \cdot \frac{N_{re}}{N_{se}} \angle -\beta_{oe} \quad (1-38)$$



شکل (۱-۱۲)

$$\frac{\bar{E}_{mA}}{\bar{E}_{ma}} = S \frac{N_{re}}{N_{se}} \angle -\beta_{oe} \quad (1-39)$$

نسبت جریان دقیقاً همانند حالت قبل است .

$$\frac{\bar{I}_A}{\bar{I}'_a} = \frac{N_{se}}{N_{re}} \angle -\beta_{oe} \quad (1-40)$$

اما نسبت امپدانس مطابق رابطه زیر می باشد .

$$\frac{\bar{Z}_A}{\bar{Z}'_A} = S \left[\frac{N_{re}}{N_{se}} \right]^2 \quad (1-41)$$

از معادله (۱-۱۶) و نسبت فرکانس بین دو قسمت مدار معادل مشخص می شود که

ترانسفورماتور ایده آل در مدار معادل موتور ساکن با وسیله دیگری عوض شده است

که خصوصیات بیشتری از القای ولتاژ و تبدیل ولتاژ جریان می باشد . به طور مشخص

یک تبدیل فرکانس صورت گرفته است .

$$W_r = SW_s \quad (1-42)$$

به این فرکانس معمولاً فرکانس لغزش می گویند .

با صرف نظر از اینکه تلاقات هسته استاتور توان جذب شده توسط فاز a مقدار زیر

$$P_{ma} = \text{Re}[\bar{I}'_a E_{ma}^*] \quad (1-43)$$

می باشد و توان جذب شده سه فاز مطابق رابطه زیر می باشد .

$$3P_{ma} = \text{Re}[3\bar{I}'_a E_{mA}^*] \quad (1-44)$$

به این توان معمولاً توان فاصله هوایی می گویند . توان تلف شده در رتور

$$3P_{ma} = \text{Re}[3\bar{I}'_a E_{mA}^*] \quad (1-45)$$

با استفاده از رابطه (۱-۳۹) و (۱-۴۰) رابطه زیر بدست می آید .

$$3P_{ma} = 3SP_{ma} \quad (1-46)$$

$$P_{ma} = SP_{ma} \quad (1-47)$$

از توان توسعه یافته در فاصله هوایی نقطه به نسبت S تبدیل به تلفات در رتور می شود .

بنابراین بقیه در فاصله هوایی تبدیل به توان مکانیکی می شود .

$$P_{mech} = 3(P_{ma} - P_{mA}) = 3(1-S)P_{ma} \quad (1-48)$$

با استفاده از معادله (۱-۳۷) داریم :

$$S = 1 - \frac{P W_m}{2 W_s} \quad (1-49)$$

با جایگزینی در معادله (۱-۴۸) داریم :

$$P_{mech} = 8 \frac{P W_m}{2 W_s} P_{Ma} \quad (1-50)$$

ماشین سه فاز ایده آل در شکل (۱-۱۲) قدرت مکانیکی ار به صورت گشتاور سرعت

بار مکانیکی تحویل می دهد .

$$P_{Mech} = T W_m \quad (1-51)$$

$$T = 3 \left(\frac{P}{2} \right) \left(\frac{P_{ma}}{W_s} \right) \quad (1-52)$$

بنابراین گشتاور از تقسیم قدرت توسعه یافته در فاصله هوایی بر سرعت دوران زاویه ای بدست می آید در شرایط ماندگار قدرت جذب شده توسط استاتور ثابت می باشد . تلفات در رتور ماشین هم ثابت می باشد . بنابراین قدرت مکانیکی توسعه یافته روی رتور نیز ثابت می باشد . در هنگام بی باری موتور آسنکرون با لغزش ناچیز دوران می کند . هنگامی که بار مکانیکی به موتور تحمیل می شود سرعت دوران کم می شود بنابراین لغزش و فرکانس رتور ، جریان رتور ، و گشتاور توسعه یافته افزایش می یابد تا زمانی که گشتاور توسعه یافته و گشتاور خارجی با هم برابر می شوند .

اگر رتور با سرعت بیشتر از سرعت سنکرون دوران کند لغزش منفی می شود . جهت ولتاژ القایی در رتور معکوس می شود . جریان رتور نیز معکوس می شود . گشتاور داخلی با گردش محور موتور مخالفت می کند . بنابراین در سرعت های بالاتر از سرعت سنکرون شبیه به ژنراتور عمل می کند و اگر به شبکه AC در موتور اندکسیدنی با رتور اتصال کوتاه شده مقدار کمی نیروی محرکه القایی لازم است تا جریان نامی رتور و گشتاور نامی را ایجاد کند . بنابر این لغزش کمی مورد نیاز است . سرعت تقریباً ثابت است و با افزایش بار خیلی کم افت می کند . قابلیت راه اندازی موتور القایی نیز خوب می باشد . این خصوصیات باعث شده است . تا در جاهایی که کنترل سرعت مطرح نباشد کاربرد خوبی داشته باشد .

این موتور ساده و ارزان است و به همین دلیل کاربرد وسیعی دارد . رتور و استاتور آن برای کاهش تلفات فوکو ورقه ورقه شده است . برای کاهش جریان مغناطیس کنندگی فاصله هوایی را تا حد امکان کاهش می دهند .

رتور در دو نوع سیم بندی شده و قفس سنجابی ساخته می شود . سیم پیچی هم به صورت مثلث و هم ستاره است هر چند معمولاً یکی از استاتور یا رتور را به صورت مثلث می بندند .

اگر ترمینال های مدار معادل (۱-۱۲) را اتصال کوتاه کنند پارامترهای رتور را به طرف استاتور انتقال دهند مدار معادل (۱-۱۳) بدست می آید . امپدانس رتور بوسیله معادله (۱-۲۷) بدست می آید .

$$\frac{\bar{Z}_A}{Z'_A} = \frac{R_r + jW_r \Psi_{lr}}{Z'_A} = S \left[\frac{N_{re}}{N_{se}} \right]^2 \quad (1-53)$$

$$\bar{Z}'_A = \frac{1}{S} \left[\frac{N_{se}}{N_{re}} \right]^2 R_r + j \frac{W_r}{S} \left[\frac{N_{se}}{N_{re}} \right]^2 \Psi_{Lr} \quad (1-54)$$

$$Z'_A = \frac{R'_r}{S} + jW_S \Psi'_{Lr} \quad (1-55)$$

$$R'_r = \left[\frac{N_{se}}{N_{re}} \right]^2 R_r \quad S'_{Lr} = \left[\frac{N_{se}}{N_{re}} \right]^2 \Psi_{Lr} \quad (1-56)$$

اختلاف پتانسیل اعمال شده به رتور E_{ma} می باشد و جریان I'_α مطابق رابطه (۱-۴۰) بر حسب جریان I_A بدست می آید با این مراحل انجام شده قسمت ایده آل ماشین حذف می شود و این مسئله دو نتیجه دارد . تمامی مدار با فرکانس W_s کار میکند و خروجی Pamech حذف شده است . ولی P_{ma} توان ورودی به فاصله هوایی تغییر نکرده است . این توان به دو قسمت Pamech توان مکانیکی و P_{mA} تلفات رتور تقسیم می شود که اکنون در $\frac{R'_r}{S}$ به مصرف می رسد .

$$P_{ma} = \frac{R'_r}{S} (I'_a)^2 = R'_r (I'_a)^2 + \frac{(1-S)}{S} R'_r (I'_a)^2 \quad (1-57)$$

از معادلات (۱-۵۳) و (۱-۳۸) داریم:

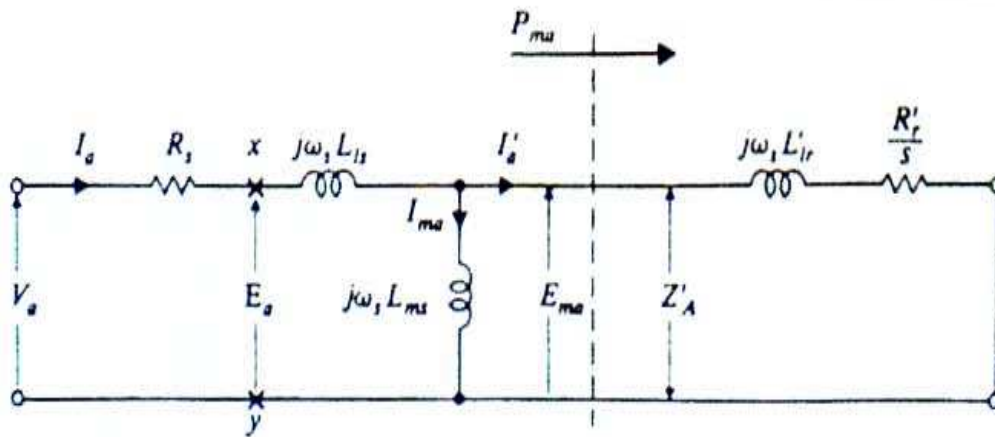
$$R'_r (I'_a)^2 = R_r I_a^2 = P_{ma} \quad (1-58)$$

بنابراین اولین عبارت سمت راست معادله (۱-۵۷) نشان دهنده تلفات مسی در رتور می باشد. با استفاده از قانون بقا انرژی قسمت دوم باید توان مکانیکی توسعه یافته یک فاز باشد.

$$P_{a,mech} = \frac{1-S}{S} R'_r (I'_a)^2 \quad (1-59)$$

بنابراین مقاومت $(\frac{R'_r}{S})$ به دو مقاومت سری تقسیم می شود که اولی $(\frac{1-S}{S})R'_r$ تبدیل به

توان مکانیکی یک فاز و دومی R'_r نشان دهنده مقاومت رتور می باشد.



شکل (۱-۱۳)

مدار دو حلقه ای شکل (۱-۱۳) برای بیان کردن گشتاور داخلی بر حسب متغیرهای ما مشکل است هر چند با انجام تقریباتی می توان دقت را در حد خوبی حفظ کرد بنابراین راکتانس مغناطیس کننده $W_s L_{ms}$ به طرف ترمینال منتقل می شود و باقی پارامترها در

معادله (۱-۶۰) بیان شده است .

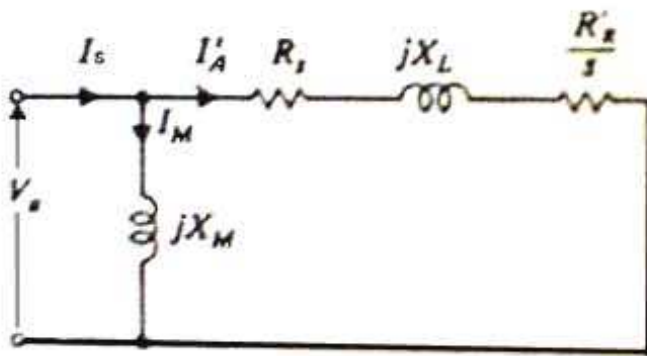
$$R_s = R_s \pi$$

$$X_m = W_s L_{ma} \pi$$

(۱-۶۰)

$$X_L = W_s (L_{ls} + L'_{lr}) \pi$$

$$R'_o = R'_m \pi$$

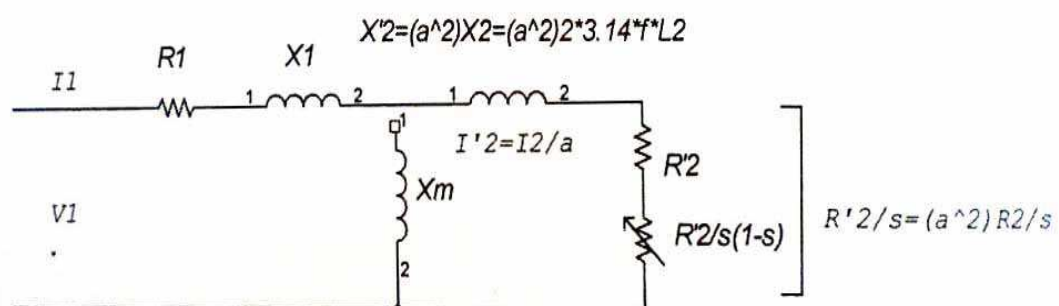


شکل (۱-۱۴)

شکل (۱-۱۴) مدار معادل تقریبی بود .

باید توجه داشته باشیم که این مدار معادل با صرفه نظر کردن از چند پارامتر بدست آمده ودقیق نیست. البته برای هماهنگ شدن محاسبات استاندارد IEEE (انجمن مهندسين برق و الکترونیک آمریکا) نی زمدار معادل هایی پیشنهاد نموده اند که در شکل (۱-۱۵) می

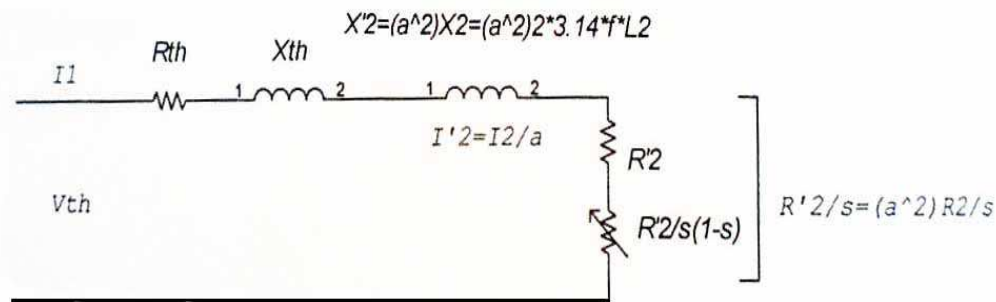
بینیم .



شکل (۱-۱۵)

برای سهولت در انجام محاسبات در مدار IEEE بهتر است از روش تونن استفاده گردد
به عبارت دیگر بجای استفاده از پارامترهای مختلف می توان از V_{th} , R_{th} , X_{th} استفاده
نمود .

$$V_{th} = (X_m / [R_1^2 + (x_1 + x_m)^2]^{1/2}) V'$$



شکل (۱-۱۶)

۱-۲-۴) موتور در شرایط ماندگار :

در مدار معادل جدید روابط به صورت زیر نوشته می شوند .

$$P_{ma} = R'_R (I'_A)^2 + \frac{(1-S)}{S} R'_R (I'_A)^2 \quad (1-61)$$

$$P_{a,mach} = \frac{(1-S)}{S} R'_R (I'_A)^2 \quad (1-62)$$

رابطه بین گشتاور داخلی و سرعت مکانیکی با استفاده از شکل (۱-۱۳) بدست می آید .

از معادله (۱-۶۱) داریم:

$$P_{ma} = \frac{R'_R}{S} (I'_A)^2 \quad (1-63)$$

و از معادله (۱-۵۲) نیز داریم:

$$T = 3 \cdot \frac{p}{2} \cdot \frac{P_{ma}}{W_s} \quad (1-64)$$

از شکل (۱-14) داریم :

$$I'_A = \frac{\bar{V}_a}{(R_s + \frac{R'_R}{S}) + J \times L} \quad (1-65)$$

با جایگزینی معادلات (۱-63) و (۱-65) در معادله (۱-64) داریم :

$$T = \frac{3}{W_s} \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{R'_R}{S} \cdot \frac{V_a^2}{\left[R_s + \left(\frac{R'_R}{S} \right) \right]^2 + X_L^2} \quad (1-66)$$

رابطه بین لغزش و گشتاور و یا سرعت - گشتاور از معادله (۱-66) قابل محاسبه می

باشد در سرعت حدود سرعت سنکرون ، لغزش به سمت صفر میل می کند . بنابراین

$$\frac{R'_R}{S} \gg R_s \text{ و } \frac{R'_R}{S} \gg X_L \text{ رابطه به صورت زیر نوشته می شود .}$$

$$T = \frac{3}{W_s} \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{S}{R'_R} V_a^2 \quad (1-67)$$

$$I'_A = \frac{S}{R'_R} \bar{V}_a \quad (1-68)$$

بنابراین در نزدیکی سرعت سنکرون گشتاور و جریان نسبت خطی با لغزش دارد . در

شکل (۱-17) با خط چین نشان داده شده است . در ولتاژ ثابت در رابطه گشتاور فقط

تابعی از لغزش می باشد می توان لغزشی را که در آن گشتاور ماکزیمم می شود با مشتق

گرفتن از رابطه و برابر صفر قرار دادن آن محاسبه کرد .

$$\frac{dT}{dS} = 0 \Rightarrow S = \pm \frac{R'_R}{(R_L^2 + X_L^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (1-69)$$

با جایگزین کردن در رابطه مقدار گشتاور ماکزیمم

$$T_{m \max} = \frac{3}{W_s} \cdot \frac{P}{4} \cdot \frac{V_m^2}{(R_s^2 + X_L^2)^{\frac{1}{2}} + R_s} \quad (1-70)$$

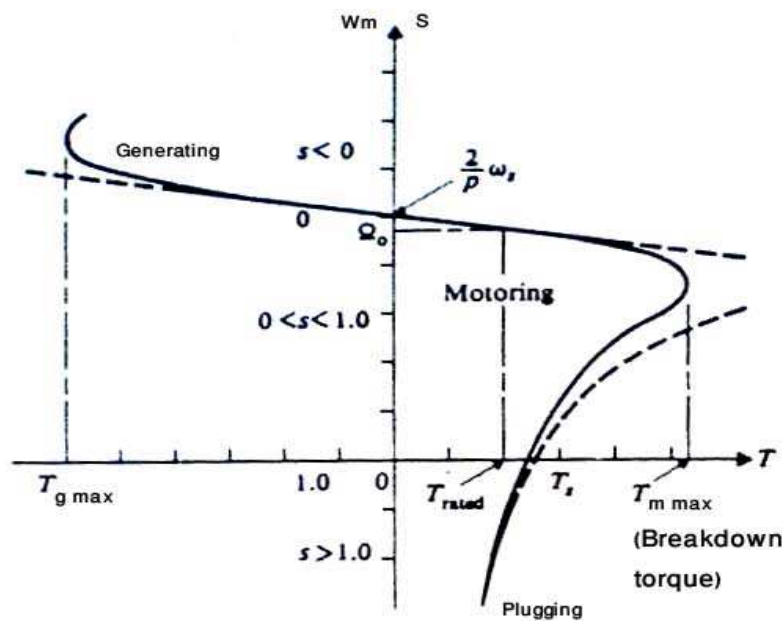
این به گشتاور شکست نیز نامیده می شود. اگر مقدار لغزش منفی در رابطه قرار داده شود ماکزیمم گشتاور منفی یا ژنراتوری بدست می آید.

$$T_{g \max} = -\frac{3}{W_s} \cdot \frac{P}{4} \cdot \frac{V_a^2}{(R_s^2 + X_L^2)^{\frac{1}{2}} R_s} \quad (1-71)$$

بنابراین $|T_{g \max}| > |T_{m \max}|$ اما در ماشین های بزرگ $R \ll X_L$

$$|T_{m \max}| = |T_{g \max}| = \frac{3}{W_s} \cdot \frac{P}{4} \cdot \frac{V_a^2}{X_L} \quad (1-72)$$

معادله نشان میدهد گشتاور ماکزیمم به وسیله راکتانس X_L محدود می شود و از مقاومت رتور مستقل می باشد.



شکل (۱-۱۷)

در لغزش زیاد $X_L \gg R_s + \frac{R'_R}{S}$ و معادله (۱-۶۶) با تقریب به معادله زیر تبدیل می شود

$$T = \frac{3}{W_s} \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{R'_R}{S} \cdot \left(\frac{V_a}{X_L}\right)^2 \quad (1-73)$$

گشتاور با معکوس لغزش متناسب است. منحنی به وسیله خط چین در شکل نشان داده شده است. با قرار دادن $S = 1$ در معادله گشتاور راه اندازی بدست می آید.

$$T_S = \frac{3}{W_S} \cdot \frac{P}{2} \cdot \frac{R'_R V_a^2}{(R_S + R'_R)^2 + X_L^2} \quad (1-74)$$

در موتورهای القایی با رتور سیم پیچی شده استاندارد:

$$T_S = 1.25 T_{FL} \quad (1-75)$$

$$T_{\max} = 2 / 6 T_{FL} \quad (1-76)$$

T_{FL} گشتاور نامی در بار نامی موتور می باشد.

۱-۳) موتور فقس سنجایی:

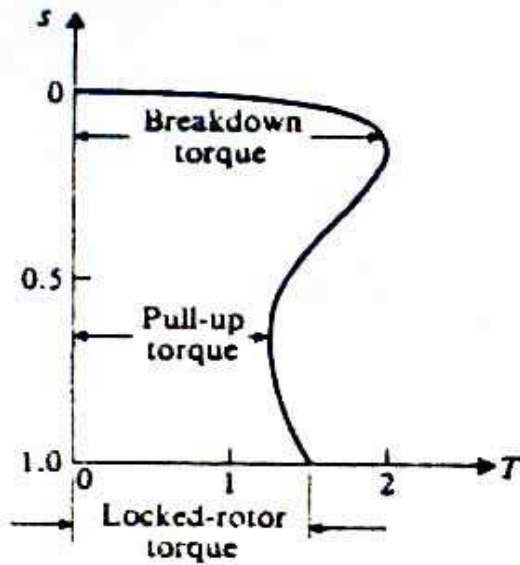
در مواردی که راه اندازی زیاد انجام می شود و گشتاور راه اندازی لازمه زیاد باشد از موتور با رتور سیم بندی شده با مقاومت خارجی استفاده می شود. اگر به کنترل سرعت و کار در سرعت پایین نیاز نباشد در این صورت از موتور فقس سنجایی استفاده می شود.

موتور فقس سنجایی به گروه های مختلفی تقسیم می شوند که این تقسیم بندی بیشتر به نوع ساختار رتور مربوط می باشد. مشخصه گشتاور سرعت در شکل (1-18) و جدول (1-1) آمده است. مشخصات در جدول برای موتور ۱۱۰ اسب، ۲۳۰ ولت می باشد. و این اعداد با عوض شدن مقادیر نامی تغییر می کنند. گشتاور ماکزیمم برای موتور با رتور سیم پیچی شده ۲,۲۵ برابر گشتاور بار نامی می باشد.

معمولاً موتورهای قفسه ای برای راه اندازی مستقیم به شبکه وصل می شوند و در

این حالت تغذیه باید مداری باشد که در جریان راه اندازی ولتاژ ترمینالهای موتور خیلی

افت نکند .



شکل (۱-۱۸)

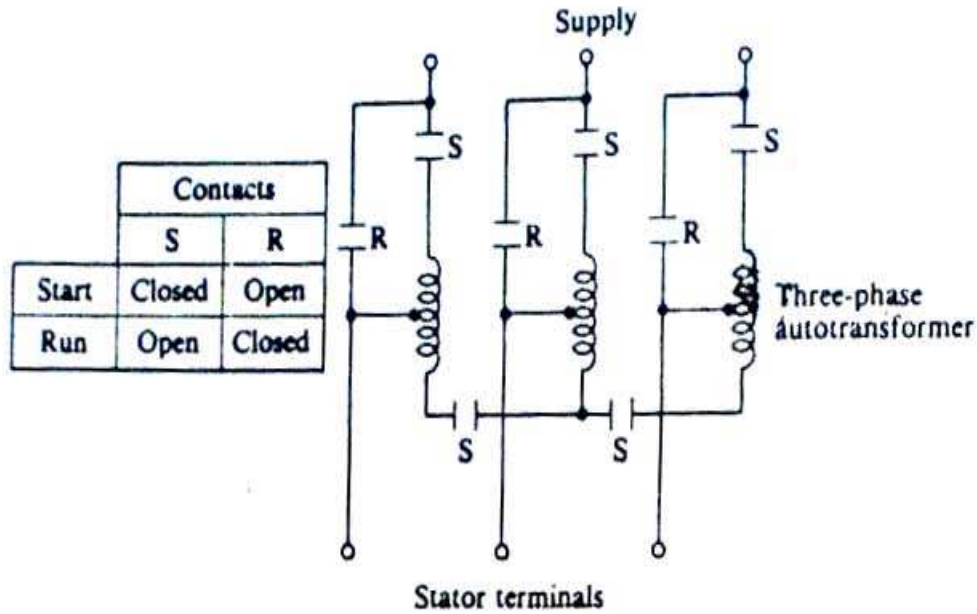
Class	Locked Rotor	Breakdown	Pull up
A	140	Over 2.00	1.00
B	140	2.00	1.00
C	2.00	1.90	Over 140
D	2.75	Not specified	Not specified

جدول (۱-۱)

در شکل (۱-۱۹) یک استارتر را که از اتوترانسفورمر استفاده شده است نشان می دهد .

در شرایط کار عادی اتوترانسفورمر از مدار خارج می شود و مرکز مثلث آن نیز باز می

شود .



شکل (۱۹-۱)

یکی از مسائلی که طراحان موتور قفس سنجابی با آن مواجهند تهیه گشتاور راه اندازی زیاد با جریان راه اندای کم و گشتاور بالابر (Pull up) مناسب می باشد . مسئله دیگر لغزش کم در شرایط نامی است . مؤثرترین مشخصه رتور مقاومت معادل است که با انتخاب نوع هادی و ابعاد آن مشخص می شود . که به طور مفصل در فصل دوم شرح می دهیم .

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooon.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

فصل دوم:

« انواع روشهای راه اندازی موتور القایی سه فاز »

۲- ۱) انواع روشهای راه اندازی معمولی :

برای شتاب دادن موتوراز حالت سکون تا شرایط نامی احتیاج به انرژی است. این انرژی باید تلفات و انرژی جنبشی قسمتهای گردان را تأمین کند. اگر از تلفات صرفه نظر شود و فرض شود که موتور بی بار راه اندازی می شود آنگاه گرمای توسعه یافته I^2R برابر با انرژی جنبشی ذخیره شده خواهد بود. (این مسئله لازم است در جاهایی که مدام استارت می شود مورد نظر گرفته شود) با در نظر گرفتن اصطحکاک گرمای توسعه یافته در I^2R بیشتر می شود.

در طراحی موتور به شرایط راه اندازی باید توجه شود. چه مقدار راه اندازی در یک زمان معین مورد نیاز است راه اندازی بعد از اضافه بار چه مدت باید تأخیر داشته باشد و زمان ااره اندازی چه مقدار باشد :

گشتاور بر حسب سیکرون وات هر فاز چنین است. با فرض $I'_L = 0.1I_1$

$$T = I_2' r' \frac{2}{S} \approx 0.8 I_1^2 r' \frac{2}{S} = I^2 k / S \quad (2-1)$$

در شرایط نامی داریم:

$$T_n = K_n \frac{I_n^2}{S_n} \quad (2-2)$$

S_n لغزش نامی است. در راه اندازی گشتاور راه اندازی $M_s = k I_s^2$ می باشد. نسبت گشتاور راه اندازی به گشتاور نامی مطابق رابطه زیر می باشد.

$$\frac{T_s}{T_n} = \left(\frac{I_s}{I_n} \right)^2 S_n = a^2 S_n \quad (2-3)$$

$$a = \frac{I_s}{I_n}$$

۲-۱) روش راه اندازی مستقیم:

اگر موتور مستقیماً به ولتاژ نامی وصل شود جریان راه اندازی همان جریان اتصال کوتاه

می باشد. اگر $S_n = 0.05, I_{sc} = 6I_n$ با استفاده از رابطه $\frac{T_s}{T_n} = \left(\frac{1}{6}\right)^2 \cdot 0.05$ می شود.

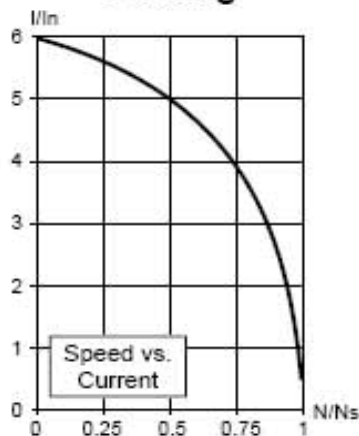
بنابر این موتور گشتاور راه اندازی ۱,۸ برابر گشتاور نامی را با جریان ۶ برابر جریان نامی تأمین می کند.

این ورش راه اندازی برای ماشین های کمتر از ۱۰ اسب بخار به کار میروند. هر چند که در معادن حتی ممکن است ماشین های تا ۱۰۰ اسب را نیز با همین روش راه اندازی کنند.

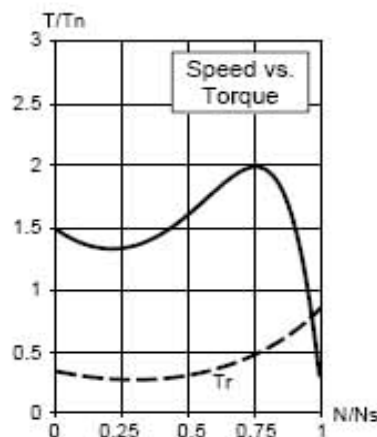
در زیر نمودارهای جریان به سرعت و همچنین نمودار گشتاور به سرعت موتور را

Direct Starting

می بینید.



شکل (۲-۱)



۲-۲) روش راه اندازی توسط افزایش مقاومت رتور:

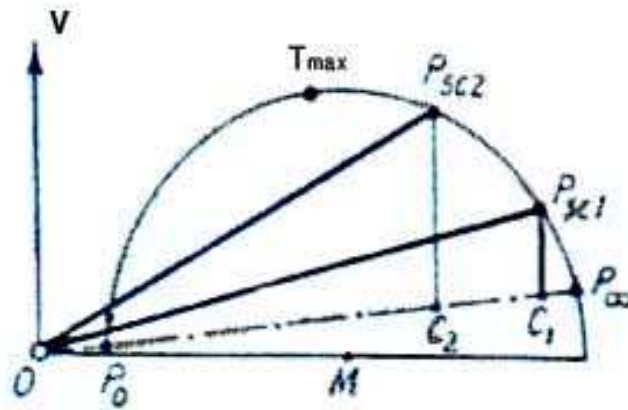
۲-۲-۱) موتورهای رتور سیم پیچی شده:

گشتاور راه اندازی با افزایش مقاومت رتور افزایش می یابد این موضوع در موتورهای با رتور سیم پیچی شده و حلقه لغزشی قابل استفاده می باشند. اما این روش راندمان را به شدت کاهش می دهد. با استفاده از مقاومت در استاتور نیز می توان جریان راه اندازی را کاهش داد و لی در این صورت گشتاور راه اندازی نیز کاهش می یابد.

به این روش راه اندازی موتور آسنکرون با استفاده از حلقه های لغزشی نیز می گویند. گشتاور ماکزیمم هنگامی در راه اندازی برقرار می شود که رابطه زیر برقرار باشد.

$$(r'_e + R') \approx (X_1 + X'_2) \quad (2-4)$$

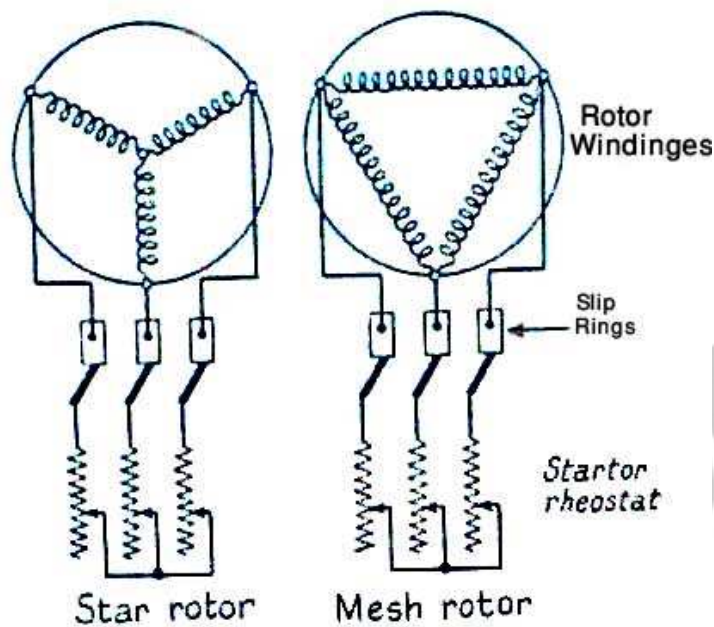
با افزایش مقاومت رتور جریان راه اندازی کاهش می یابد. در ضمن ضریب قدرت نیز افزایش می یابد این مسئله با توجه به شکل دیاگرام دایره ای شکل (۲-۲) قابل توجه می باشد.



شکل (۲-۲)

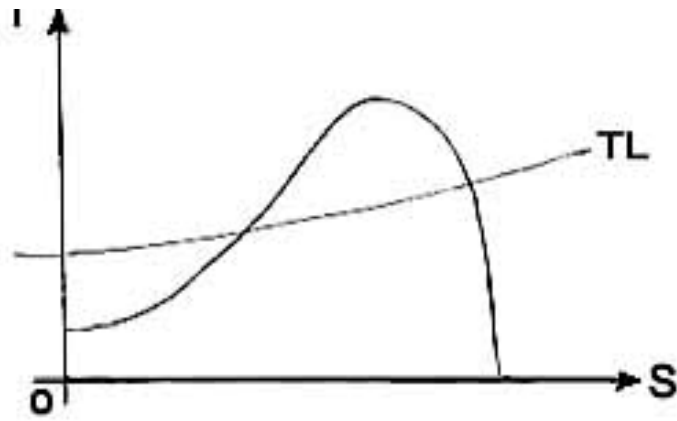
نقطه اتصال کوتاه در شرایط P_{sc1} می باشد. افزایش مقاومت رتور در قطر دایره تأثیر نمی کند چون قطر دایره مربوط به راکتانس می باشد.

با افزایش مقاومت رتور نقطه ی P_{sc2} به P_{sc1} انتقال می یابد . با افزایش مقاومت رتور می توان P_{sc2} را به نقطه Tmax انتقال داد . (یعنی با شروع راه اندازی گشتاور ماکزیمم ایجاد شود) با افزایش بیشتر مقاومت رتور گشتاور راه اندازی کاهش می یابد . اما جریان کم می شود و ضریب توان افزایش می یابد .
در این روش انتهای سیم بندی رتور به حلقه لغزشی متصل است و از آنجا توسط جاروبک به رئوس متصل می شود . شکل (۲-۳) دو نوع طرز اتصال را نشان می دهد .



شکل (۲-۳)

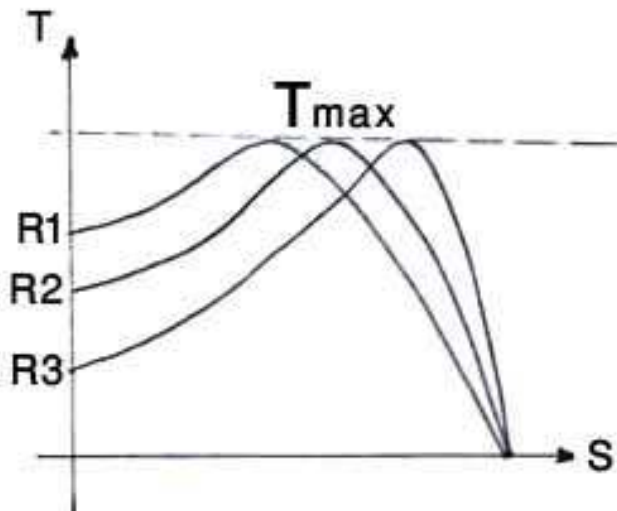
جریان راه اندازی با توجه به گشتاور راه اندازی لازم و تلفات رتور انتخاب می شود . تلفات می تواند کاهش یابد با وجود اینکه جریان راه اندازی افزایش می یابد اما در صورتی که موتور در ناحیه پایدار منحنی گشتاور لغزش (شکل ۲-۴) عمل کند . در صورتی که تعداد مراحل مقاومت کم باشد می توان از کلید گریز از مرکز (همانند شکل (۲-۶))



شکل (۲-۴)

استفاده کرد . بنابر این دیگر احتیاج به حلقه لغزشی و وسایل خارجی نداریم . اما در صورتی که استارت پشت سر هم صورت گیرد وسایل داخلی (کلید گریز از مرکز و غیره) بسیار پیچیده تر می شوند . در شکل (۲-۴) منحنی گشتاور لغزش راه اندای را مشاهده می کنید . باید توجه داشته باشید که مقاومت ها به ترتیب زیر هستند .

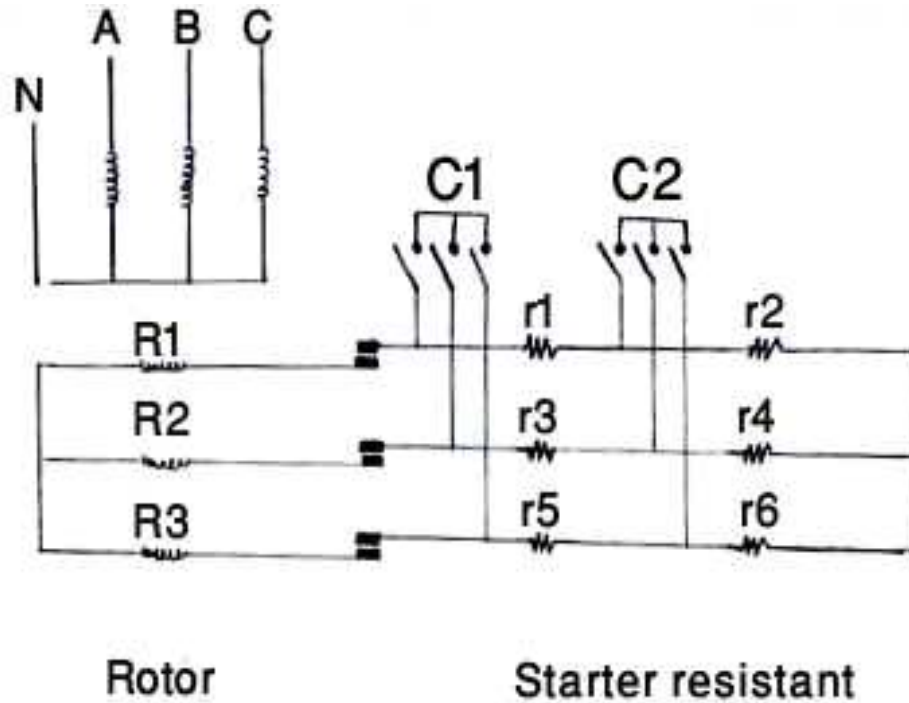
$$R_1 > R_2 > R_3 \dots \dots \dots \quad (۲-۵)$$



شکل (۲-۵)

کلید گزیر از مرکزی که در رتور بعضی از موتورها وجود دارد به این ترتیب عمل می کند که در ابتدای حرکت و راه اندازی باز هستند و بعد از راه اندای بنا به سرعت چرخش اول کنتاکت کلید ۱ بعد ۲ و به همین ترتیب تا وقتی که سرعت موتور به نزدیکی دور نامی

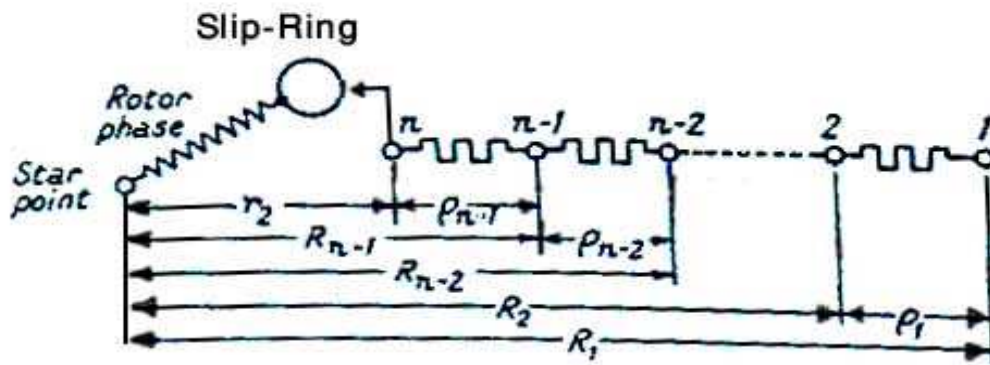
خود رسید کلید C_4 کلاً مقاومتها را از مدار روتور خارج می نماید و مدار روتور را همانطور که در شکل (۶-۲) می بینید اتصال کوتاه می نماید.



شکل (۶-۲)

حال به بررسی تأثیر افزایش مقاومت رتور بر روی سرعت و جریان موتور می پردازیم.
در محاسبات استاتور معمولاً یک گشتاور ثابت برای موتور در نظر گرفته می شود و فرض می شود.

جریان بین دو مقدار I_{\min} و I_{\max} تغییر می کند R_1, R_2, \dots مقاومت کل هر فاز رتور در هر مرحله باشند. این مقاوتها شامل مقاوت های خارجی P_1, P_2, \dots و مقاوت رتور Γ_e می باشند.



شکل (۲-۷)

در شروع هر مرحله جریان I_{2max} می باشد. مقاومت R_1 برای لغزش $S_1=1$ برای لغزش S_2 و به همین ترتیب برای بقیه مراحل نیز ادامه می یابد.

$$I_{2max} = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_1}{S_1}\right)^2 + (X_2)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{S_2}\right)^2 + (X_2)^2}} \dots \dots \dots (2-6)$$

E_2 نیروی محرکه هر فاز رتور در حالت مدار باز می باشد از رابطه بالا واضح است که

$$\frac{R_1}{S_1} = \frac{R_2}{S_2} = \dots = \frac{R_n-1}{S_n-1} = \frac{r_e}{S_{max}} \quad (2-7)$$

S_{max} لغزش در شرایط نرمال است. هنگامی که جریان رتور I_{2max} باشد.

اولین مرحله در مدار می ماند تا وقتی لغزش از $S_1=1$ به مقدار لغزش S نزول کند در

همین زمان جریان از I_{max} به I_{min} نزول می کند.

$$I_{2min} = \frac{E_L}{\sqrt{\left(\frac{R_1}{S_2}\right)^2 + (X_2)^2}} = \frac{E_L}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{S_2}\right)^2 + (X_2)^2}} \quad (2-8)$$

از معادله بالا نتیجه می شود :

$$\frac{R_1}{S_2} = \frac{R_2}{S_3} = \frac{R_3}{S_4} = \dots = \frac{R_{x-1}}{S_{\max}} \quad (2-9)$$

از ترکیب دو رابطه (2-7) و (2-9) داریم:

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{S_3}{S_2} = \dots = \frac{R_2}{R_1} = \dots = \frac{r_2}{R_{x-1}} \quad (2-10)$$

با استفاده از معادله (2-7) و قرار دادن $S_1=1$ رابطه زیر بدست می آید :

$$R_1 = \frac{r_2}{S_{\max}} \quad (2-11)$$

در مقدار مقاومت کلی در مدار در اولین مرحله است و با حتی مقاومت ها بسادگی با

استفاده از رابطه بالا محاسبه می شوند .

$$\begin{aligned} R_2 &= \gamma R_1, R_3 = \gamma R_2 = \gamma^2 R_1 \\ r_2 &= \gamma R_{n-1} = \gamma^{n-1} R_1 \end{aligned} \quad (2-12)$$

$$\begin{aligned} r_2 &= \gamma^{n-1} \frac{r_e}{S_{\max}} \\ \gamma &= \sqrt[n]{S_{\max}} \end{aligned} \quad (2-13)$$

و مقدار مقاومتها برابر با :

$$\begin{aligned} P_1 &= R_1 - R_2 = R_1(1 - \gamma) \\ P_2 &= R_2 - R_3 = R_1(\gamma - \gamma^2) = \gamma P_1 \\ P_2 &= R_2 - R_4 = R_1(\gamma^2 - \gamma^3) = \gamma P_2 = \gamma^2 P_1 \end{aligned} \quad (2-14)$$

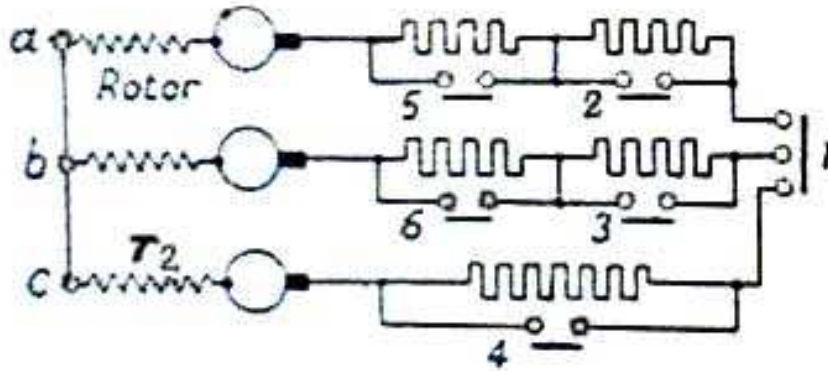
در صورتیکه در هر مرحله در یک فاز مقاومت در مدار وارد و یا خارج شود می توان از

مقاومت کمتر با مقدار بیشتر استفاده کرد . شکل (8-2) یک مثال از این نوع را نشان می

دهد در این روش در هنگام راه اندازی گشتاور نا متعادل است یعنی مقدار آن ثابت نیست

اما ترکیب صحیح عملکرد کنتاکتور باعث می شود گشتاور میانگین بتدریج افزایش یابد و

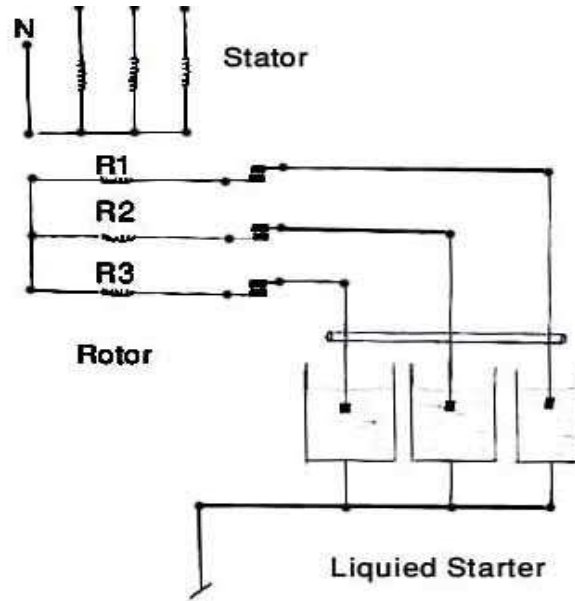
راه اندازی انجام شود چون جریان نا متعادل در هر مرحله عوض می شود . احتمال کمی وجود دارد که این حرارت نا متعادل تولید در دسر کند .



شکل (۲-۸)

۲-۲-۲ : Liquide starter

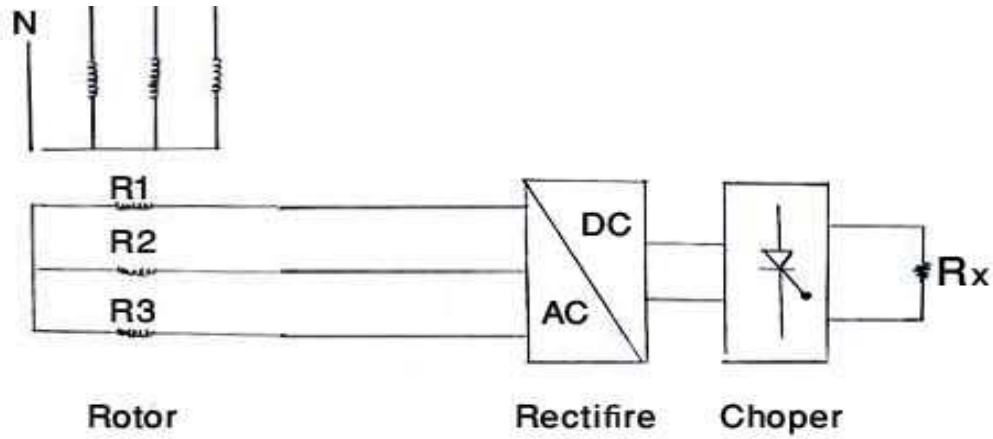
نوعی راه اندازی که به جای مقاومت ها از آب مقطر استفاده می کنند را Liquid starter می گویند . علت این جابجایی این است که در موتورهایی با توان بالا (چند صد اسب بخار) ایجاد مقاومتی که بتواند آن جریان بزرگ را تحمل کند مقرون به صرفه و گاهی غیر ممکن می باشد در حالی که می دانیم آب مقطر مقاومتی بی نهایت دارد . پس می توان با افزودن مقداری ناخالصی (اسید سولفوریک) مقاومت آب مقطر را کاهش داد و از آن به جای یک مقاومت متغییر استفاده کرد . به این ترتیب که الکترودهایی که به مدار رتور هستند را روی سطح آب (در مقاوت زیاد) قرار میگیرند و همزمان با دور گیری موتور آنها را درون آب وارد می سازند تا مقاوت کمتر شود و زمانی که موتور به دور نامی رسید الکترودها نیز به سطح زیرین ظرف (که هادی هستند) متصل می شود و مدار رتور اتصال کوتاه می شود مانند شکل (۲-۹) .



شکل (۲-۹)

۲-۲-۳) درایور راه اندای کرامی :

امروزه با پیشرفت الکترونیک و ساخت المان های الکترونیکی - قدرتی (مانند تریستور tristor) پیشرفتهایی در صنعت الکتریکی در شاخه قدرت صورت گرفته سات و مثلاً از تریستور در ایجاد مقاومت مجازی سر راه مدار رتور استفاده می شود به این صورت که مداری شبیه به مدار زیر سر راه رتور قرار می دهند و سپس با تغییر زاویه آتش تریستور ($\alpha = 0.1, 0.4, \dots, 1$) از کم به زیاد مقاومت مجازی را کاهش می دهند تا اینکه وقتی سرعت رتور به ۹۲٪ سرعت نامی خود رسید تمام ولتاژ به صورت DC از تریستور عبور می کند مدار تبدیل کننده جریان AC به DC را Rectifier گویند و مداری که مقاومت مجازی را ایجاد می کند یک مدار Chopper است که زاویه آتش آن قابل تنظیم می باشد که این گونه مدارها به صورت مفصل و به تفکیک عملکرد هایشان در فصل آینده معرفی خواهند شد.



شکل (۲-۱۰)

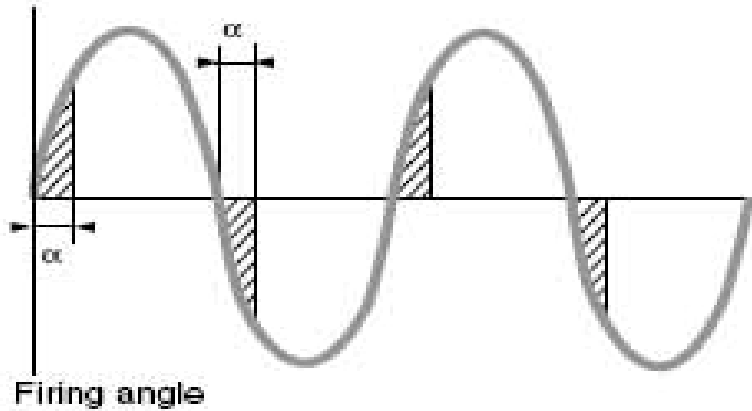
محاسبهٔ مقاومت محازی که سر راه مدار رتور قرار میگیرد به صورت زیر قابل مقایسه

می باشد .

$$\text{if } \alpha = 0^\circ \Rightarrow R'_x = R_x$$

$$\text{if } \alpha = 180^\circ \Rightarrow R'_x = r_1$$

(۲-۱۵)



شکل (۲-۱۱)

I_1 مقاومت یک فاز رتور می باشد و α زاویهٔ آتش تریستور می باشد . بنا به حالات

$$R_r = r_1 + (1 + \alpha)R_x \quad \text{بالا داریم :}$$

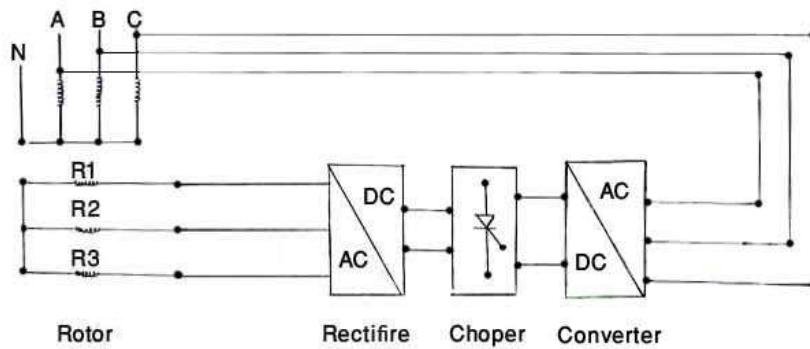
نکتهٔ قابل توجه در این نوع راه اندازی این است که در مقاومت های اضافه شده تلفات

بسیار زیاد یکه داریم به همین دلیل توسط یک مبدل DC به AC جریان DC را که

درمقاوت R_x تلف می شود را به AC تبدیل می کنیم و دوباره به شبکه باز می گردانیم .

به این روش می توان تلفات را نیز به شدت کاهش داد ولی امروز از این روش به دلیل

گرافی و پیچیدگی استفاده نمی شود .



شکل (۱۲-۲)

۲- ۲- ۴) راه اندازی موتورهای قفس سنجابی با توجه به جریان و مقاومت رتور :

موتورهای قفس سنجابی در زمان راه اندازی نمی توان مقاومت رتور را تغییر داد به همین دلیل آنها را در کلاسهای مختلف می سازند و دسته بندی می کنند . در هر کلاس مقاومت رتور متفاوت است .

الف - کلاس A :

مقاومت رتور آنها کم می باشد . بنابر این جریان راه اندازی آنها بسیار بالا (تا ۸ برابر جریان نامی) و گشتاور راه اندازی بسیار کم (حداکثر ۱٫۵ برابر گشتاور نامی) می باشند این دسته رتورها در حالت کار نرمال با لغزش بین $0.005 > S > 0.0.7$ کار می کنند .

این رتور به دلیل جریان راه اندازی بالا کمتر استفاده می شود و باید در صنعت جریان راه اندازی آن را کنترل نمود .

ب - کلاس D :

در این رتورها برای بالا بردن مقاومت از برنج بجای مس استفاده می شود پس گشتاور راه اندازی بالا و جریان راه اندازی کم دارند ولی نقطه ضعف این گروه لغزش نامی $S_n = 0.7$ می باشد در نتیجه راه اندازی مناسب ولی بازده بسیار کمی در حالت کار نرمال دارند .

ج - کلاسهای B , C :

این دو گروه حد وسط گروه های A و D می باشند . رتور C گشتاور راه اندازی بالا دارد . ولی لغزش در هر دو گروه $S = 0/05$ در شرایط کار عادی می باشد . در موتورهای کلاس B در جاهایی که گشتاور راه اندازی متوسط لازم دارند ساخته و استفاده می شوند مانند : فن ها ، پنکه ها ، و غیره و کلاس C برای استارت در زیر بار نامی مناسب است مانند کمپرسورها و دستگاههای خورد کننده و غیره .

د - رتورهای با میله های عمیق :

اگر هادی به این صورت که نشان داده می شود ساخته شوند توزیع شار نشستی مطابق شکل (13-۲) خواهد بود اندوکتانس هادی پایین بیشتر از هادی بالا خواهد بود . در ابتدای راه اندازی فرکانس رتور بیشتر است . این مسئله باعث می شود جریان بیشتر از هادی بالایی عبور کند . اما در آخر راه اندازی و شرایط کار نامی فرکانس رتور کم است و جریان از هر دو هادی عبور می کند . آن دسته از موتورها ممکن است طوری طراحی شوند که مقاومت در شرایط راه اندازی

چند برابر مقاومت در شرایط کار نامی شود پس در هنگام راه اندازی جریان کم و

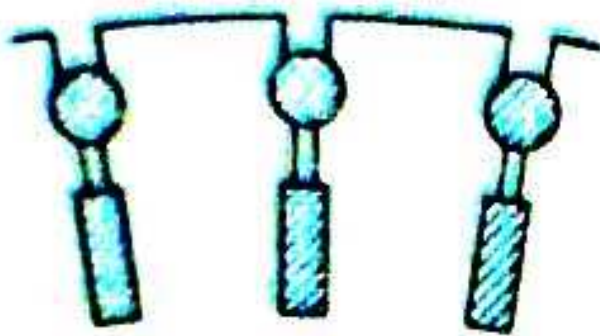
گشتاور بالا و در شرایط کار نامی لغزش مناسب داریم.



شکل (۲-۱۳)

ه - موتورهای قفس سنجابی دوپل :

این نوع موتور شامل دو قفس است . که شکل (۲-14) یک نوع آن است . هادی بالایی از جنس با مقاومت زیاد و هادی پایینی مقاومت کم دارد و طرز کار دقیقاً شبیه به رتور با میله های عمیق می باشند . این ماشین ها دارای مشخصه های سختی می باشند و مدار معادل ها نیز ساده نمی باشند و دیاگرام دایره ای نیز برای هیچ یک قابل استفاده نمی باشند .



شکل (۲-۱۴)

۲-۳) انتخاب ولتاژ موتور :

سیم بندی رتور باید تحمل عایقی در برابر ولتاژ را در حالت ممکن داشته باشد . انتخاب ولتاژ اختیاری می باشد . در ماشینهای کوچک انتخاب ولتاژ بالاتر از V500 معمولاً تولید اشکال نمی کند. اما در موتورهای بزرگ انتخاب ولتاژ کم مساوی با جریان زیاد می باشد که طراحی حلقه های لغزنده و جاروبک ها را پیچیده تر می کند . برای موتورهایی با قدرت بیشتر از 1000 اسب ولتاژ موتور 1000v تا 2000v ممکن است انتخاب شود .

۲-۳-۱) راه اندازی موتور قفسه ای با کاهش ولتاژ استاتور :

وقتی یک موتور قفسه ای از نظر الکتریکی ایزوله است و ارتباط مستقیم آن غیر ممکن می باشد . با کاهش ولتاژ اعمال شده به استاتور جریان راه اندازی کاهش می یابد . با کاهش ولتاژ یا استاتور به میزان X جریان بی باری ، جریان اتصال کوتاه به همان نسبت کاهش می یابد . فلزی فاصله هوای به همین نسبت کاهش می یابد به همین دلیل جریان مغناطیس کننده نیز کم می شود تلفات هسته کاهش می یابد بنابراین مؤلفه اکتیو جریان بی باری نیز کاهش می یابد گشتاور با توان دوم ولتاژ متناسب است . بنابراین با کاهش ولتاژ به نسبت X ، گشتاور به نسبت X^2 کاهش می یابد .

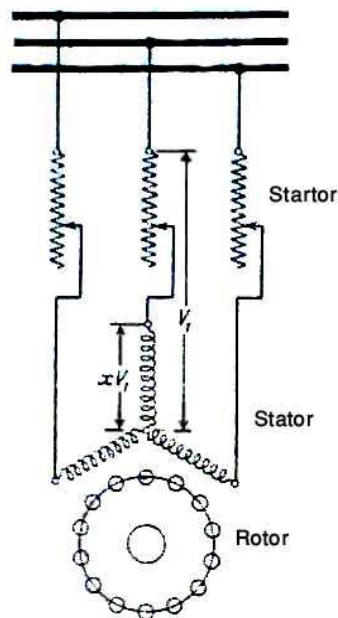
در راه اندازی مستقیم یک موتور قفسه ای مستقیماً به شبکه وصل می شود . برای چند لحظه جریانی چند برابر جریان نامی می شود که مقدار ضریب توان آن کم می باشد راه اندازی به این صورت باعث افزایش درجه حرارت ممکن است به موتور صدمه بزند . عوامل تأخیر در راه اندازی ، گشتاور بار زیاد ، مقاومت کم موتور ، یا افت ولتاژ تغذیه

هستند. قدرت موتور در این روش محدود است. زیرا به راه اندازی موتور افت ولتاژ در تغذیه ایجاد می شود.

در راه اندازی مستقیم اگر Tsc گشتاور توسعه یافته در حالت اتصال کوتاه در ولتاژ نامی با جریان Isc باشد. آنگاه گشتاور راه اندازی Ts=Tsc می باشد و جریان راه اندازی Is=Isc می باشد. نسبت گشتاور راه اندازی به گشتاور نامی مطابق رابطه زیر می باشد. البته با توجه مقدار جریان کم می باشد.

$$\frac{T_s}{T_n} = \left(\frac{I_{sc}}{I_n}\right)^2 S_n \quad (2-16)$$

با سری کردن مقاومت یا اندوکتور در استاتور در نتیجه کاهش ولتاژ به میزان X می باشد شکل (۲-۱۵) تا حدودی ضریب توان خط تغییر خواهد کرد و جریان راه اندازی Is=xIsc و گشتاور راه اندازی Ts=x²Tsc می باشد. نسبت گشتاور راه اندازی به



گشتاورهای نامی مطابق رابطه زیر می باشد.

شکل (۲-۱۵)

$$\frac{T_s}{T_n} = \left(\frac{I_s}{I_n}\right)^2 S_n = x^2 \left(\frac{I_{sc}}{I_n}\right)^2 S_n \quad (2-17)$$

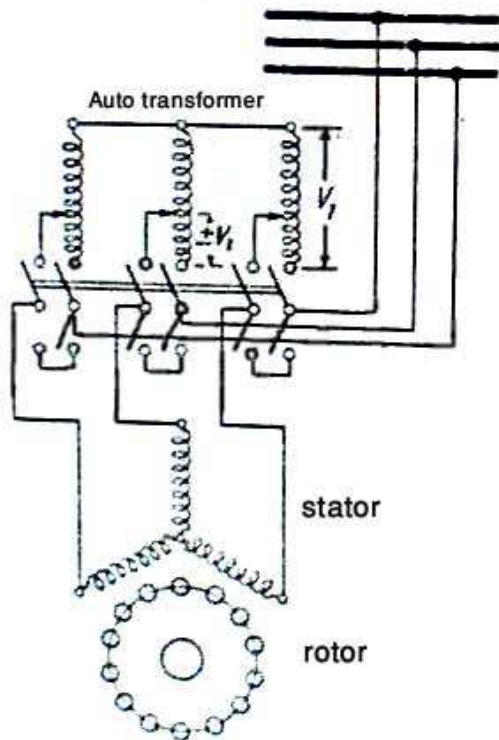
این روش راه اندازی برای ماشین های کوچک مناسب می باشد ولی کلید ستاره - مثلث ارزانتر است و گشتاور بهتر ایجاد می کند.

با استفاده از اتوترانسفورمر نیز می توان ولتاژ را به میزان x کاهش داد (شکل ۱۶-۲) .
بنابراین جریان راه اندازی $I_s = xI_x$ و گشتاور راه اندازی $T_s = x^2 T_{sc}$ می باشد . نسبت
گشتاورها می باشد .

$$\frac{T_s}{T_n} = \left(\frac{I_s}{I_n}\right)^2 S_n = x^2 \left(\frac{I_{sc}}{I_n}\right)^2 S_n \quad (2-18)$$

مزیت این روش این است که ولتاژ به وسیله ترانسفورماتور کاهش یافته است . نه به
وسیله افت پتانسیل در سر مقاومت . بنابراین جریان خط و قدرت ورودی نسبت به روش
قبل کاهش می یابد .

با صرف نظر از جریان مغناطیس کننده و تلفات اتوترانسفورمر ، در صورتی که جریان
خروجی اتوترانسفور I_s باشد و نسبت نیز x باشد آنگاه جریان ورودی $xI_s = x^2 I_{sc}$
می باشد بنابراین در این روش نسبت به روش قبل جریان خط به میزان x کاهش
می یابد .

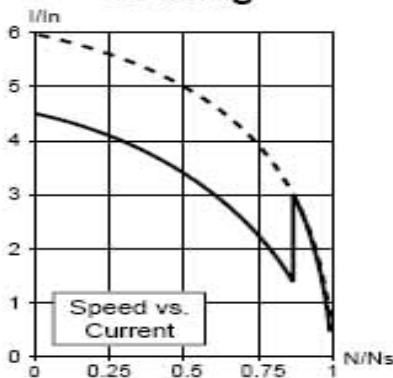


شکل (۱۶-۲)

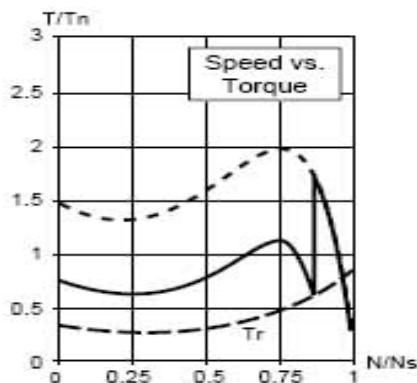
اتوترانسفورمر بعد از راه اندازی از مدار خارج می شود. زیرا بعد از راه اندازی ممکن است جریان افزایش یابد و از مقدار نامی اتوترانسفورمر تجاوز کند.

در شکل (۲-۱۷) نمودارهای جریان بر حسب سرعت و گشتاور بر حسب سرعت برای راه اندازی توسط اتوترانسفورماتور نمایش داده شده و قسمت نقطه چین آن مقایسه ای با شکل (۲-۱) یعنی راه اندازی مستقیم نمایش می دهد.

Autotransformer Starting



شکل (۲-۱۷)



(۲-۴) راه اندازی با استفاده از کلید ستاره مثلث :

با استفاده از کلید ستاره-مثلث می توان در شروع راه اندازی ولتاژ را به اندازه

$\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.58$ کاهش داد. همانطور که در شکل (۲-۱۸) مشاهده می شود دقیقاً مانند

حالتی است که از اتوترانسفورماتور با $x = 0.58$ استفاده می شود جریان راه اندازی

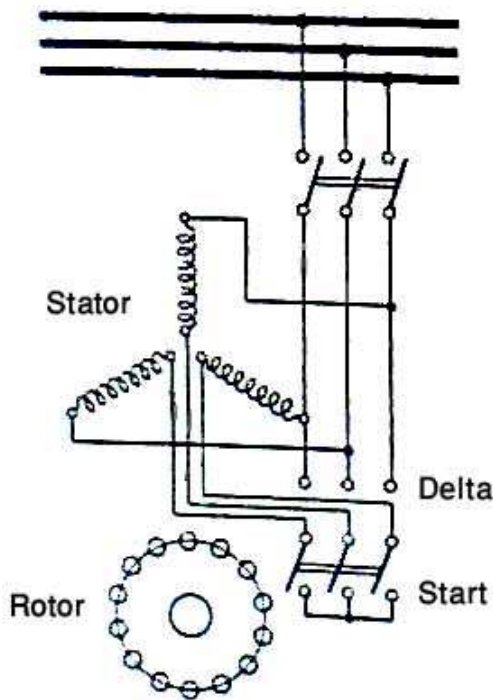
می باشد و جریان خط برابر:

$$(0.58)^2 I_{Sc} = 0.33 I_{Sc} \quad (2-19)$$

می باشد و گشتاور راه اندازی $\frac{1}{3}(0.33)$ گشتاور T_{sc} در حالت اتصال کوتاه می شود.

$$\frac{T_s}{T_x} = \frac{1}{3} \left(\frac{I_{sc}}{I_x} \right)^2 S_n \quad (2-20)$$

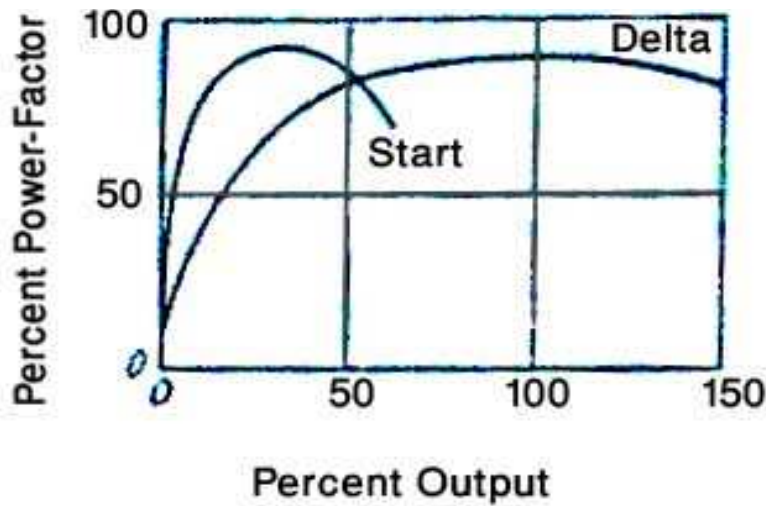
این روش ارزان و موثر است البته در صورتی که گشتاور راه اندازی از ۵۰٪ گشتاور نامی تجاوز نکند. این روش برای موتورهای با ولتاژ نامی بیشتر 3000v موثر نمی باشد زیرا در حالت مثلث در استاتور این ولتاژ روی هر فاز بسیار زیاد می باشد و مشکل عایقی در سیم پیچ ها ایجاد می کند. ولی در بارهای کم می توان از حالت ستاره استفاده نمود.



شکل (۲-۱۸)

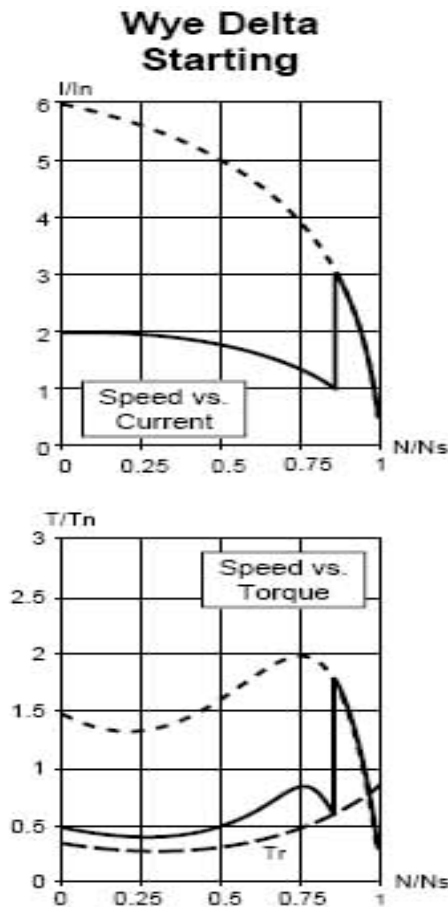
شکل (۲-۱۹) منحنی ضریب قدرت به توان خروجی را در حالت ستاره- مثلث نشان می دهد. با توجه به شکل مشخص است. در بارهای کم استفاده از حالت ستاره بازده را افزایش می دهد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooon.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید



شکل (۱۹-۲)

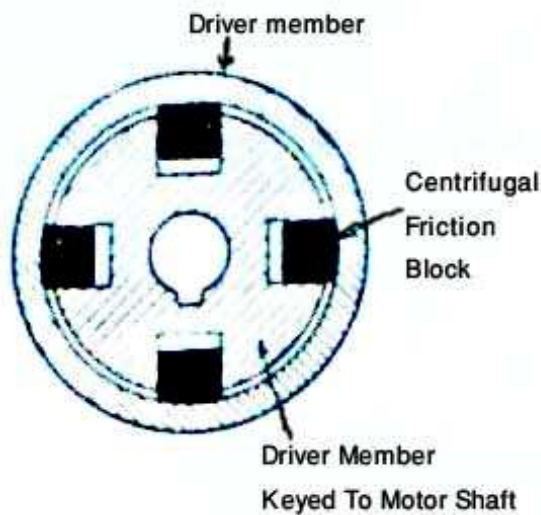
در شکل (۲۰-۲) نیز شما می توانید تغییرات جریان راه اندازی به سرعت و همچنین گشتاور راه اندازی به سرعت موتور را در نمودار مشاهده نمایید و قسمت نقطه چین حالت راه اندازی مستقیم را نشان می دهد که می توان مقایسه ای انجام داد .



شکل (۲۰-۲)

۲-۵) روش کلاچ گریز از مرکز :

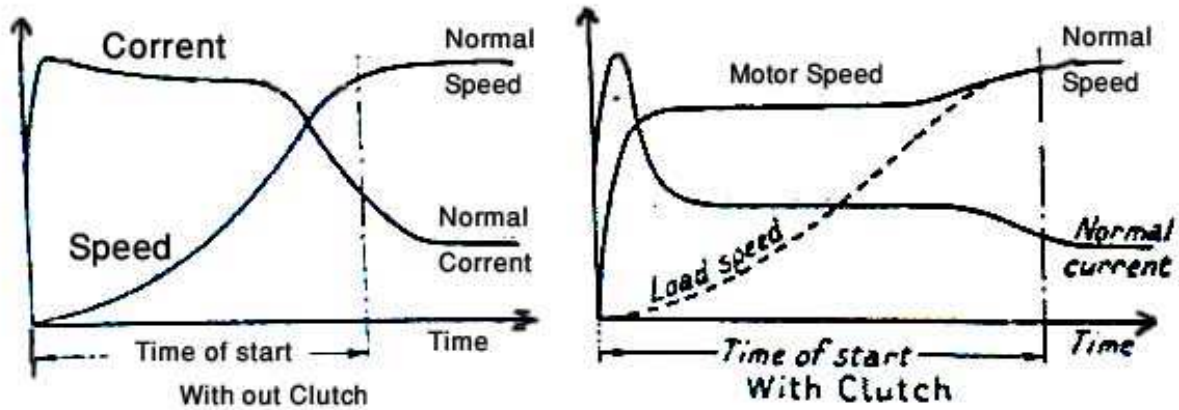
تمامی روش های ذکر شده در موتور قفس سنجایی گشتاور راه اندازی را کاهش می دهند
روش کلاچ گریز از مرکز سبب می شود که ماشین با گشتاور کم شروع به کار کند و با
دور گرفتن مقدار بار افزایش یابد ، همانطور که گشتاور توسعه یافته افزایش می یابد . در
شکل (۲-۲۱) یک نمونه کلاچ را نشان داده ایم .



شکل (۲-۲۱)

قسمت داخلی به محور موتور و قسمت خارجی به بار متصل است که با افزایش بار
بلوکها درگیر می شوند . در اثر نیروی گریز از مرکز دو قسمت داخلی و خارجی را با هم
درگیر می کنند .

استفاده از کلاچ گریز از مرکز موتور را در برابر اضافه بار حفاظت می کند . شکل
(۲-۲۲) منحنی های جریان - زمان و سرعت - زمان را در حالت با کلاچ و بدون کلاچ
مشخص می کند .

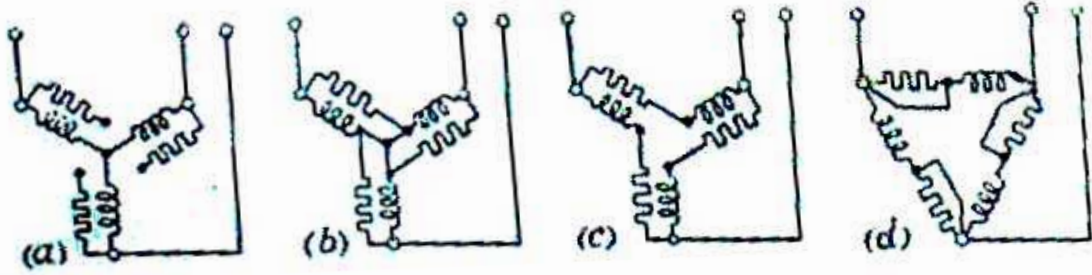


شکل (۲-۲۲)

تلفات I^2R خیلی کاهش می یابد یک روش مشابه کلاچ گریز از استفاده از تبدیل کننده گشتاور هیدرولیکی می باشد (کوپل با سیال).

۲-۶) پیک جریان حین راه اندازی :

در صورتیکه ولتاژ به میزان X کاهش پیدا کند جریان راه اندازی هم به جریان X کاهش خواهد یافت در حالتی که از کلید ستاره - مثلث استفاده راه اندازی استفاده می شود موتور تا لغزش ورود ۱۰٪ باید در حالت ستاره کار کند و لغزش کمتر از آن باید در حالت مثلث کار کند. در غیر این صورت جریان راه اندازی از جریان نامی بیشتر خواهد شد حتی در صورتی که از کلاچ گریز از مرکز استفاده شود باز هم پیک جریان تولید می شود. بطور کلی جریان حالت پایدار هنگامی برقرار می شود که موتور تا $\frac{2}{3}$ دور نامی سرعت گرفته باشد. جریان پیک لحظه ای ممکن است در اثر عوامل دیگری نیز ایجاد شود. بعنوان مثال در حالت کلید ستاره در ابتدا موتور در حالت ستاره است.



شکل (۲-۲۳)

عملکرد کلید ۰,۱ تا ۰,۳ ثانیه طول می کشد. در این زمان میدان گردان موتور از بین نرفته است. وقتی کلید وصل شد معلوم نیست میدان موتور نسبت به میدان استاتور چه وضعیتی داشته باشد. اگر در میدان هم جهت باشند جریان شدیدی برقرار می شد. برای جلوگیری از جریان شدید می توان از روشی که در شکل (۲-۲۳) آمده است استفاده کرد و مراحل عملکرد بترتیب d,c,b,a هستند و طرز عملکرد از شکل ها کاملا مشخص است.

۷-۲) دینامیک راه اندازی :

برای انتخاب یک موتور نحوه راه اندازی آن باید مشخص باشد گشتاور راه اندازی کم ممکن است زمان راه اندازی را طولانی کند و تلفات گرمایی موتورافزایش می یابد و زمان شتاب گیری - گشتاور توسعه یافته موتور، گشتاور مقاوم و شتاب جرم گردان را تامین می کند.

$$T = T_L + j \frac{dW_r}{dt}$$

T = گشتاور موتور

W_r = سرعت زاویه موتور

J = ممان ایزسی

t = زمان

و گشتاور شتاب دهنده $T_a =$ می باشد که به ترتیب در فرمول بالا مشاهده می نمایید .

و زمان راه اندازی نیز از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$t = j \int \left(\frac{1}{T_a} \right) d\omega \quad (2-21)$$

اگر بین دو سرعت W_n, W_m ثابت در نظر گرفته شود .

$$t = \left(\frac{1}{T_a} \right) (\omega_n - \omega_m) \quad (2-22)$$

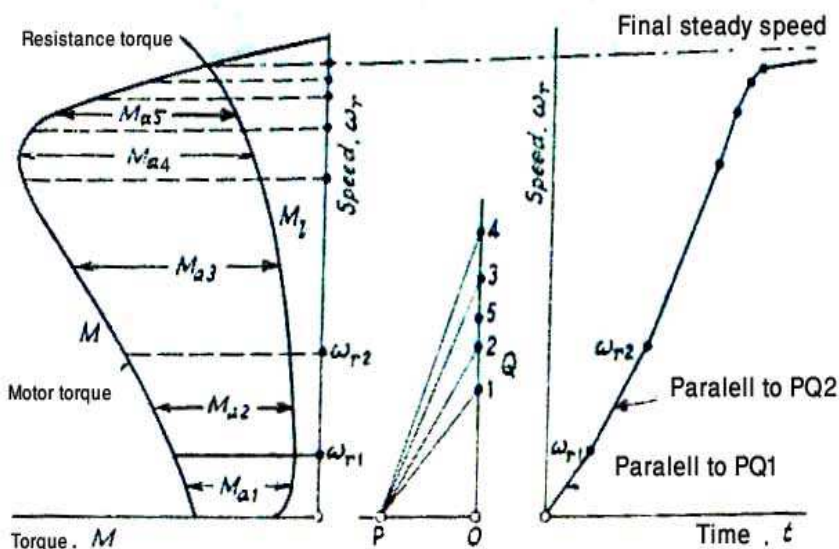
کل تعداد دور موتور از رابطه $\frac{1}{W_n} \int W_r \cdot d_t$ بدست می آید . محاسبه زمان راه اندازی با

انتگرال گیری مرحله به مرحله به دست می آید . شکل (۲-۲۴) روش گرافیک را نشان

می دهد معادله را به صورت $\frac{\Delta W_r}{\Delta t} = \frac{T_a}{j}$ می نویسیم مقدار T_a در هر مرحله از روی شکل

مشخص است . در هر مرحله مقدار برای T_a مقدار ثابتی در نظر می گیریم . یک زاویه

قائمه در نظر می گیریم .



شکل (۲-۲۴)

در روی یک ضلع آن $j=op$ را رسم می کنیم و روی ضلع دیگر آن مقدار T_a در هر

مرحله را قرار می دهیم ($OQ = T_a$) شیب خط مقدار $\frac{\Delta W_r}{\Delta t}$ را مشخص می کند و چون

ΔW_r معلوم است (فاصله ای که M_α در آن ثابت در نظر گرفته می شود) بنابراین

مقدار Δt مشخص می شود.

موتور با بار خالص:

فرض کنید هیچ گشتاور مقاوم و اصطکاکی در موتور وجود نداشته باشد و موتور مستقیماً به شبکه وصل می شود و مقدار رتور نیز ثابت است. نسبت گشتاور ماکزیمم و گشتاور نامی T_n مطابق رابطه زیر می باشد.

$$\frac{T}{T_m} = 2 \left[\left(\frac{s}{\alpha} \right) + \left(\frac{\alpha}{s} \right) \right] \quad (2-23)$$

$$T = T_a = j \left(\frac{dW_r}{d_t} \right)$$

که در رابطه بالا $\alpha = \frac{r_e}{x_e}$ می باشد و

$$\frac{T}{T_m} = \frac{Jw_1}{T_m} \cdot \frac{d}{d_t} \left(\frac{w_r}{w_1} \right) = - \frac{Jw_1}{T_m} \cdot \frac{d_s}{d_t} \quad (2-24)$$

w_1 سرعت سنکرون می باشد. از ترکیب دو رابطه داریم:

$$d_t = - \frac{1}{2} \frac{Jw_1}{T_m} \left(\frac{s}{\alpha} + \frac{\alpha}{3} \right) d_s \quad (2-25)$$

با انتگرال گیری معادله زیر به دست می آید:

$$t = \frac{Jw_1}{T_m} \left(\frac{1-s^2}{4\alpha} + \frac{\alpha}{s} L_n(1/S) \right) \quad (2-26)$$

همان اندازه گیری از لغزش ($S=1$) تا لغزش S بدست می آید.

گرم شدن رتور:

می توان جریان رتور را به صورت رابطه زیر نوشت:

$$I_2 \approx \frac{I_{2sc}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\alpha}{s} \right)^2}}$$

تلفات گرمایی موتور $\int I_2^2 r_2 dt$ می باشد. با استفاده از معادله (۲۵-۲) مقدار تلفات

محاسبه می شود.

$$W_2 = -\frac{I_{2sc}^2 r_2 J W_1}{2\alpha T_m} \int S ds = \frac{I_{2sc}^2 r_2 J W_2}{2\alpha T_m} \cdot \frac{1-S}{2} \quad (2-27)$$

در حین شتاب گیری موتور از $S=1$ تا لغزش $S=0$ گرمای رتور $\frac{I_{2sc}^2 r_2 J W_1}{4\alpha T_m}$ می باشد و

گشتاور ماکزیمم $T_m = \frac{1}{2} E_2 I_{2sc}$ می باشد و مقدار $\alpha = \frac{I_{2sc} r_e}{E_2}$ می باشد و مقدار بالا به

$W_2 = \frac{1}{2} J W_1^2$ ساده می شود که مشابه با مقدار انرژی دورانی جنبشی رتور می باشد.

بنابراین شتاب دادن یک جسم با ممان اینرسی و رسیدن آن به دور نامی تلفات حرارتی

به اندازه انرژی جنبشی در آن ایجاد می شود. این تلفات غیر قابل اجتناب است تنها راه

کاهش تلفات انتقال قسمتی از مقاومت موتور به خارج از موتور است که فقط در موتور

های با رتور سیم بندی شده و حلقه لغزشی این روش ممکن است.

۸-۲) راه اندازی موتورهای بزرگ به کمک خازن:

راه اندازی مستقیم موتورهای القایی بزرگ باعث افت ولتاژ شدیدی در شبکه قدرت می

شود. خوشبختانه چندین راه حل برای رفع این مشکل وجود دارد. بعضی از روش های

معمول عبارتند از اتوترانسفورماتور، راکتور و واحد ترانسفورماتور راه انداز

متاسفانه در تمامی این روش ها گشتاور راه انداز موتور کاهش می یابد و ممکن است در

این حالت موتور قادر نباشد به صورت کامل شتاب بگیرد.

راه اندازی خازنی از بعد دیگری با مشکل راه اندازی برخورد می کند و مزیت‌هایی نسبت به روش‌های دیگر راه اندازی که به آن اشاره کردیم دارد. مزیت عمده این روش نسبت به روش های قبلی این است که گشتاور راه اندازی در این حالت کاهش نمی یابد.

۸-۱-۲) مشکل راه اندازی موتورهای القایی بزرگ :

یک موتور القایی در حالت سکون می تواند به صورت یک ترانسفورماتور که ثانویه آن اتصال کوتاه است مدل گردد. بنابراین با اعمال ولتاژ به موتور، جریان شدیدی از شبکه قدرت کشیده می شود. که باعث کاهش ولتاژ شبکه می شود. مقدار کاهش این ولتاژ بستگی به جریان و امپدانس سیستم قدرت دارد. به علت طبیعت شدید القایی موتور در حالت سنکرون ضریب قدرت جریان راه اندازی موتور فوق العاده ناچیز است و این مقدار حدود ۰,۲ تا ۰,۱ است همزمان با شتاب گرفتن موتور جریان راه اندازی نیز کاهش می یابد و به این ترتیب افت ولتاژ شبکه از بین می رود.

کاهش ولتاژ ناشی از راه اندازی موتورهای القایی از دو جهت برای شبکه قدرت زیان بار می باشد اولاً اگر این کاهش ولتاژ به اندازه کافی بزرگ باشد باعث عملکرد غلط وسایل حساس به ولتاژمانند کامپیوترها و رله ها می شود و نیز کنتاکتورهای الکترو مغناطیسی که موتور را به شبکه متصل کرده اند در اثر این کاهش ولتاژ قطع خواهند شد. ثانیاً سیستم‌های روشنایی که توسط شبکه قدرت تغذیه می شوند به صورت ناراحت کننده ای تحت تاثیر قرار می گیرند در هنگام راه اندازی موتورهای القایی بزرگ ممکن است که علاوه بر ولتاژ شبکه، فرکانس سیستم قدرت نیز تحت تاثیر قرار بگیرد.

۲-۸-۲) عملکرد یک سیستم راه اندازی خازنی :

یک سیستم راه اندازی موتور را از دید سیستم قدرت به وسیله حذف قسمت راکتیو جریان راه اندازی کاهش می دهد این کاهش جریان راه اندازی باعث کاهش افت ولتاژ در شبکه قدرت می شود . برای کاهش موثر است ولتاژ ناشی از راه اندازی موتور احتیاج به یک سیستم کنترل و یک سیستم قطع و وصل. کننده خازنها در زمان راه اندازی داریم . با توجه به این مطالب یک سیستم راه انداز خازنی شامل سه قسمت اصلی می باشد که عبارتند از :

۱- بانک خازن

۲- یک سیستم کنترل برای فرمان کلیدها در هنگام راه اندازی

۳- یک سیستم کلید زنی سریع

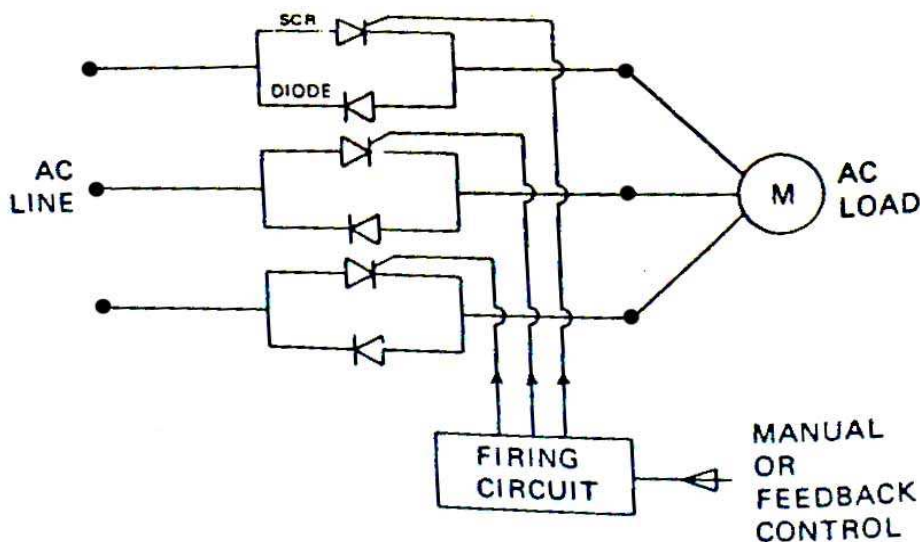
فصل سوم:

« راه اندازی تریستوری موتورهای القایی »



مقدمه:

با پیدایش المان های الکترونیک قدرت و به خصوص تریستورها دیگر دوران راه اندازهای الکترو مکانیکی به پایان رسیده است . عناصر نیمه هادی که در زمینه های مختلف جهت بالا بردن بازدهی و تکمیل راه انداز ها در جهت در رفع اشکالات آنها به کار می روند . راه انداز تریستوری موتور AC یک کنترل کننده سه فاز است که بین شبکه قدرت و موتور قرار می گیرد و ولتاژ راه اندازی موتور را کاهش می دهد . شمای کلی یک راه انداز تریستوری در شکل (۳-۱) نمایش داده شده است .

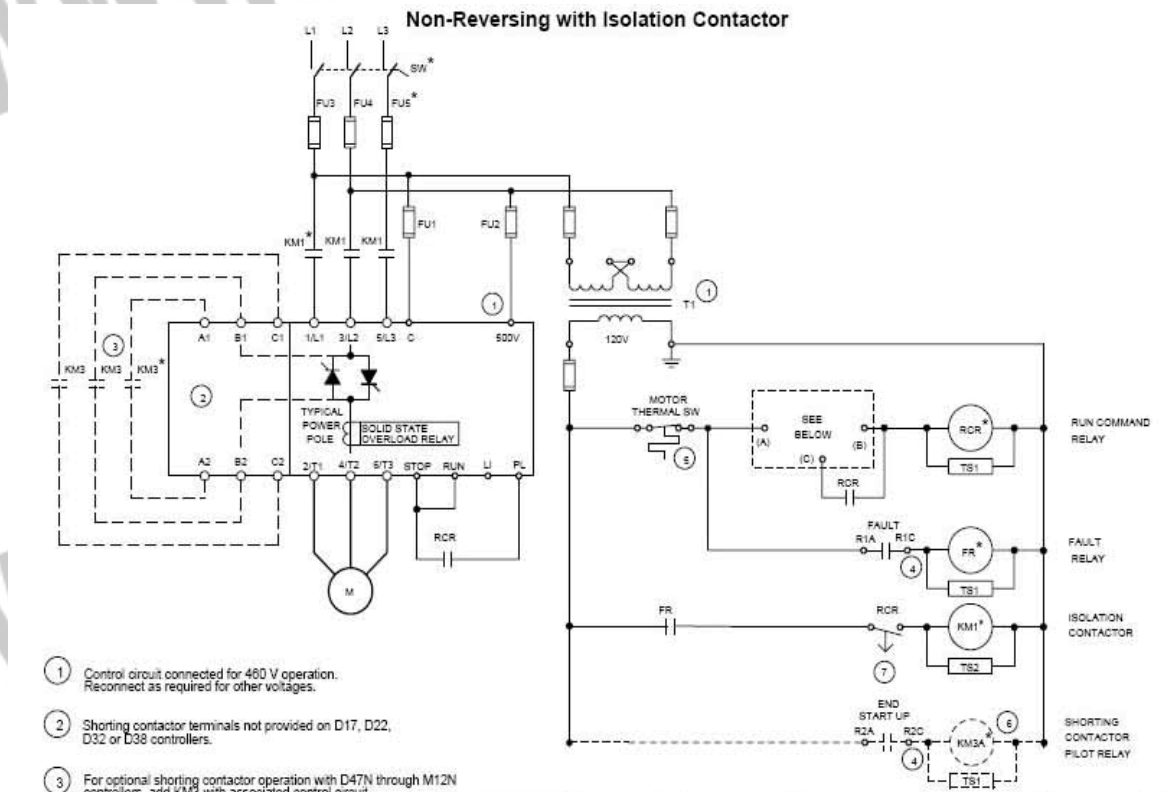


شکل (۳-۱)

مدار شکل (۳-۱) در ازای کم هزینه بودن ، تلفات اضافی در موتور پیچیده تر شدن مدار حفاظتی از مشکلات این طرح می باشد . مداری در شکل (۳-۲) می بینید اشکالات مدار قبلی را ندارد و بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد . کنترل کامل با استفاده از سه تریستور نیز امکان پذیر می باشد . به این شرط که هر شش سر سیم پیچهای استاتور در

دسترس باشد. امروزه از مقاله هایی که توسط سازمان IEEE منتشر می شود بررسی جامعی بر روی آرایشهای مختلف ترستورها شده است.

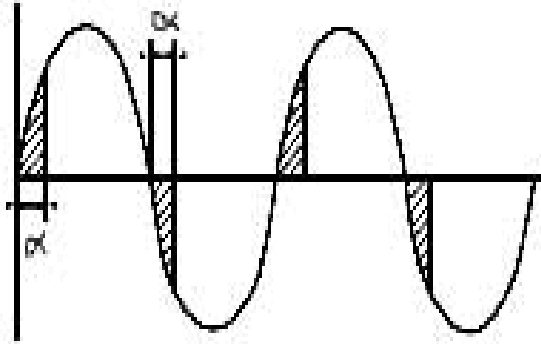
در سیستم های راه انداز ترستوری حدود ۶۰٪ هزینه مربوط به مدار قدرت و ۴۰٪ با قیمتی که امروزه مدارهای شبیه مدار زیر را شرکت های معتبری همانند تله مکانیک فرانسه (Telemecanique) که یکی از سازندگان بزرگ soft starter می باشد در درایوهای استارتر خود که در خانواده Alti start . LH4 و نیز AST 48 می کنند.



شکل (۳-۲)

این نوع درایوها را تغییر زاویه آتش ترستورها به طرزی که در قسمت های بعدی مفصل توضیح داده می شود همانند شکل (۳-۳) سبب می شود که ولتاژ RMS به صورت زیر

کاهش یابد. که روش کارتریستورها به صورت کامل در قسمت معرفی مدارهای قدرت
نمایش داده می شود.



شکل (۳-۳)

این نوع درایوها با نام Soft starter و در پکیجهای شبیه به شکل (۳-۴) به صنعت ارائه
می شوند.

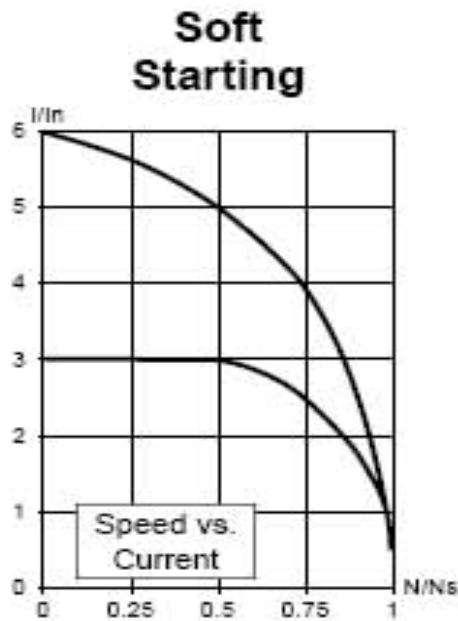


شکل (۳-۴)

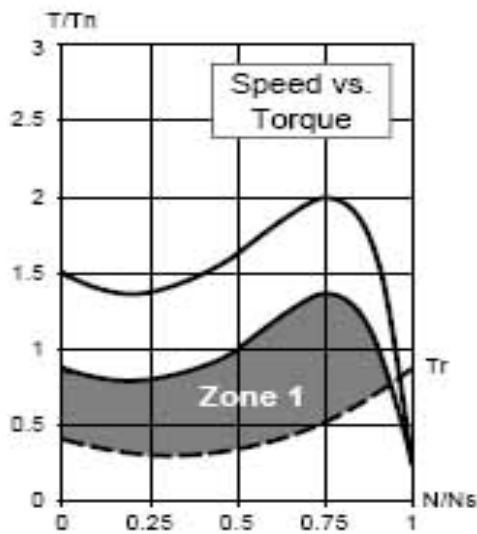
در ادامه مقایسه ای که برای انواع راه اندازها داشتیم برای راه اندازهای تریستوری که به
عنوان Soft start یاد کردیم نیز نمودارهای گشتاور به دور نامی و جریان به دور نامی را
رسم می نماییم. همانطور که در شکل (۳-۵) ملاحظه می فرمائید در راه اندازی توسط این
نوع راه انداز گشتاور راه اندازی بالاتر و با وسعت ناحیه ای بیشتر و نیز جریان راه

اندازی حداکثر بین مقادیر ۳ برابر جریان نامی می باشد. البته این مقدار ممکن است در

استارترهای مختلف تغییر کند ولی حداکثر به ۵ برابر جریان نامی می رسد .



شکل (۳-۵)



همانطور که از نمودارهای شکل (۳-۵) بر می آید می توان فهمید که برایند دو گشتاور

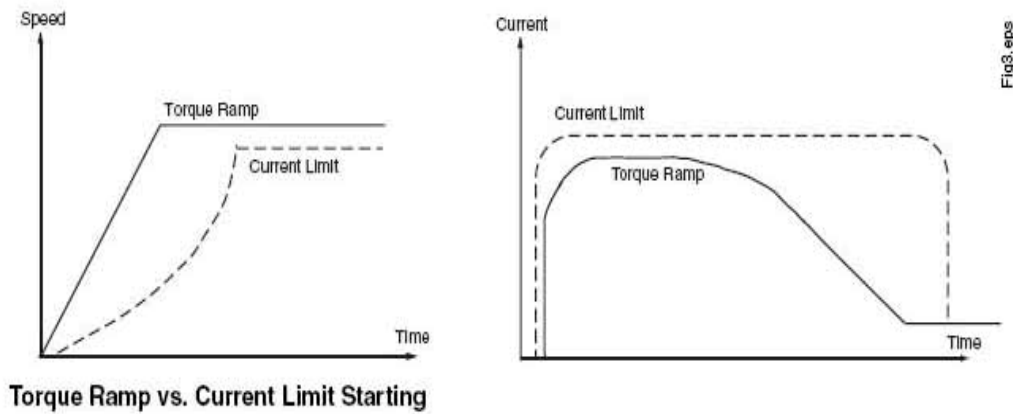
تولیدی موتور و مقلوم بار مثبت می باشد بنابراین سرعت گرفتن موتور از یک نمودار

خطی پیروی می کند این سیستم را سیستم استاندارد TCS یا روشن کنترل گشتاور می

گویند (Torque Control System) این روش علاوه بر بالا بردن گشتاور جهت سرعت

گرفتن سریع موتور سبب محدود شدن جریان و نیز کاهش تلفات جریان زمان را در

راه اندازی می شود. در شکل (۶ - ۳) شما می توانید نمودارهای سرعت - زمان و همچنین جریان - زمان را در راه اندازی توسط این سیستم در شکل زیر ملاحظه نمایید.



شکل (۳-۶)

۳-۲) مدهای کنترل:

کاهش ولتاژ با استفاده از تریستورها به کمک تغییر زاویه آتش صورت می گیرد. با توجه به اینکه سه روش برای کنترل ولتاژ موتور در حال راه اندازی بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

الف) کنترل زمان راه اندازی: در این حالت ولتاژ موتور بدون اینکه فیدبکی از موتور گرفته باشیم افزایش می یابد. نرخ افزایش ولتاژ قبلاً تنظیم می شود.

ب) کنترل شتاب راه اندازی: ولتاژ موتور به گونه ای تغییر می کند که بتوان شتاب موتور را هم در حالت راه اندازی و هم در حالت توقف در یک حد معین که از قبل تنظیم می شود، کنترل کرد. فیدبک لازم در این حالت توسط یک تاکومتر که به محور موتور متصل است بدست می آید.

ج) ولتاژ موتور به گونه ای تغییر می کند که جریان موتور در یک حد مشخصی که از قبل تنظیم می شود محدود شود. در این حالت از جریان موتور فیدبک گرفته می شود. هر یک از این مدهای کنترل دارای مشخصه هایی هستند که در اینجا مورد بررسی قرار می دهیم.

۳-۲-۱) کنترل راه اندازی:

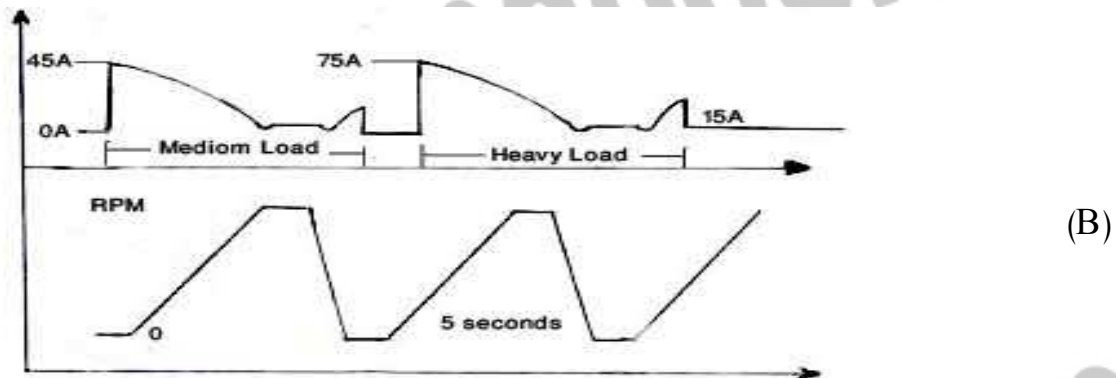
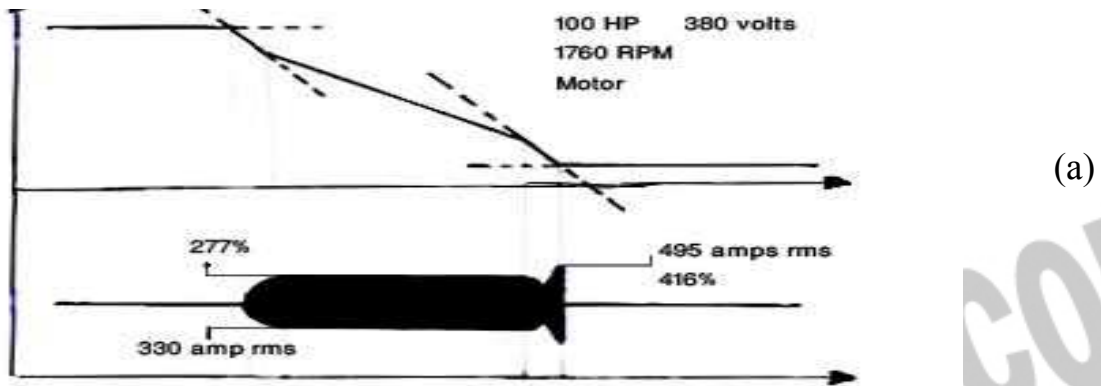
از این مد زمانی استفاده می شود که بخواهیم بعد از یک زمان معین تمام ولتاژ شبکه تحت هر وضعیت به موتور اعمال شود بدون اینکه به جریان و یا سرعت موتور توجه کنیم. این مد کنترل مطابق با سایر طرح های معمولی راه اندازی می باشد که به جز زمان راه اندازی تنظیم دیگری ندارد.

۳-۲-۲) کنترل شتاب راه اندازی:

از این مد کنترلی به صورت وسیع برای تله کابین ها، نقاله ها و مواردی که موتور القایی جایگزین موتور DC می شوند استفاده می شود. همچنین از این مد کنترلی در پروسه های ماشین هایی مثل کشش سیم که نیاز به زمان شتابگیری ضروری است، استفاده می شود.

تنظیم شتاب ماشین در حالت توقف یک امکان اضافی است. در این حالت زمان توقف ماشین کمتر می باشد.

شکل (۳-۷) مشخصه راه اندازی را برای مدهای را برای مدهای مختلف راه اندازی مقایسه می کند.



شکل (۳-۷)

راه انداز تریستوری بیشتر برای موتورهای کلاس B «طبق استاندارد VENA» به کار برده می شود و در بعضی موارد که راه اندازی بار با اینرسی زیاد و یا بار با گشتاور راه انداز مورد نیاز باشد این روش راه اندازی استفاده می شود و برای موتورهای طرح DC نیز مناسب می باشد. همچنین از این روش راه اندازی می توان در مواردی که از تاکتیک کاهش ولتاژ راه اندازی بهره می برند. توسط روش TCS استفاده کرد. این روش کاربردهای بسیاری در صنعت ایفا می کند از جمله این کاربردها به موارد زیر اشاره می کنیم.

- کنترل بهتر حالت های گذرا در سیستم های هیدرولیکی شامل:

(الف) تغییرات تدریجی مایع به شیرآلات و منابع ذخیره.

ب) کاهش فشار مایع به شیرآلات و منابع ذخیره.

ج) جلوگیری از آسیب رسیدن به فیلترها و نازلها.



شکل (۸ - ۳)

- کنترل فن ها و میکسرها و ماشین هایی با اینرسی بالا:

الف) استارت نرم و آهسته برای جلوگیری از تنش در رینگ و تسمه ها.

ب) جلوگیری از افت جریان و ولتاژ در استارت.

ج) عمل تغییر جهت چرخش فن در حالت کار.



شکل (۹ - ۳)

- کنترل کمپرسورها:

الف) کاهش پیک جریان.

ب) جلوگیری از لغزش تسمه ها.

ج) حفاظت از لغزش موتورهای ویژه.

د) حفاظت در مقابل جابجایی فازها.



شکل (۳-۱۰)

- کنترل نوارهای نقاله:

استارت نرم و آهسته، کاهش شک و لغزش تسمه ها.



شکل (۳-۱۱)

در مد کنترل شتاب حفاظ موتور در مقابل دمای بالا دارای اهمیت خاصی می باشد. به دلیل اینکه در حالت راه اندازی تلفات خیلی زیاد است و در صورتی که زمان شتاب مناسب نباشد دمای سیم پیچ موتور بالا می رود و ممکن است که موتور بسوزد. بنابراین باید شرطی را گذاشت که به ازای آن شرط، راه اندازی متوقف شود. حفاظت های معمولی اضافه بار برای این منظور مناسب نیستند. بنابراین توصیه می شود که یک آشکار کننده حرارتی در داخل سیم پیچی رتور نصب گردد.

نکته دیگری که باید به آن توجه گردد این است که سیستم راه انداز می تواند به عنوان کنترل کننده ولتاژ برای تنظیم سرعت موتورهای AC به صورت دائم مورد استفاده قرار بگیرد. اما از این سیستم ها نباید برای این عملکرد به هر زمان کوتاه راه اندازی استفاده شود. زیرا موتورهای القایی معمولی برای کنترل سرعت با استفاده از کاهش ولتاژ

استاتور طراحی شده اند. بنابراین برای این منظور باید هماهنگی دقیق بین مشخصه های موتور، سیستم کنترل و بار وجود داشته باشد. سیستم های ساخته شده اند که برای هر دو منظور کنترل سرعت و راه اندازی طراحی شده اند. کنترل سرعت می تواند هم برای بارهای متغییر هم بارهای گشتاور ثابت مانند آسانسور و بالابرها.

۳-۳- مشخصات راه اندازهای تریستوری:

۱- قابلیت تنظیم تریستورها به کمک تغییر زاویه آتش به ما این امکان را می دهد که بتوانیم ولتاژ موتور را به صورت پیوسته افزایش دهیم.

۲- در راه اندازهای تریستوری همانند راه اندازهای الکترومکانیکی فرسودگی وجود ندارد. بنابراین عملکرد تکراری و مستمر مشکلی را به وجود نمی آورد.

۳- سیستمهای مکانیکی به علت افت ولتاژ و سر کنتاکت هایشان نسبت به تریستورها تلفات کمتری را ایجاد می کنند.

۴- در راه اندازهای الکترونیکی بار از شبکه جدا می شود ولی در راه اندازهای تریستوری بار به صورت ایزوله از شبکه نمی باشد.

با توجه به مطالب بالا در بیشتر موارد ترکیبی از سیستم های تریستوری و الکترو مکانیکی را به کار می برند.

- ترتیب عملیات این سیستم به صورت زیر می باشند:

الف) تریستورهای اول و دوم (T_1 , T_2) ولتاژ موتور را در زمان راه اندازی کاهش می دهند.

ب) وقتی ولتاژ موتور به مقدار حداکثر خود رسید کنتاکتور موازی با آنها بسته می شوند و جریان از طریق آن به بار می رسد.

ج) اگر بخواهیم توقف آرامی نیز داشته باشیم کنتاکتور باز و ولتاژ توسط تریستورهای موازی و معکوس بتدریج کاهش می یابد تا موتور بایستد.

۳- ۴) شرح مدارهای متداول راه اندازهای تریستوری:

مدار راه انداز تریستوری به شیوه انتقال زاویه آتش را می توان به صورت کلی شامل دو قسمت زیر دانست:

۱- مدار قدرت.

۲- مدار فرمان.

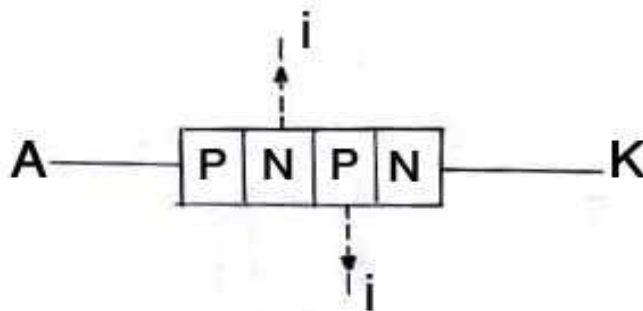
۳- ۵) مدار قدرت:

مدار قدرت را می توان به دو قسمت اصلی تریستور و هیت سینک تقسیم کرد. تریستورها کلیدهای نیمه هادی هستند که جریان را در یک جهت از خود عبور می دهند. وقتی تریستورها به صورت موازی و معکوس بسته شوند. می توانند به عنوان کنترل کننده ولتاژ مورد استفاده قرار بگیرند دو مشخصه اساسی برای تعیین تریستور در یک سیستم راه انداز موتور وجود دارد که عبارتند از ولتاژ و جریان نامی تریستور. جریان مجاز تریستور در یک سیستم راه انداز موتور وجود دارد که عبارتند از ولتاژ و جریان نامی تریستور. جریان مجاز تریستور بسته به جریان نامی و انتقال حرارت تریستور دارد و معمولاً ولتاژ اند به کاتد تریستور در حالت انتقال حدود ۱۰۲ ولت می باشد. حاصلضرب این افت ولتاژ و جریان عبوری از تریستور را می توان معیاری برای تلفات

تریستور در نظر گرفت که سبب گرما و ایجاد حرارت می شود و این حرارت توسط هیئت سینک خارج می شود. هیئت سینک ها معمولاً با جریان هوا، فن ها و آب عمل می کنند. تعیین ولتاژ نامی و مجاز تریستور نیز بسته به کار و شرایط و مشخصات کاری می باشد. تریستور نیز مانند بقیه المان ها دارای ولتاژ حد نهایی هستند که اگر بالاتر از آن ولتاژ به آنها برسد حتی در زمان $1 \mu s$ میکرو ثانیه سبب سوختن آنها می شود. توانایی استقامت تریستور در مقابل فشار ولتاژ را توسط اندازه گیری مقدار مجاز ولتاژ معکوس PIV و ولتاژ مستقیم مشخص می کنند و معمولاً در استانداردهای مقدار ولتاژ PIV و PEV را $2/5$ برابر ولتاژ نامی در نظر می گیرند. اضافه ولتاژهای سوزنی و ناگهانی شبکه را نیز توسط یک مدار RC که با تریستور موازی است. جذب می شوند.

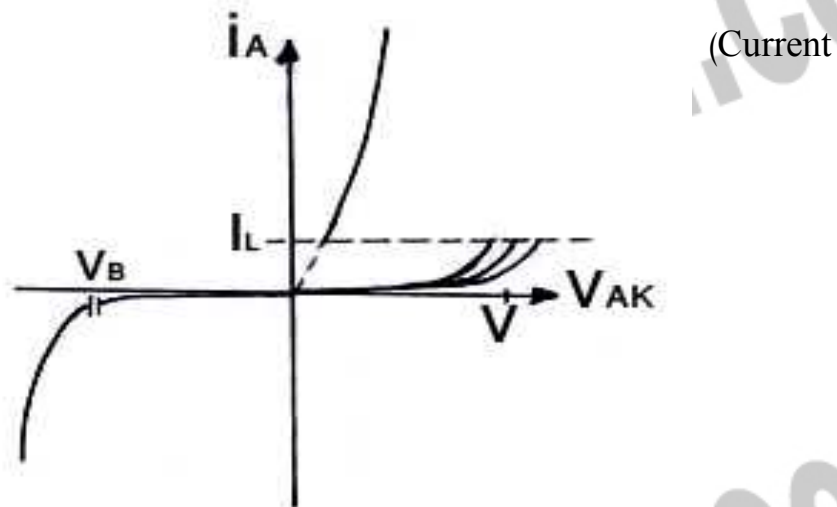
۳-۵-۱) معرفی تریستور:

تریستور یا SCR (Silicon Control Rectifier) دیودی چهار لایه است که یک ترمینال به p و یک ترمینال به N اضافه می کنیم تا روشن شدن دیود تحت کنترل ما باشد. اگر اتصال جدید روی P قرار داشته باشد یک جریان (حفره) القاء می کنیم و با این کار عملاً P را افزایش داده ایم و یا از n جریان می کشیم که باز هم باعث ارتقاء نیمه هادی شده و باعث شکست در ناحیه تخلیه می شود و فقط ولتاژ A-K در بایاس مستقیم بودن تأثیر دارد. تریستور در شکل (۱۲-۳) نمایش داده شده است.



شکل (۱۲-۳)

البته باید توجه داشت که از تریستوری که گیت آن روی آند قرار دارد در قدرتهای بالا نمی توان استفاده کرد به همین منظور به آن P.U.T می گویند نه تریستور و در واقع تتریستور نوعی تراتریستور است. پس تریستور عنصری است که وقتی ولتاژ آند را کاتد بیشتر است روشن نمی شود. مگر اینکه به گیت آن فرمان دهیم ولی وقتی ولتاژ آند و کاتد منفی است دقیقاً همانند یک دیود بایاس معکوس عمل می کند. و خاموش است. تریستور وقتی که روشن می شود خود نگهدار می شود و لازم نیست ولتاژ روی گیت آن باقی بماند (یک فرمان سوزنی شکل به گیت نیز برای روشن کردن آن کافی است). ولی این المان زمانی روشن می ماند که حداقل مقدار I_L یا جریان قفل کننده از آن عبور کند این جریان در نمودار شکل (۱۳-۳) نشان داده شده است. و همچنین تا زمانی روشن باقی می ماند که جریان I_H یعنی جریان نگهدارنده از آن عبور می کند (Holding

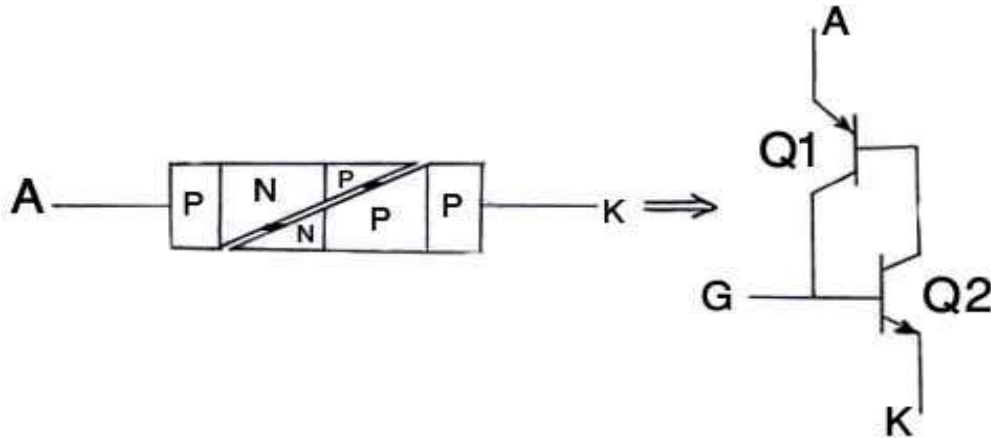


شکل (۱۳-۳)

۳-۵-۱) مدل دو ترانزیستوری تریستور:

می توانیم با استفاده از دو ترانزیستور عملکرد تریستور را توجیه کنیم. شکل (۱۴-۳)

مدل دو ترانزیستوری را نمایش می دهد.



شکل (۱۴-۳)

بسته به اینکه ترانزیستور را Q_1 و کدام را Q_2 بگیریم α_1, α_2 را بدست می آوریم و سپس

داریم:

$$I_A = \frac{I_{Co1} + I_{Co2} + \alpha_2 I}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (3-1)$$

که I_{Co} جریان اشباع معکوس و یا همان جریان نشتی نام دارد.

۳-۵-۱-۲) روش های روشن شدن تریستور:

این المان می تواند توسط روشهای زیر روشن و خاموش شود.

۱- روش جریان گیت.

۲- روش افزایش دما.

۳- روش ولتاژ گیت.

۴- روش نوری (در مورد تریستورهای محرک نوری یا (Photo tristor) هستند).

۵- افزایش نرخ $\frac{dv}{dt}$.

واریستورها نیز گاه در مدارهای راه انداز مورد استفاده قرار می گیرند. این قطعات

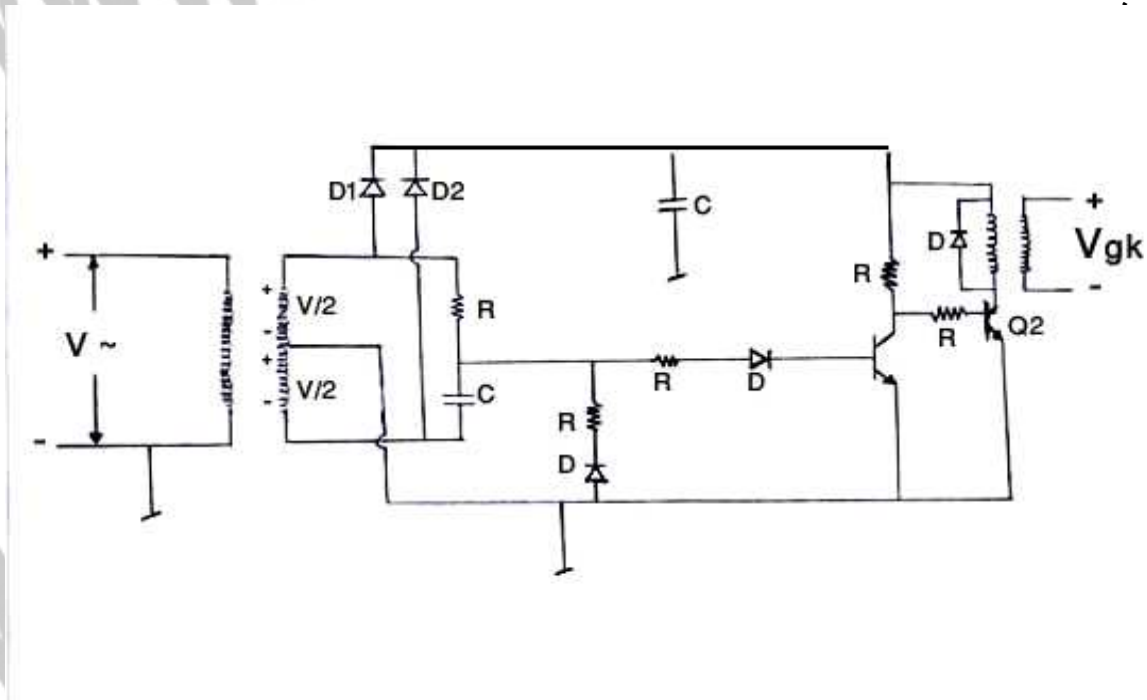
عنصری هستند که غیر خطی عمل می کنند و برای برش ولتاژ به کار می روند و به

صورت موازی با تریستورها و یا بین شبکه و یا بین دو فاز شبکه و یا دو فاز موتور

قرار می گیرند. طرز تهیه شبیه به دیودهای زنز می باشد به جز اینکه دو قطبی بوده و دارای توان و ولتاژ نامی بالاتری می باشند. وقتی ولتاژ دو سر واریستور به ولتاژ برش رسید جریان به سرعت از مدار واریستور عبور کرده و انرژی آن در این قطعه تلف می شود.

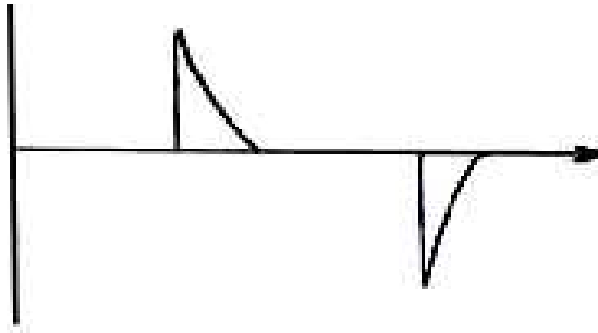
۳-۶- مدار فرمان:

مدار فرمان برای تریستورها مداری می باشد که فرمان آتش (پالس های فرمان) با زاویه های قابل تنظیم و متغییر تولید کند. یک مدار فرمان ساده و اولیه به صورت زیر می باشد.



شکل (۱۵-۳)

همانطور که مشاهده می کنید زاویه آتش پالس سوزی خروجی از مقدرتار صفر تا 180° تغییر می کند V_g که همان خروجی سوزنی شکل از سر ثانویه ترانس پالس T_2 می باشد که به گیت تریستور فرمان می دهد و به صورت زیر محاسبه می شود.



شکل (۱۶-۳)

در فرمول زیر مقدار ولتاژ گیت را نسبت به پارامترهای معین زیر مشاهده می نمایید :

$$V_g = \frac{V_m}{2} \sin(\omega t - 2\phi) \quad (3-2)$$

که مقدار 2ϕ همان مقدار α یعنی زاویه آتش تریستور می باشد.

$$\alpha = 2\phi \quad (3-3)$$

و مقدار ϕ نیز از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$\phi = \text{tg}^{-1} RC\omega \quad (3-4)$$

پس می توان نتیجه گرفت که با تغییر مقدار R می توان زاویه آتش را در دست گرفت.

در مدار بالا برای محافظت از ترانس پالس که در حالت ac کار می کند و در نیم سیکل

منفی با یک جریان DC مواجه است که نوعی اتصال کوتاه را سبب می شود مقاومت R_2

راقرار می دهیم.

و همچنین برای محافظت در مقابل KVL در حلقه سمت اولیه یک دیود هرزگرد (D_3) با

ترانس موازی کردیم که در موقع قطع ترانزیستور دوم جریان اشباع معکوس سبب

سوختن ترانزیستور ۲ نشود. در مدارهایی که برای انتقال زاویه آتش در راه اندازها

استفاده می شوند اجزاء اصلی زیر وجود دارند:

الف) مدار آتش کننده.

ب) مدار تقویت کننده.

ج) مدار محدود کننده.

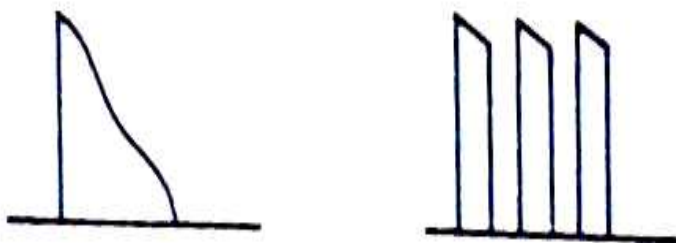
د) مدار خطای جریان.

در زیر به توضیح هر یک از قسمت های این مدارها می پردازیم.

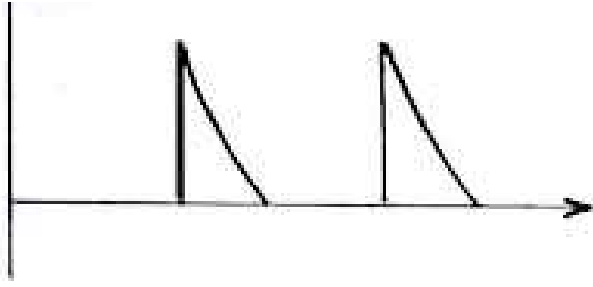
۳-۶-۱) مدار آتش کننده:

این مدار فرمان های آتش را برای تریستورها ایجاد می کند. همانند مدار شکل (۳-۱۵) پالس های فرمان به گونه ای طرح می شوند. که جریان بالایی را برای مدت کوتاهی به مدار گیت تزریق کنند.

پس جریان گیت را کاهش داده و به مدار گیت اعمال می کنند. تا تریستور کاملاً روشن شود در شروع هدایت جریان توسط تریستور، فقط جزء کوچکی از لاتِه های نیمه هادی در هدایت جریان نقش دارند. بعد از چند میکرو ثانیه جریان در تمام مقطع نیمه هادی منتشر می شود. بنابراین در طراحی مدارهای آتش کننده مانند مدار شکل (۳-۱۵) کوشش شده است که پیشانی موج پالس های فرمان تا آنجا که ممکن است تیز بوده و دامنه آن زیاد باشد تا به این وسیله تریستور سریعاً به هدایت کامل برسد و چگالی جریان به حداقل برسد (شکل ۳-۱۷) برای رسیدن به این هدف روش های متداول زیر وجود دارند.



شکل (۳-۱۷)



شکل (۱۸-۳)

در یک سیستم سه فاز به شش فرمان آتش مجزا نیاز داریم. قابلیت مدار برای حفظ دقیق اختلاف زاویه بین این شش فرمان آتش برای تعادل جریان استاتور اهمیت زیادی دارد. در یک طراحی خوب برای اختلاف 180° مربوط دو تریستور که به صورت موازی و معکوس بسته شده اند. دقت فرمان های آتش بایستی در حدود (μs) میکرو ثانیه ها و حتی نانو ثانیه ها باشد. زیرا در غیر اینصورت یک مولفه DC به وجود می آید که باعث گرم شدن و عملکرد نامناسب موتور می شود. در صنعت این کار را با مرجع قرار دادن نقطه ای که موج ولتاژ در هر سیکل و در هر فاز صفر می شود، انجام می دهند. مدارهای آتش کننده دیجیتال به صورت گسترده ای در راه اندازهای تریستوری مورد استفاده قرار می گیرند. این مدارها علاوه بر اینکه کم هزینه می باشند دارای دقت خوبی نیز هستند.

۳-۶-۲) مدار تقویت کننده:

این قسمت از مدار فرمان یک ولتاژ آنالوگ را برای مدار آتش کننده فراهم می کند که به وسیله آن زاویه آتش کنترل می شود. (که در قسمت اول مدار شکل ۱۵-۳ مشاهده می کنید) مقدار این ولتاژ در طراحی های متفاوت، متفاوت می باشند. اما عموماً به ازای ولتاژ صفر ولتاژ خروجی صفر و به ازای ولتاژ ۱۰ ولت، تریستورها کاملاً روشن خواهند بود. متناسب با این تغییرات ولتاژ، ولتاژ خروجی نیز تغییر می کند. بنابراین می توان شکل این

ولتاژ را به گونه ای انتخاب کرد که موتور و بار متصل به آن به صورت نرم راه اندازی شوند.

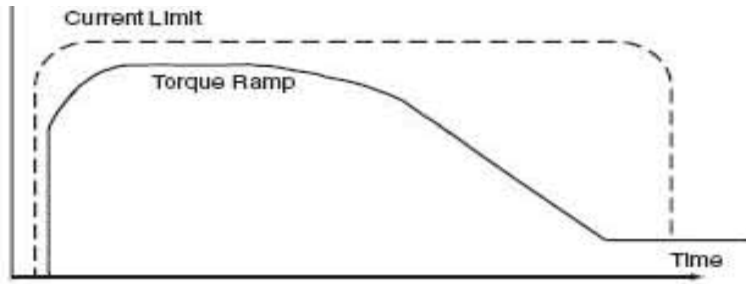
گشتاور خروجی در یک موتور القایی متناسب با مربع ولتاژ اعمال شده به استاتور آن می باشد. برای مثال اگر گشتاور موتور به ازای ولتاژ نامی آن ۱۰۰٪ فرض شود گشتاور آن موتور به ازای ۵۰٪ ولتاژ نامی، به ۲۵٪ می رسد. با توجه به نکته ای که ذکر شد مایل نیستیم که در راه اندازی یک موتور ولتاژ استاتور را از صفر افزایش دهیم زیرا تا قبل از اینکه موتور شروع به حرکت کند، جریان جذب شده توسط موتور به حرارت تبدیل می شود گشتاور شکست موتورها (یعنی گشتاوری که به ازای آن موتور شروع به حرکت می کند)

در محدوده وسیعی تغییر می کند. برای جبران این مشکل، در راه اندازهای تریستوری می توان ولتاژ شروع راه اندازی را تنظیم کرد. بعد از اینکه ولتاژ موتور به ولتاژ شکست رسید می توان ولتاژ موتور را در یک زمان مشخص و قابل تنظیم به حداکثر رساند. این زمان را می توان در بازه صفر تا ۳۰ ثانیه تنظیم کرد.

۳-۶-۳) مزیت عمده راه اندازی موتور به شیوه تریستوری و انتقال زاویه آتش،

وجود مدار محدود کننده جریان می باشد:

بر خلاف روش های معمول راه اندازی مانند ستاره مثلث مناسب، بهترین عملکرد در ابرای موتور فراهم کرد. وجود مدار سبب افزایش ناگهانی ها جریان راه اندازی می شوند.



شکل (۳-۱۹)

۳-۶-۴) مدار خطای جریان:

با راه اندازی موتور باید حفاظت های اضافه بار نیز فعال شوند. به علت وجود مدارهای الکترونیکی در مدار فرمان راه اندازمان این کار به آسانی صورت می گیرد. نامی موتور باشند نیست و می توان کمک یک ولوم یا یک کلید راه اندازی را برای یک موتور خاص تنظیم کرد.

۳-۷) طراحی و بررسی مدار عملی و ساده راه انداز نرم موتور آسنکرون (القایی):

شکل (۳-۲۰) شمای مدار قدرت را نشان می دهد. این مدار شامل عدد تریستوری باشد به اضافه ۲ عدد کنتاکتور و یک ترانس جریان.

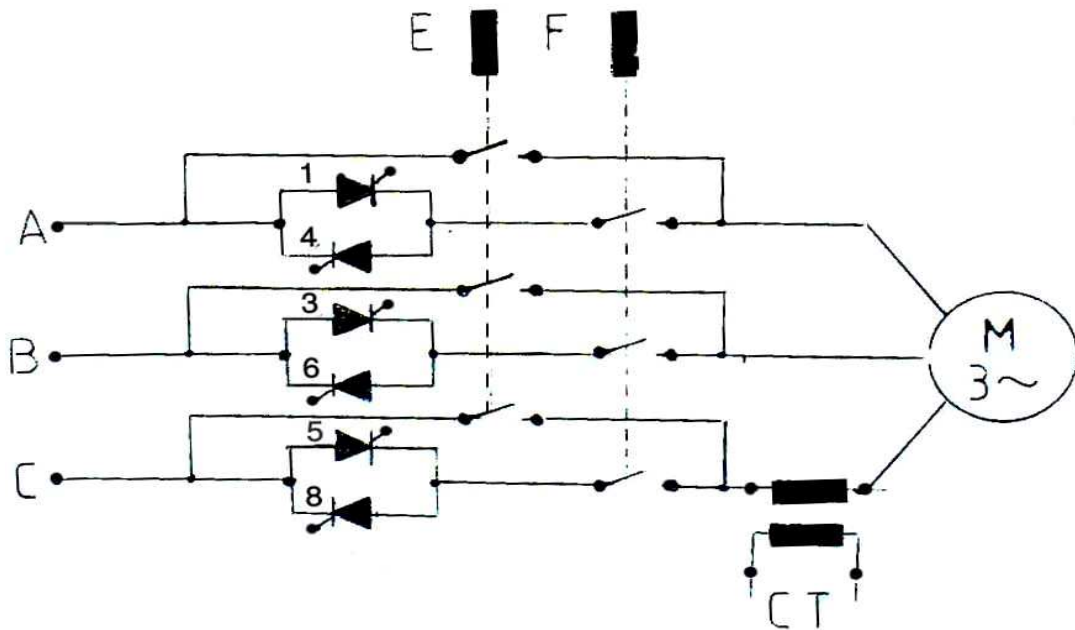
در ابتدای راه اندازی کنتاکتور F بسته می شود. با اعمال فرمانی مناسب به گیت

تریستورها ولتاژ RMS در ترمینال موتور بتدریج افزایش می یابد و موتور به نرمی

شروع به راه اندازی می کند هنگامی که موتور به حدود سرعت سنکرون رسید کنتاکتور

E بسته می شود و کنتاکتور F بسته می شود.

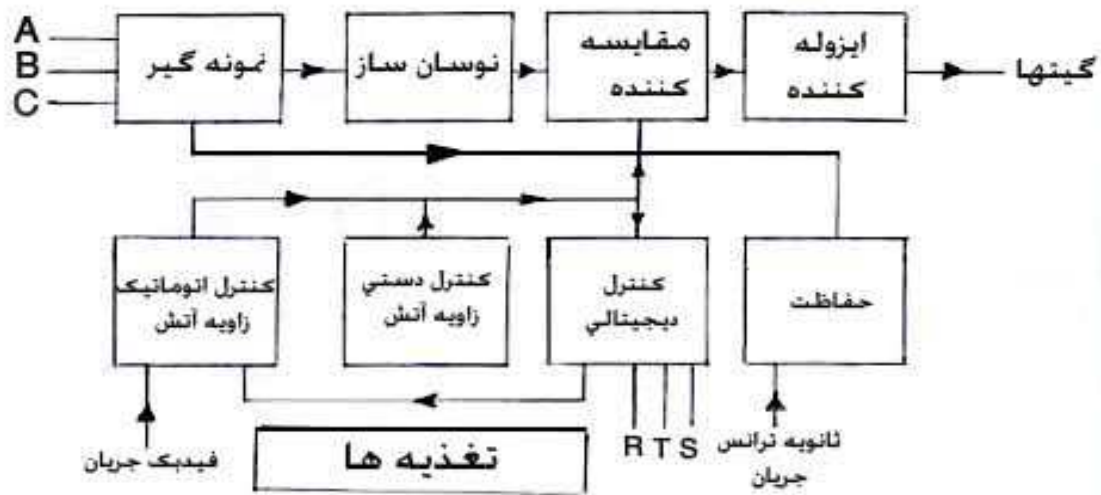
بدین ترتیب تریستورها از مدار خارج می شوند و موتور مستقیماً به شبکه وصل می شود و راه اندازی به پایان می رسد.



شکل (۲۰-۳)

شکل (۲۱-۳) بلوک دیاگرام مدار فرمان و کنترل را نمایش می دهد در بلوک نمونه گیری سطح ولتاژ توسط ترانسفور ماتورها پایین آمده و از قسمت قدرت ایزوله می شوند. در خروجی های این بلوک در بلوک حفاظت و بلوک نوسان ساز موج دنداناره ای استفاده می شود. در بلوک نوسان ساز موج دنداناره ای به ازای هر آلترنانس یک موج دنداناره ای ساخته می شود. در بلوک مقایسه کننده موج دنداناره ای باید ولتاژ مبنا مقایسه می شود و از محل تقاطع ولتاژ مبنا با موج دنداناره ای فرمان آتش ایجاد می شود. با تغییر ولتاژ مبنا می توان زاویه آتش را تغییر داد. بلوک کنترل به کنتاکتورهای E و F فرمان قطع و وصل مناسب می دهد و خروجی بلوک حفاظت را چک می کند و به بلوک کنترل اتوماتیک زاویه آتش فرمان شروع می دهد در بلوک دستی زاویه آتش ولتاژ مبنا توسط یک پتانسیومتر تغییر می کند و زاویه آتش متناسب با ولتاژ تغییر خواهد کرد. در

بلوک اتوماتیک زاویه آتش و لتاژ مشابه صورت خطی کاهش می یابد و برای شروع از بلوک کنترل دستور می گیرد. یک ورودی این بلوک فید بک جریان می باشد. در صورت زیادتر شدن جریان از یک حد مشخص کاهش و لتاژ مبنا متوقف می شود و زاویه آتش ثابت می ماند.



شکل (۳-۲۱)

بلوک حفاظت مسأله حفاظتی را چک می کند و به اطلاع مدار کنترل می رساند. مدار حفاظت توسط کنترل ریست می شود. در بلوک تغذیه منبع تغذیه ها برای مدارات مختلف تولید می شود.

حال به بررسی و نحوه طراحی مدارات به صورت عملی و چگونگی کارکرد آنها می پردازیم.

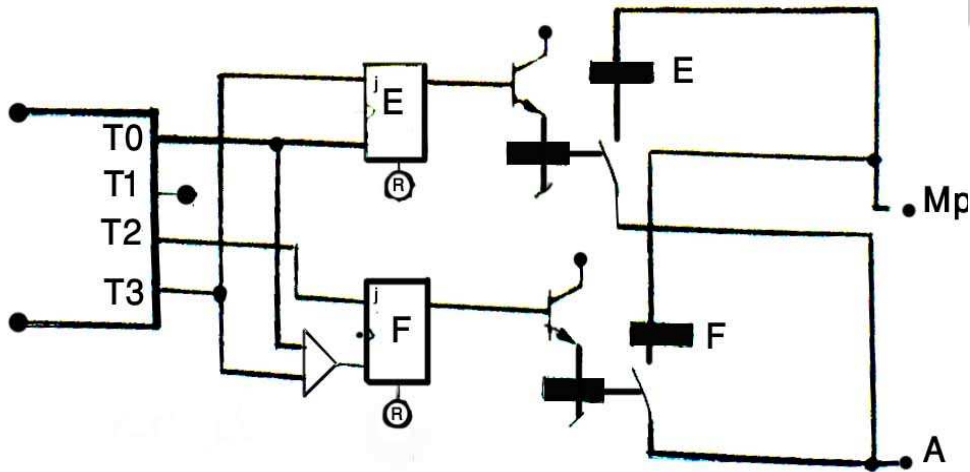
۳-۷-۱) کنترل:

کل پروسه راه اندازی با عملکرد در کنتاکتورهای E و F شکل (۳-۲۰) قابل اجرا می باشد. فرمان این دو کنتاکتور مطابق شکل (۳-۲۲) توسط دو فیلیپ فلاپ تأمین می شوند. برای راحتی این دو فیلیپ فلاپ E و F نامگذاری شده اند. برای پردازش اطلاعات در

فیلیپ فلاپ ها از چهار حالت (T_3, T_2, T_1, T_0) استفاده شده است. راه اندازی و T_3

راه اندازی و T_3 بعد از اندازی را مشخص می کند قسمت پردازش اطلاعات در شکل (۲۲-۳)

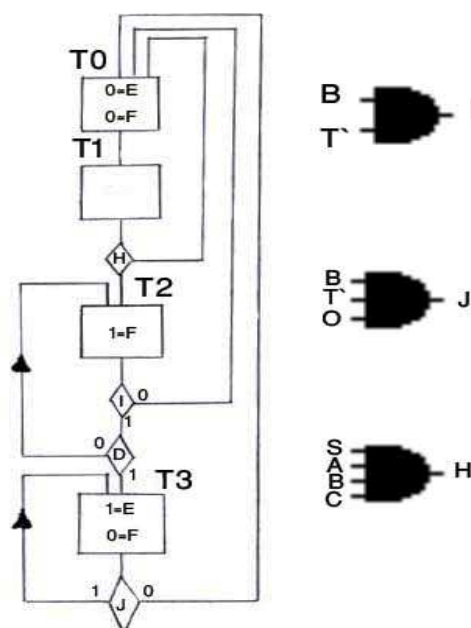
(۳) این خواست ها را تأمین می کند. در شکل (۲۲-۳) بوبین کنتاکتورهای E, F نشان داده شده اند.



شکل (۲۲-۳)

برای طراحی قسمت کنترل ابتدا ASM چارت مربوط را رسم می کنیم. شکل (۲۳-۳) و

بعد به توضیح درباره متغیرها می پردازیم.



شکل (۲۳-۳)

S : فرمان استارت ($S = 1$) .

A : چک کردن ترستوها قبل از راه اندازی که ترستورها سالمند یا خیر. اگر سالم باشند

$A = 1$ است.

B : نکات حفاظتی که در هر مرحله راه اندازی قبل از آن و بعد از آن باید رعایت شود. از

قبیل اضافه ولتاژ، افت ولتاژ و ... و غیره . در صورتیکه نکات حفاظتی رعایت شود $B = 1$

می باشد.

T : فرمان قطع با $T = 1$

O : رله اضافه جریان نقطه بعد از راه اندازی چک می شود. در صورت نبودن اضافه

جریان $O = 1$ است.

C : قبل از شروع راه اندازی ولتاژ مبنا نباید کم باشد. تا ولتاژ زیادی با شروع رله اندازی

به ترمینال موتور وارد شود. اگر این مسئله رعایت شود $C = 1$ است.

D : اتمام راه اندازی را مشخص می کند. هنگامی که ولتاژ مبنا از حد بخصوصی کمتر

شد $D = 1$ می شود.

H : از NAND پارامترهای S, A, B و C ایجاد می شود در صورتی یک بودن همه $H = 0$

می شود و راه اندازی شروع می شود.

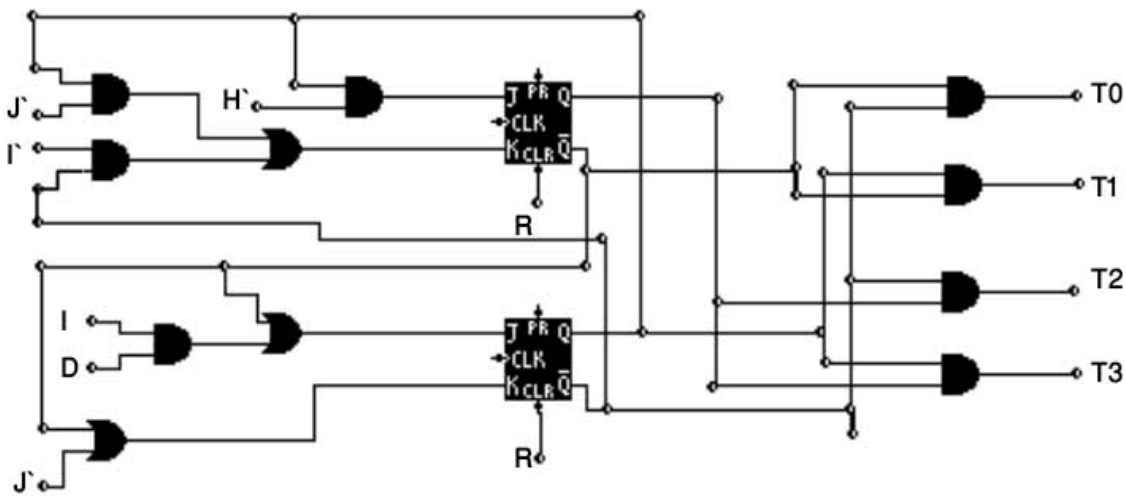
I : AND پارامترهای B و T است.

J : AND پارامترهای B و T و O است.

I : فرمان قطع و مسئله حفاظت در حین راه اندازی را به عهده دارد و J زمان قطع و

مسئله حفاظت بعد از راه اندازی است.

برای طراحی مدار کنترل دیافراگم حالت را با استفاده از شکل (۳-۲۳) کشیده و بعد از آن جدول حالت و سپس جدول کارنر را کشیده و مدار کنترل را بدست می آوریم. بدلیل زیادی حجم کار از مسائل این کار صرف نظر نموده و مدار کنترل را مستقیماً در شکل (۳-۲۴) کشیده ایم.

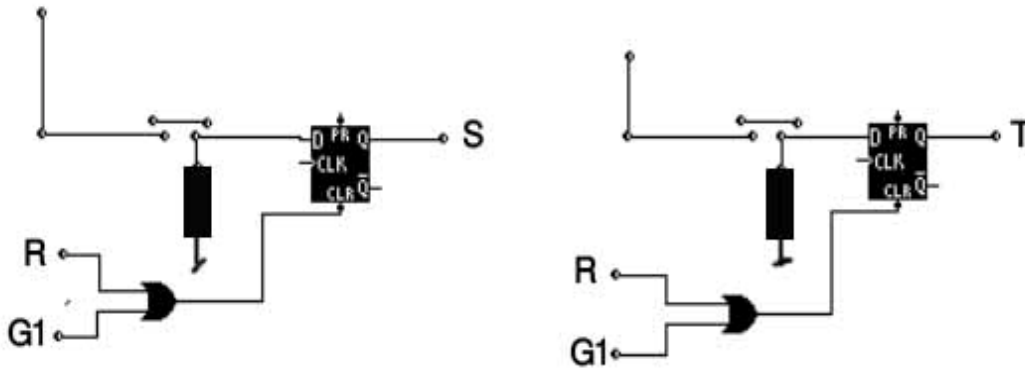


شکل (۳-۲۴)

در شکل (۳-۲۵) مدار استارت S و فرمات قطع T رسم شده است. برای هر دو مدار از D فلیپ فلاپ استفاده شده است. برای زمان استارت با فشار پوش با تون پایه D یک می شود و لبه مثبت کلاک خروجی Q یک می شود.

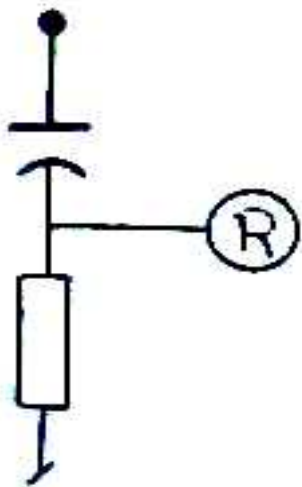
در فلیپ فلاپ پایه R موجود می باشد که برای ریست کردن فلیپ فلاپ بکار می رود. دو فرمان ریست به فلیپ فلاپ اعمال می شود که با هم OR شده اند. یکی ریست کلی سیستم است که بعداً توضیح داده می شود و دیگری G_1 است. هنگامی که در حالت T_1, T_0 هستیم $G_1 = 0$ است. وقتی $S = 1$ شد حالت به T_2 تغییر می یابد و G_2 برابر با یک می شود و فلیپ فلاپ استارت را ریست می کند مدار فرمان قطع شبیه به استارت است

و فقط در ریست کردن فرق دارند. در این یکی به جای G_1 از G_1 استفاده شده است.
فرمان قطع در حالت T_2 و یا T_3 اعمال می شود. در این حالت ها G_1 صفر است و با
فرمان قطع سیستم به حالت T_0 می رود و G_1 یک می شود و فلیپ فلاپ ریست می
شود.



شکل (۳-۲۵)

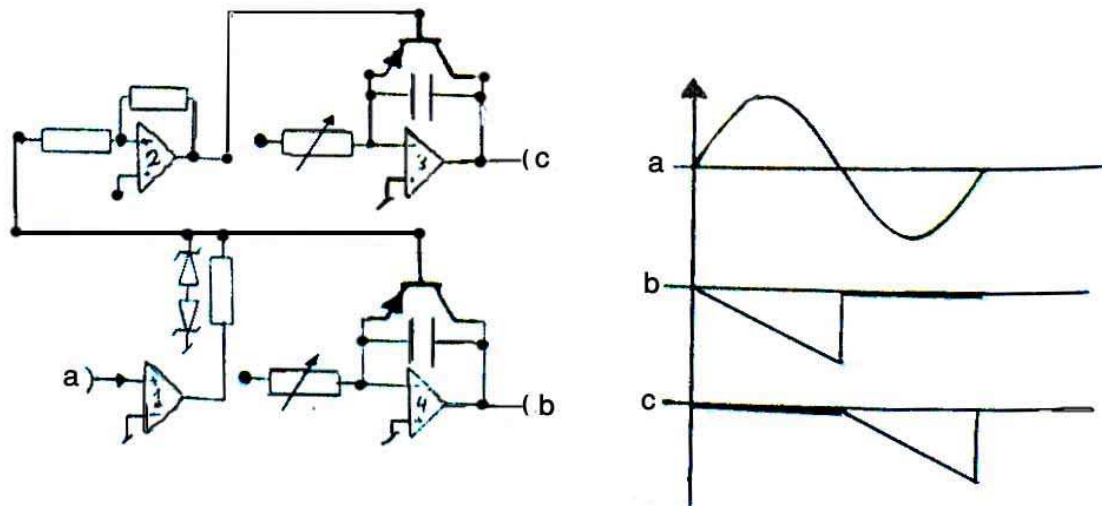
برای اینکه با برقرار شدن سیستم در حالت T_0 باشد (یعنی قبل از راه اندازی) از یک
خازن و مقاومت برای ریست کردن فلیپ فلاپ استفاده می شود. شکل (۳-۲۶) برای
کلاک سیستم کنترل از یک IC555 به عنوان تایمر با فرکانس ۱۲۰ هرتز استفاده کرده
است.



شکل (۳-۲۶)

۳-۷-۲) نوسانساز موج دنداناره ای:

برای ایجاد زاویه آتش دلخواه متناسب با یک ولتاژ می توان یک موج دنداناره ای سنکرون با موج سینوسی ایجاد کرد و اگر این موج با یک موج مبنا در مقایسه کننده مقایسه شود می توان با استفاده از خروجی مقایسه کننده پالس فرمان را ایجاد کرد. شکل (۳-۲۷) یک نمونه عملی نوسانساز موج دنداناره ای می باشد. در این مدار ۴ عدد OP - AMP هست که پایه (t) در OP - AMP اول به ثانویه ترانسفورماتور نمونه گیر وصل است. این OP - AMP یک مقایسه کننده بسته شده است. چون پایه منفی آن زمین شده است در مثبت خروجی آن به اشباع می رود و در منفی خروجی به اشباع منفی می رود بنابراین خروجی OP - AMP شماره ۱ یک موج مربعی با فرکانس ۵۰ HZ است و دامنه آن به اندازه دامنه تغذیه ورودی ($\pm V_{12}$) پس برای محدود کردن آن از مقاومت و دیود زبر استفاده می کنیم.



شکل (۳-۲۷)

OP - AMP شماره ۳ و ۴ اگر از ترانزستور صرفه نظر کنیم به صورت یک انتگرالگیر بسته شده اند. (مقاومت و خازن) خروجی انتگرالگیر مطابق رابطه زیر می باشد.

$$V_0 \approx -\frac{1}{RC} \int V_i dt \quad (3-5)$$

و چون V_i مقدار ثابتی می باشد در نتیجه V_0 به رابطه ساده زیر تبدیل می شود.

$$V_0 = -1.2 \times 10^{+3} t \quad (3-6)$$

از این مدانتگرال برای تولید موج دندانانه اره ای استفاده می شود. موج مربعی به دامنه 4.6 ولت به بیس ترانزیستور که موازی با خازن OP - AMP قرار گرفته است اعمال می شود. در بایاس منفی ترانزیستور ON است. بنابراین خازن تقریباً تخلیه می باشد. ولتاژ دو سر خازن ولتاژ اشباع ترانزیستور می باشد.

در بایاس مثبت ترانزیستور Off می باشد و عمل انتگرال گیری آغاز می شود. زمان انتگرال گیری $t = 10 \text{ ms}$ می باشد و با استفاده از رابطه (3-6) دامنه ولتاژ خروجی به ۱۲

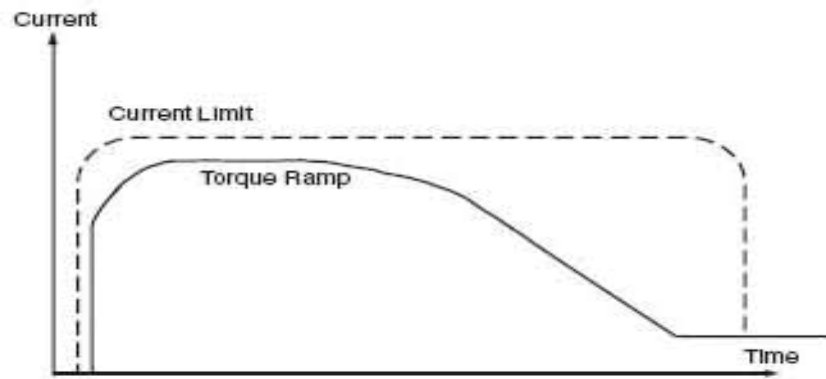
ولت منفی خواهد رسید. و برای ایجاد موج دندانانه ای در بایاس مخالف از OP - AMP شماره ۳ استفاده شده است. و روش به این صورت است که فرمات بیس ترانزیستور معکوس می شود. که این عمل توسط OP - AMP شماره ۲ صورت می گیرد که با دو مقاومت به صورت تقویت کننده بسته شده است. چون موج ورودی را به صورت 180° شیفت می دهد. موج مربعی با دامنه 2.7 ولت نیز معکوس شده و به بیس ترانزیستور وارد می گردد.

شکل موج ها نیز در شکل (3-27) نشان داده شده اند. هر کدام از این موج ها برای فرمان یکی از ترانزیستورها که به صورت موازی قرار گرفته اند بکار می روند. برای تنظیم و دامنه موج دندانانه اره ای می توان مقاومت انتگرال گیر را تغییر داد.

۳-۷-۳) کنترل زاویه آتش :

کنترل زاویه آتش به دو صورت دستی و اتوماتیک صورت می گیرد. برای اعمال زاویه آتش موج دندان‌اره ای با یک ولتاژ مبنا مقایسه می شود. در این قسمت درباره این ولتاژ صحبت خواهد شد.

در شکل (۳-۲۸) مدار کنترل زاویه آتش نشان داده شده است. یک کلید دو وضعیتی مدار را به حالت دستی یا اتوماتیک می برد. مطابق شکل مدار در حالت دستی می باشد. از یک پتانسیومتر که یک سر آن زمین و سر دیگر آن به ولتاژ V_{12} وصل شده است استفاده می شود. سر وسط به یک ترمینال کلید وصل می شود سر مشترک کلید به OP - AMP به عنوان معکوس کننده ولتاژ، چون در قسمت کنترل به ولتاژ مثبت نیاز است. از خروجی این OP - AMP در OP - AMP شماره ۵ و ۶ استفاده می شود. DC توابع کنترلی هستند. C برای تجاوز نکردن ولتاژ مبنا از حد مشخص و همچنین کاهش ولتاژ مبنا از حد خود و این مقدار توسط پتانسیومتر تنظیم می شود. D برای این که حداقل ولتاژ مبنا چقدر باشد که کنترل از یک کانتر که خروجی آن به یک DZ.A وصل می شود با فرمان استارت کانتر شروع به شمارش می کند ولتاژ مبنا کم می شود. از یک فیدبک جریان نیز استفاده شده. هنگامی که جریان از حد به خصوصی بیشتر شود کانتر دیگر نمی شمرد تا جریان دوباره کم شود این مسئله برای این است که در لحظه اول راه اندازی جریان زیادی کشیده می شود در این زمان دیگر لزومی به (کاهش ولتاژ مبنا) کاهش زاویه آتش نمی باشد. مدتی زاویه آتش ثابت می ماند تا موتور دور گرفته و جریان کاهش یابد آنگاه کانتر دوباره شروع به شمردن می کند پس به هیچ عنوان جریان نمی تواند از حد مجاز خود که برای رله اضافه جریان معرفی می کنیم افزایش یابد.



Current Limit Starting

شکل (۲۹-۳)

کانتر یک ۴۰۴۰ IC می باشد که یک شمارنده ۱۲ بیتی است. اما از ۶ پایه آن استفاده می شود (۶ بیت) خروجی توسط IC ۴۰۴۱، NOT می شود.

پایه R کانتر به یک OR وصل و ورودی های T_0 , T_3 , R می باشند. در نتیجه کانتر در حالت T_3 , T_0 ریست می شود و با فرمان ریست کلی نیز کانتر ریست می شود.

پایه C کانتر به یک AND با چهار ورودی وصل شده است. (C ۴۰۸ IC) یکی از ورودی های کلاک است. برای کلاک از آی سی ۵۵۵ IC استفاده شده که می توان

فرکانس آن را با یک پتامسیومتر تغییر داد در نتیجه زمان راه اندازی اتوماتیک را تا حدودی کنترل کرد. ورودی دیگر مربوط به فید بک جریان است. هر گاه جریان از حد به

خصوصی زیادتر شد آنگاه این ورودی صفر می شود و کانتر موقتاً شمارش نخواهد کرد. ورودی های دیگر T_2 و D می باشند. T_2 برای اینکه می خواهیم کانتر فقط در این

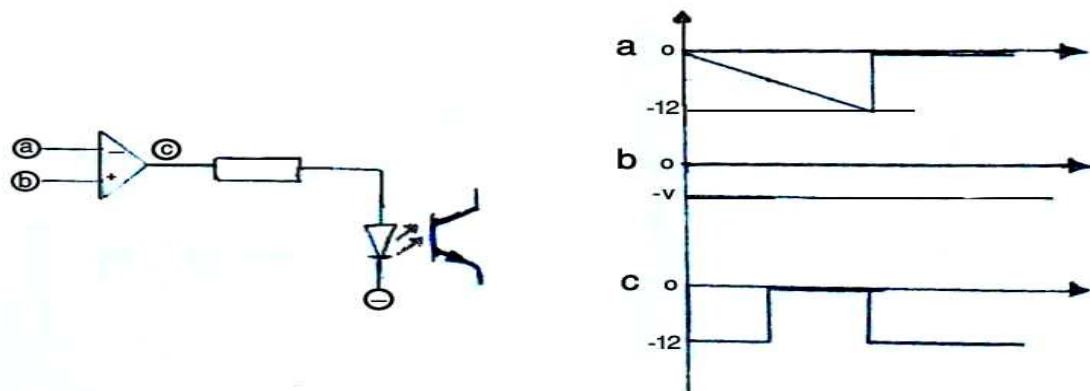
حالت کار کند و D برای اینکه از نظر تایمینگ ها مسئله ای ایجاد نشود. خرجی های کانتر بعد از NOT شدن به یک D.T.A وصل می شوند که در حقیق یک جمع کننده

است. به این ترتیب خروجی ۱ OP - AMP حدود ۸ تا صفر می باشد.

برای فید بک جریان از ثانویه ترانس جریان استفاده شده است. در ثانویه ترانس جریان یک مقاومت نیز وجود دارد. OP - AMP شماره ۳ به صورت یک تقویت کننده است. خروجی این Op -AMP به Op -AMP شماره ۴ می رود. این Op -AMP مقدار ماکزیمم را نشان می دهد. در حقیقت مدار مقدار ماکزیمم جریان به صورت یک ولتاژ آشکار می گردد. و به ازای ولتاژ کمتر از یک مقدار مشخص کانترا موقتاً می ایستد.

۳-۷-۴) مقایسه کننده:

مقایسه کننده شامل ۲ Op -AMP می باشد که تغذیه مثبت به زمین و منفی به $12V$ وصل شده است شکل (۳-۳۰) یکی از مقایسه کننده ها را نشان می دهد. پایه (-) به موج دنداناره ای و مثبت به ولتاژ مبنا وصل می شود. شکل موج های ورودی و خروجی را در شکل می بینید. خروجی توسط یک اپتوکوپلر (Optical Coupler) متصل می شود (برای جلوگیری از نویز). بنابراین زمانیکه خروجی Op -AMP صفر می باشد. (ولتاژ اشباع مثبت دیود هدایت می کند و ترانزیستور را ON می کند. در نظر داشته باشد ترانزیستور توسط انرژی فوتونهای دیود فعال می شود.



شکل (۳-۳۰)

با توجه به شکل (۲۰-۳) در یک زمان حداقل باید ۲ تریتور برای هدایت جریان فرمان بگیرند. فرض کنید تریتور یک فرمان می گیرد. برای اینکه مسیر جریان باز باشد باید تریتور ۲ از قبل فرمان داده شده باشد این مقدار تأخیر 60° می باشد. که برای ایجاد آن از نمونه گیر به روش زیر استفاده می شود.

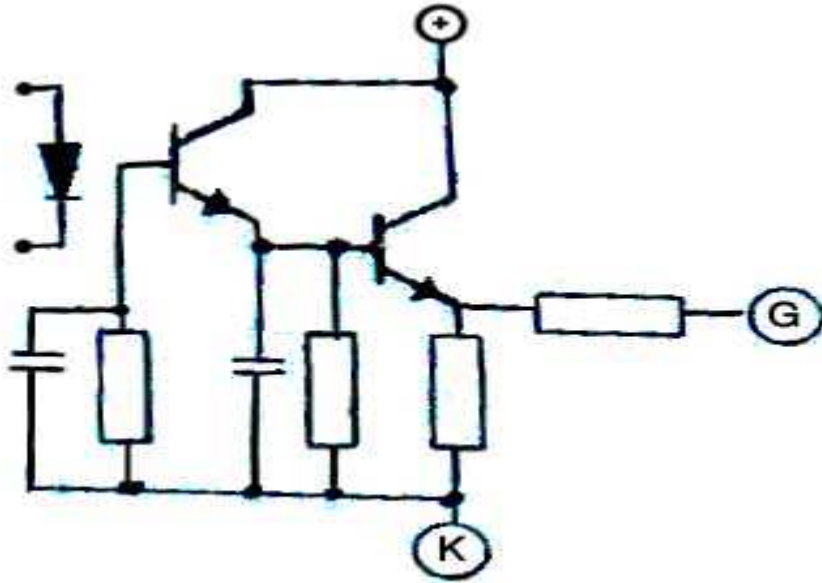
برای فرمان به تریتور فاز A از ولتاژ خط CA نمونه گیری می شود. اولیه و ثانویه ترانس نمونه گیر 180° اختلاف فاز دارند.

برای فرمان به تریتور فاز B از ولتاژ خط AB نمونه گیری می شود که باز اولیه و ثانویه 180° اختلاف فاز دارند. برای فرمان به تریتور فاز C از ولتاژ خط BC نمونه گیری می شود که باز هم اولیه و ثانویه ترانس نمونه گیر 180° اختلاف فاز دارند.

البته این در حالی است که سیستم سه فاز ABC از نوع راستگرد باشد. اگر چپگرد بود کافی است جای دو فاز را عوض کنیم.

۳-۷-۵) ایزوله کننده مدار قدرت و مدار فرمان:

برای ایزوله کردن این دو مدار از یکدیگر کوپلاژ نوری به ترتیب زیر استفاده می شود. از یک LED نوری و یک فوتوترانزیستور برای این مدار استفاده می کنیم. برای هر تریتور یک مدار مطابق شکل (۳۱-۳) با یک منبع تغذیه مجزا نیاز است. چرا که اگر منابع تغذیه یکی باشند با توجه به شکل (۲۰-۳) و کمی بررسی می فهمیم که ممکن است اتصالی رخ دهد.



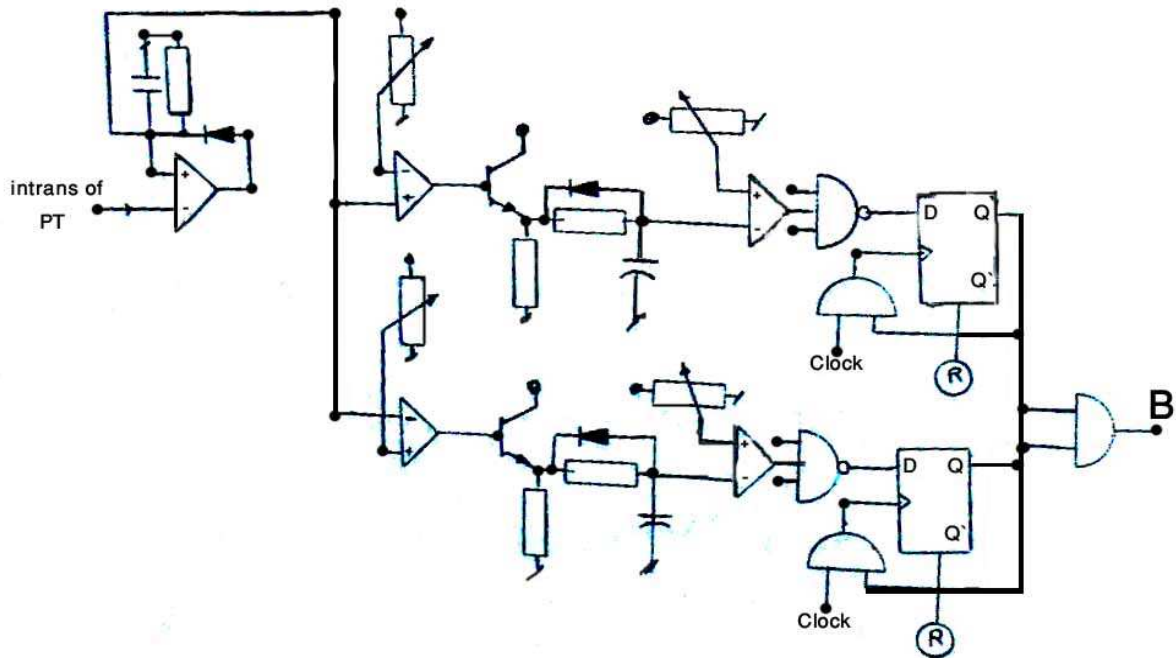
شکل (۳-۳۱)

۳-۷-۶) رله اضافه ولتاژ و افت ولتاژ:

شکل (۳-۳۲) رله اضافه ولتاژ و افت ولتاژ یک فاز را نشان می دهد. و سه فاز دیگر نیز به

صورت مشابه به NAND های ورودی متصل می شوند. این مدار علاوه بر حفاظت ذکر

شده مدار را در برابر نا متعادل شدن ولتاژ نیز حفاظت می کند.



شکل (۳-۳۲)

از ثانویه ترانس نمونه گیر از ولتاژ خط به یک پیک دیتکتور وصل می کنیم. و خروجی آن را به دو OP – AMP وصل می کنیم. بالایی مربوط به رله اضافه ولتاژ است. خروجی را به پین مثبت OP-AMP و پین منفی به سر وسط پتانسیومتر وصل می کنیم. وقتی ولتاژ پیک دیتکتور از حد مشخصی بیشتر شد. خروجی OP – AMP یک می شود و ترانزیستور را ON می کند. هدف این رله، اضافه ولتاژی که برای مدت ۱۰ تا ۲ ثانیه پایدار است را می بیند و عمل می کند. پس بار روشن شدن ترانزیستور خازنی شروع به شارژ شدن می کند اما اگر ترانزیستور OFF شود خازن از طریق ترانزیستور سریع دشارژ می شود. خازن به پایه منفی یک OP – AMP متصل و پایه مثبت به سر وسط یک پتانسیومتر وصل می شود که توسط آن زمانی را می توان تعیین کرد و خروجی را به یک NAND وصل می کنند. دو فاز دیگر نیز به صورت مشابه وصل می شوند. در شرایط نرمال خروجی NAND برابر یک است. اگر یکی از فازها یا بیشتر از یکی اضافه ولتاژ پیدا کنند خروجی NAND صفر می شود. و خروجی Q فلیپ فلاپ صفر در نتیجه B نیز صفر و مدار به حالت T_1, T_0 می رود. کلاک سیستم از طریق یک AND به فلیپ فلاپ اعمال می شود. یک ورودی AND به Q و ورودی دیگر به Clock وصل می شود پس اگر اضافه ولتاژ Q را صفر کرد فلیپ فلاپ نیز ریست می شود. رله افت ولتاژ دقیقاً شبیه به رله اضافه ولتاژ عمل می کند با این تفاوت که خروجی OP – AMP بعد از پیک دیتکتور در صورت کاهش ولتاژ یک خواهد شد. خروجی در فلیپ فلاپ اضافه ولتاژ و افت ولتاژ با هم AND شده و متغیر B را می سازند.

۷-۷-۳) رله اضافه جریان (Over Current) :

در مدار رله اضافه جریان، جریان عبوری از فاز ثانویه ترانس جریان با عبور از یک مقاومت به ولتاژ تبدیل شده و سپس در سر راه خود از دو OP - AMP که یکی به صورت تقویت کننده و دیگری به صورت پیک دیتکتور بسته شده اند (به صورتی که در قسمت های قبل توضیح دادیم) عبور می کند. در OP - AMP تقویت کننده مقاومت متغییری وجود دارد که توسط آن می توانیم ولتاژ مشخصی را برای جریان نامی موتور در دست داشته باشیم (مثلاً ۳V). خروجی دیتکتور را توسط یک IC به فرکانس تبدیل می کنیم (مثلاً IC با شماره ۴۰۱۶).

حال مقدار بدست آمده را به یک OP - AMP که به صورت مقایسه کننده بسته شده است وصل می کنیم و مقادیر را طوری تنظیم می کنیم که خروجی آن در جریانهای بیش از مقدار مشخصی برابر یک می شود (مثلاً ۱/۲ جریان نامی). این خروجی وارد یک AND شده و ورودی دیگر نیز خروجی مبدل ولتاژ به فرکانس می باشد. در جریان های بیش از 1.2 جریان نامی خروجی VE_0 یا همان مبدل فرکانس به کانتر اعمال شده و کانتر شروع به شمارش می کند. تابیت پرچم آن یک شود. این پرچم به فیلیپ فلاپ وصل است و \bar{Q} این فیلیپ فلاپ متغییر O را ایجاد می کند.

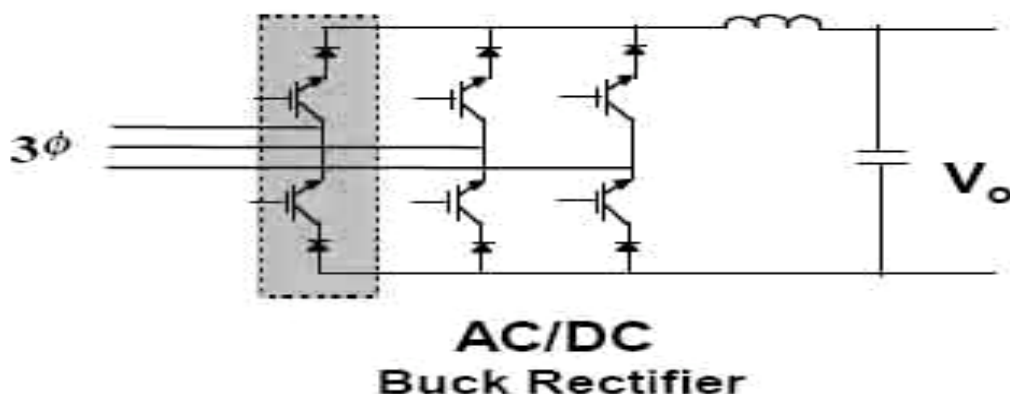
دوباره در صورتی که جریان کمتر از جریان نامی باشد خروجی OP - AMP مقایسه کننده صفر شده و توسط NOT ترانزیستوری را روشن می کند. وقتی ترانزیستور روشن شد خازن شروع به شارژ شدن می کند. دشارژ خازن توسط یک دیود سریع انجام می شود. این مسئله موتوری را که اضافه جریان داشته ولی هنوز گرم نشده است از موتوری که داغ شده متمایز می کند.

در مدار این رله یک OP - AMP دیگر که به صورت مقایسه کننده عمل می کند و در جریان های بیشتر از 1.5 برابر جریان دو برابر می شود. یعنی جریان های بیش از 1.5 برابر جریان نامی را دو برابر سریع تر می شمرد.

$$(۸-۳) \text{ نظام هماهنگ و } \frac{V}{F} = etc :$$

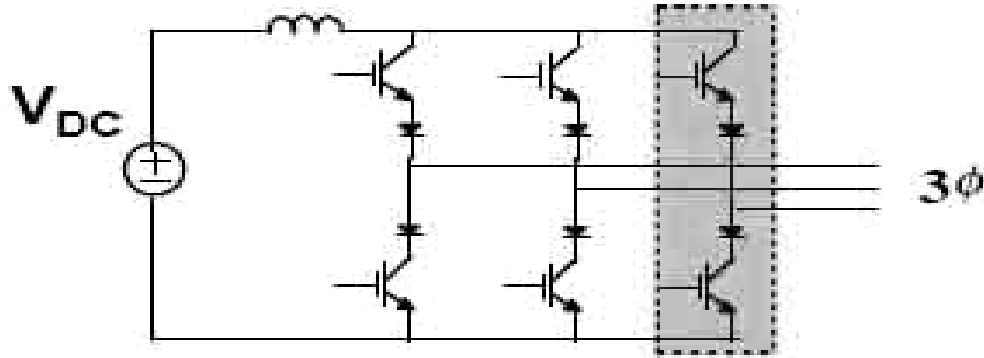
در این قسمت به مطالعه سری جدید و نسل جدید Soft Starter می پردازیم که اساس کار آنها بر پایه نظام هماهنگ و $\frac{V}{F} = etc$ یعنی برابر با مقدار ثابت بنا شده است. در این نوع Soft Starter عمل کاهش ولتاژ توسط Rectifier صورت می گیرد و کاهش فرکانس نیز توسط Inverter صورت می پذیرد.

همانطور که در شکل های زیر ملاحظه می کنید Rectifier یک مبدل AC/DC است که توسط آن می توان سطح ولتاژ را کاهش داد و ولتاژ RMS را در حدی که می خواهیم و به صورت متغییر در دست داشته باشیم.



شکل (۳-۳۳)

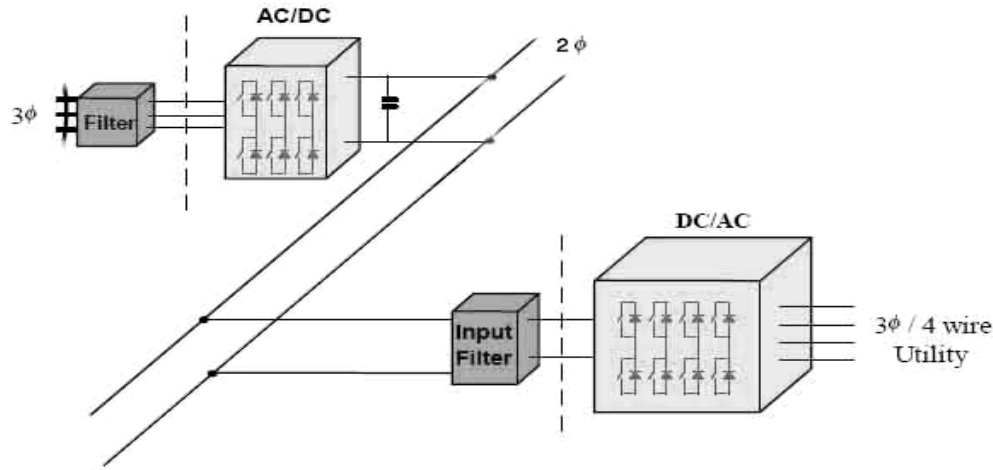
و نیز Inverter یک مبدل DC/AC می باشد که توسط آن می توان فرکانس را به صورت متغییر در اختیار داشته باشیم.



**DC/AC
CSI (Inverter)**

شکل (۳-۳۴)

با توجه به مدارهای بالا در صورت استفاده با هم از این دو مدار در ورودی ما برق ۳ فاز با فرکانس و ولتاژ مخصوص داریم ولی در خروجی برق سه فاز می داریم که می توانیم ولتاژ و فرکانس را به صورت متغییر در دست داشته باشیم شکل (۳-۳۵) مدار کامل آن را به صورت کلی نمایش می دهد باید توجه داشته باشیم که این مدار به دلیل بازه بزرگی که در تغییر فرکانس و تغییر ولتاژ در دست می دهد بیشتر به عنوان کنترل دور استفاده می شوند ولی در مداری از این قبیل و برای موتورهای حساس و گران قیمت از این مدار جهت راه اندازی و ایست فرم استفاده می شود.



شکل (۳-۳۵)

در قسمت بعد لزوم استفاده از نظام هماهنگ و ثابت $\frac{V}{F}$ می پردازیم و آن را بررسی می کنیم.

۳-۸-۳) لزوم استفاده از نظام $\frac{V}{F}$ ثابت:

مقدار $\frac{V}{F}$ نمایانگر مقدار فلوی فاصله هوایی است. یعنی $\frac{V}{F} = K \times \phi$ که در این رابطه ϕ

فلوی فاصله هوایی و K عددی تقریباً ثابت می باشد.

در کنترل دو موتور القایی A, C سه فاز برای متغییر دور، لزوم تغییر فرکانس قطعی

است (تا سرعت میدان گردان فاصله هوایی که از رابطه (R. P. M) $\frac{120F}{P}$ بدست می

آید، تغییر کند و در نتیجه سرعت موتور تغییر کند).

اما در صورتی که فرکانس موتور از مقدار نامی آن کمتر شود، مثلاً نصف شود، بدون

آنکه V تغییر کند، نسبت $\frac{V}{F}$ دو برابر خواهد شد، ولی فلوی فاصله هوایی دو برابر

نخواهد شد. چرا که موتور اشباع می شود. در این حالت به دلیل غیر خطی شدن مدار

مغناطیسی موتور، میدان های گردان با هارمونیک های بالاتر نیز ایجاد شده و در کار

موتور اخلاص به وجود می آورند.

به این دلیل، لازم است فرکانس و ولتاژ با هم کاهش یابند و نسبت $\frac{V}{F}$ تا دورهای خیلی

پایین نیز ثابت و تقریباً برابر با مقدار نامی موتور باشد.

در دورهای بسیار پایین کم فرکانس کم است، افت روی امپدانس ناچیز خواهد بود و اثر

مقاومت استاتور آشکار خواهد شد. در این صورت اگر همان نسبت $\frac{V}{F}$ تا دورهای خیلی

پایین نیز ثابت و تقریباً برابر با مقدار نامی موتور باشد.

در دورهای بسیار پایین که فرکانس کم است، افت روی امپدانس ناشی ناچیز خواهد بود

و اثر مقاومت استاتور آشکار خواهد شد. در این صورت اگر همان نسبت $\frac{V}{F}$ رعایت

نگردد دربار نامی که جریان نامی از موتور کشیده می شود، ولتاژی که روی مقاومت

استاتور افت می کند، نسبت به ولتاژ اعمالی قابل ملاحظه خواهد بود که به این ترتیب از

فلوی هوایی کاسته شده و قابلیت گشتاوری افت خواهد کرد. لذا نسبت $\frac{V}{F}$ در دورهای

خیلی پایین باید قدری افزوده گردد.

اما اگر فرکانس موتور را به واری فرکانس نامی آن افزایش دهیم و مقدار ولتاژ را ثابت

نگه داریم، با افت فلوی مغناطیسی در فاصله هوایی مواجه خواهیم شد. در اینصورت اگی

بخواهیم و بتوانیم مقدار ولتاژ را زیاد کنیم تا نسبت باز هم ثابت بماند، یا رشد قدرت

موتور و رای قدرت نامی آن مواجه خواهیم شد. چرا که قدرت موتور متناسب است یا

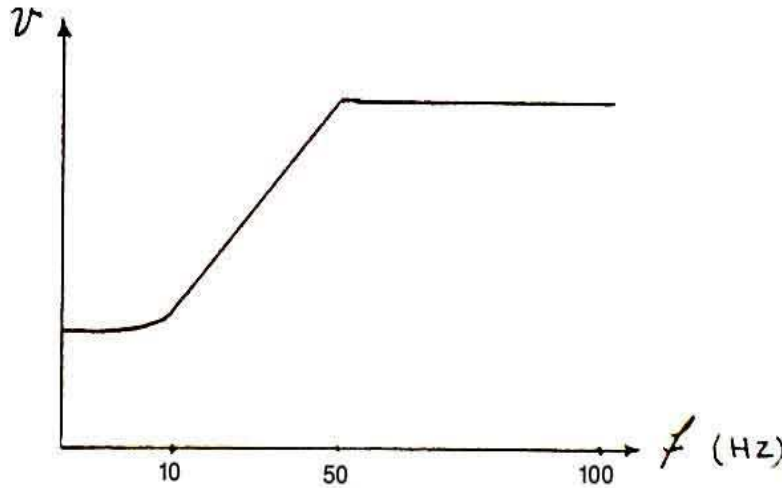
حاصلضرب سرعت در گشتاور آن با افزایش فرکانس، سرعت افزایش می یابد و در

صورتی که قابلیت گشتاوری افزایش یابد، قدرت موتور افزایش می یابد.

واضح است که چنین وضعیتی بدون ایجاد تمهیدات خاص و تهویه مطلوب برای موتور

قابل تحمل نخواهد بود و به آن صدمه می زند. پس اکثراً سعی می شود که مقدار ولتاژ تا یک حد ماکزیمم ثابت نگه داشته شود و از آن پس فقط به افزایش فرکانس اکتفا شود.

شکل نهایی که مطلوب ماست، مشخصه زیر می باشد:

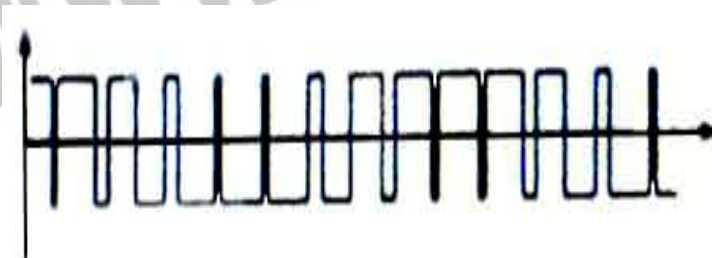


شکل (۳-۳۶)

همانطور که ملاحظه می گردد پس از فرکانس پنجاه هرتز، ولتاژ مقدار ثابت $\sqrt{2} \times 380$ را دارد.

۳-۸-۲) توضیح درباره PWM :

جهت اعمال سیگنال ولتاژ به موتور القایی از یک سوی اینومترهایی استفاده می شود که خروجی آن ها به شکل زیر می باشد.

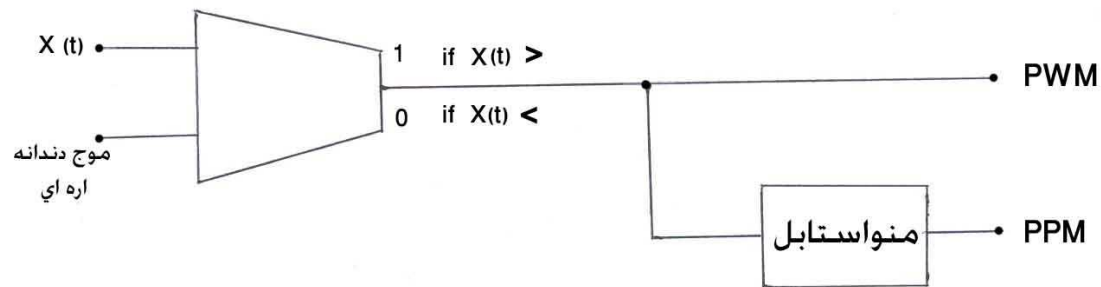


شکل (۳-۳۷)

همانطور که مشاهده می شود، برای کنترل سطح ولتاژ AC با توجه به اینکه دامنه موج D.C ثابت است، باید شکل را در نقاطی برید تا R.M.S شکل ایجاد شده کوچکتر یا بزرگتر گردد. برای این کار ساده ترین نوع P.W.M یا مدولاسیون پهنای پالس می باشد.

با تغییر نظام سوئیچینگ المان های قدرت نسبت به شکل فوق، دامنه و R.M.S موج ایجاد شده تغییر می کند. یکی دیگر از هدف های P.W.M کاهش دامنه های هارمونیک های فرعی تا حد امکان می باشد.

موتورهای A.C صنعتی، عموماً به صورت سه فاز و انسکرون هستند. بنابراین مبدل های P.W.M، مقایسه یک موج به نام موج مرجع یا موج دیگری به نام حامل می باشد. موج مرجع می تواند به اشکال سینوسی، مربعی نوزنقه ای و ... باشد، و از طریق یک سیگنال ژنراتور، تولید می شود و با موج حامل که معمولاً به صورت موج مثلثی است مقایسه می گردد و نظام سوئیچینگ ایجاد می شود. این مقایسه به شکل زیر صورت می گیرد.



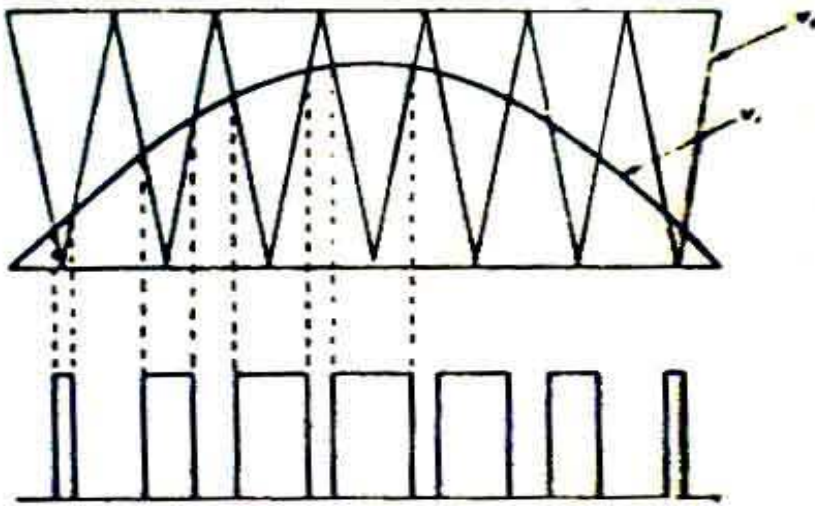
شکل (۳-۳۸)

همانطور که می بینید پالسی که از مقایسه کننده بیرون می آید یک پالس PWM می باشد که دامنه مشخصات آن مربوط به پالس دندانه اری می باشد که به صورت پالس مرجع مورد استفاده قرار می گیرد. برای ایجاد پالس PPM نیز از منواستابل استفاده می کنیم که به لبه های پایین رونده حساس باشد که این از مبحث ما خارج است.

آنجا که موتورهای A.C برای کار با موج سینوسی کامل طراحی شده اند، شکل موج خروجی مبدل ها باید به گونه ای باشد که حتی المقدور به شکل سینوسی نزدیک باشند.

برای داشتن P.W.M ای که مدولاسیون آنها در یک نیم سیکل به صورت سینوسی است، ناگزیر از جایگزین کردن یک سری موج مرجع سینوسی به جای مدولاسیون موج مربعی خواهیم داشت که به دنبال آن هارمونیک های پایین موج مربعی در ولتاژ خروجی ظاهر می شوند و این مبدأ نطلوب نمی باشد.

در شکل زیر یک موج مرجع سینوسی با یک موج حامل مقایسه شده و در صورتی که V_R از V_C بزرگتر شود، المان روشن می شود.



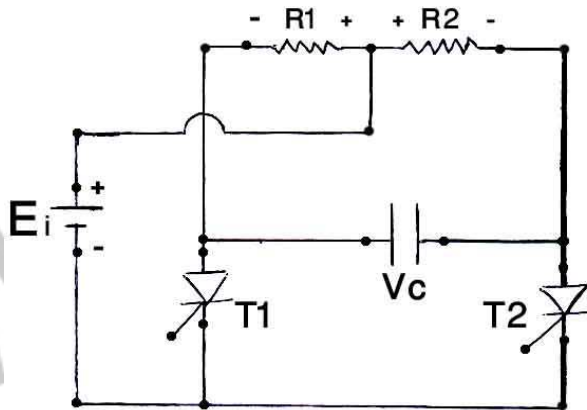
شکل (۳-۳۹)

در ایجاد موج P.W.M سه فاز مورد نظر، از نسبت حامل (نسبت فرکانس موج حامل به موج مرجع) برابر با ۲۴ (بیست و چهار) استفاده می کنیم. که تغییر آن، تعداد پالس های موج مثلثی موجود در یک پویود از موج سینوسی می باشد. همانطور که می بینید پالس خروجی پالسی است که دامنه فرکانس آن در فرمول زیر محاسبه می شود اگر پالس مرجع یک پالس پله ای با پهنای پالس T_s باشد. همانطور که از فرمول زیر بر می آید می توان باند فرکانسی را که به سیگنال مرجع وابسته است را تغییر داد.

$$X_{PWM}(f) \sum C_K y(f - kf_s) \quad (3-5)$$

۳-۸-۳- مدارات اینورتر:

اصول کار اینورترها همانند چاپرها می باشد. با این تفاوت که خروجی برایمان مهم بوده و توسط یک فرکانس باید آن را به PLC تبدیل کنیم. در زیر یکی از مدارات ساده و کم کاربرد چاپر را می بینید که به عنوان مدار فرمان چاپر می باشد.

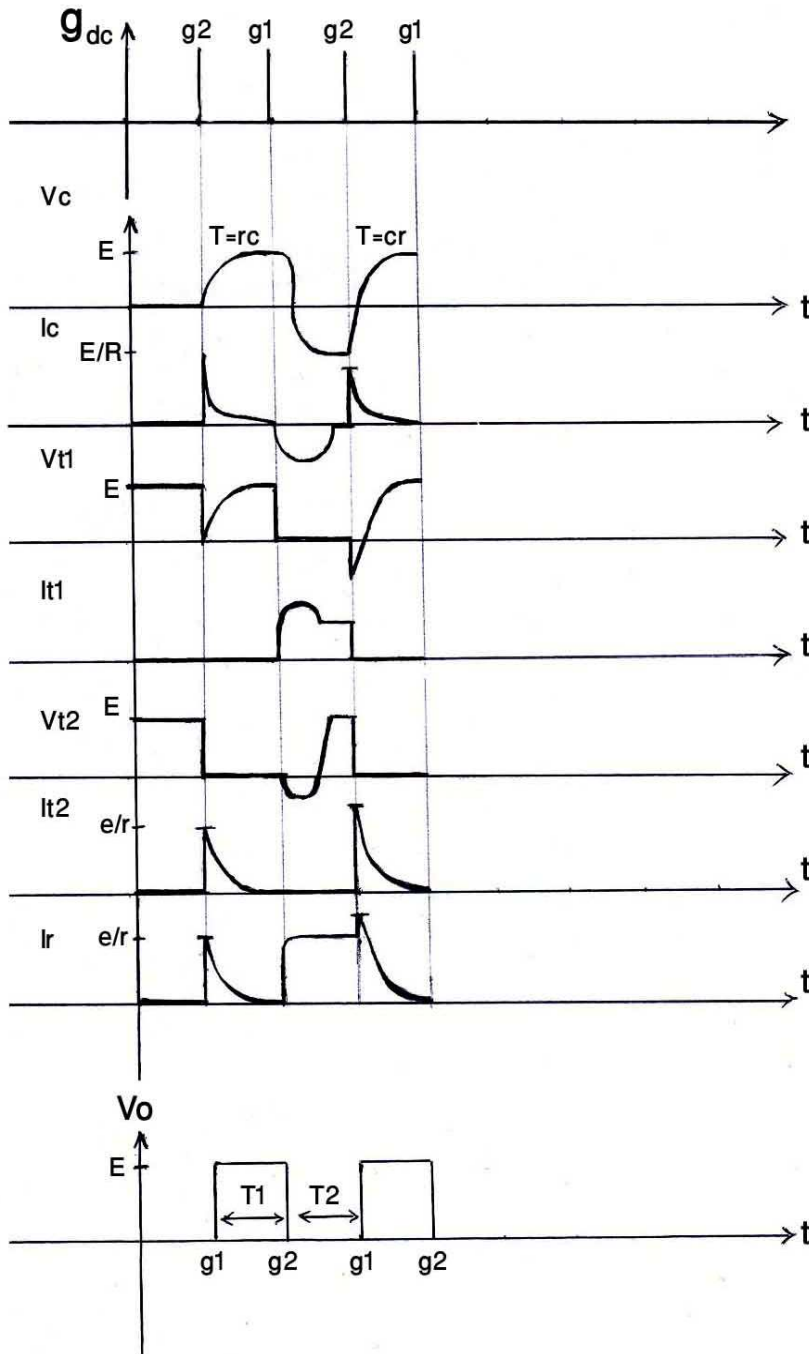


شکل (۳-۴۰)

در زیر تمامی اجزاء این مدار را بررسی می کنیم و رفتار المان های آن را توسط نمودارهای ولتاژ و جریان با هم مقایسه می کنیم همانطور که می بینید خروجی به صورت ولتاژی DC که مقدار RMS آن قابل تنظیم می باشد نمود می کند و مقدار متوسط خروجی یعنی V_{OAV} را می توانیم از طریق فرمول زیر محاسبه کنیم.

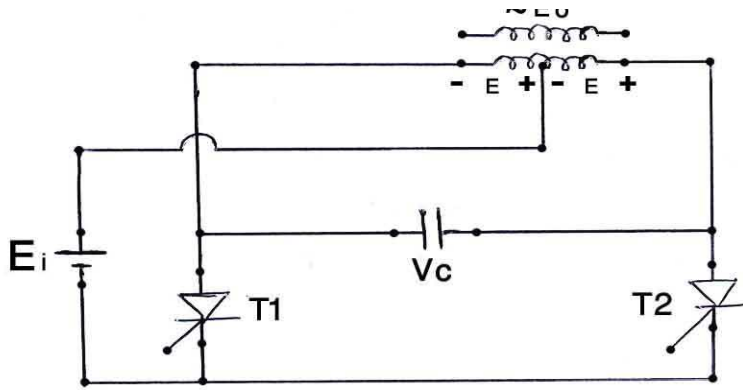
$$V_{OAV} = \frac{T_1 E + T_2 X}{T_1 + T_2} = \frac{T_1}{T} E = KE \quad (3-6)$$

که در این فرمول مقدار K برابر می باشد با نسبت T_1 به T.



شکل (۳-۴۱)

از این مدار بیشتر برای کنترل دور موتور DC استفاده می کنیم ولی در صورتی که ما ولتاژ DC خروجی را به ac تبدیل کنیم با یک اینورتر مواجه می شویم که این کار توسط دو مقاومت با پلاریته مقاومت که جای خود را با ترانس مخصوص عوض می کنند دقیقاً مانند شکل (۳-۴۲) صورت می پذیرد.



شکل (۳-۴۲)

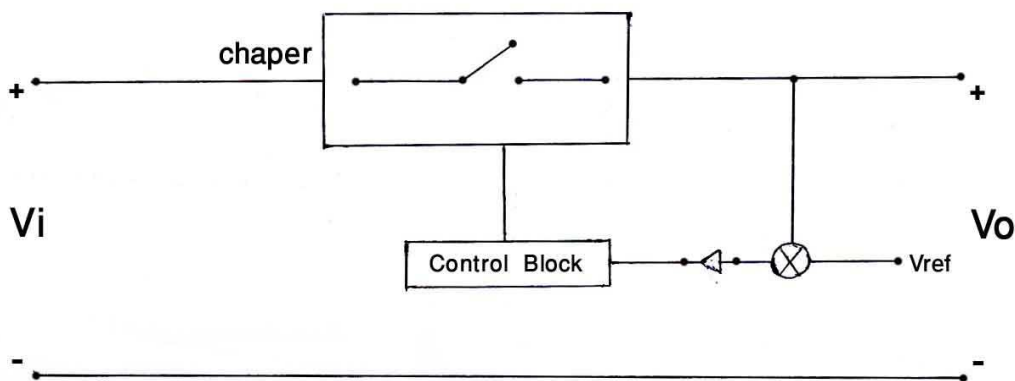
۳-۸-۴- رکتیفایرها :

رکتیفایرها همان مدارات رگولاتور می باشند که با تغییراتی که درون آنها داده می شود و پیشرفت آنها این مدارات فرمان رگولاتوری به مدارات رکتیفایر تبدیل می شوند. ولی اساس کار آنها شبیه به هم می باشد رگولاتورها بر دو نوع هستند:

۱- آنالوگ

۲- سوئیچینگ

رگولاتورهای سوئیچینگ به دلیل حجم و وزن کم و تلفات کم و راندمان بالا امروزه بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. در شکل (۳-۴۳) بلوک دیاگرام رگولاتورهای سوئیچینگ را مشاهده می کنید.

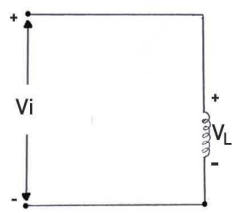
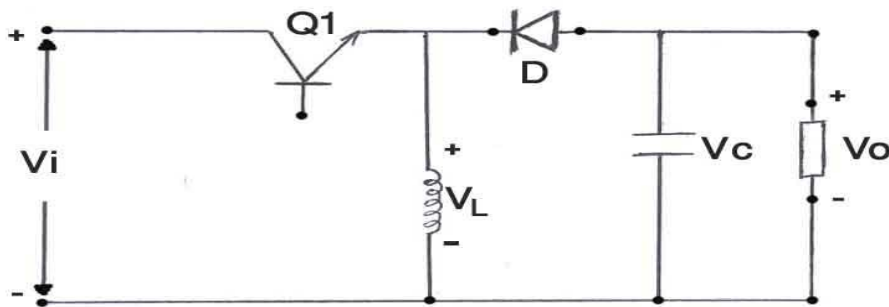


شکل (۳-۴۳)

در شکل زیر نمونه ای از یک رگولاتور افزایشنده و کاهشنده مشاهده می کنید که در دو حالت:

$$Q_1 = on \Rightarrow V_i = K \frac{\Delta I}{T_i} \quad -1$$

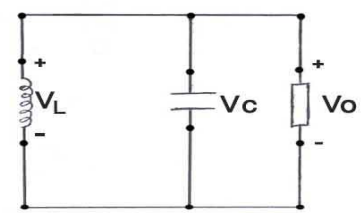
$$Q_1 = off \Rightarrow V_o = -\frac{k}{1-k} V_i \quad -2$$



Q1 : on

(B)

(A)



Q2 : off

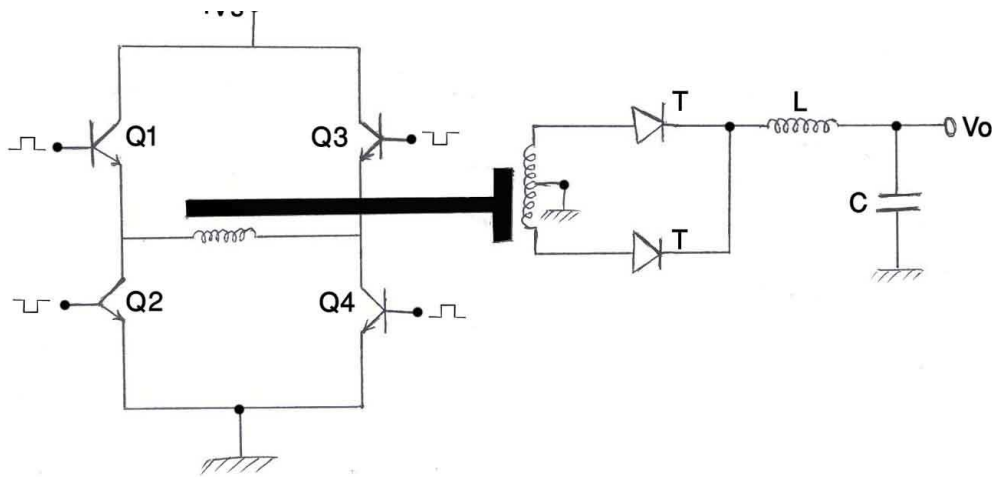
(C)

شکل (۳-۴۴)

نوع دیگری از رگولاتورها نیز که توسط ترانس ساخته می شود را نیز در شکل (۳-۴۵)

مشاهده می نمایید این رگولاتور به نام تمام پل نامگذاری شده است و از فید بک داخلی

برای جلوگیری از وقوع خطا استفاده می کند.



شکل (۳-۴۵)

با توجه به مدارات نشان داده شده می توانیم با اعمال جریان و ولتاژ سینوسی و استفاده از مبدل های AC به DC و نیز DC به AC در خروجی ولتاژی با کسری از ولتاژ ورودی و نیز فرکانس با کسری از فرکانس ورودی داشته باشیم که با زیاد کردن آن از صفر تا ولتاژ و فرکانس نامی موتور طبق مطالب گفته شده در قسمت ۳-۸-۱ موتورهای القایی را با شرایطی راه اندازی نماییم و به دور نامی برسائیم و از آنجایی که در طول این عمل گشتاور ثابت می ماند بسیار مناسب برای راه اندازی موتور زیر بار نامی می باشد ولی به دلیل پیچیدگی مدارات محافظ و قیمت بالا هنوز برای موتورهای معمولی استفاده نمی شوند و تولید انبوه ندارند.

ولی برخلاف سافت استارترهایی که بر پایه $(\frac{V}{F} = \text{ثابت})$ کار می کنند سافت استارترهایی که بر اساس روش TCS کار می کنند به تولید انبوه رسیده اند و در مدل های مختلف که متناسب با جریان و قدرت و ولتاژ نامی موتورها تغییر می کنند ساخته می شوند که به دلیل تولید انبوه و نیز حرفة اقتصادی بسیار بالا که هم در هزینه برق مصرفی و هم در

جلوگیری استهلاک موتور و هم در حفاظت موتورهای مهم و بزرگ و هم جلوگیری از تنش های شبکه تأثیر دارد بسیار گسترده استفاده می شوند.

این نوع سافت استارترها در مدل های گوناگون ساخته شده اند برای مثال شرکت Telemecanique فرانسه مدل های LH4 - N1 را که فقط سافت استارت و مدل های LH4 - N2 را به عنوان هم سافت استارتر و هم سافت استاپ می باشند که مدل های مختلف آن را بر اساس ولتاژ، امپراژ و قدرت مناسب در جدول صفحه بعد مشاهده می نمایید :

برای کاربرد استاندارد در ولتاژ ۴۰۰ ولت سه فاز

400V		
Kw	A	Model
3	6	LH4 - N106QN7
5.5	12	LH4 - N112QN7
11	22	LH4 - N125QN7
3	6	LH4 - N206QN7
5.5	12	LH4 - N212QN7
11	22	LH4 - N225QN7
15	32	LH4 - N230 Q7
22	44	LH4 - N244 Q7
37	72	LH4 - N272 Q7
45	85	LH4 - N285 Q7

شکل (۳-۴۶)

و نیز مدل های AST 48 نیز در دو تیپ Y, Q برای موتورهای ولتاژ ۴۰۰ ولت تا ۹۶۰ ولت سه فاز ساخته شده اند که در جدول زیر مدل های مختلف آن را برای آمپراژ و قدرت های مختلف مشاهده می نمایید.

230V Kw	400V Kw	440V Kw	500V Kw	525V Kw	660V Kw	690V Kw	A	Model
4	7.5	7.5	9	9	11	15	17	ATS 48D17Y
5.5	11	11	11	11	15	18.5	22	ATS 48D22Y
7.5	15	15	18.5	18.5	22	22	32	ATS 48D32Y
9	18.5	18.5	22	22	30	30	38	ATS 48D38Y
11	22	22	30	30	37	37	47	ATS 48D47Y
15	30	30	37	37	45	45	62	ATS 48D62Y
18.5	37	37	45	45	55	55	75	ATS 48D75Y
22	45	45	65.5	55	75	75	88	ATS 48D88Y
30	55	55	75	75	90	90	110	ATS 48C11Y
37	75	75	90	90	110	110	140	ATS 48C14Y
45	90	90	110	110	132	160	170	ATS 48C17Y
55	110	110	132	132	160	200	210	ATS 48C21Y
75	132	132	160	160	220	250	250	ATS 48C25Y
90	160	160	220	220	250	315	320	ATS 48C32Y
110	220	220	250	250	355	400	410	ATS 48C41Y
132	250	250	315	315	400	500	480	ATS 48C48Y
160	315	355	400	400	560	560	590	ATS 48C59Y
-	355	400	-	-	630	630	660	ATS 48C66Y
220	400	500	500	500	710	710	790	ATS 48C79Y
250	500	630	630	630	900	900	1000	ATS 48M10Y
355	630	710	800	800	-	-	1200	ATS 48M12Y

شکل (۴۷-۳)

۳-۹) مقایسه قیمت تمام شده انواع راه اندازها :

راه اندازهای نرم علاوه بر محاسنی که اشاره شد از لحاظ اقتصادی نیز بسیار مناسبند.

برای روشنتر شدن موضوع به مقایسه قیمت تمام شده راه اندازهای نرم با برخی از روش های دیگر راه اندازی می پردازیم.

برای مثال یکی از نمونه های سافت استارتر که می تواند در قدرت نامی HP ۷,۵ ولتاژ

۴۶۰ ولت کار کند CHC514 نام دارد که ساخت کارخانه eBay می باشد و این مدل تنها

۱۲۵ دلار قیمت دارد . نوع دیگر این نوع راه انداز ها مدل ESTE400500 می باشد که

قدرت نامی این مدل ۵۰ اسب بخار می باشد و قیمت آن ۸۶۰ دلار است و بالاخره مدل

ESTE400750 می باشد که قیمت آن ۱۲۷۵ دلار می باشد . همانطور که ملاحظه می

نمایید این قیمت ها بسیار مناسب می باشند و اختلاف قیمت با توجه به اختلاف زیاد

قدرت های نامی تغییر چندانی ندارد و این نیز یکی از محاسن عمده می باشد که در مورد دیگر راه اندازها (همانطور که در ادامه می بینید) صدق نمی کند .

به عنوان مثال در مورد راه اندازی به روش کاهش ولتاژ ورودی که نسبت به بقیه روش ها از نظر تلفات مناسبتر بود قیمت یک ترانسفورماتور (ساخت کارخانه alti system) که با قدرت نامی ۶ KW و در ولتاژ ۱۲۰ و با نسبت تبدیل ۱۲۰/۲۴۰ کار میکند و SW Plus نام دارد ۶۷۷ دلار می باشد که تقریباً ۲ برابر سافت استارتر می باشد و باید در نظر گرفت که این قیمت در ولتاژ های بالا تر به دلیل افزایش مواد عایقی، حجم و آمپر بالا به شدت افزایش می یابد که در مورد موتورهای با توان بالا مناسب نمی باشد. و نیز در مورد راه اندازی با استفاده از کلاچ قیمت کلاچی با قدرت نامی ۱,۴ کیلو وات ۳۴۸,۴۰ دلار می باشد که همانطور که ملاحظه می نمایید در قدرت حدود ۰,۳ سافت استارتر فوق قیمتی برابر دارد و با در نظر گرفتن تلفات مکانیکی بالای این روش متوجه می شوید که این روش نسبت به راه اندازی نرم به هیچ وجه مناسب نمی باشد .

کلیدهای ستاره-مثلث نیز در قدرت های بالا قیمت های نسبتاً بالایی دارند . به عنوان مثال یکی از مدل های این نوع کلیدها که ساخت کارخانه elektrik compressedair می باشد و در قدرت نامی ۲۵ اسب بخار و در شرایط محیطی ۱۲۵ PSI کار میکند ۸۸۸۱ دلار می باشد و مدل دیگر آن که با قدرت ۵۰ اسب بخار و در همان شرایط محیطی (۱۲۵ PSI) قیمتی معادل ۱۳۳۵۰ دلار دارد که با توجه به تنشی که در زمان راه اندازی با این روش وجود دارد و نیز هزینه بالای برق مصرفی در هنگام راه اندازی و قیمت تمام شده بالای این کلید بخصوص در توان های بالا , استفاده از این روش نیز توصیه نمی شود .

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

۳-۱۰ نتیجه :

با توجه به مسائل گفته شده و در نظر گرفتن مسائل اقتصادی که در بخش ۳-۹ گفته شد یکی از بهترین انتخاب ها جهت یک راه اندازی بی خطر، نرم، کم هزینه و مطمئن استفاده از انواع معرفی شده سافت استارتر می باشد که امروزه با قیمت تمام شده بسیار کم و با ضریب اطمینان بالا، به صورت انبوه تولید میشوند و استفاده از آنها نیز بسیار ساده می باشند.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

Filename: Document1
Directory:
Template: C:\Documents and Settings\hadi tahaghoghi\Application
Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title: « بسم الله الرحمن الرحيم »
Subject:
Author: rohe
Keywords:
Comments:
Creation Date: 3/28/2012 5:36:00 PM
Change Number: 1
Last Saved On:
Last Saved By: hadi tahaghoghi
Total Editing Time: 0 Minutes
Last Printed On: 3/28/2012 5:36:00 PM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 114
Number of Words: 14,910 (approx.)
Number of Characters: 84,993 (approx.)