

دوره آموزشی

موتورهای الکتریکی

AC

محل اجرا: مرکز آموزش شرکت ملی صنایع مس ایران

مدرس: مهندس محمد حیدری

شهریور ماه ۱۳۸۷

بسمه تعالی

سرفصل دوره :

- ۱- ساختمان و اصول کار موتورهای سنکرون
- ۲- ساختمان و اصول کار موتورهای آسنکرون روتور قفسی
- ۳- ساختمان و اصول کار موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی
- ۴- روش های راه اندازی و کنترل دور موتورهای **AC**
- ۵- محاسبه تلفات و راندمان در موتورهای **AC**
- ۶- روش های حفاظت و تنظیم رله ها در موتورهای **AC**

۱- مقدمه موتورهای AC

با توجه به پذیرش بین المللی سیستم جریان متناوب سه فاز جهت توزیع انرژی الکتریکی برای تأمین روشنایی و برق صنعتی ، پیشرفت در ساخت قطعات کامپیوتری و عناصر الکترونیک قدرت ، همچنین ارزان شدن و بالا رفتن جریان و ولتاژ این قطعات ، سبب بکارگیری موتورهای AC شده است. از طرفی با بهره گیری از روش های مدرن کنترل دور ، امکان بکارگیری این نوع موتورها در کلیه ی موارد صنعتی ، مخصوصاً کنترل دور دقیق سیستم ها و سرومکانیسم میسر گشته و حتی سبب افزایش دور موتورهای AC تا دو برابر دور نامی آنها شده است. همچنین با پیشرفت تکنولوژی ، سیستم اتوماسیون مانند شکل ۱-۱ نه تنها همراه عناصر سیستم قدرت الکتریکی بلکه در آن تنیده شده و موتورهای الکتریکی ، ژنراتورها و ترانسفورماتورها را در امر بهره برداری بهینه ، کنترل ، تجزیه و تحلیل پارامترهای سیستم قدرت الکتریکی مانند هارمونیک ها ، اعمال فرمان ، مانیتورینگ و ... کمک می کند.

Power System Package:	System Integration:
<ul style="list-style-type: none"> • Propulsion/Thruster Drives 250KW to 20MW • Induction Motors • Synchronous Motors • Generators • Transformers 	<ul style="list-style-type: none"> • Power System Analysis • Harmonic Analysis • Co-ordination Studies • Spec and Class Conformance • Commissioning & Training
	

شکل ۱-۱

موتورهای AC نسبت به موتورهای DC دارای چندین مزیت هستند :

۱- سبک بودن (۲۰ تا ۴۰ درصد سبک تر از موتورهای DC با قدرت یکسان)

۲- ارزان بودن

۳- ساختمان ساده تر

۴- سرویس و نگه داری و تعمیر آسان و راحت

۵- کمی حجم نسبت به موتورهای DC با قدرت یکسان

۶- تحمل ولتاژ تغذیه بالا: در محدوده ی فشار ضعیف [۱] با ولتاژ خط ۲۰۸ ، ۲۲۰ ، ۴۰۰ ، ۴۱۵ ،

۵۰۰ و ۶۶۰ ولت و فشار متوسط [۲] با ولتاژ خط ۳/۳ ، ۶ ، ۶/۳ ، ۶/۹ ، ۱۱ ، ۱۳/۸ و ۱۵ کیلو

ولت

۷- عمر مفید بیش تر

1 – Low Voltage

2- Medium Voltage

۲- انواع موتور سه فاز و ساختمان آنها
 موتورهای AC که با جریان سه فاز تغذیه می شوند عبارتند از :
 ۲-۱ موتورهای سه فاز سنکرون [۱]

این موتورها ساختمان پیچیده تر و قیمت گرانتری دارند. روتور این نوع موتورها عمداً از نوع قطب برجسته بوده و سرعت چرخش آنها ثابت است. کاربرد این موتورها برای تأمین قدرت اکتیو برای چرخش آسیاب مواد و کمپرسورهای صنعتی از قدرت های ۱ تا ۵۰ مگاوات و برای تأمین قدرت راکتیو و اصلاح ضریب قدرت الکتریکی ترانسفورماتورهای کوره های قوس الکتریکی و پاتیلی کارخانجات صنایع فولاد تا قدرت ۷۰ مگاوات آمپر است.

شکل های ۲-۱ و ۲-۲ اطلاعات دو نوع موتور سنکرون و کاربرد آنها را نشان می دهد.



شکل ۲-۱

✓ Synchronous Motors for
 rolling mills
 propulsion
 compressors
 pumps
 blowers
 grinders
 refiners
 chippers
 synchronous condensers
 Special

Output: 1 - 50 MW/70 000 HP
 (> 6-pole machines)
 Voltages: 1 - 15 kV, 50 and 60 Hz
 Frames: 710 - 2500 mm
 Adjustable speed drives for speeds: 0 - 1800 rpm



(ب)

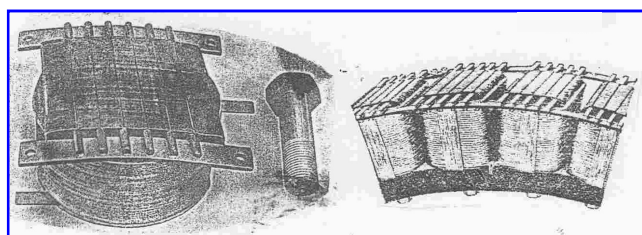


Output: 1 - 70 MVA
 Voltages: 1-15 kV, 50 and 60 Hz
 Frames: 710 - 2500 mm
 Speeds: 300 - 1500 rpm

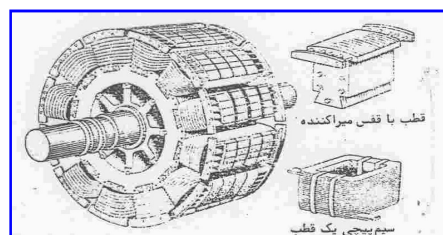
شکل ۲-۲

(الف)

شکل ۲-۳ روتور یک موتور سنکرون و اجزای آن را نشان می دهد.



(ب)



(الف)

شکل ۲-۳

شکل ۲-۴ یک موتور سنکرون با قدرت ظاهری **50 MVA** ، ولتاژ ۱۳۵۰۰ ولت ، ۲۱۳۸ آمپر ، ولتاژ تحریک ۱۴۶ ولت ، جریان تحریک ۹۹۱ آمپر ، ۶ قطب و با دور نامی ۱۰۰۰ دور در دقیقه را نشان می دهد. پلاک این موتور که تأمین کننده ی توان راکتیو مورد نیاز یک کارخانه ی فولاد است در شکل ۲-۵ آمده است.

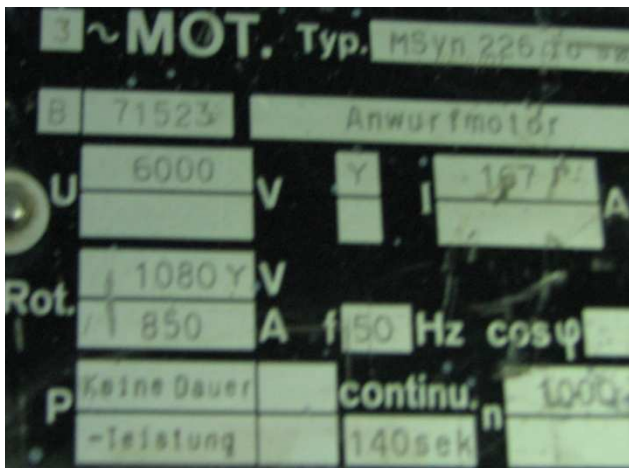


شکل ۲-۴

SYNCHRONKOMPENSATOR					
SYNCHRONOUS COMPENSATOR		COMPENSATEUR SYNCHRONE			
3	~	Gen	Typ. W 170 / 280-6	50	Hz
kVA		V		A	
50 000	Ind.	13 500		2138	
	cap.				
norm.	max.	n/min	V_e	A_e	$\cos \varphi$
1000	1200		146	991	0
B 71938 + B 71962					

شکل ۲-۵

برای راه اندازی موتور سنکرون شکل ۲-۴ یک موتور آسنکرون روتور سیم پیچی با ولتاژ ۶۰۰۰ ولت و جریان ۱۶۷ آمپر مانند شکل ۲-۶ استفاده شده است. هم چنین در شروع کار روغن با فشار حدود ۱۰ تا ۱۲ بار از طریق پمپ شکل ۲-۷ و نازل ها به زیر شافت در یاتاقان شکل ۲-۸ در طرف دیگر موتور تزریق می شود. در زمان راه اندازی دو سر سیم پیچ روتور توسط تریستورهای قدرت اتصال کوتاه شده و پس از رسیدن سرعت روتور به ۸۰٪ دور نامی آن ، بعد از قطع کردن تریستورهای اتصال کوتاه دو سر تحریک ، به سیم پیچ تحریک ولتاژ DC اعمال می شود. و تغذیه استاتور موتور آسنکرون روتور سیم پیچی هم قطع می شود.



(ب)

شکل ۲-۶

(الف)



شکل ۲-۸

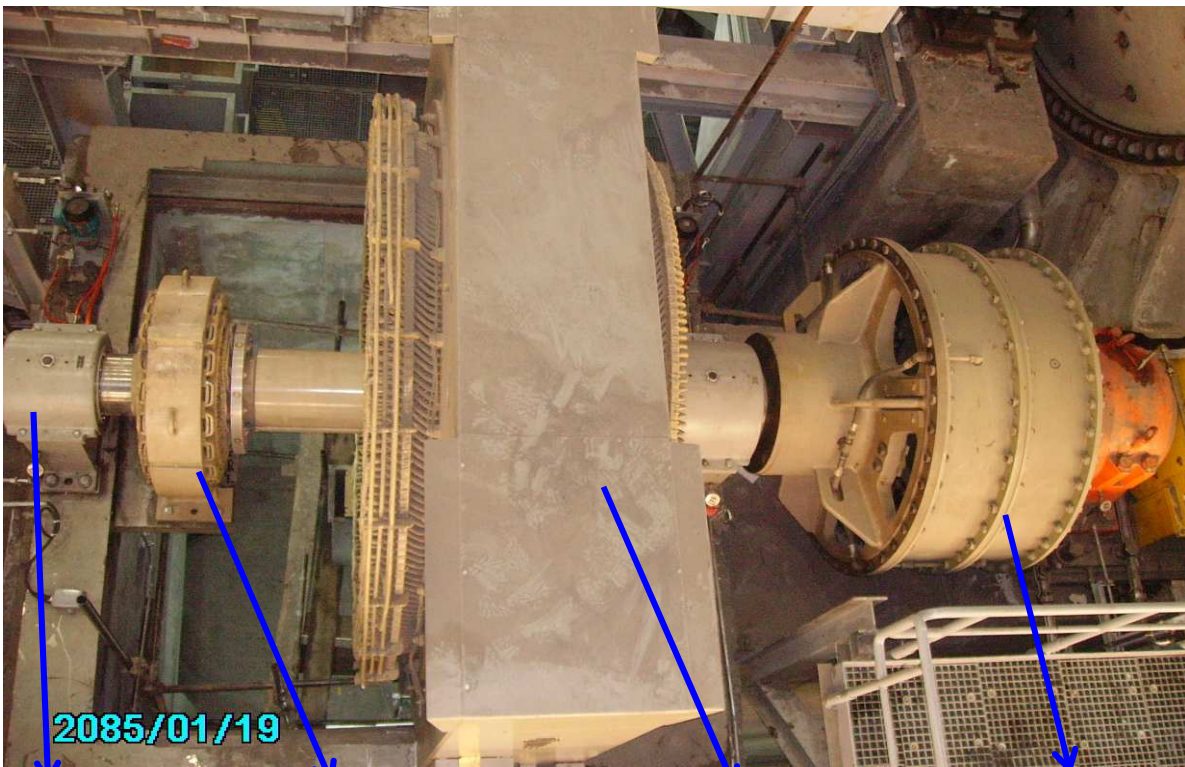


شکل ۲-۷

شکل ۹-۲ یک موتور سنکرون را نشان می دهد که به عنوان یک دستگاه آسیاب مواد مورد کاربرد قرار گرفته است. شکل ۱۰-۲ به ترتیب از سمت راست کلاچ ، موتور سنکرون ، تحریک کننده ی موتور سنکرون (اکسایتر) و یاتاقان را نشان می دهد.



شکل ۹-۲



2085/01/19

یاتاقان

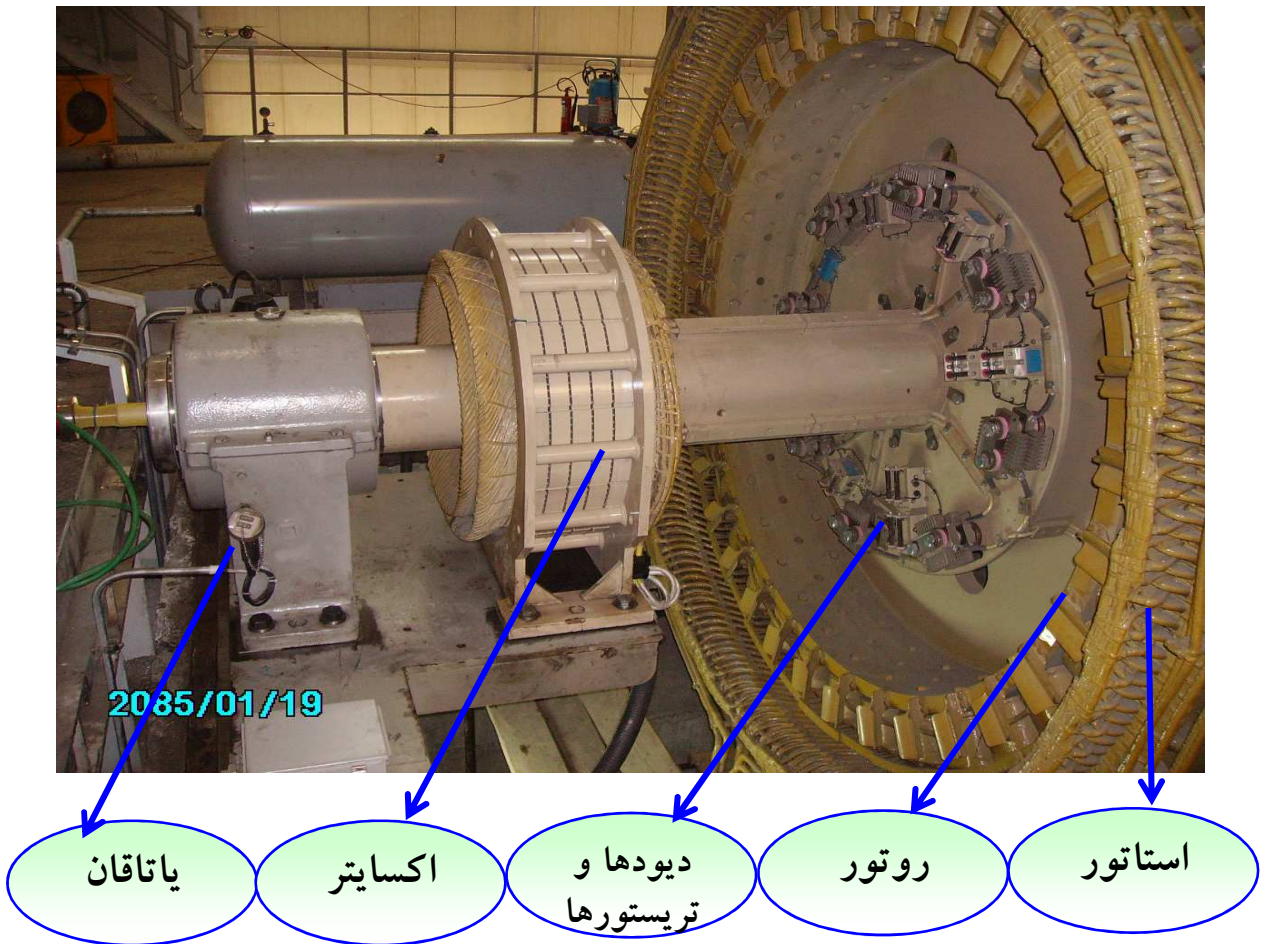
اکسایتر

شکل ۱۰-۲

موتور
سنکرون

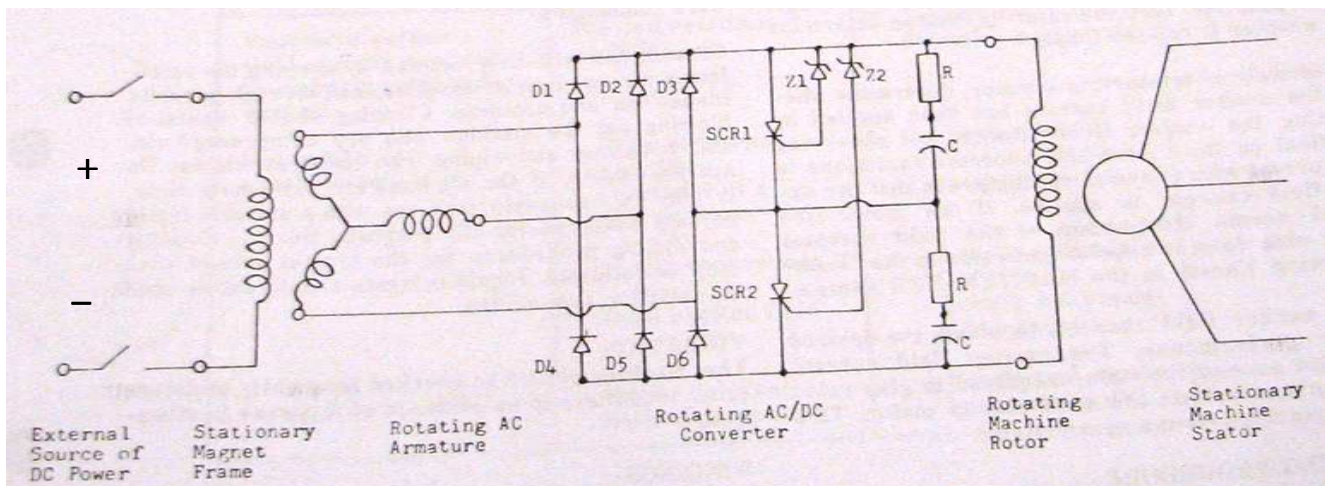
کلاچ

شکل ۲-۱۱ استاتور و روتور موتور سنکرون شکل ۹-۲ و تریستورها و دیودهای یکسوکننده ی ولتاژ اکسایتر و اکسایتر موتور سنکرون را بین موتور و یاتاقان نشان می دهد.



شکل ۲-۱۱

شکل ۲-۱۲ مدار الکتریکی و اجزای الکتریکی و الکترونیکی مربوط به راه اندازی و کار یک دستگاه موتور سنکرون را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۲

مزایای موتور سنکرون :

- ۱- این موتور دارای ضریب قدرت مناسب و قابل تنظیم است .
- ۲- بازده عالی دارد .
- ۳- در مقابل نوسان ولتاژ حساسیت ندارد .
- ۴- امکان بکار بردن آن به طور مستقیم با ولتاژ زیاد وجود دارد .
- ۵- با تحریک مناسب هیچگونه قدرت راکتیو مصرف نمی‌کند و فقط قدرت اکتیو مناسب می‌گیرد .
- ۶- از این موتور میتوان به عنوان مولد قدرت راکتیو برای بالا بردن ضریب قدرت خط استفاده کرد .

معایب موتور سنکرون :

- ۱- یک وسیله راه اندازی اولیه که موتور کمکی و غیره می باشد احتیاج دارد .
- ۲- علاوه بر جریان متناوب برای سیم پیچ استاتور ، جریان دائم برای قطبهای آن هم مورد احتیاج است در نتیجه قیمت ماشین را نسبت به مشابه خود بالا میبرد .
- ۳- سرعت آن ثابت است در نتیجه قابل تنظیم است .
- ۴- نداشتن تحمل اضافه بار (در صورتیکه خیلی زیادتر از حد مجاز به آن بار دهند می ایستد و دوباره بایستی آنرا راه اندازی کرد).

کاربرد موتور سنکرون :

- ۱- به خاطر راه اندازی مشکل موتور سنکرون ، مورد استفاده آن محدود است .
- ۲- به خاطر سرعت ثابت آن، در مواردیکه دور ثابت نیاز باشد، استفاده می شود.
- ۳- کاربرد مهم موتور سنکرون ، برای اصلاح $\cos\phi$ است. بار روی آن قرار نداده یعنی موتور بدون بار کار میکند در این حالت موتور سنکرون را خازن سنکرون گویند.
- ۴- در صنایعی که نوسانات ولتاژ زیاد است و نیمه هادی های کنترل شده مانند ترایستور و IGBT کاربرد زیاد دارند از موتور سنکرون استفاده می شود.

شکل ۱۳-۲ منحنی V شکل یا موردی یک موتور سنکرون و محدوده ی کاری آن را نشان می دهد.
 موتور سنکرون سه محدوده ی کاری دارد که عبارتند از :

۱- زیر تحریک

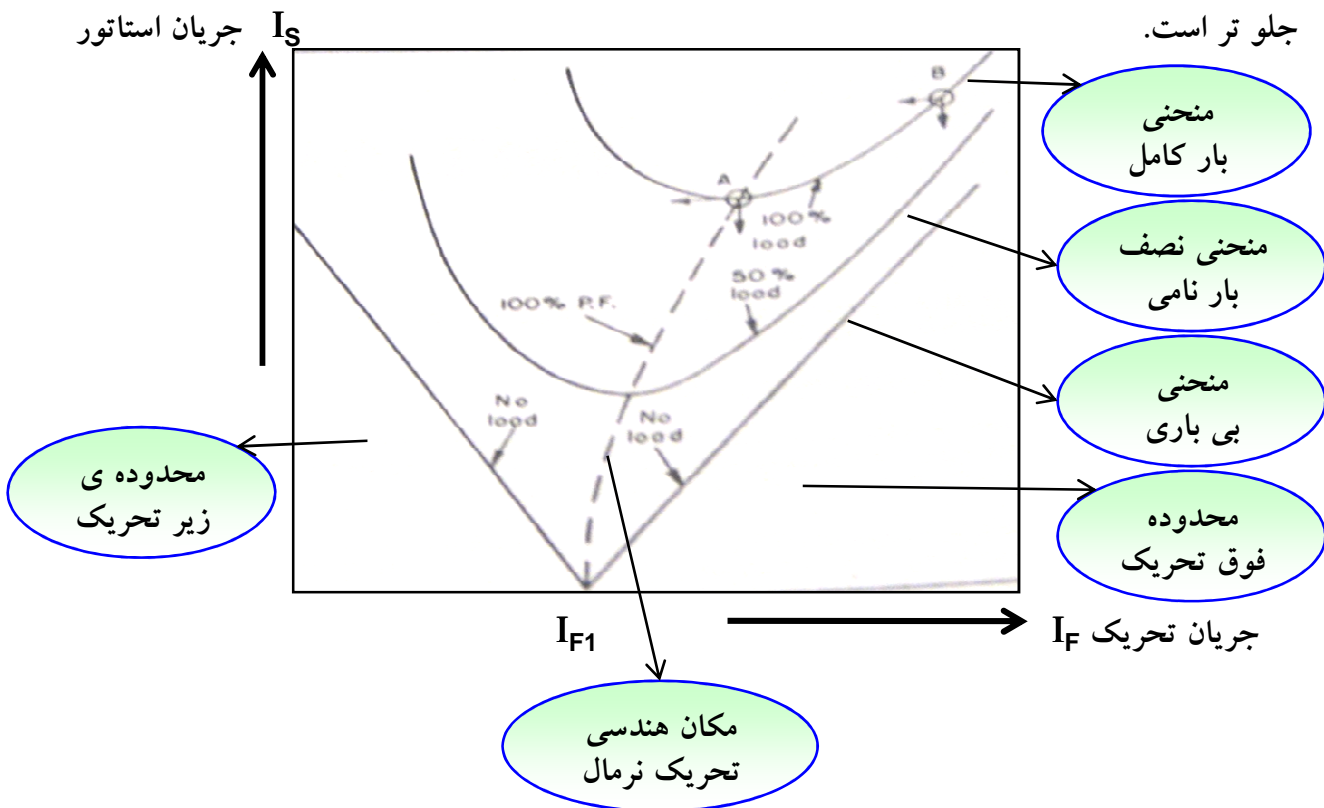
۲- تحریک نرمال

۳- فوق تحریک

در محدوده ی زیر تحریک ، موتور سنکرون توان اکتیو و راکتیو از شبکه دریافت می کند. ضریب قدرت موتور در این حالت پس فاز است و بردار جریان الکتریکی از بردار ولتاژ عقب تر است.

در تحریک نرمال موتور سنکرون فقط توان اکتیو از شبکه دریافت می کند و ضریب قدرت موتور در این حالت برابر ۱ است و بردار جریان الکتریکی و بردار ولتاژ ، هم فاز هستند.

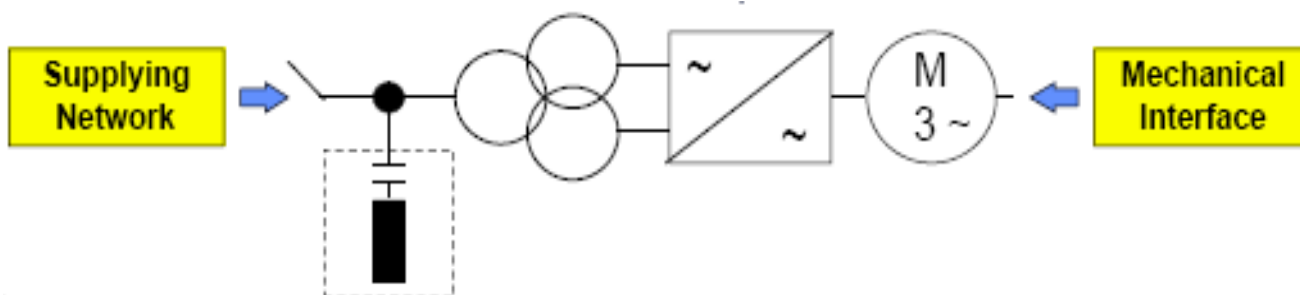
در محدوده ی فوق تحریک ، موتور سنکرون توان اکتیو از شبکه دریافت می کند و توان راکتیو به شبکه می دهد. ضریب قدرت موتور در این حالت پیش فاز است و بردار جریان الکتریکی از بردار ولتاژ جلو تر است.



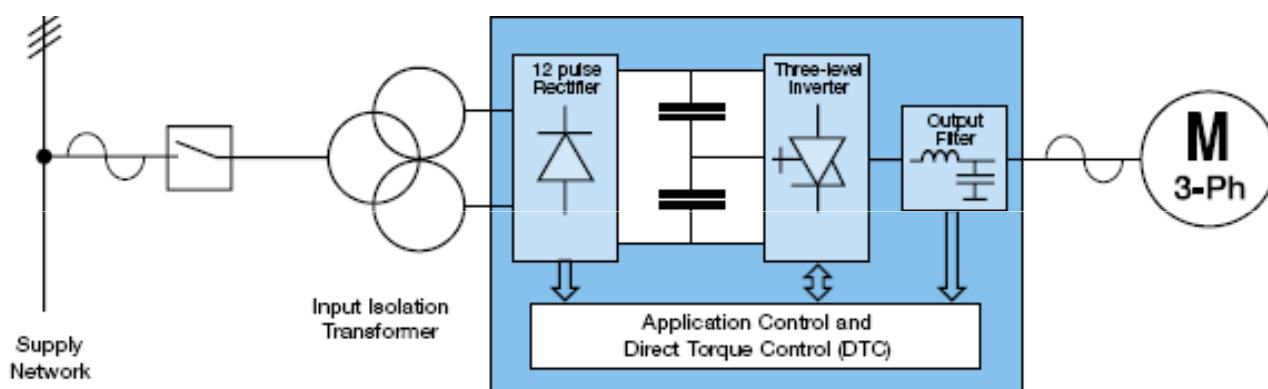
شکل ۱۳-۲

شکل های ۱۴-۲ انواع مدارهای راه اندازی موتور سنکرون را نشان می دهد. سرعت موتور سنکرون از

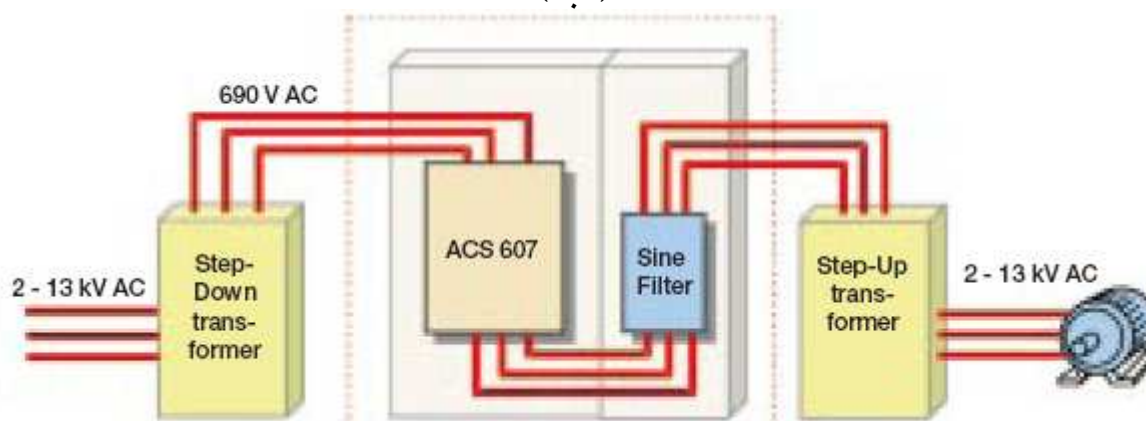
رابطه ی $NS = \frac{60 \times f}{P}$ محاسبه می شود. و برای کنترل سرعت موتور بایستی هم زمان ولتاژ و فرکانس را تغییر داد.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۱۴-۲

۲-۲ موتورهای سه فاز آسنکرون [۱]

موتورهای آسنکرون نسبت به موتورهای سنکرون از ساختمان ساده تری برخوردارند. سرعت مکانیکی روتور همواره کمتر از سرعت حوزه ی دوار استاتور است و با تغییر بار موتور، سرعت مکانیکی روتور هم تغییر می کند. به این دسته از موتورها، موتورهای القایی [۲] نیز گفته می شود. زیرا انرژی الکتریکی به روش القاء از استاتور به روتور منتقل می شود. این موتورها به دو دسته تقسیم می شوند:

۲-۲-۱ موتورهای روتور قفسی [۳]

تقریباً ۹۰ درصد موتورهای القایی از نوع قفسی هستند. زیرا روتور ساختمان ساده و محکمی داشته است. روتورهای قفسی شامل هسته های لایه لایه شده ی استوانه ای با شیارهای موازی برای نصب هادی های میله ای یا شمشی از نوع مسی، آلومینیومی یا از آلیاژهای دیگر است. هادی ها در دوسر روتور به وسیله ی دو حلقه که از جنس هادی ها است، مانند شکل ۲-۱۵ اتصال کوتاه می شوند. قفس ها در دو نوع ساده [۴] و دوبل [۵] با توجه به کاربرد موتور طراحی و ساخته می شود. شکل ۲-۱۶ یک نمونه روتور قفسی را

نشان می دهد.



شکل ۲-۱۶



(ب)

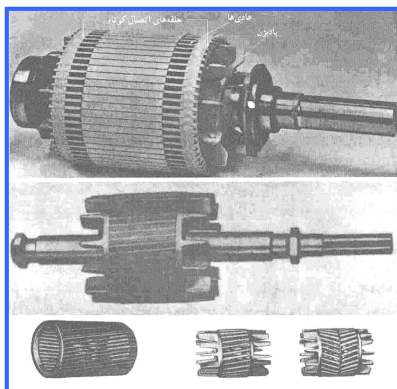


شکل ۲-۱۵

(الف)

شیارهای روتور قفسی را مخصوصاً مورب می سازند تا بدین وسیله صدای هوم مغناطیسی موتور هنگام کار کاهش یابد و از تمایل به قفل روتور هنگام راه اندازی جلوگیری شود. همچنین قابلیت پایداری موتور هنگام تغییر ناگهانی بار افزایش می یابد.

شکل ۲-۱۷ یک نوع موتور روتور قفسی را نشان می دهد که هادی های آن مورب بوده و برای تولید گشتاور مورد نیاز جهت چرخش بار صنعتی یا تجهیزاتی که با آن کوپل است از دو قفس که هادی های آن با هم موازی اند و نسبت به هم تحت زاویه قرار دارند، استفاده شده است. در شکل های ۲-۱۸ و ۲-۱۹ چند نمونه روتور موتور قفسی را مشاهده می کنید.



شکل ۲-۱۹



شکل ۲-۱۷



شکل ۲-۱۸

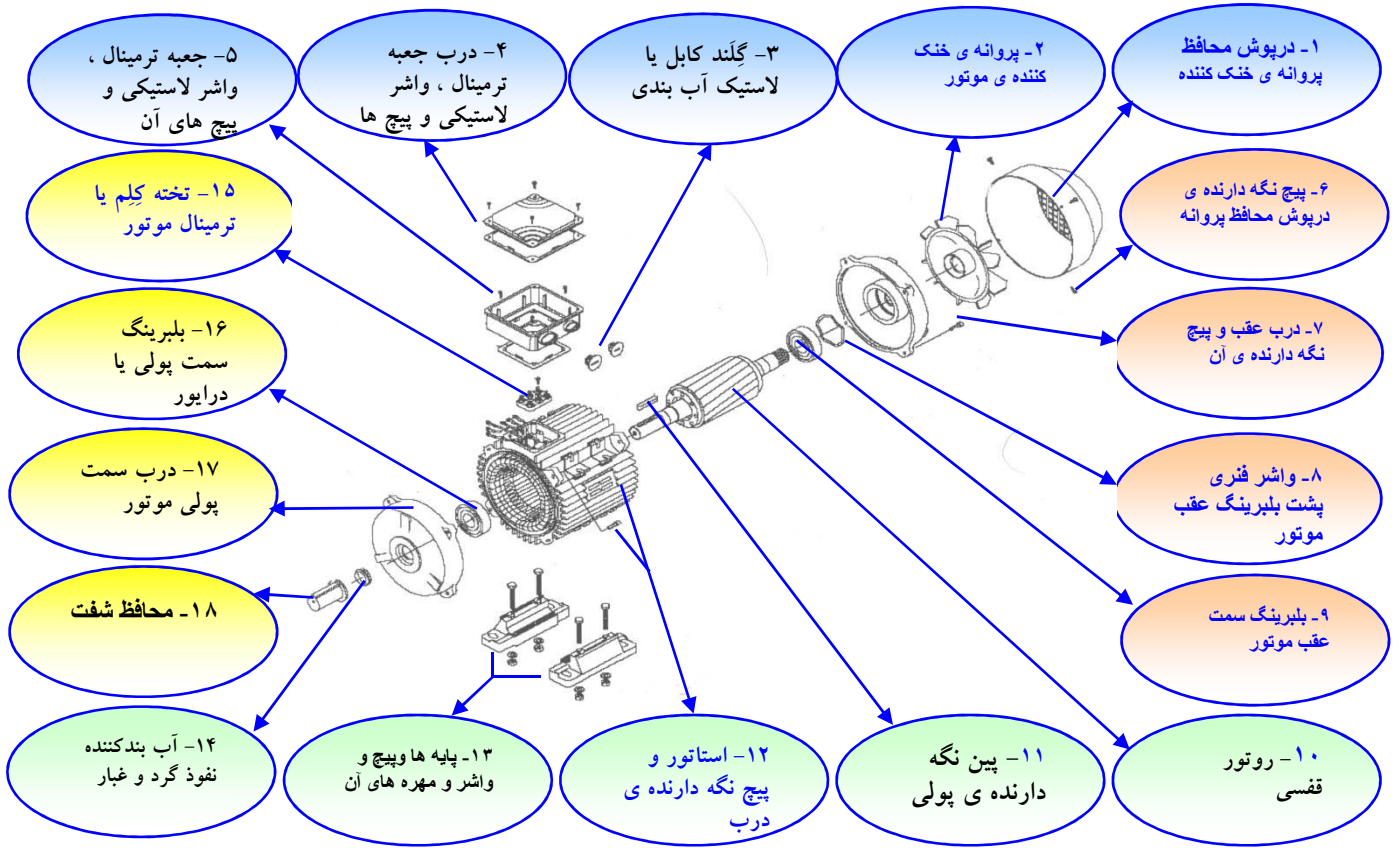
1- Asynchronous Motors

2- Induction Motors

3- Squirrel Cage Motor

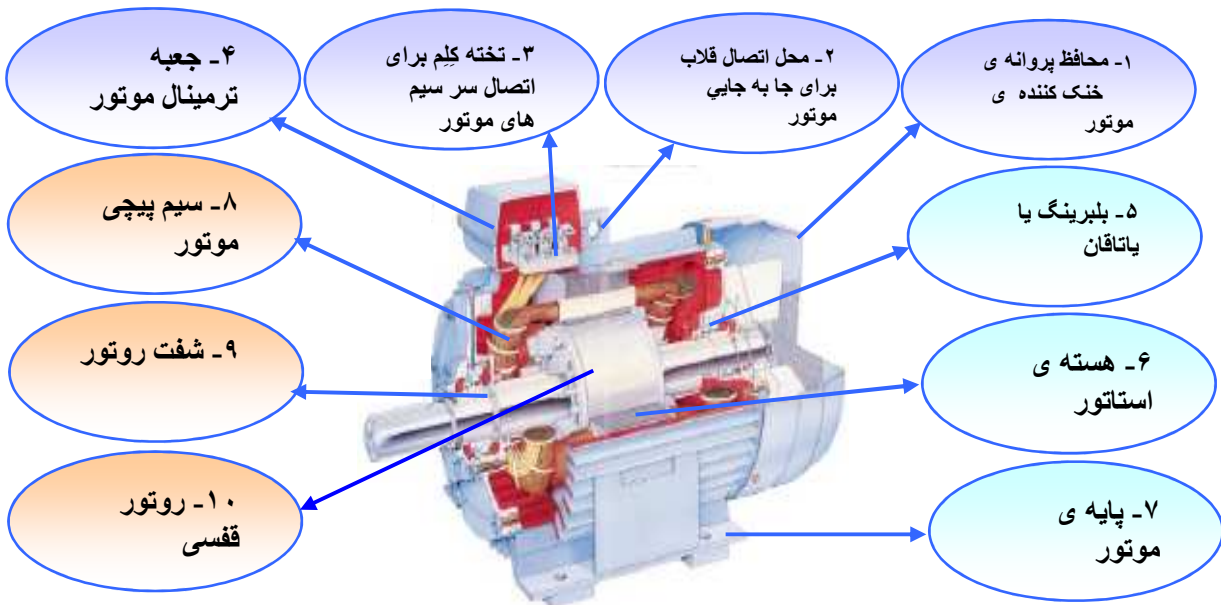
4- Single Cage 5- Double Cage

شکل ۲۰-۲ نقشه ی انفجاری یک موتور سه فاز القایی روتور قفسی را نشان می دهد.



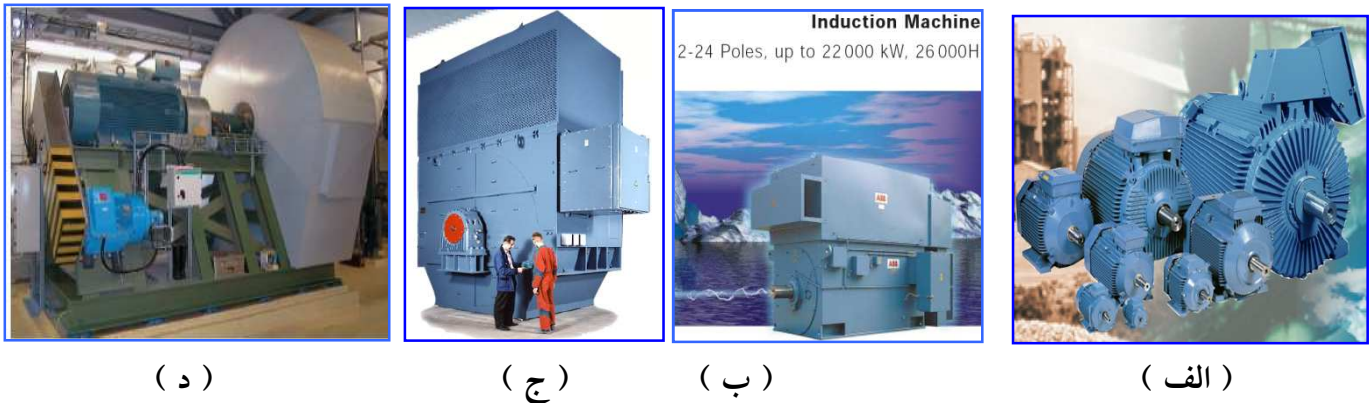
شکل ۲۰-۲

شکل ۲۱-۲ یک موتور القایی سه فاز برش خورده را نشان می دهد



شکل ۲۱-۲

شکل ۲-۲۲ چند نمونه از موتورهای روتور قفسی و کاربرد آنها را نشان می دهد.



شکل ۲-۲۲

۲-۲-۲ موتورهای روتور سیم پیچی شده یا با حلقه های لغزان^[۱] روتور این نوع موتورها به صورت سه فاز دو طبقه و به تعداد قطب های استاتور سیم پیچی می شوند. سرهای انتهایی سه فاز روتور از داخل ستاره می شوند و سه سر سیم پیچی سه فاز روتور به سه حلقه ی لغزان که نسبت به محور یا شفت روتور عایق شده اند ، اتصال دارند. شکل ۲-۲۳ یک نمونه روتور سیم پیچی شده را نشان می دهد.

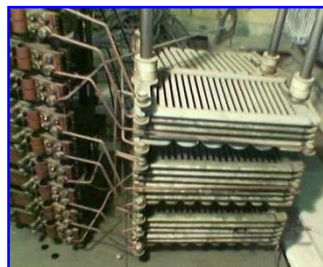


شکل ۲-۲۳

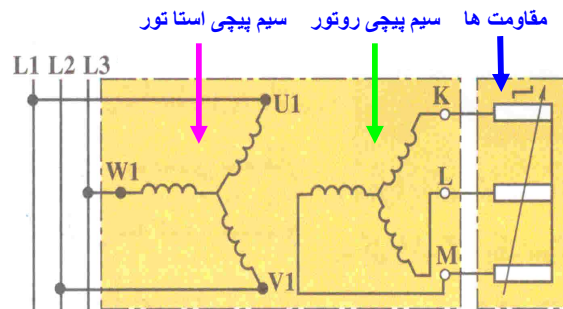
حلقه های لغزان از طریق سه جاروبک به سه مقاومت متغیر که کم اهم و پروات هستند مانند شکل ۲-۲۴ وصل می شوند. این مقاومت ها در کاهش جریان و افزایش گشتاور موتور هنگام راه اندازی بارهای سنگین نقش مهمی به عهده دارد. مقاومت متغیر موتورها برای پُر قدرت برای تهویه و خنک شدن در داخل آب که موادی قلیایی به آن اضافه شده و یا داخل روغن عایق الکتریکی قرار می گیرند. تغییر این مقاومت ها به وسیله ی کنتاکتور قدرت یا موتور الکتریکی با کلید برنامه در مدار روتور انجام می شود. شکل ۲-۲۵ یک نمونه مقاومت متغیر سه فاز که با روغن عایق الکتریکی خنک شده و با موتور الکتریکی شکل ۲۶-۲ کنترل می شود ، مشاهده می کنید.



شکل ۲-۲۶



شکل ۲-۲۵

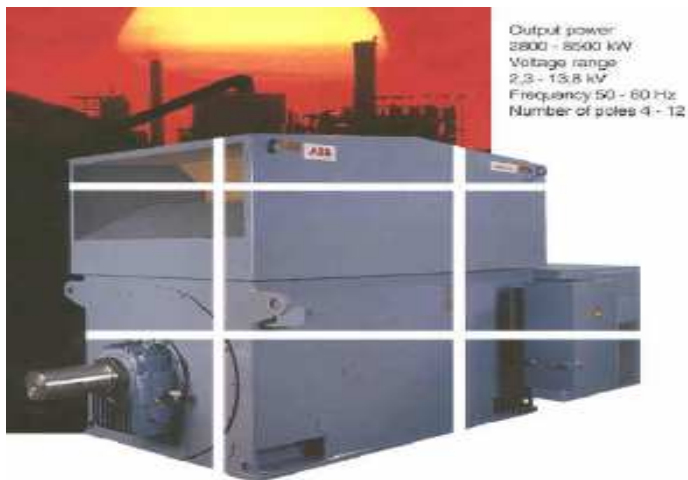


شکل ۲-۲۴

1-Wound Rotor or Slip Ring Motors

شکل ۲۷-۲ دو نمونه از موتورهای آسنکرون با روتور سیم پیچی شده و حلقه های لغزان را نشان می دهد.

AML Slip Ring Motor



(ب)

AMK Slip Ring Motors



Outputs: 160 - 2500 kW at 50 Hz
 Outputs: 250 - 4000 HP at 60 Hz
 Voltages: 0.4 - 11 kV
 Frames: 400 - 500 mm
 Poles: 4 - 12
 Adjustable speed range: 0 - 1800 1/min

(الف)

شکل ۲۷-۲

۲-۲-۳- موتور های سه فاز کلکتوردار یا شراگ ریشتر [۱]
 موتور شراگ یک نوع موتور سه فاز القایی است. شکل ۲۸-۲ یک دستگاه موتور شراگ ریشتر و روتور این نوع موتور را نشان می دهد. سیم پیچی استاتور این نوع موتورها شبیه استاتور موتورهای سه فاز سنکرون و آسنکرون است. دوسر هر فاز استاتور به وسیله ی دو جاروبک به تیغه های کلکتور اتصال دارد. روتور این نوع موتورها دارای دو دسته سیم پیچی است. ولتاژ سه فاز شبکه از طریق سه جاروبک و سه حلقه ی لغزان به یک دسته از سیم پیچی سه فاز روتور با اتصال ستاره اعمال می شود. دسته ی دیگر از سیم پیچی روتور به صورت مثلث طراحی شده و دو سر بوبین های آن به تیغه های کلکتور متصل می شوند. ولتاژ القاء شده در این دسته از سیم پیچی ، از طریق تیغه های کلکتور و جاروبک ها به سیم پیچی سه فاز استاتور می رسد. شکل ۲۹-۲ مدار الکتریکی این نوع موتور را نشان می دهد. جاروبک های A_1 ، B_1 و C_1 نسبت به هم و جاروبک های A_2 ، B_2 و C_2 نیز نسبت به یکدیگر ساکن هستند.

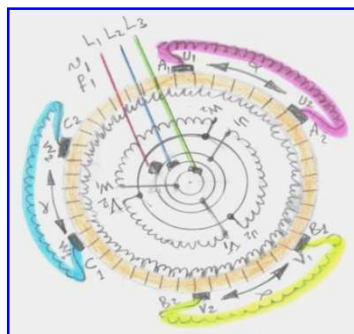


شکل ۲۸-۲ (ب)



(الف)

با تغییر مکانی جاروبک های A_1 ، B_1 و C_1 و جاروبک های A_2 ، B_2 و C_2 مطابق فلش های روی شکل ۲۹-۲ ، مقادیر ولتاژ ، جریان ، فاز و فرکانس اعمال شده به سیم پیچی سه فاز استاتور قابل تنظیم بوده و بدین وسیله سرعت و ضریب قدرت موتور تنظیم می شود. محدوده ی تغییر و تنظیم سرعت این نوع موتورها بسیار وسیع و تغییر مکان جاروبک ها به وسیله ی یک سروموتور قابل تنظیم است.



شکل ۲۹-۲

قدرت موتورهای شراگ ریشتر به علت مشکلات کموتاسیون تا چند صد کیلووات و ولتاژ تغذیه ی آنها حدود ۷۰۰ ولت است. مورد کاربرد این نوع موتورها بیش تر در صنایع کابل سازی ، چاپ ، نساجی و رنگرزی است.

سرویس و نگه داری و تعمیر این نوع موتورها نسبتاً مشکل است. بنابراین امروزه به تدریج موتورهای القایی روتور قفسی همراه با سیستم های الکترونیکی کنترل دور دقیق جایگزین آنها می شود. بنابراین در این کتاب فقط موتورهای سه فاز سنکرون و آسنکرون مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

سیم پیچی استاتور موتورهای سه فاز سنکرون ، آسنکرون روتورقفسی ، آسنکرون روتور سیم پیچی و کلکتوردار (موتور شراگ ریشتر) با قدرت و قطب مساوی، مشابه یکدیگرند. بنابراین در اثر اعمال جریان سه فاز مساوی به استاتور این موتورها ، میدان دوآر آنها یکسان است.

۳- تولید میدان دوآر در موتورهای AC

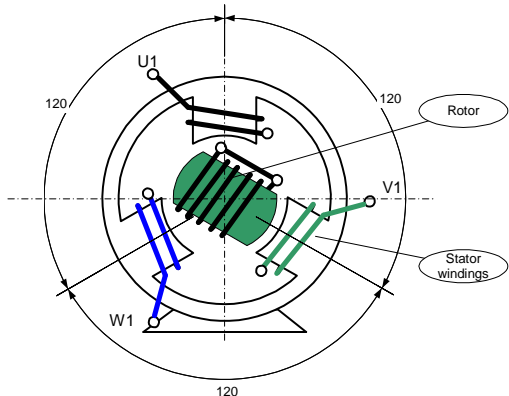
میدان دوآر به روش های زیر تولید می شود:

۳-۱- تولید میدان دوآر به وسیله ی آهنربای دائم و الکتریکی

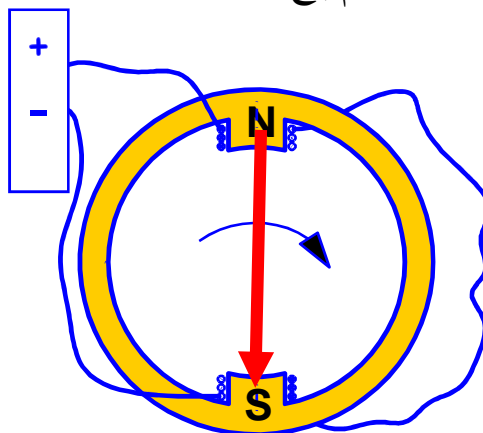
اگر یک آهنربای دائم مانند شکل ۳-۱ یا یک آهنربای الکتریکی مشابه ی شکل ۲-۳ را حول محورش بچرخانیم یک میدان دوآر تولید می شود. در ماشین های سنکرون به همین روش میدان دوآر تولید می شود.

۳-۲- تولید میدان دوآر به وسیله ی جریان سه فاز

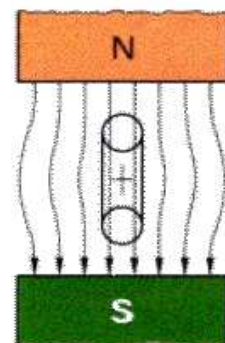
این روش عبارت است از قراردادن سه سیم پیچ با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ درجه در داخل یک استاتور مانند شکل ۳-۳ و اتصال سرهای سه سیم پیچ به شبکه ی سه فاز که اختلاف فاز زمانی آن ۱۲۰ درجه است.



شکل ۳-۳



شکل ۳-۲

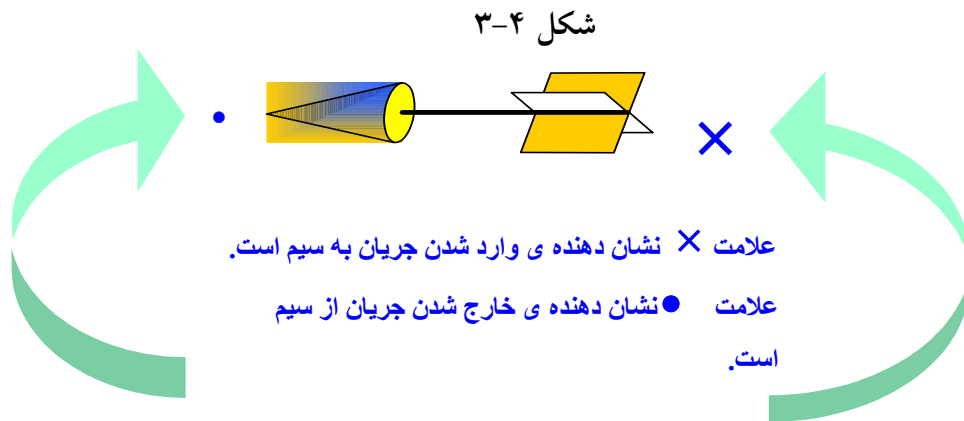
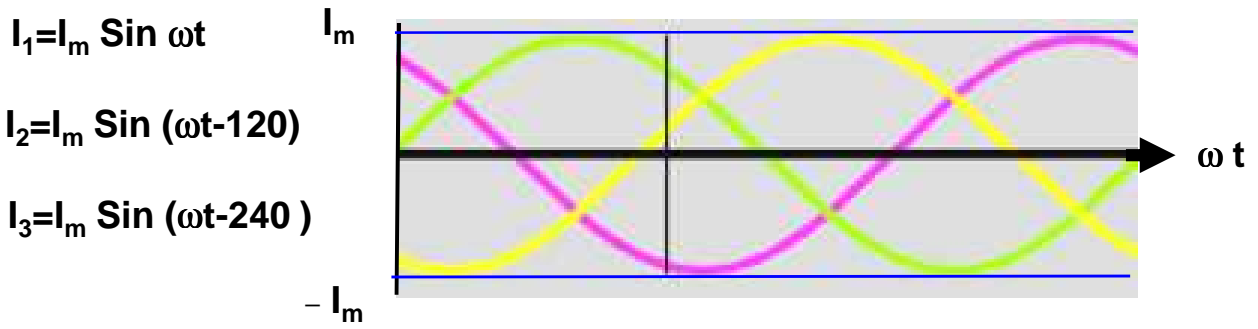


شکل ۳-۱

به وسیله ی جریان سه فاز می توان میدان دوآر تولید کرد بدون آن که از آهنربای متحرک استفاده شود.

۳-۳- نمایش ایجاد میدان دوآر توسط سیم پیچی سه فاز

جریان سه فاز شکل ۳-۴ با اختلاف فاز زمانی ۱۲۰ درجه در ۵ حالت به سه سیم پیچ استاتور دوقطبی اعمال می شود. با تغییر جریان در حالت های مختلف ، وضعیت چرخشی میدان دوآر نیز تغییر می کند اما مقدار آن ثابت است.

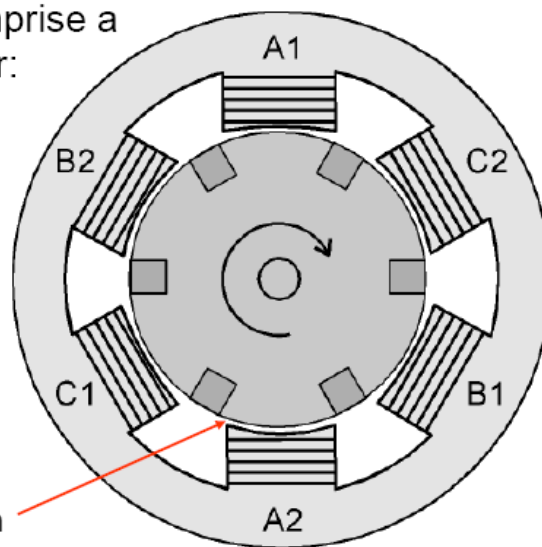


شکل ۴-۵

چنان چه یک سیکل کامل موج سینوسی مانند شکل ۳-۷ به سیم پیچ های استاتور شکل ۴-۶ اعمال شود ، حوزه دوار یک دور کامل می چرخد.

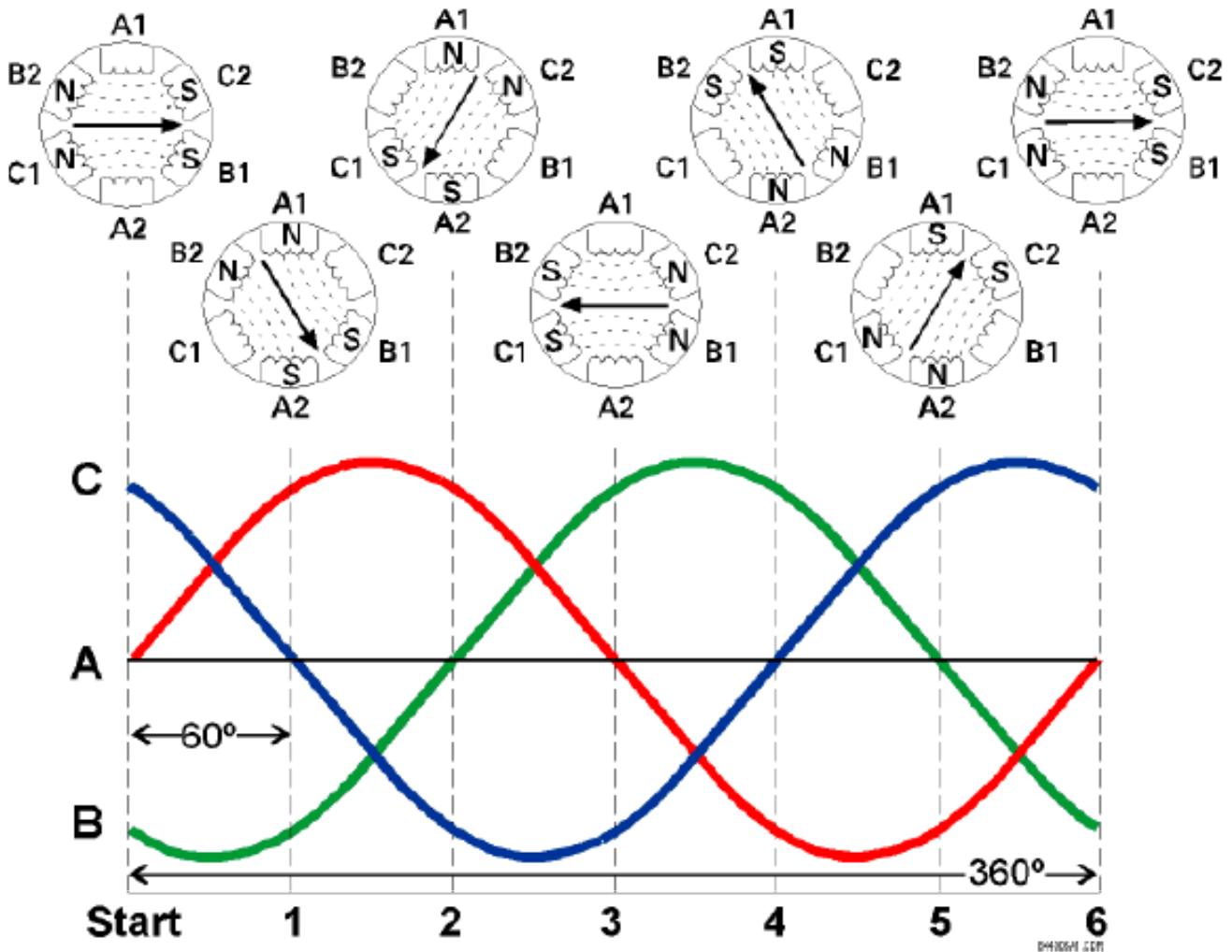
Two main components comprise a 3 phase AC induction motor:

- Rotor
- Stator



A Slight air gap exists between the rotor and stator

شکل ۳-۶



شکل ۳-۷

مقدار میدان دوار کل سه فاز $\phi_T = 1/5 \phi_m$ است.

همان طور که در شکل های ۳-۷ نشان داده شد با اعمال نیم سیکل جریان سه فاز به استاتور سه فاز دو قطب، بردار میدان دوار 180° درجه چرخید پس با اعمال یک سیکل جریان سه فاز بردار میدان دوار 360° درجه یعنی یک دور کامل می چرخد. چنان چه در یک ثانیه 50 سیکل جریان سه فاز به همین استاتور اعمال شود بردار میدان مغناطیسی 50 دور کامل می چرخد. بنابراین سرعت میدان دوار با فرکانس شبکه متناسب است. اگر دو سیکل جریان سه فاز به استاتور سه فاز چهار قطب اعمال شود، بردار میدان مغناطیسی یک دور کامل می چرخد. بنابراین سرعت میدان دوار با تعداد زوج قطب نسبت عکس دارد. از بحث فوق رابطه ی $n_s = f / p$ برای محاسبه سرعت میدان دوار در هر ثانیه نوشته می شود.

سرعت میدان دوار بر حسب دور در هر ثانیه^{۱۱} را با **RPS** نشان می دهند. معمولاً سرعت میدان دوار و روتور را بر حسب دور در هر دقیقه^{۱۲} بیان می کنند و از رابطه ی (۳-۱) به دست می آید:

$$n_s = 60f / p \quad [n_s] = \text{RPM} \quad (۳-۱)$$

f: فرکانس شبکه بر حسب هرتس (HZ)

P: تعداد جفت قطب های سیم پیچی

n_s: سرعت میدان دوار بر حسب دور در هر دقیقه (RPM)

ماشین های جریان متناوب سه فاز بر اساس ایجاد میدان دوار کار می کنند و در موتورهای سه فاز ، میدان دوار به وسیله ی استاتور تولید می شود.

اگر سرعت روتور در این ماشین ها برابر سرعت میدان دوار باشد، آن ها را ماشین سنکرون و چنان چه سرعت روتور کمتر یا بیش تر از سرعت میدان دوار باشد ، این نوع ماشین ها را آسنکرون می نامند.

مثال ۳-۱: یک سیم پیچی سه فاز متقارن به شبکه ی سه فاز متصل می شود. اگر فرکانس شبکه ۵۰ هرتس و تعداد قطب های سیم پیچی ۲ باشد ، سرعت میدان دوار تولیدی چند دور در دقیقه است؟

$$n_s = 60f / p \Rightarrow n_s = 60 \times 50 / 2 = 1500 \text{ RPM} \quad \text{حل:}$$

مثال ۳-۲: یک سیم پیچی سه فاز متقارن به شبکه ی سه فاز متصل می شود. اگر فرکانس شبکه ۶۰ هرتس و تعداد قطب های سیم پیچی ۲ باشد ، سرعت میدان دوار تولیدی چند دور در دقیقه است؟

$$n_s = 60f / p \Rightarrow n_s = 60 \times 60 / 2 = 1800 \text{ RPM} \quad \text{حل:}$$

مثال ۳-۳: یک سیم پیچی سه فاز متقارن به شبکه ی سه فاز متصل می شود. اگر فرکانس شبکه ۵۰ هرتس و تعداد قطب های سیم پیچی ۴ باشد ، سرعت میدان دوار تولیدی چند دور در دقیقه است؟

$$n_s = 60f / p \Rightarrow n_s = 60 \times 50 / 4 = 750 \text{ RPM} \quad \text{حل:}$$

تمرین ۳-۱: یک سیم پیچی سه فاز متقارن به شبکه ی سه فاز متصل می شود. اگر فرکانس شبکه ۵۰ هرتس و تعداد قطب های سیم پیچی ۶ باشد ، سرعت میدان دوار تولیدی چند دور در دقیقه است؟
جواب: (**n_s = ۱۰۰۰ RPM**)

۳-۳-۴- تعیین جهت گردش میدان دوار

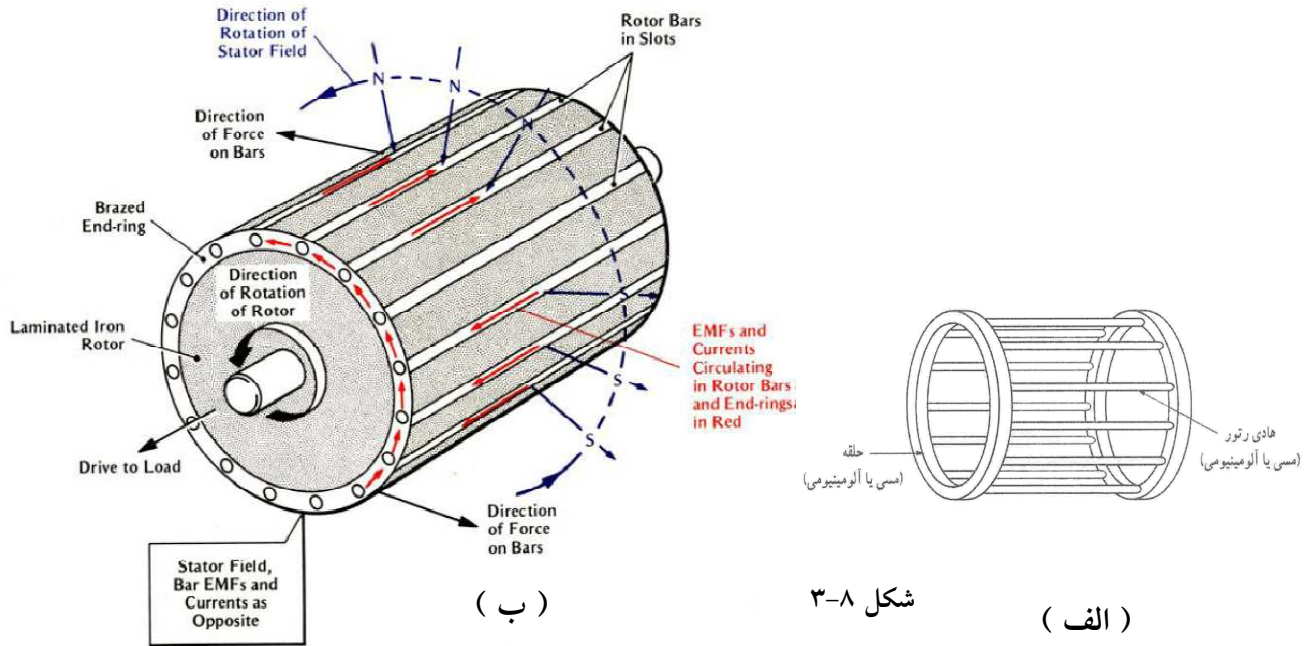
اگر میدان دوار در جهت عقربه های ساعت حرکت کند ، آن را راستگرد و خلاف آن را چپگرد می نامند. با جابه جایی اتصال دو فاز از سه فاز منبع تغذیه ، می توان جهت گردش میدان دوار را تغییر داد.

تمرین ۳-۲: با جابه جایی اتصال دو فاز از سه فاز شکل ۳-۴ به روش ترسیمی جهت حرکت میدان دوار را در یک استاتور سه فاز دوقطب بررسی کنید.

۳-۴- اساس کار موتور القایی سه فاز

با اتصال جریان سه فاز به سیم پیچی سه فاز استاتور یک موتور القایی ، میدان دوار با سرعت **n_s** و با مقدار ثابت $\Phi_m = 1/5 \Phi_T$ تولید می شود. این میدان پس از خارج شدن از هسته ی استاتور از فاصله ی هوایی بین استاتور و روتور عبور کرده و هنگام عبور از روتور ، هادی های روتور را قطع کرده و در آن ها مطابق با قانون القاء الکترومغناطیسی فاراده ولتاژی القاء می کند.

عبور از روتور ، هادی های روتور را قطع کرده و در آن ها مطابق با قانون القاء الکترومغناطیسی فاراده ولتاژی القاء می کند. چون هادی های روتور مانند قفس شکل ۸-۳ اتصال کوتاه شده اند ، ولتاژ القاء شده در هادی ها سبب عبور جریان الکتریکی در هادی های روتور می شود. جریان القایی روتور خود سبب تولید میدان مغناطیسی در روتور شده و در فاصله ی هوایی بین استاتور و روتور با یکدیگر درگیر می شوند. نتیجه ی برخورد دو میدان مغناطیسی استاتور و روتور در فاصله ی هوایی سبب افزایش تراکم شار مغناطیسی در یک طرف هادی های روتور و کاهش تراکم شار مغناطیسی در طرف دیگر همان هادی ها شده و روتور را در جهت میدان دوار با سرعتی کمتر از n_s به حرکت در می آورد.

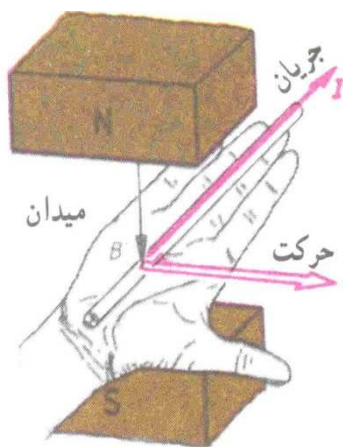


شکل ۸-۳

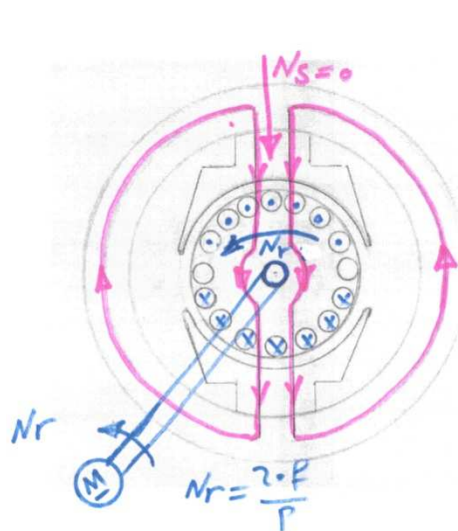
(الف)

(ب)

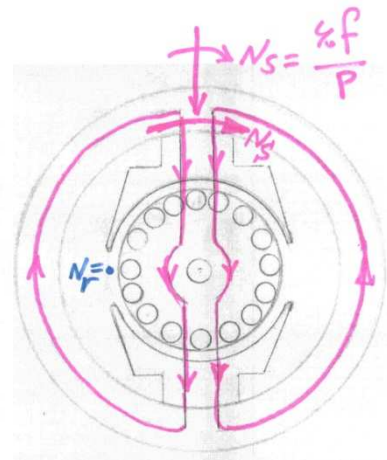
حال به اساس و مبانی طرزکار موتورهای القایی توجه کنید: در شروع حرکت روتور سرعت آن صفر است ($n_r = 0$) ، اما سرعت میدان دوار برابر $n_s = 60f / p$ بوده و فرض می شود که مانند شکل ۹-۳ در جهت حرکت عقربه های ساعت بچرخد. برای تعیین جهت ولتاژ و جریان القایی در هادی های روتور فرض می کنیم که $n_s = 0$ است و روتور را با یک دستگاه موتور dc مانند شکل ۱۰-۳ در خلاف جهت عقربه های ساعت با سرعت $n_r = 60f / p$ (به خاطر حفظ سرعت نسبی میدان دوار استاتور و روتور) بچرخش در می آوریم و با استفاده از قانون دست راست باز (قانون ژنراتوری) مانند شکل ۱۱-۳ جهت جریان القاء شده در هادی های زیر هر قطب استاتور را تعیین می کنیم.



شکل ۱۱-۳



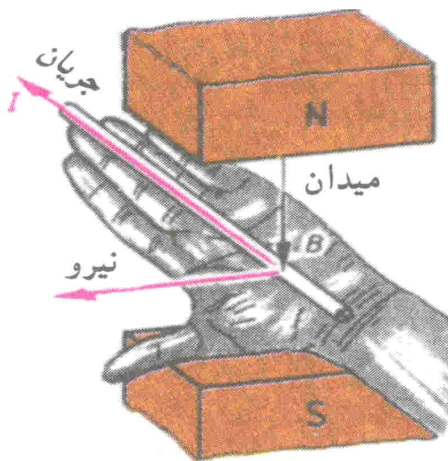
شکل ۱۰-۳



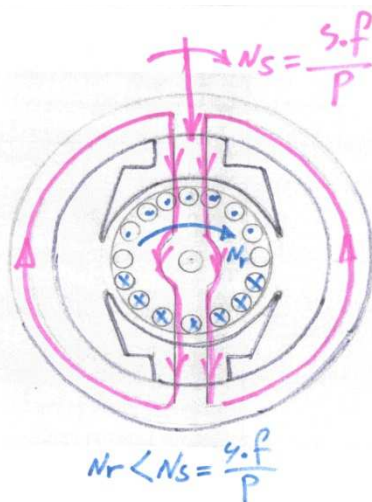
شکل ۹-۳

پس از تعیین جهت جریان القایی در هادی های روتور با توجه به شکل ۱۲-۳ الف و قانون افزایش و کاهش تراکم شار مغناطیسی در دو سمت هادی ها یا قانون دست چپ باز (قانون موتوری) جهت حرکت هادی های روتور مطابق جهت نشان داده در شکل ۱۳-۳ تعیین می شود.

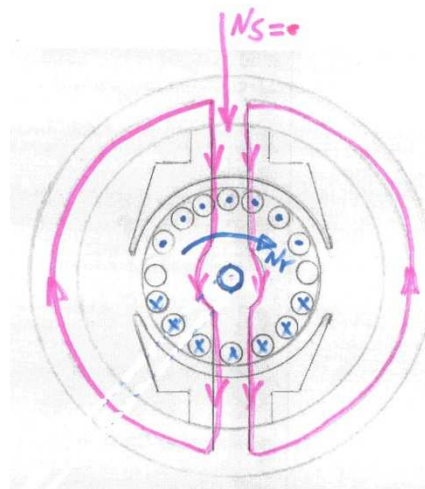
با توجه به شکل ۱۲-۳ ب روتور در جهت میدان دوار استاتور و با سرعتی کمتر از n_s بچرخش در می آید. وجود سرعت نسبی بین میدان دوار و روتور ، برای تولید جریان القایی در هادی های روتور لازم است.



شکل ۱۳-۳



(ب)



(الف)

شکل ۱۲-۳

۳-۵ لغزش [۱] ماشین القایی

همان طور که گفته شد در ماشین های القایی سرعت حرکت روتور با سرعت میدان دوار اختلاف دارد و همین اختلاف سرعت سبب القاء جریان الکتریکی در مدار روتور می شود. مقدار این اختلاف سرعت را سرعت لغزش می نامند و مطابق رابطه ی (۲-۳) محاسبه می شود.

$$\Delta n = n_s - n$$

$$[\Delta n] = \text{RPM}$$

$$(۳-۲)$$

n_s : سرعت میدان دوار بر حسب RPM

n : سرعت چرخش روتور بر حسب RPM

Δn : سرعت لغزش بر حسب RPM

معمولاً به جای سرعت لغزش ، نسبت آن به سرعت میدان را در نظر می گیرند و به آن لغزش می گویند. اگر این نسبت در ۱۰۰ ضرب شود ، لغزش بر حسب درصد بیان خواهد شد.

مقدار لغزش را با S نشان می دهند که چون یک نسبت است ، بدون واحد خواهد بود.

$$\% S = (n - n_s) \times 100 / n_s \quad (۳-۳)$$

با تغییرات بار یک موتور القایی ، سرعت آن نیز تغییر می کند و تغییرات لغزش را به دنبال خواهد داشت .

مثال ۴-۳: یک موتور القایی با چهار قطب به شبکه ی ۵۰ هرتس متصل و روتور آن با سرعت ۱۴۴۰ دور در دقیقه در گردش است. سرعت میدان دوار ، سرعت لغزش و درصد لغزش را به دست آورید.

1- Slip

$$n_s = 60f / p \Rightarrow n_s = 60 \times 50 / 2 \Rightarrow n_s = 1500 \text{ RPM}$$

$$\Delta n = n_s - n = 1500 - 1440 = 60 \text{ RPM}$$

$$\% S = (n_s - n) \times 100 / n_s \Rightarrow \% S = (1500 - 1440) \times 100 / 1500 = \% 4$$

تذکر: بیان لغزش بر حسب درصد یا غیر آن اختیاری است. زیرا ۱۰۰٪ برابر واحد بوده و در رابطه ی (۳-۳) می توان ضرب در ۱۰۰ را به اختیار انجام داد. مثلاً در این مثال می توان مقدار لغزش را بدون ضرب در ۱۰۰ هم به دست آورد.

$$S = (n_s - n) / n_s \Rightarrow S = (1500 - 1440) / 1500 \Rightarrow S = 0.04$$

۳-۵: یک موتور القایی با شش قطب به شبکه ۶۰ هرتس متصل و در بار نامی لغزش آن ۴٪ است. سرعت حرکت چند دور در دقیقه است.

$$S = (n_s - n) / n_s \Rightarrow n = n_s(1 - S) \quad \text{تعداد جفت قطب های موتور ۳ است.}$$

$$n_s = 60f / p \Rightarrow n_s = 60 \times 60 / 3 \Rightarrow n_s = 1200 \text{ RPM}$$

$$n = n_s(1 - S) \Rightarrow n = 1200 \times (1 - 0.04) \Rightarrow n = 1140 \text{ RPM}$$

۳-۲: یک موتور القایی با هشت قطب به شبکه ی ۶۰ هرتس متصل و در بار نامی دارای لغزش ۴٪ است. سرعت روتور چند دور در دقیقه است.
(۸۶۴ RPM):

۳- اتر لغزش بر مدار روتور

گام راه اندازی که هنوز روتور حرکتی نکرده، موتور القایی شبیه یک ترانسفورماتور سه فاز عمل می کند که اولیه ی آن ر و ثانویه ی آن روتور است. در این حالت متناسب با تعداد دور سیم پیچی استاتور و روتور، ولتاژی در روتور القاء ود و چون تعداد هادی های روتور نسبتاً کمتر است. بنابراین ولتاژ القاء شده در هادی های روتور چندین برابر کمتر از استاتور است.

س جریان القاء شده در روتور در این لحظه برابر فرکانس جریان استاتور یعنی فرکانس شبکه است و سیم پیچی یا قفس روتور در این حالت دارای مقاومت اهمی و القایی مشخصی است.

ها و پارامترهای روتور را با اندیس ۲ مشخص می کنیم. پس در لحظه ی شروع راه اندازی، مدار روتور دارای ولتاژ فاز ی E_2 ، فرکانس شبکه f_2 ، مقاومت اهمی فاز ی R_2 و مقاومت القایی فاز ی X_2 است. با بسته بودن مدار روتور، جریان فاز ی I_2 با ضریب قدرت $\cos \phi_2$ در مدار روتور جاری می شود.

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} \quad (1)$$

$$\cos \phi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} \quad (2)$$

مقاومت اهمی روتور با تغییر بار و لغزش تقریباً ثابت می ماند. این مسئله سبب غیرخطی شدن جریان و ضریب قدرت روتور نسبت به لغزش می شود.

در نتیجه برای متمایز شدن کمیت های روتور هنگام کار ، اندیس های کمیت های روتور را با Γ نشان می دهند. کمیت های روتور هنگام کار از رابطه های زیر به دست می آید:

$$E_{\Gamma} = S E_2 \quad (3-6)$$

$$f_{\Gamma} = S f_2 \quad (3-7)$$

$$X_{\Gamma} = S X_2 \quad (3-8)$$

جریان و ضریب قدرت روتور هنگام کار از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$I_{\Gamma} = \frac{E_{\Gamma}}{\sqrt{R_{\Gamma}^2 + X_{\Gamma}^2}} = \frac{S E_2}{\sqrt{R_2^2 + (S X_2)^2}} \quad (3-9)$$

$$\cos \phi_{\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{\sqrt{R_{\Gamma}^2 + X_{\Gamma}^2}} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (S X_2)^2}} \quad (3-10)$$

۳-۶- محاسبه ی گشتاور در ماشین القایی

در درس ماشین های dc با مفاهیم گشتاورهای الکترومغناطیسی و گشاور مفید آشنا شدیم. در موتورهای القایی نیز گشتاور تبدیل یافته (گشتاور در فاصله ی هوایی) را گشتاورهای الکترومغناطیسی و گشاور خروجی را گشاور مفید می نامیم. به طور کلی در ماشین های القایی سه فاز مقدار گشتاورهای الکترومغناطیسی از رابطه ی (۳-۱۱) به دست می آید.

$$T = K E_{\Gamma}^2 \frac{S R_2}{R_2^2 + (S X_2)^2} \quad [T] = \text{N.m} \quad (3-11)$$

R_2 و X_2 : مقادیر مقاومت های اهمی و القایی فازی رتور هنگام راه اندازی

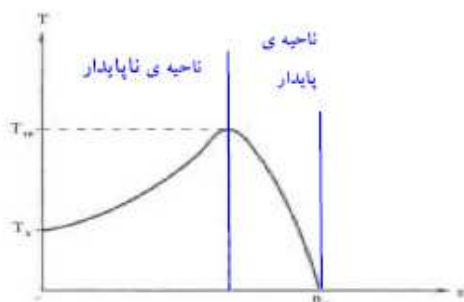
E_{Γ} : ولتاژ القایی فازی رتور هنگام راه اندازی

K : ضریب ثابت (تابع نوع و مشخصات ماشین)

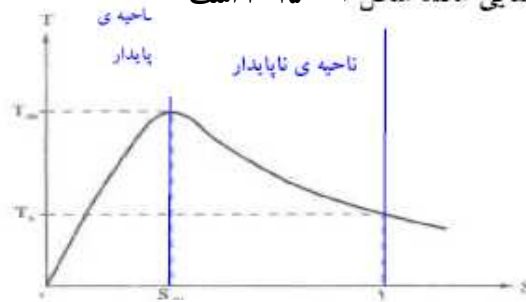
S : لغزش

مشخصه ی گشتاور- لغزش موتور القایی با توجه به رابطه ی (۳-۱۱) ، مطابق شکل ۳-۱۴ است همچنین مشخصه ی گشتاور-

دور موتور القایی مانند شکل (۳-۱۵) است



شکل ۳-۱۵



شکل ۳-۱۴

نقطه ی کار موتور القایی سه فاز بایستی در ناحیه ی پایدار منحنی های گشتاور - لغزش و گشتاور - دور تنظیم شود. و ناحیه ی ناپایدار منحنی های گشتاور - لغزش و گشتاور - دور نمی تواند قابلیت انجام کار برای موتور داشته باشد. دو نقطه از منحنی های گشتاور - لغزش و گشتاور - دور در عملکرد کار موتور اهمیت زیادی دارد.

الف - نقطه راه اندازی: با قرار دادن مقدار $S = 1$ در رابطه ۳-۱۱ مقدار گشتاور راه اندازی موتور مشخص می شود که آن را با T_S نشان می دهیم:

$$S = 1 \Rightarrow T_S = KE_V^2 \frac{R_r}{R_r^2 + X_r^2} \quad (3-12)$$

و این مقدار نشان می دهد که موتور، حداکثر چه مقدار باری را می تواند به راه اندازد.

ب - نقطه بحرانی: نقطه حداکثر نمودار $T = f(S)$ را نقطه بحرانی نامیده، لغزش این نقطه را با S_m و گشتاور آن را با T_m نشان می دهیم.

T_m به معنای بیشترین گشتاوری است که موتور معین در هنگام تغذیه با شبکه معین قادر به تأمین آن است. مقدار گشتاور حداکثر (با گشتاور بحرانی) و لغزش نظیر آن (لغزش بحرانی) از روابط زیر قابل محاسبه اند:

$$T_m = KE_V^2 \frac{1}{2X_r} \quad (3-13)$$

$$S_m = \frac{R_r}{X_r} \quad (3-14)$$

روابط فوق نشان می دهند که گشتاورهای راه اندازی و بحرانی نیز همچون گشتاور تمام نقاط کار ماشین با مجذور ولتاژ متناسب هستند. همچنین رابطه (۳-۱۳) نشان دهنده رابطه حداکثر گشتاور ماشین با عکس مقاومت القایی مدار رتور آن است که به دلایل طراحی نمی تواند از حد معینی کمتر باشد و بالاخره رابطه (۳-۱۴) معلوم می دارد که با تغییر مقاومت مدار رتور فقط می توان لغزش بحرانی را تغییر داد یعنی آن که مقدار گشتاور بحرانی تغییر کرده باشد. ضمناً از رابطه (۳-۱۴) نتیجه می گیریم که در لغزش بحرانی مقاومت های اهمی و القایی مدار رتور برابر می شوند.

$$R_r = S_m X_r$$

مثال ۳-۶: روتور یک موتور القایی هنگام راه اندازی دارای ۰/۲ مقاومت اهمی و ۱ اهم مقاومت القایی است. در زمان راه

اندازی ولتاژ القایی در هر فاز روتور ۴۰ ولت و فرکانس شبکه ۵۰ هرتس است. اگر موتور چها قطب باشد مطلوبست:

الف- جریان و ضریب قدرت روتور هنگام راه اندازی

ب- سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

ج- مجموع سرعت مکانیکی و سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

حل: $R_r = 0.2 \Omega$, $X_r = 1 \Omega$, $E_r = 40V$, $f_r = 50Hz$, $\gamma_r = 1 \Rightarrow P = 2$

$S=1$

$$I_r = \frac{E_r}{\sqrt{R_r^2 + X_r^2}} = \frac{40}{\sqrt{0.2^2 + 1^2}} = \frac{40}{\sqrt{1.04}} = 39.22A \Rightarrow \boxed{I_r = 39.22A}$$

$$\cos \phi_r = \frac{R_r}{\sqrt{R_r^2 + X_r^2}} = \frac{0.2}{\sqrt{0.2^2 + 1^2}} = \frac{0.2}{\sqrt{1.04}} = 0.196 \Rightarrow \boxed{\cos \phi_r = 0.196}$$

$$f_r = \sum f_1 = 1 \times 50 = 50 \text{ Hz} \Rightarrow \boxed{f_r = 50 \text{ Hz}}$$

$$n_{sr} = \frac{s \cdot f_r}{p} = \frac{5 \times 50}{2} = 125 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n_{sr} = 125 \text{ RPM}}$$

$$n_T = n + n_{sr} = 0 + 125 = 125 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n_T = 125 \text{ RPM}}$$

$$n_s = \frac{2 \cdot f}{p} = \frac{2 \times 50}{2} = 100 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n_s = 100 \text{ RPM}}$$

نتیجه: ولتاژ، جریان، فرکانس و سرعت حوزه ی دوار روتور در این حالت زیاد است اما سرعت مکانیکی روتور صفر است. و سرعت کلی روتور با سرعت حوزه ی دوار برابر است. ضریب قدرت روتور خیلی کم است و همین کمیت سبب افزایش جریان راه اندازی شده است.

مثال ۷-۳: روتور یک موتور القایی هنگام راه اندازی دارای $\frac{1}{2}$ مقاومت اهمی و ۱ اهم مقاومت القایی است. در زمان راه اندازی ولتاژ القایی در هر فاز روتور ۴۰ ولت و فرکانس شبکه ۵۰ هرتس است. اگر موتور چها قطب باشد مطلوبست:

الف- لغزش مربوط به گشتاور حداکثر موتور

ب- جریان و ضریب قدرت روتور در گشتاور حداکثر

ج- سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

د- سرعت مکانیکی روتور

د- مجموع سرعت مکانیکی و سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

حل:

$$s_m = \frac{R_r}{X_r} = \frac{1/2}{1} = 1/2 \Rightarrow \boxed{s_m = 1/2}$$

$$E_r = s_m E_c = 1/2 \times 80 = 40 \text{ V} \Rightarrow \boxed{E_r = 40 \text{ V}}$$

$$Z_r = \sqrt{(R_r^2 + s_m^2 X_r^2)} = \sqrt{(1/2^2 + 1/2^2 \times 1^2)} = \sqrt{1} = 1 \Rightarrow \boxed{Z_r = 1 \Omega}$$

$$I_r = \frac{E_r}{Z_r} = \frac{40}{1} = 40 \text{ A} \Rightarrow \boxed{I_r = 40 \text{ A}}$$

$$\cos \phi_r = \frac{R_r}{Z_r} = \frac{1/2}{1} = 0.5 \Rightarrow \boxed{\cos \phi_r = 0.5}$$

$$f_r = \sum f_r = 1/2 \times 50 = 25 \text{ Hz} \Rightarrow \boxed{f_r = 25 \text{ Hz}}$$

$$n_{sr} = \frac{s \cdot f_r}{p} = \frac{5 \times 25}{2} = 62.5 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n_{sr} = 62.5 \text{ RPM}}$$

$$n = n_s (1 - s_m) = 100 (1 - 1/2) = 50 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n = 50 \text{ RPM}}$$

$$n_T = n + n_{sr} = 50 + 62.5 = 112.5 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n_T = 112.5 \text{ RPM}}$$

نتیجه: ولتاژ، جریان، فرکانس و سرعت حوزه ی دوار روتور نسبت به حالت راه اندازی کاهش یافته است اما سرعت مکانیکی روتور افزایش داشته و سرعت کلی روتور با سرعت حوزه ی دوار برابر است.

مثال ۸-۳: روتور یک موتور القایی هنگام راه اندازی دارای ۰/۲ مقاومت اهمی و ۱ اهم مقاومت القایی است. در زمان راه اندازی ولتاژ القایی در هر فار روتور ۴۰ ولت و فرکانس شبکه ۵۰ هرتس است. اگر موتور چها قطب و لغزش آن در بار نامی ۴٪ باشد مطلوبست:

الف- جریان و ضریب قدرت روتور در گشتاور نامی

ب- سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

ج- سرعت مکانیکی روتور

د- مجموع سرعت مکانیکی و سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

حل:

$$E_r = s_m E_f = 0.04 \times 40 = 1.6 \text{ V} \Rightarrow \boxed{E_r = 1.6 \text{ V}}$$

$$Z_r = \sqrt{(R_r^2 + s_m^2 X_r^2)} = \sqrt{1^2 + 0.04^2 \times 1^2} = 1.2 \text{ } \Omega \Rightarrow \boxed{Z_r = 1.2 \text{ } \Omega}$$

$$I_r = \frac{E_r}{Z_r} = \frac{1.6}{1.2} = 1.33 \text{ A} \Rightarrow \boxed{I_r = 1.33 \text{ A}}$$

$$\cos \phi_r = \frac{R_r}{Z_r} = \frac{1}{1.2} = 0.833 \Rightarrow \boxed{\cos \phi_r = 0.833}$$

$$f_r = s_m f = 0.04 \times 50 = 2 \text{ Hz} \Rightarrow \boxed{f_r = 2 \text{ Hz}}$$

$$n = n_s (1 - s_m) = 1500 (1 - 0.04) = 1440 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n = 1440 \text{ RPM}}$$

$$n_{sr} = \frac{2 f_r}{p} = \frac{2 \times 2}{2} = 2 \text{ Hz} \Rightarrow \boxed{n_{sr} = 2 \text{ Hz}}$$

$$n_T = n + n_{sr} = 1440 + 2 = 1442 \text{ RPM}$$

نتیجه: ولتاژ، جریان، فرکانس و سرعت حوزه ی دوار روتور نسبت به دو حالت قبل کاهش یافته است اما سرعت مکانیکی روتور افزایش داشته و سرعت کلی روتور با سرعت حوزه ی دوار برابر است.

مثال ۹-۳: روتور یک موتور القایی هنگام راه اندازی دارای ۰/۲ مقاومت اهمی و ۱ اهم مقاومت القایی است. در زمان راه اندازی ولتاژ القایی در هر فار روتور ۴۰ ولت و فرکانس شبکه ۵۰ هرتس است. اگر موتور چها قطب باشد مطلوبست:

الف- جریان و ضریب قدرت روتور در لحظه ی سنکرون

ب- سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

ج- سرعت مکانیکی روتور

د- مجموع سرعت مکانیکی و سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

$$s = 0$$

$$Z_r = \sqrt{R_r^2 + s^2 X_r^2} = \sqrt{1^2 + 0} = 1 \Omega \Rightarrow Z_r = 1 \Omega$$

حل :

$$E_r = s E_r = 0 \times \epsilon = 0 \Rightarrow E_r = 0$$

$$f_r = s f_r = 0 \times 0 = 0 \Rightarrow f_r = 0$$

$$I_r = \frac{E_r}{Z_r} = \frac{0}{1} = 0 \Rightarrow I_r = 0$$

$$\cos \phi_r = \frac{R_r}{Z_r} = 1 \Rightarrow \cos \phi_r = 1$$

$$m_{sr} = \frac{2 f_r}{p} = \frac{2 \times 0}{2} = 0 \Rightarrow m_{sr} = 0$$

$$m_{rt} = m_{sr} + m = 0 + 10 = 10 \text{ RPM}$$

نتیجه: ولتاژ، جریان، فرکانس و سرعت حوزه ی دوار روتور در این حالت صفر است اما سرعت مکانیکی روتور افزایش داشته و سرعت کلی روتور با سرعت حوزه ی دوار برابر است.

مثال ۱۰-۳: روتور یک موتور القایی هنگام راه اندازی دارای ۰/۲ مقاومت اهمی و ۱ اهم مقاومت القایی است. در زمان راه اندازی ولتاژ القایی در هر فار روتور ۴۰ ولت و فرکانس شبکه ۵۰ هرتس است. اگر موتور چها قطب و لغزش آن منفی ۰/۴ باشد مطلوب است:

الف- جریان و ضریب قدرت روتور

ب- سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

ج- سرعت مکانیکی روتور

د- مجموع سرعت مکانیکی و سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

حل :

$$f_r = s f_r = -0.4 \times 50 = -20 \text{ Hz} \Rightarrow f_r = -20 \text{ Hz}$$

$$E_r = s E_r = -0.4 \times \epsilon = -1.6 \text{ V} \Rightarrow E_r = -1.6 \text{ V}$$

$$Z_r = \sqrt{R_r^2 + s^2 X_r^2} = \sqrt{1^2 + (-0.4)^2 \times 1^2} = 1.16 \Omega \Rightarrow Z_r = 1.16 \Omega$$

$$I_r = \frac{E_r}{Z_r} = \frac{-1.6}{1.16} = -1.38 \text{ A}$$

$$\cos \phi_r = \frac{R_r}{Z_r} = \frac{1}{1.16} = 0.86 \Rightarrow \cos \phi_r = 0.86$$

$$\cos \phi = 0.86$$

$$m_{sr} = \frac{2 f_r}{p} = \frac{2 \times (-20)}{2} = -20 \text{ RPM} \Rightarrow m_{sr} = -20 \text{ RPM}$$

$$m = m_s (1 - s) = 10 \cdot [1 - (-0.4)] = 14 \text{ RPM}$$

$$m_{rt} = m + m_{sr} = 14 - 20 = -6 \text{ RPM}$$

$$m_{rt} = m_s = 10 \text{ RPM}$$

نتیجه: ولتاژ ، جریان ، فرکانس و سرعت حوزه ی دوار روتور قرینه ی حالت نقطه کار نامی است ماشین القایی در مود ژنراتوری است. اما سرعت مکانیکی روتور در اثر عواملی مانند سطح شیب دار یا نیروی جاذبه و ... افزایش داشته و سرعت کلی روتور با سرعت حوزه ی دوار برابر است. در این حالت ماشین قدرت اکتیو تولید می کند.

مثال ۳-۱۱: روتور یک موتور القایی هنگام راه اندازی دارای ۰/۲ مقاومت اهمی و ۱ اهم مقاومت القایی است. در زمان راه اندازی ولتاژ القایی در هر فار روتور ۴۰ ولت و فرکانس شبکه ۵۰ هرتس است. اگر موتور چها قطب و لغزش آن ۲ و موتور در ابتدای تغییر دوفاز و ترمز باشد ، مطلوبست :

الف- جریان و ضریب قدرت روتور

ب- سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

ج- سرعت مکانیکی روتور

د- مجموع سرعت مکانیکی و سرعت حوزه ی مغناطیسی روتور

حل :

$$s = \frac{r}{f_r} \Rightarrow f_r = \frac{s}{r} f_s = \frac{0.2}{1} \times 50 = 10 \text{ Hz} \quad \boxed{f_r = 10 \text{ Hz}}$$

$$E_r = s E_s = \frac{0.2}{1} \times 100 = 20 \text{ V} \Rightarrow \boxed{E_r = 20 \text{ V}}$$

$$Z_r = \sqrt{R_r^2 + s^2 X_r^2} = \sqrt{1^2 + 0.2^2 \times 10^2} = 2.01 \Omega$$

$$I_r = \frac{E_r}{Z_r} = \frac{20}{2.01} = 9.95 \text{ A} \Rightarrow \boxed{I_r = 9.95 \text{ A}}$$

$$\cos \phi_r = \frac{R_r}{Z_r} = \frac{1}{2.01} = 0.5 \Rightarrow \boxed{\cos \phi_r = 0.5}$$

$$n_{sr} = \frac{2 \cdot f_r}{p} = \frac{2 \times 10}{2} = 10 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n_{sr} = 10 \text{ RPM}}$$

$$n = n_s (1 - s) = 1500 (1 - 0.2) = 1200 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n = 1200 \text{ RPM}}$$

$$n_{rt} = n + n_{sr} \Rightarrow n_{rt} = 1200 + 10 = 1210 \text{ RPM} \Rightarrow \boxed{n_{rt} = 1210 \text{ RPM}}$$

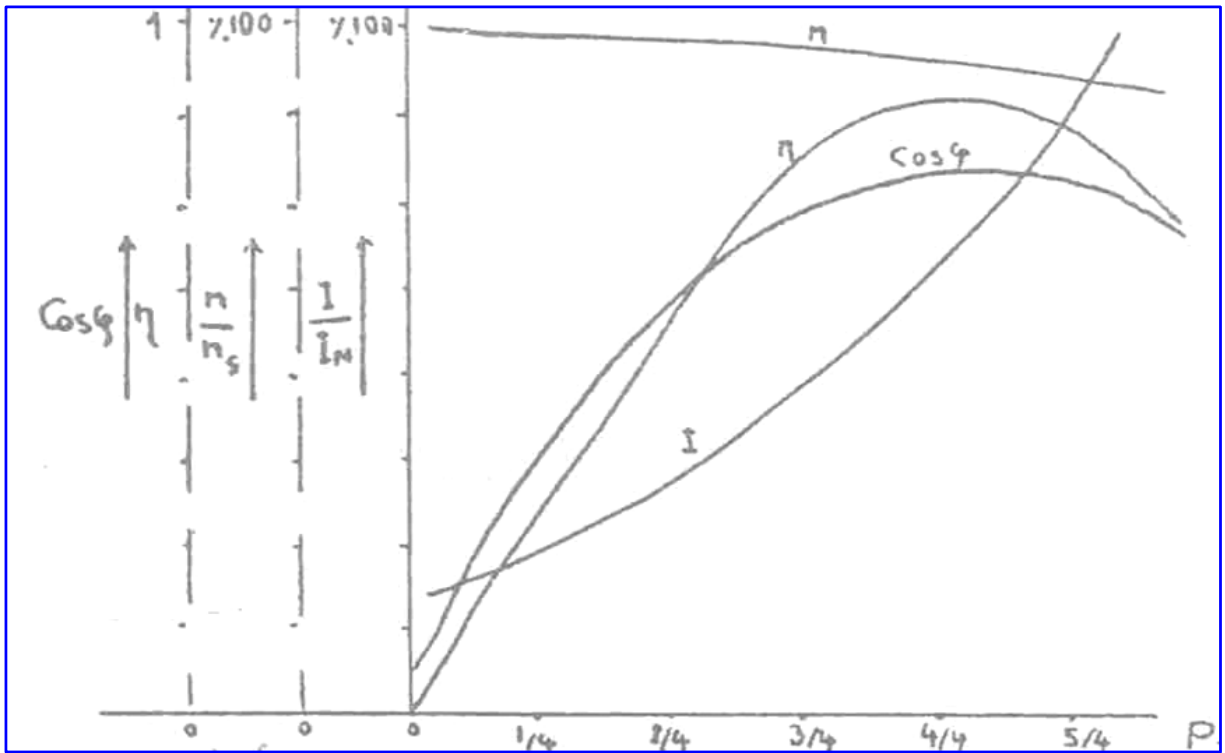
نتیجه: ولتاژ ، جریان ، فرکانس و سرعت حوزه ی دوار روتور در این حالت خیلی زیاد است. سرعت مکانیکی روتور منفی. و سرعت کلی روتور با سرعت حوزه ی دوار برابر است. ضریب قدرت روتور خیلی کم است.

۳-۷- حدود تغییرات لغزش در ماشین القایی

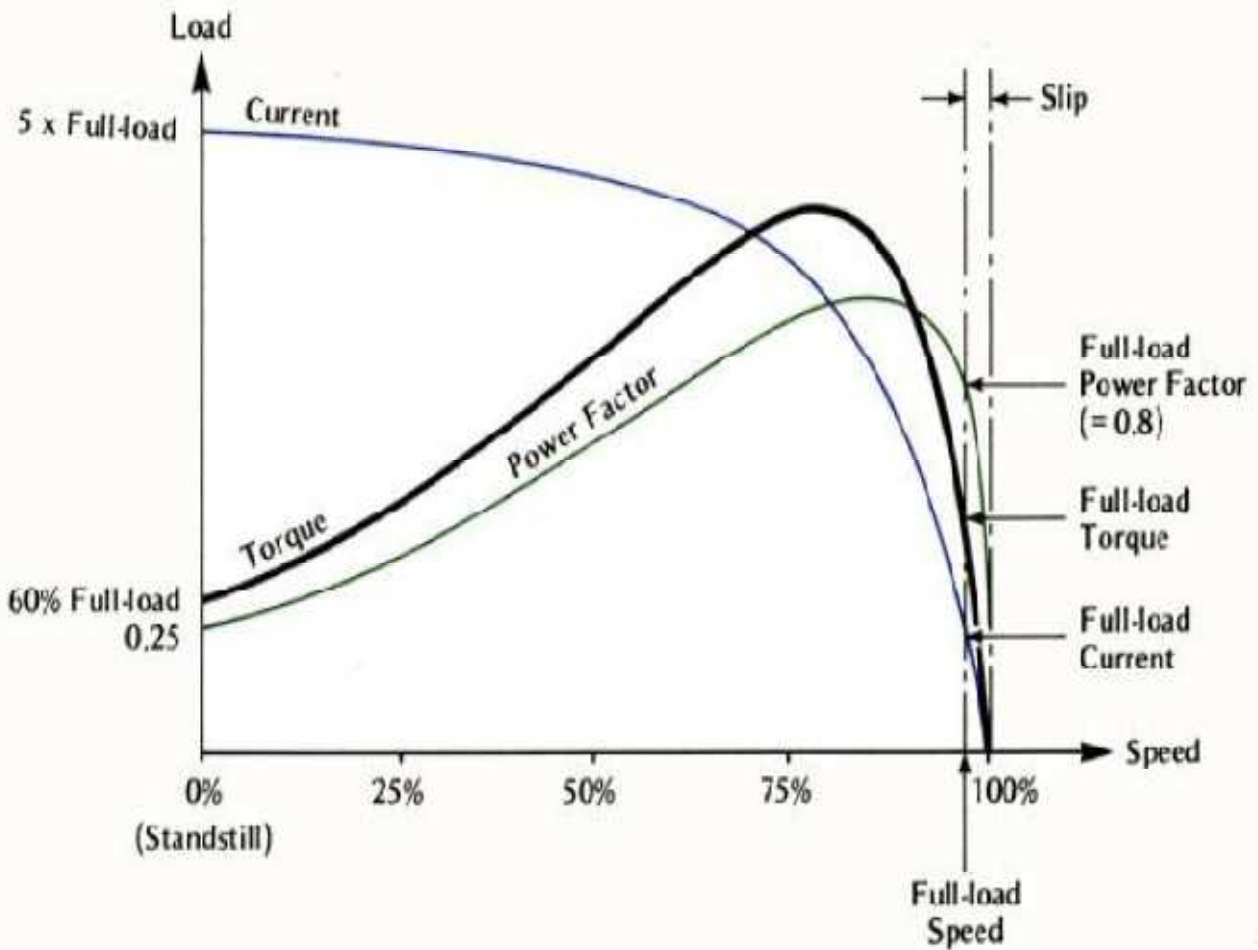
حدود تغییرات لغزش در ماشین القایی در جدول ۳-۱ آمده است.

حالت کاری ماشین	تومزی (سرعت منفی)	لحظه ی راه اندازی	ناپایدار	لحظه ی گشتاور حداکثر	موتوری	بی باری (تقریباً سنکرون)	ژنراتوری
سرعت روتور	$n < 0$	$n = 0$	$n_{min} > n > 0$	$n_{min} = n_s (1 - S_m)$	$n_s > n > n_{min}$	$n = n_s$	$n > n_s$
لغزش روتور	$S > 1$	$S = 1$	$S_m < S < 1$	$S = S_m$	$0 < S < S_m$	$S = 0$	$S < 0$

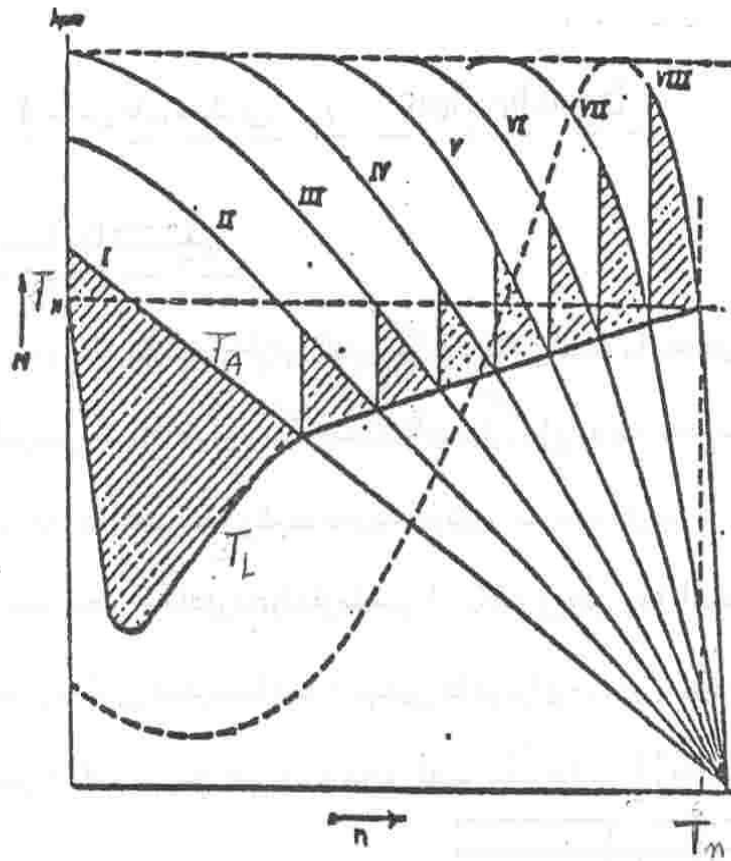
جدول ۳-۱



مشخصات سرعت ، راندمان ، ضریب قدرت و جریان موتور القایی بر حسب قدرت بارگیری
 شکل ۱۶-۳



مشخصات جریان ، گشتاور و ضریب قدرت بر حسب درصد سرعت موتور القایی
 شکل ۱۷-۳



T_N : گشتاور نامی

T_A : مشخصه گشتاور در طول استارت

T_L : گشتاور بار (مصرف)

شکل ۱۸-۳: راه اندازی موتور القایی روتور رینگی با ۸ پله مقاومت راه انداز

وجود مقاومت هایی که در استارتر بکار برده شده در این موتورها باعث تغییر منحنی گشتاور

موتور شده و همچنین باعث تقلیل یافتن جریان راه اندازی خواهد شد.

استارترها وظیفه عمده ای که بعهده دارند آنست که به موتورها اجازه میدهند تا با تغییرات در گشتاور خود

هماهنگی لازم را با گشتاور بار در حالات مختلف حتی حداکثر مقدار آن در زمان راه اندازی بوجود آورند.

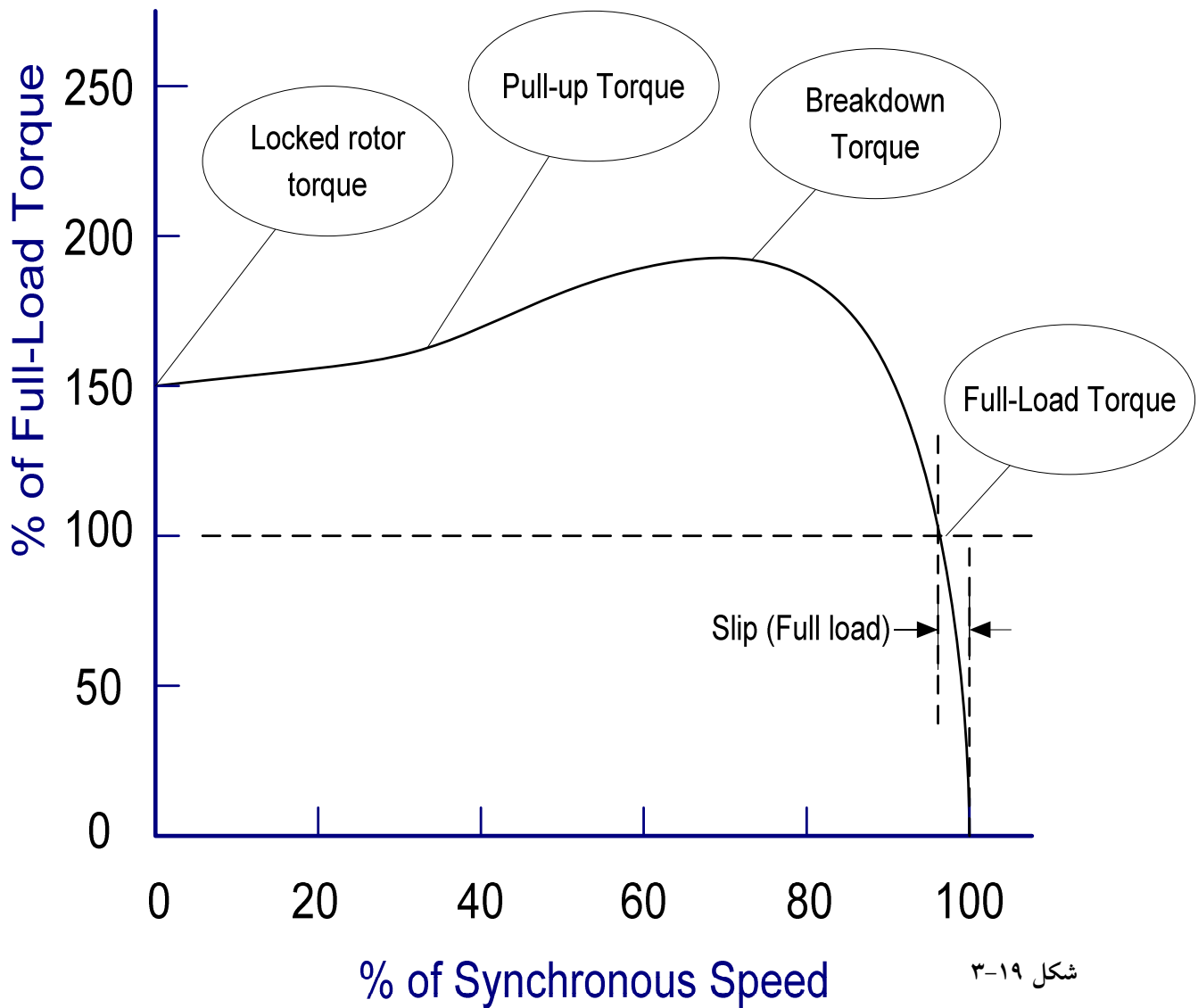
زمان استارت را آنقدر میتوان افزایش داد تا آنجا که بیشترین حرارت تولید شده در ریزستانس از موتور

دور شود. استارترهای با مقاومت فلزی اغلب با قدم های مختلف نسبت بصیازیک موتور طراحی

میگردند. مقاومت پله آخر ممکن است بمنظور ملایم تر کردن منحنی مشخصه گشتاور (ترك) موتور

بطور دائم در مدار باقی بماند.

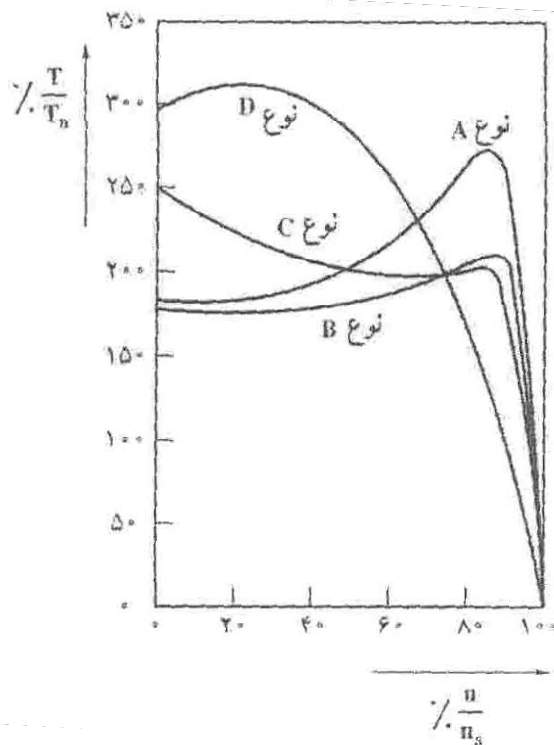
نوع دیگر استارترها بشکل مایعی است که تولید یک شتاب پیوسته با شیب کند را برای موتورها تدارک می بیند.



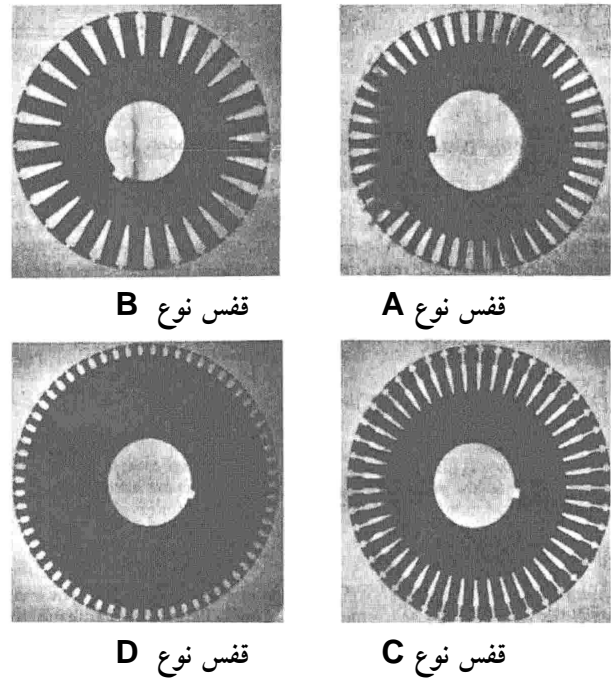
NEMA DESIGN	STARTING TORQUE	STARTING CURRENT	BREAK-DOWN TORQUE	FULL LOAD SLIP	TYPICAL APPLICATIONS
A	Normal	High	High	Low	Mach. Tools, Fans
B	Normal	Normal	Normal	Normal	Same as Design "A"
C	High	Normal	Low	Normal	Loaded compressor Loaded conveyor
D	Very high	Low	-----	High	High Punch Press

۳-۷ انواع روتورهای قفسی و مشخصه های گشتاور - سرعت آنها

شکل های ۲۰-۳ انواع قفس های روتور قفسی را نشان می دهد. در شکل ۲۱-۳ مشخصه های گشتاور - سرعت مربوط به قفس ها را مشاهده می کنید.



شکل ۲۱-۳



شکل ۲۰-۳

موتورهای AC با روتورهای قفسی نوع A و B برای راه اندازی بارهای سبک روتورهای قفسی نوع C و D برای راه اندازی بارهای سنگین که که نیاز به گشتاورهای راه اندازی زیاد دارند ، مانند راه اندازی فن ها با پروانه ی چدنی ، کمپرسورها و پمپ ها ی سانتریفوژ مورد استفاده قرار می گیرند.

NEMA Motor Characteristics

Design	Locked Rotor Torque % FL	Pull-up Torque % FL	Breakdown Torque % FL	Locked Rotor Current % FL	Slip %	Efficiency
A	70-275	65-190	175-300	NA	0.5-5	Med-High
B (most common)	70-275	65-190	175-300	600-700	0.5-5	Med-High
C	200-285	140-195	190-225	600-700	1-5	Med
D	275	NA	275	600-700	5-8	Low
E	74-190	60-140	160-200	800-1000	0.5-3	High

2.15 Squirrel cage induction motor M2BA 315 SMC 4, 125 kW, 1500 rpm, B3

Motor Type		M2BA 315 SMC 4
Drawing Number		3BHS111453
Electrical Data Motor:		
nominal shaft power (1000 m)	kW	160
nominal shaft power required (2500 m)	kW	125
Frequency	Hz	50
Poles	/	4
Voltage	V	380
rated speed	rpm	1488
synchronous speed	rpm	1500
rated current	A	237
power factor at full load	cos ϕ	0.84
efficiency at full load $-\eta$	%	95.8
Torque	Nm	802
T _{max} /T _N	-	3.4
Construction:		
rotor inertia $J=WR^2$	kgm ²	2.9
weight	kg	970
Direction of rotation		Bi-directional
Terminal box position seen from DE		On top
Standard		IEC
sound pressure level (no load)	dB (A)	70
mounting		IM 1001, B3
protection		IP 55
cooling		IC 411
Insulation class/ temp. rise		F/B
colour		RAL 5014
Locked Rotor Torque	T _s /T _N	2.7
No Load Current	A	89
Starting Current in case of DOL	I _s /I _N	8.2
Efficiency (%) and Power Factor (-)	100 %	95.8 / 0.84
of Nominal Load for:	75 %	95.7 / 0.80
	50 %	94.9 / 0.72
Bearing Type	DE / NE	NU319/C3 / 6316/C3
Accessories:		
Thermistor: 2/winding (PTC)		No
PT100 in windings		No
PT100: in bearings (DE & NDE)		No
drain holes		No
Shaft	Ø x L [mm]	80 x 170
space heater	(V/ W)	No
Foundation studs		No

Squirrel cage induction motor M2BA 355 S 4, 187.5 kW, 1500 rpm, B3

Motor Type		M2BA 355 S 4
Drawing Number		3BHS110044
Electrical Data Motor:		
nominal shaft power (1000 m)	kW	250
nominal shaft power required (2500 m)	kW	187.5
Frequency	Hz	50
Poles	/	4
Voltage	V	380
rated speed	rpm	1489
synchronous speed	rpm	1500
rated current	A	349
power factor at full load	cos φ	0.85
efficiency at full load η	%	96.3
Torque	Nm	1206
Tmax/TN	-	3.2
Construction:		
rotor inertia $J=WR^2$	kgm ²	6.5
weight	kg	1550
Direction of rotation		Bi-directional
Terminal box position seen from DE		On top
Standard		IEC
sound pressure level (no load)	dB (A)	80
mounting		IM 1001, B3
protection		IP 55
cooling		IC 411
Insulation class/ temp. rise		F/B
colour		RAL 5014
Locked Rotor Torque	T_s/T_N	2.7
No Load Current	A	118
Starting Current in case of DOL	I_s/I_N	8.3
Efficiency (%) and Power Factor (-)	100 %	96.3 / 0.85
of Nominal Load for:	75 %	96.2 / 0.83
	50 %	95.4 / 0.76
Bearing Type	DE / NE	NU322/C3 / 6319/C3
Accessories:		
Thermistor: 2/winding (PTC)		No
PT100 in windings		No
PT100: in bearings (DE & NDE)		No
drain holes		No
Shaft	$\varnothing \times L$ [mm]	100 x 210
space heater	(V/ W)	No
Foundation studs		No

قدرت p_2 برحسب KW دمای محیط برحسب درجه سانتیگراد		نسبت جریان راه اندازی به جریان نامی $\frac{I_{st}}{I_n}$	راندمان (η)			ضریب قدرت ($\cos \phi$)			
40	50		4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	لحظه راه اندازی
≤ 1.1	≤ 1	5	0.730	0.725	0.685	0.785	0.730	0.640	0.70
1.5	1.4	5.4	0.770	0.760	0.730	0.770	0.720	0.620	0.70
2.2	2	5.6	0.780	0.770	0.740	0.790	0.730	0.630	0.63
3	2.7	6.5	0.800	0.795	0.775	0.800	0.730	0.645	0.62
4	3.7	6.8	0.830	0.830	0.810	0.810	0.745	0.660	0.62
5.5	5	7	0.830	0.830	0.810	0.810	0.745	0.670	0.55
7.5	6.9	7	0.840	0.840	0.820	0.820	0.770	0.710	0.55
9	8.3	7	0.850	0.850	0.830	0.840	0.795	0.665	0.50
11	10	7	0.880	0.880	0.860	0.820	0.770	0.665	0.50
15	14	7.5	0.880	0.880	0.860	0.820	0.770	0.670	0.50
18.5	17	7.8	0.880	0.880	0.860	0.820	0.770	0.660	0.45
22	20	7.8	0.900	0.900	0.880	0.820	0.775	0.660	0.45
30	27.5	8	0.900	0.900	0.880	0.835	0.775	0.670	0.40
37	34	7.5	0.910	0.910	0.890	0.835	0.780	0.715	0.40
45	41.5	7.5	0.910	0.910	0.890	0.850	0.810	0.715	0.40
55	50.5	7.5	0.920	0.920	0.900	0.850	0.805	0.715	0.40
75	69	7.5	0.920	0.920	0.900	0.850	0.805	0.725	0.38
90	83	7.5	0.935	0.930	0.905	0.855	0.815	0.730	0.38
110	101	8	0.935	0.930	0.905	0.830	0.820	0.730	0.37
132	122	8	0.940	0.925	0.910	0.865	0.820	0.740	0.36
160	144	8	0.940	0.925	0.910	0.865	0.825	0.740	0.35
200	184	8	0.940	0.925	0.910	0.875	0.840	0.750	0.30

Technical data for totally enclosed squirrel cage three phase motors

IP 55 – IC 411 – Insulation class F, temperature rise class B

Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Efficiency		Power factor cos φ 100%	Current		Torque			
				Full load 100%	3/4 load 75%		I_N A	I_s A	T_N Nm	T_s Nm	T_{max} Nm	
1500 r/min = 4 poles			400 V 50 Hz				Basic design					
0.25	M2BA 71 M4 A	3GBA 072 310-...C	1390	66.3	63.3	0.73	0.75	5.2	1.72	2.1	2.7	
0.37	M2BA 71 M4 B	3GBA 072 320-...C	1380	70.8	69.4	0.75	1.01	5.2	2.56	2.1	2.6	
0.55	M2BA 80 M4 A	3GBA 082 310-...C	1410	75.0	72.4	0.73	1.45	5.2	3.73	2.4	2.7	
0.75	M2BA 80 M4 B	3GBA 082 320-...C	1400	76.3	75.1	0.76	1.87	6.0	5.12	2.4	2.6	
1.1	²⁾ M2BA 90 S4 A	3GBA 092 110-...C	1400	78.5	77.8	0.78	2.6	6.0	7.5	2.3	2.4	
1.5	²⁾ M2BA 90 L4 A	3GBA 092 510-...C	1390	80.5	79.2	0.78	3.45	6.0	10.31	2.3	2.6	
2.2	²⁾ M2BA 100 L4 A	3GBA 102 510-...C	1430	82.5	81.7	0.80	4.82	6.0	14.69	2.3	2.7	
3	²⁾ M2BA 100 L4 B	3GBA 102 520-...C	1420	84.5	82.5	0.82	6.25	6.5	20.18	2.3	2.8	
4	²⁾ M2BA 112 M4 A	3GBA 112 310-...C	1430	86.0	84.7	0.81	8.24	6.5	26.71	2.3	2.8	
5.5	²⁾ M2BA 132 S4 A	3GBA 132 110-...C	1430	87.4	87.1	0.84	10.82	6.5	36.73	2.3	2.9	
7.5	²⁾ M2BA 132 M4 A	3GBA 132 310-...C	1440	89.0	88.7	0.85	14.34	6.5	49.74	2.3	2.7	
11	M3BP 160 M	3GBP 162 101-...A	1465	91.0	91.6	0.83	21	8.1	72	3.3	3.3	
15	M3BP 160 L	3GBP 162 102-...A	1460	91.8	91.9	0.82	29	8.1	98	3.5	3.4	
18.5	M3BP 180 M	3GBP 182 101-...A	1470	92.3	92.3	0.84	35	7.0	120	3.1	2.7	
22	M3BP 180 L	3GBP 182 102-...A	1470	93.1	93.6	0.85	40	8.7	143	4.2	3.5	
30	M3BP 200 MLB	3GBP 202 001-...A	1475	93.2	93.5	0.84	55	8.1	194	3.9	3.2	
37	M3BP 225 SMA	3GBP 222 001-...A	1480	93.6	93.6	0.84	68	6.6	239	2.4	2.5	
45	M3BP 225 SMB	3GBP 222 002-...A	1480	94.2	94.2	0.83	83	6.7	290	2.7	2.6	
55	M3BP 250 SMA	3GBP 252 001-...A	1480	94.6	94.6	0.86	98	7.5	355	2.3	2.8	
75	M3BP 280 SMA	3GBP 282 210-...G	1484	94.9	94.8	0.85	135	6.9	483	2.5	2.8	
90	M3BP 280 SMB	3GBP 282 220-...G	1483	95.2	95.2	0.86	159	7.2	580	2.5	2.7	
110	M3BP 315 SMA	3GBP 312 210-...G	1487	95.6	95.4	0.86	193	7.2	706	2.0	2.5	
132	M3BP 315 SMB	3GBP 312 220-...G	1487	95.8	95.6	0.86	232	7.1	848	2.3	2.7	
160	M3BP 315 SMC	3GBP 312 230-...G	1487	96.0	95.9	0.85	287	7.2	1028	2.4	2.9	
200	M3BP 315 MLA	3GBP 312 410-...G	1486	96.2	96.2	0.86	351	7.2	1285	2.5	2.9	
250	M2BA 355 S	3GBA 352 100-...A	1487	96.5	96.4	0.87	430	7.2	1606	2.3	2.7	
315	M2BA 355 SMA	3GBA 352 210-...A	1488	96.7	96.6	0.87	545	7.6	2022	2.5	2.9	
355	M2BA 355 SMB	3GBA 352 220-...A	1486	96.7	96.7	0.87	610	6.8	2281	2.2	2.6	
400	M2BA 355 MLA	3GBA 352 410-...A	1489	96.8	96.8	0.87	685	6.9	2565	1.6	2.8	
450	¹⁾ M2BA 355 MLB	3GBA 352 420-...A	1489	96.8	96.8	0.87	770	7.6	2886	1.5	3.0	
500	M2BA 355 MLC	3GBA 352 430-...A	1489	96.8	96.8	0.88	845	7.6	3207	1.3	2.9	
400	M2BA 400 M	3GBA 402 300-...A	1489	96.8	96.8	0.87	685	6.9	2565	1.6	2.8	
450	¹⁾ M2BA 400 MA	3GBA 402 310-...A	1489	96.8	96.8	0.87	770	7.6	2886	1.5	3.0	
500	M2BA 400 MB	3GBA 402 320-...A	1489	96.8	96.8	0.88	845	7.6	3207	1.3	2.9	
560	M2BA 400 LKA	3GBA 402 510-...A	1489	96.9	96.9	0.90	925	6.6	3591	1.1	2.6	
630	M2BA 400 LKB	3GBA 402 520-...A	1489	96.9	96.8	0.87	1080	6.9	4040	1.2	2.8	
710	¹⁾ M2BA 400 LKC	3GBA 402 530-...A	1489	96.9	96.9	0.87	1220	6.8	4556	1.2	2.7	

Technical data for totally enclosed squirrel cage three phase motors

IP 55 – IC 411 – Insulation class F, temperature rise class B

Output kW	Motor type	Speed r/min	Efficiency %	Power factor cos φ	Current I _N A	Speed r/min	Efficiency %	Power factor cos φ	Current I _N A	Moment of inertia J = ¼ GD ² kgm ²	Weight kg	Sound pressure level L _p dB(A)
1500 r/min = 4 poles		380 V 50 Hz				415 V 50 Hz				Basic design		
0.25	M2BA 71 M4 A	1380	66.5	0.76	0.76	1400	65.0	0.71	0.76	0.0005	11	43
0.37	M2BA 71 M4 B	1370	70.5	0.78	1.02	1390	70.5	0.71	1.03	0.0007	11	45
0.55	M2BA 80 M4 A	1400	75.0	0.76	1.47	1420	74.0	0.69	1.5	0.0014	16	46
0.75	M2BA 80 M4 B	1390	76.0	0.78	1.93	1410	75.5	0.73	1.9	0.0017	17	46
1.1	²⁾ M2BA 90 S4 A	1390	78.0	0.81	2.65	1410	78.5	0.75	2.61	0.0025	21	52
1.5	²⁾ M2BA 90 L4 A	1380	80.0	0.80	3.57	1400	80.5	0.75	3.46	0.0037	26	52
2.2	²⁾ M2BA 100 L4 A	1420	81.5	0.83	4.95	1440	82.5	0.77	4.82	0.0068	32	53
3	²⁾ M2BA 100 L4 B	1410	84.0	0.84	6.46	1430	84.5	0.80	6.18	0.0086	36	53
4	²⁾ M2BA 112 M4 A	1420	85.5	0.83	8.52	1440	86.0	0.78	8.24	0.0131	45	56
5.5	²⁾ M2BA 132 S4 A	1420	86.5	0.86	11.2	1440	87.5	0.83	10.6	0.0267	60	59
7.5	²⁾ M2BA 132 M4 A	1430	88.4	0.85	15.2	1450	88.7	0.84	14.04	0.0343	73	59
11	M3BP 160 M	1460	90.6	0.84	22	1470	91.2	0.82	20.5	0.067	115	62
15	M3BP 160 L	1455	91.2	0.84	30	1465	91.8	0.81	28	0.091	127	62
18.5	M3BP 180 M	1465	91.7	0.85	36	1470	92.2	0.83	34	0.161	175	62
22	M3BP 180 L	1465	93.1	0.86	42	1475	93.1	0.84	38	0.191	185	63
30	M3BP 200 MLB	1470	93.1	0.85	58	1475	93.1	0.84	54	0.34	255	63
37	M3BP 225 SMA	1475	93.4	0.84	72	1480	93.7	0.81	68	0.37	310	66
45	M3BP 225 SMB	1475	94.0	0.85	86	1480	94.2	0.81	82	0.42	310	66
55	M3BP 250 SMA	1475	94.3	0.86	103	1480	94.7	0.84	96	0.72	420	67
75	M3BP 280 SMA	1482	94.7	0.86	141	1486	94.9	0.84	132	1.25	625	68
90	M3BP 280 SMB	1481	95.0	0.87	166	1485	95.2	0.85	155	1.5	665	68
110	M3BP 315 SMA	1486	95.5	0.87	202	1488	95.6	0.85	191	2.3	900	70
132	M3BP 315 SMB	1486	95.7	0.87	242	1488	95.8	0.85	227	2.6	960	70
160	M3BP 315 SMC	1485	95.9	0.86	296	1488	96.0	0.84	279	2.9	1000	70
200	M3BP 315 MLA	1484	96.1	0.87	366	1488	96.1	0.85	342	3.5	1160	70
250	M2BA 355 S	1486	96.4	0.87	455	1488	96.5	0.86	420	6.5	1550	80
315	M2BA 355 SMA	1487	96.7	0.87	570	1489	96.7	0.86	525	8.2	1800	80
355	M2BA 355 SMB	1485	96.7	0.88	635	1487	96.7	0.86	595	8.2	1800	80
400	M2BA 355 MLA	1488	96.8	0.88	710	1490	96.8	0.86	670	10	2100	80
450	¹⁾ M2BA 355 MLB	1488	96.8	0.88	805	1490	96.8	0.86	750	10	2100	80
500	M2BA 355 MLC	1488	96.8	0.89	880	1490	96.8	0.87	830	10.5	2100	83
400	M2BA 400 M	1488	96.8	0.88	710	1490	96.8	0.86	670	10	2150	80
450	¹⁾ M2BA 400 MA	1488	96.8	0.88	805	1490	96.8	0.86	750	10	2150	80
500	M2BA 400 MB	1488	96.8	0.89	880	1490	96.8	0.87	830	10.5	2150	83
560	M2BA 400 LKA	1487	96.8	0.91	965	1490	96.9	0.90	890	14	3050	85
630	M2BA 400 LKB	1488	96.8	0.88	1125	1490	96.9	0.87	1040	15	3150	85
710	¹⁾ M2BA 400 LKC	1487	96.8	0.88	1270	1490	96.9	0.86	1180	15	3150	85

Technical data for totally enclosed squirrel cage three phase motors

IP 55 – IC 411 – Insulation class F, temperature rise class B

Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Efficiency		Power factor cos φ 100%	Current		Torque		
				Full load 100%	3/4 load 75%		I_N	I_s	T_N	T_s	T_{max}
									Nm	$\frac{T_s}{T_N}$	$\frac{T_{max}}{T_N}$
1000 r/min = 6 poles			400 V 50 Hz			Basic design					
0.18	M2BA 71 M6 A	3GBA 073 310---C	880	57.0	50.4	0.63	0.73	4.0	1.95	1.7	2.4
0.25	M2BA 71 M6 B	3GBA 073 320---C	880	61.5	58.3	0.65	0.91	4.0	2.71	1.7	2.5
0.37	M2BA 80 M6 A	3GBA 083 310---C	920	68.0	63.2	0.65	1.21	5.0	3.84	1.7	2.0
0.55	M2BA 80 M6 B	3GBA 083 320---C	920	70.0	65.1	0.66	1.72	5.0	5.71	1.7	1.8
0.75	M2BA 90 S6 A	3GBA 093 110---C	920	74.0	70.2	0.71	2.08	5.0	7.79	2.0	2.3
1.1	M2BA 90 L6 A	3GBA 093 510---C	920	75.0	73.1	0.73	2.9	5.0	11.42	2.0	2.6
1.5	M2BA 100 L6 A	3GBA 103 510---C	930	79.0	75.5	0.73	3.76	5.5	15.4	2.0	2.4
2.2	M2BA 112 M6 A	3GBA 113 310---C	940	83.0	81.1	0.73	5.24	5.5	22.35	2.0	2.3
3	M2BA 132 S6 A	3GBA 133 110---C	960	84.5	82.4	0.77	6.67	6.5	29.84	2.0	2.4
4	M2BA 132 M6 A	3GBA 133 310 ---C	960	85.0	84.1	0.76	8.94	6.5	39.79	2.0	2.9
5.5	M2BA 132 M6 B	3GBA 133 320---C	950	87.0	85.9	0.78	11.7	6.5	55	2.0	3.0
7.5	M3BP 160 M	3GBP 163 101---A	970	89.3	89.3	0.79	15.4	6.7	74	2.0	2.8
11	M3BP 160 L	3GBP 163 102---A	970	89.8	89.8	0.78	23	7.1	109	2.2	2.9
15	M3BP 180 L	3GBP 183 101 --A	970	90.8	90.8	0.78	31	7.0	148	2.1	3.0
18.5	M3BP 200 MLA	3GBP 203 001---A	985	91.1	91.1	0.81	36	7.0	179	2.5	2.7
22	M3BP 200 MLB	3GBP 203 002---A	980	91.7	91.7	0.81	43	7.2	214	2.5	2.7
30	M3BP 225 SMB	3GBP 223 001---A	985	92.8	92.8	0.83	56	6.6	291	2.5	2.7
37	M3BP 250 SMA	3GBP 253 001 --A	985	93.7	93.7	0.83	69	7.3	359	2.8	2.8
45	M3BP 280 SMA	3GBP 283 210---G	990	94.4	94.3	0.84	82	7.0	434	2.5	2.5
55	M3BP 280 SMB	3GBP 283 220---G	990	94.6	94.6	0.84	101	7.0	531	2.7	2.6
75	M3BP 315 SMA	3GBP 313 210---G	992	95.0	94.7	0.82	141	7.4	722	2.4	2.8
90	M3BP 315 SMB	3GBP 313 220---G	992	95.5	95.3	0.84	163	7.5	866	2.4	2.8
110	M3BP 315 SMC	3GBP 313 230---G	991	95.6	95.5	0.83	202	7.4	1060	2.5	2.9
132	M3BP 315 MLA	3GBP 313 410---G	991	95.8	95.7	0.83	240	7.5	1272	2.7	3.0
160	M2BA 355 S	3GBA 353 100---A	992	95.9	95.7	0.85	280	6.8	1540	1.8	2.7
200	M2BA 355 SMA	3GBA 353 210---A	992	95.9	95.7	0.85	355	7.1	1925	2.0	2.7
250	M2BA 355 SMB	3GBA 353 220---A	992	96.0	95.8	0.84	450	7.5	2407	2.2	2.8
315	M2BA 355 MLA	3GBA 353 410---A	991	96.2	96.1	0.84	565	7.3	3036	2.0	3.0
355	M2BA 355 MLC	3GBA 353 430---A	991	96.4	96.3	0.84	635	7.6	3421	1.5	3.0
250	M2BA 400 M	3GBA 403 300---A	992	96.0	95.8	0.84	450	7.5	2407	2.2	2.8
315	M2BA 400 MA	3GBA 403 310---A	991	96.2	96.1	0.84	565	7.3	3036	2.0	3.0
355	M2BA 400 MB	3GBA 403 320---A	991	96.4	96.3	0.84	635	7.6	3421	1.5	3.0
400	M2BA 400 LKA	3GBA 403 510---A	992	96.5	96.4	0.85	700	6.4	3851	1.2	2.7
450	M2DA 400 LKD	3GBA 403 520---A	993	96.5	96.4	0.85	790	6.0	4320	1.3	2.0
500	¹⁾ M2BA 400 LKC	3GBA 403 530---A	992	96.5	96.4	0.85	880	6.8	4813	1.3	2.8

Technical data for totally enclosed squirrel cage three phase motors

IP 55 – IC 411 – Insulation class F, temperature rise class B

Output kW	Motor type	Speed r/min	Efficiency %	Power factor cos φ	Current I _N A	Speed r/min	Efficiency %	Power factor cos φ	Current I _N A	Moment of inertia J = ¼ GD ² kgm ²	Weight kg	Sound pressure level L _p dB(A)
1000 r/min = 6 poles		380 V 50 Hz				415 V 50 Hz				Basic design		
0.18	M2BA 71 M6 A	875	57.5	0.67	0.71	885	54.0	0.61	0.77	0.0006	10	42
0.25	M2BA 71 M6 B	875	61.5	0.65	0.95	885	61.0	0.62	0.92	0.0007	11	42
0.37	M2BA 80 M6 A	915	68.0	0.68	1.22	925	66.7	0.61	1.27	0.0016	17	45
0.55	M2BA 80 M6 B	915	70.0	0.68	1.76	925	71.0	0.62	1.74	0.002	18	45
0.75	M2BA 90 S6 A	915	73.5	0.75	2.08	925	73.5	0.67	2.12	0.0029	21	48
1.1	M2BA 90 L6 A	915	74.0	0.78	2.9	925	75.0	0.75	2.92	0.0038	25	48
1.5	M2BA 100 L6 A	925	78.0	0.78	3.75	935	78.8	0.71	3.73	0.01	32	51
2.2	M2BA 112 M6 A	935	82.0	0.75	5.44	945	83.0	0.72	5.13	0.0156	40	54
3	M2BA 132 S6 A	955	83.5	0.80	6.83	965	84.5	0.75	6.6	0.0312	55	56
4	M2BA 132 M6 A	955	85.0	0.76	9.41	965	85.2	0.74	8.83	0.0407	65	56
5.5	M2BA 132 M6 B	945	86.5	0.79	12.2	955	87.5	0.77	11.36	0.0533	75	56
7.5	M3BP 160 M	960	88.7	0.80	16.1	970	89.6	0.77	15.1	0.089	115	59
11	M3BP 160 L	960	89.4	0.80	23.5	970	90.0	0.76	22.4	0.107	135	59
15	M3BP 180 L	970	90.9	0.79	32	975	91.1	0.74	31	0.217	177	59
18.5	M3BP 200 MLA	980	90.8	0.81	38	985	91.1	0.78	36	0.37	245	63
22	M3BP 200 MLB	980	91.6	0.81	45	985	91.8	0.79	42	0.43	260	63
30	M3BP 225 SMB	985	92.6	0.83	59	985	92.9	0.82	55	0.64	320	63
37	M3BP 250 SMA	985	93.5	0.84	72	990	93.8	0.81	67	1.16	415	63
45	M3BP 280 SMA	989	94.2	0.84	87	991	94.4	0.82	81	1.85	605	66
55	M3BP 280 SMB	988	94.5	0.84	106	991	94.6	0.83	99	2.2	645	66
75	M3BP 315 SMA	991	94.9	0.84	145	993	95.0	0.79	140	3.2	830	70
90	M3BP 315 SMB	991	95.4	0.85	169	993	95.5	0.82	160	4.1	930	70
110	M3BP 315 SMC	990	95.5	0.84	211	992	95.6	0.82	197	4.9	1000	70
132	M3BP 315 MLA	990	95.7	0.84	250	992	95.8	0.82	236	5.8	1150	68
160	M2BA 355 S	991	95.8	0.86	295	993	95.9	0.84	275	10.4	1550	75
200	M2BA 355 SMA	991	95.8	0.86	370	993	95.9	0.83	350	12.5	1800	75
250	M2BA 355 SMB	991	96.0	0.85	470	993	96.1	0.82	445	12.5	1800	75
315	M2BA 355 MLA	990	96.2	0.85	590	992	96.2	0.82	560	14.6	2100	75
355	M2BA 355 MLC	990	96.3	0.86	655	992	96.4	0.82	630	15.8	2100	78
250	M2BA 400 M	991	96.0	0.85	470	993	96.1	0.82	445	12.5	2000	75
315	M2BA 400 MA	990	96.2	0.85	590	992	96.2	0.82	560	14.6	2150	75
355	M2BA 400 MB	990	96.3	0.86	655	992	96.4	0.82	630	15.8	2150	78
400	M2BA 400 LKA	991	96.3	0.86	730	992	96.4	0.84	680	16.5	2800	80
450	M2BA 400 LKB	992	96.5	0.86	825	993	96.5	0.83	790	19	3050	80
500 ¹⁾	M2BA 400 LKC	991	96.5	0.86	920	993	96.5	0.83	870	19	3050	80

۴- انواع روشهای راه اندازی موتورهای AC

برای راه اندازی موتورهای AC روش های مختلفی وجود دارد ، با توجه به نوع بار این روش ها کاربرد پیدا می کند. این روش ها عبارتند از:

۱- راه اندازی مستقیم ، برای بارهای سبک در موتورهای فشار ضعیف و راه اندازی موتورهای فشارقوی

۲- راه اندازی ستاره _ مثلث ، برای راه اندازی بارهایی که مقدار بار در زمان راه اندازی کمتر از ۳۰٪ بار نامی است.

۳- راه اندازی با استفاده از مقاومت راه انداز ، برای راه اندازی بارهای سنگین در موتورهای روتور سیم پیچی

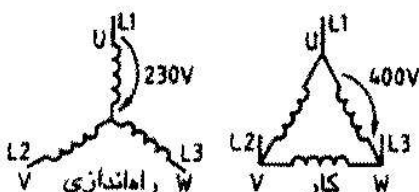
۴- راه اندازی با استفاده از اتو ترانسفورماتورها برای راه اندازی بارهای سنگین در موتورهای روتور قفسی

۵- راه اندازی نرم

۴-۱ راه اندازی موتورهای AC با استفاده از روش های ستاره- مثلث ، اتوترانسفورماتور ، سلف و مقاوت سری :

اصول راه اندازی

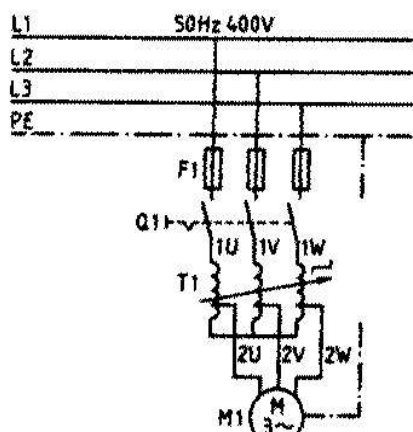
جریان راه اندازی موتورهای باروتور اتصال کوتاه سه فاز تا ده برابر جریان نامی می رسد، در نتیجه وسیله محافظت در برابر اضافه جریان فعال می شود و ممکن است در ولتاژ شبکه نوساناتی ایجاد گردد . به همین دلیل در موتورهای بیش از 4 kW برای راه اندازی در شبکه عمومی غالباً ولتاژ پایین آورده می شود . از این طریق جریان راه اندازی نیز کمتر می شود. اشکال این پایین آوردن ولتاژ، کاهش گشتاور است . گشتاور متناسب با مجذور ولتاژ است، اگر ولتاژ به $1/\sqrt{3}$ برابر کاهش داده شود، آنگاه گشتاور به $1/3$ برابر می رسد .



روش راه اندازی ستاره - مثلث

راه اندازی ستاره - مثلث

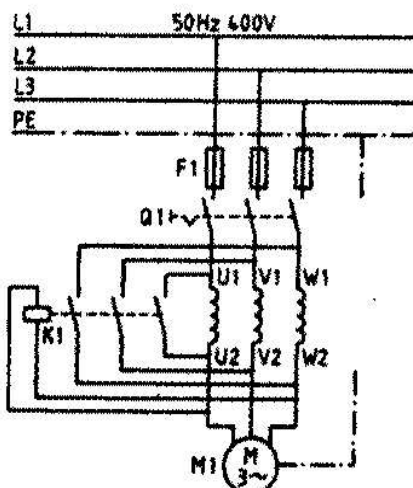
در راه اندازی ستاره - مثلث ابتدا موتور به صورت اتصال ستاره درآمده و سپس به شبکه وصل می گردد . در این حالت ولتاژ شاخه در شبکه 400 V فقط 230 V است . پس از سرعت گرفتن، موتور به صورت اتصال مثلث تغییر می یابد، در این حالت ولتاژ شاخه 400 V است . این تغییر نوع اتصال توسط دست با کلید غلتکی یا به طور خودکار از طریق کنتاکتور ستاره - مثلث انجام می شود . مشخصات ولتاژی موتور در شبکه 400 V باید برابر 400 V Δ باشد . چنانچه موتور به صورت اتصال مثلث تغییر نیابد فقط $1/3$ توان نامی خود را می تواند برآورده کند، از این رو موتور در بیشتر مواقع اضافه بار پیدا می کند و فیوز می سوزاند .



راه اندازی با استفاده از مبدل

راه اندازی با استفاده از مبدل (ترانسفورماتور)

با استفاده از مبدل راه انداز، جریان راه اندازی موتور به طور خاصی کوچک می شود، زیرا هم ولتاژ کاهش یافته است و هم جریان موتور به خاطر تبدیل جریان کمتر از جریان شبکه است . قیمت زیاد چنین تبدیلی از معایب این روش است .



راه اندازی با استفاده از سیم پیچهای هسته دار اتصال کوتاه

راه اندازی با استفاده از سیم پیچهای هسته دار

سیم پیچهای هسته دار راه انداز به صورت مقاومتهای سری پیش از موتور با روتور اتصال کوتاه وصل می گردند . پس از سرعت گرفتن موتور ولتاژ روی آن و از این طریق ولتاژ سیم پیچ کنتاکتور افزایش می یابد و در نتیجه کنتاکتور به طور خودکار سیم پیچهای هسته دار را اتصال کوتاه کرده و از مدار حذف می کند .

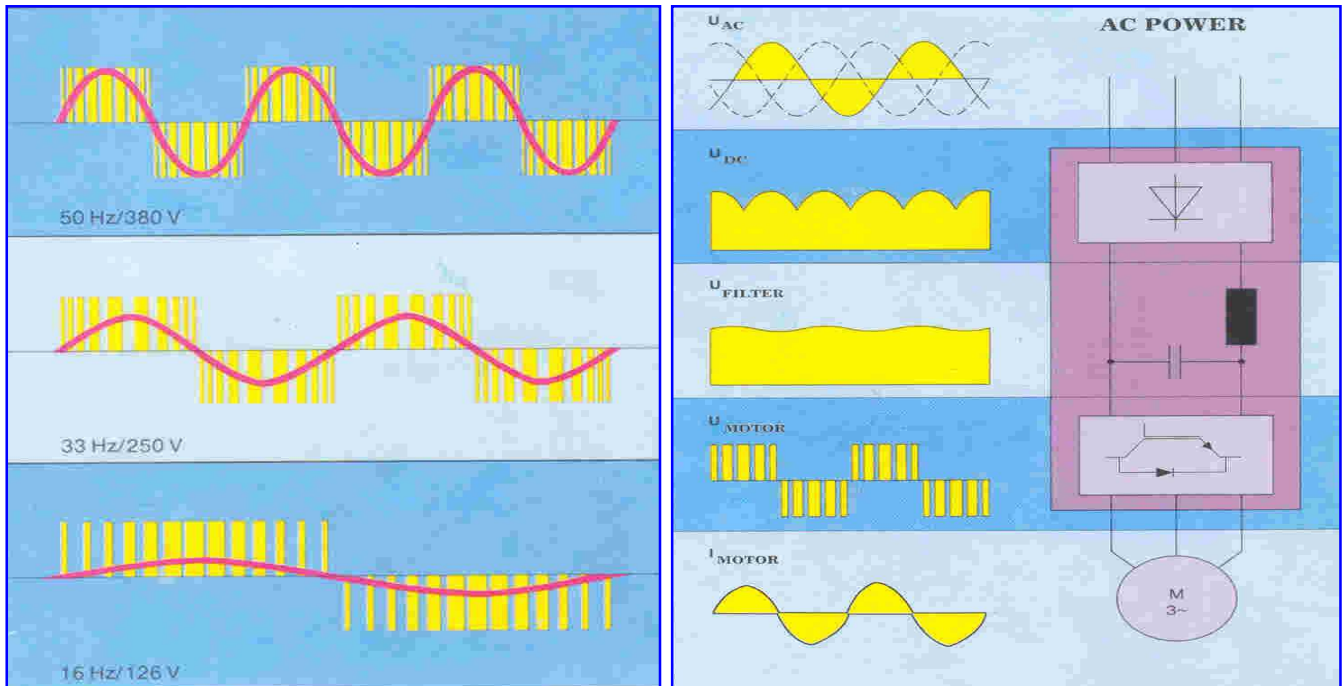
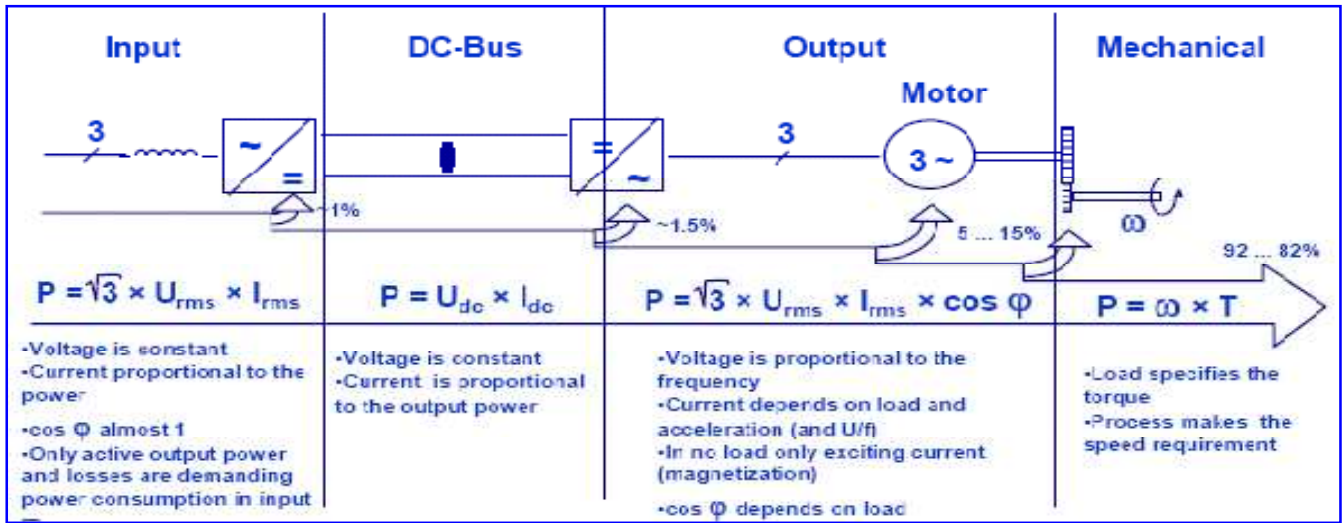
راه اندازی با استفاده از مقاومت

به جای سیم پیچهای هسته دار می توان مقاومتهای حقیقی را نیز به عنوان مقاومتهای سری به موتور با روتور اتصال کوتاه وصل نمود، حرارت به وجود آمده در این مقاومتها در زمان راه اندازی از معایب این روش است .

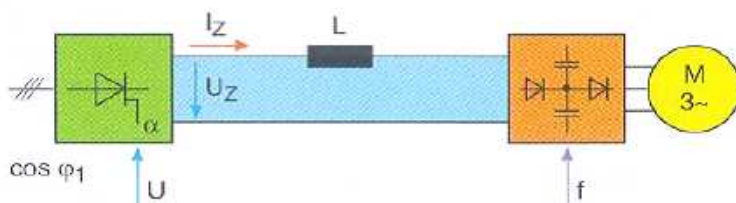
در مدار KUSA (راه اندازی نرم روتور اتصال کوتاه) فقط یک مقاومت سری در یک سیم بیرونی موتور قرار داده می شود . بدین طریق راه اندازی نرمی انجام می گیرد، بدون اینکه جریان دو سیم بیرونی دیگر کاهش یابد .

۴-۲ انواع روش های راه اندازی نرم و کنترل دور در موتورهای AC

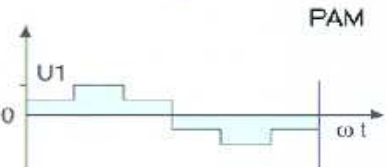
برای راه اندازی نرم و کنترل دور موتورهای AC لازم است که فرکانس و ولتاژ به یک نسبت کاهش یابد تا جریان راه اندازی کاهش یافته و موتور با گشتاور مورد نیاز بار، راه اندازی شود. برای راه اندازی به روش نرم و کنترل دور آنها تکنیک های مختلفی وجود دارد.



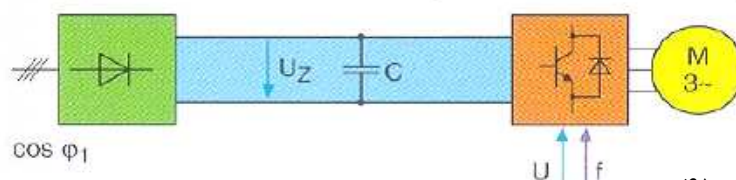
Current Source Converter – PAM (Pulse Amplitude Modulation)



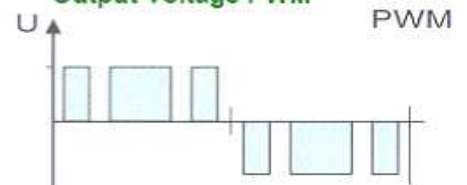
Output Voltage PAM



Voltage Source Converter – PWM (Pulse Width Modulation)

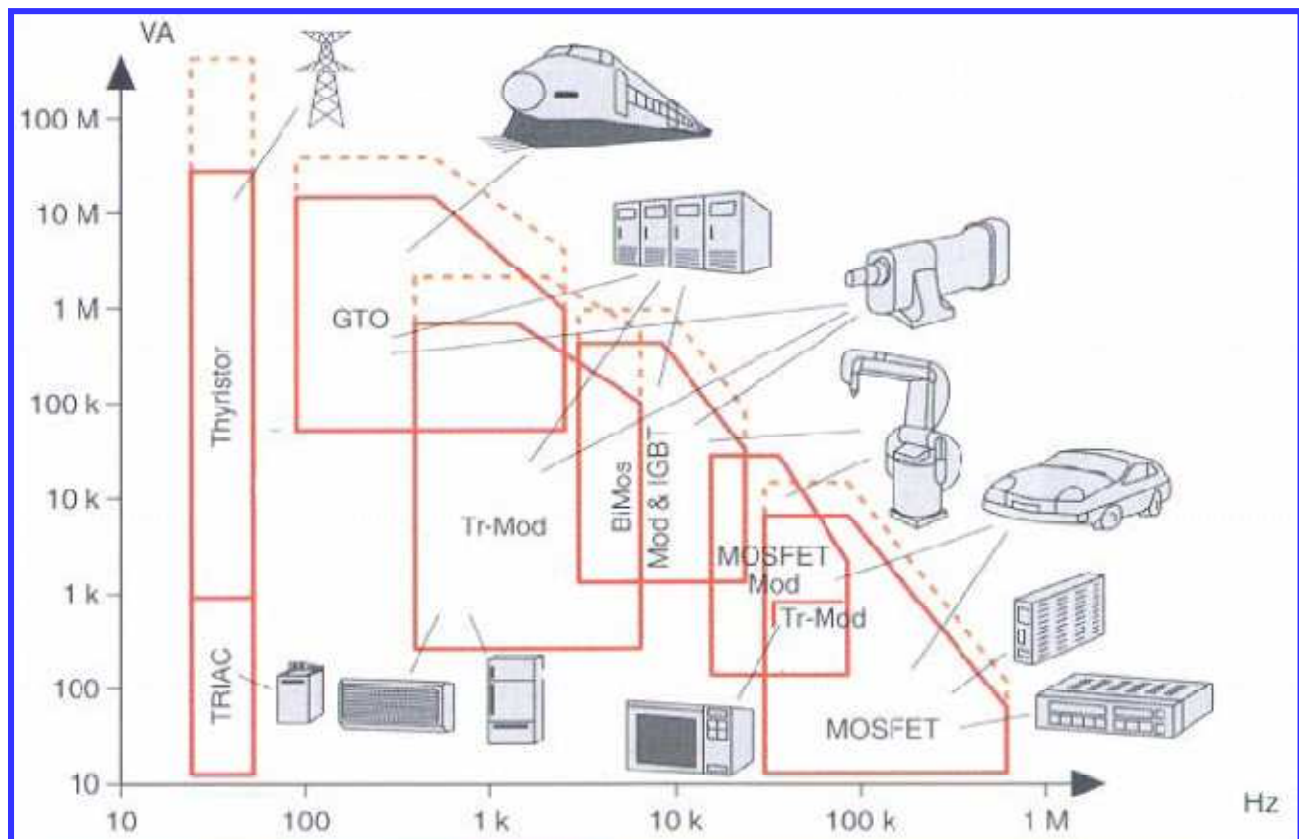


Output Voltage PWM



مشخصات عناصر سوئیچینگ نیمه هادی های قدرت الکتریکی و جایگاه آنها در سیستم قدرت الکتریکی

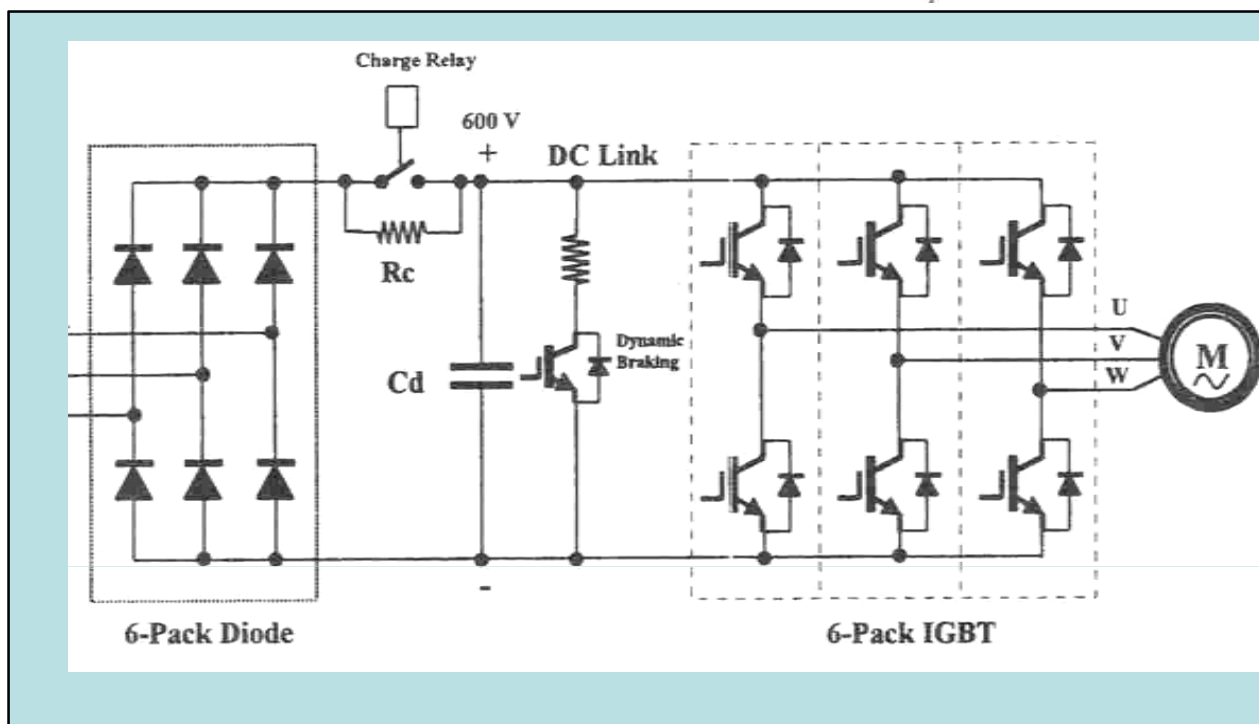
Device	BJT(Darlington)	MOSFET	IGBT	Thyristor	MCT
Blocking Voltage	1000V	1000V	1200V	4000V	1000V
Current	1000A	10A	500A	2000A	100A
Gate Control	Current	Voltage	Voltage	Current	Voltage
Switching Times ton	2us	.1us	.5us	5us	.5us
Switching Times toff	15us	.5us	1us	200us	2us
On State Voltage	3V	10V	3V	1V	1V



شکل ۴۲

۳-۴ شرح یک دستگاه راه انداز نرم و کنترل دور موتورهای AC

واحد قدرت سیستم شامل یک یکسوساز سه فاز (که از ۶ عدد دیود قدرت تشکیل شده است)، تعدادی خازن لینک DC برای صاف کردن ولتاژ یکسو شده توسط دیودها، یک سیستم شارژ خازنهای DC Link، یک ترانزیستور IGBT برای قرار دادن المنت حرارتی در مدار در زمان ترمز کردن دستگاه، و یک اینورتر که شامل ۶ عدد ترانزیستور قدرت IGBT است، می باشد. با سوئیچینگ ترانزیستورهای قدرت IGBT توسط سیگنالهای ارسالی از واحد کنترل، برق سه فاز با ولتاژ و فرکانس متغیر در خروجی اینورتر تولید می شود، که با اعمال آن به موتور می توان سرعت موتور را کنترل نمود.

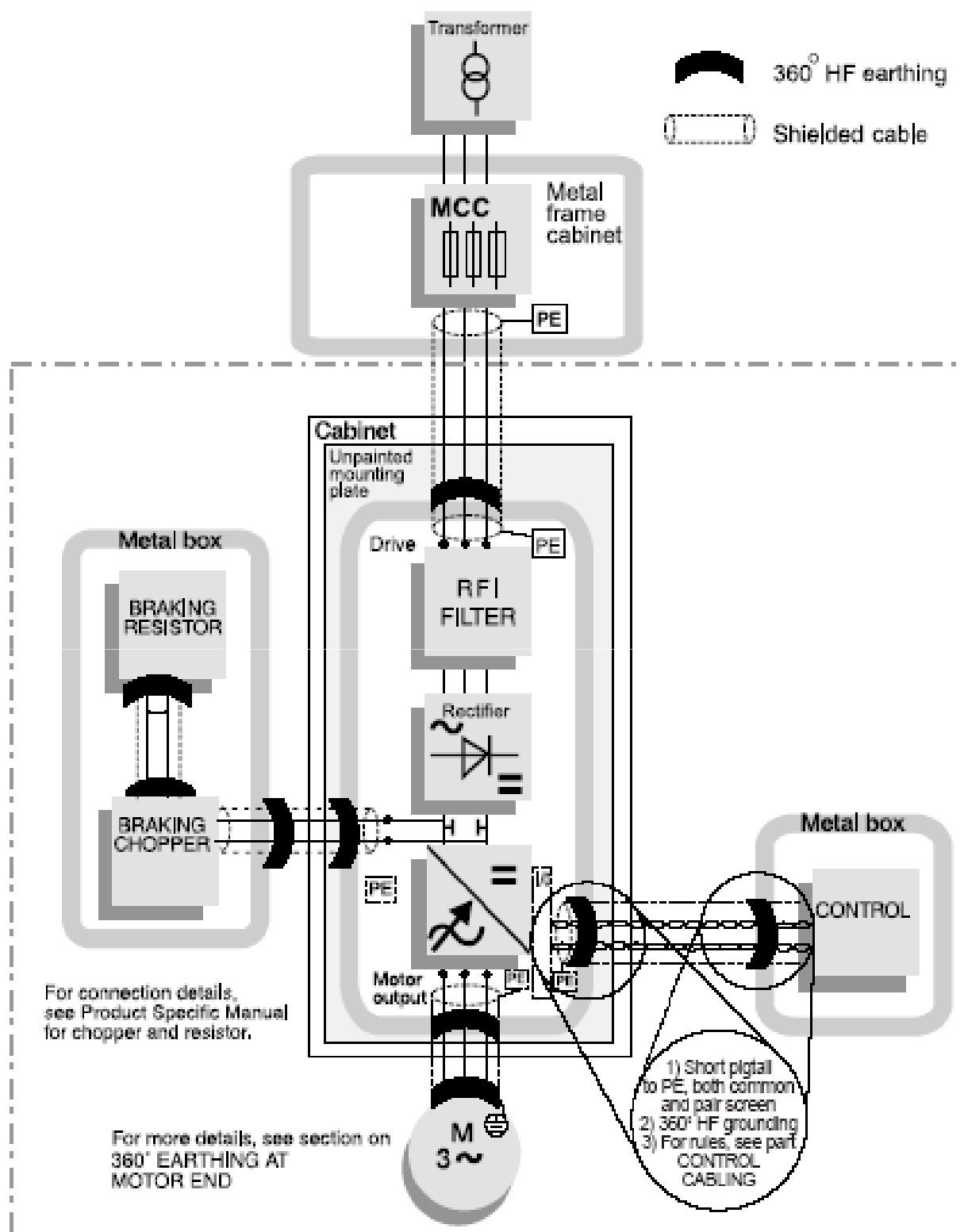


شکل ۴-۴

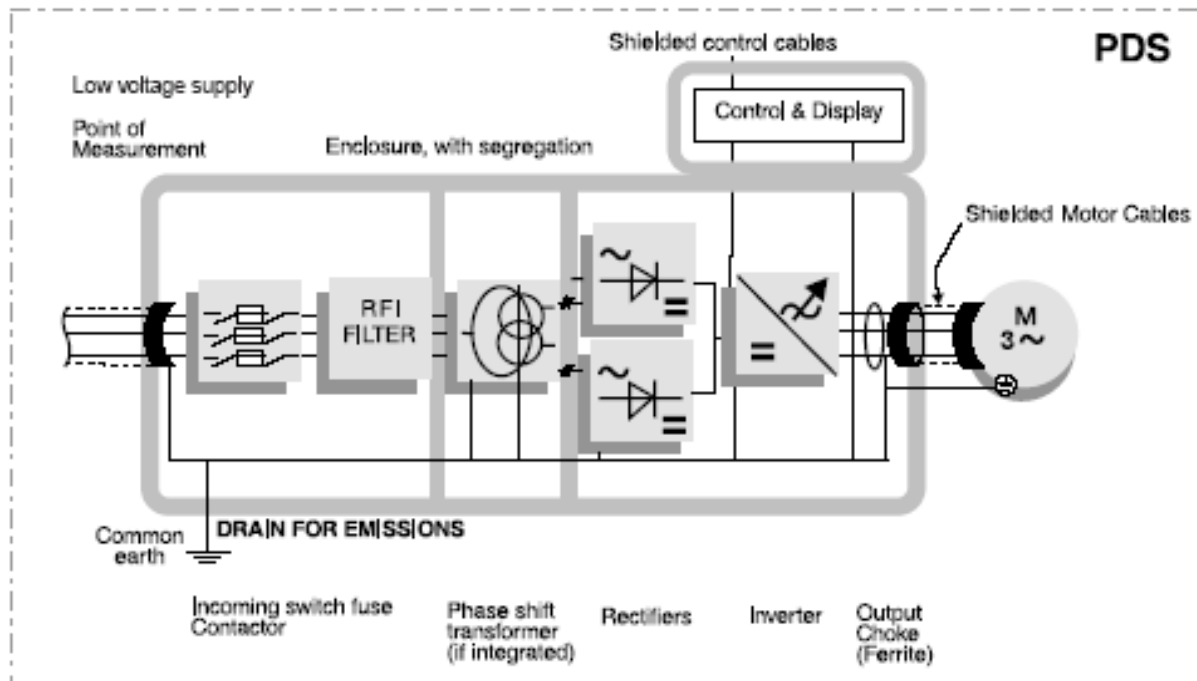
سیستم شارژ خازنهای لینک DC :

چون در زمان روشن شدن دستگاه، خازنهای بزرگ لینک DC دشارژ می باشند، بنابراین اگر مستقیماً در مدار قرار گیرند، جریان زیادی کشیده و سیستم آسیب خواهد دید. به این دلیل ابتدا توسط یک مقاومت، این خازنها شارژ می شوند و وقتی ولتاژ لینک به مقدار مورد نظر رسید، با فرمان برد میکرو و از طریق یک کنتاکتور، مقاومت از مدار خارج می شود. اگر سیستم شارژ خازنها درست عمل نکند، دستگاه خطای LUF (Fault) داده و متوقف می شود.

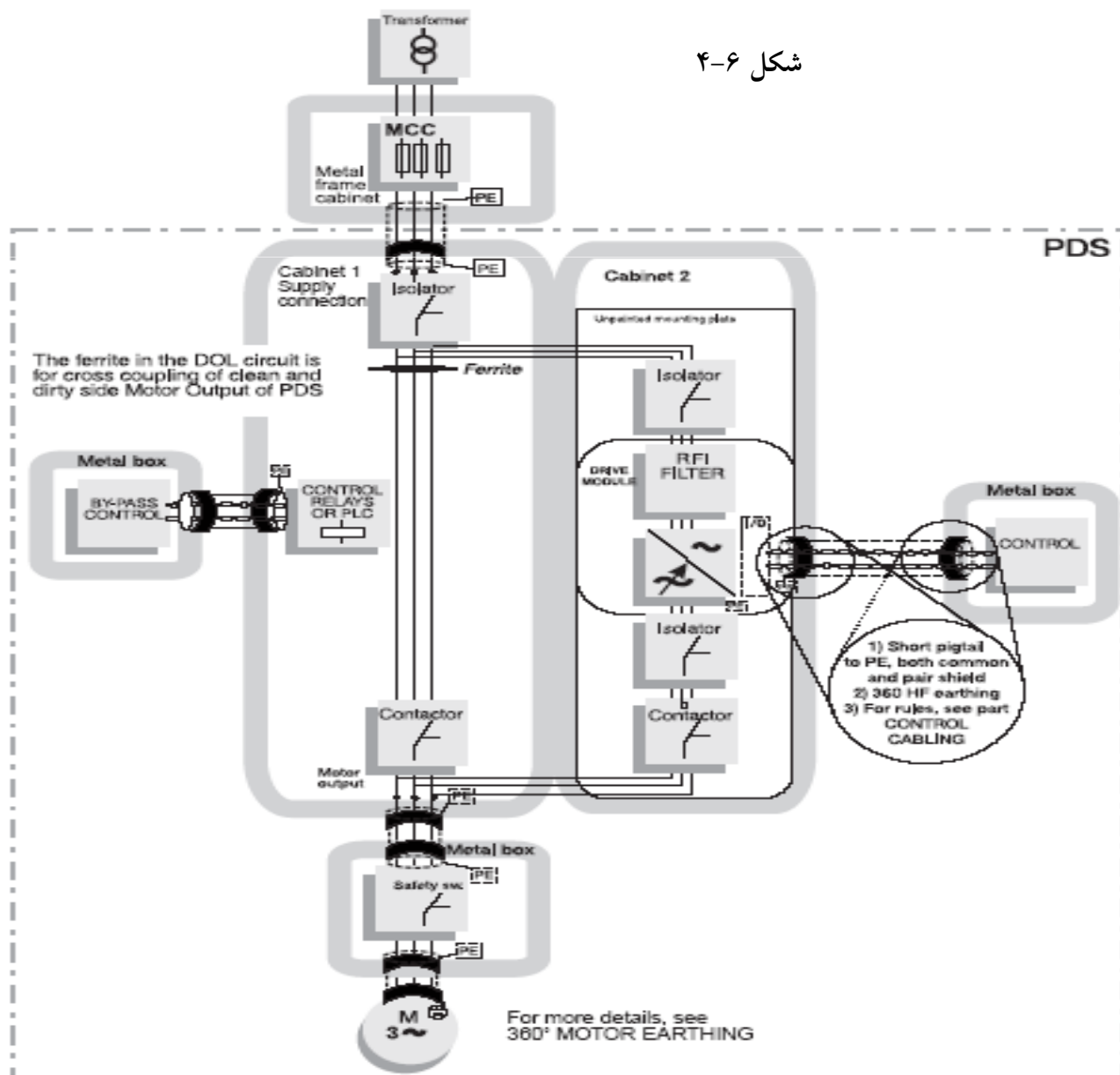
شکل های ۴-۵ تا ۴-۹ چند نوع مدار راه انداز نرم و کنترل دور را در موتورهای AC نشان می دهد.





شکل ۴-۵

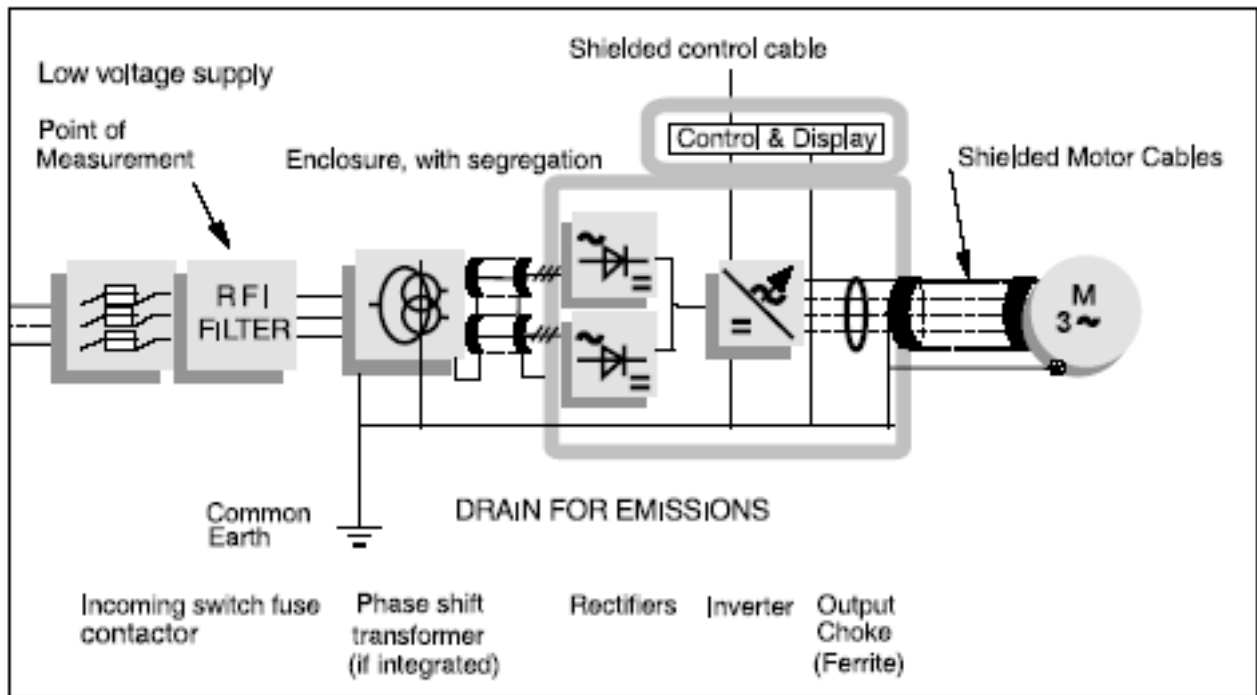


شکل ۴-۶



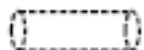
 = 360° HF earthing

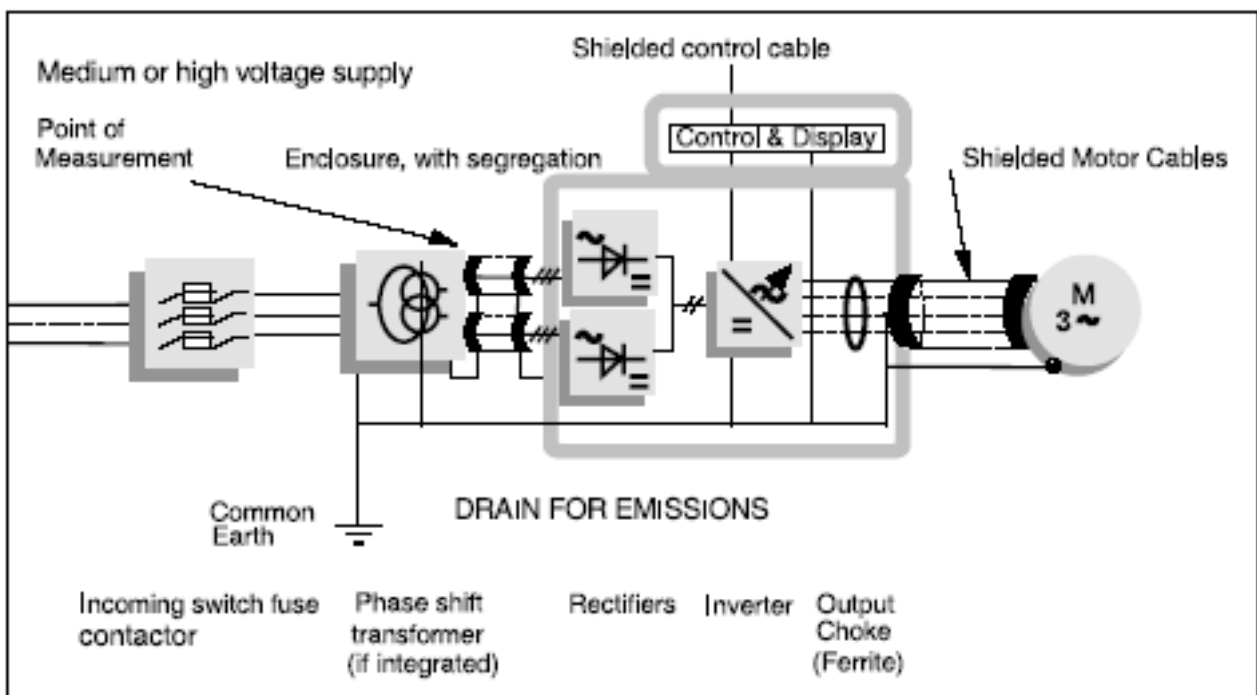
 = shielded cable



 = 360° HF earthing

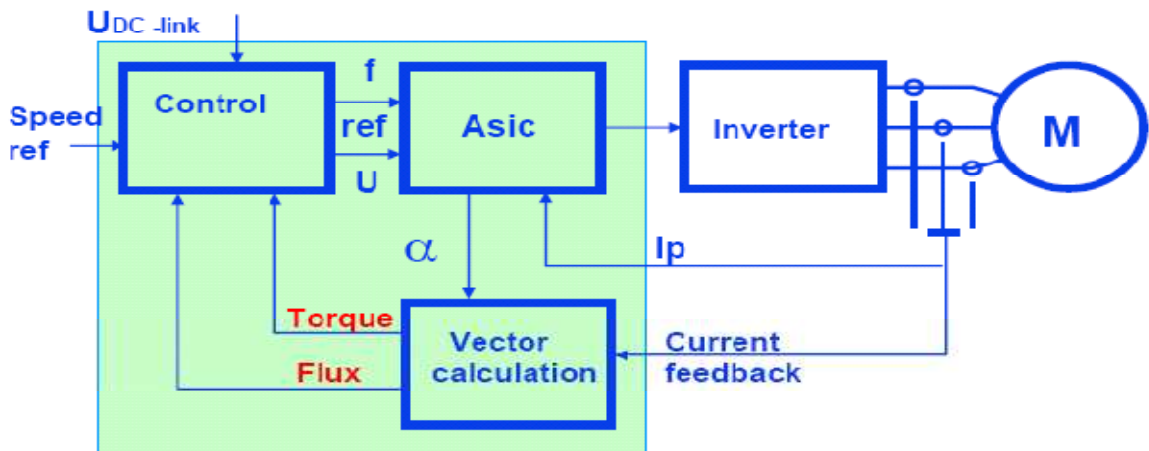
شکل ۴-۸

 = shielded cable



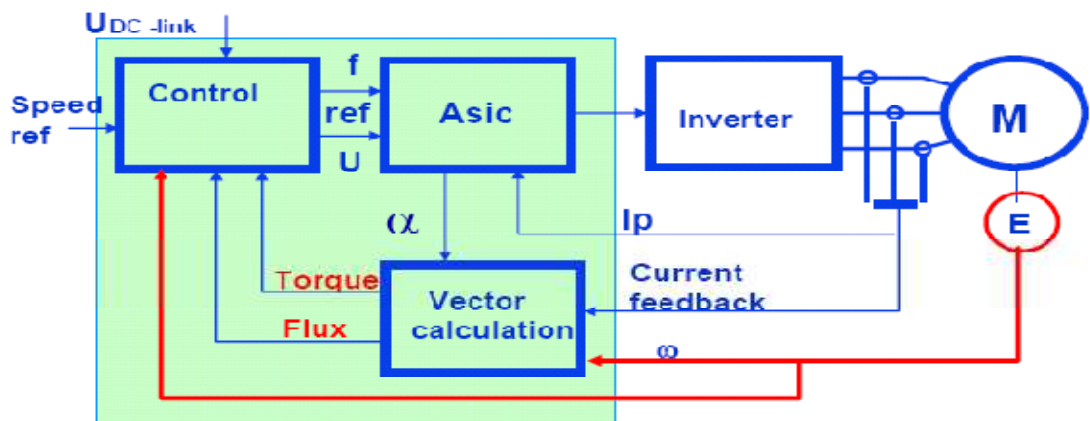
شکل ۴-۹

Open Loop Sensorless Vector control

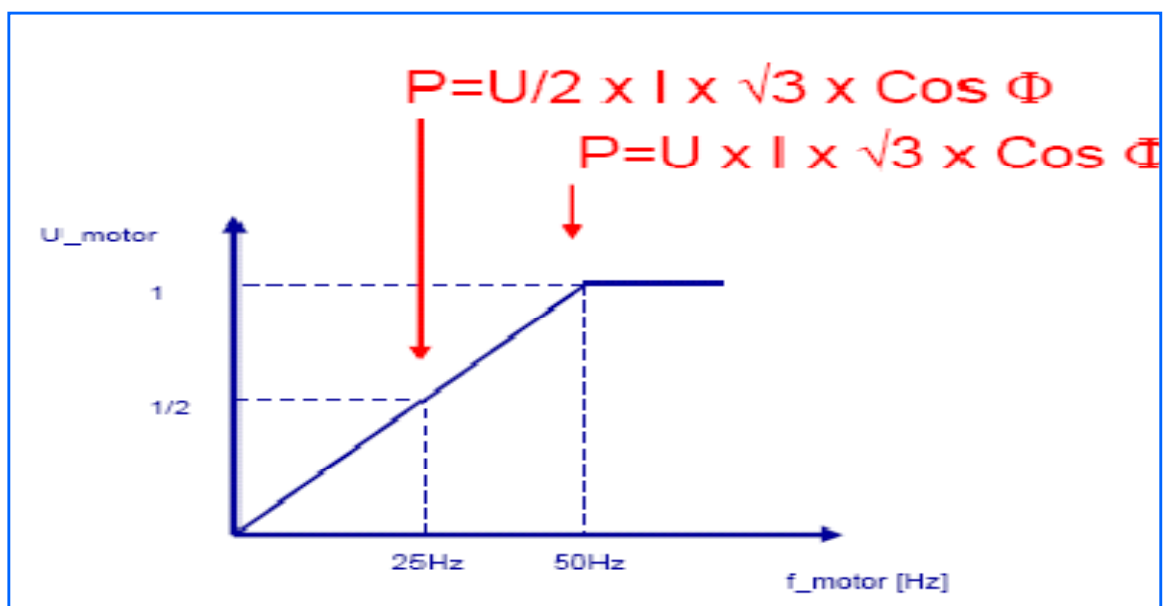


شکل ۴-۱۰

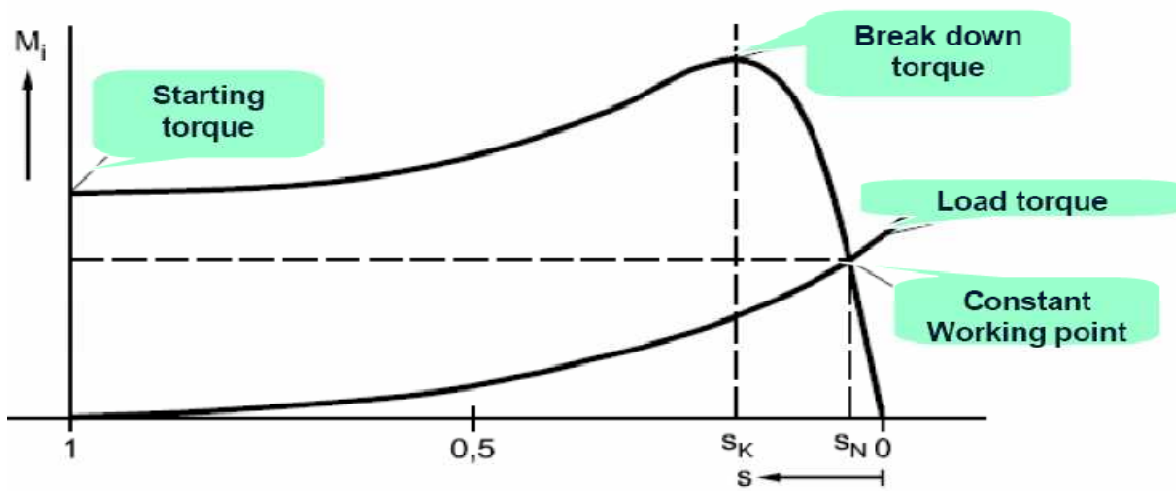
Closed Loop Vector Control



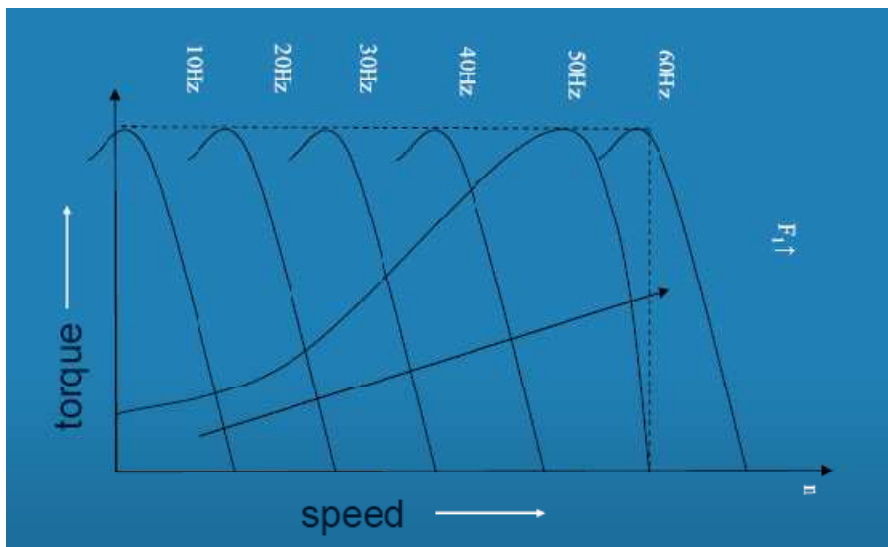
شکل ۴-۱۱



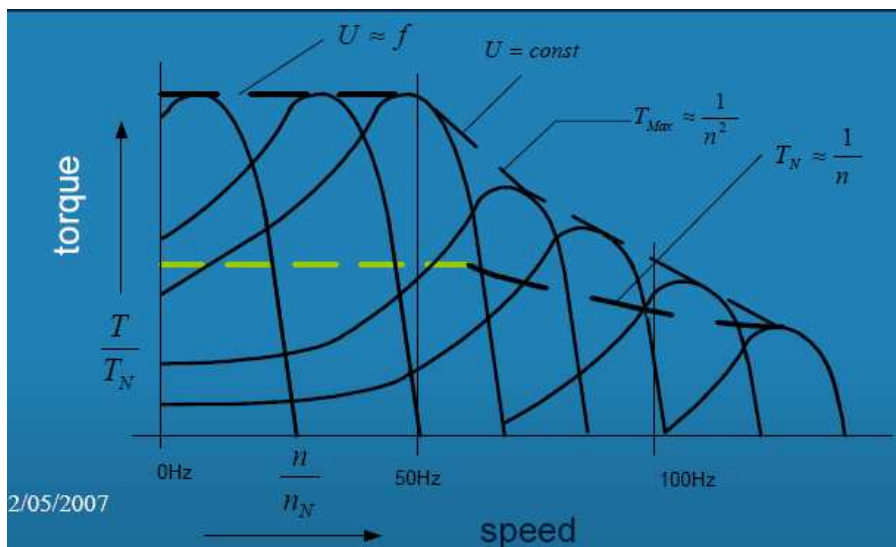
تغییر دور موتور های الکتریکی به روش تغییر فرکانس و ولتاژ و انطباق مشخصه ی گشتاور - سرعت
 موتور با مشخصه ی گشتاور - سرعت بار



شکل ۴-۱۳

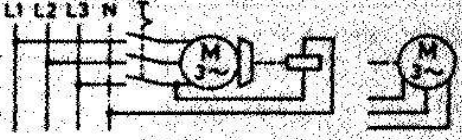
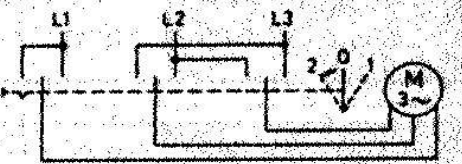
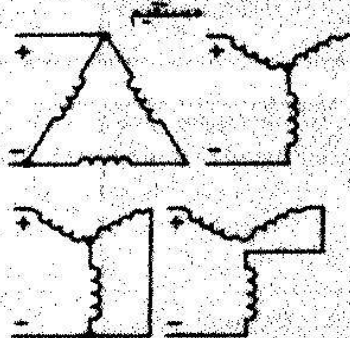
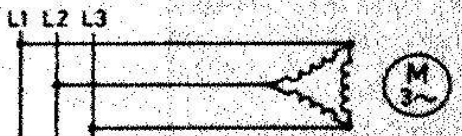
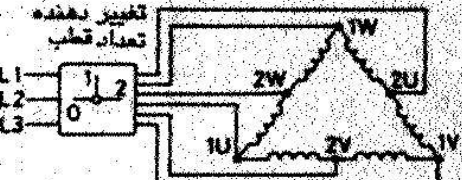
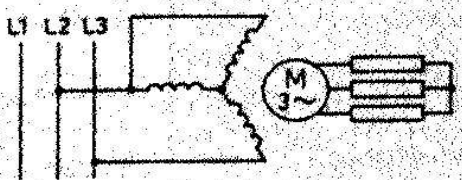


شکل ۴-۱۴



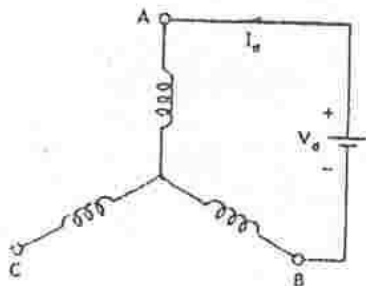
شکل ۴-۱۵ ۴۸

۵- انواع مدارهای ترمز موتورهای AC

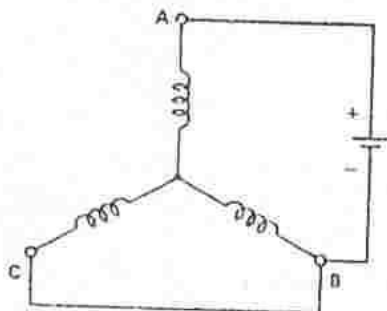
مدار	شرح
 <p>ترمز آزادشونده از طریق الکتروهیدرولیک با آهنربای مغناطیسی</p>	<p>ترمز آزادشونده از طریق الکتروهیدرولیک</p> <p>ترمز آزادشونده با آهنربای الکتریکی، ترمز آزادشونده از طریق الکتروهیدرولیک نیروی ترمز توسط فنر ایجاد می‌گردد. با اعمال ولتاژ به سیم‌پیچ محرک یا موتور آزادکننده ترمز، ترمز آزاد می‌شود.</p> <p>کاربرد: در ماشینهای ابزار و بالابرها</p>
 <p>نمونه اتصال سیم‌پیچهای استاتور به جریان مستقیم</p>	<p>ترمزگیری از طریق جریان معکوس</p> <p>با تعویض دو سیم بیرونی موتور جهت چرخش میدان دوار موتور معکوس می‌گردد. از این طریق نیروی ترمز ایجاد می‌گردد. برای متوقف نمودن موتور ابتدا باید آنرا از شبکه قطع و سپس در جهت دیگر راه اندازی نمود. در زمان ترمزگیری تلفات زیادی در روتور ایجاد می‌شود. در حالت سکون موتور هیچ نیروی ترمزی وجود ندارد.</p> <p>کاربرد: اره‌های نواری و ماشینهای مشابه، با این حال برای ترمزگیرهای نه بسیار مکرر.</p>
 <p>نمونه اتصال سیم‌پیچهای استاتور به جریان مستقیم</p>	<p>ترمزگیری با جریان مستقیم</p> <p>در اینجا سیم‌پیچ استاتور از شبکه قطع شده و با جریان مستقیم تحریک می‌شود. جریان القاء شده در روتور سبب ترمزگرفتن موتور می‌شود. تلفات در طی رویداد ترمزگیری به طور تقریبی به بزرگی انرژی جنبشی روتور است.</p> <p>کاربرد: ماشینهای ابزار، دستگاههای کشنده و بالابر در معادن.</p>
 <p>مانند نمونه اتصال در عملکرد موتوری</p>	<p>مدار ترمز بالای سنکرون</p> <p>موتور توسط بار گرداننده می‌شود و مانند مولد سنکرون کار می‌کند، به این معنی که انرژی به شبکه برگردانده می‌شود</p> <p>کاربرد: در بالابرها برای سریع پایین آمدن (مدار ترمز بالای سنکرون برای زمان پایین آوردن بار).</p>
 <p>تغییر دهنده تعداد قطب</p>	<p>ترمزگیری از طریق تغییر تعداد قطب</p> <p>این نوع ترمز حالت خاصی از مدار ترمز بالای سنکرون است. برای ترمزگیری در دور بالای موتور سیم‌پیچ با تعداد قطب زیاد به شبکه وصل می‌شود. این کار از طریق ترمز مولد تا رسیدن به دور کم ادامه می‌یابد. کاربرد: در ماشینهای یا گشتاور ماند (ممان اینرسی) زیاد یا در ماشینهای با قطع و وصل زیاد.</p>
 <p>تغییر دهنده تعداد قطب</p>	<p>مدار ترمز با جریان معکوس برای زمان پایین آوردن بار (مدار ترمز زیر سنکرون برای زمان پایین آوردن بار)</p> <p>اگر موتور با روتور دارای حلقه لغزان و با مقاومت راه انداز در مدار روتور که بتدریج در مدار وارد می‌شود به صورت موتور تک فاز بسته شود، در حالت راست گرد گشتاور به طرف چپ ایجاد می‌نماید.</p> <p>کاربرد: در بالابرها برای پایین آوردن آهسته.</p>

شکل ۵-۲ انواع روش های ترمز با تزریق جریان DC را در موتور القایی با اتصال ستاره و مثلث نشان می دهد.

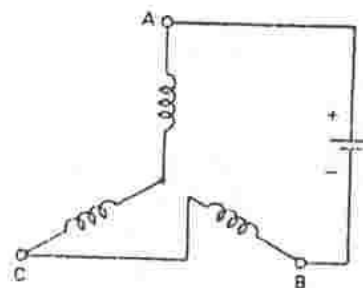
مقدار تزریق جریان DC بستگی به مقاومت اهمی استاتور ، زمان ترمز و اینرسی موتور و بار آن دارد.



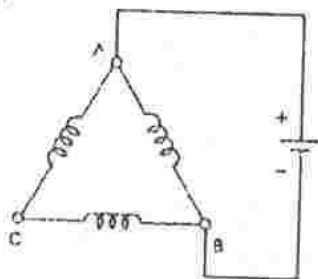
(الف)



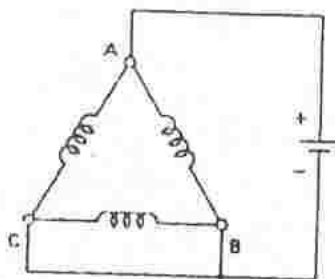
(ب)



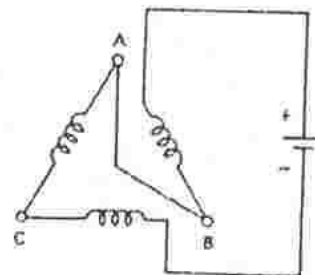
(ج)



(د)



(ه)



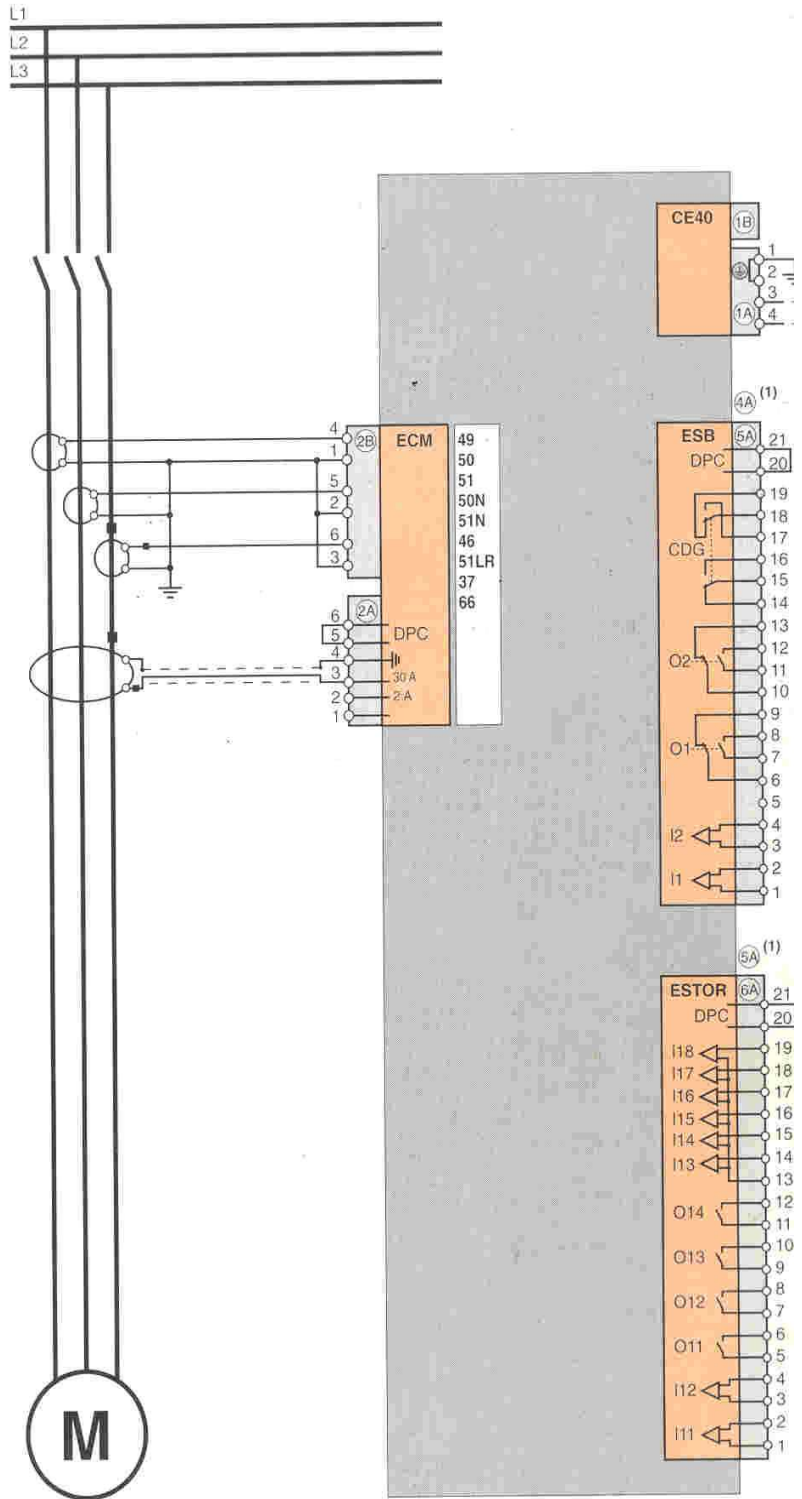
(ز)

شکل ۵-۲

۶- انواع مدارهای حفاظتی موتورهای AC

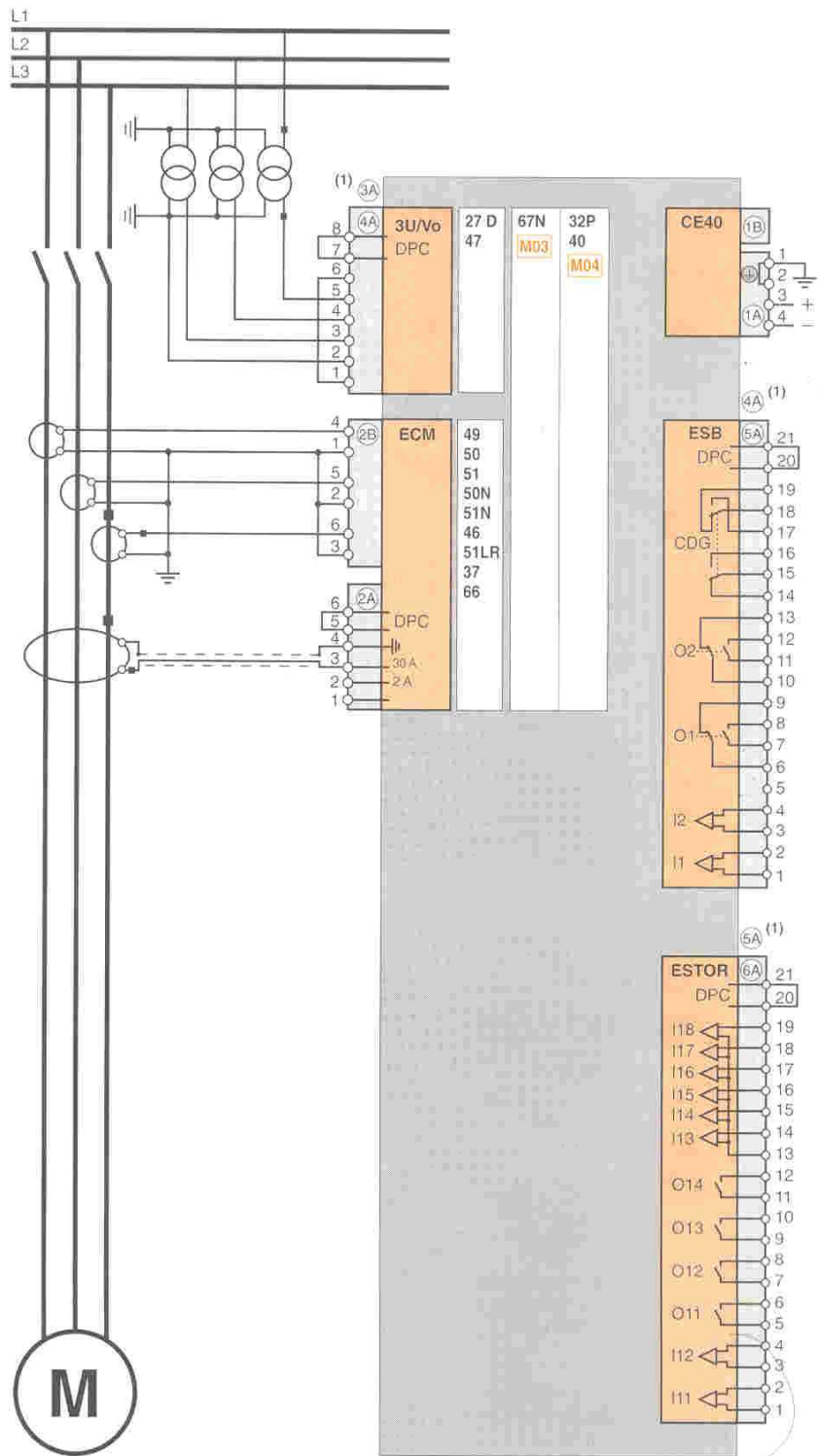
functions	ANSI code	Sepam types ¹⁾											
		M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M11	M14	M15	M16
		M20				M21				M22			
protections													
thermal overload	49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
phase overcurrent	50/51	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
earth fault (sensitive E/F)	50N/51N(G)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
negative sequence / unbalance	46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
locked rotor/excessive starting time	48/51LR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
phase undercurrent	37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
starts per hour	66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
positive sequence undervoltage	27D		2	2		2	2	2	2	2	2	2	2
direction of rotation	47		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
directional earth fault	67N		1			1	1		1				
reverse real power	32P			1				1		1			
reactive overpower	32Q/40			1				1		1			
temperature set points	38/49T				6		6	6	6	6	6		6
					12			12	12				12
motor differential	87M					1	1	1			1		
metering													
phase currents (I1, I2, I3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
peak demand phase currents (I1, I2, I3)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
voltages (U21, U32, U13)			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
real / reactive power (P, Q)			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
peak demand real / reactive power			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
power factor			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
frequency			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
accumulated real / reactive energy (±Wh, ±VARh)			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
tripping currents (I1, I2, I3, Io)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
true rms current		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
disturbance recording		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
thermal capacity used		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
start inhibit time delay / number of starts before inhibition		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
temperature					■		■	■	■	■	■		■
phase rotation			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
unbalance ratio / unbalance current		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
starting time and current		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
residual current		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
residual voltage			■			■	■		■				
cumulative breaking current and number of breaks		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
differential current and through current						■	■	■		■			
control and monitoring													
open / close		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
lockout relay	86	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
inhibit closing	69	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
annunciation	30	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
load shedding		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
restart			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■
logic discrimination	68	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
trip circuit supervision	74	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
detection of plugged connectors (DPC)	74	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
operation counter		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
running hours counter		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
phase fault trip counter		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
disturbance recording tripping		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

M02 type



شکل ۱-۶

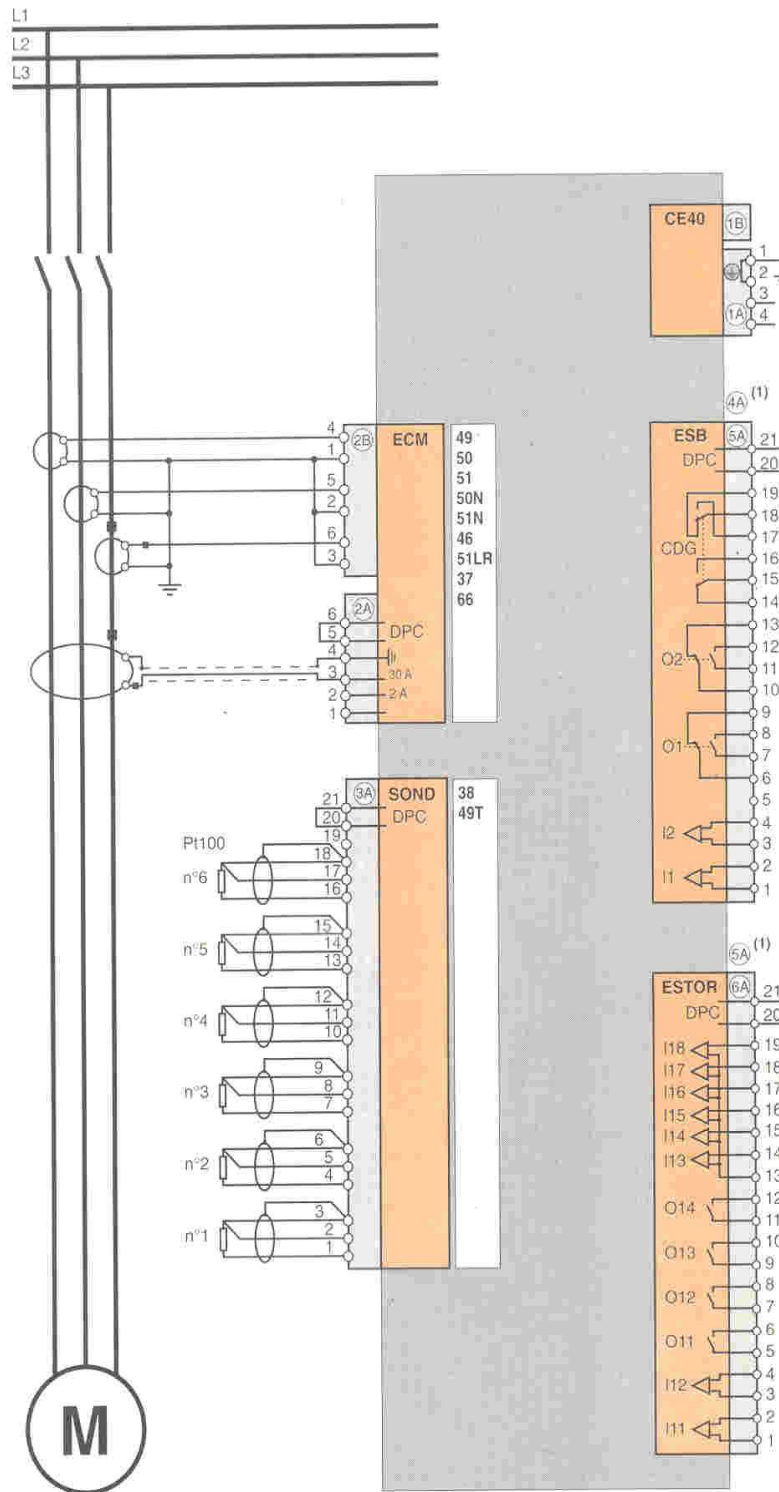
M03, M04, M15 types



Standard S35XR or compact S25LT Sepam 2000.

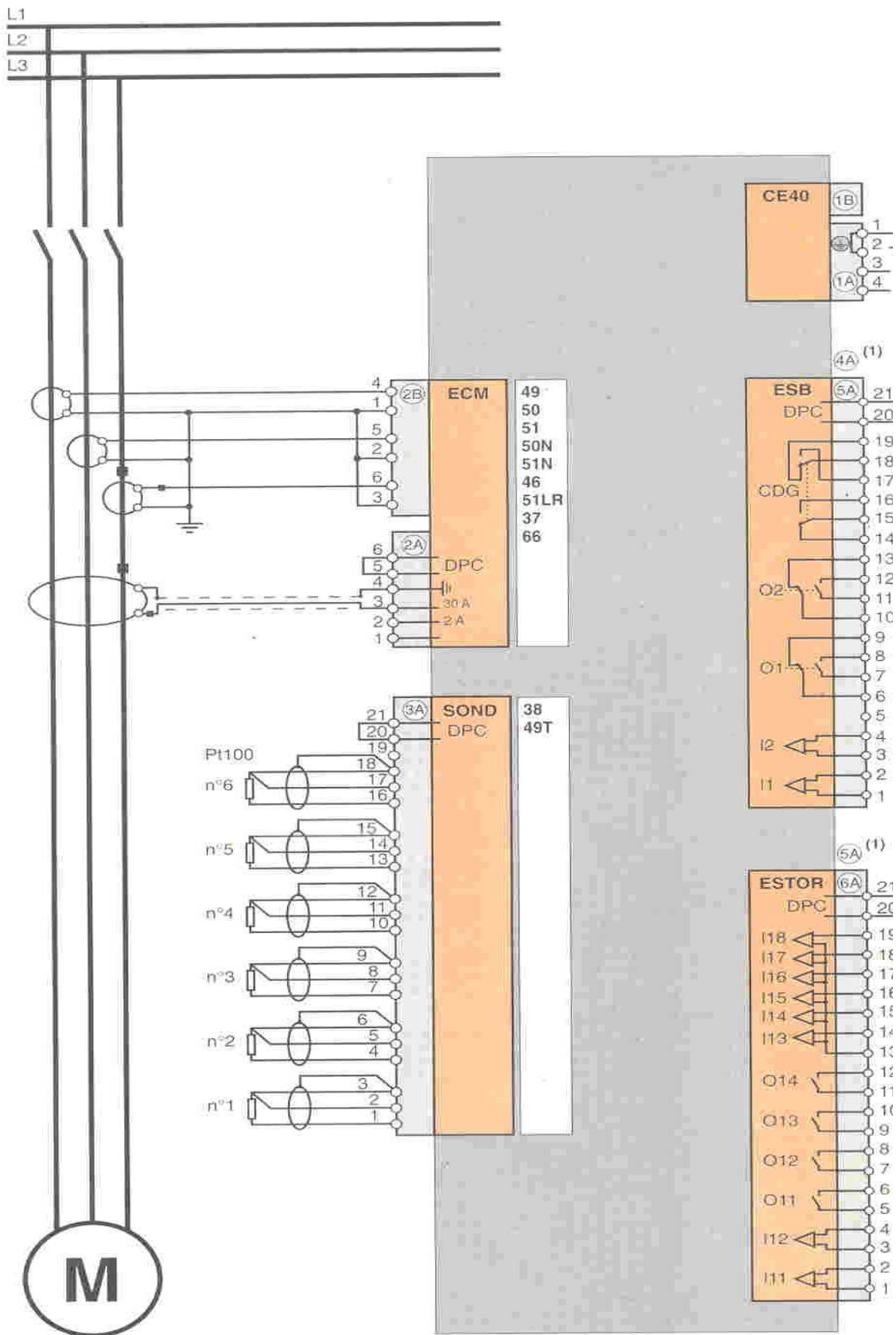
شکل ۲-۶

M05 type



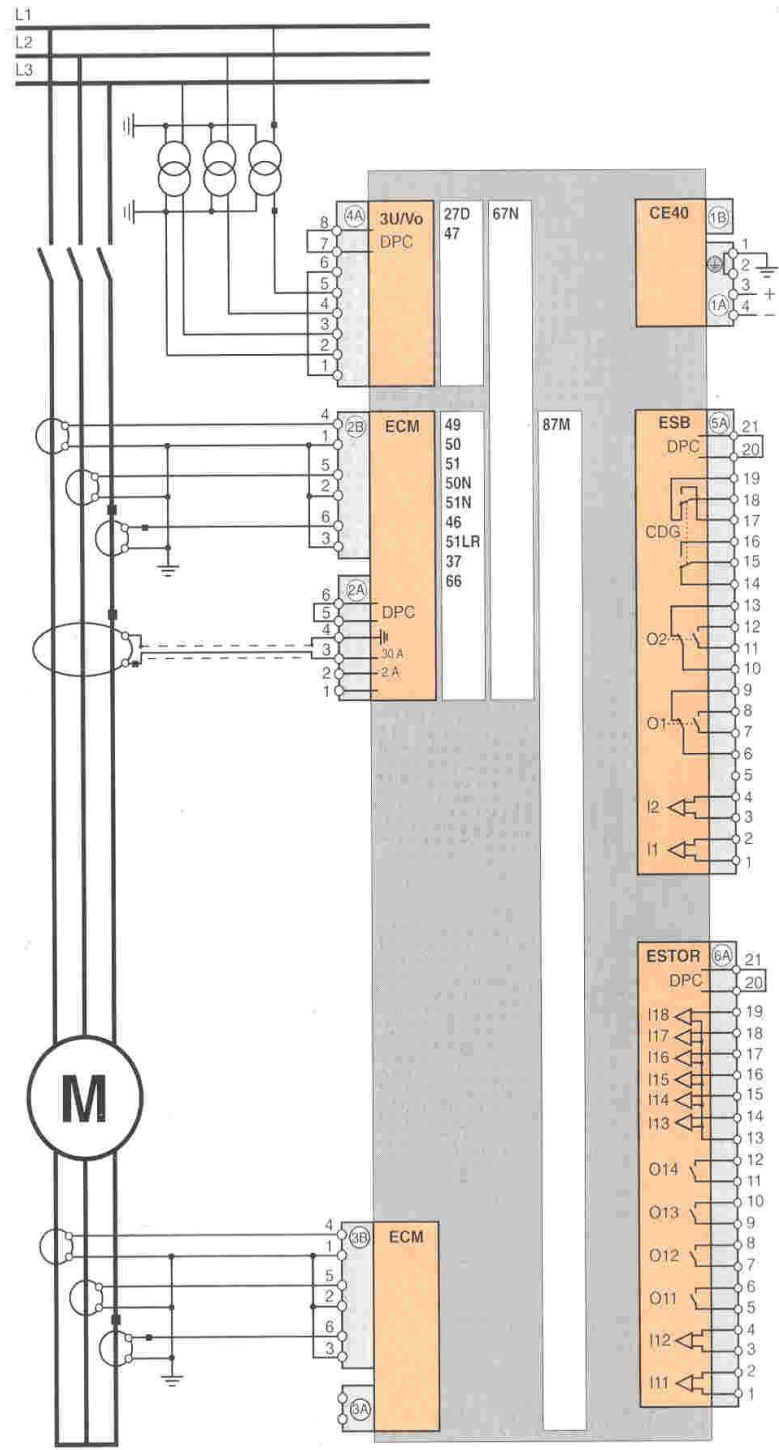
Standard S35ZR or compact S25LS Sepam 2000.

شکل ۳-۶



شکل ۳-۴

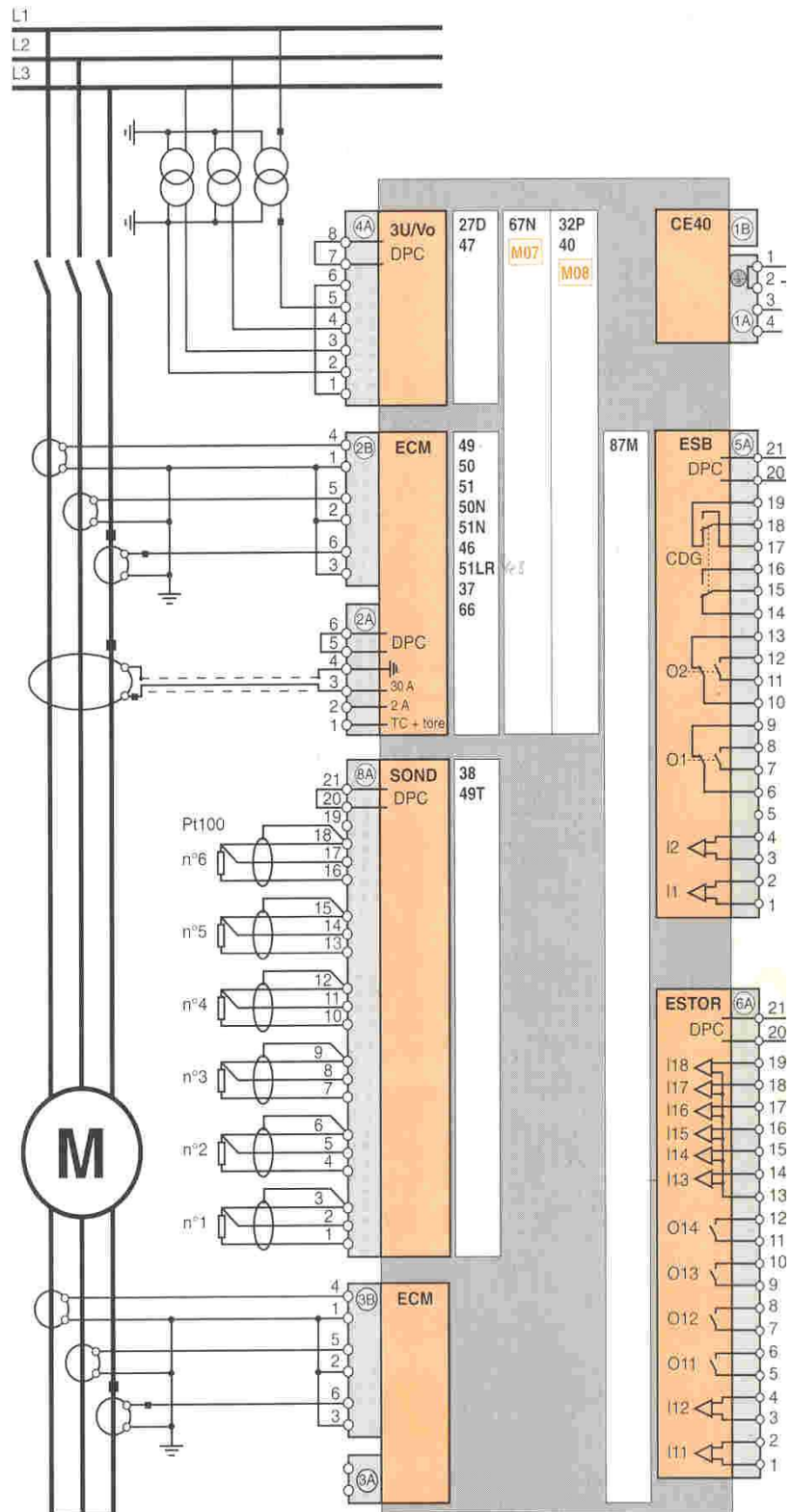
M06 type



Standard S35LR Sepam 2000.

شکل ۳-۵

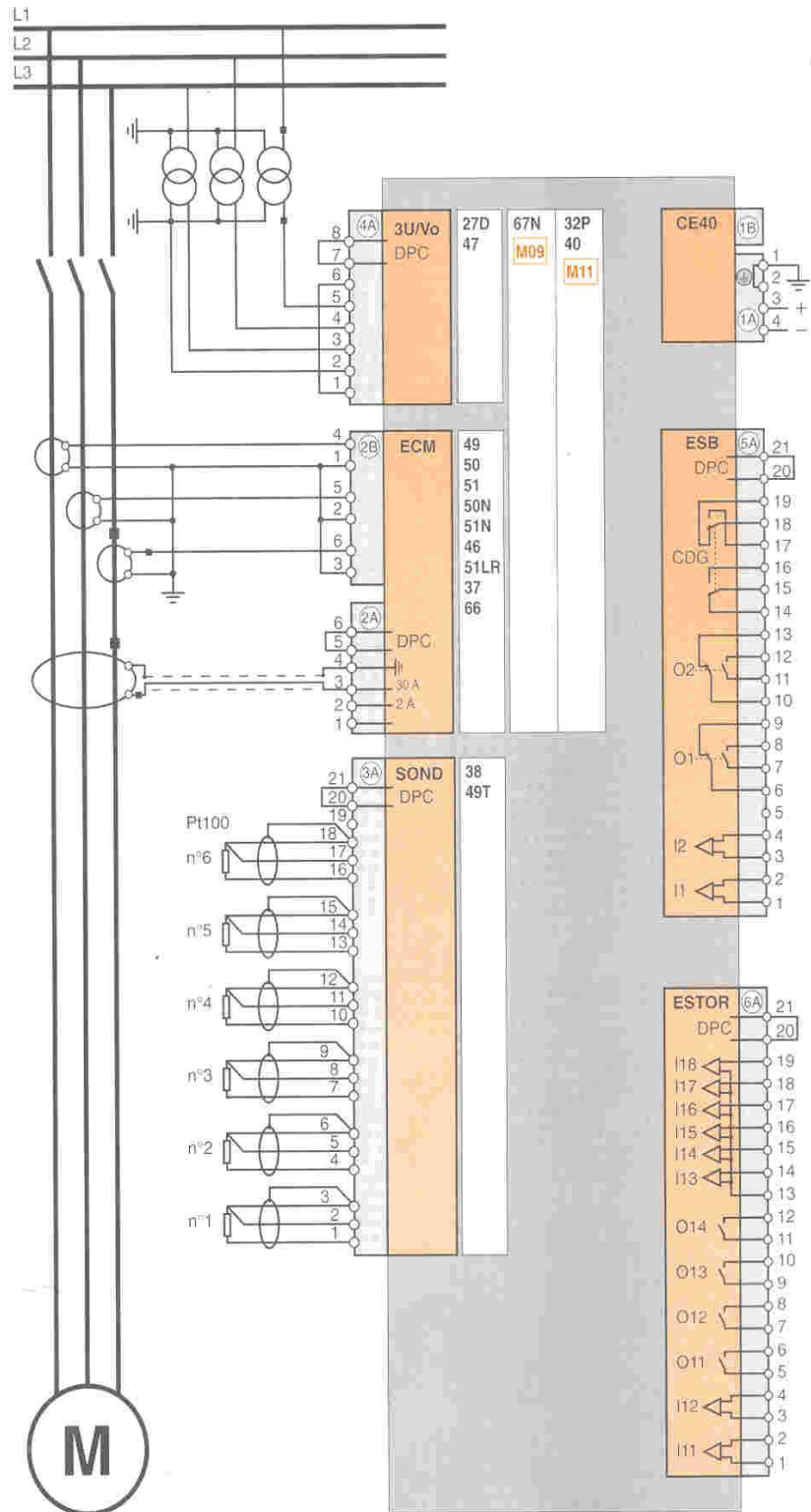
M07, M08, M14 types



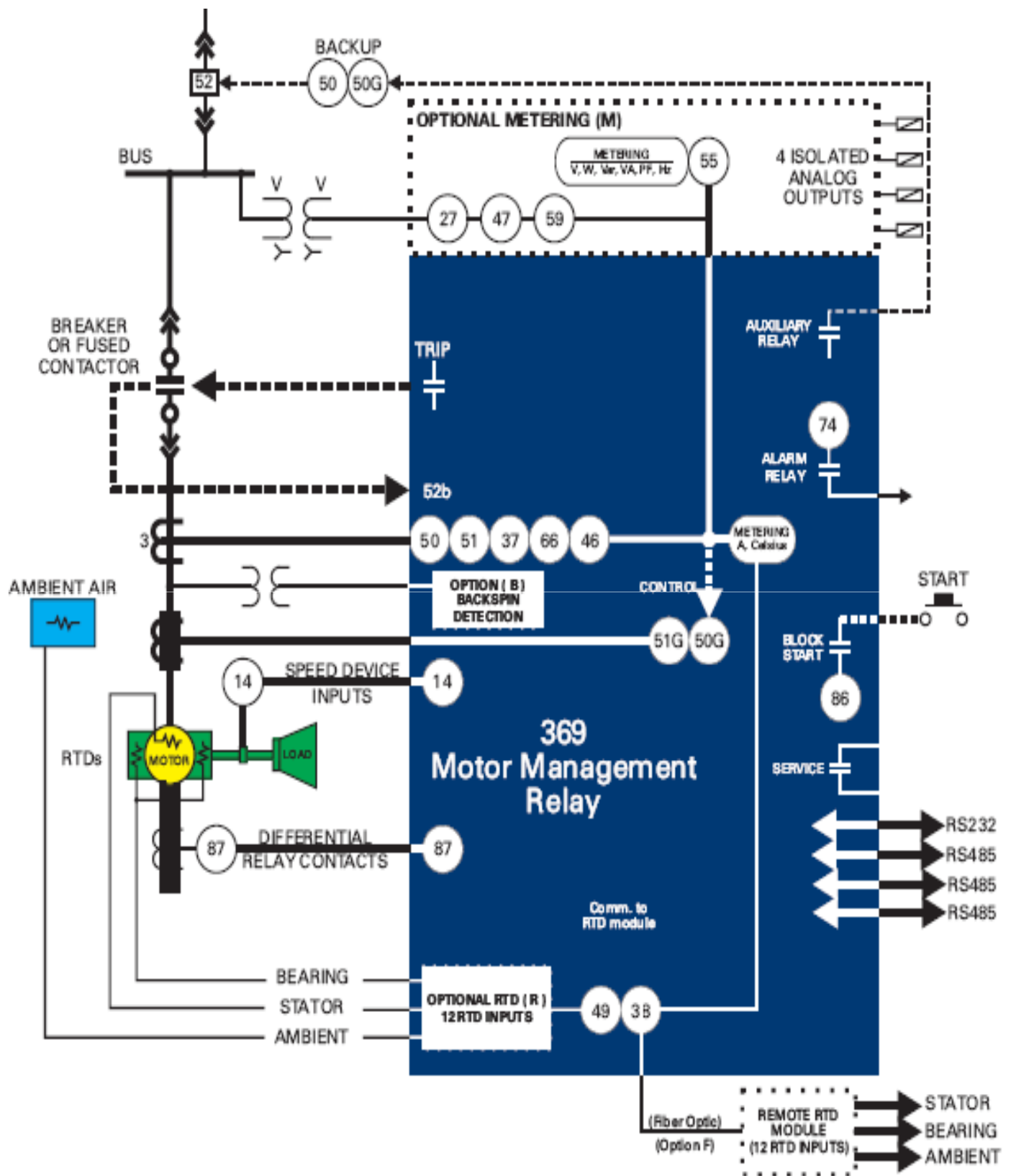
Standard S35LS Sepam 2000.

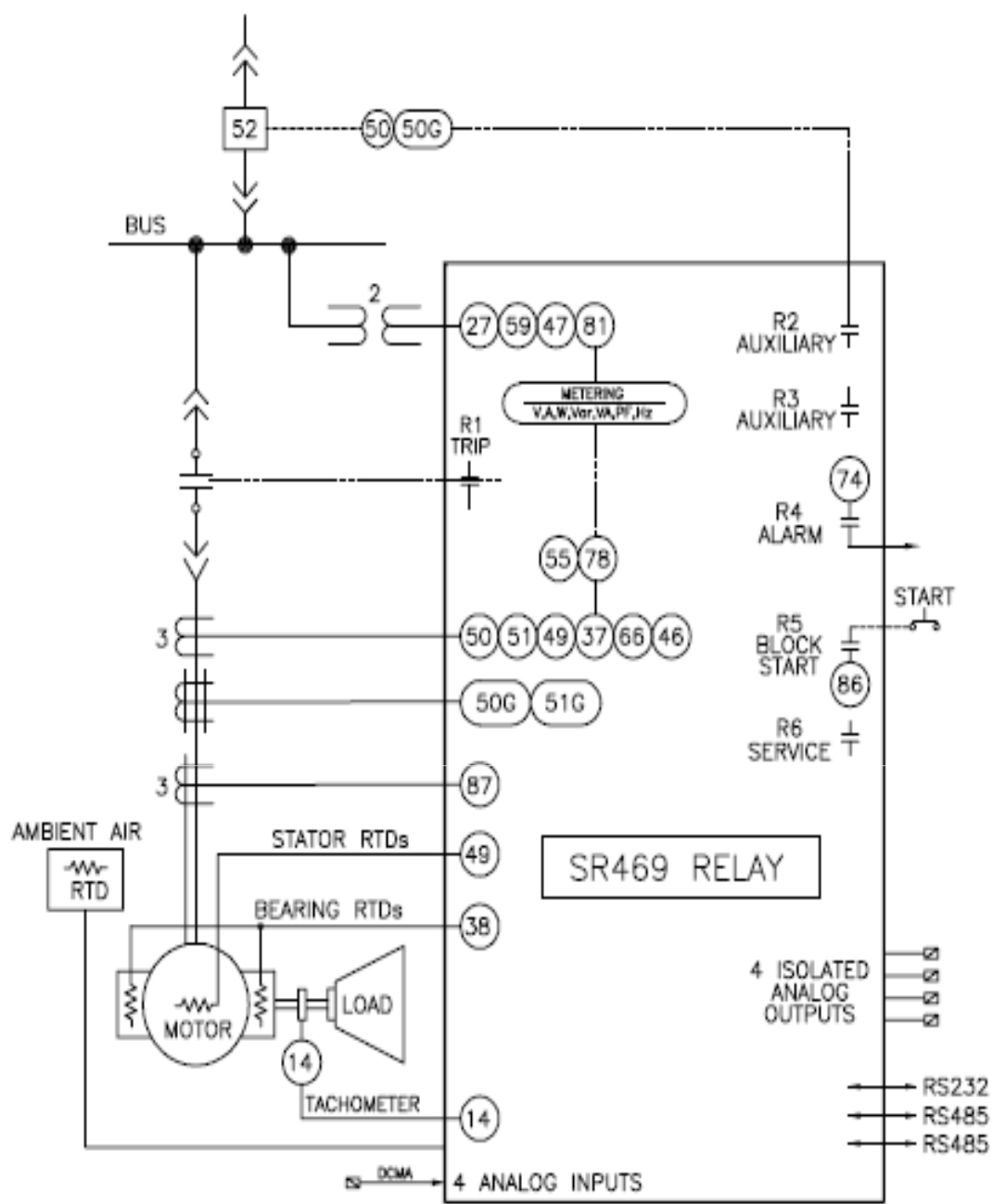
شکل ۶-۶

M09, M11, M16 types



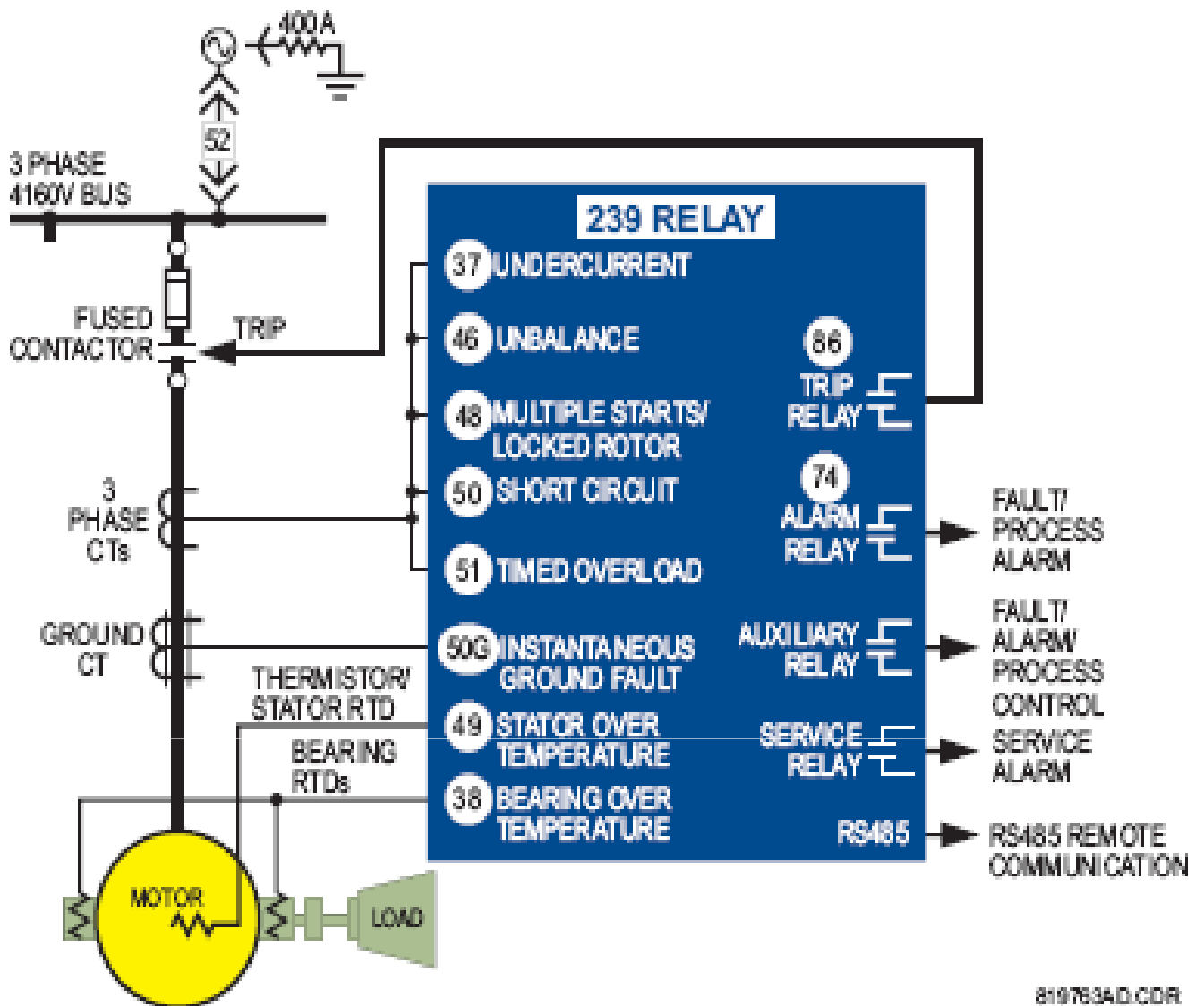
شکل ۶-۷





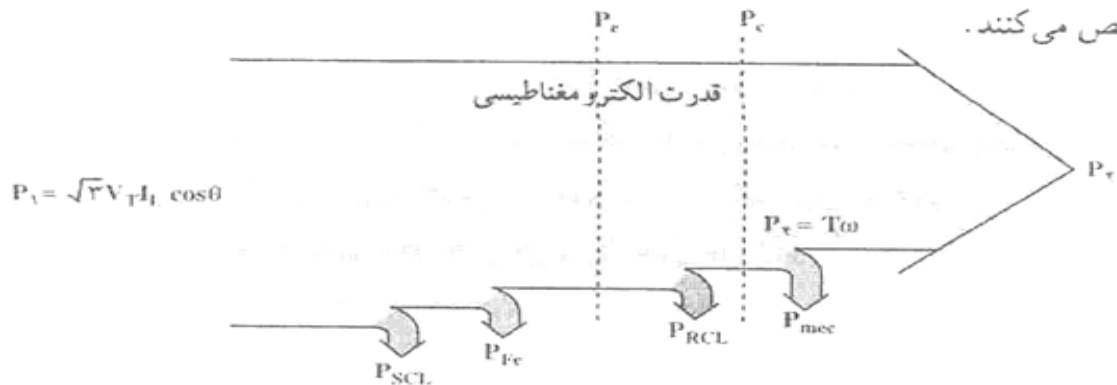
Typical applications in

- Pumps
- Fans
- Compressors
- Mills
- Shredders
- Extruders
- Debarkers
- Refiners
- Cranes
- Conveyors
- Chillers
- Crushers
- Blowers



۷- محاسبه تلفات و راندمان در موتورهای AC

شکل ۷-۱ نمودار توازن توان موتور القایی را با صرفنظر از تلفات آهنی رتور نشان می‌دهد. در این نمودار قدرت ورودی با P_1 ، قدرت خروجی (مفید) با P_2 ، قدرت الکترومغناطیسی با P_e و قدرت مکانیکی ناخالص (قدرت تبدیل یافته) با P_c نشان داده شده‌اند. P_{RCL} و P_{SCL} مقادیر تلفات مسی استاتور و رتور و P_{mec} و P_{Fe} نیز به ترتیب تلفات مکانیکی و تلفات آهنی را مشخص می‌کنند.



شکل ۷-۱- نمودار توازن توان موتور القایی

گشتاور الکترومغناطیسی (T_e) و گشتاور مفید (T_2) نیز از روابط (۷-۱) قابل محاسبه

هستند:

$$\begin{cases} T_e = \frac{\phi \cdot P_e}{\gamma \pi n_s} & \text{الف} \\ T_2 = \frac{\phi \cdot P_2}{\gamma \pi n} & \text{ب} \end{cases} \quad (7-1)$$

P_e و P_2 : قدرت‌های الکترومغناطیسی و مفید برحسب وات

n و n_s : سرعت‌های میدان دوار و رتور برحسب دور بر دقیقه

T_e و T_2 : گشتاورهای الکترومغناطیسی و مفید برحسب نیوتن متر

از روی نمودار (دیاگرام) توازن توان می‌توان روابط متعددی برحسب قدرت‌ها و مقادیر تلفات موتور به دست آورد که نیاز به ذکر تک‌تک آن روابط نبوده کافی است این نمودار موردنظر قرار گیرد. مقدار کل تلفات ماشین نیز از جمع همه مقادیر تلفات به دست می‌آید.

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \Delta p_{\text{تلفات}} + \Delta p_{\text{مغیر}} \quad \text{الف}$$

$$\Delta p_{\text{تلفات}} = P_{Fe} + P_{mec} \quad \text{ب}$$

$$\Delta p_{\text{مغیر}} = P_{SCL} + P_{RCL} \quad \text{پ}$$

(۷-۲)

$$\Delta p = P_{Fe} + P_{mec} + P_{SCL} + P_{RCL} \quad \text{ت:}$$

و نسبت توان خروجی به توان ورودی را نیز ضریب بهره (راندمان) می‌نامیم که اگر در 100% ضرب شود، برحسب درصد به دست می‌آید:

$$\% \eta = \frac{P_r}{P_1} \times 100 \quad (7-3)$$

قدرت خروجی (P_r) از رابطه (7-3) و قدرت ورودی از رابطه (7-4) قابل محاسبه

هستند:

$$P_1 = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi \quad (7-4)$$

در رابطه (7-1) ولتاژ و جریان خطی استاتور با U_L و I_L و ضریب قدرت موتور با $\cos \varphi$ مشخص شده‌اند.

مثال ۱: یک موتور القایی ۴ قطب به شبکه 380 ولت 50 هرتس متصل و یک بار مکانیکی را با سرعت 1425 R.P.M. به حرکت درمی‌آورد. اگر جریان دریافتی از شبکه 16 آمپر و ضریب قدرت 0.85 باشد، مطلوبست:

الف - مقدار لغزش
ب - قدرت دریافتی از شبکه

پ - قدرت و گشتاور مفید اگر ضریب بهره موتور 0.8 باشد.

حل:

$$n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ R.P.M.} \quad \text{الف:}$$

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1425}{1500} = 0.05$$

$$P_1 = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi \quad \text{ب:}$$

$$= \sqrt{3} \times 380 \times 16 \times 0.85 = 8950 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_r}{P_1} \Rightarrow P_r = \eta P_1 \quad \text{پ:}$$

$$P_r = 0.8 \times 8950 = 7160 \text{ W}$$

$$T_r = \frac{60 P_r}{2\pi n} = \frac{60 \times 7160}{2\pi \times 1425}$$

$$T_r = 47.98 \text{ N.m}$$

۸- پلاک خوانی موتورهای AC

VEM-Elektroantriebe GmbH Dresden Sachsenwerk

Typ D K K E R 6 3 2 1 4 W E

Made in Germany

Typ DKKER 6321-4WE

Nr. 2338370/1897

V 30 Hz

A ins.c. F

kV -13/+40 °C

r.p.m. U/V

IP 54

8000 kg

water 276 l/min 30°C

rise B

27

۶۴



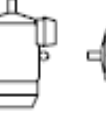
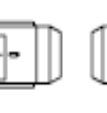
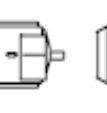
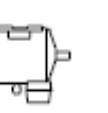
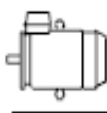
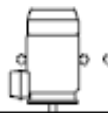
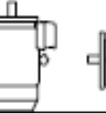
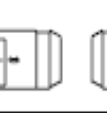
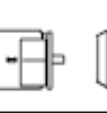
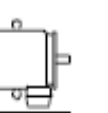
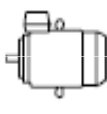
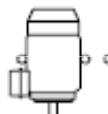
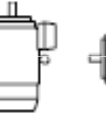
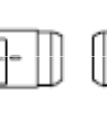
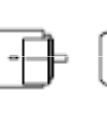
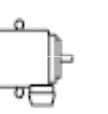
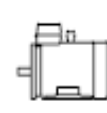

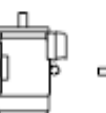

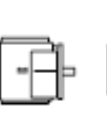
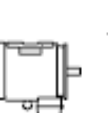
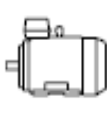

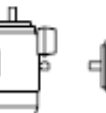
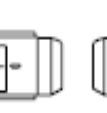




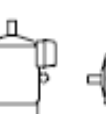
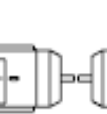
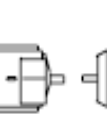

Type of current	D	three-phase a.c.
Machine type	K	squirrel-cage motor
	K	slipping motor
Cooling method, degree of protection	E	self-ventilation IP 23/24
	R	closed-circuit ventilation IP 54/55 (air-to-air heat exchanger)
	K	closed-circuit-cooling IP 44, IP 54 upon request (air-to-water heat exchanger)
	F	forced ventilation IP 44 (duct connection)
	S	air-to-air-heat exchanger with 2 fans sets IP 54/55
	M	air-to-water heat exchanger with one fan IP 44, IP 54 upon request
	L	open-circuit ventilation with one fan set IP 23
	O	surface cooling IP 55
	C	ribbed cooling IP 55
Version (encoded information)	6	
Bearing arrangement, non-standard voltage and frequency, explosion-protection type, construction type, heavy starting, etc.	3	
Frame size (encoded information)	2	
Core length (encoded values)	1	
Number of pole pairs	4	
Additional letters for modifications and special requirements	W E	

۹- روش های نصب موتورهای AC

کد - IEC علامه	شکل	شرح	کد - IEC علامه	شکل	شرح
ماشین با یاتاقان سپری			ماشین برای وضعیت عمودی		
B5 IM 3001		با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانچ) نصب	V4 IM 3211		مانند V3، اما سر آزاد محور در سمت پایین
B6 IM 1051		با دو یاتاقان سپری و یک سر آزاد محور، برای نصب روی دیوار	V5 IM 1011		با دو یاتاقان نمونه، پایه برای نصب روی دیوار، سر آزاد محور در سمت پایین
B7 IM 1061		مانند B6، اما سر آزاد محور در سمت چپ	V10 IM 4011		با دو یاتاقان سپری، طوق نصب و سر آزاد محور در سمت پایین
B8 IM 1071		مانند B6، اما برای نصب از سقف	V18 IM 3611		مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)
ماشین بدون یاتاقان و با یاتاقان مجزا			ماشین برای وضعیت عمودی		
B10 IM 4001		با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانچ) نصب	A2 IM 5510		بدون محور، بدنه دارای پایه
B14 IM 3601		با دو یاتاقان سپری و سطح نصب بر روی سمت پیشانی (جلو)	C2 IM 6010		با دو یاتاقان سپری و یک یاتاقان مجزا
V1 IM 3011		با دو یاتاقان نمونه و طوق نصب، سر آزاد محور در سمت پایین	D1 IM 7005		با یک یاتاقان مجزا و محور طوق دار
V2 IM 3231		مانند V1، اما سر آزاد محور در سمت بالا	D9 IM 7201		با دو یاتاقان مجزا، سر محور آزاد
V3 IM 3031		مانند V1، اما طوق نصب و سر آزاد محور در سمت بالا	W1 IM 8015		یاتاقان عرضی در بالا، طوق اتصال در پایین، نصب بر روی ستون حامل، الوارچویی، حلقه چاه،

روش های نصب موتورهای AC مطابق استاندارد IEC 34-7

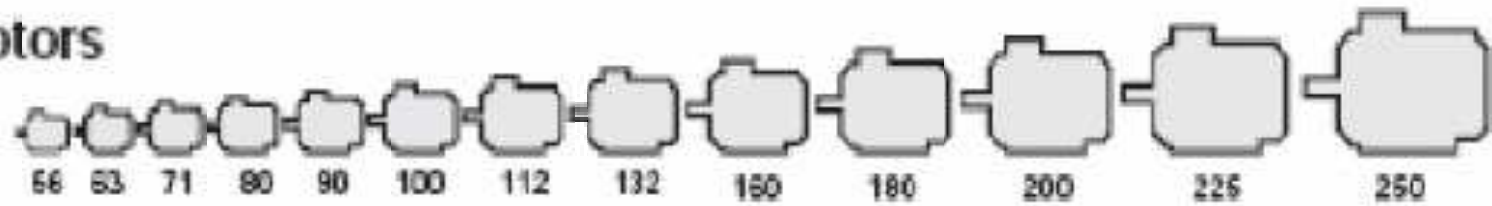
Mounting arrangements

	Code/CodeII						Product code pos. 12
Foot-mounted motor.	IM B3 IM1001	IM V5 IM1011	IM V6 IM1031	IM B6 IM1051	IM B7 IM1061	IM B8 IM1071	A = foot-mounted, term.box top R = foot-mounted, term.box RHS L = foot-mounted, term.box LHS
							
Flange-mounted motor, large flange	IM B5 IM3001	IM V1 IM3011	IM V3 IM3031	*) IM3051	*) IM3061	*) IM3071	B = flange mounted, large flange
							
Flange-mounted motor, small flange	IM B14 IM3601	IM V19 IM3611	*) IM3631	*) IM3651	*) IM3661	*) IM3671	C = flange mounted, small flange
							
Foot- and flange-mounted motor with feet, large flange	IM B35 IM2001	IM V15 IM2011	IM V36 IM2031	*) IM2051	*) IM2061	*) IM2071	H = foot/flange-mounted, term.box top S = foot/flange-mounted, term.box RHS T = foot/flange-mounted, term.box LHS
							
Foot- and flange-mounted motor with feet, small flange	IM B34 IM2101	IM2111	IM2131	IM2151	IM2161	IM2171	J = foot/flange-mounted, small flange
							
Foot-mounted motor, shaft with free extensions	IM1002	IM1012	IM1032	IM1052	IM1062	IM1072	
							

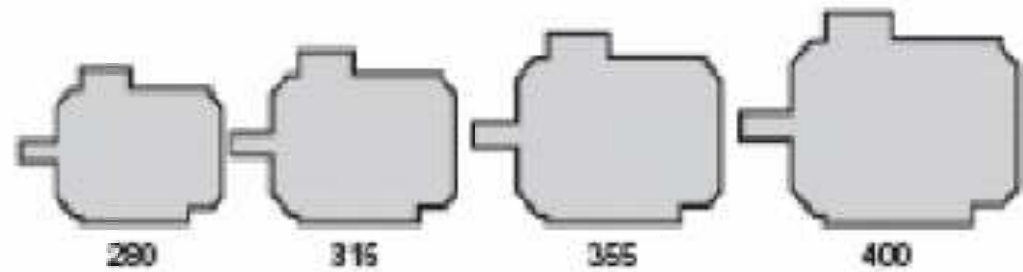
*) Not stated in IEC 34-7.

STANDARD MOTORS

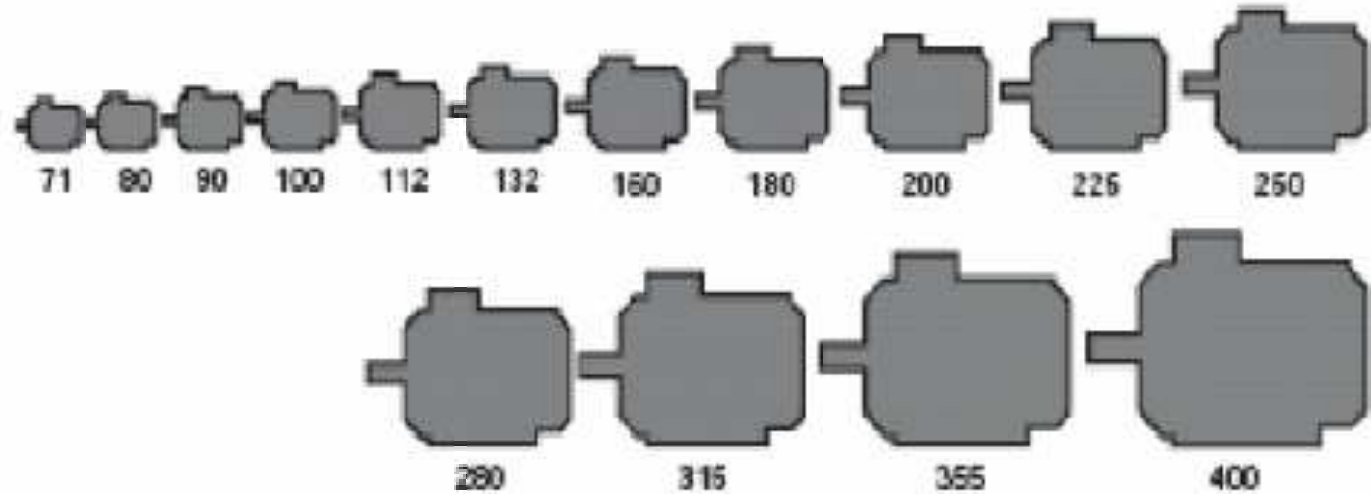
Aluminum motors



Steel motors



Cast iron motors



Lubrication

The motors are delivered with wide temperature grease for use at normal temperatures in dry or humid environments according to table 1. below.

The grease used in motor sizes 63 - 180, is suitable for temperatures from -40°C to +160°C. However grease and bearing life will be influenced negatively when the bearing temperature is above 105°C, in which case ABB Motors should be consulted.

Motor sizes 63-180 are provided with shielded bearings. On request, motor sizes 112-180 are provided with grease nipples for re-greasing, see variant code 041, page 35.

The grease used in motor sizes 200 - 250, is suitable for temperatures from -40°C to +150°C. However grease and bearing life will be influenced negatively when the bearing temperature is above 85°C, in which case ABB should be consulted.

Motor sizes 200-250 are provided with grease nipples for re-greasing as standard.

The lubrication interval L1, suitable for re-lubricated bearings, is defined as the number of operating hours after which 99 per cent of the bearings is adequately lubricated.

Lubrication intervals and grease quantities are specified on a plate on the motor as well as in the machine instructions supplied with the motor.

The grease lifetime L10, suitable for permanent lubricated bearings, is defined as the number of operating hours after which 90 per cent of the bearings is adequately lubricated. 50 per cent of the bearings achieve two times this figure. Maximum lifetime, however, should be regarded as 40000 hours. See also table 1. below.

Table 1: Grease lifetime L_{10} in deep groove ball bearings of type 2Z in horizontally mounted motors in continuous running duty.

Motor	r/min	Ambient temperature and rated output																		
		25 °C		40 °C		50 °C		60 °C		70 °C		80 °C								
		Basic	High	Basic	High	Basic	High	Basic	High	Basic	High	Basic	High							
063	3000	40000		40000		40000		40000		40000		40000								
	1500											30000								
	1000																			
	750	40000		40000		40000		40000												
071	3000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	27000							
	1500												37000							
	1000																			
	750												32000							
080	3000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	30000	24000	19000									
	1500								40000	29000	40000									
	1000								40000	40000										
	750								32000	32000										
090	3000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	30000	24000	19000	15000								
	1500								40000	24000	40000	40000								
	1000								40000	36000	36000									
	750								31000	40000		31000								
100	3000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	22000	27000	14000	17000				
	1500				33000								21000	33000	21000					
	1000				40000								33000	40000	40000					
	750				40000								40000	30000	37000					
112	3000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000				
	1500				40000												27000			
	1000				35000												40000			
	750				35000												40000			
132	3000	40000	40000	40000	24000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000				
	1500				40000												22000	35000		
	1000				40000												30000	35000		
	750				40000												40000	35000		
160	3000	40000	40000	40000	31000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000				
	1500				40000												17000	14000	9000	
	1000				40000												25000	37000		
	750				40000												25000	30000		
180	3000	40000	38000	38000	34000	34000	29000	20000	15000	10000	8000									
	1500		40000	40000	40000	38000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000						
	1000					40000									20000	28000	15000			
	750					40000									40000	20000	30000			

In vertically mounted motors, the grease lifetime is half the figures above.

For applications corresponding to the empty cells in the table, please contact ABB Motors. These applications can imply reduced lifetime for bearings and winding.

۱۱- عوامل گرم کردن و سوختن الکتروموتورهای AC

ردیف	عوامل گرم کردن و سوختن الکتروموتورهای AC
۱	بار زیاد
۲	ولتاژ زیاد
۳	ولتاژ کم
۴	فرکانس زیاد
۵	فرکانس کم
۶	رطوبت
۷	افزایش بیش از حد درجه حرارت محیط
۸	راه اندازی نامناسب
۹	عدم بالانس محوری و شعاعی
۱۰	لرزش بیش از حد مجاز
۱۱	خرابی یا تاقان ها
۱۲	جریان های القایی در محور موتور (Shaft Current)
۱۳	هارمونیک ها
۱۴	تهویه نامناسب
۱۵	عمل نکردن سیستم کنترلی
۱۶	اتصال نامناسب موتور به شبکه
۱۷	رژیم کاری نامناسب
۱۸	عدم سرویس و نگهداری به موقع

ردیف	عوامل گرم کردن و سوختن الکتروموتورهای AC
۱۹	کلاس عایقی نامناسب
۲۰	مناسب نبودن IP موتور
۲۱	اختلاف هم سطحی روتور و استاتور
۲۲	باز یا قطع شدن میله های روتور
۲۳	تاب برداشتن محور روتور
۲۴	آزاد شدن قفس از محور روتور
۲۵	روان سازی نامناسب
۲۶	گریاژ بودن روتور در داخل استاتور
۲۷	نداشتن گلندکابل در جعبه ترمینال
۲۸	نامناسب بودن کابل تغذیه
۲۹	نداشتن رله حفاظتی مناسب
۳۰	تنظیم نبودن رله های حفاظتی
۳۱	شکستگی رینگ های دوسر روتور
۳۲	خراب شدن سیستم ترمز
۳۳	دو فاز شدن
۳۴	عدم تخلیه هوا در سیستم آبرسانی
۳۵	حرکت محوری بیش از حد مجاز
۳۶	خرابی عایق زیر یاتاقان

ردیف	عوامل گرم کردن و سوختن الکتروموتورهای AC
۳۷	خرابی هسته استاتور
۳۸	خرابی هسته روتور
۳۹	خرابی محور روتور
۴۰	نامناسب بودن زغال های موتور
۴۱	خرابی کلاچ
۴۲	خرابی کوپلینگ
۴۳	خرابی گیربکس
۴۴	اشکال مکانیکی در قسمت بار
۴۵	قرار گرفتن جسم خارجی بین روتور و استاتور
۴۶	خرابی رینگ ها در موتورهای روتور رینگ
۴۷	اشباع شدن CT های حفاظتی موتور
۴۸	خرابی سنسورهای موتور
۴۹	کالیبره نبودن سنسورهای موتور
۵۰	ضربه و شوک های شبکه
۵۱	حذف پوشش عایقی روی پیشانی کلاف ها
۵۲	تنش های الکترومکانیکی و الکترودینامیکی
۵۳	استفاده از تمیز کننده های نامناسب
۵۴	شل شدن پروانه های خنک کننده

نام اجزا یا دستگاه	۱۲ - برنامه بازرسی یا نگهداری الکتروموتورهای AC	هنگامی	ماهانه	سه ماهه	شش ماهه	دو ساله	سه ساله
سیم پیچی استاتور و روتور	اندازه گیری درجه حرارت سیم پیچی در مکان هایی که PT100 نصب شده است ، جهت بررسی اینکه سیستم خنک کننده مرتب انجام وظیفه می نماید.	*					
سیم پیچی استاتور و روتور	اندازه گیری مقاومت عایقی			*			
سیم پیچی استاتور و روتور	بازدید بصری از تمام قسمت های موتور جهت جرم گرفتگی با گرد و غبار ، گریس ، روغن و در صورت لزوم تمیز کردن و شستشو ، بازدید نخ بندی ، اتصالات ، سرسیم ها از نظر محکم بودن ، بازدید گوه ها			*			
کل الکتروموتور	اندازه گیری تلفات هسته						*
کل الکتروموتور	اندازه گیری لرزش عمودی و افقی الکتروموتور از نقطه ی مرکزی نگهدارنده ی بیرینگ		*				
کل الکتروموتور	اندازه گیری صدای الکتروموتور : گوش کردن و چک کردن صدای غیرعادی مانند صدای سایش یا ضربه زدن و ...	*					
کل الکتروموتور	بازدید بصری از میزان آلودگی روی موتور	*					
منبع تغذیه ، ترمینال و سیستم های کنترل الکتروموتور	بازدید وضعیت اتصال تمام کابل ها و سیم های رابط	*					
کل الکتروموتور	چک کردن میزان گرد و غبار و لکه ها		*				
ذغال ها و رینگ ها	بازدید بصری از آزاد بودن ذغال ها و حرکت آن ها در جاذغالی ، تمیزی محل تماس ذغال ها و رینگ های موتور ، بازدید فشار فنر پشت ذغال ها		*				
رینگ ها	بازدید سطح رینگ ها از نظر خراشیدگی و تغییر رنگ		*				
ذغال ها و نگهدارنده ی آن ها	بازدید ذغال ها از نظر فرسودگی و در صورت نیاز تعویض نمودن آن ها		*				

نام اجزا یا دستگاه	برنامه بازرسی یا نگهداری الکتروموتورهای AC	هفتگی	ماهانه	سه ماهه	سالانه	دو ساله	سه ساله
کل الکتروموتور	شستشوی الکتروموتور ، شستشوی سیم پیچ ها ، خشک کردن و وارنیش کاری سیم پیچ ها				*		
درب قالیاق ها	بازدید جای بیرینگ ها روی درب قالیاق ها				*		
درب قالیاق ها	بازدید بیرینگ ها ، گریس خورها و کاسه نمدها			*			
پروانه خنک کن	بازدید پروانه ی خنک کن			*			
جمعیه ترمینال	بازدید جمعیه ترمینال و درپوش آن از نظر شکستگی و تغییر شکل ظاهری				*		
روتور قفسی	بازدید و تست قفس های روتور ، بازدید محل جوش های شینه ها به رینگ اتصال کوتاه روتور					*	
جمعیه ترمینال	بازدید پیچ و واشر فتری نگهدارنده ی درپوش جمعیه ترمینال					*	
جمعیه ترمینال	بازدید تخته کبلم از نظر شکل ظاهری و سالم بودن			*			
روتور	تست ترک بایی محور یا شافت روتور						*
شافت و کوپلینگ	بازدید جای خار یا پین روی شافت ، بازدید سالم بودن ، ستر و تراز بودن کوپلینگ ، محکم بودن پیچ های نگهدارنده ی کوپلینگ				*		
پوسته و درب قالیاق ها	بازدید سالم بودن و عدم ترکیدگی درب قالیاق ها و پوسته ی الکتروموتور				*		
روتور	بازدید شافت ، جای بیرینگ ها ، جای کوپلینگ ، جای سیل ها				*		
سیم پیچی استاتور	تست اتصال حلقه کلانف (Surge) (Test) ، اندازه گیری مقاومت اهمی فازها ، اندازه گیری اندوکتانس فازها ، اندازه گیری میزان تخلیه ی جزئی ، اندازه گیری تلفات عایقی ($\tan \delta$) ، بازدید نخ بندی ، اتصالات سر سیم ها از لحاظ محکم بودن				*		
روتور	بازدید گوه ها ، بازدید بانداژ سیم پیچی روتور				*		

نام اجزا یا دستگاه	برنامه بازرسی یا نگهداری الکتروموتورهای AC	روز	ماهانه	سه ماهه	سالانه	دو ساله	سه ساله
موتورهای رینگ	بازدید نگهدارنده های جاذغالی از نظر تمیز بودن و تست مقاومت عایقی		*				
سیستم خنک کننده ی هوا، آب و اتصالات	بازدید از سوپاپ ورودی آب و تمیز کردن آن	*					
	بازدید بصری از لوله های آب جهت نشی	*					
	بازدید از فیلترها و میزان مسدود بودن آن ها	*					
	بازدید و تمیز کردن فیلترها و در صورت لزوم تعویض نمودن آن ها و چک کردن سویچ اختلاف فشار		*				
	چک کردن سطح داخلی لوله های هوا یا آب خنک کننده جهت زنگ زدگی				*		
	بازدید بصری از کل سیستم جهت جرم و غبار گرفتگی						*
کوپلینگ	بازدید از تنظیم بودن کوپلینگ						*
کل الکتروموتور	بازدید از پیچ های محل نصب موتور و قفل بودن آن ها				*		
پیچ های اتصال	بازدید از سفت بودن قفل کن های پیچ های موتور				*		
موتور و فن های خنک کننده	بازدید از بیرینگ ها جهت کثیف نبودن					*	
کل الکتروموتور	اندازه گیری درجه حرارت از محل های لازم و ثبت آن	*	*				
رول بیرینگ ها	روغن کاری مجدد فقط در حال روشن بودن موتور		*	*	*		
	چک کردن سیل های بیرینگ ها و روغن کاری آن ها	*					
	تعویض قطعات فرسوده (بیرینگ ها و سیل ها)		*				
	چک کردن از جهت جرم گرفتگی		*		*		

۱۳- اندیس پو لاریزاسین (PI)



اندیس PI شاخصی برای قضاوت در مورد وضعیت عایق است

و بدین شرح تعریف می گردد: مقاومت اندازه گیری شده هر فاز نسبت به بدنه ، توسط میگر در ۶۰ ثانیه به مقاومت اندازه گیری شده توسط میگر در ۱۵ ثانیه

$$PI = R_{60''} / R_{15''}$$

PI > 2.5	1.5 < PI < 2.5	PI < 1.5	PI اندیس
خشک یا ترک خورده	مطلوب	رطوبت گرفته یا کاهش عایقی	وضعیت

۱۴- انواع تست موتورهای الکتریکی

Routine test programme

- Bearing control, axial float
- Control of the insulation
- Ohmic resistance measurement
- Vibration measurement
- Short circuit test
- No-load test
- High voltage test

Type test programme

- Routine test
- No load curve
- Load point
- Heat run test

In addition to these standard tests, optional tests are available on special request for evaluating special characteristics.

۱۵- ولتاژ تست های ضربه و مقدار مؤثر در موتورهای AC ، انتخاب ولتاژ برای تست میگر و حداقل مقاومت عایقی تجهیزات

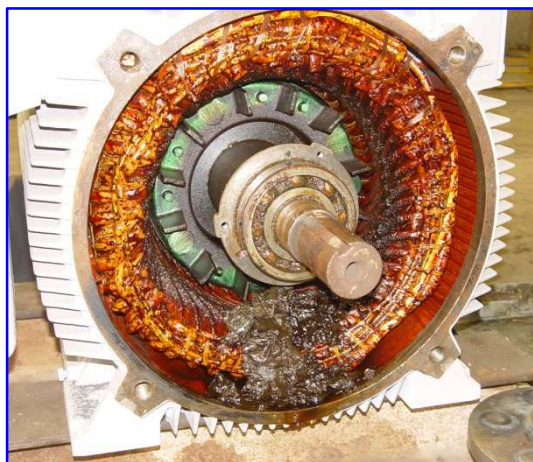
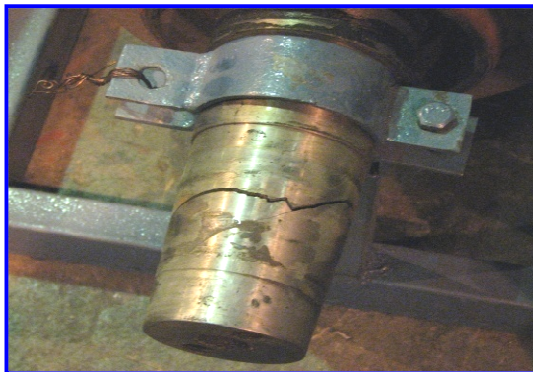
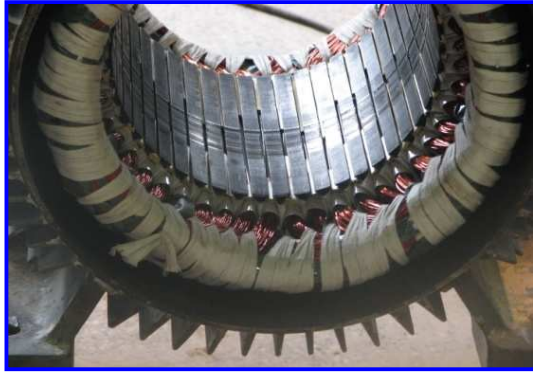
Insulation level of rotating electrical machines using form-wound stator coils according to IEC 34-15/ DIN VDE 0530 P. 15 (extract)

Rated voltage U_N in kV	Rated impulse voltage (peak value) in kV	System frequency test voltage (r.m.s. value) in kV
	Wave 1.2/50 ($4U_N + 5$ kV)	($2U_N + 1$ kV)
6.0	29	13.0
6.6	31	14.2
10.0	45	21.0
11.0	49	23.0
13.8	60	28.6
15.0	65	31.0

ولتاژ میگر	ولتاژ نامی سیستم
۲۵۰ ولت	کمتر یا مساوی ۵۰۰ ولت
۶۲۵ ولت	" ۱۵۰۰ " "
" ۱۲۵۰ "	" ۴۵۰۰ " "
" ۲۵۰۰ "	" بیشتر از ۴۵۰۰ "

قسمت اندازه گیری شده	حداقل مقاومت عایقی	موارد آزمایش
فاز به فاز - فاز به زمین	۷۰۰ مگا اهم	کابل کراس لینک (XLPE)
فاز به زمین	۱۰۰ مگا اهم	موتورهای HV متناوب
فاز به زمین	۲۰ مگا اهم	موتورهای LV متناوب
آرمیچر به زمین + سیم پیچ میدان به زمین	۱ مگا اهم	موتورهای جریان مستقیم
سیم پیچ میدان به آرمیچر		
فاز به زمین	۲۰۰ مگا اهم	۳۳ کیلو ولت
بین سیم پیچهای اولیه و ثانویه	۱۰۰ مگا اهم	۶/۶ و ۳/۳ کیلو ولت
	۵۰ مگا اهم	۳۸۰ ولت
فاز به فاز - فاز به زمین	۱۰۰ مگا اهم	کلید خانه های فشار قوی

تجهیزات خسارت دیده در اثر عدم بهره برداری نادرست از آنها و عدم کیفیت پارامترهای برق مصرفی توسط تجهیزات سیستم قدرت در صنایع



۱- تعمیر ماشینهای الکتریکی
تألیف : گرنوگوئیچ گمکه

ترجمه : مهندس بهروزی فر

۲- موتورهای و درایوهای AC

از شرکت ABB

۳- الکترونیک قدرت

تألیف : پروفیسور محمد ه. رشید

۳- ELECTRIC MACHINES

تألیف : I J NAGRATH D P KOTHRI

۴- ELECTRIC DRIVES

تألیف : N.K. DE P.K. SEN

۱۶- منابع و مآخذ :