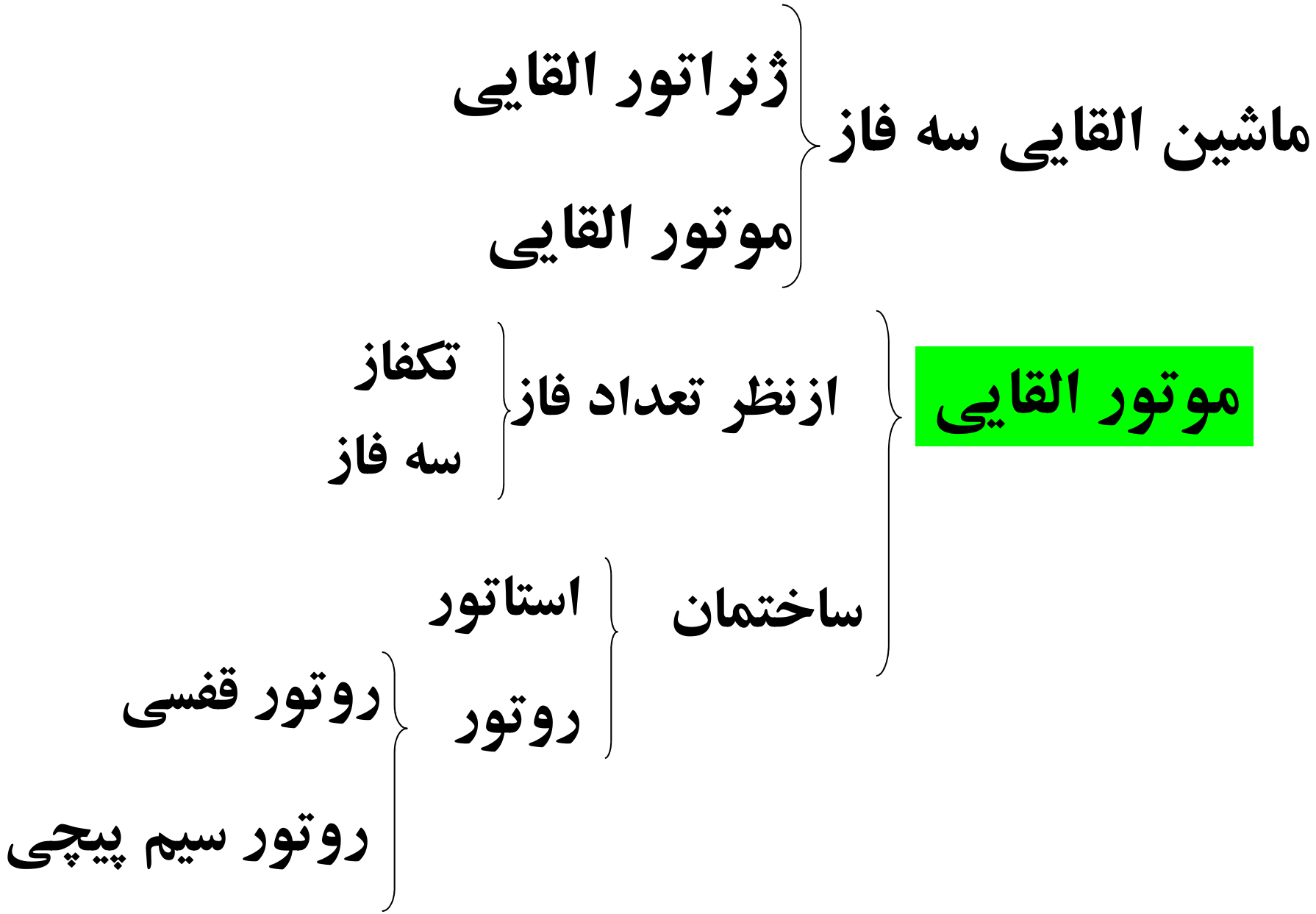
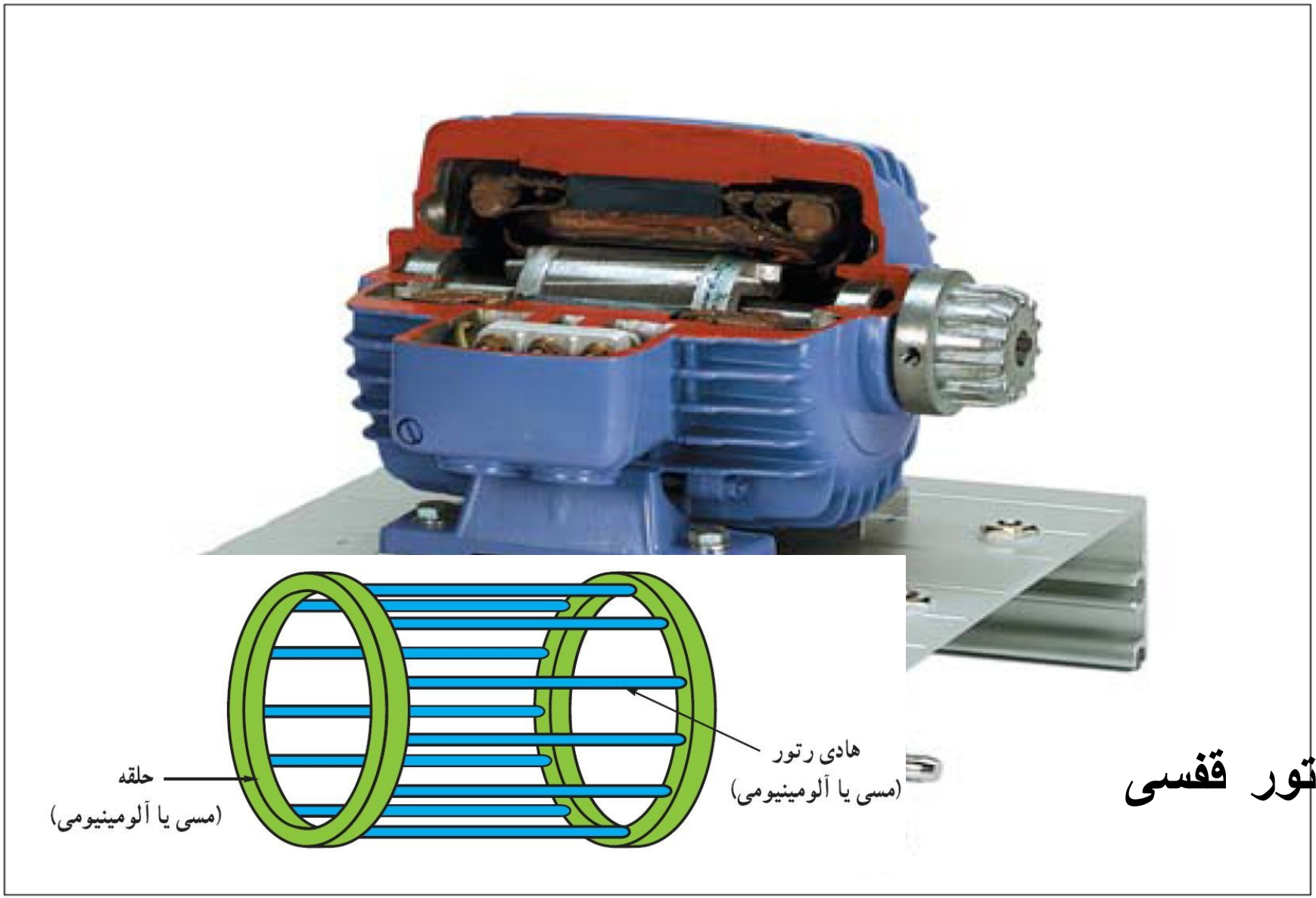
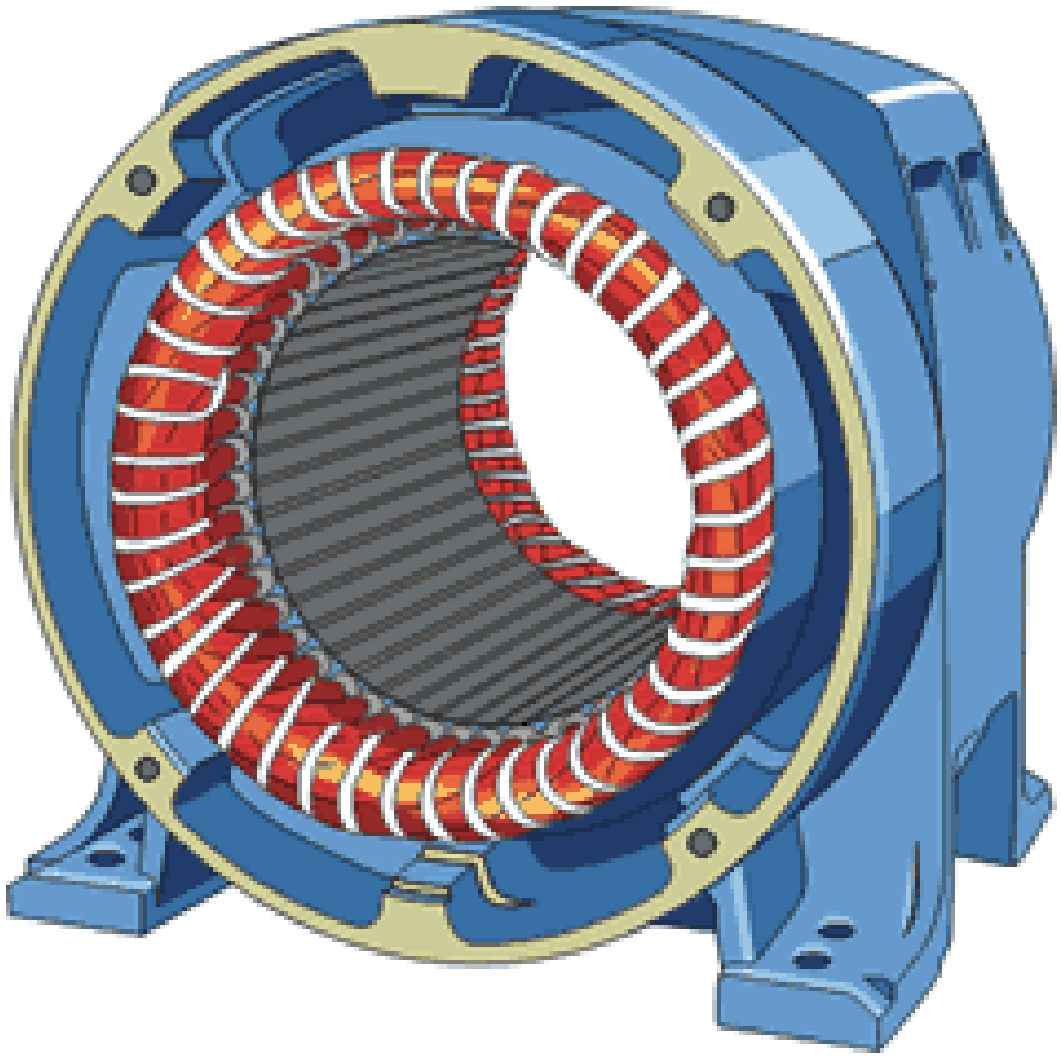
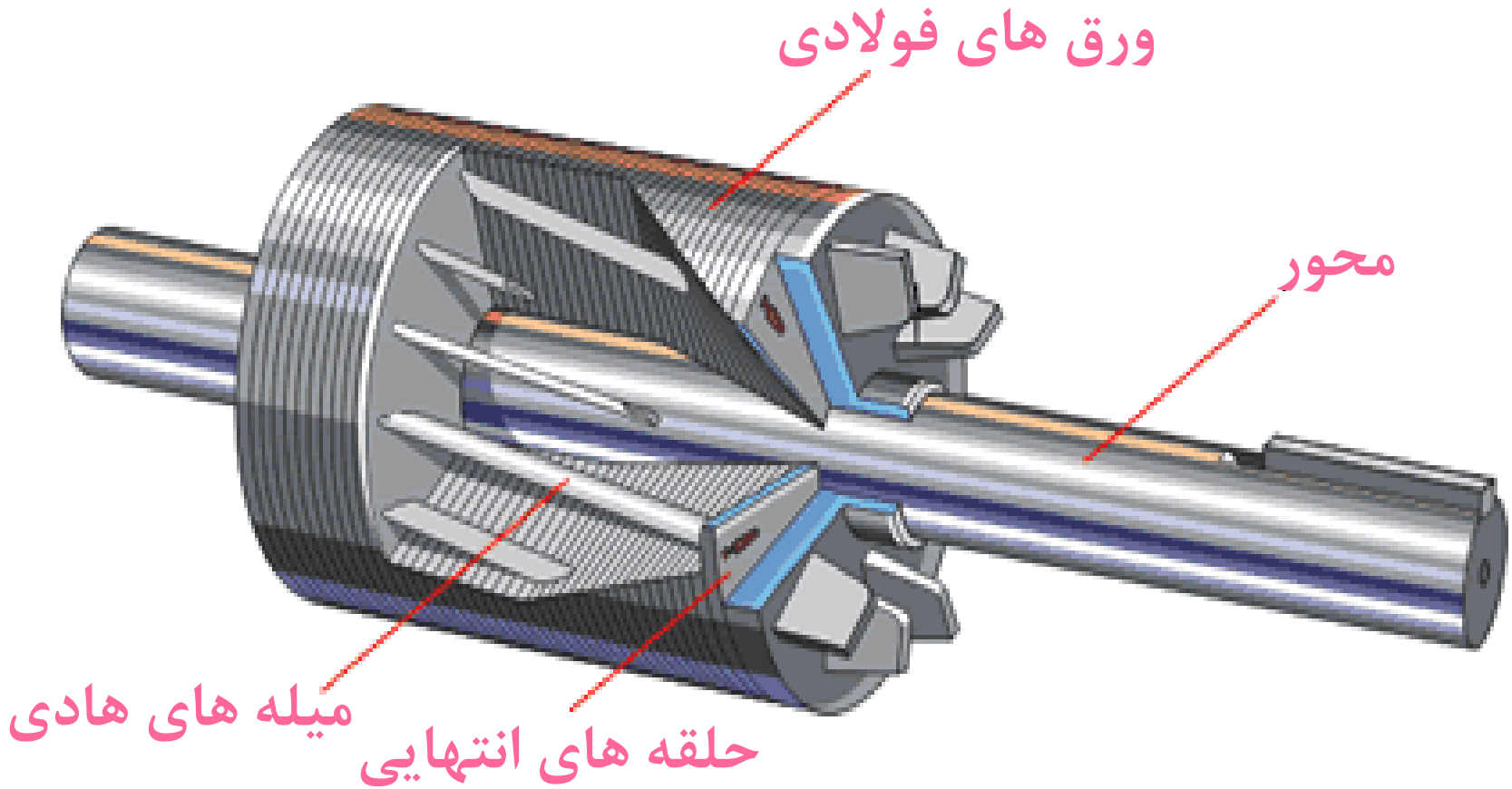

ماشین القایی سه فاز
ژنراتور القایی
موتور القایی
موتور القایی
ازنظر تعداد فاز
تکفاز
سه فاز
ساختمان
استاتور
روتور
روتور قفسی
روتور سیم پیچی

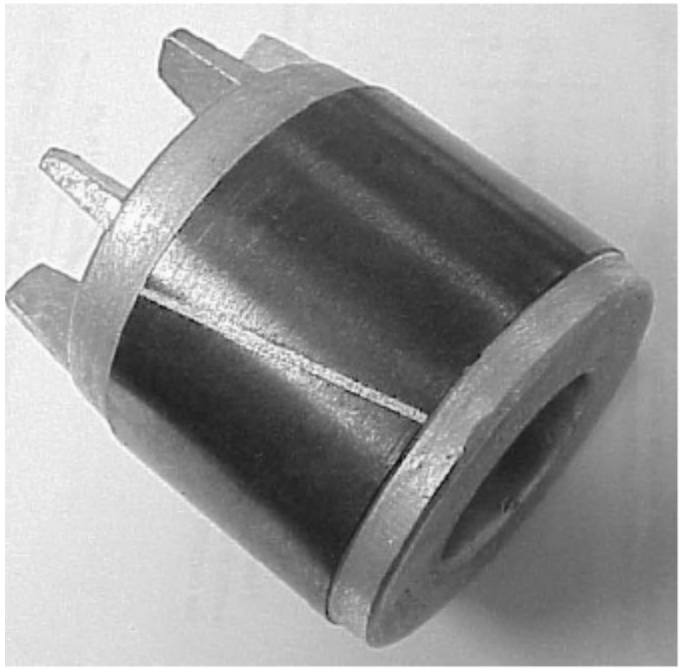


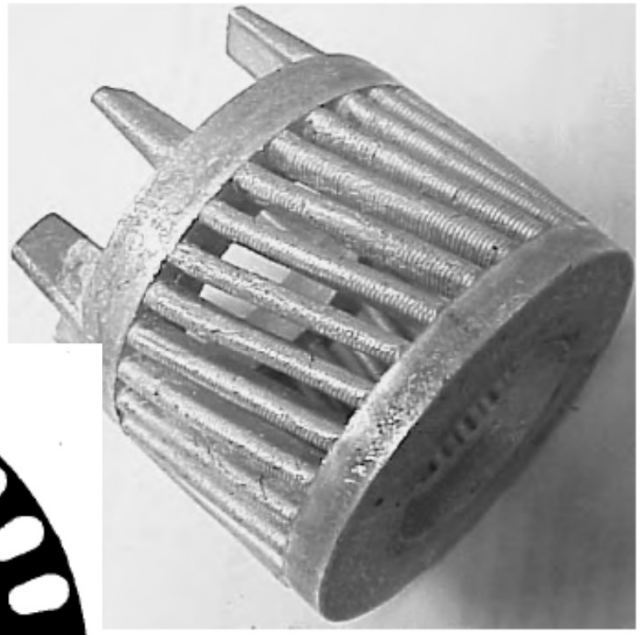
روتور قفسی

Three-phase induction motor with squirrel-cage rotor 30 07 601 01

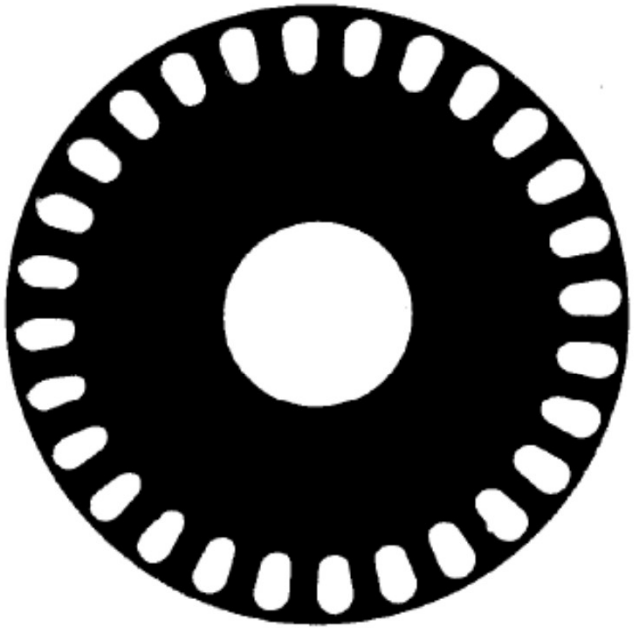



ورق های فولادی
محور
میله های هادی
حلقه های انتهایی



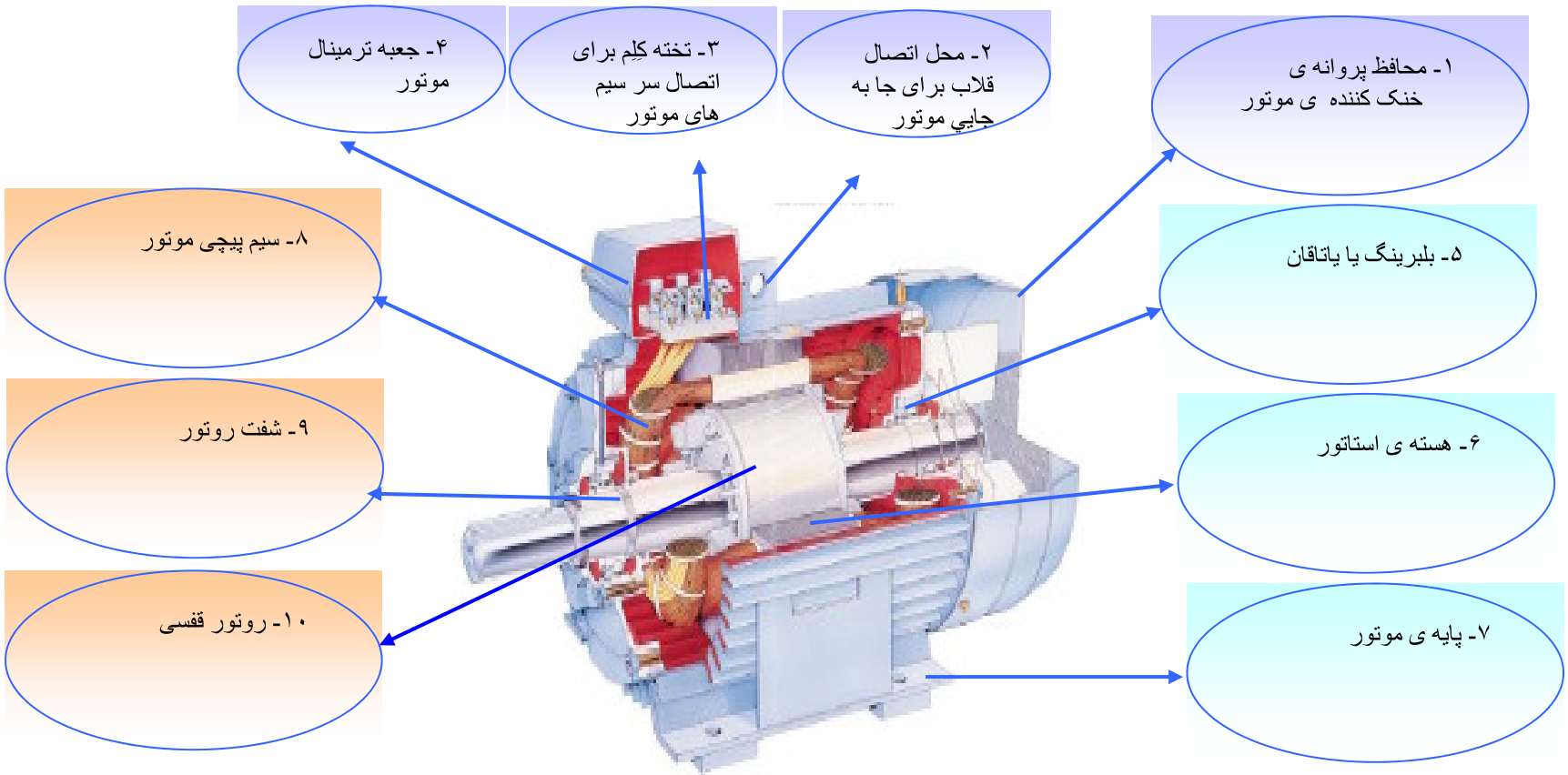


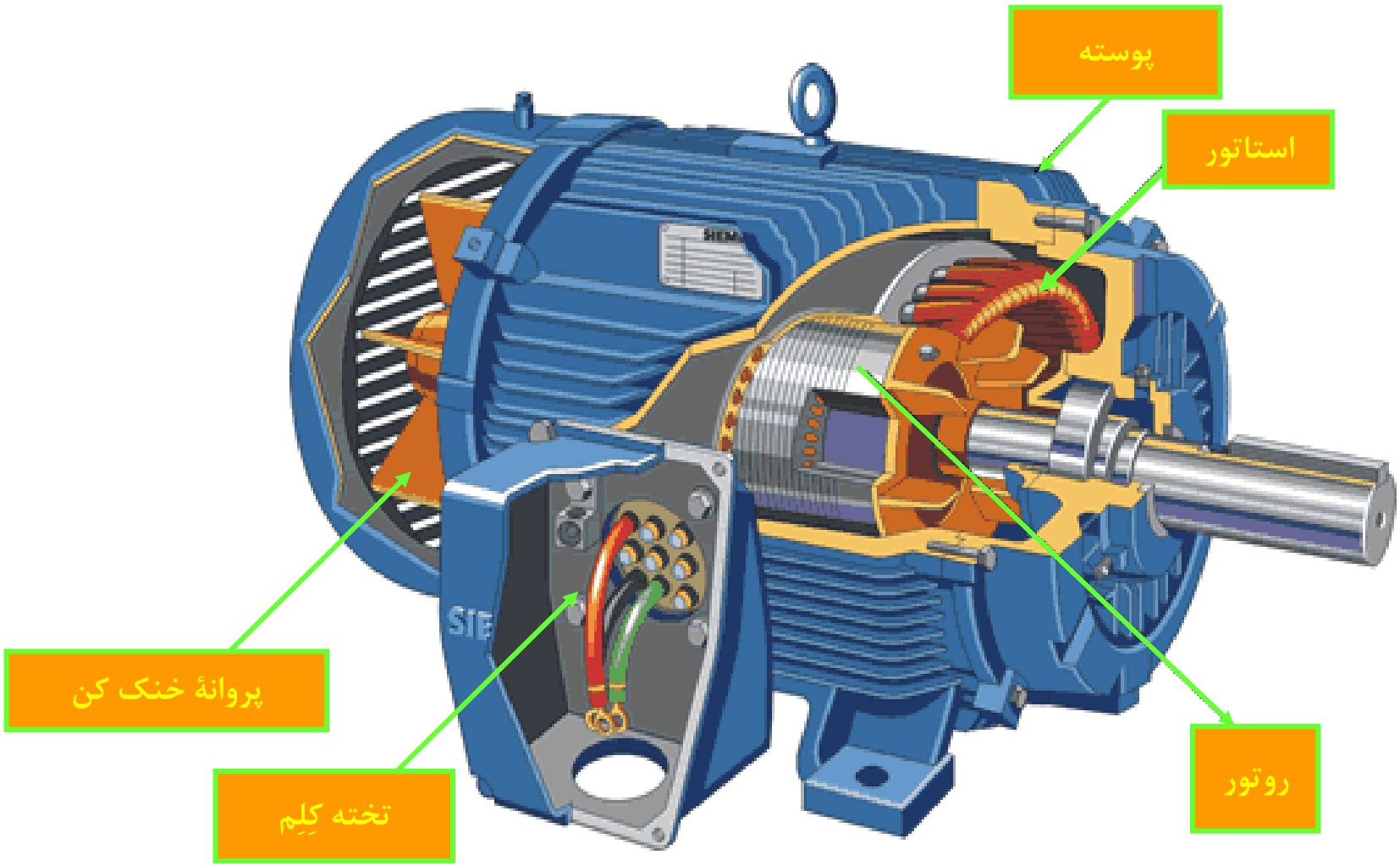
(a) Rotor bars and rings



(b) Rotor

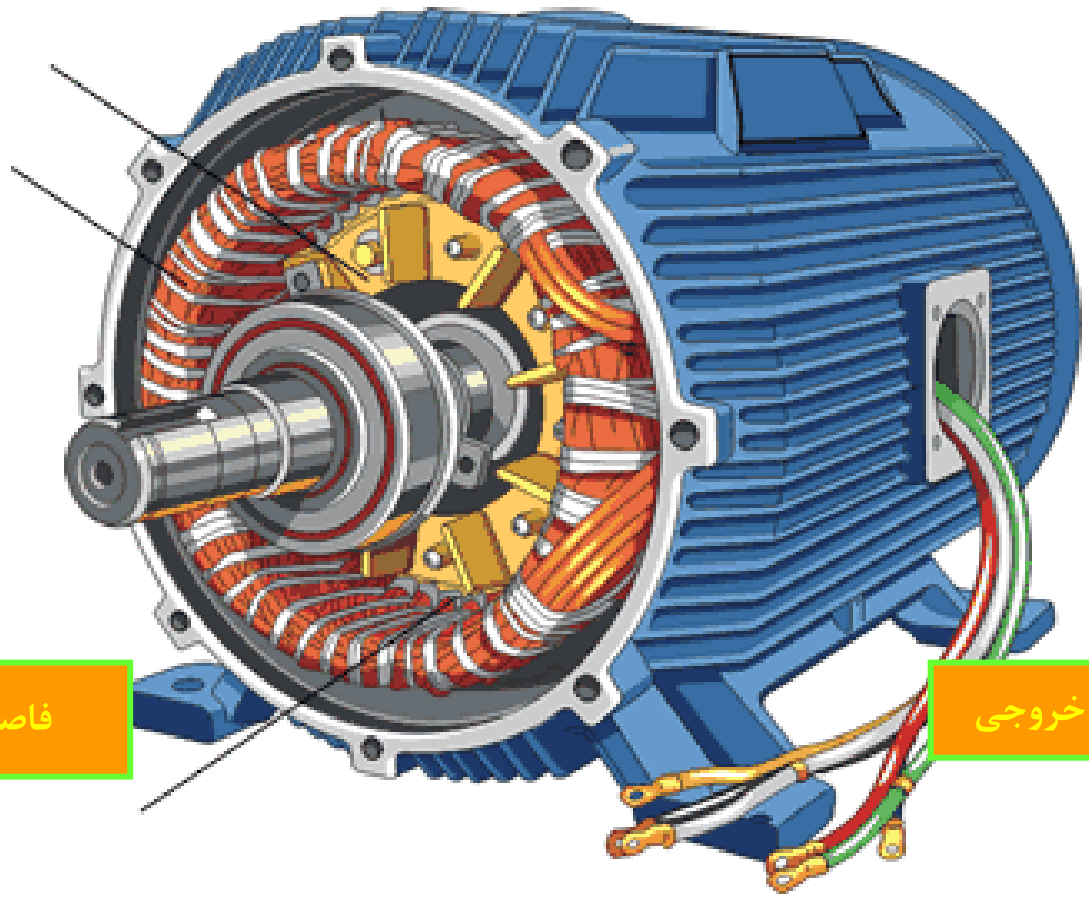
Fig. 6.2 Rotor for squirrel cage induction motor


۱- محافظ پروانه ی
خنک کننده ی موتور
۲- محل اتصال
قلاب برای جا به
جایی موتور
۳- تخته کِلِم برای
اتصال سر سیم
های موتور
۴- جعبه ترمینال
موتور
۵- بلبرینگ یا یاتاقان
۶- هسته ی استاتور
۷- پایه ی موتور
۸- سیم پیچی موتور
۹- شفت روتور
۱۰- روتور قفسی


پوسته
استاتور
پروانهٔ خنک کن
تخته کِلِم
روتور

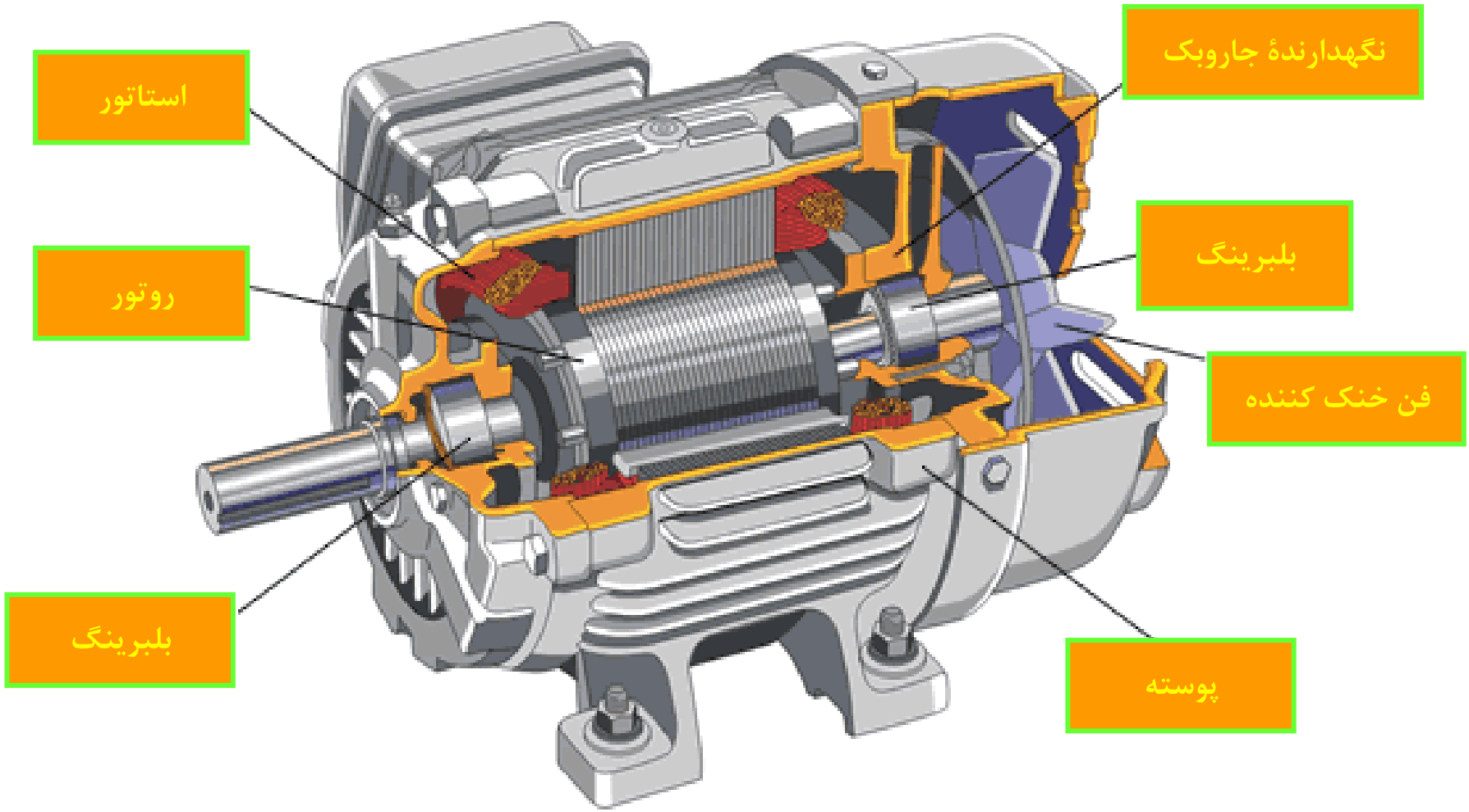
روتور

استاتور

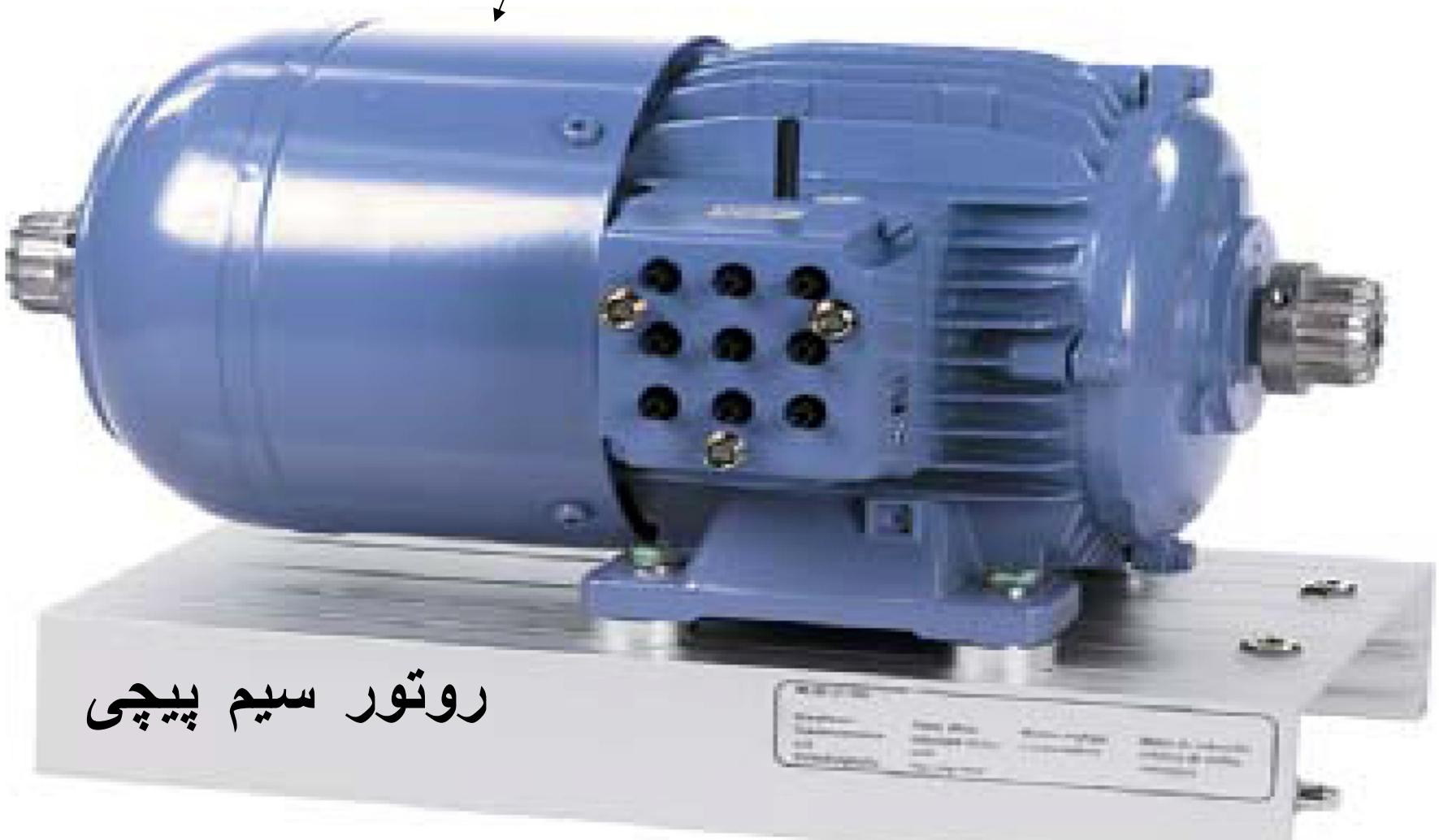


فاصلهٔ هوایی

۶ سیم خروجی

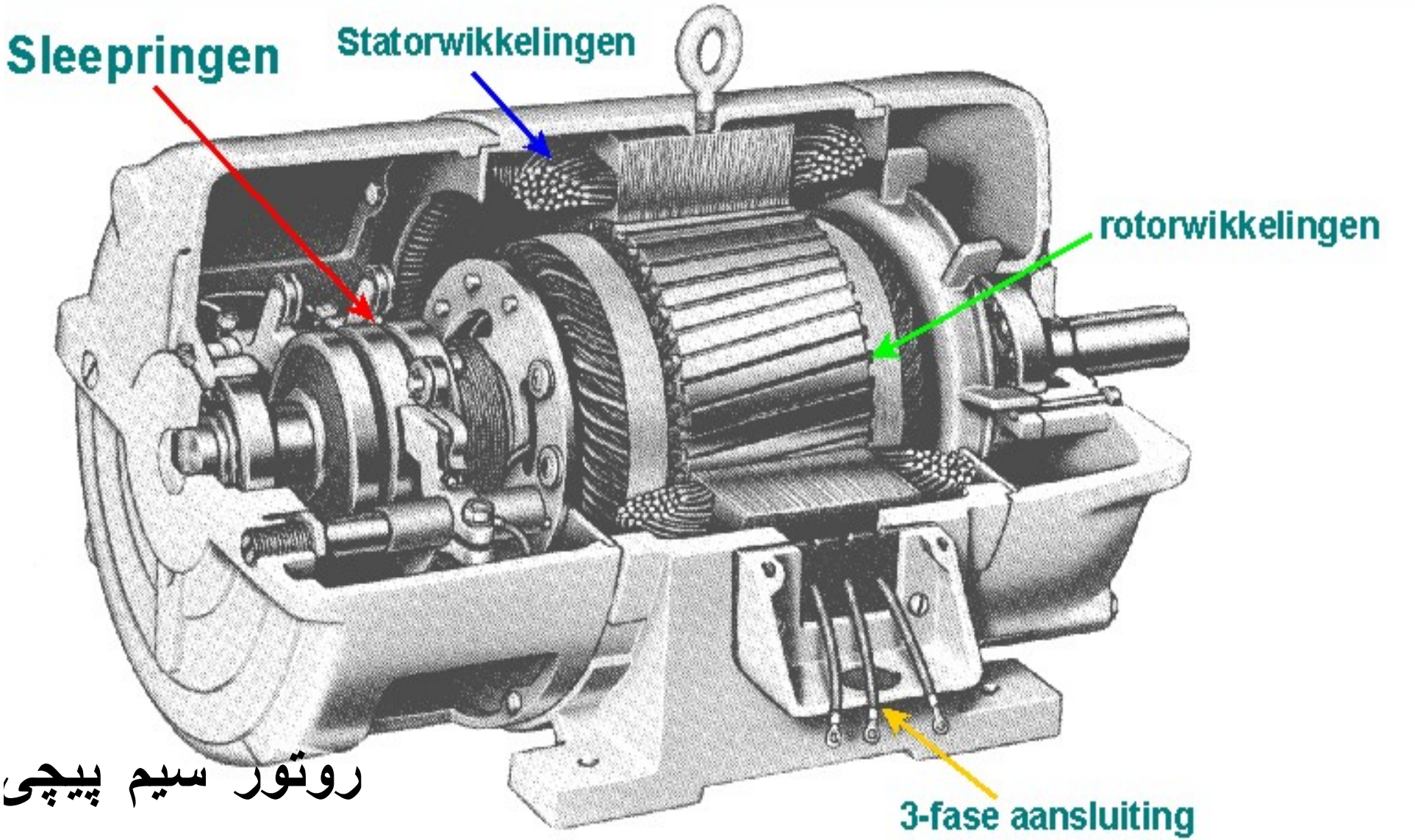

استاتور
روتور
بلبرینگ
نگهدارندهٔ جاروبک
بلبرینگ
فن خنک کننده
پوسته

رینگ و زغال



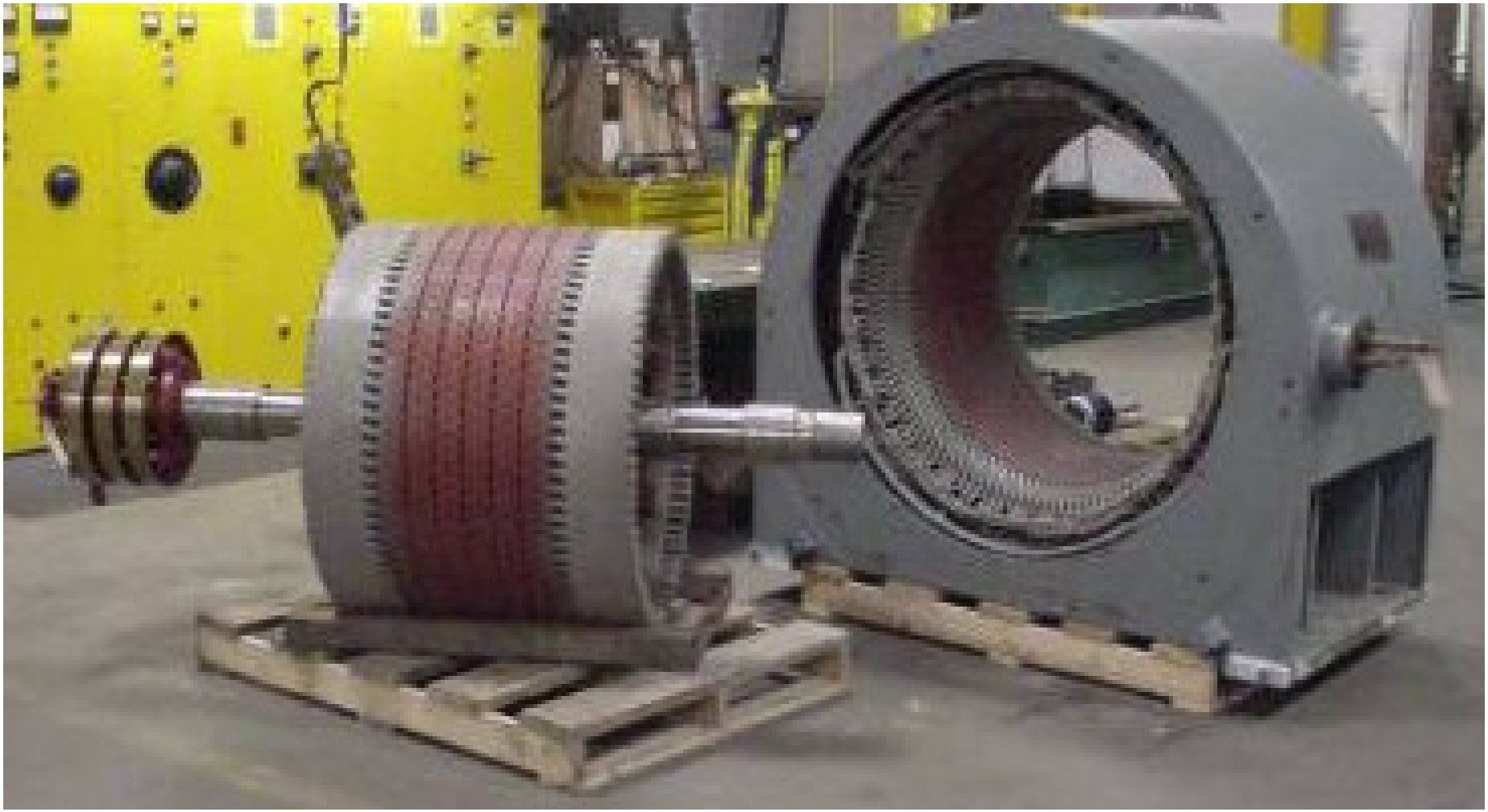
روتور سیم پیچی

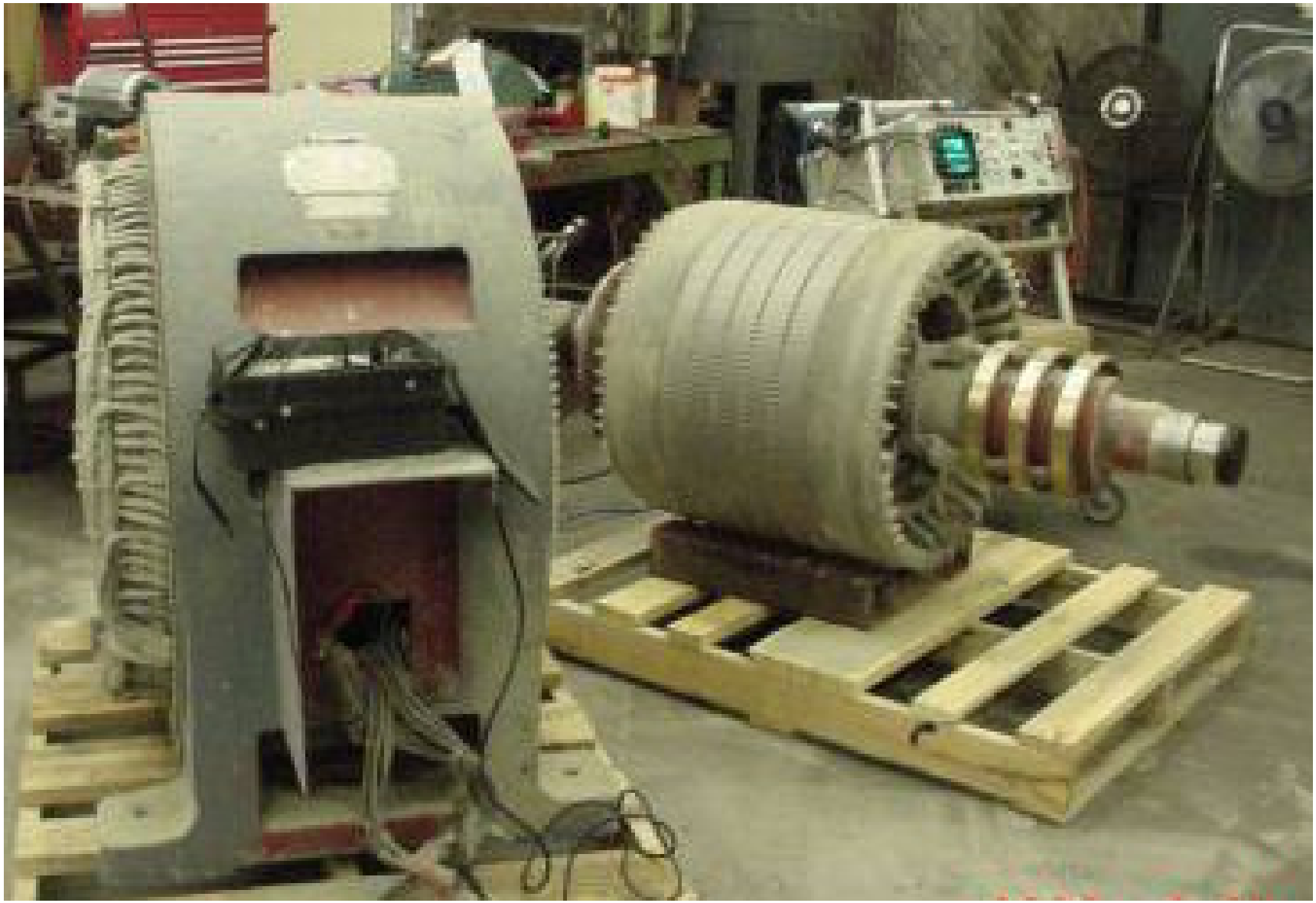
Opbouw asynchrone motor

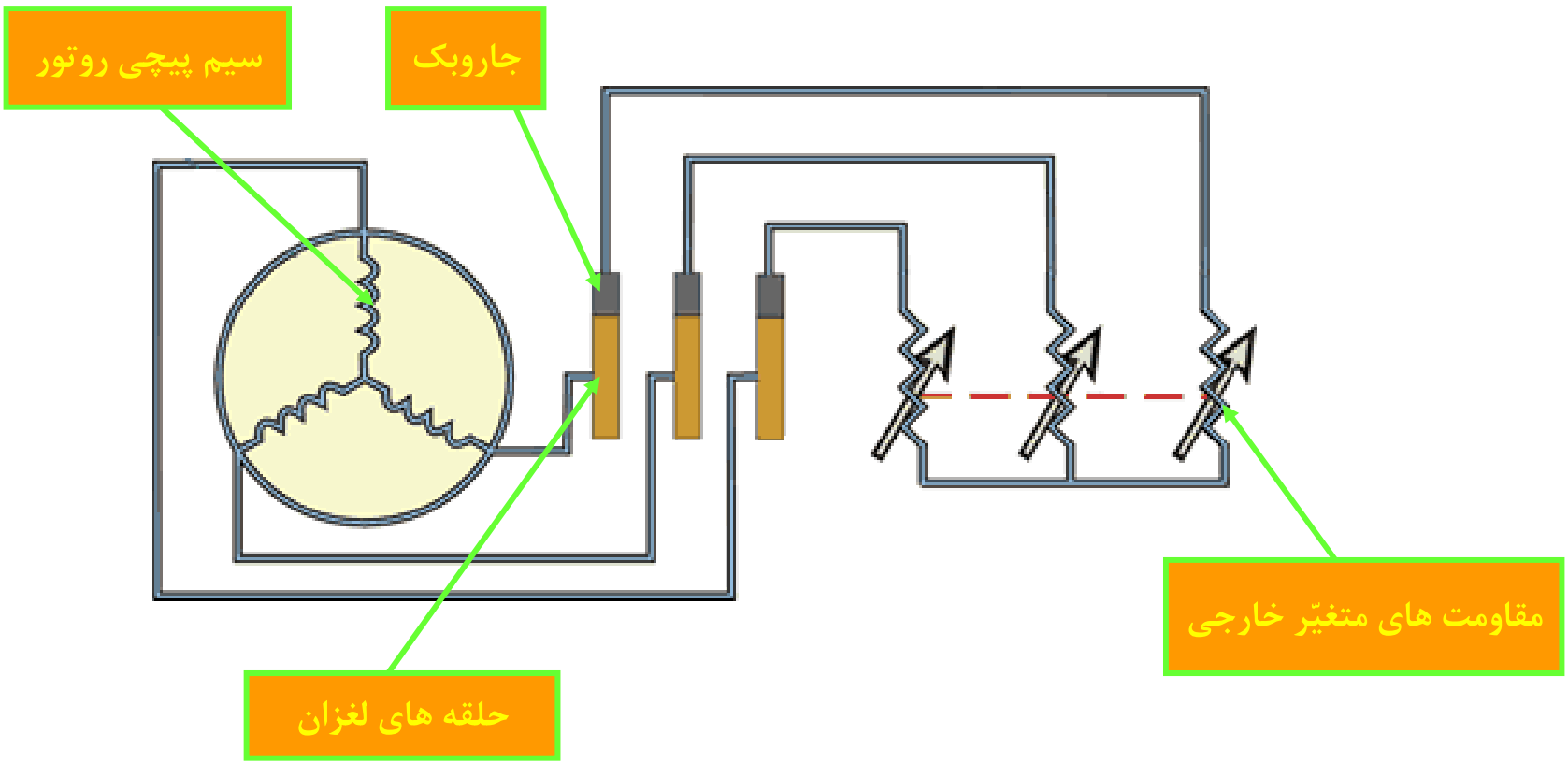


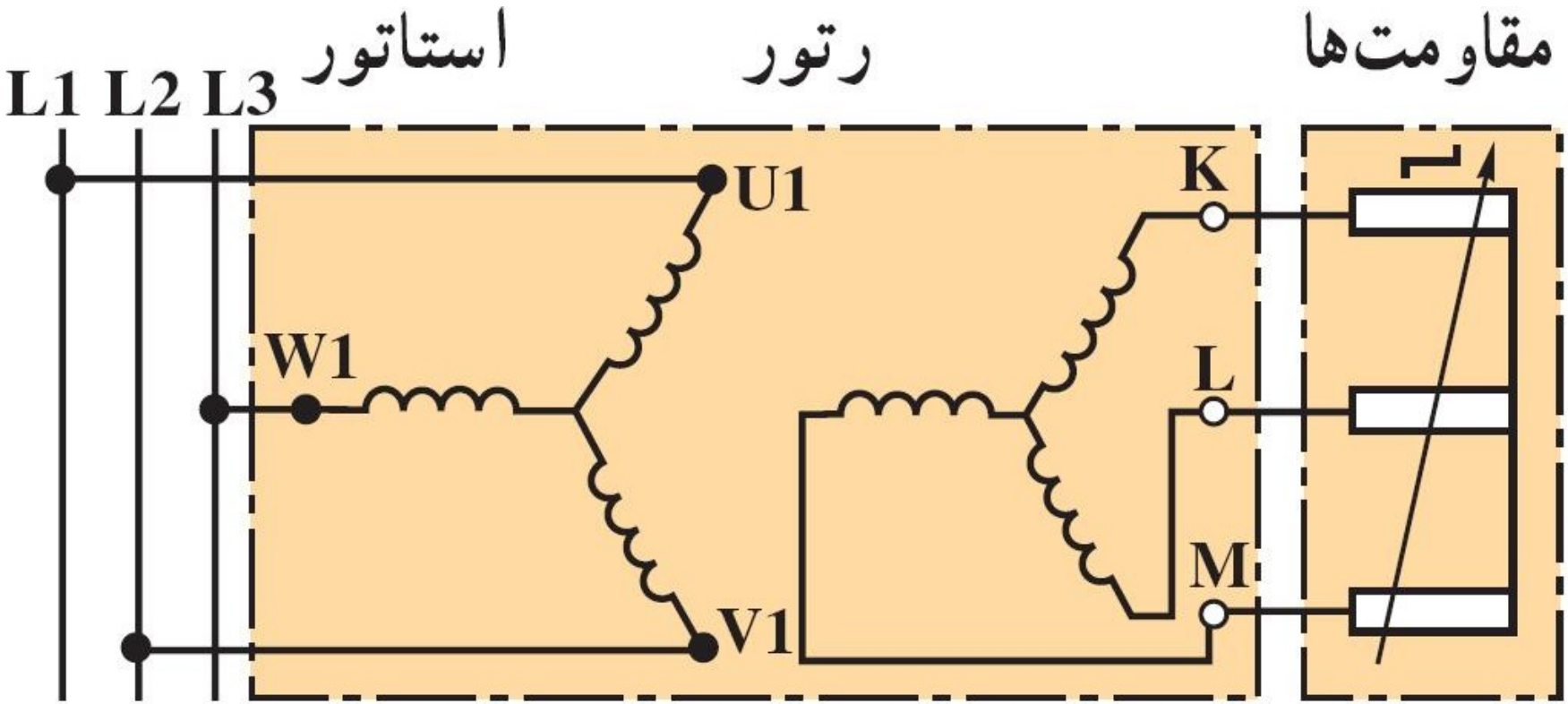
روتور سیم پیچی

Three-phase induction motor






سیم پیچی روتور
جاروبک
حلقه های لغزان
مقاومت های متغیّر خارجی



شکل ۲۱ــ۳ــ چگونگی نمایش موتور القایی رتور سیم‌پیچی شده

طرز کار:

⇐ اتصال سیم پیچ های استاتوربه شبکه سه فاز

⇐ القا ولتاژدراستاتور

⇐ ایجاد میدان دوار در استاتور

⇐ قطع میدان دوار توسط هادیهای روتور

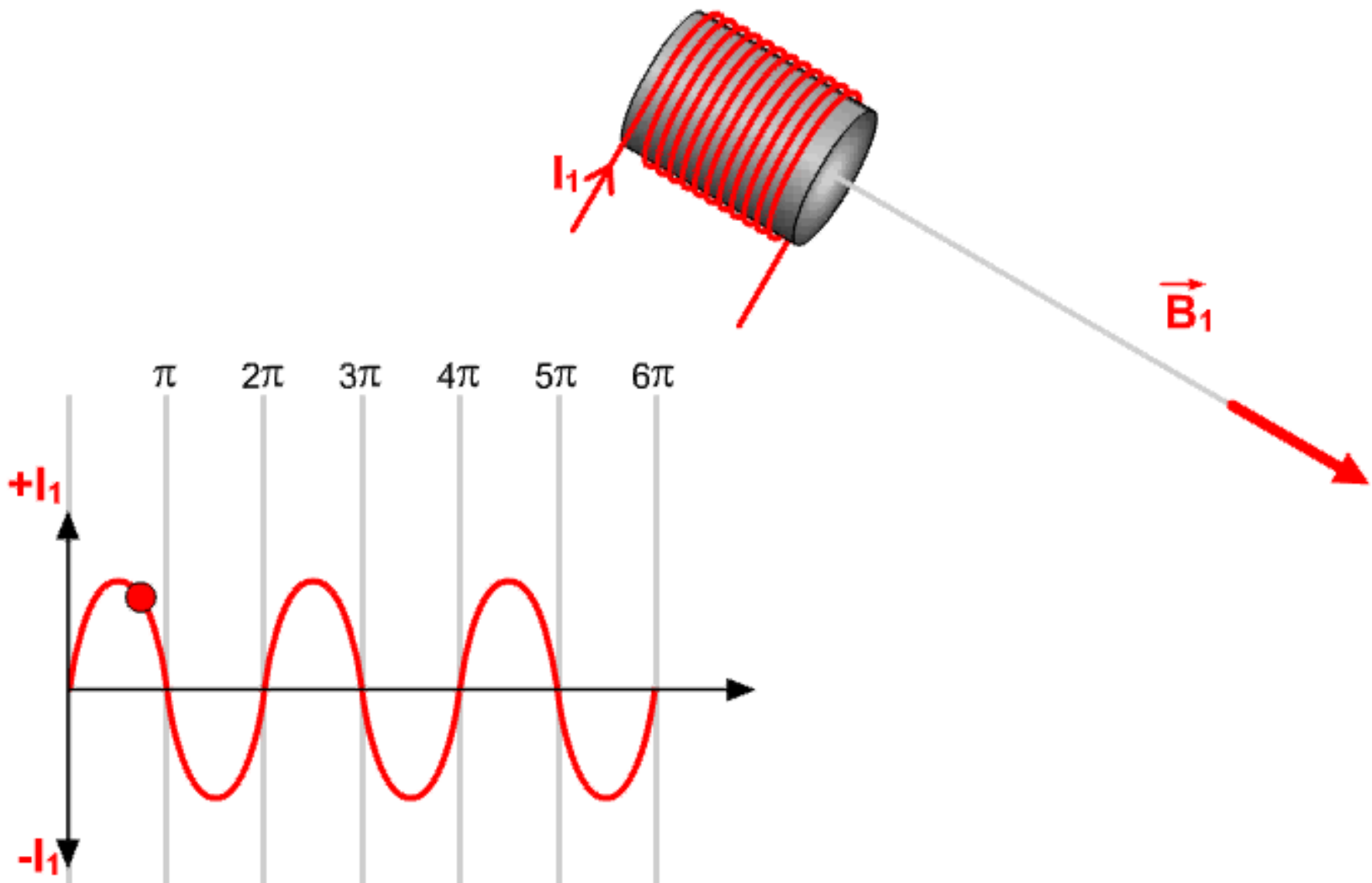
⇐ القا ولتاژ در روتور

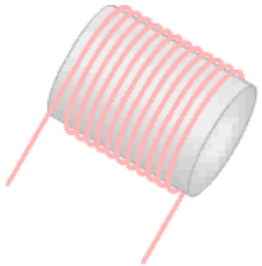
⇐ ایجاد جریان درهادیهای روتور به خاطر بسته بودن مدار روتور

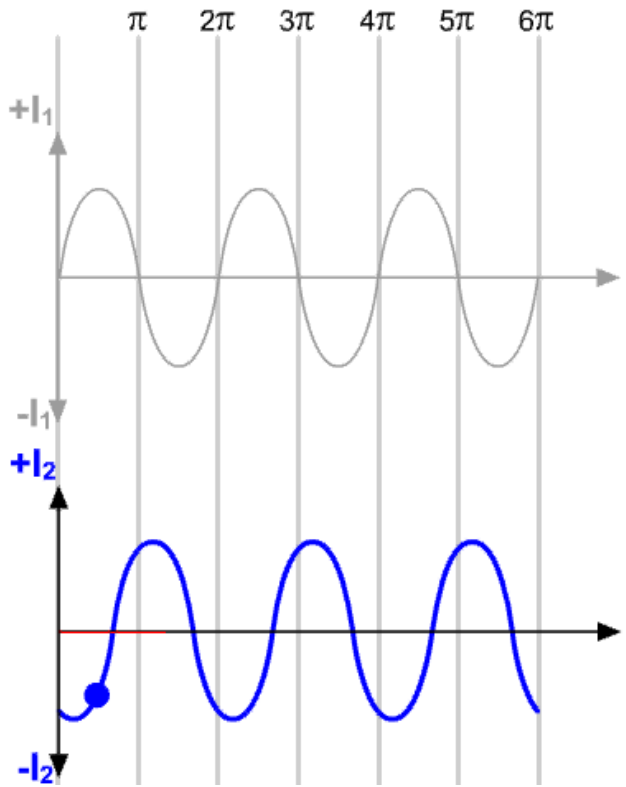
⇐ ایجاد میدان در روتور

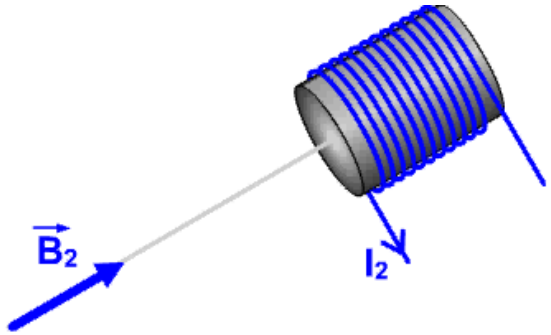
⇐ تاثیر میدان استاتور بر میدان روتور

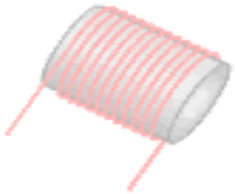
⇐ چرخش روتور.

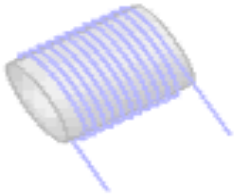

I1
B1
π
2π
3π
4π
5π
6π
+I1
-I1

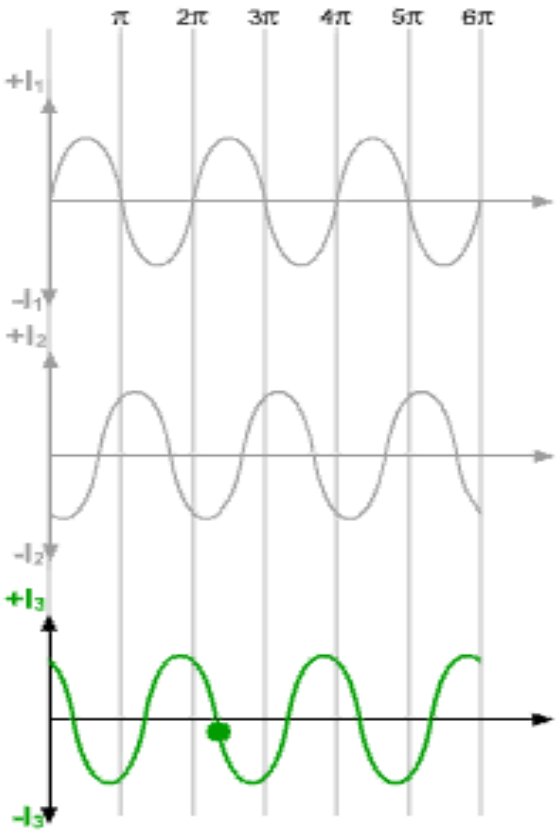


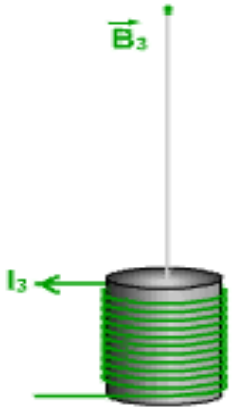

π
2π
3π
4π
5π
6π
+I1
-I1
+I2
-I2

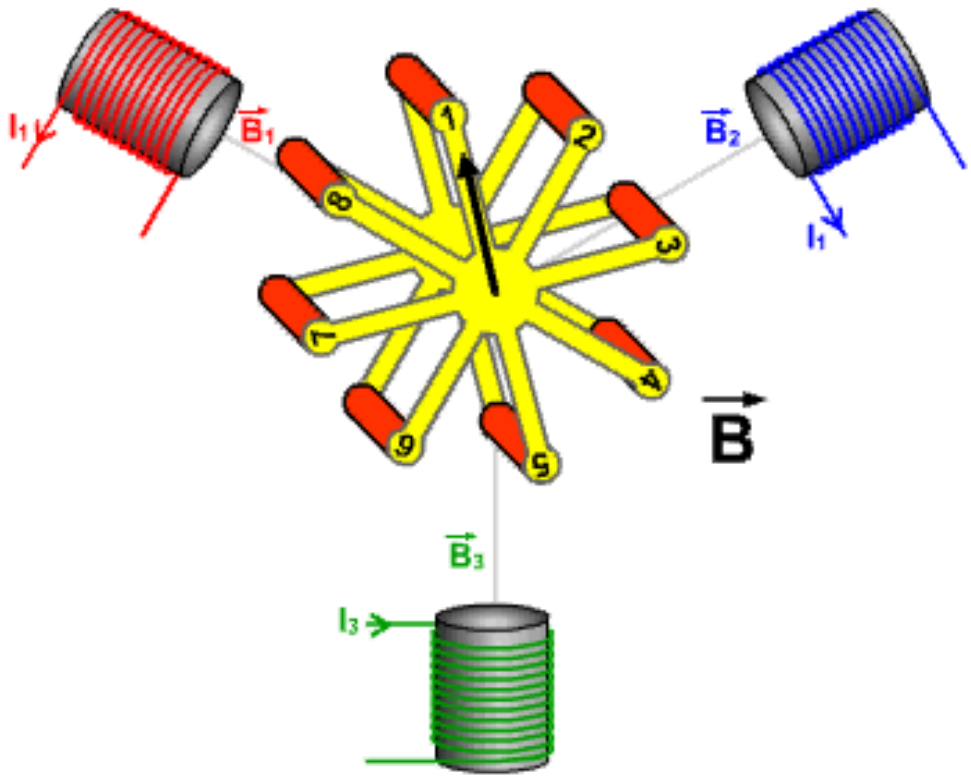

B2
I2



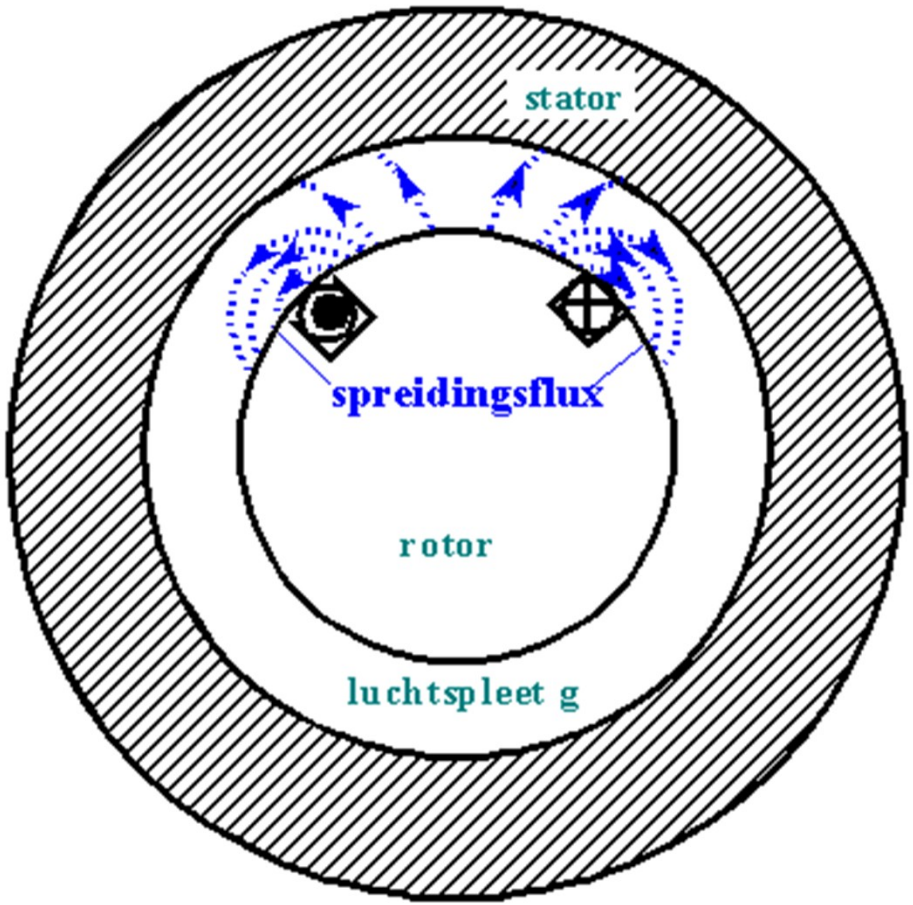


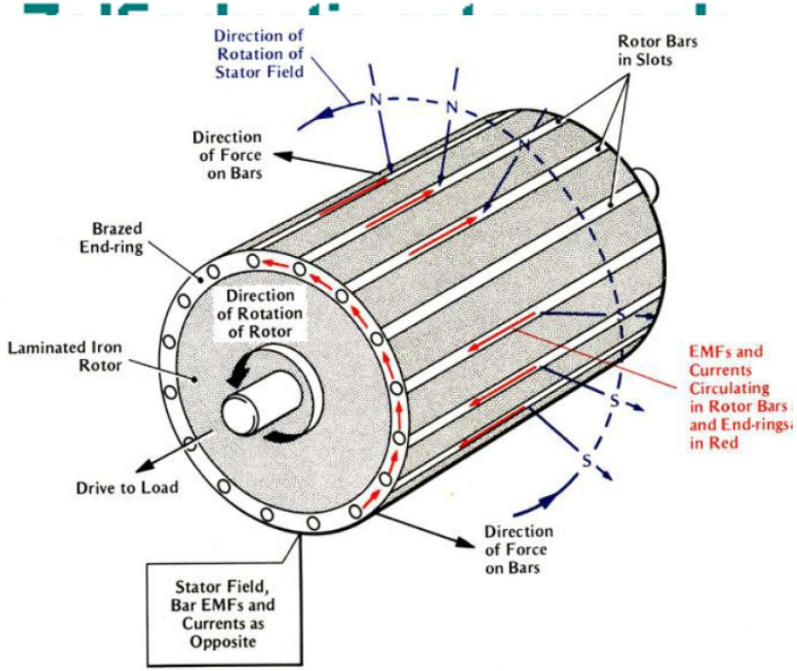

π
2π
3π
4π
5π
6π
+I1
-I1
+I2
-I2
+I3
-I3

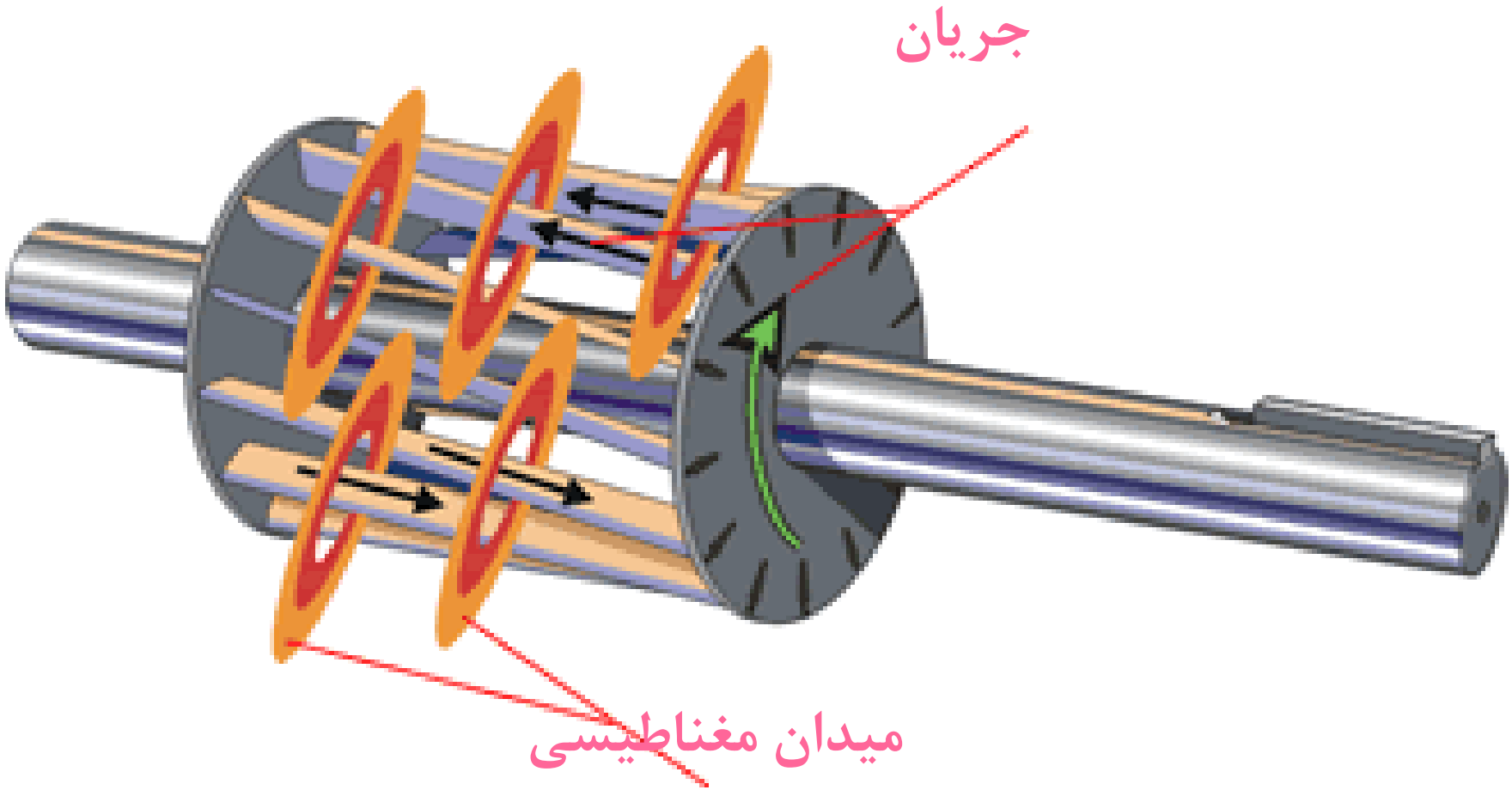

B3
I3

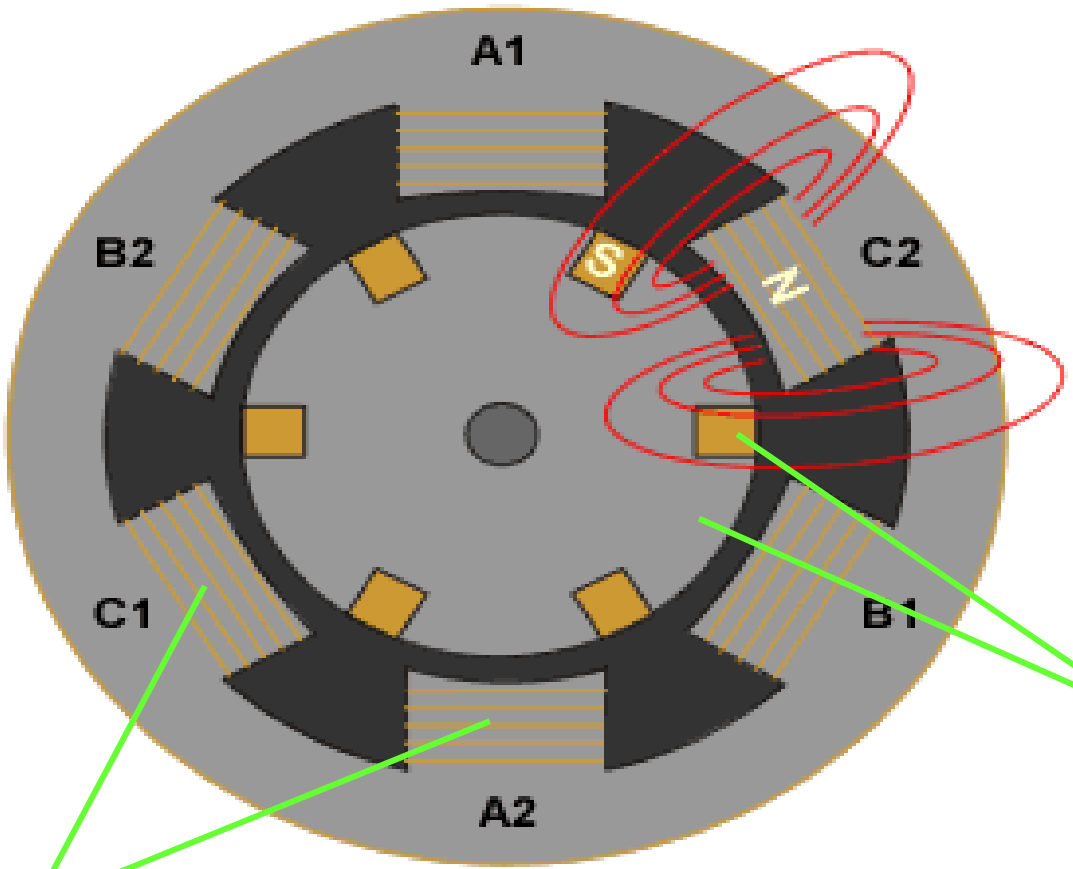

I_1
$\vec{B}_1$
$\vec{B}_2$
I_1
1
2
3
4
5
6
7
8
$\vec{B}$
$\vec{B}_3$
I_3

Rotor lekflux






جریان
میدان مغناطیسی



میله های روتور

سیم پیچی استاتور

در موتور القایی نیروی بین روتور و استاور به صورت دافعه می باشد .

در موتور سنکرون نیروی بین روتور و استاور به صورت جاذبه می باشد .

نکته : سرعت روتور از سرعت میدان دوار کمتر است.
چرا؟

نکته : از آنجایی که جریان هادیهای روتور دراین نوع موتور توسط القاء از استاتور تولید می شود به آن موتور القایی می گویند .

ج) در موتورهای القایی جریان مغناطیس کننده (که حدود°90 نسبت به ولتاژ اعمالی عقب است) قسمت اعظم جریان بی باری را تشکیل میدهد. به همین دلیل موتورهای القایی در حالت بی بار با ضریب توان پائین کار می کنند

نکته: معمولا ضریب توان موتورهای القایی در حالت بی بار حدود ۰/۱ تا ۰/۳ (معمولا ۰/۱۵) است

اثر پائین بودن ضریب توان بی باری موتورالقایی کاهش ضریب توان بار کامل آن می باشد

توجه: در موتورهای القایی برای پائین نگه داشتن جریان مغناطیس کننده و در نتیجه بهتر شدن ضریب توان بار کامل و بی باری فاصله هوایی را تا حد ممکن کوچک می سازند

مثال :

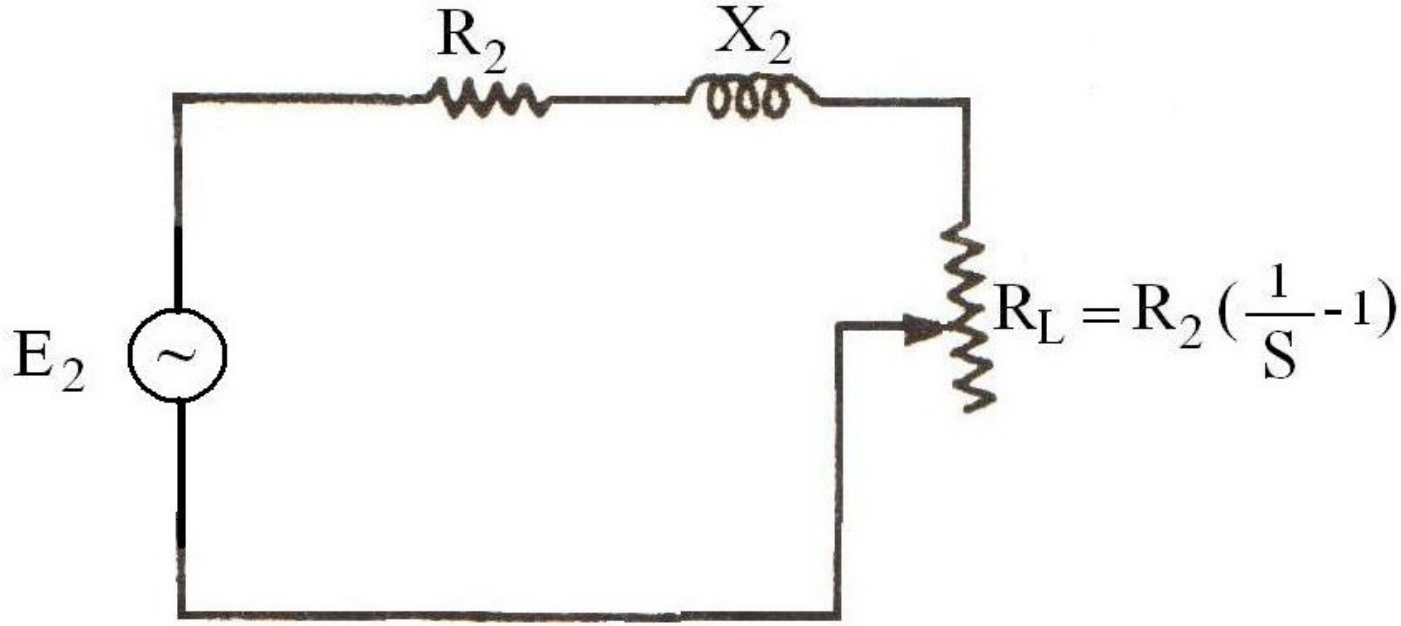
یک موتور القایی دربارنامی با لغزش ۸٪ درحال کار است اگر ناگهان جهت چرخش آن با تعویض جای دوفاز معکوس شود :

الف) لغزش درلحظه ی تعویض جای دو فاز

ب) لغزش درکار دائمی درجهت معکوس چقدرمی شود؟

مقاومت اهمی روتور

معادل پراکندگی روتور



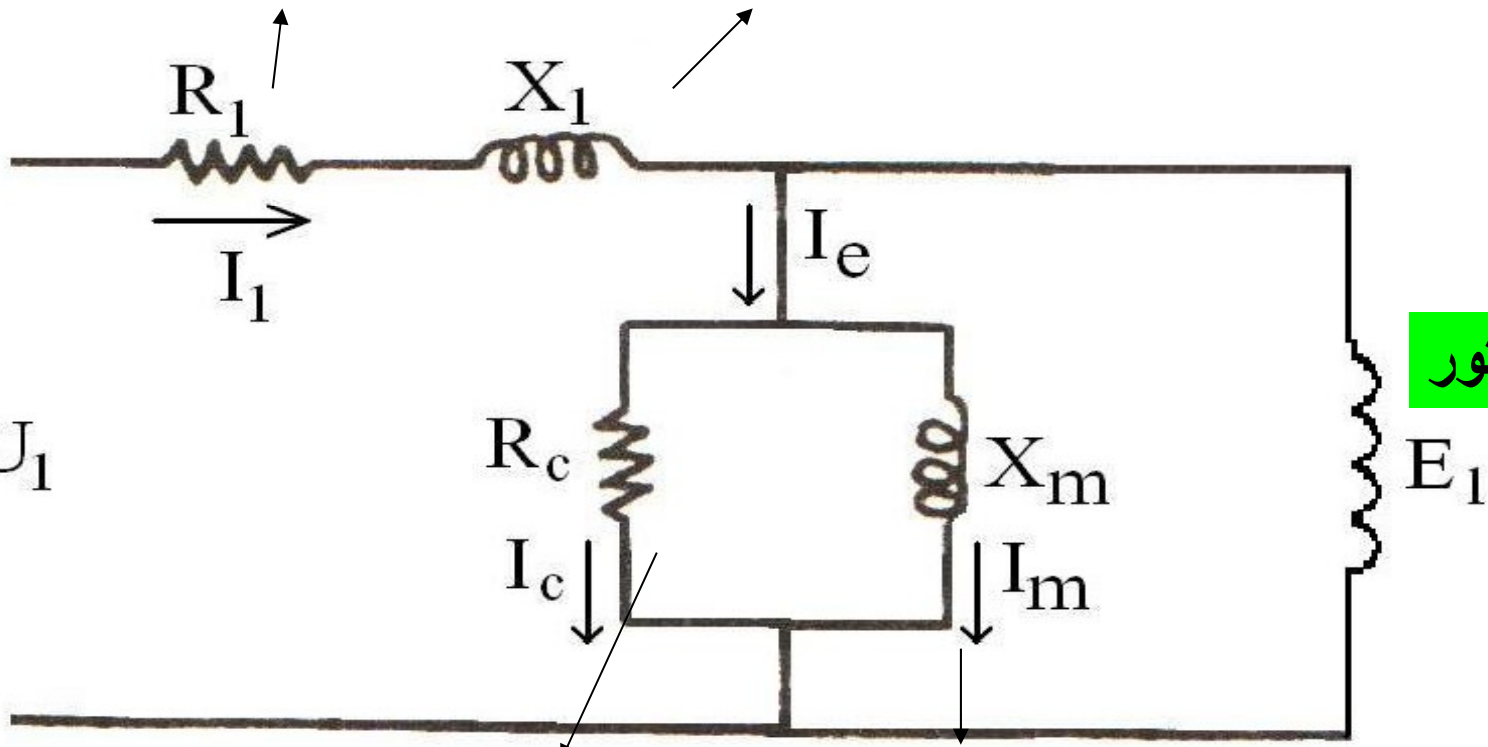
چرا ؟ $R_2 \neq 0$

$$Cos\varphi_r = \frac{R_2}{Z} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2{}^2 + (SX_2)^2}}$$

مدار معادل استاتور موتور القایی:

معادل مقاومت اهمی سیم پیچ های استاتو

معادل پراکندگی سیم پیچ های استاتور



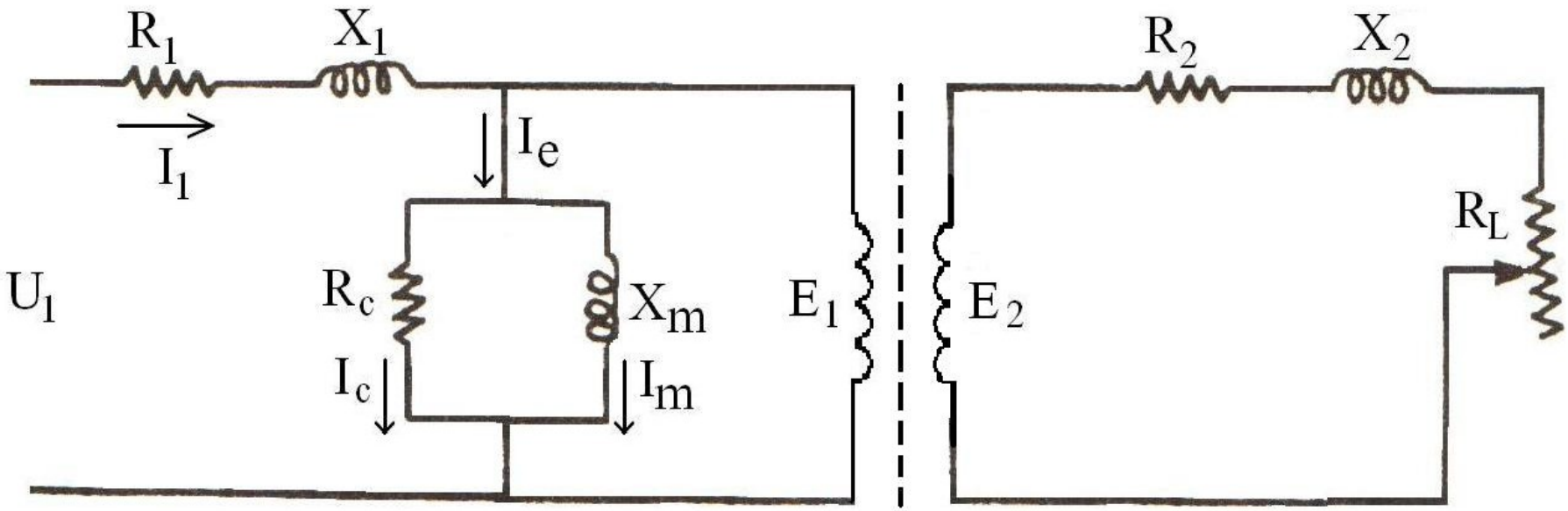
ولتاژ فازی

ستاتور

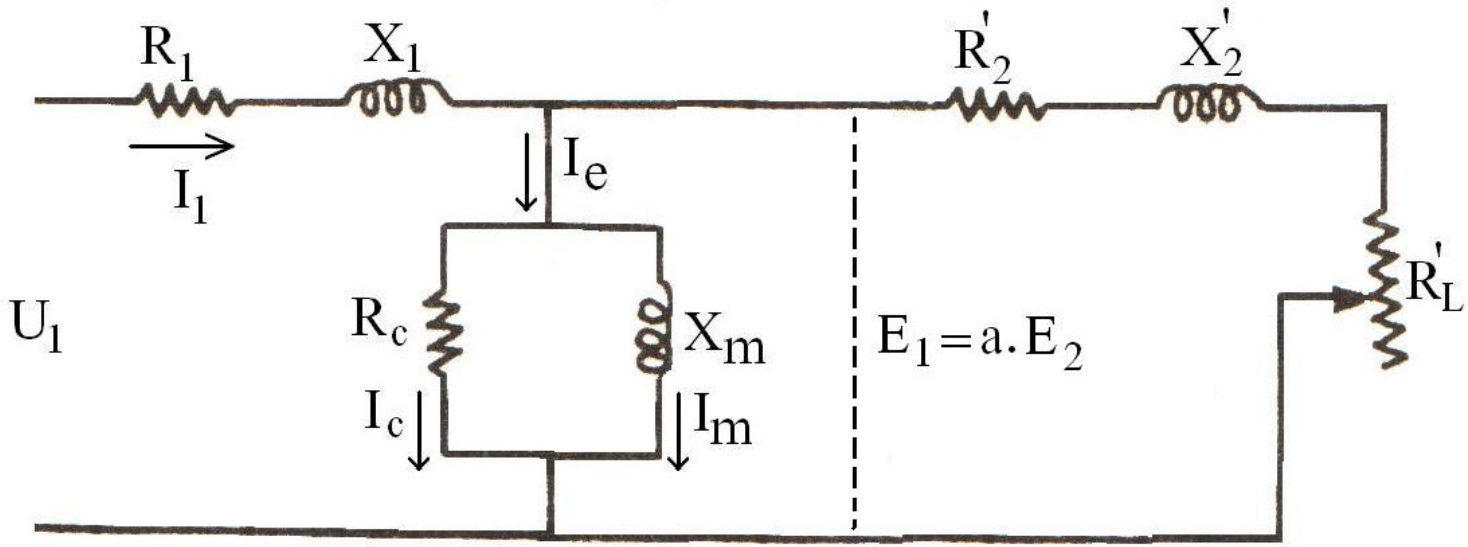
مقاومت معادل تلفات آهنی هسته استاتور

معادل مغناطیس شوندگی هسته

مدار معادل یک فاز موتور القایی سه فاز:



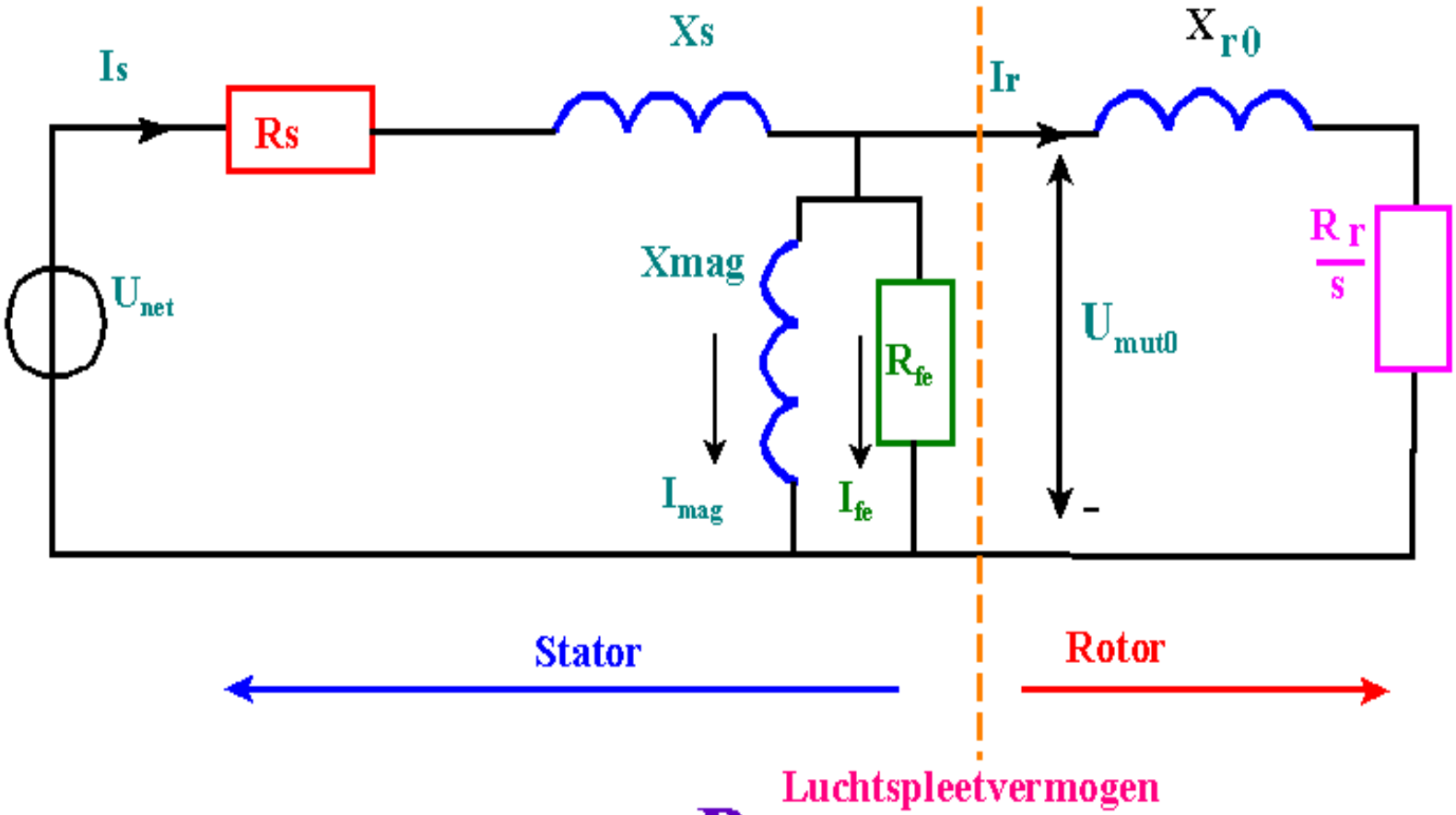
دو فاز دیگر مثل همین است



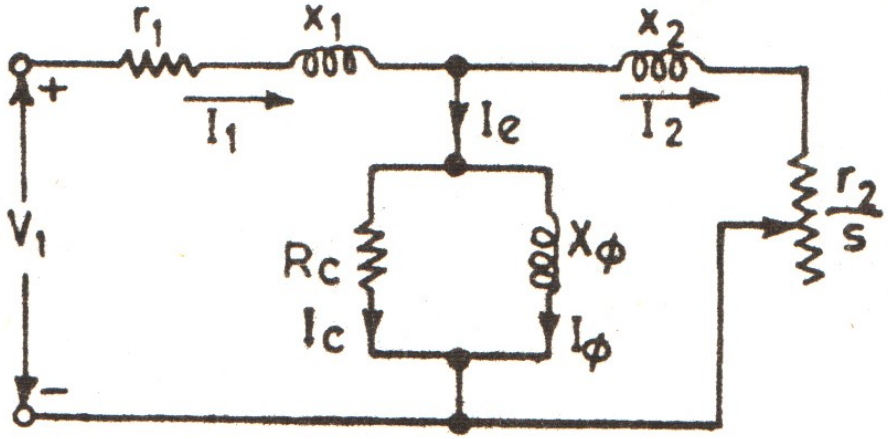
سؤال: به چه دلیل نباید $R \neq 0$ باشد ؟

سؤال: چرا از تلفات هسته روتور صرف نظر می شود ؟

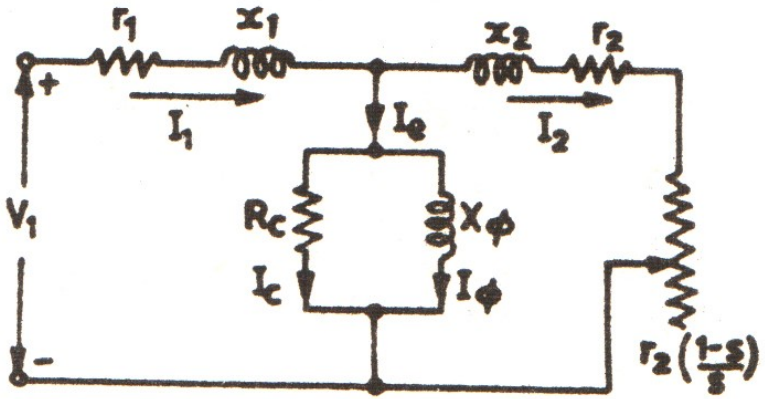
Volledig vervangingsschema



با صرف نظر از تلفات هسته رتور



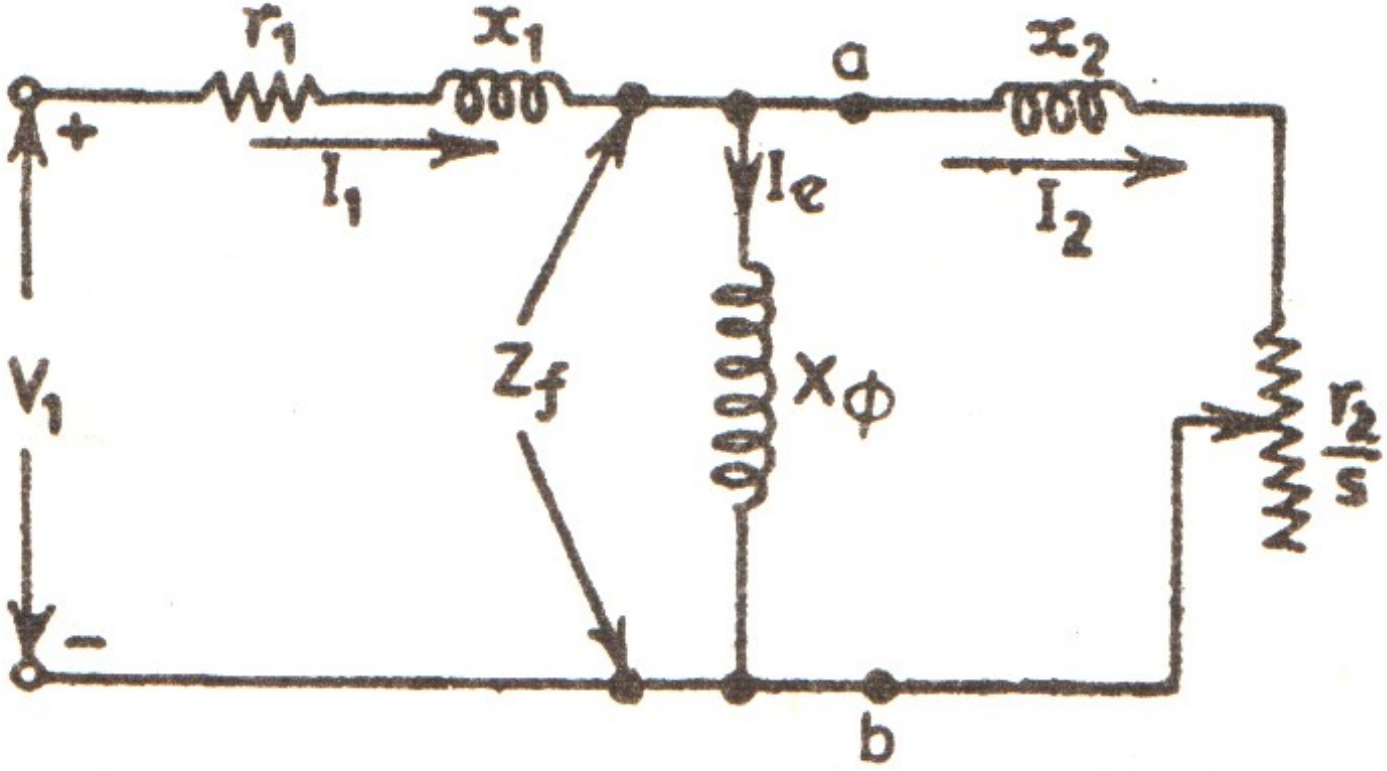
(a)



(b)

شکل ۱۳-۶: (a) مدار معادل موتور القائی چند فاز (b) شکل اصلاح شده مدار معادل موتور ا

در حالت بی باری ،جریان بی باری در ترانس $\frac{1}{10}$ بار نامی ولی در موتور به خاطر فاصله هوایی جریان بی باری نصف جریان نامی است.



شکل ۱۴-۶: مدار معادل موتور القائی بدون تلفات هسته

نکته:

تغیرمقاومت روتورمستقیما روی لغزش تاثیر دارد به طوریکه:

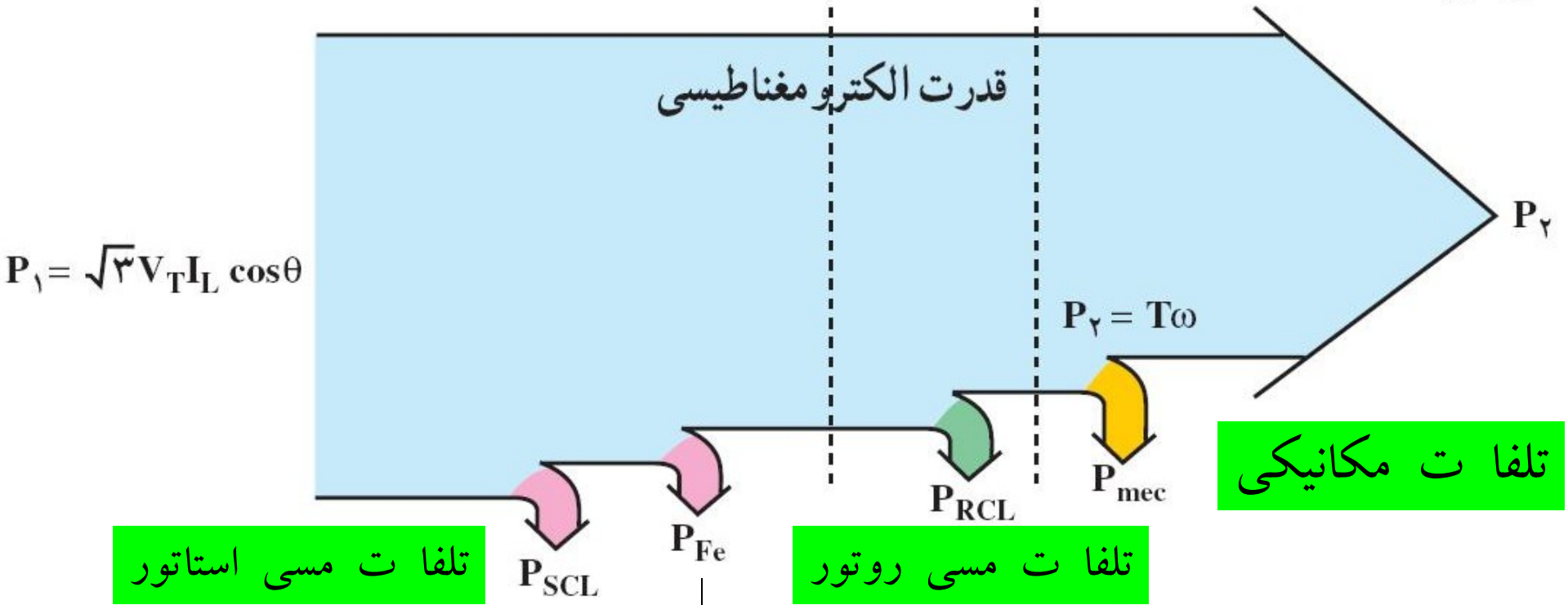
$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{R_{r_1}}{R_{r_2}}$$

مثال :

توسط یک رئوستا مقاومت روتوریک موتور القایی ۲قطب ۵۰ Hz که با لغزش ۱۰٪ کار می کند ۵ برابرمی شود سرعت بارکامل موتور چقدرمی شود؟

قدرت مکانیکی نا خالص

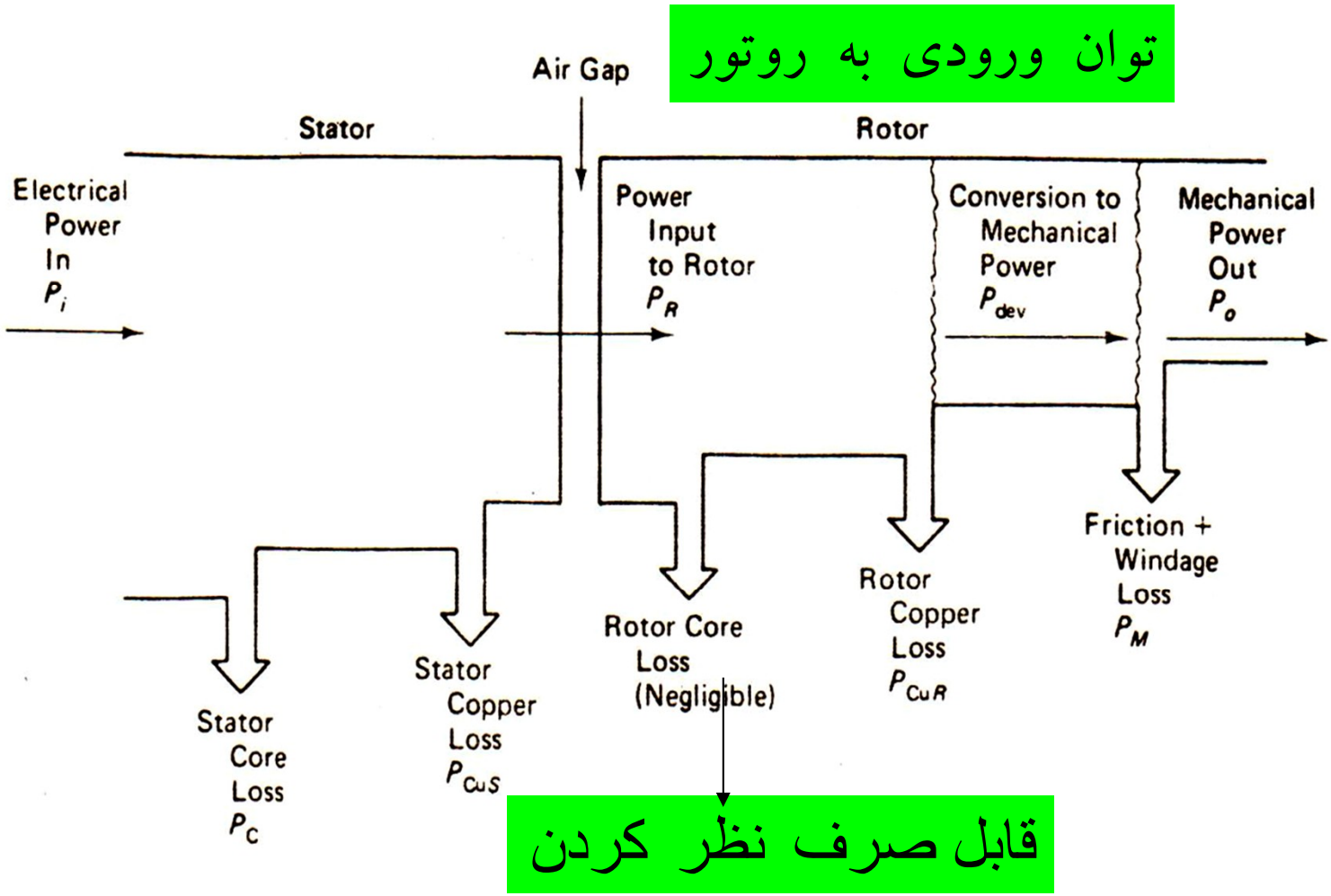
ص می کنند.

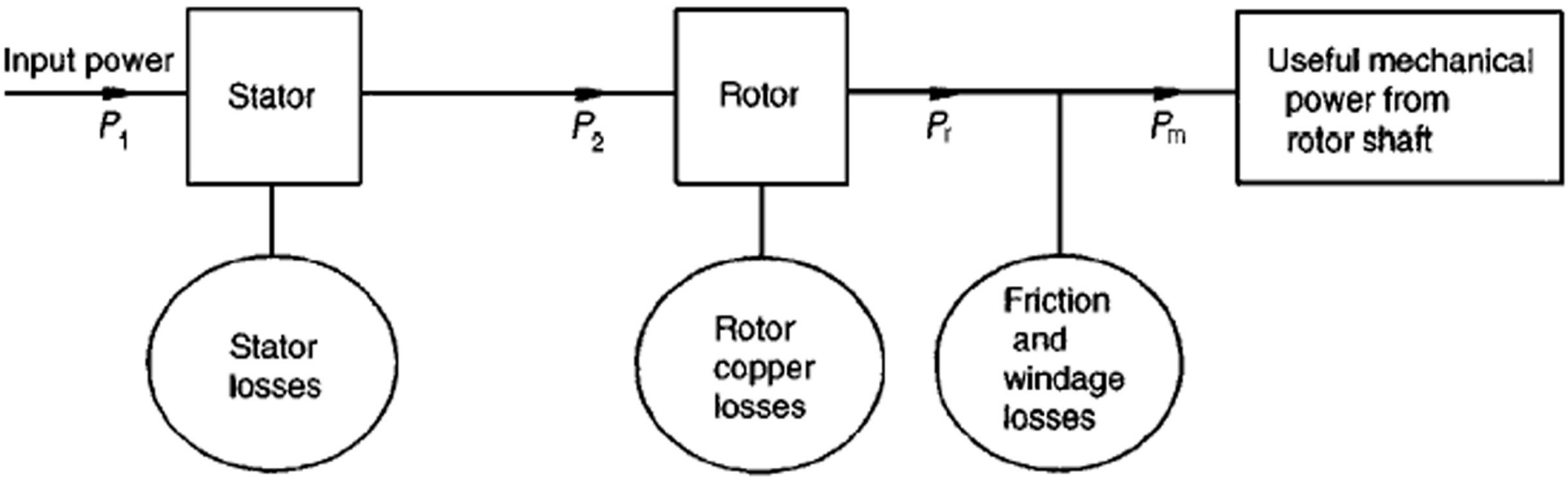


شکل ۲۵ــ۳ــ نمودار توازن توان موتور القایی

تلفا ت آهنی استاتور

دیاگرام توازن قدرت :

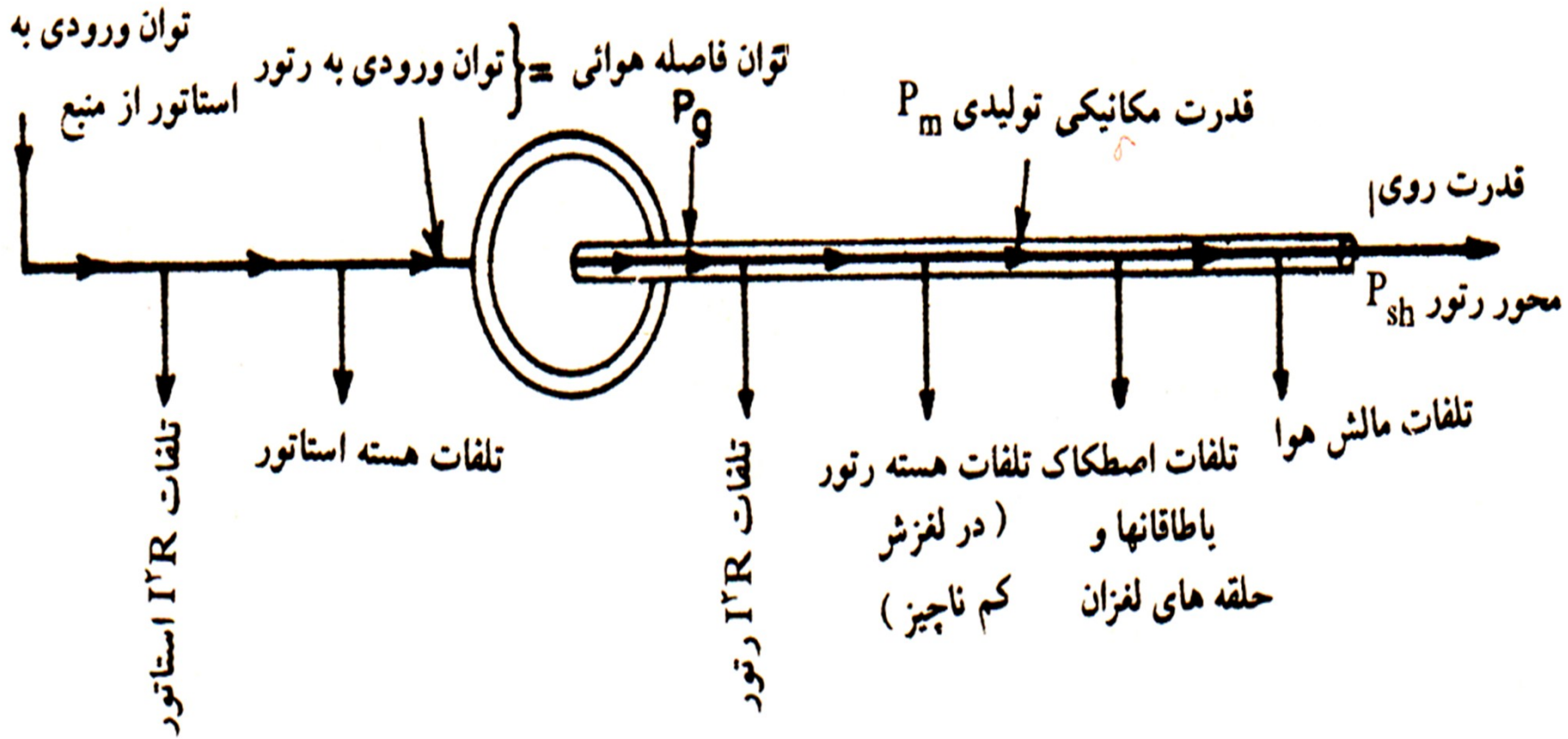




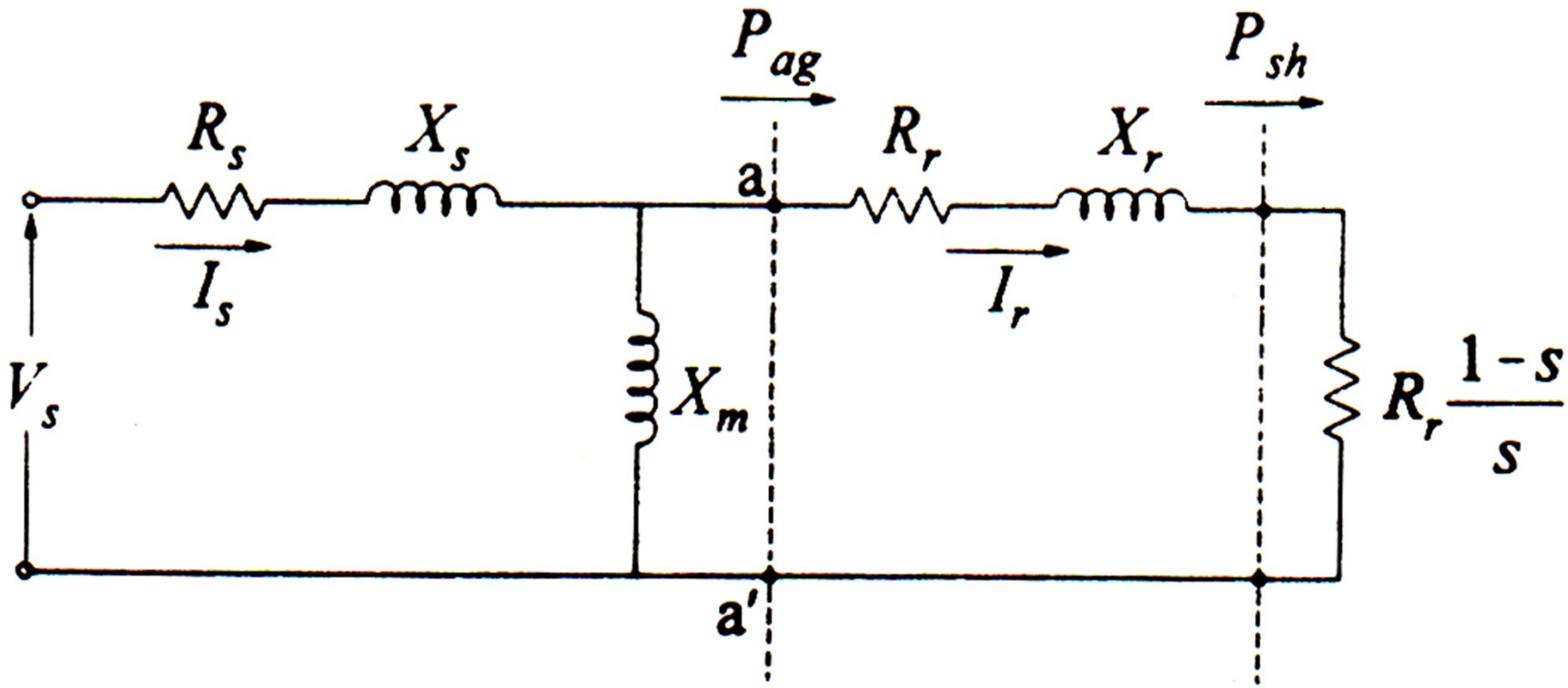
$P_2 = P_1$ – Stator losses

$P_r = P_2$ – Rotor copper losses

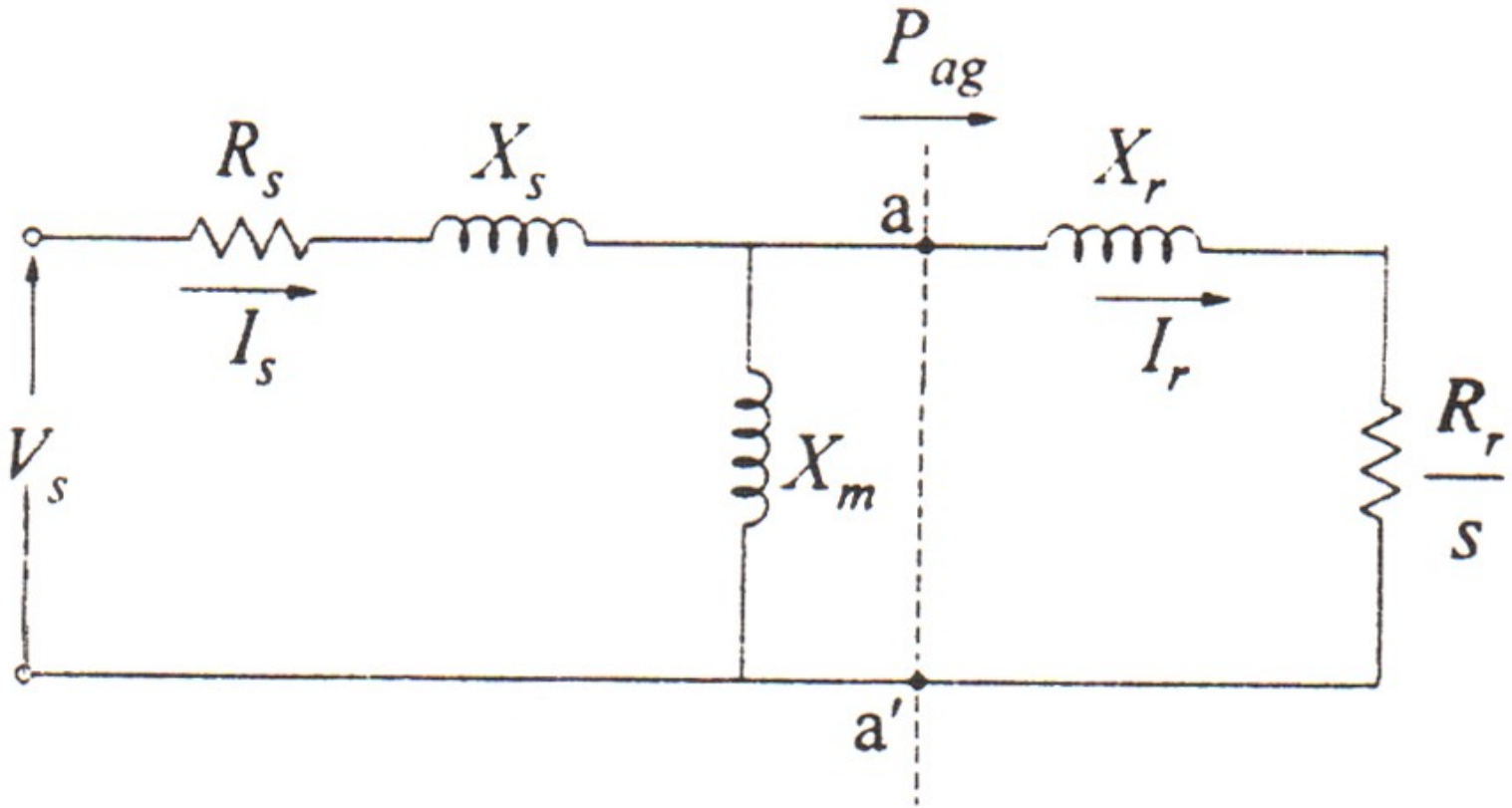
$P_m = P_r$ – Friction and windage losses



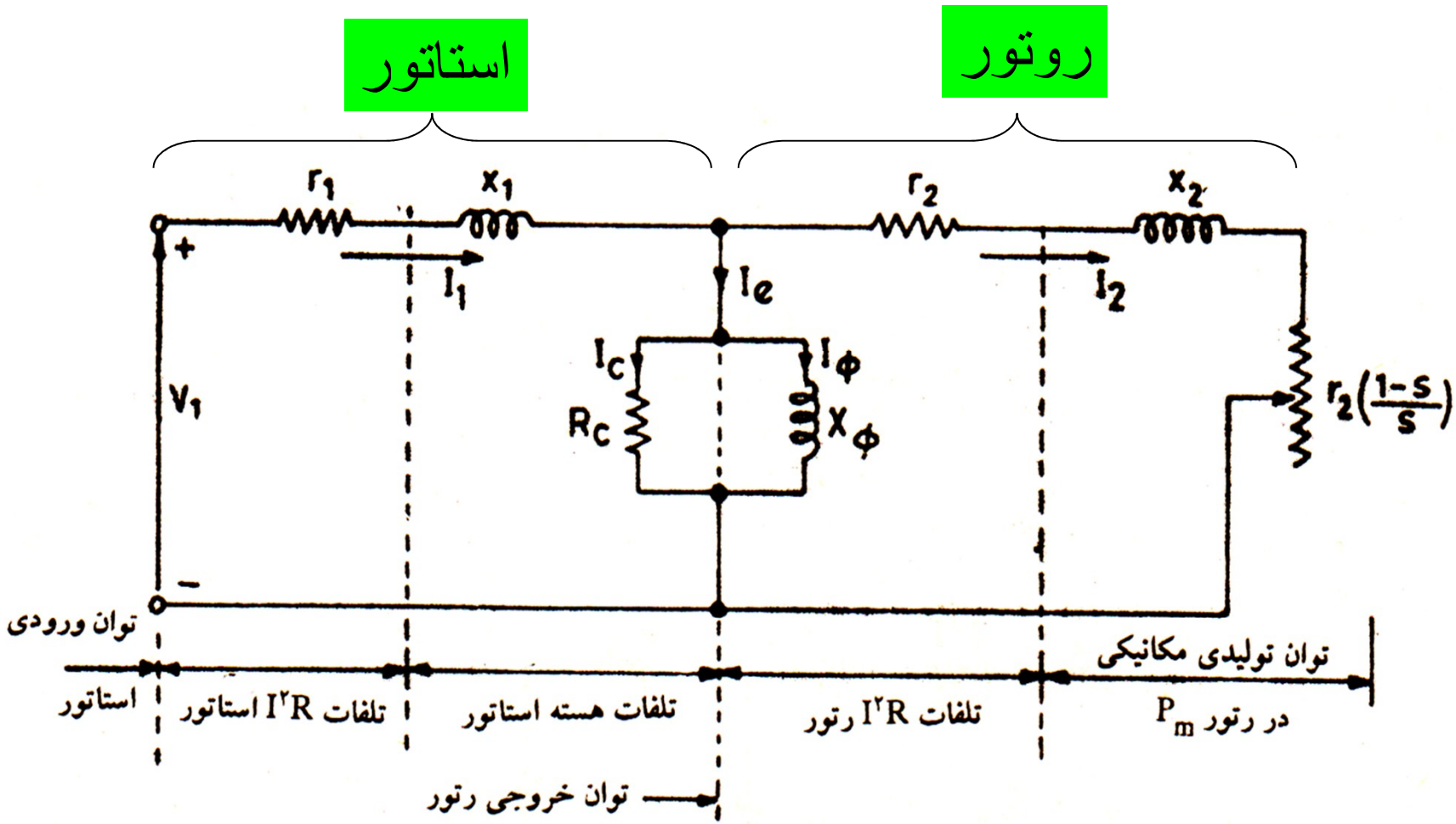
شکل ۸-۶: نمودار پخش توان در موتور القائی سه فاز

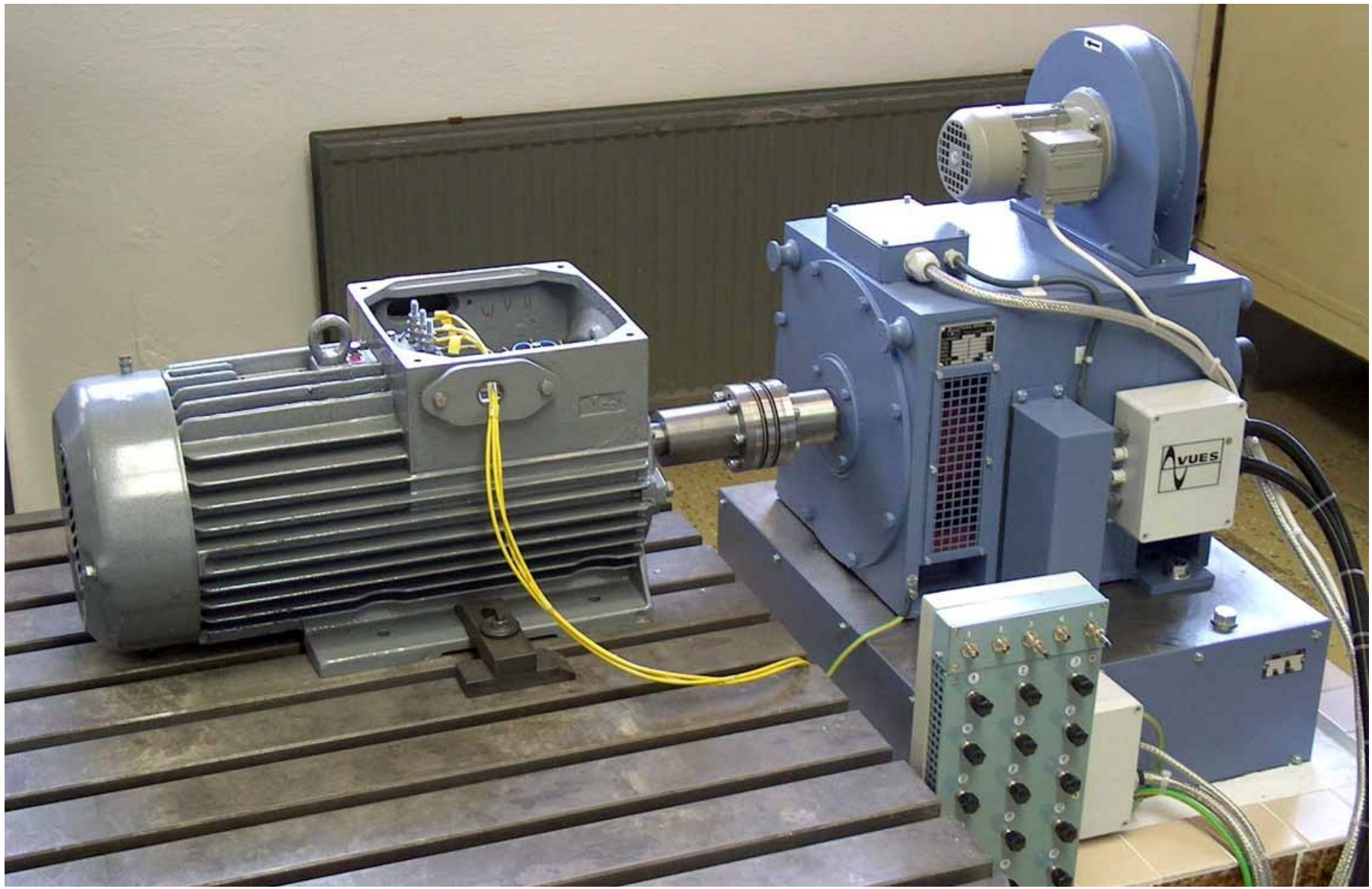


شکل ۷-۸ صورت جایگزین مدار معادل ماشین القایی



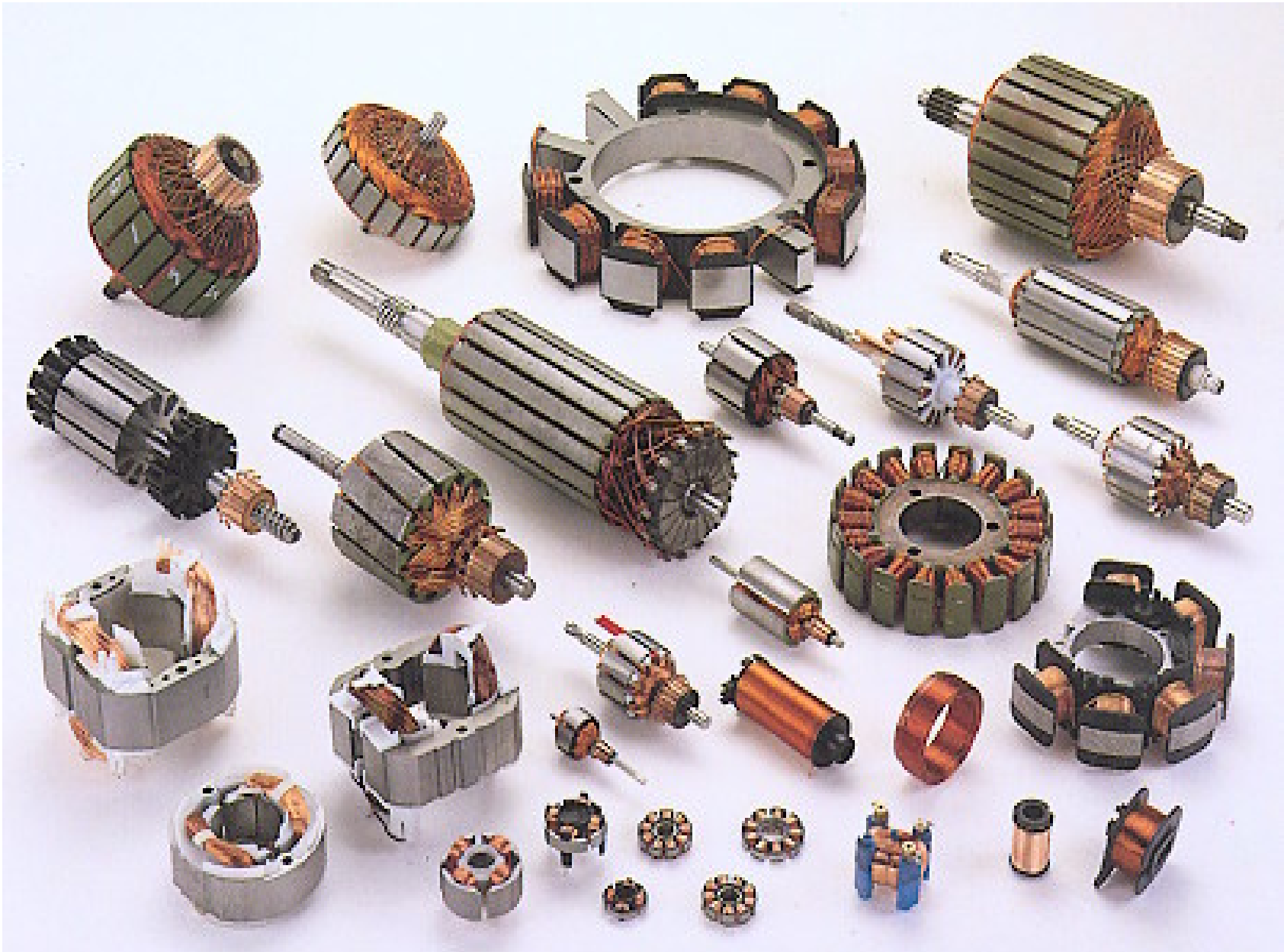
شکل ۷-۷ مدار معادل ماشین القایی سه فاز


استاتور
روتور
r_1
x_1
r_2
x_2
+
I_1
I_e
I_2
I_C
I_ϕ
V_1
R_C
X_ϕ
$r_2\left(\frac{1-s}{s}\right)$
−
توان ورودی
استاتور
تلفات I^2R استاتور
تلفات هسته استاتور
تلفات I^2R رتور
توان تولیدی مکانیکی
در رتور P_m
توان خروجی رتور


VUES

VUES

DIGITAL TACHOMETER



مطلوب است:

الف)جریان استاتور

ب)T_2 , nr وη وقتی که موتور در ولتاژ نامی وفرکانس نامی در $\%S=4\%$ کارمی کند:

همانطور که در ابتدای فصل بیان شد گشتاور القایی که باعث گردش روتور می شود (از تاثیر میدانهای مغناطیسی استاتور و روتور) برابر است با:

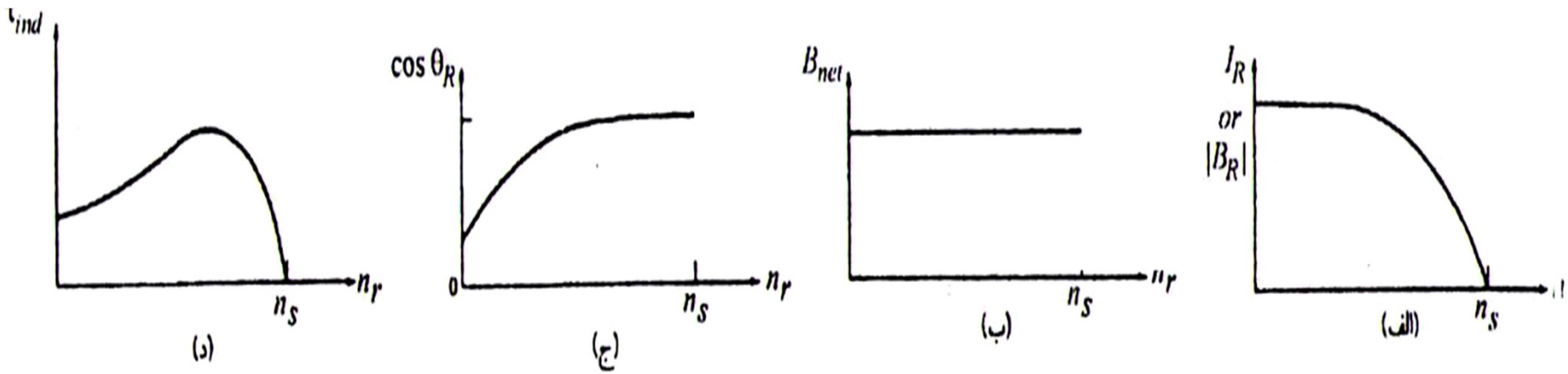
$$T_{ind} = kB_R \times B_{net}$$

$$T_{ind} = kB_R B_{net} Sin\delta$$

در این رابطه δ زاویه بار نام دارد که برابر است با

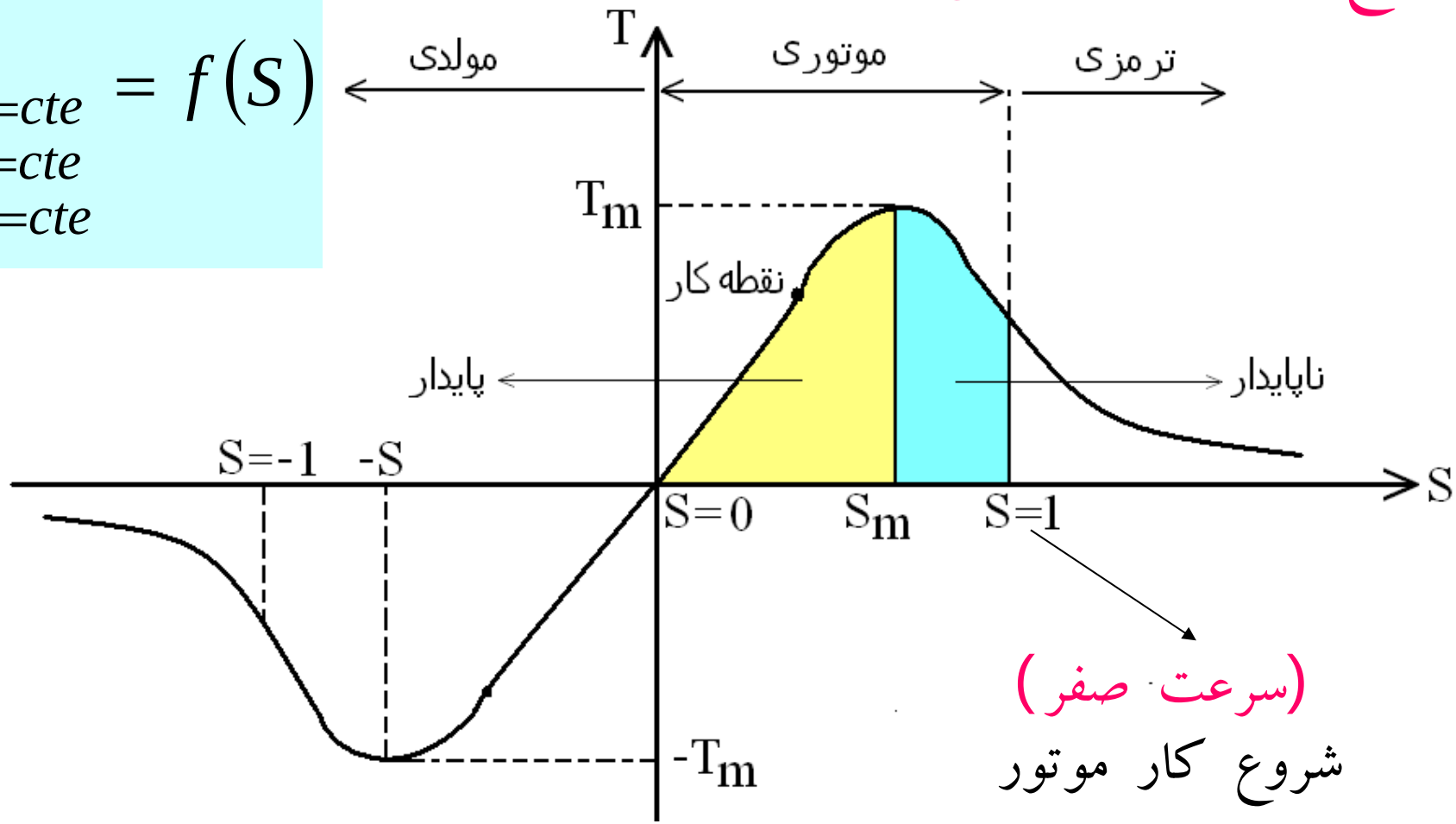
$$\delta = 90 + \theta_R \qquad \theta_R = ArcTag \frac{Sx_2}{R_2}$$

در شکل های زیر نمودار تغییرات جریان روتور، میدان مغناطیسی خالص روتور و ضریب توان روتور بر حسب سرعت و نهایتا مشخصه گشتاور سرعت حاصل دیده میشود



تابع گشتاور – لغزش T= f(s) :

$$T\Big|_{\substack{E_2=cte\\R_2=cte\\X_2=cte}} = f(S)$$



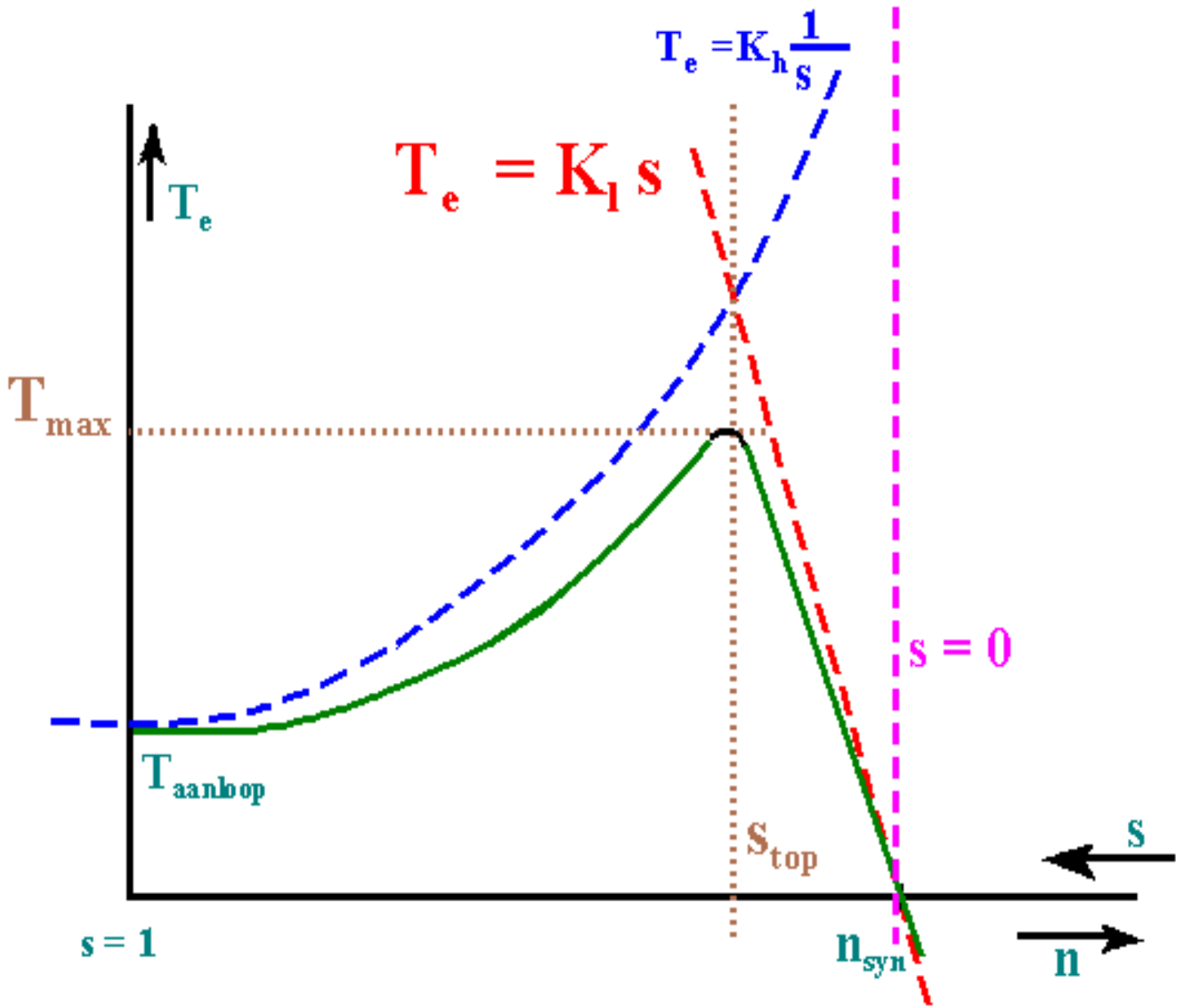
(سرعت صفر)

شروع کار موتور

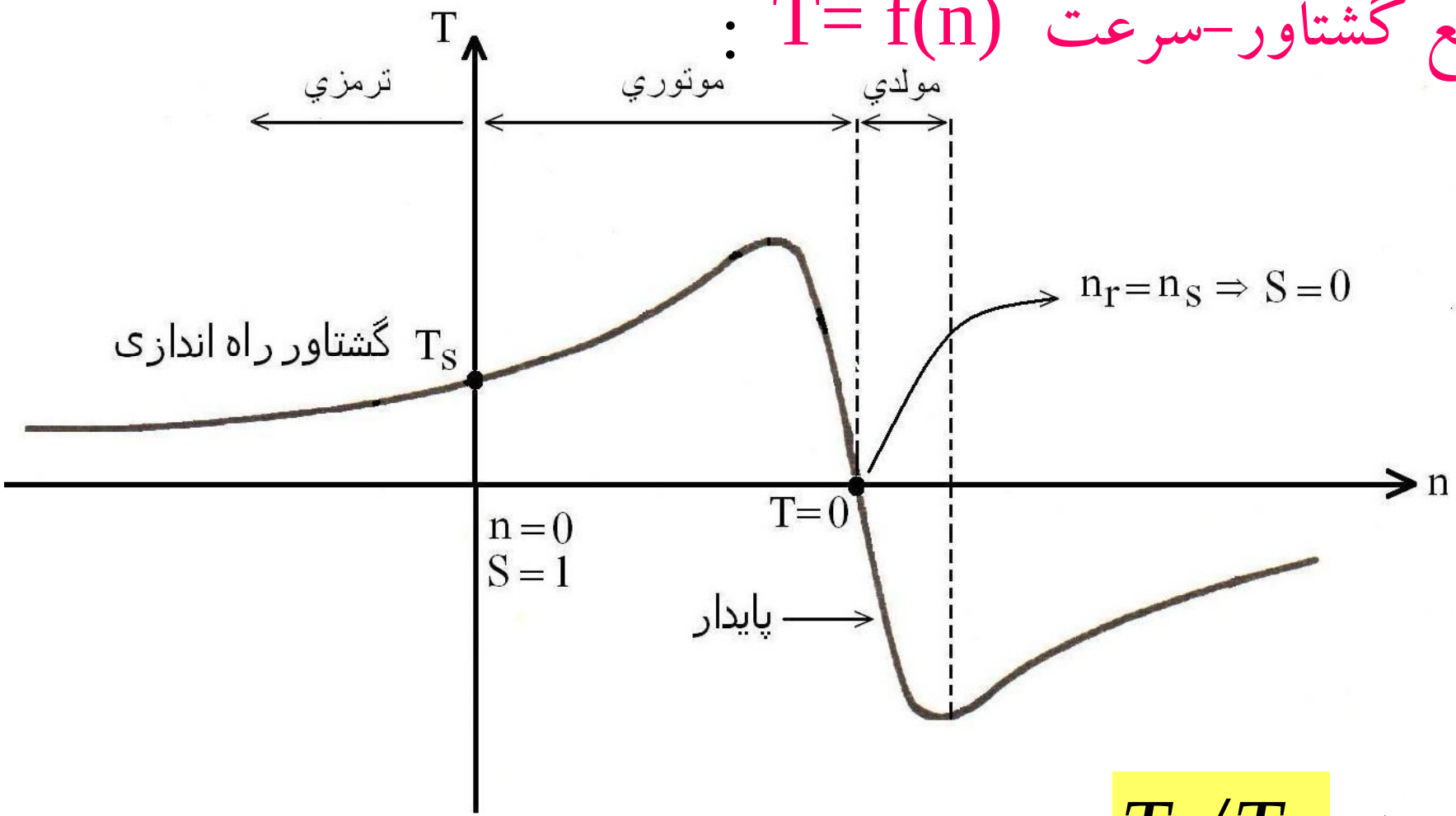
نکته :در بعضی موارد حداقل سرعت پایدار ماشین مورد نظر است که این سرعت همان سرعت متناظر با Sm است

$$n_{r\min} = n_s(1-S)$$

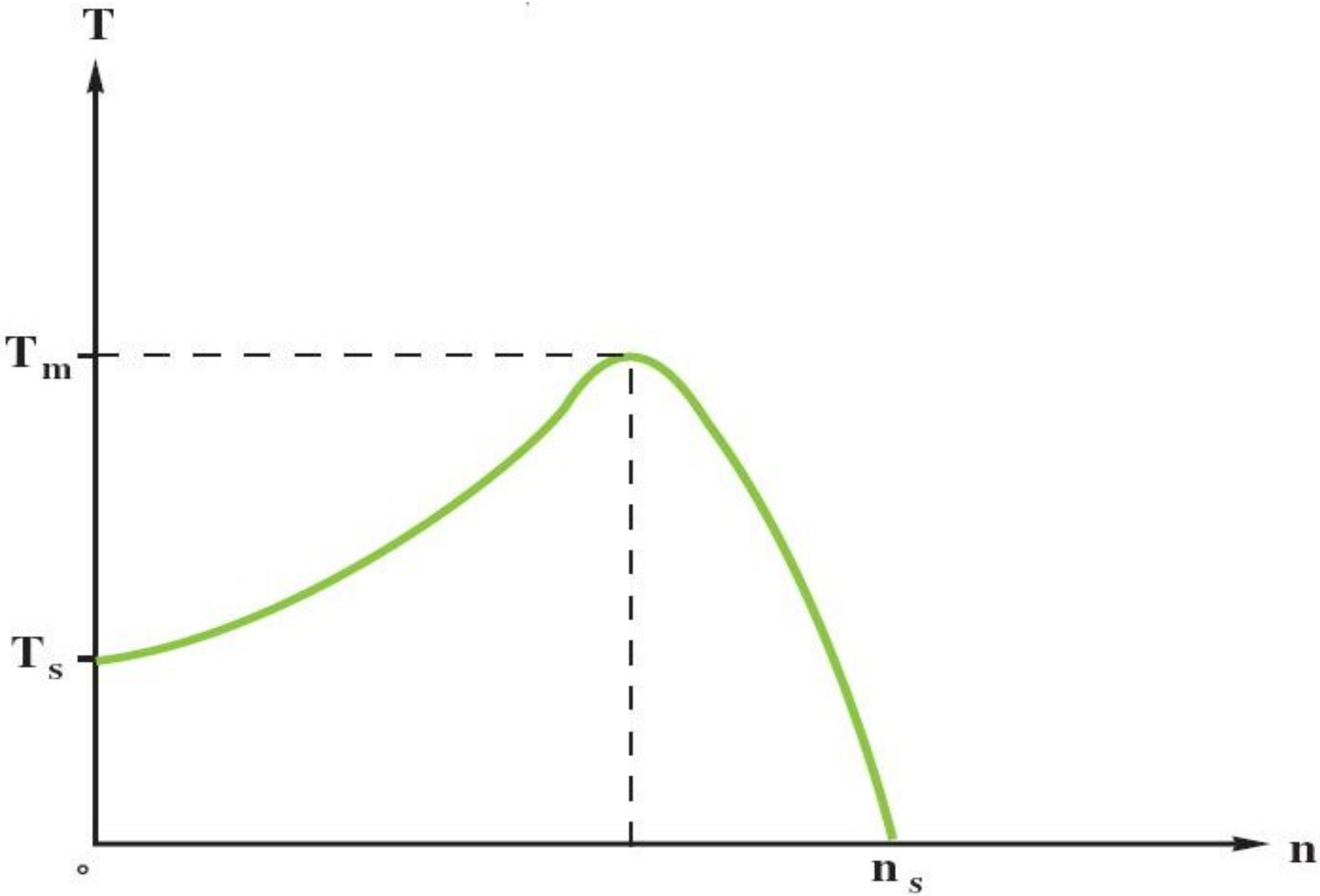
Koppel-toerenkarakteristiek



تابع گشتاور-سرعت $T = f(n)$:



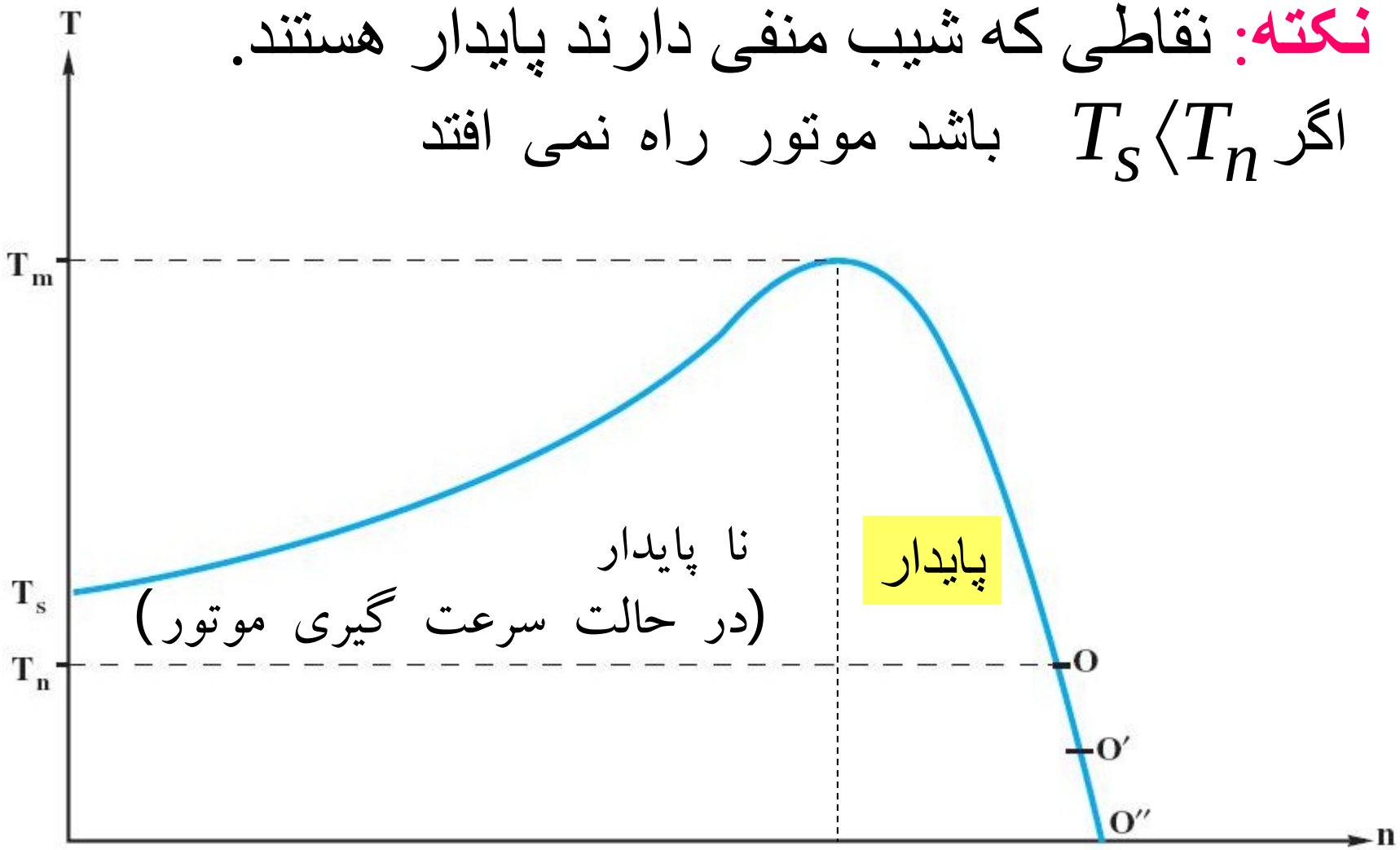
اگر $T_s \langle T_n$ باشد موتور راه نمی افتد



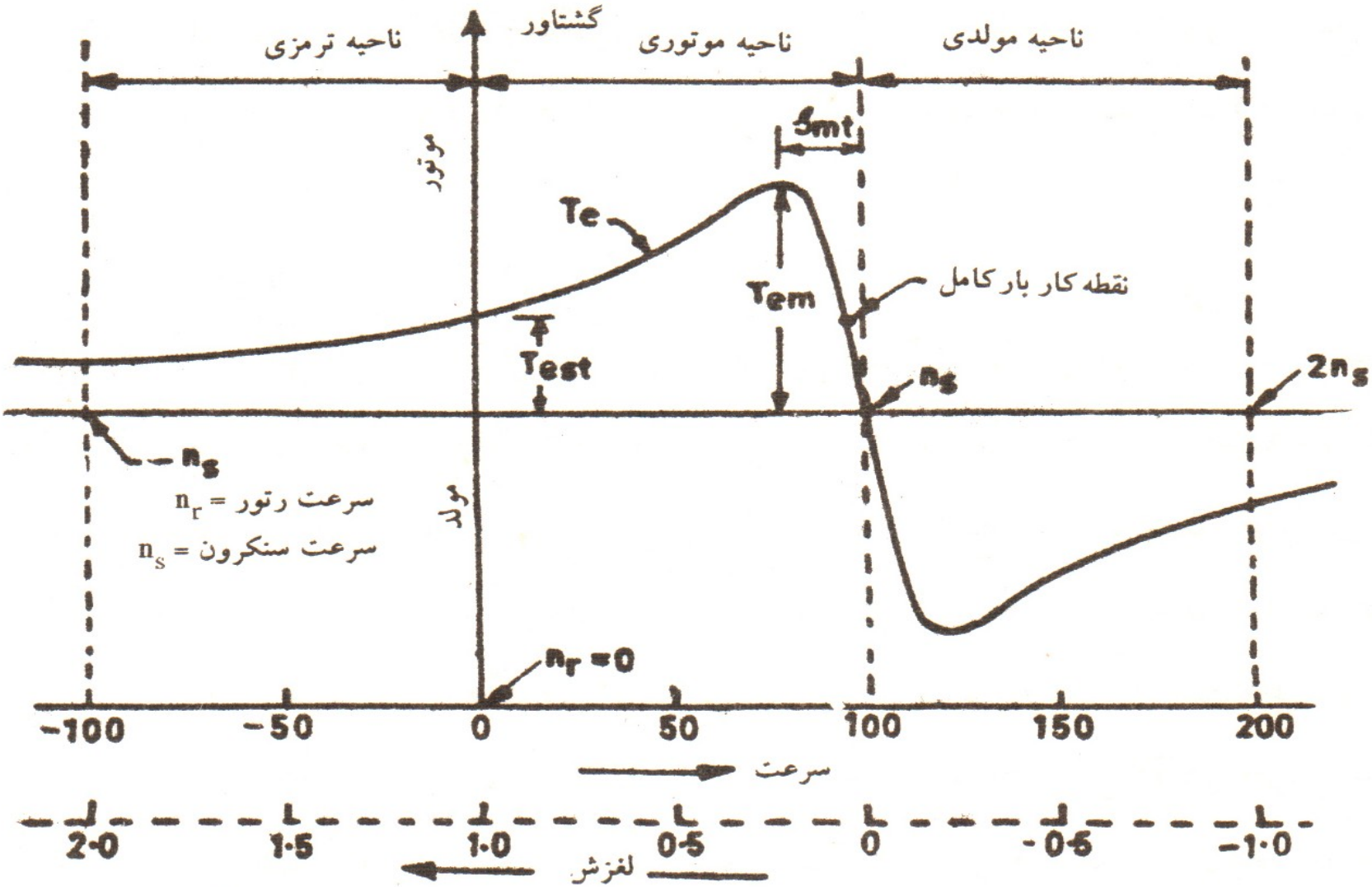
شکل ۷ــ۳ــ مشخصه گشتاور ــ دور موتور القایی

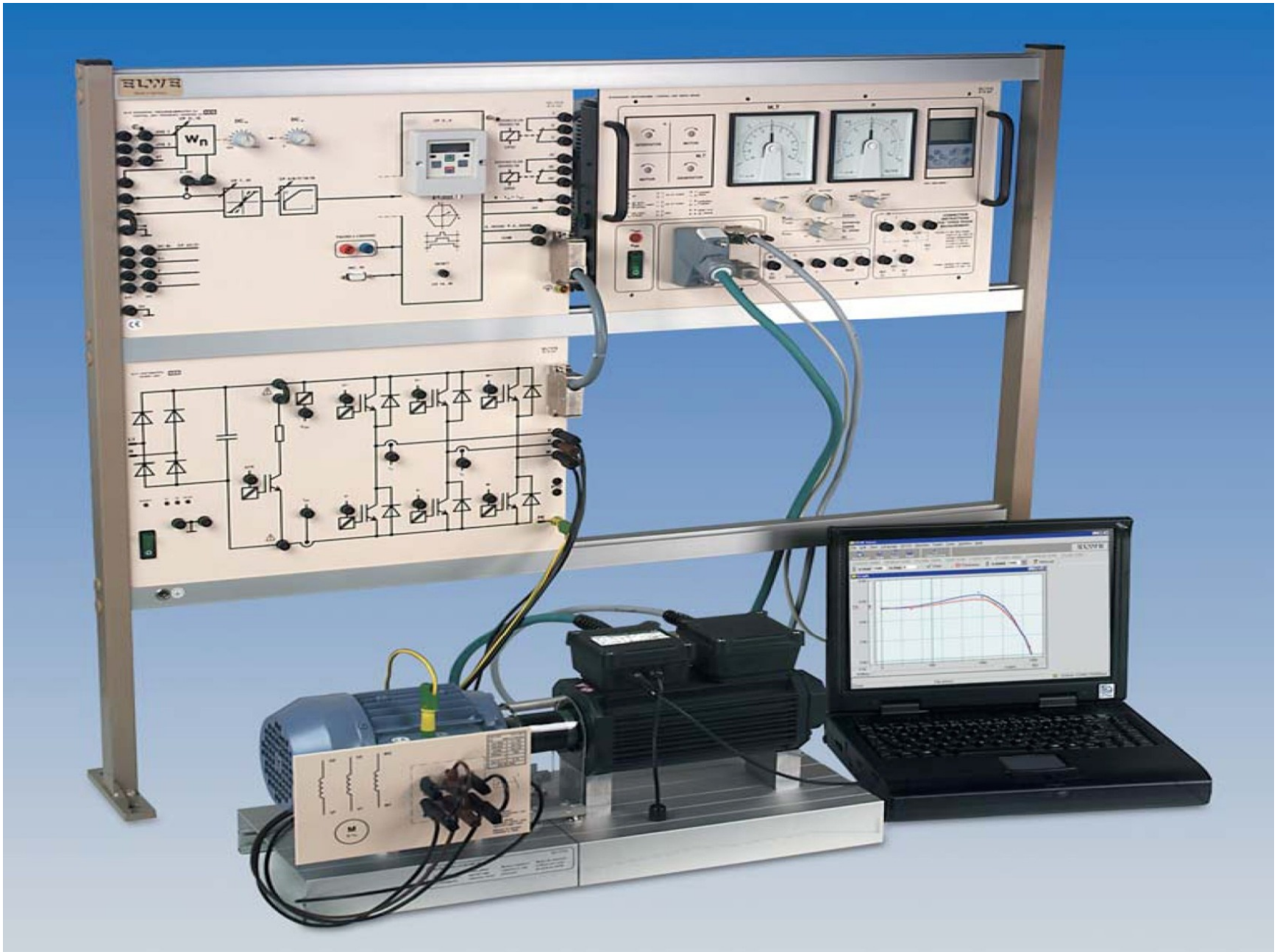
نکته: نقاطی که شیب منفی دارند پایدار هستند.

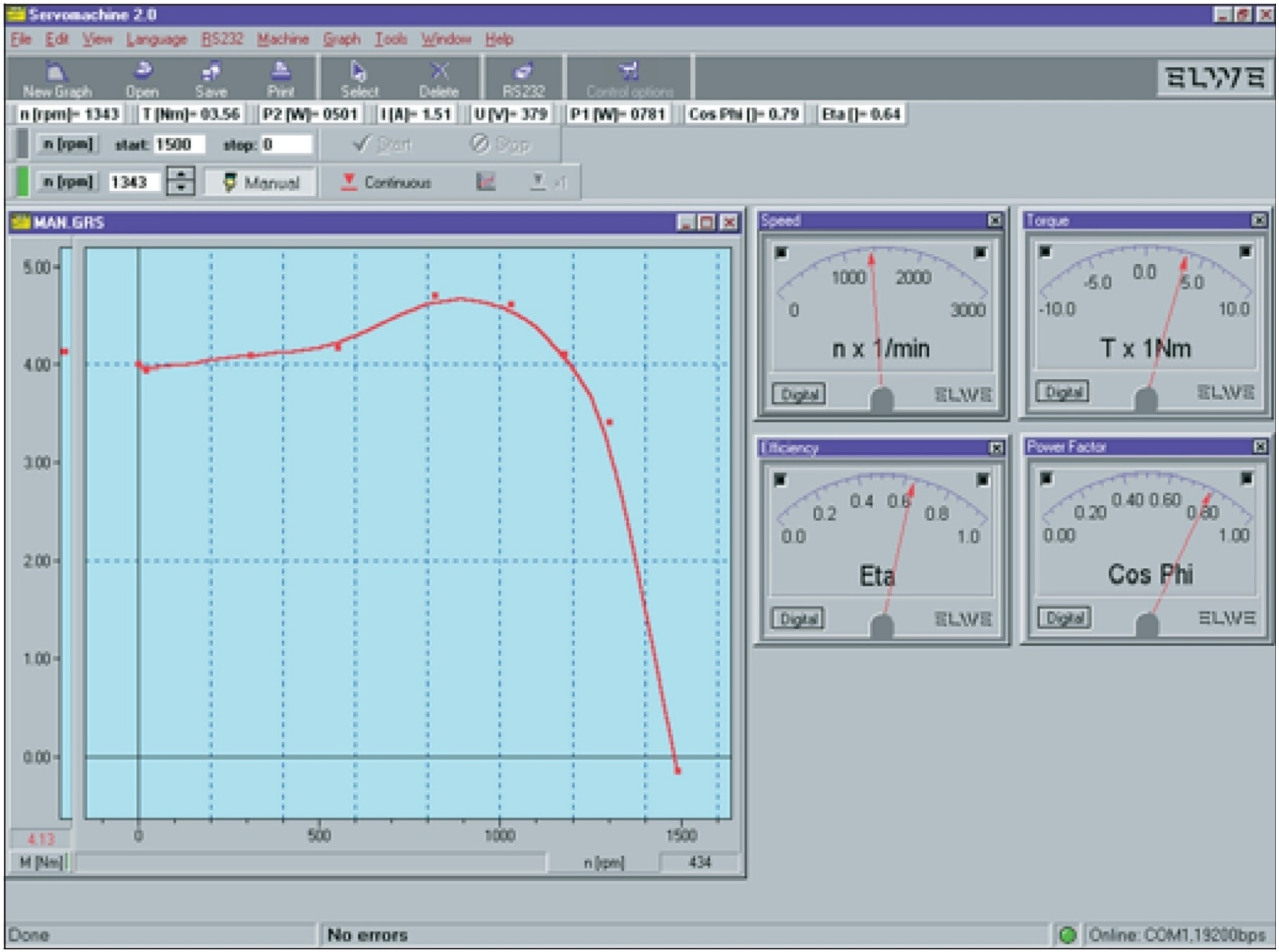
اگر $T_s \langle T_n$ باشد موتور راه نمی افتد

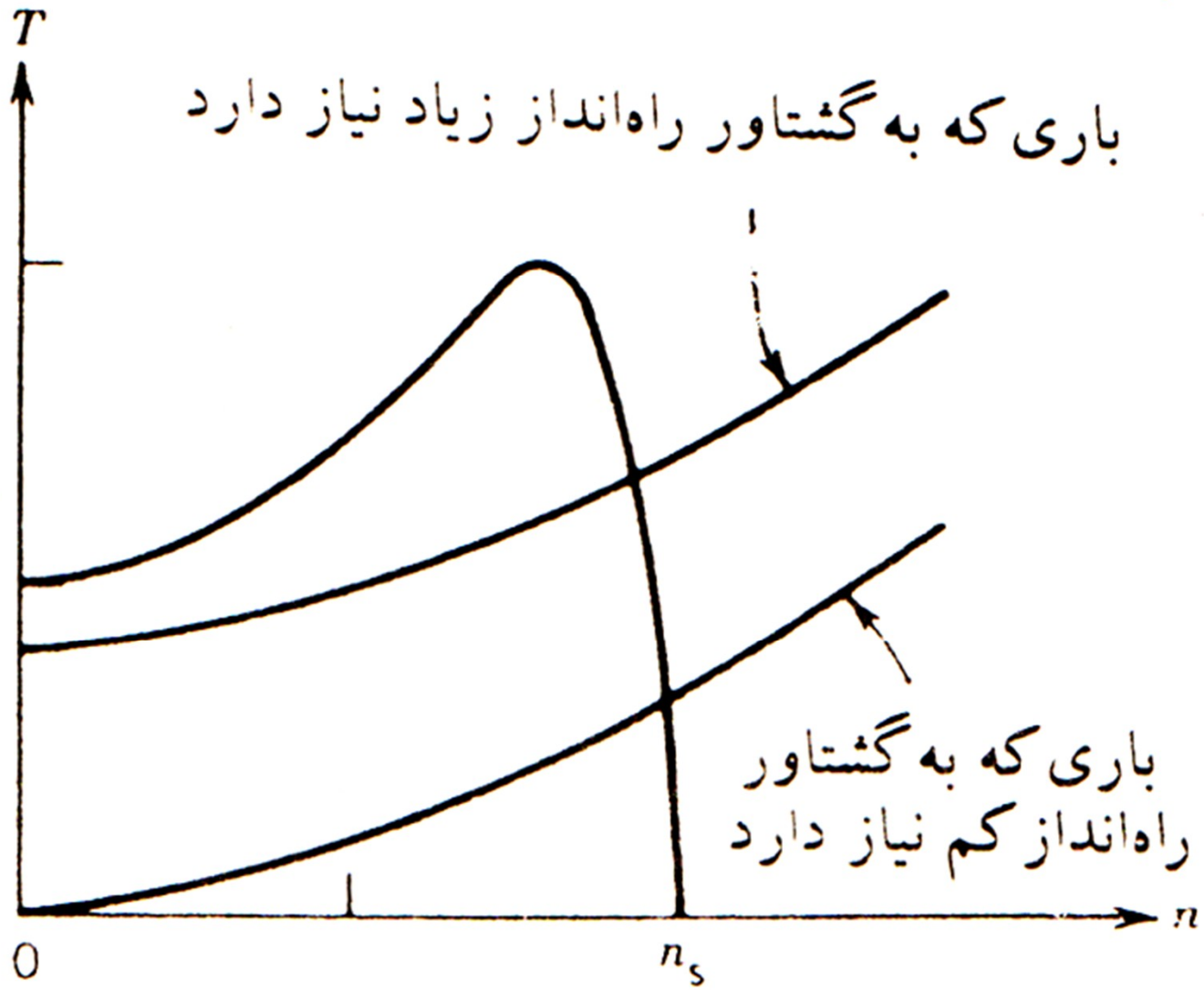


شکل ۱۱ــ۳ــ تغییر نقطه کارموتور القایی روی مشخصه گشتاور ــ دور


ناحیه ترمزی
گشتاور
ناحیه موتوری
ناحیه مولدی
موتور
Te
Tem
Test
نقطه کار بار کامل
ns
2ns
-ns
سرعت رتور = nr
سرعت سنکرون = ns
مولد
nr =0
-100
-50
0
50
100
150
200
سرعت
2·0
1·5
1·0
0·5
0
-0·5
-1·0
لغزش



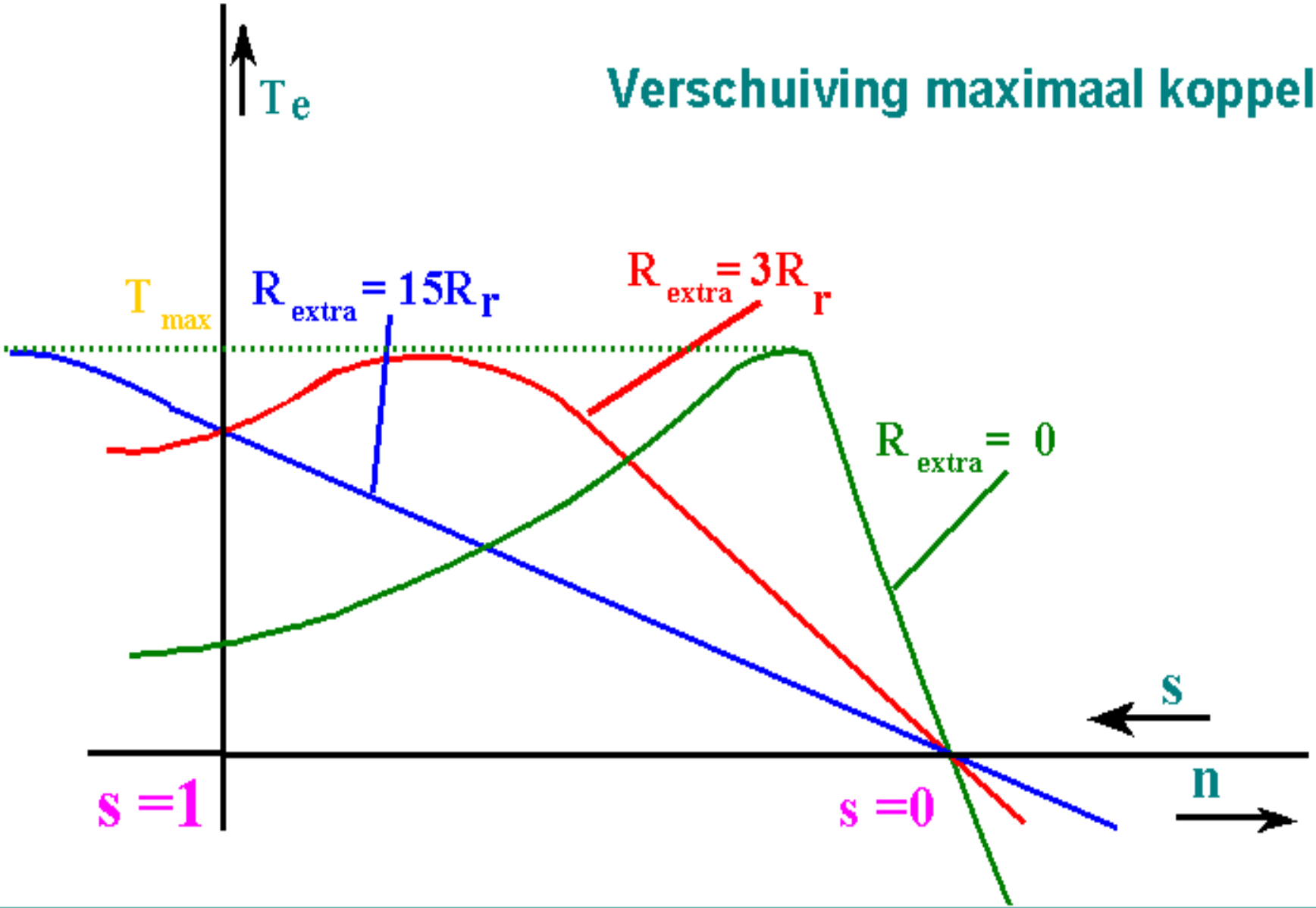

Servomachine 2.0
File Edit View Language RS232 Machine Graph Tools Window Help
New Graph Open Save Print Select Delete RS232 Control options
ELWE
n [rpm]= 1343 T [Nm]= 03.56 P2 [W]= 0501 I [A]= 1.51 U [V]= 379 P1 [W]= 0781 Cos Phi []= 0.79 Eta []= 0.64
n [rpm] start: 1500 stop: 0 Start Stop
n [rpm] 1343 Manual Continuous
MAN.GRS
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
4.13
0
500
1000
1500
M [Nm]
n [rpm]
434
Speed
1000
2000
0
3000
n x 1/min
Digital
ELWE
Torque
-5.0
0.0
5.0
-10.0
10.0
T x 1Nm
Digital
ELWE
Efficiency
0.2
0.4
0.6
0.8
0.0
1.0
Eta
Digital
ELWE
Power Factor
0.20
0.40
0.60
0.80
0.00
1.00
Cos Phi
Digital
ELWE
Done
No errors
Online: COM1,19200bps

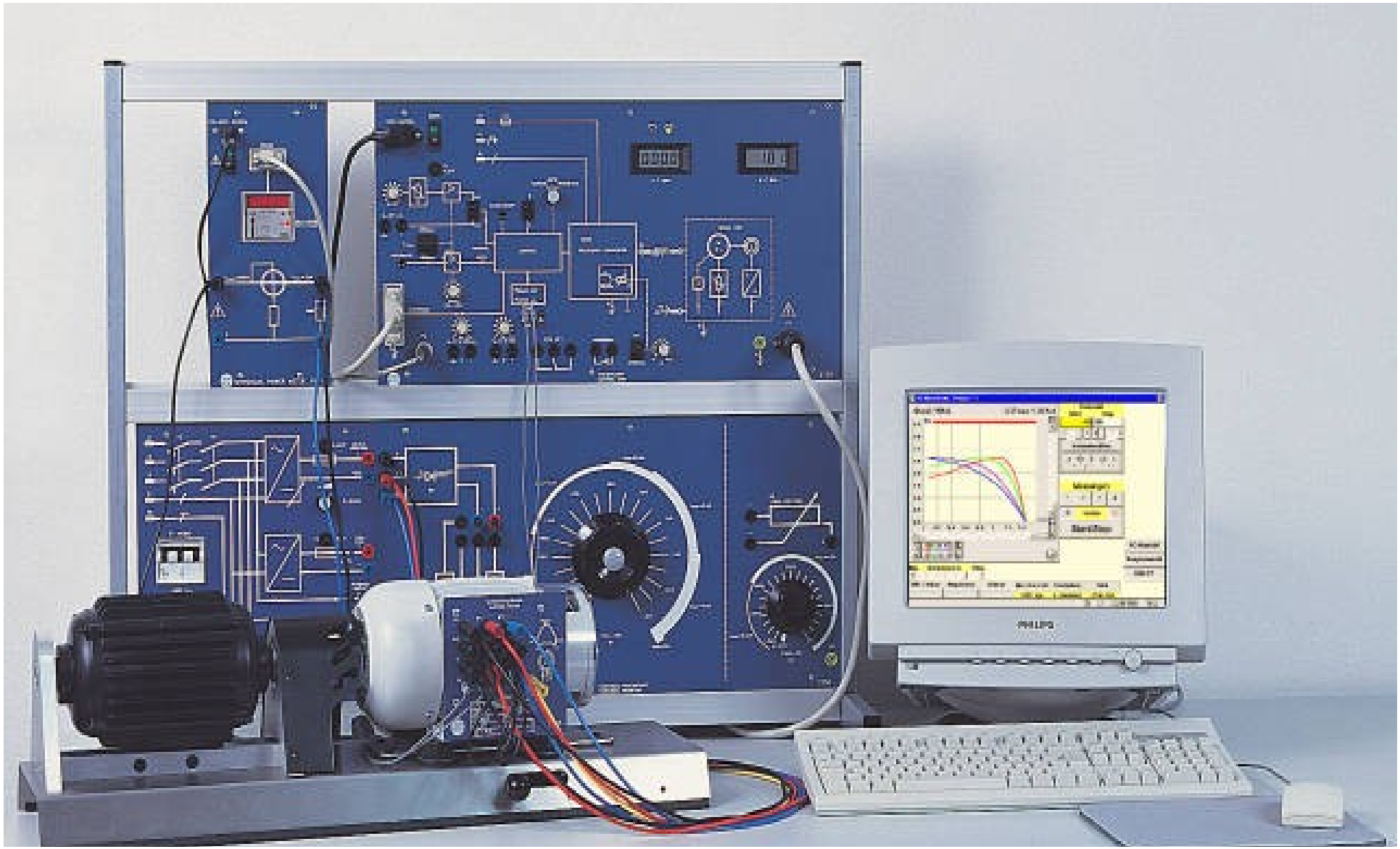

T
باری که به گشتاور راه‌انداز زیاد نیاز دارد
باری که به گشتاور
راه‌انداز کم نیاز دارد
n
0
n_s

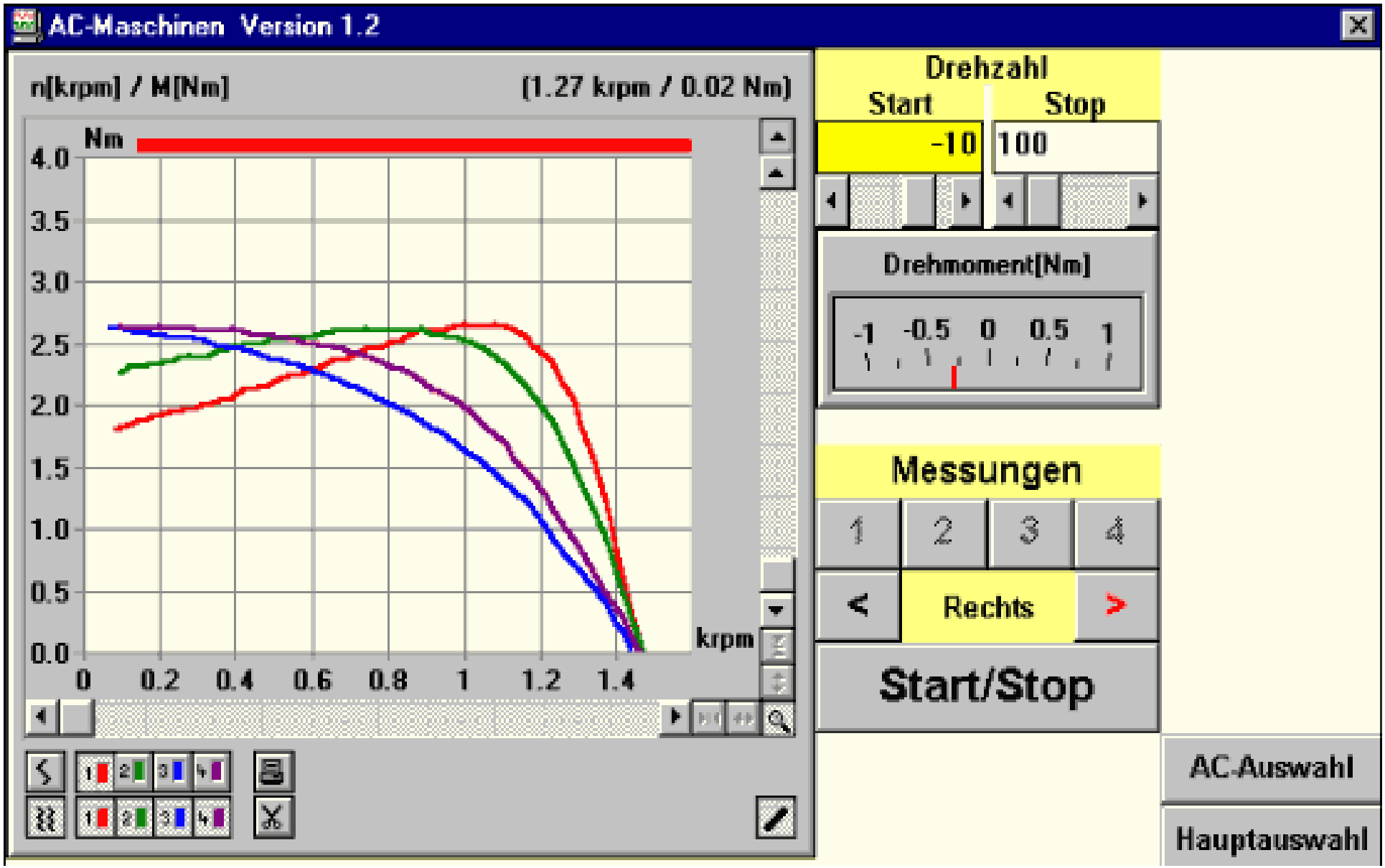
تمرین:

یک موتور القایی می خواهد یک بار گشتاور ثابت50N.mرا بگرداند چنانچه گشتاور راه اندازی این ماشین 65N.m باشد چقدر میتوان ولتاژ تغذیه را کاهش داد تا موتور در هنگام راه اندازی زیر بارنخوابد؟

Weerstandsturing






AC-Maschinen Version 1.2
n[krpm] / M[Nm]
(1.27 krpm / 0.02 Nm)
Nm
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
krpm
Drehzahl
Start
Stop
-10
100
Drehmoment[Nm]
-1
-0.5
0
0.5
1
Messungen
1
2
3
4
<
Rechts
>
Start/Stop
AC-Auswahl
Hauptauswahl

برای حل مسائل این فرمول را به‌خاطر بسپارید

$$\frac{\text{گشتاور کار}}{\text{گشتاور راه‌اندازی}} = \frac{T}{T_s} = \frac{S(S_m^{۲}+۱)}{S_m^{۲}+S^{۲}}$$

$$\frac{\text{گشتاور کار}}{\text{گشتاور بحرانی}} = \frac{T}{T_m} = \frac{۲}{\frac{S_m}{S} + \frac{S}{S_m}}$$

برای حل مسائل این فرمول را به‌خاطر بسپارید

مثال:یک موتور القایی دو قطب در 3000r.p.m /60Hz/، دارای حداکثر گشتاور خود است که مقدار آن نیز برابر 28.5N.m می باشد مطلوبست :

الف)گشتاور راه اندازی ؟

ب)گشتاور موتور در سرعت2400r.p.m

ج)در چه نقاطی (بر حسب لغزش)گشتاور ماشین نصف گشتاور حداکثر است؟

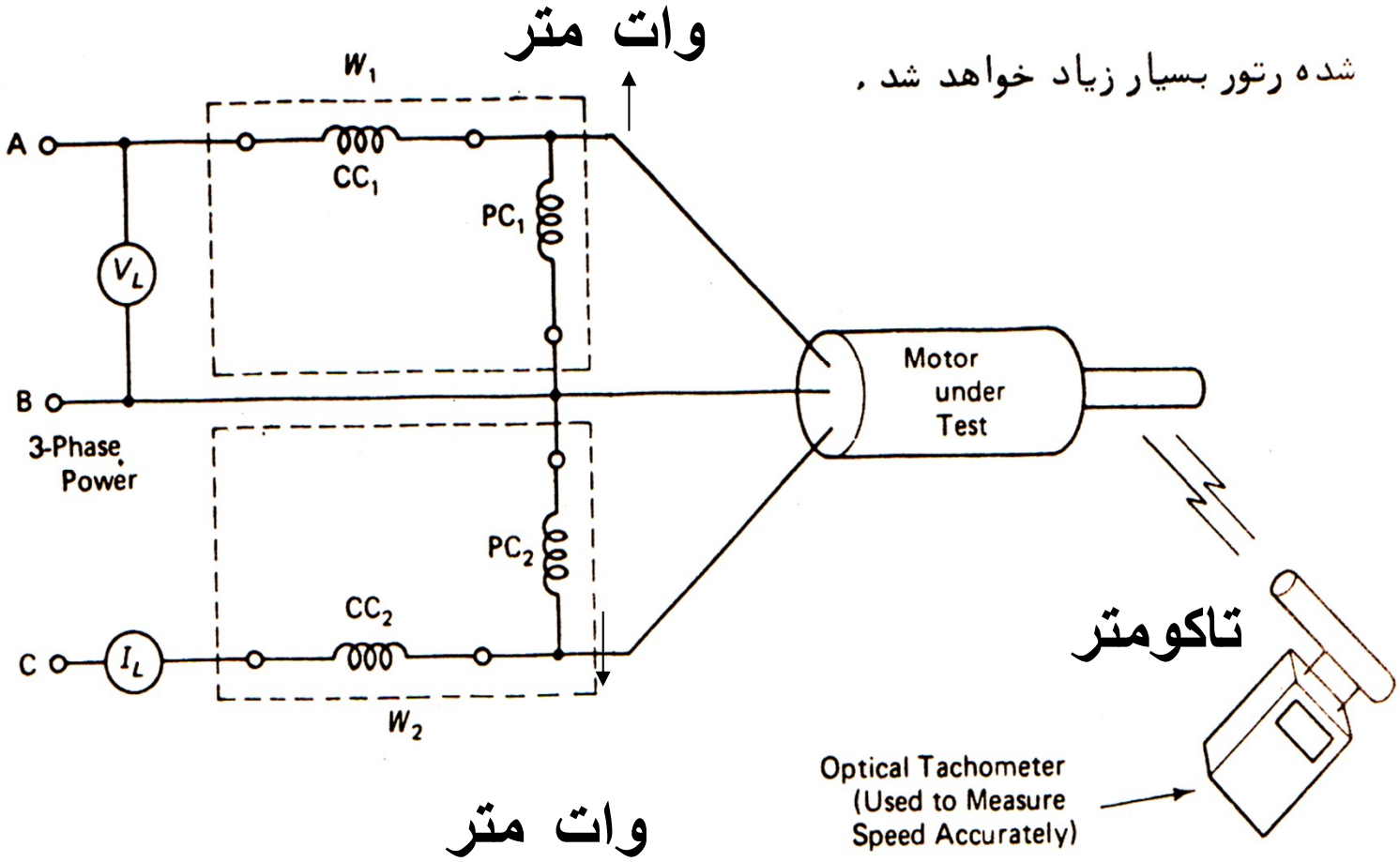
تمرین:

یک موتور القایی سه فاز و چهار قطب و60Hz وقتی به ولتاژنامی وصل است بدون بار می چرخد و 3kw مصرف میکند وقتی از حرکت روتور در 30٪ ولتاژ نامی جلوگیری می شود جریان نامی میکشد و توان ورودی 4kw مصرف می کند با فرض اینکه تحت بار نامی تلفات مسی استاتور و روتورمساوی بوده و تلفات مکانیکی 30 ٪ تلفات بی باری است

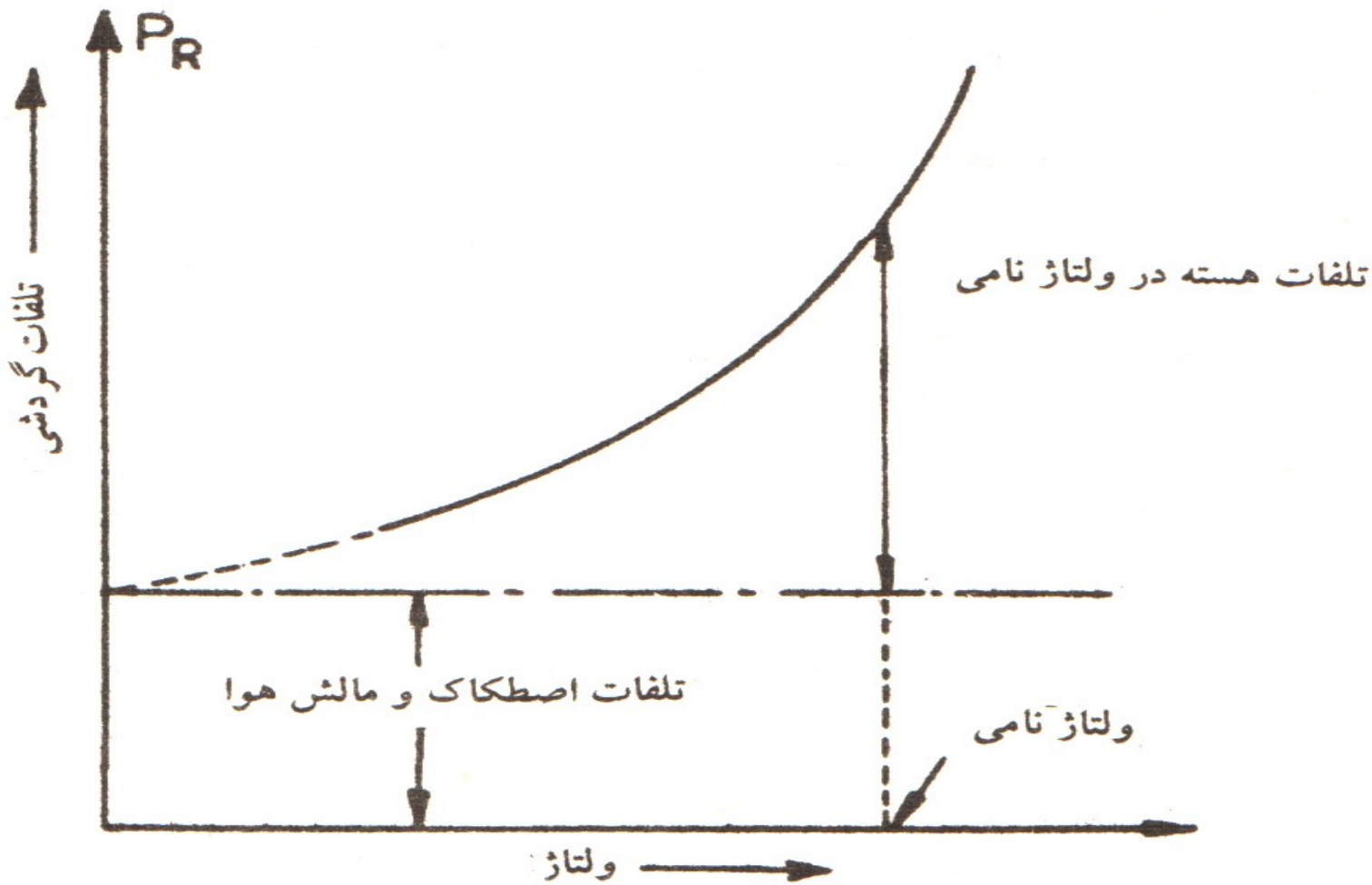
الف) لغزش در بار نامی .

ب) گشتاور راه اندازی موتور با ولتاژ نامی را بدست آورید.

شده رتور بسیار زیاد خواهد شد .



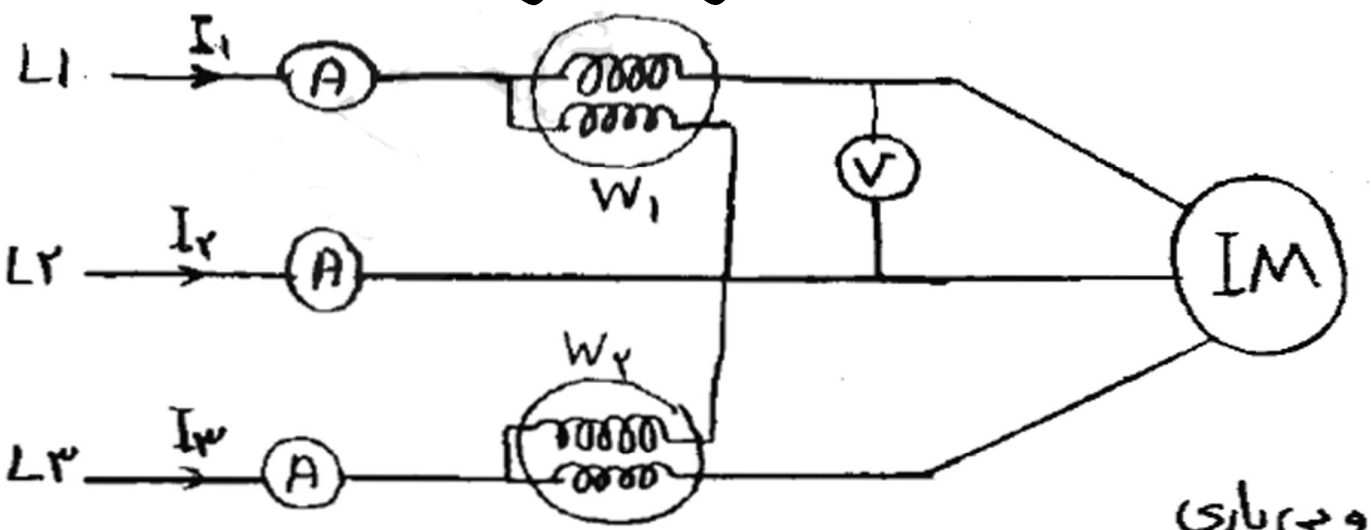
شکل ۱۳ ــ ۹ : مدار مربوط به آزمایش تعیین تلفات در موتورهای القائی سه‌فاز



شکل ۲۸-۶: تغییرات تلفات گردشی با ولتاژ

۲-۱۲ آزمایش بی باری

وات متر



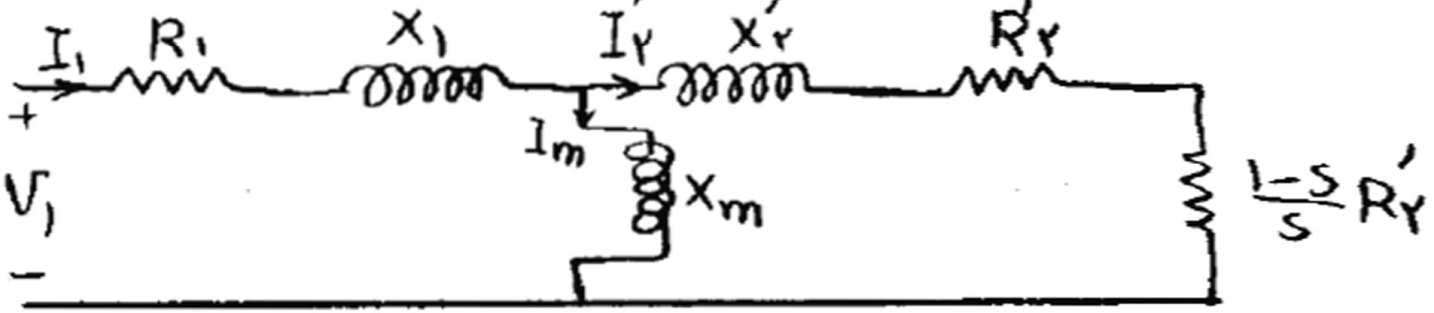
هدف : تلفات چرخشی

شرایط آزمایش :

ولتاژ و فرکانس نامی و بی باری

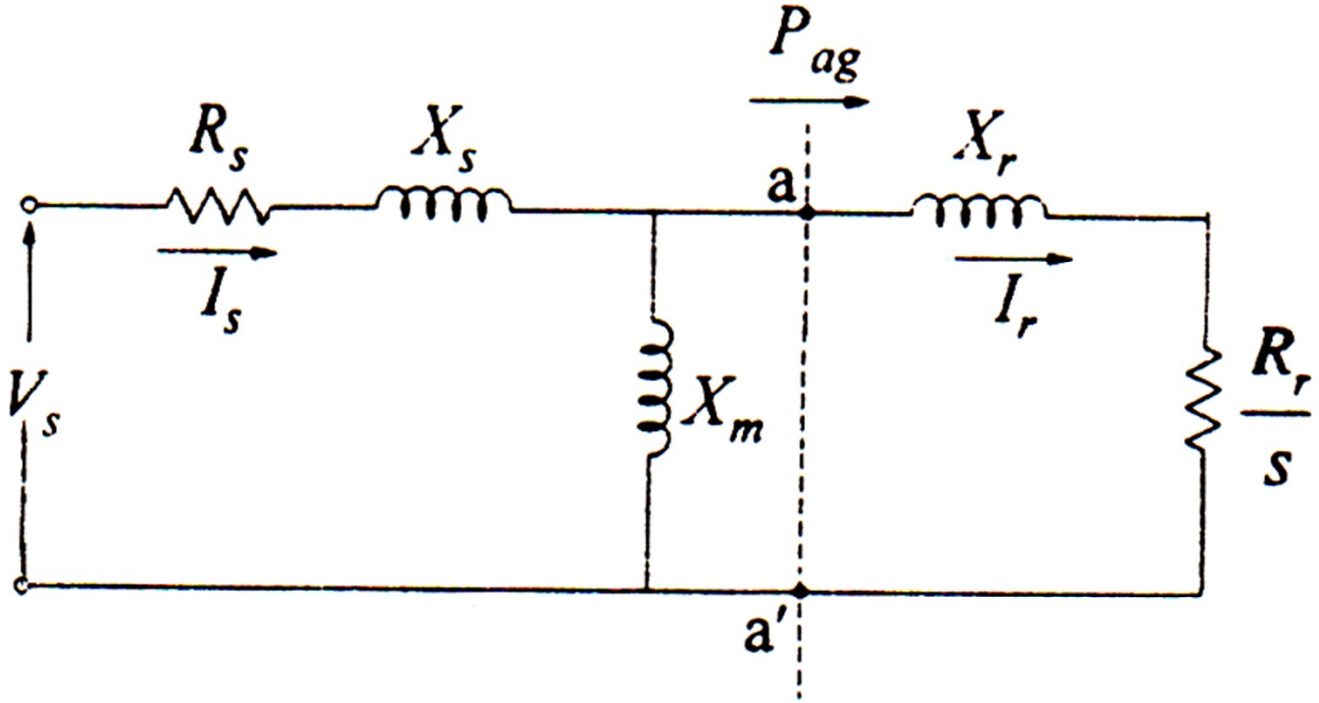
بخاطر تلفات هسته

$$P_{in} = P_1 + P_{core} + P_2 + P_{f\&w} + P_{out}^{0}$$

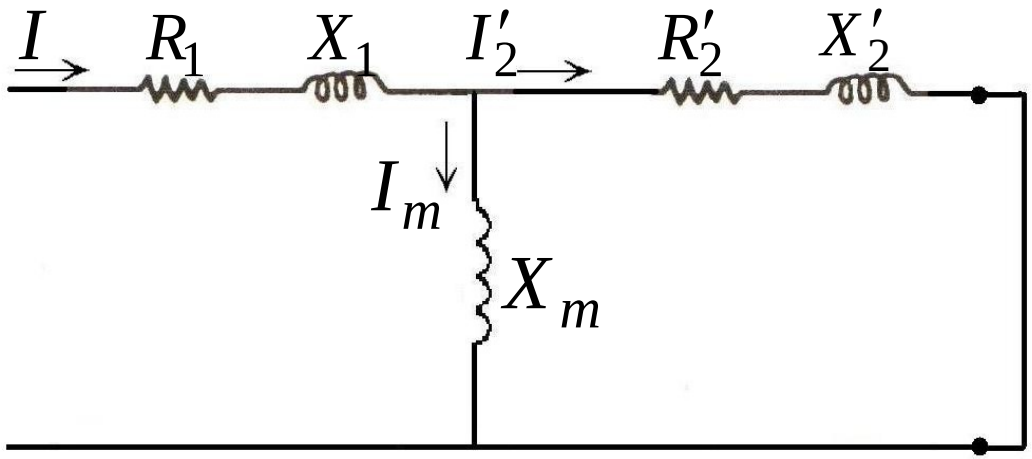


مدار معادل در بی باری:

بدلیل لغزش نزدیک صفر حلقه دوم مدار معادل حذف می شود.



شکل ۷-۷ مدار معادل ماشین القایی سه فاز



← اتصال کوتاه

روتور قفل شده (یا BR) Lokc Rotor

$$3(R_{1+}R_2') = \frac{P_{LR}}{I_{LR}^2}$$

$$Z_{LR} = \frac{V_{LR}}{I_{LR}}$$

$$X_{LR} = \sqrt{Z_{LR}^2 - R_{LR}^2}$$

$$R_{LR} = R_1 + R_2'$$

$$\boxed{X_{LR} = X_1 + X_2'}$$

با استفاده از جدول کلاس روتور (A،B،C،D) قابل تفکیک است .

نکته: در موتور روتور سیم پیچی $X1=X2'$
ودرموتور روتور قفسی بسته به کلاس روتور مقدار آن دوطبق جدول تغییر خواهد کرد .

$$X_{LR} = X_1 + X_2'$$

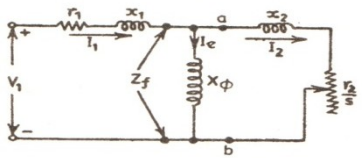
کلاس	X_1	X_2'
A		
B		
C		
D		

مثال: نتایج آزمایش یک موتور القایی روتور قفسی 10kw / 400v چهار قطب با اتصال مثلث به قرار زیر است :

آزمایش	P	V	I
بی باری	۲۵۰	۴۰۰	۸
روتور قفل شده	۱۳۵۰	۹۰	۳۵
DC		R_1= ۰.۶ Ω	

تلفات گردش و پارامترهای مدار را محاسبه کنید.

آزمایش بی باری:



شکل ۱۴-۶: مدار معادل موتور القائی بدون تلفات هسته

$$P_{rotation} = P_0 - P_{cuS} = 250 - \left[3\left(\frac{I_{L\Delta}}{\sqrt{3}} \right)^2 \times R_{dc} \times 1.2 \right] =$$

چرخشی

سه سیم پیچ

به خاطر اتصال Δ

ضریب افزایش مقاومت اهمی در جریان متناوب

R_{ac}

$$= 250 - 3\left(\frac{8}{\sqrt{3}} \right)^2 \times 0.6 \times 1.2 = 203.92\,W$$

$$P_{fe} + P_{mec} = 203.92\ W$$

$$Z_{nl} = \frac{U_{L_\Delta}}{\frac{I_L}{\sqrt{3}}} = \frac{400}{\frac{8}{\sqrt{3}}} = 86.6\Omega$$

$$R_{nl} = \frac{P_0}{3\left(\frac{I_L}{\sqrt{3}}\right)^2} = \frac{250}{3\left(\frac{8}{\sqrt{3}}\right)^2} = 3.91\,\Omega$$

$$X_{nl} = \sqrt{{Z_{nl}}^2 - R_{nl}^2} = \sqrt{86.6^2 - 3.91^2} = 86.51\Omega$$

$$Z_{br} = \frac{V_{br}}{\frac{I_{L\Delta}}{\sqrt{3}}} = \frac{90}{\frac{35}{\sqrt{3}}} = 4.45\Omega$$

$$R_{br} = \frac{P_{br}}{3\left(\frac{I_{br}}{\sqrt{3}}\right)^2} = \frac{1350}{3\left(\frac{35}{\sqrt{3}}\right)^2} = 1.1\Omega$$

$$R_{br} = R_1 + R_2 \Rightarrow$$

$$R_2 = R_{br} - R_1 = 1.1 - (0.6 \times 1.2) = 0.38\Omega$$

$$R_2 = 0.38\Omega$$

$$X_{br} = \sqrt{Z_{br}{}^2 - R_{br}^2} = \sqrt{4.45^2 - 1.1^2} = 4.31\Omega$$

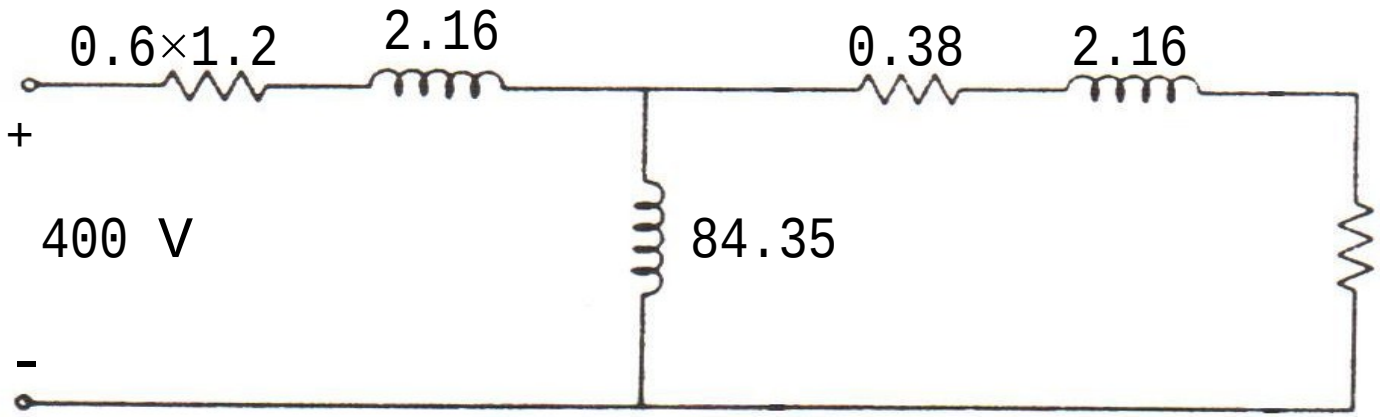
نکته : کلاس روتور

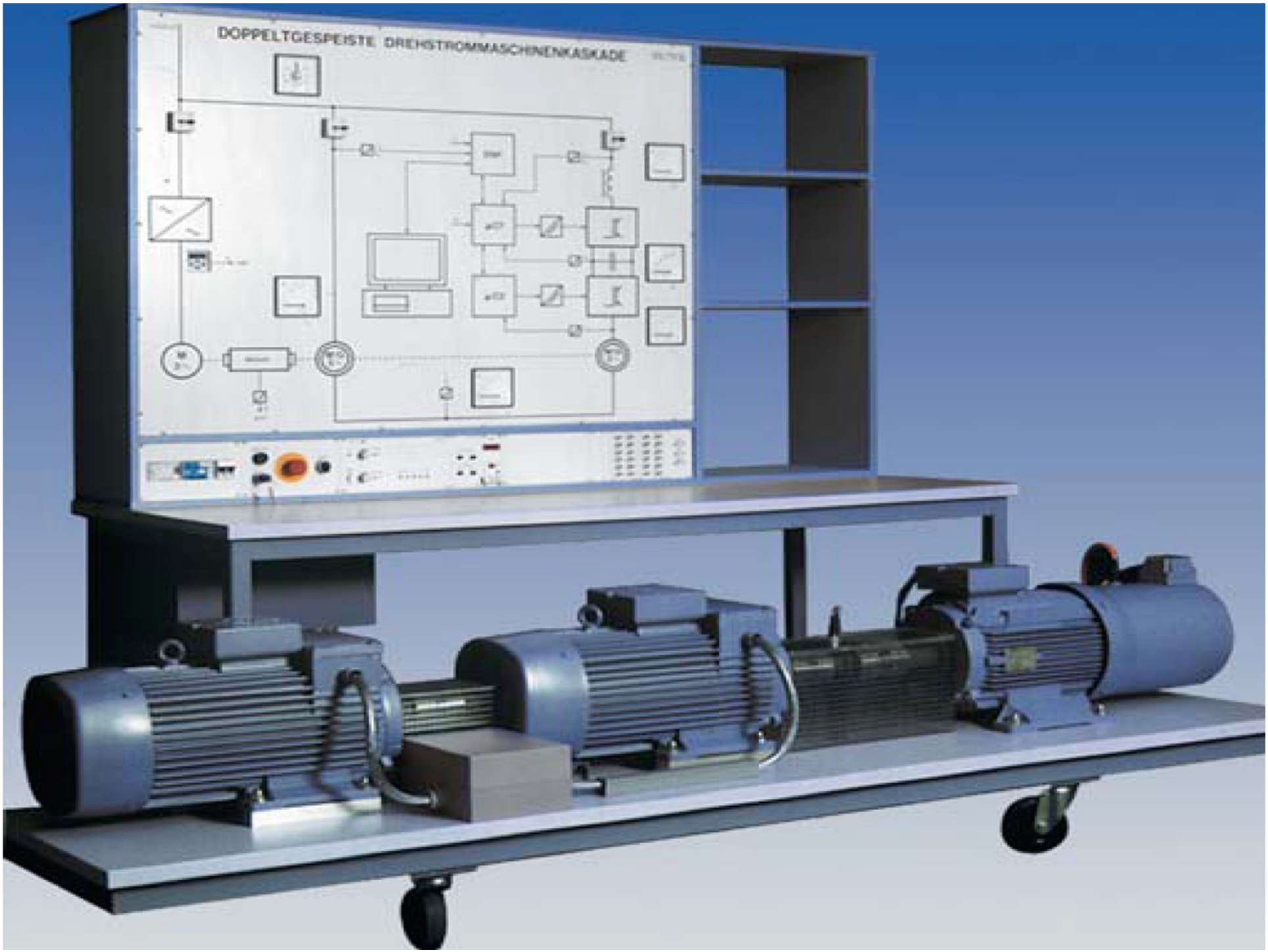
$$X_2 = X_1 = 2.16$$

$$X_{nl} = X_m + X_1 \Rightarrow$$

$$X_m = X_{nl} - X_1 = 86.51 - 2.16 = 84.35\Omega$$

$$X_m = 84.35\Omega$$



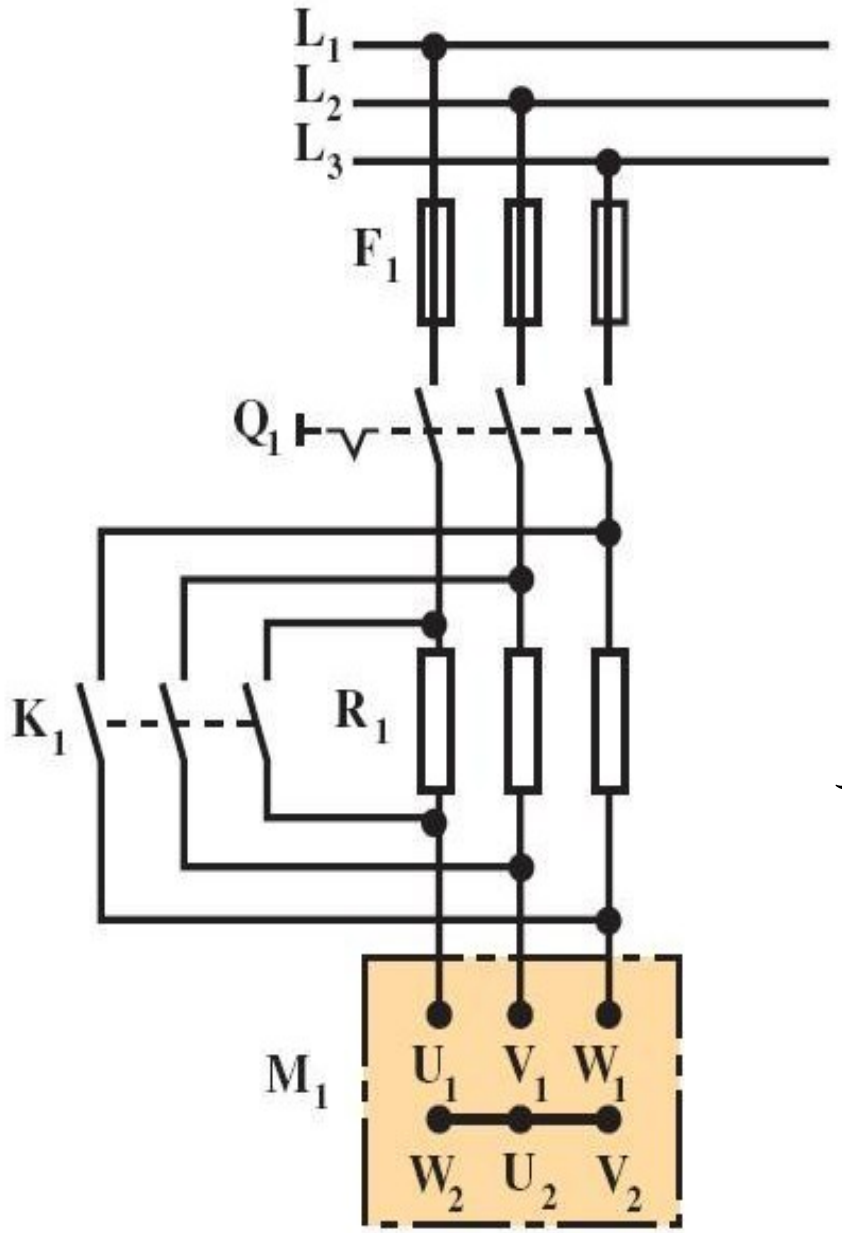

DOPPELTGESPEISTE DREHSTROMMASCHINENKASKADE

تمرین :

در یک موتور القایی سه فاز روتور قفسی10kw/ 420v / 2p=4 / f=50Hz با اتصال ستاره از آزمایش روتور قفل شده نتایج زیر بد ست آمده است.

210 V/20 A/5 Kw

تلفات هسته ای استاتور در ولتاژ و فرکانس نامی300w است.مقاومت dc محاسبه شده بین هر دوسر استاتور 0.6Ω است.گشتاور راه اندازی را در ولتاژ و فرکانس نامی بدست آورید .



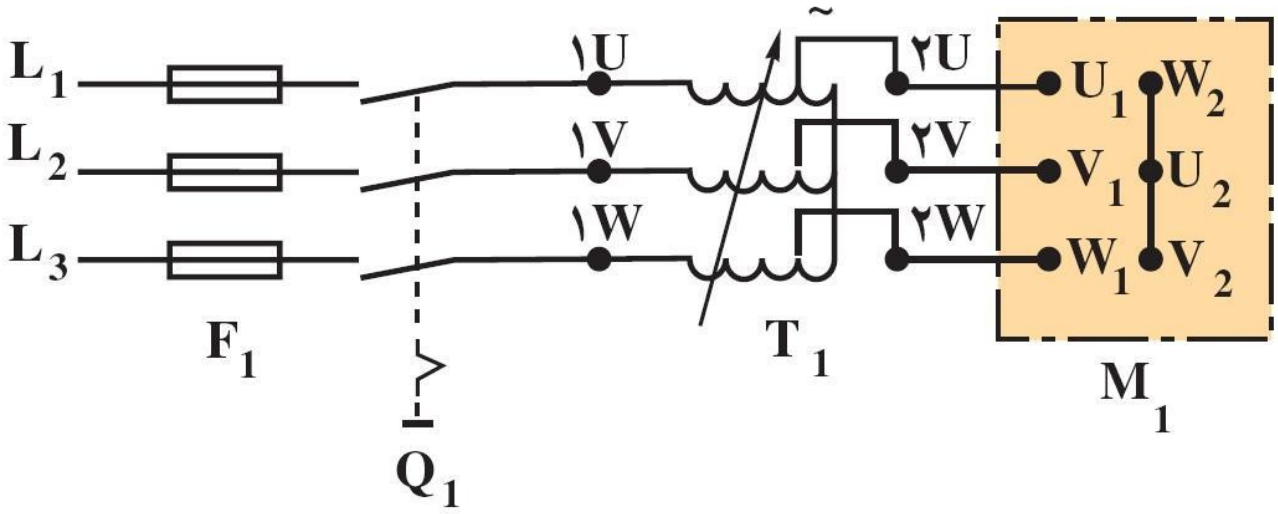
راه اندازی موتورهای القایی :

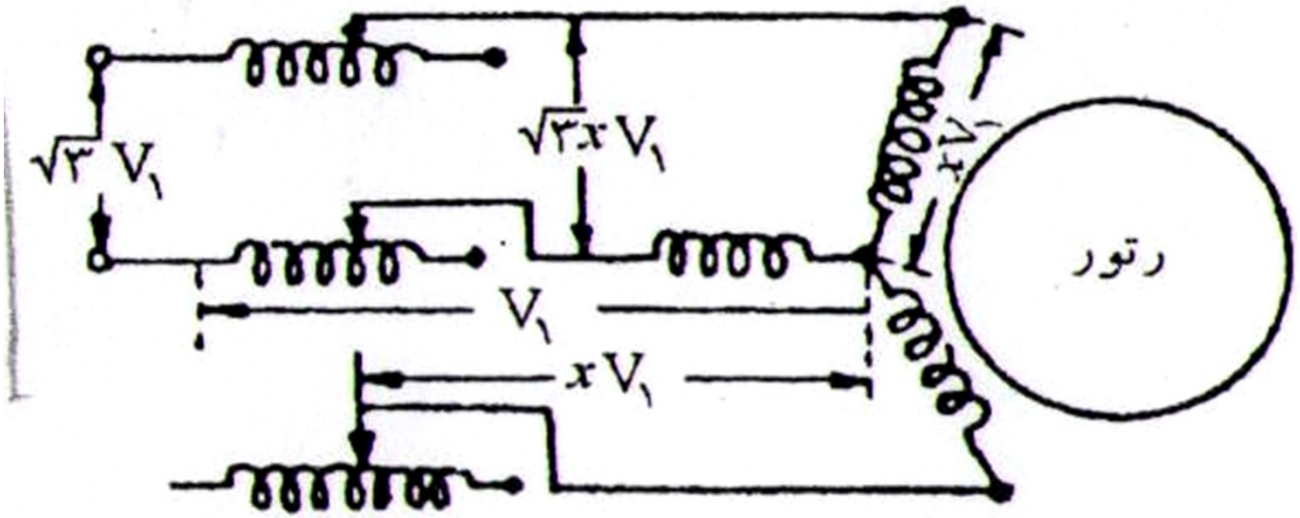
1)روشهای استاتوری :

الف)استفاده از مقاومتهای راه انداز در مسیر استاتور:

در این روش به منظور کاهش ولتاژ استاتور در هنگام راه اندازی از مقاومت یا راکتور (سیم پیچ راه انداز یا چک) در مسیر سیم پیچ استاتور استفاده می شود. بدین طریق جریان راه اندازی کاهش می یابد.

ب)استفاده از ترانسفورماتورهای راه اندازی:



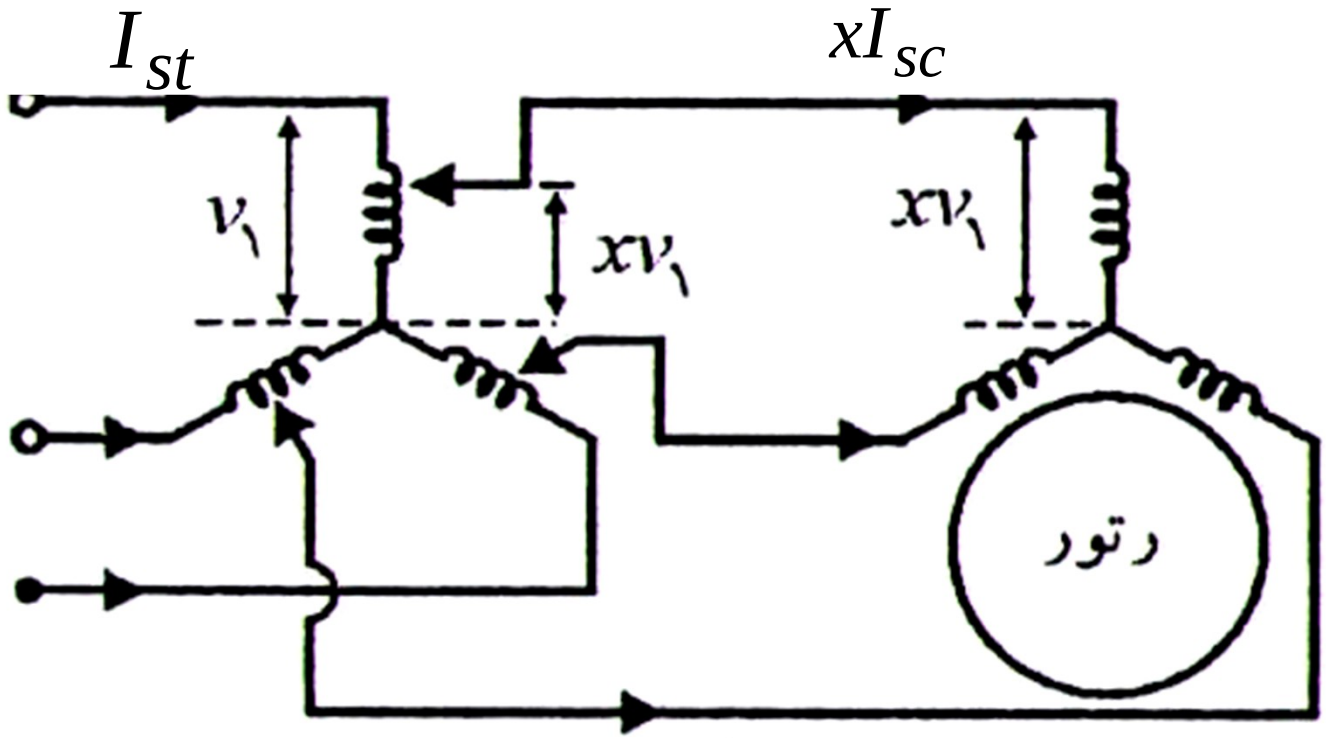


توجه: جریان با توان یک ولتاژ، نسبت مستقیم و گشتاور با توان دو ولتاژ، نسبت مستقیم دارد. مثلا اگر ولتاژ اعمال شده به سرهای ورودی موتور ۵۰٪ کم شود جریان راه اندازی ۵۰٪ کاهش می یابد، اما گشتاور به ۲۵٪ گشتاور با ولتاژ نامی کاهش می یابد.

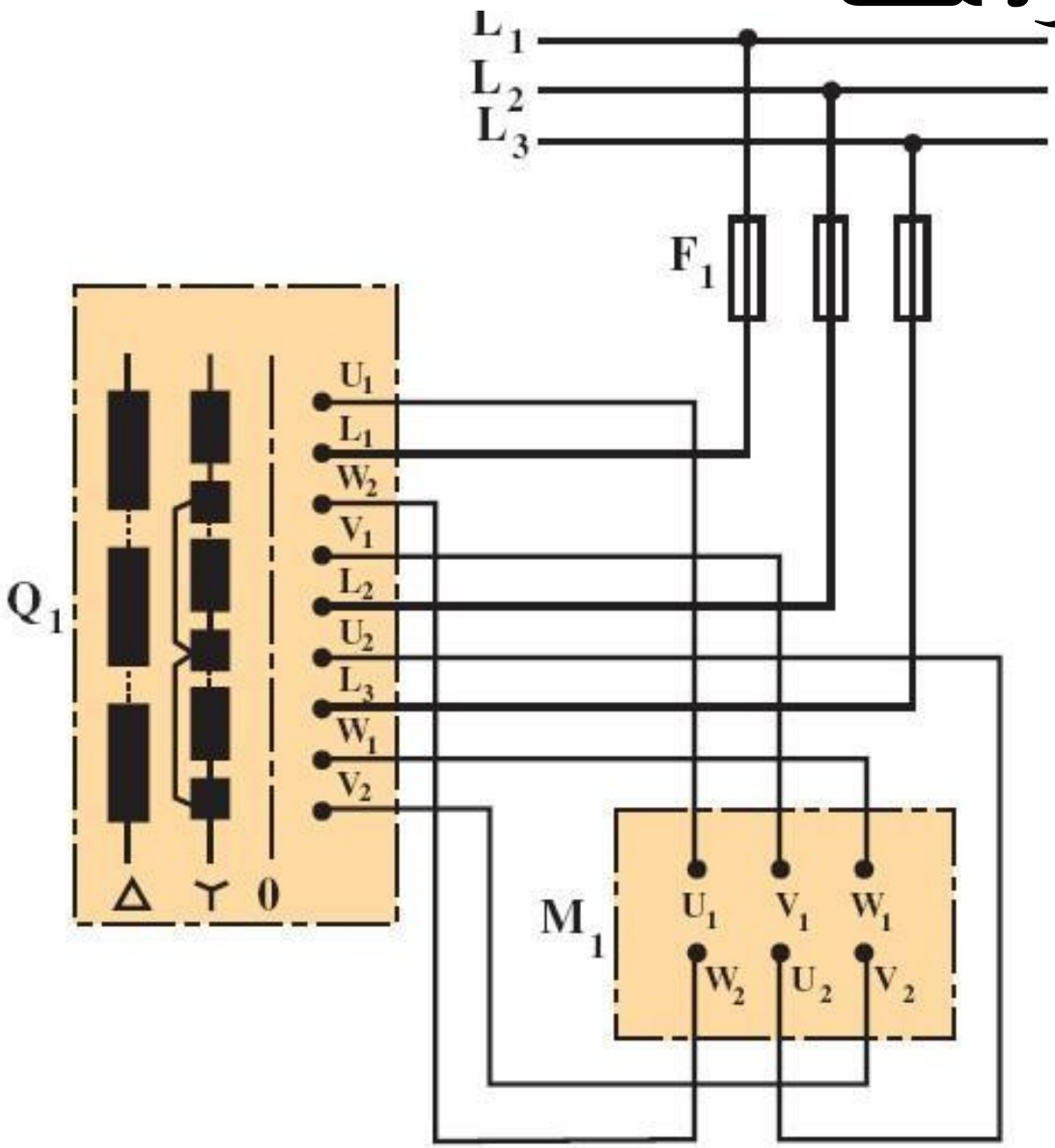
توجه: در لحظه راه اندازی، ولتاژ روی مقاومت یا راکتور راه انداز افت کرده و تنها کسر x (کمتر از ۱) از ولتاژ منبع روی استاتور ظاهر شده که جریان راه اندازی هر فاز I_s موتور را که از منبع می کشد کاهش می دهد. با سرعت گرفتن موتور مقاومت (رئوستا) به صورت مرحله ای از مدار خارج شده و نهایتا وقتی سرعت موتور نزدیک سرعت نامی رسید اتصال کوتاه می گردد.
از آنجا که ولتاژ هر فاز به xV_1 کاهش یافته لذا داریم

$$I_s = x\frac{V_1}{Z_1} = xI_{sc} \quad \text{و} \quad \frac{T_s}{T} = (\frac{I_{sc}}{I_f})^2.S \Rightarrow \boxed{\frac{T_s}{T} = x^2.(\frac{I_{sc}}{I_f})^2.S}$$

همانطور که دیده می شود نسبت گشتاور راه اندازی به گشتاور بار نامی، x^2 برابر حالت قبل(اتصال مستقیم موتور به شبکه) می باشد و همین طور جریان راه اندازی x برابر کاهش می یابد



ج)استفاده از کلید ستاره مثلث



نکته مهم: در این روش چون در ابتدای راه اندازی موتور به صورت ستاره(Y)به شبکه متصل می شود لذا ولتاژ فازی و همچنین جریان فازی نسبت به حالت مثلث $\sqrt{3}$برابر کاهش می یابد. در نتیجه جریان خط، توان و گشتاور در زمان راه اندازی $\frac{1}{3}$برابر حالت مثلث خواهد بود

$$\frac{\text{جریان راه اندازی با راه انداز ستاره مثلث}}{\text{جریان راه اندازی با راه اندازی مستقیم به خط با اتصال مثلث}} = \frac{I_{sy}}{\sqrt{3}I_{sd}} = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}}\frac{V_L}{Z_1}}{\sqrt{3}\frac{V_L}{Z_1}} = \boxed{\frac{1}{3}}$$

$$\frac{\text{گشتاور راه اندازی با راه انداز ستاره مثلث}}{\text{گشتاور راه اندازی با راه اندازی مستقیم به خط با اتصال مثلث}} = \frac{(\frac{V_L}{\sqrt{3}})^2}{V_L^2} = \boxed{\frac{1}{3}}$$

$$\boxed{\frac{T_s}{T} = \frac{1}{3}(\frac{I_{sc}}{I_f})^2.S}$$

توجه: در راه اندازی با ترانسفورماتور، اگر نسبت ولتاژ خروجی به ولتاژ منبع $\frac{1}{\sqrt{3}}$ باشد، جریان راه اندازی و گشتاور راه اندازی هردو $\frac{1}{3}$ مقدار نظیر راه اندازی مستقیم به خط با اتصال مثلث کاهش می یابد، یعنی با راه انداز ستاره مثلث، راه اندازی موتور معادل راه اندازی با اتوترانسفورماتوری است که ضریب تبدیل آن $x = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58$ (یعنی با تپ ۵۸٪) می باشد

توجه: راه انداز ستاره- مثلث در مقایسه با راه انداز اتوترانسفورماتوری ارزانتر است و بسیار کاربرد دارد

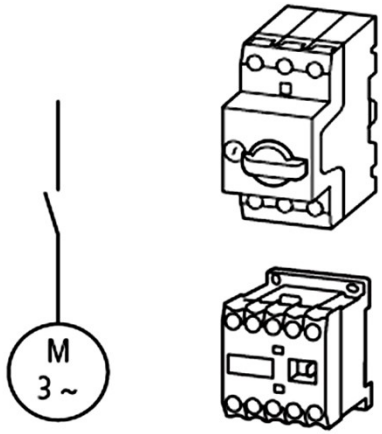
در مواقعی که لازم نباشد گشتاور راه اندازی بیش از $\frac{1}{5}$ برابر گشتاور بار نامی باشد به کار می رود مثل ماشین های ابزار، پمپ ها و موتور- ژنراتورها

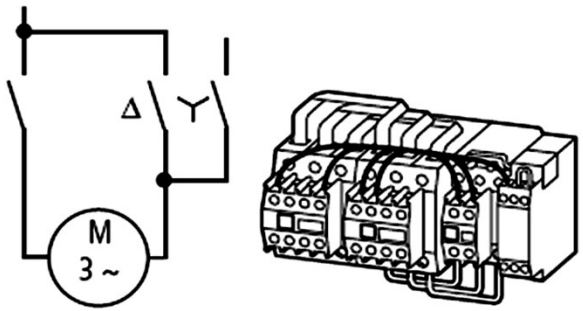
توجه: بدیهی است که این روش برای موتورهایی که ولتاژ فازی نامی آنها کمتراز ولتاژ شبکه باشد(یا موتورهایی که اتصال نامی آنها ستاره است) قابل اجرا نیست وهمچنین برای ولتاژهای خط بزرگتر از 3.3KV راه انداز ستاره مثلث به کار نمی رود چون سیم پیچی استاتور بصورت مثلث تعداد دور زیادی خواهد داشت که قیمت موتور را گزان خواهد کرد

نکته: برای حفاظت موتور القایی روتور قفسی سه فاز که بصورت مستقیم راه اندازی می شود از فیوز کندکار با ۶ برابر جریان نامی موتور استفاده می شود چون ولتاژ هر فاز برابر ولتاژ نامی موتور در زمان راه اندازی است $(V_{ph} = V_n)$

اما برای حفاظت موتور القایی روتور قفسی سه فاز که بصورت ستاره–مثلث راه اندازی می شود از فیوز کندکار با ۵/۱ برابر جریان نامی موتور استفاده می شود چون ولتاژ هر فاز برابر $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر ولتاژ نامی موتور در زمان راه اندازی است

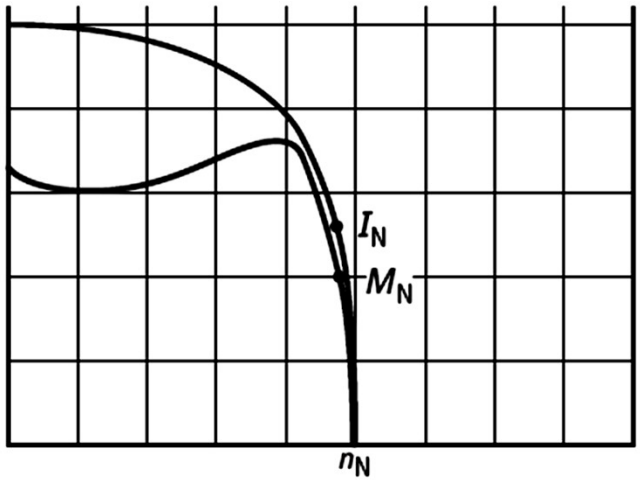
$$(V_{ph} = \frac{V_n}{\sqrt{3}})$$

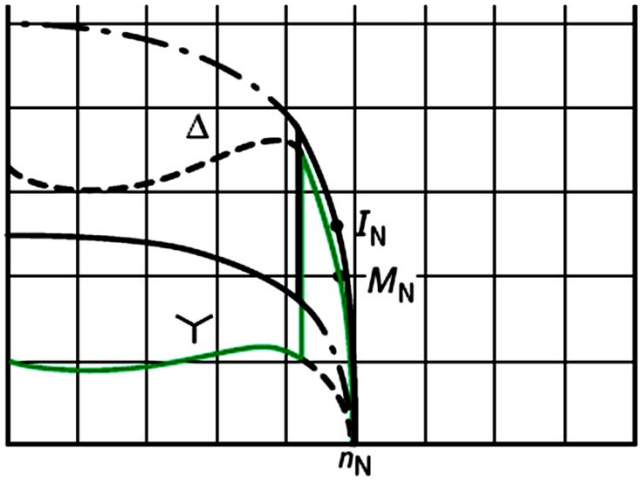


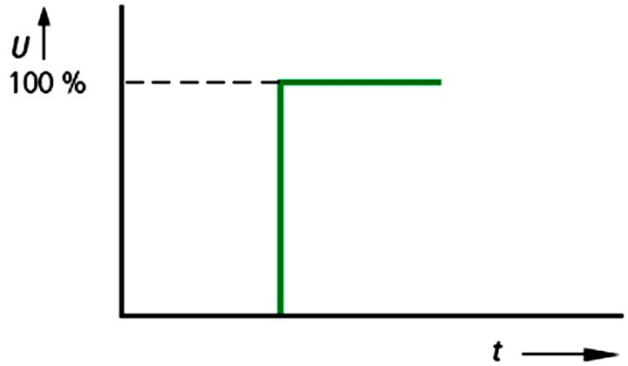


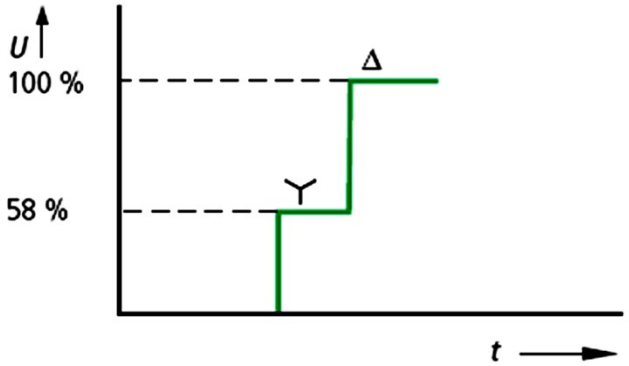
$M \sim I$, n = constant

$M_Y \sim \frac{1}{3} M_\Delta$, n = constant



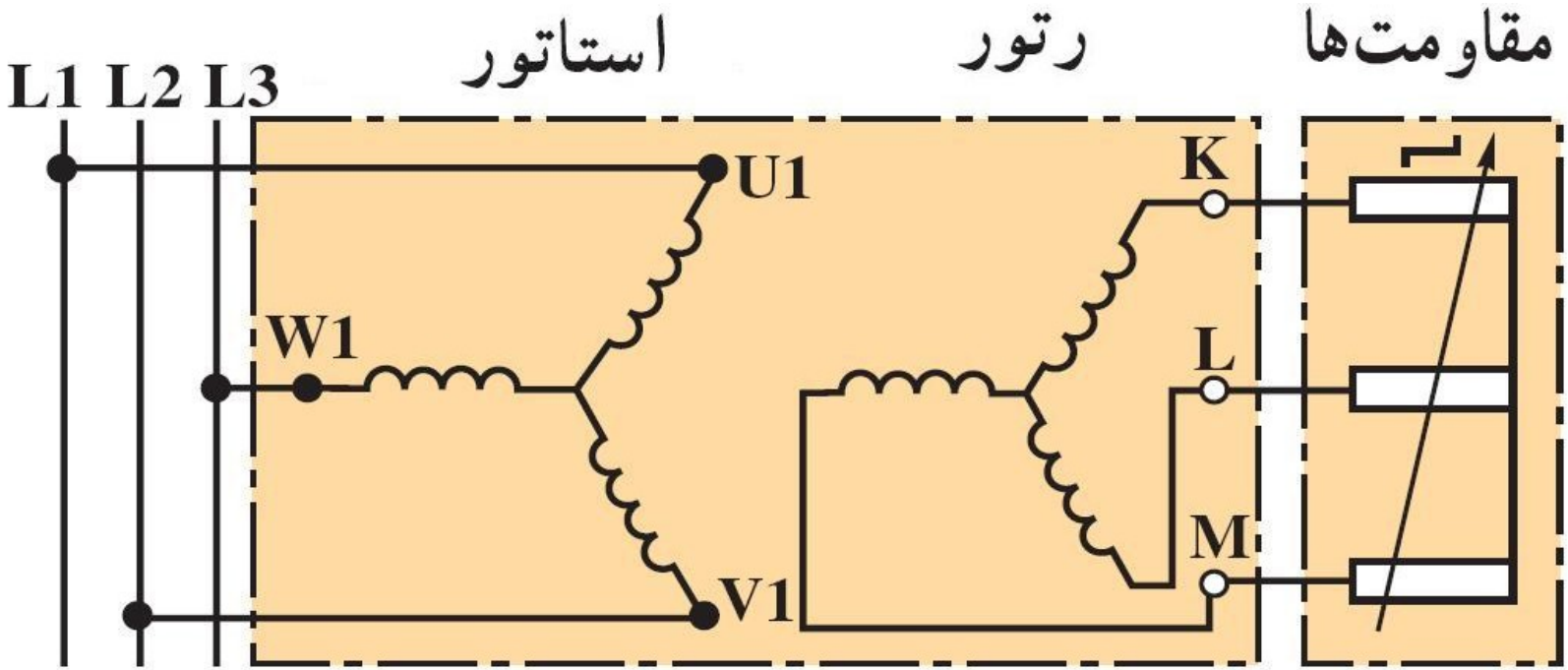






2)روش روتوری :

در این روش یک رئوستای اهمی در مدار روتور نصب می شود در ابتدای کارر ئوستا دارای مقدار حداکثر است و به مرور با سرعت گرفتن موتور رئوستا از مدار خارج می شود.



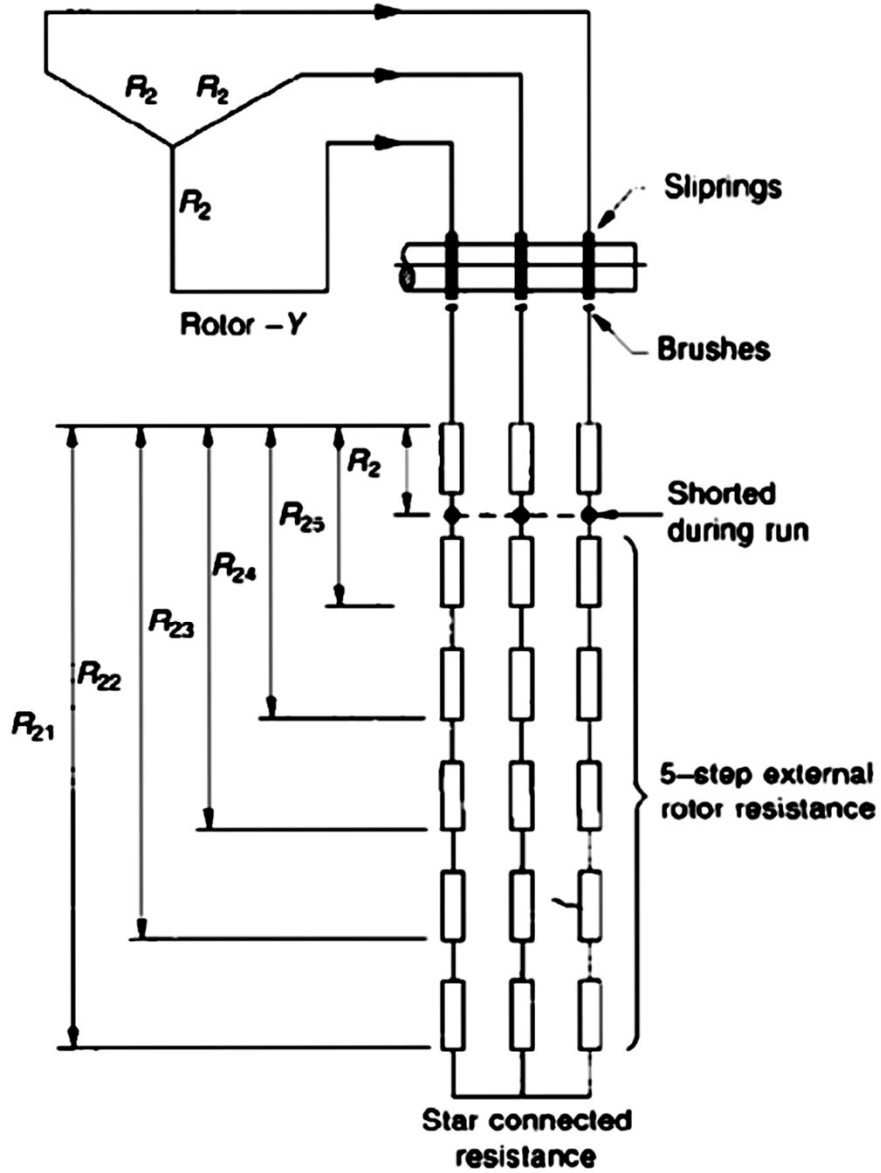
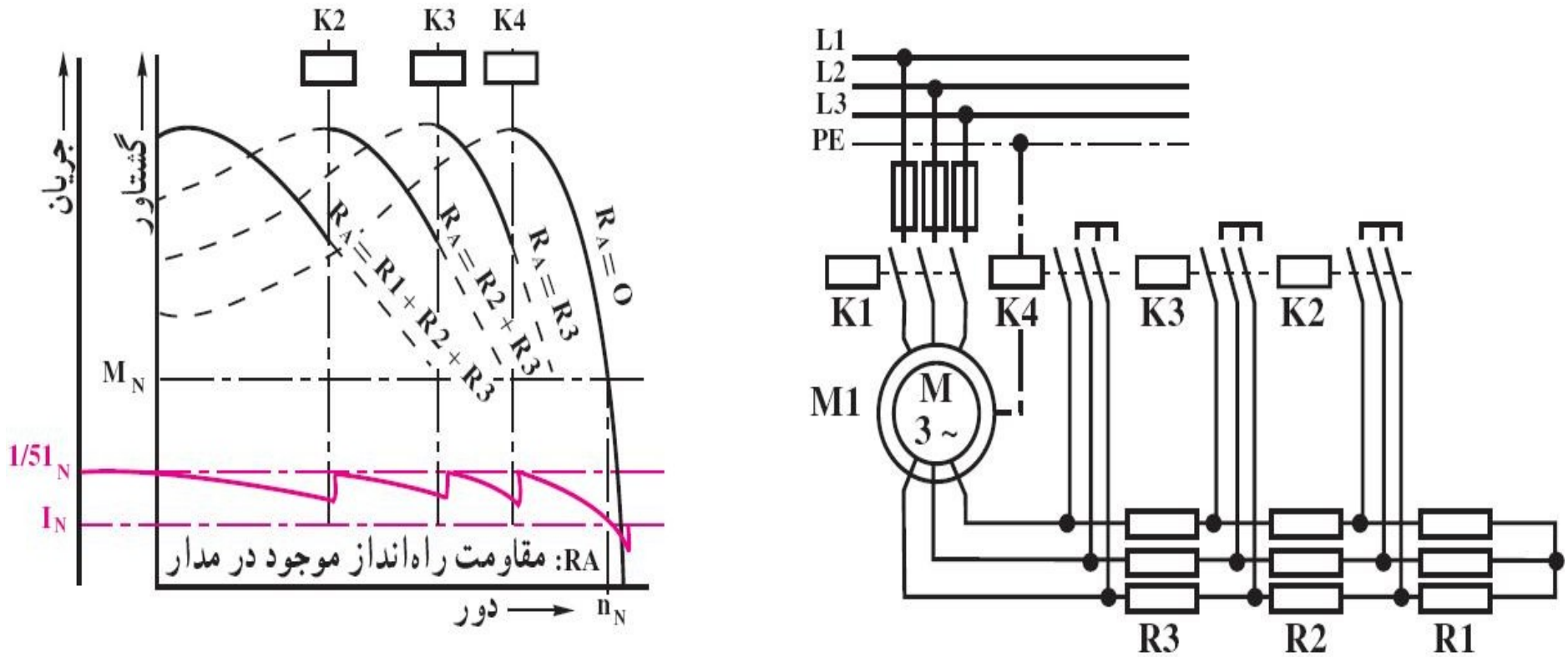


Figure 5.5 Five-step rotor resistance



الف ــ مدار کنتاکتوری راه‌اندازی ب ــ چگونگی تغییر مشخصه‌ها

نکته:اگر این رابطه برقرار شود Rr+Rrh=X2 علاوه برکاهش جریان راه اندازی، گشتاور راه اندازی نیز بطور چشمگیری افزایش می یابد .

نکته : چنانچه I_{st} جریان راه اندازی و T_{st} گشتاور راه اندازی باشد داریم :

$$\frac{T_{st}}{T} = \left|\frac{I_{st}}{I}\right|^2 .S$$

کنترل سرعت موتورهای القایی:

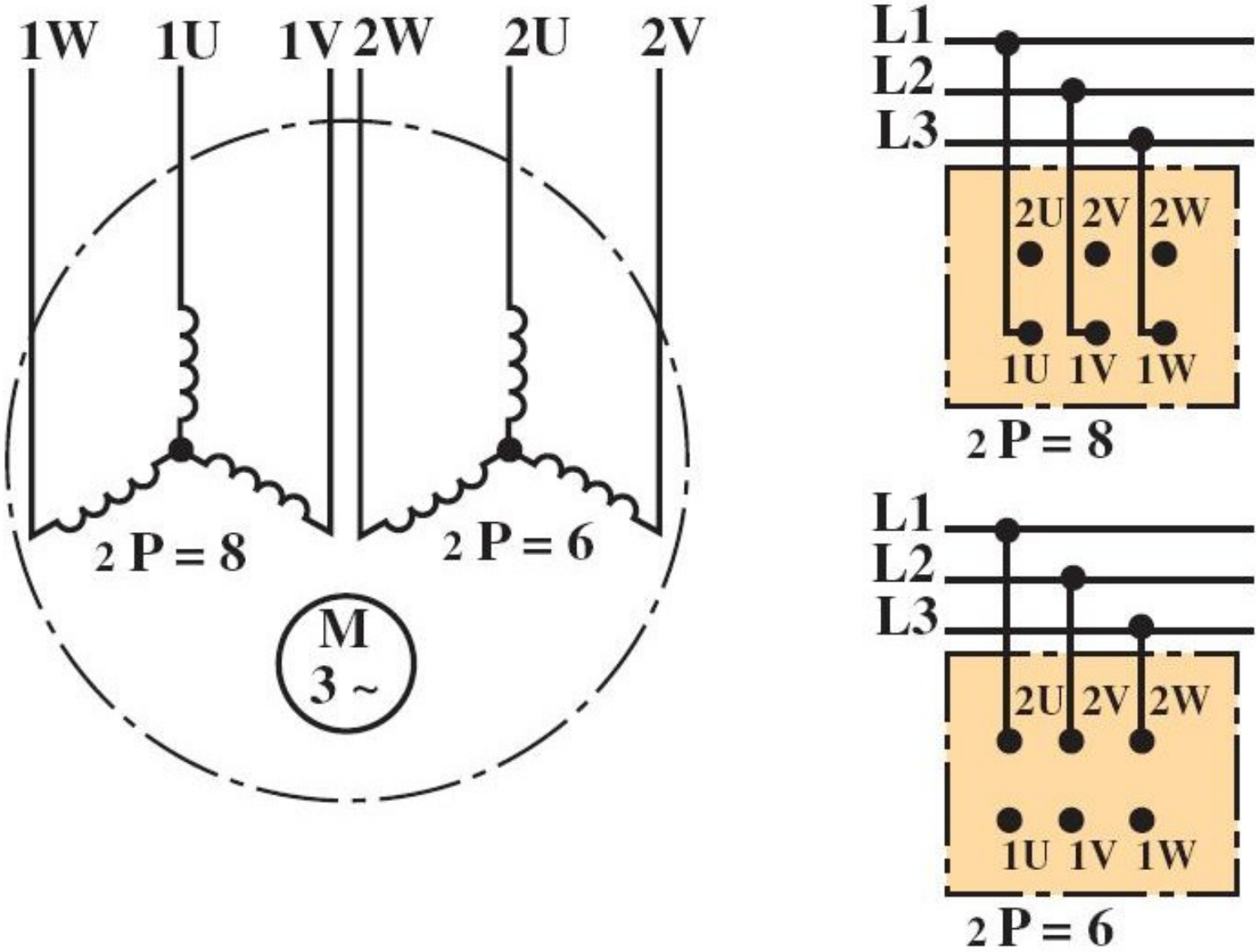
درموتور القایی سه فاز با افزایش گشتاور بار، سرعت به میزان کم کاهش می یابد، لذا این موتورها تقریبا از نوع موتورهای سرعت ثابت فرض می شوند. اما در برخی از صنایع لازم است که سرعت موتور در یک محدوده و طیف نسبتا وسیعی تغییر کند.

علم الکترونیک قدرت و پیدایش کنترل کننده های حالت جامد، امروزه با پیشرفت
کنترل سرعت موتور القایی رو به تکامل است .

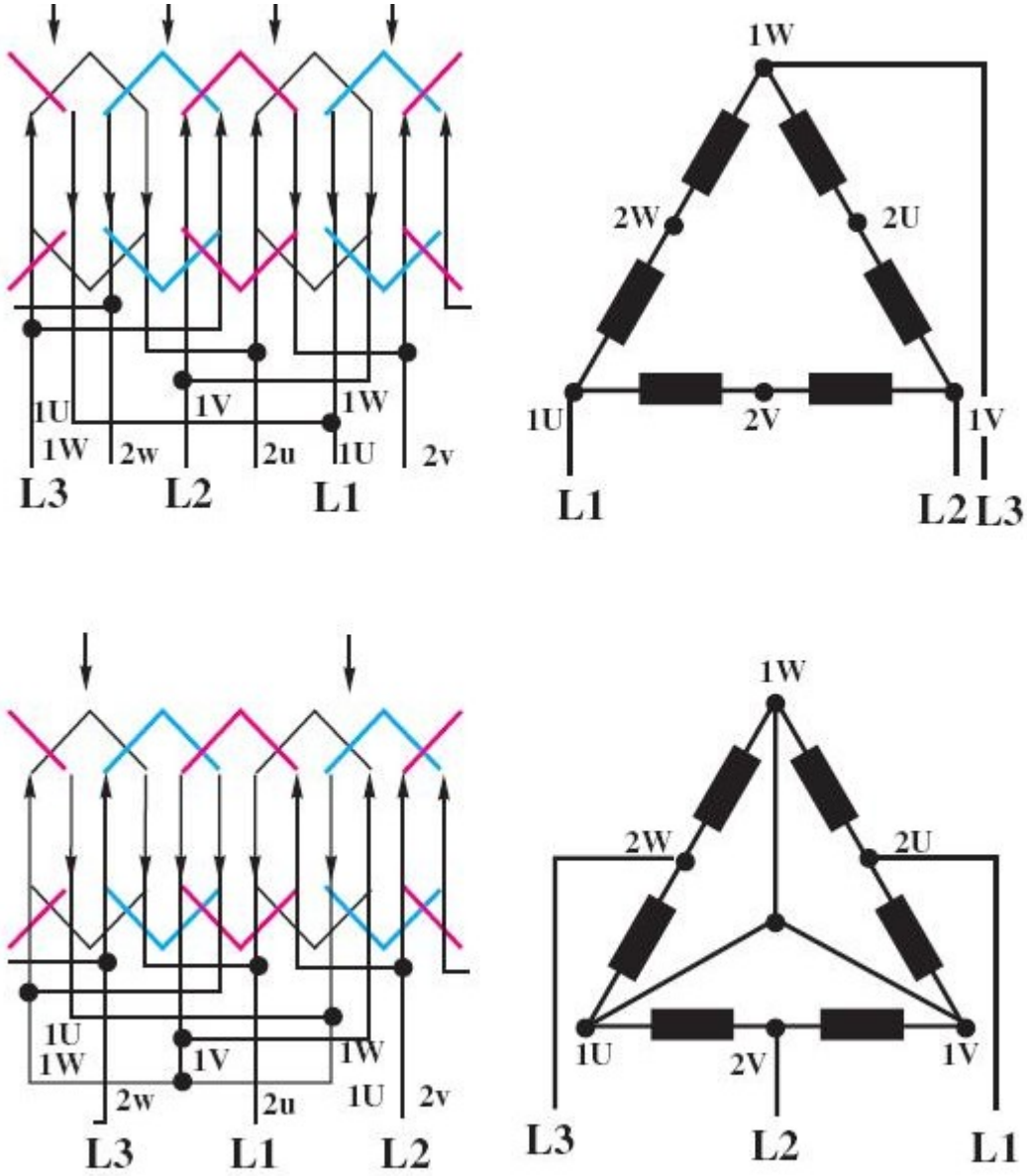
روشهای کنترل سرعت موتور القایی :

1)کنترل جفت قطب : طبق فرمول $n = \frac{60\ f}{P}$

کنترل جفت قطب
- موتوربا دوسیم پیچ جداگانه
- سیم پیچی دالاندر (نسبت قطبها $\frac{1}{2}$ است)



شکل ۲۸ــ۳ــ یک نمونه استاتور موتور القایی با دو سیم‌بندی جداگانه



شکل ۲۹ــ۳ــ نمایش چگونگی تغییر قطب‌ها با اتصال دالاندر

2)کنترل ولتاژ :

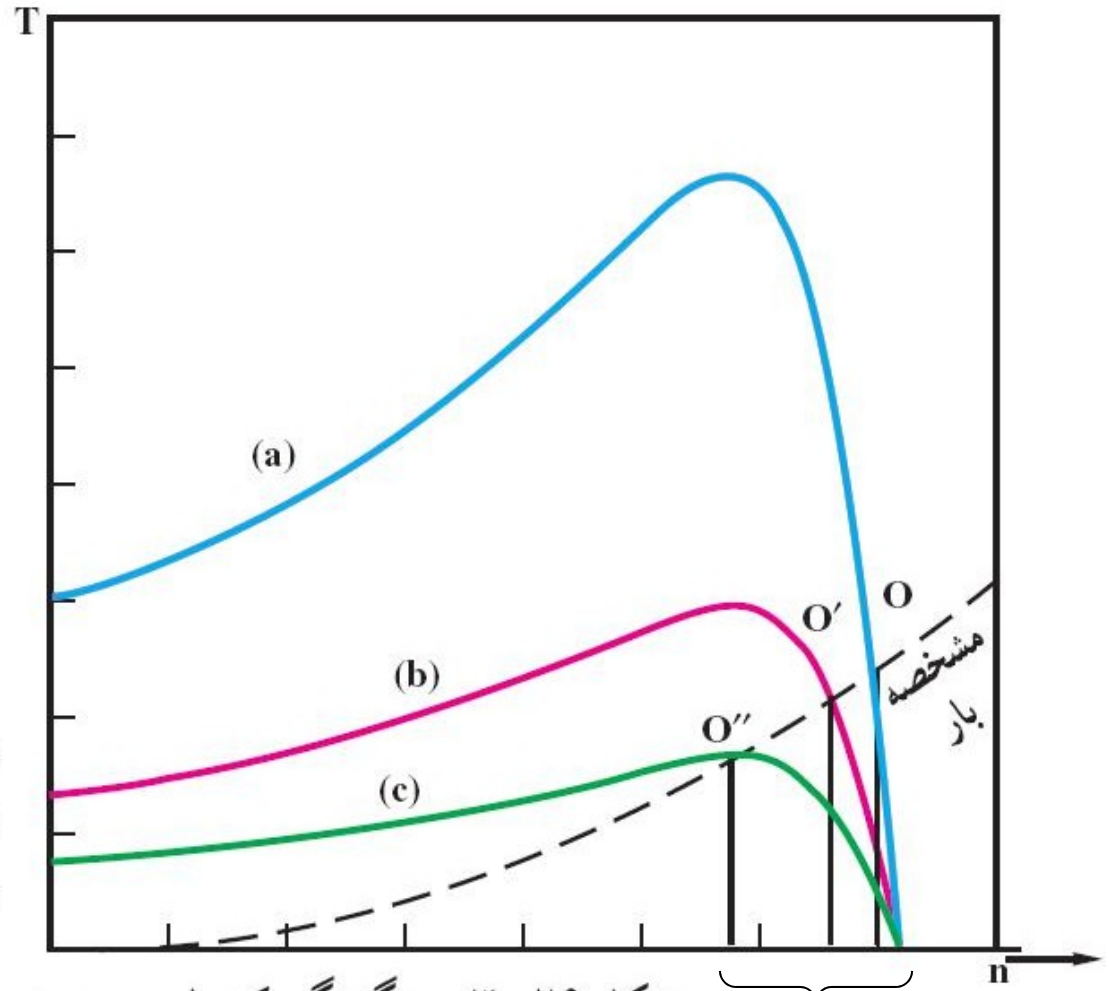
$$T = KE_2^2 \frac{S.R_2}{R_2^2 + (S.X_2)^2}$$

با تغییر ولتاژگشتاور جدید حاصل شده که از تلاقی هر یک از این مشخصه ها با مشخصه ی بار سرعتهای متفاوتی حاصل میشود

توجه: این روش کنترل سرعت گاهی اوقات در موتورهای کوچک گردانندهٔ پنکه ها به کار می رود

نکته: این روش هرچند سادهترین و ارزان ترین روش است ولی کمتر به کار می رود چون

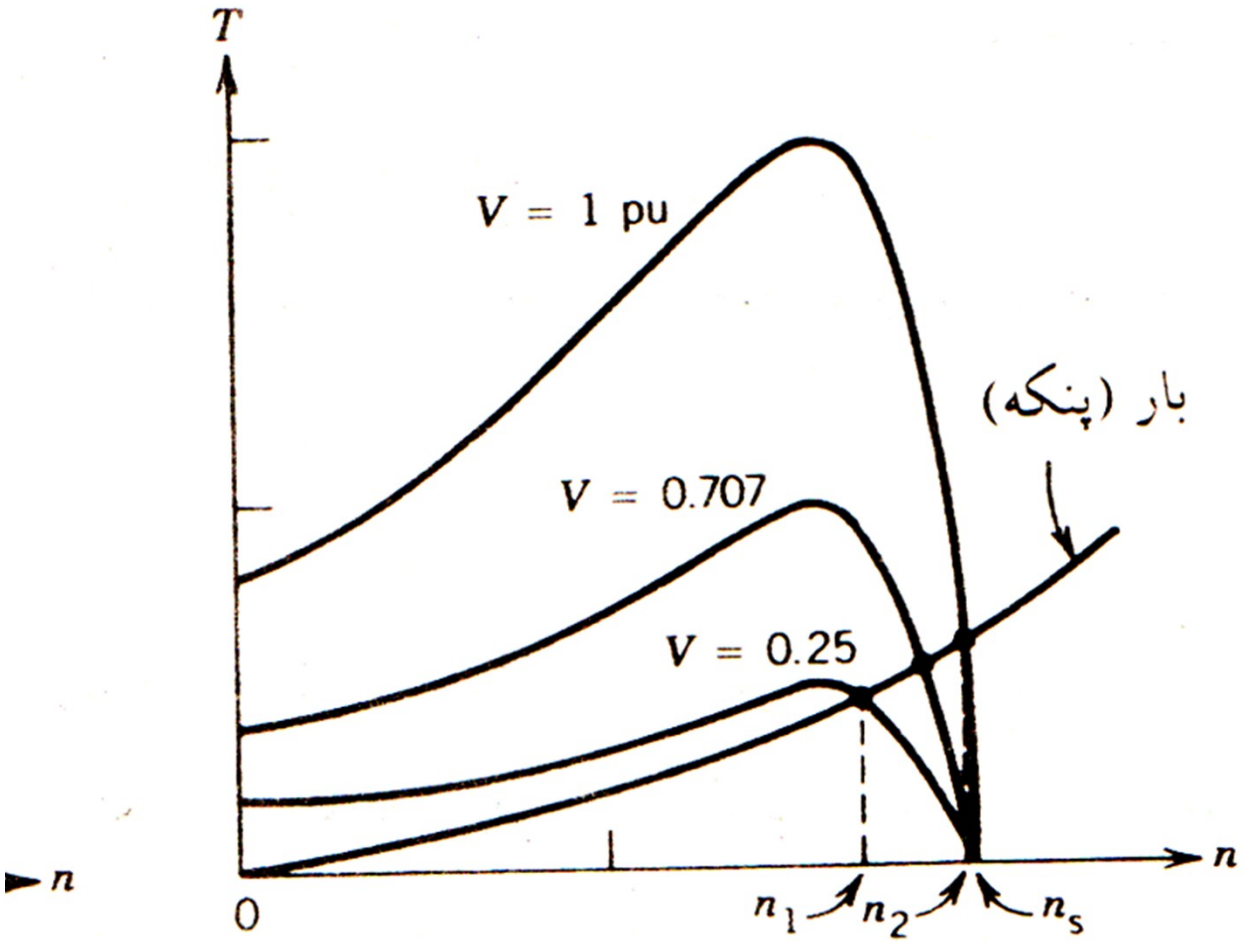
1- تغییر زیاد در ولتاژ خط، تغییر نسبتا کوچکی را در سرعت نشان می دهد
2با تغییر زیاد در ولتاژ خط، تغییر زیاد در چگالی فوران ایجاد می شود که به طور جدی شرایط میدان مغناطیسی موتور را عوض می کند-



a ــ مشخصه موتور با ولتاژ بیش از ولتاژ نامی
b ــ مشخصه موتور در ولتاژ نامی
c ــ مشخصه موتور با ولتاژ کمتر از ولتاژ نامی

شکل ۲۶ــ۳ــ چگونگی کنترل دور موتور القایی با تغییر ولتاژ

کنترل سرعت محدود است

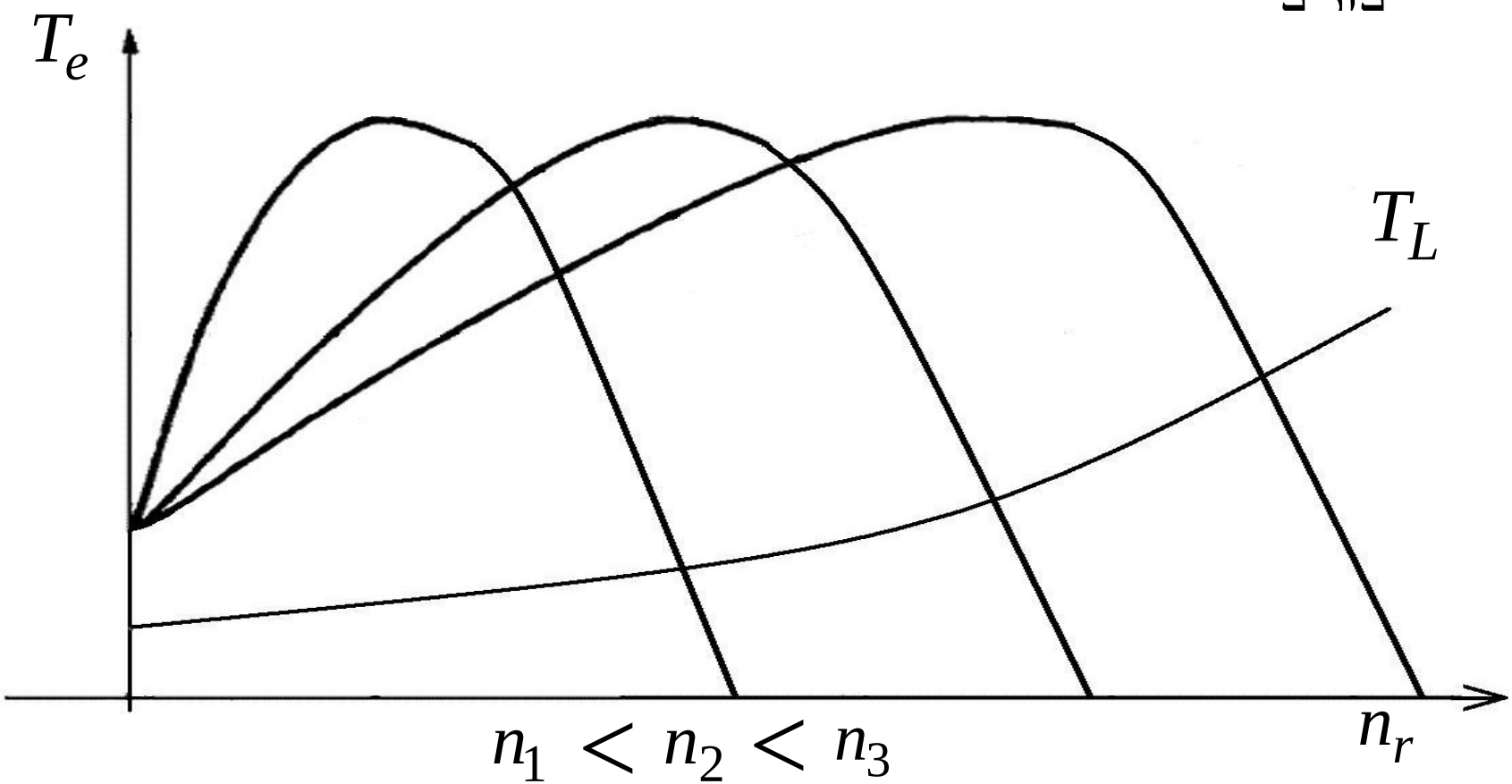


(۱)

شکل ۵-۲۹ مشخصه گشتاور سرعت

3)کنترل فرکانس :

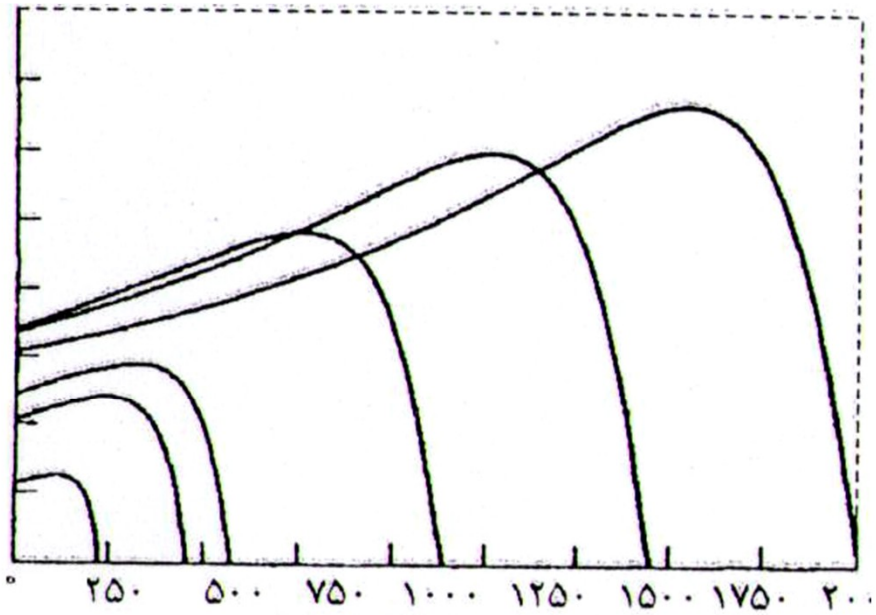
طبق فرمول $n_s = \frac{60\,f}{p}$ سرعت رابطه مستقیم با فرکانس دار د



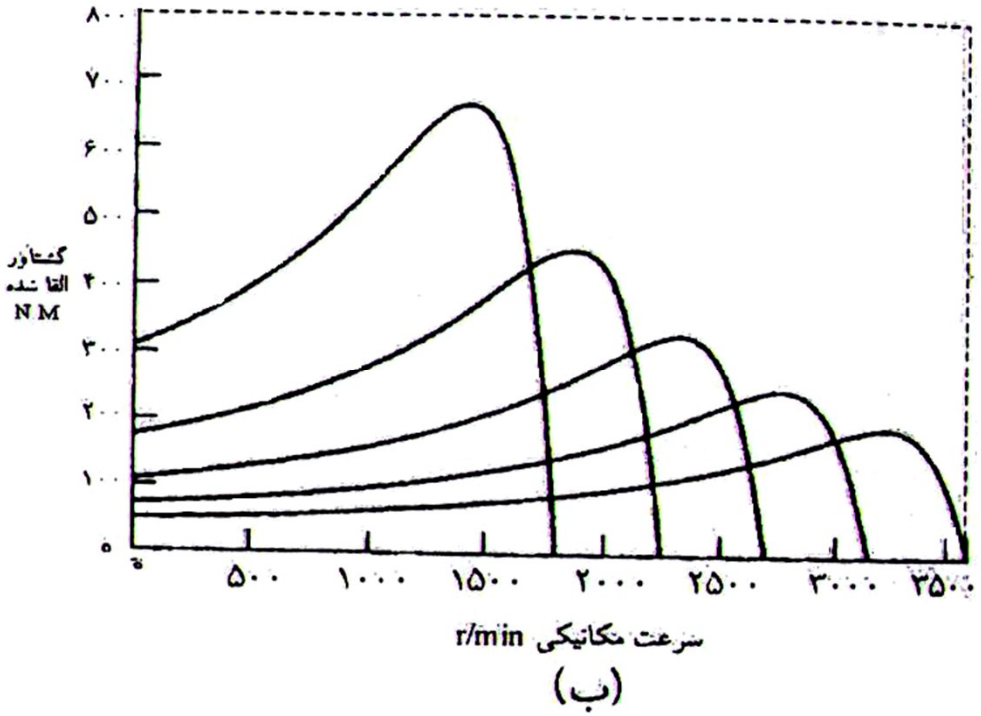
در شکل های نشان داده شده،

(الف) یک دسته منحنی گشتاور سرعت برای سرعت های زیر سرعت پایه (با فرض کاهش ولتاژ خط با فرکانس ثابت)

(ب) یک دسته منحنی گشتاور سرعت برای سرعت های بالاتر سرعت پایه (با فرض ولتاژ خط ثابت) دیده می شود

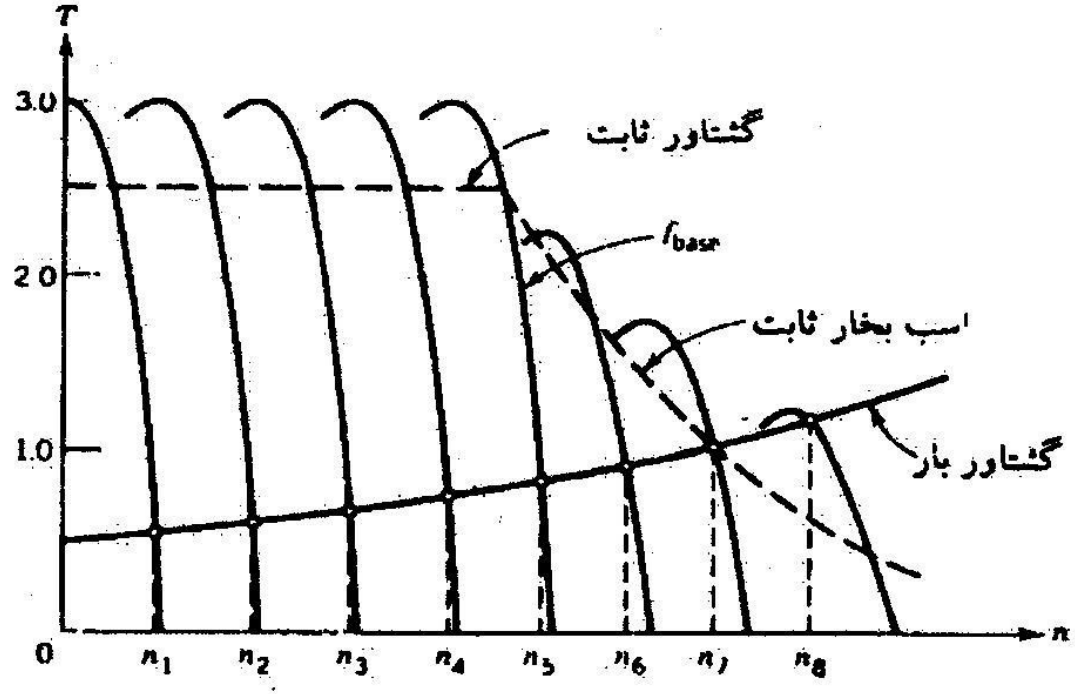


(الف)



(ب)

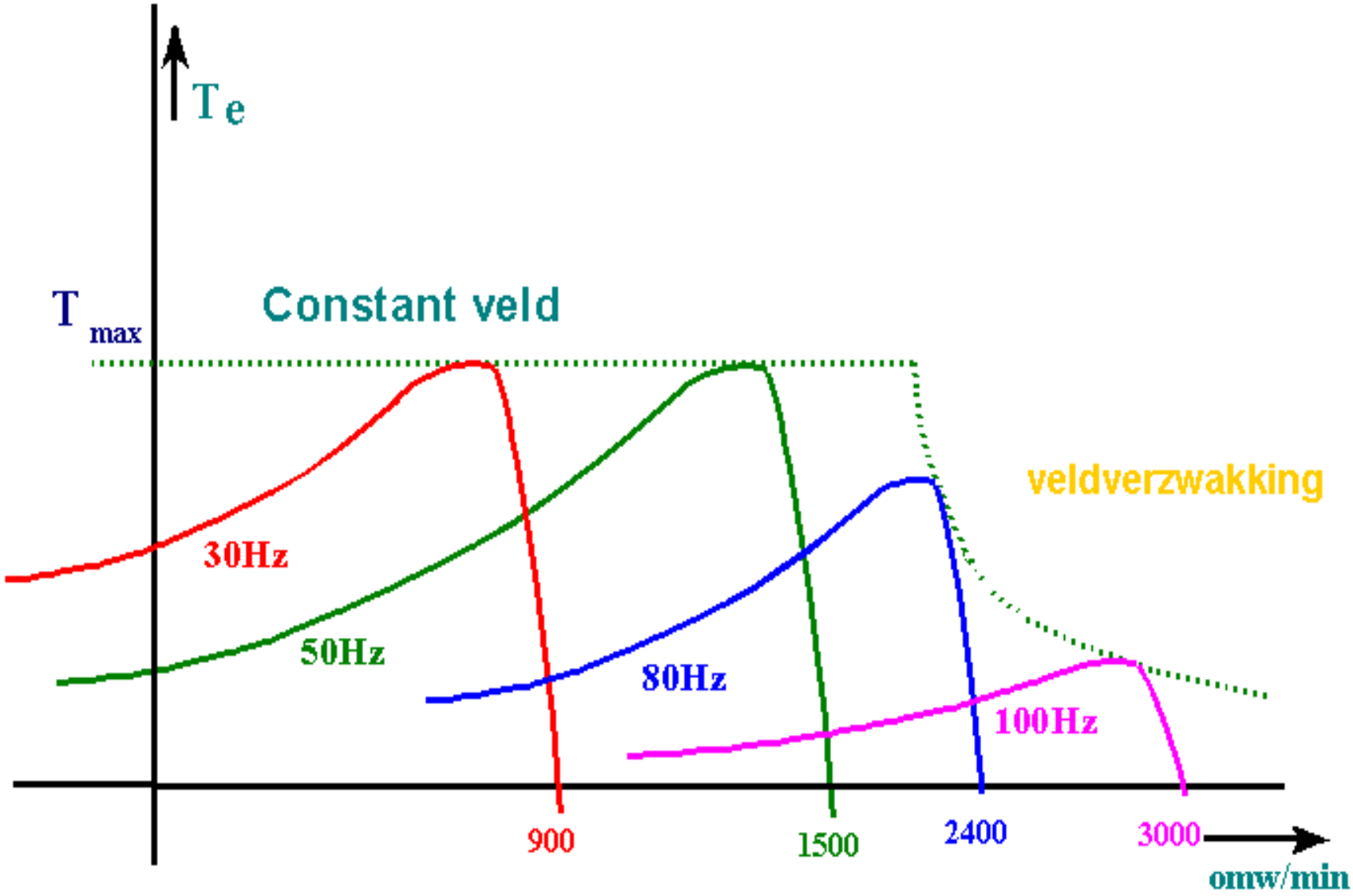
شکل زیر مشخصه گشتاور- سرعت موتور القایی سه فاز را تحت فرکانس های متغیر نشان می دهد



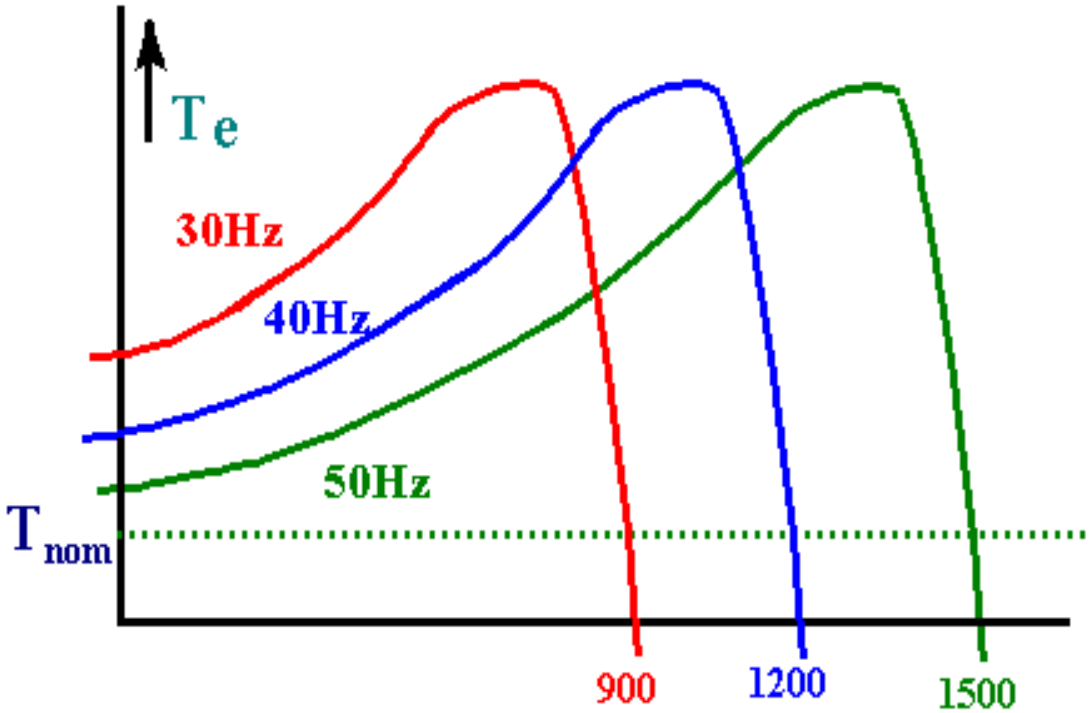
در فرکانس نامی، ولتاژ پایانه موتور حداکثر مقداریست که توسط اینورتر حاصل می شود. در فرکانسهای زیر فرکانس مبنا، شار شکاف هوایی با تغییرV نسبت به F ثابت خواهد .نگه داشته می شود. لذا در ناحیه زیر فرکانس مبنا، گشتاور ماکزیمم ثابت باقی ماند

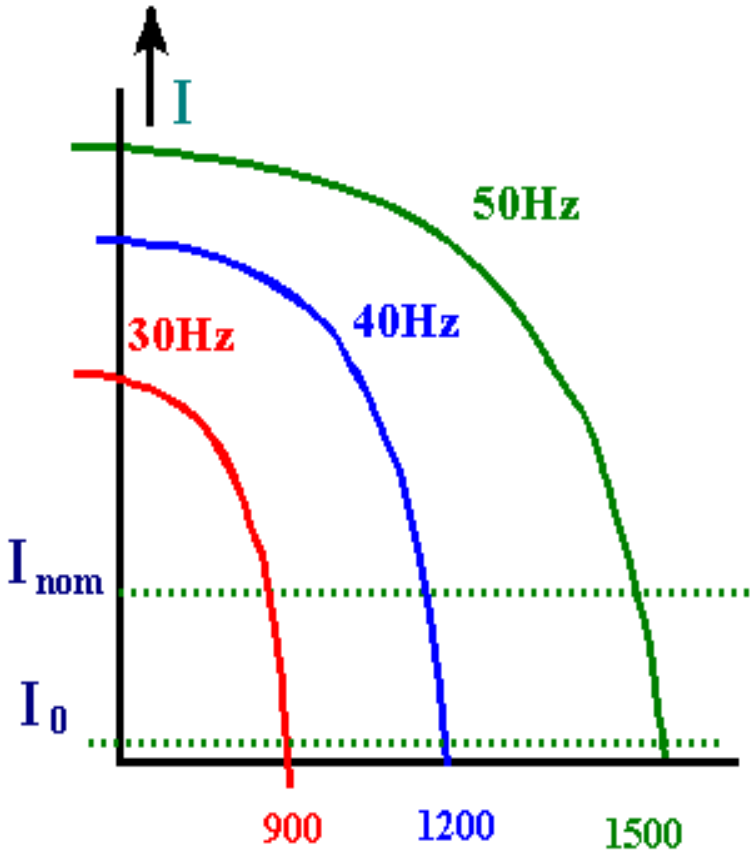
در ناحیه فرکانسهای بیش از فرکانس مبنا، دیگرV را نمی توان با فرکانس افزایش داد. در این حالت شار در شکاف هوایی کاهش یافته و در نتیجه گشتاور ماکزیمم نیزکاهش می یابد

Grotere frequenties



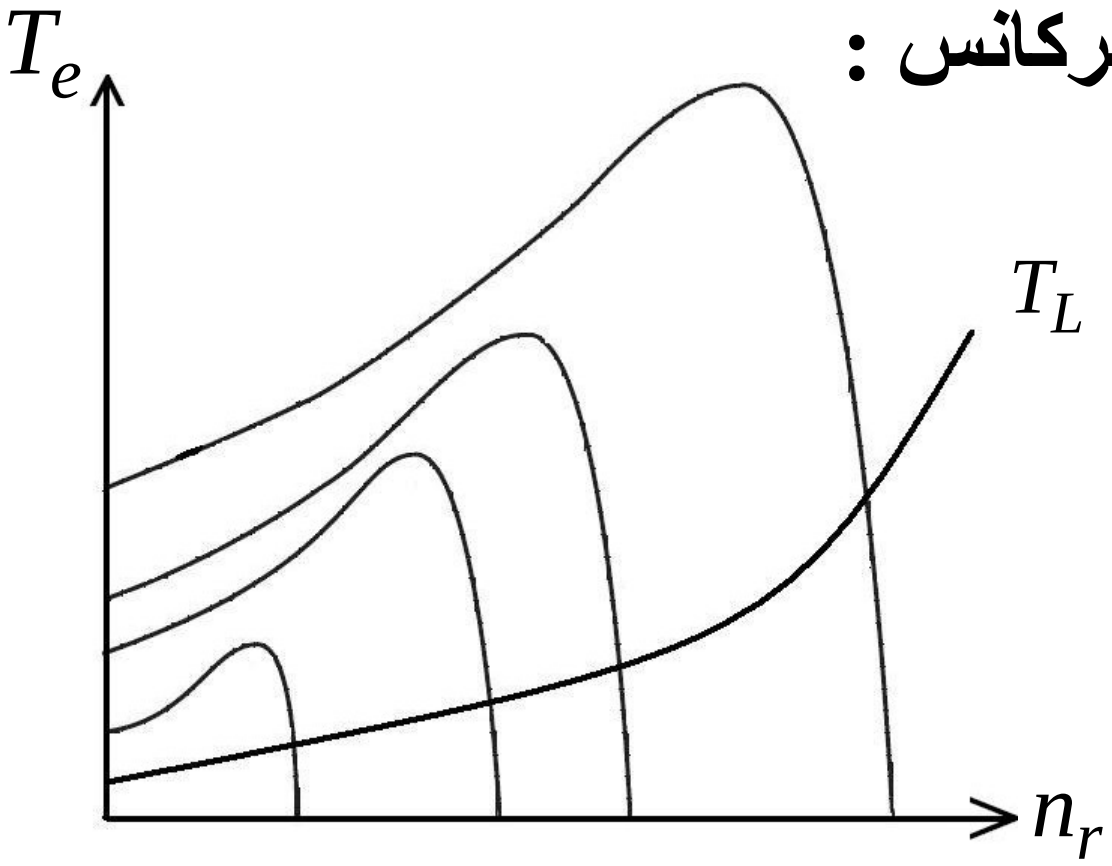
Aanloopstroom



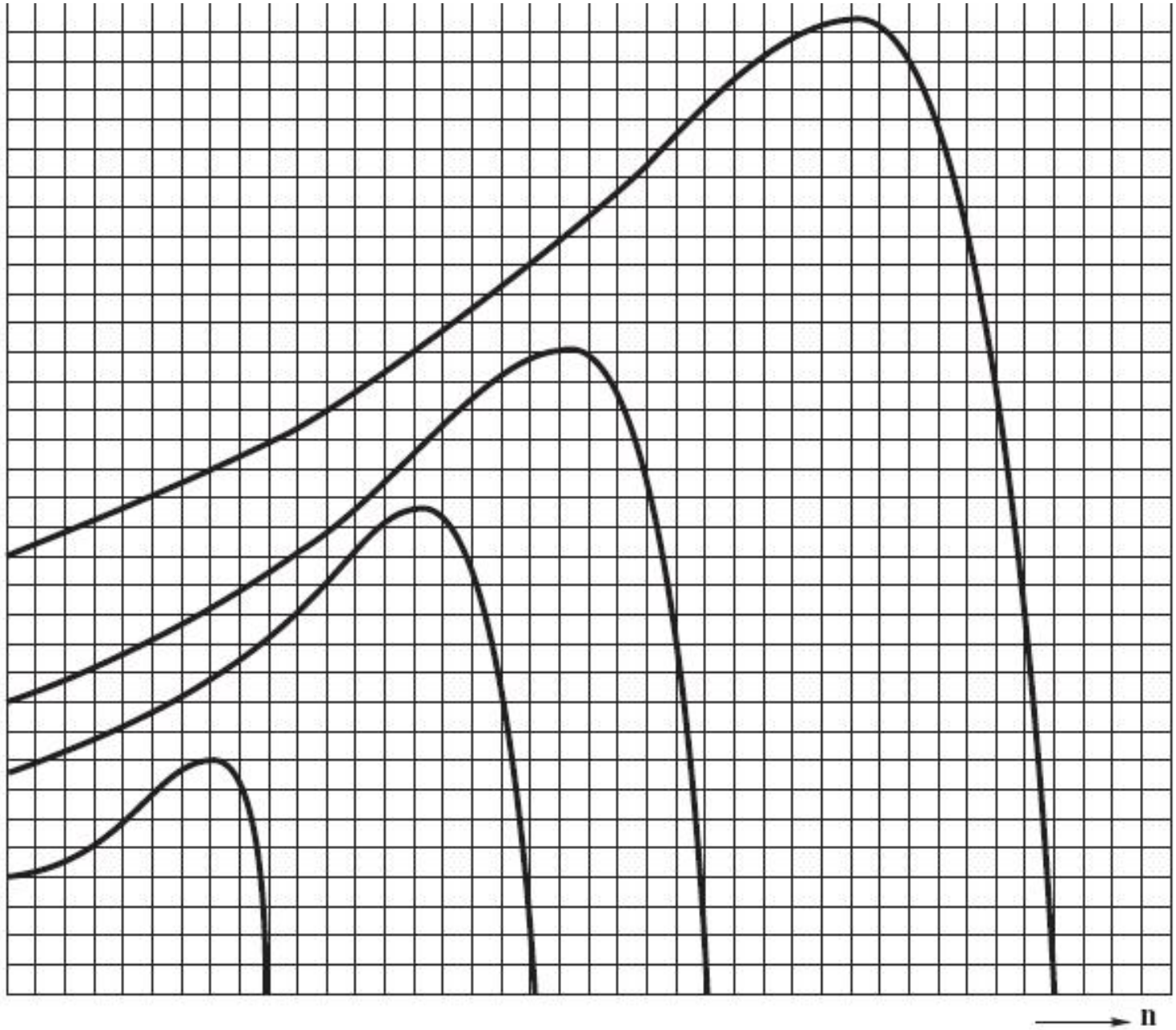


Aanloopstroom : 4 tot 8 I_{nom}
Nullaststroom: 1-2 % I_{nom}

4)کنترل همزمان ولتاژوفرکانس :



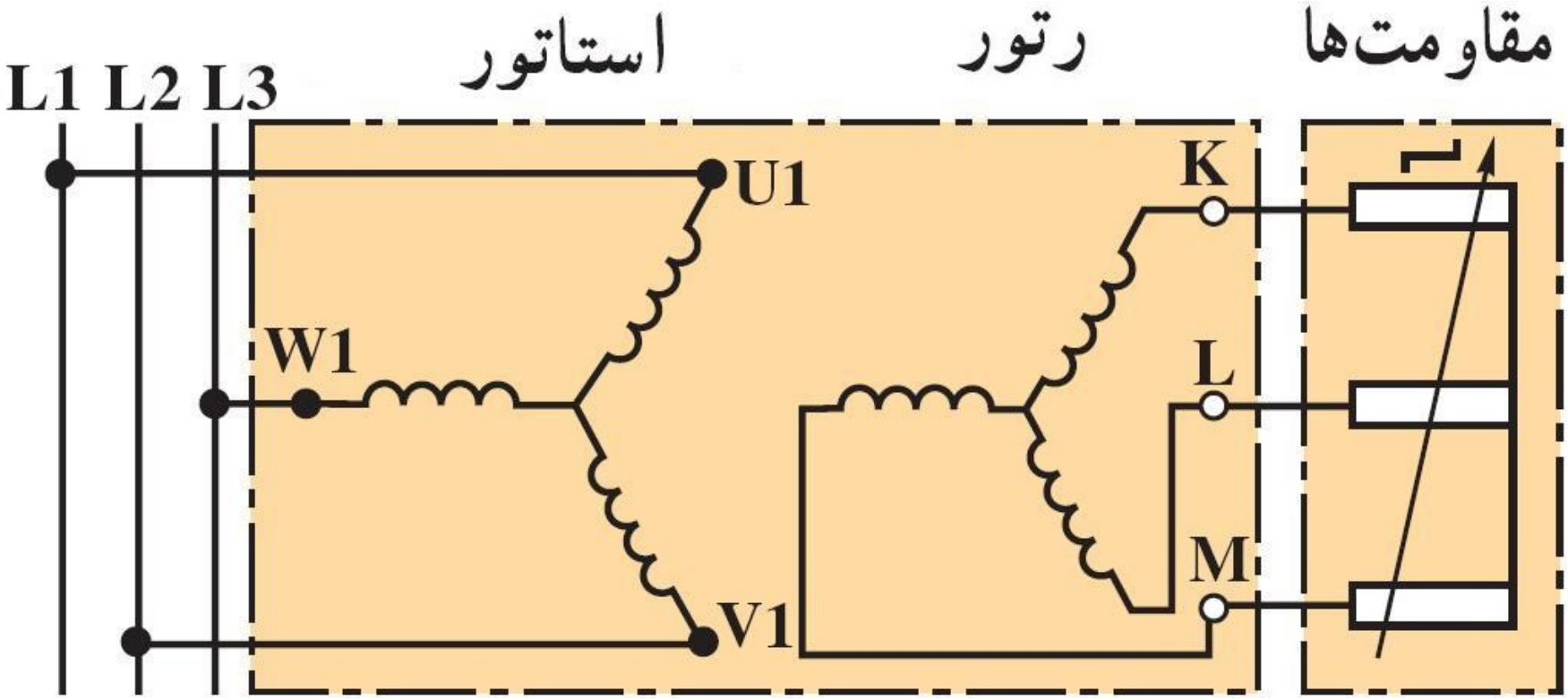
به سهولت از رابطه $E_{rms} = 4.44\, f N_{ph} \varphi_p K_w$ داریم $\varphi_p \propto \frac{E}{f}$ که در صورتیکه از افت ولتاژها صرف نظر شود خواهیم داشت $\varphi_p \propto \frac{V}{f}$ لذا برای پرهیز از اشباع زیاد در سیستم مغناطیسی باید ولتاژ پایانه موتور متناسب با فرکانس تغییر نماید.

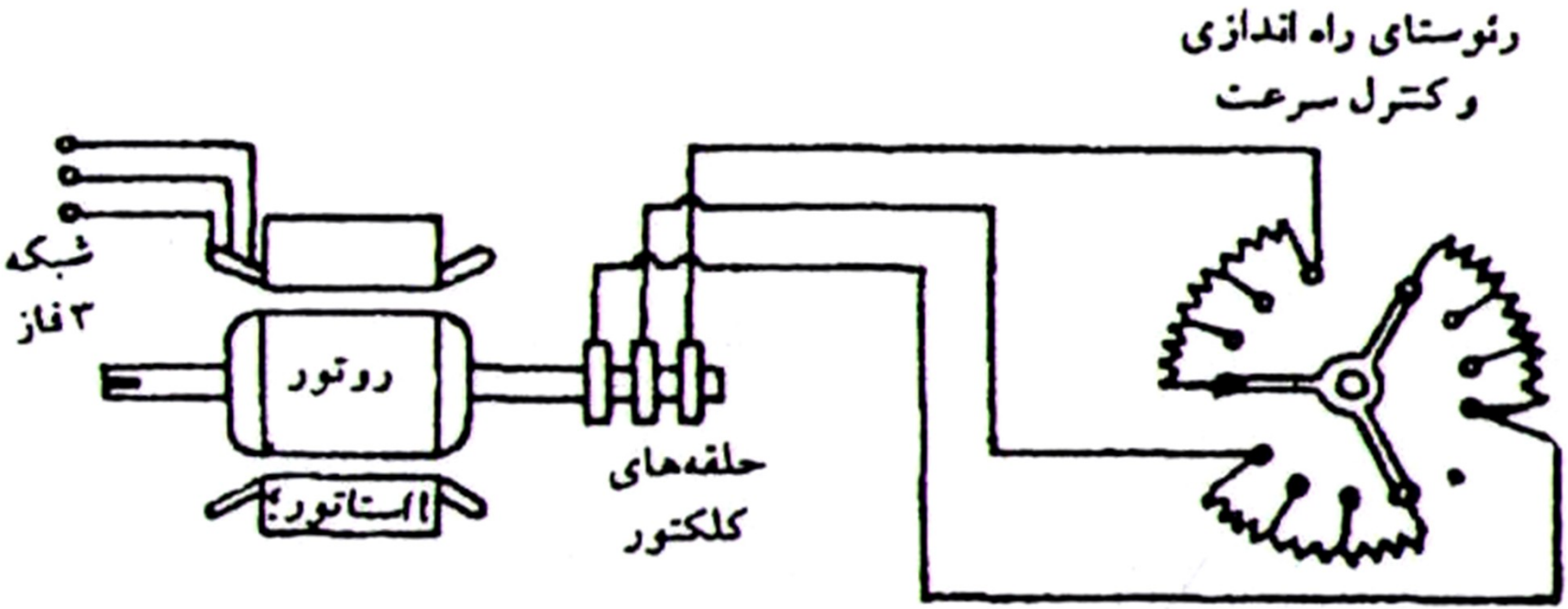


شکل ۲۷ــ۳ــ تغییر مشخصه‌های گشتاور ــ دور موتور القایی با کنترل همزمان ولتاژ و فرکانس

5)کنترل با تغییر مقاومت روتور:

طبق فرمول $s_m = \frac{R_2 + R_{rh}}{X_2}$ باتغییر R_{rh} سرعت کنترل خواهد شد.

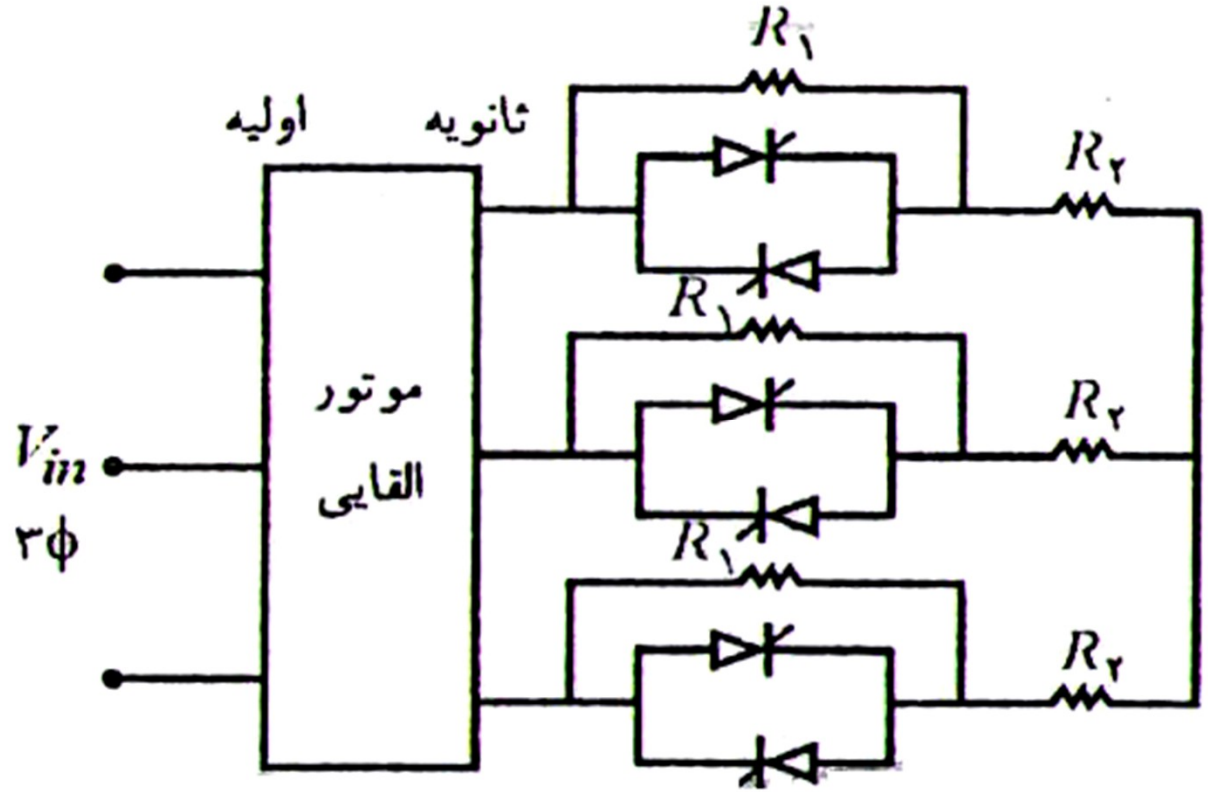




توجه: در این روش مقدار مقاومت طوری انتخاب می شود که موتور با گشتاور ماکزیمم راه اندازی گردد

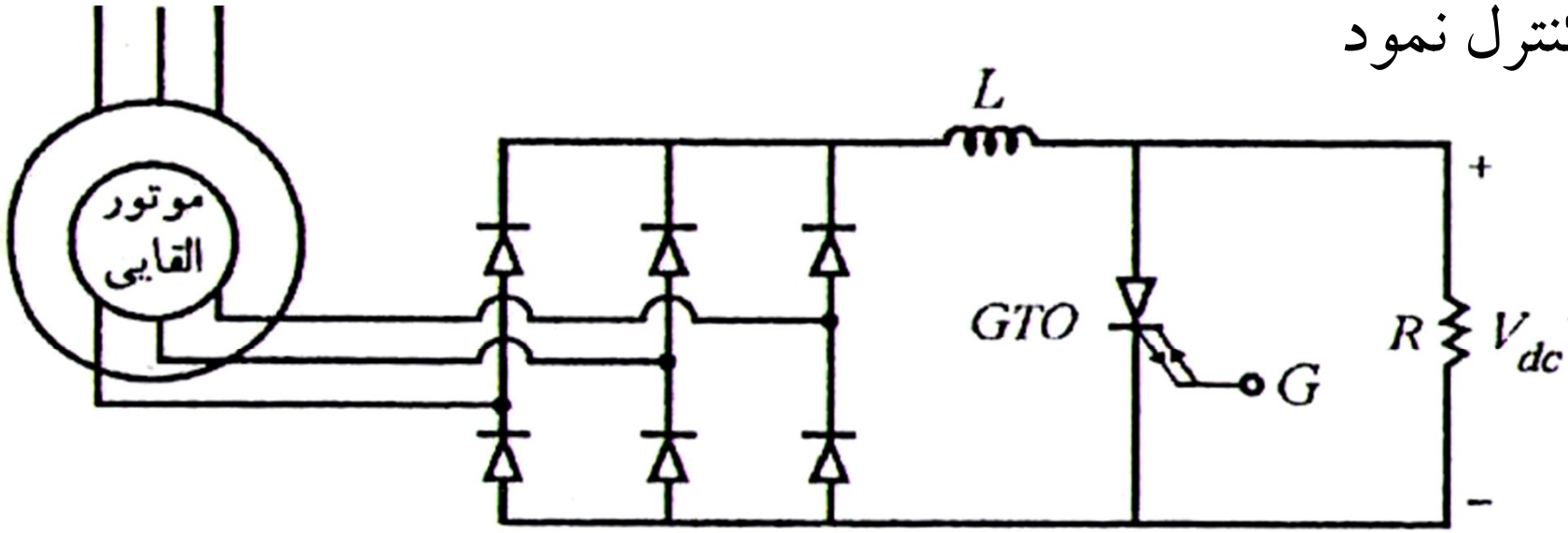
توجه: برای تغییر مقدار مقاومت ها می توان از روش های زیر استفاده کرد:

الف) در این روش با کنترل زاویه آتش (زاویهٔ تاخیر در آتش) هر تریستور از صفر تا ۱۸۰ درجه، مقدار مؤثر مقاومت هر فاز از صفر تا مقدار ماکزیمم تغییر خواهد کرد



ب) در این روش مقاومت را می توان با یک GTo(نوعی تریستور که می توان آن را با کشیدن جریان از گیت قطع نمود) تغییر داد که با مقدار مقاومت از صفر تا ماکزیمم تغییر .توجه به دورهٔ کارکرد GTo ، می کند

در این صورت می توان براحتی با یک مقاومت، تغییرات هر سه فاز را . کنترل نمود



این روش دارای مزایا و معایب زیر است:

مزایا

1-سادگی در کنترل(چه دستی و چه اتوماتیک)
2-قیمت کم وسیلهٔ کنترل و تعمیر آن
3-تغییر سرعت به مقدار زیاد در سرعت های زیر سنکرون

معایب

1-با افزودن مقاومت روتور، تلفات مسی نیز افزایش می یابد، لذا راندمان کم می شود. در حقیقت تلفات مستقیما با کاهش سرعت متناسب است. بنابراین این روش کنترل سرعت تنها برای فواصل زمانی کوتاه به کاز می رود

2-سرعت علاوه بر وابستگی به R_2(مقاموت روتور)، به بار نیز بستگی دارد

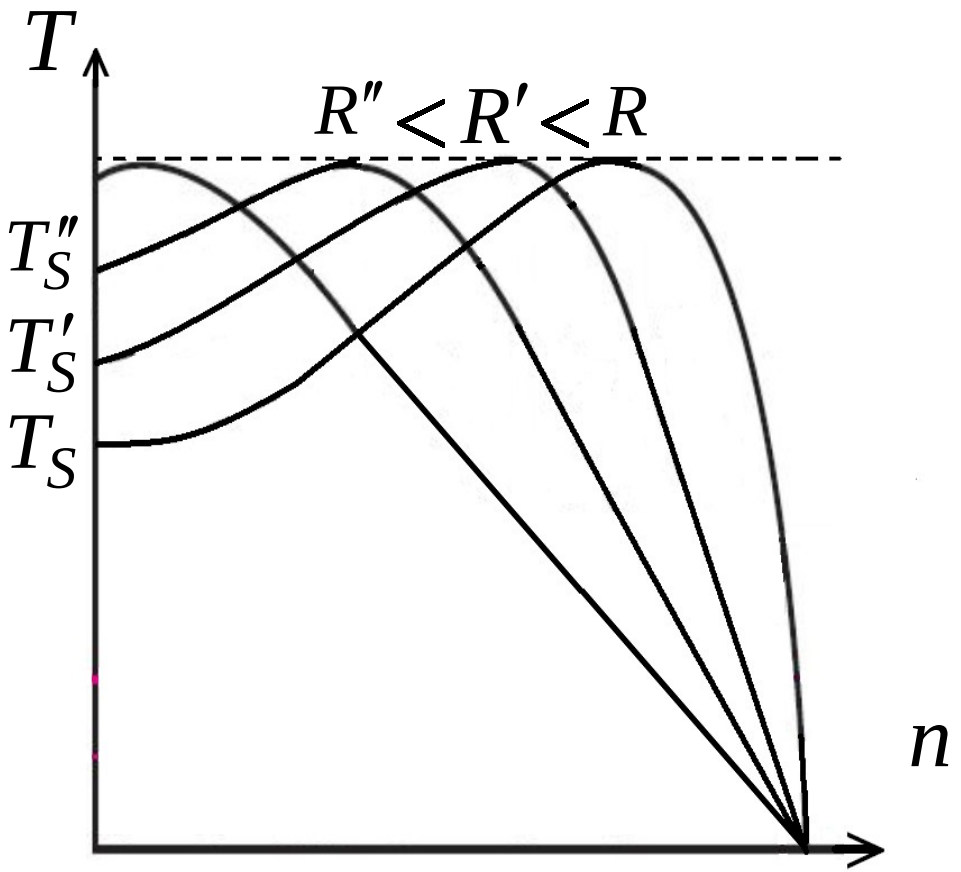
وظایف R_{rh} :

1)کنترل سرعت

2)کاهش جریان راه اندازی

3)افزایش گشتاور راه اندازی

T_S میتواند با افزایش R_{rh} در لحظه راه اندازی برابر T_m شود .

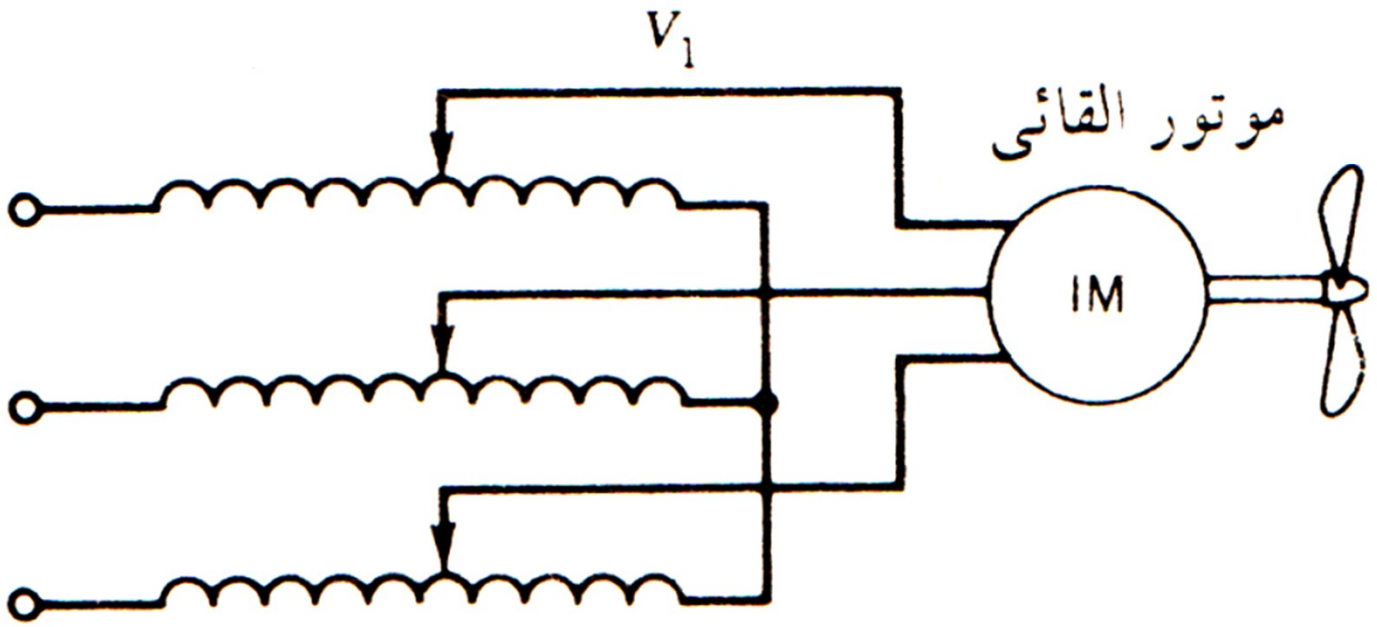


$$\left.\begin{array}{l} S = 1 = S_m \\ S_m = \dfrac{R_2}{X_2} \end{array}\right\} R_2 = X_2$$

$$T_s = T_m$$

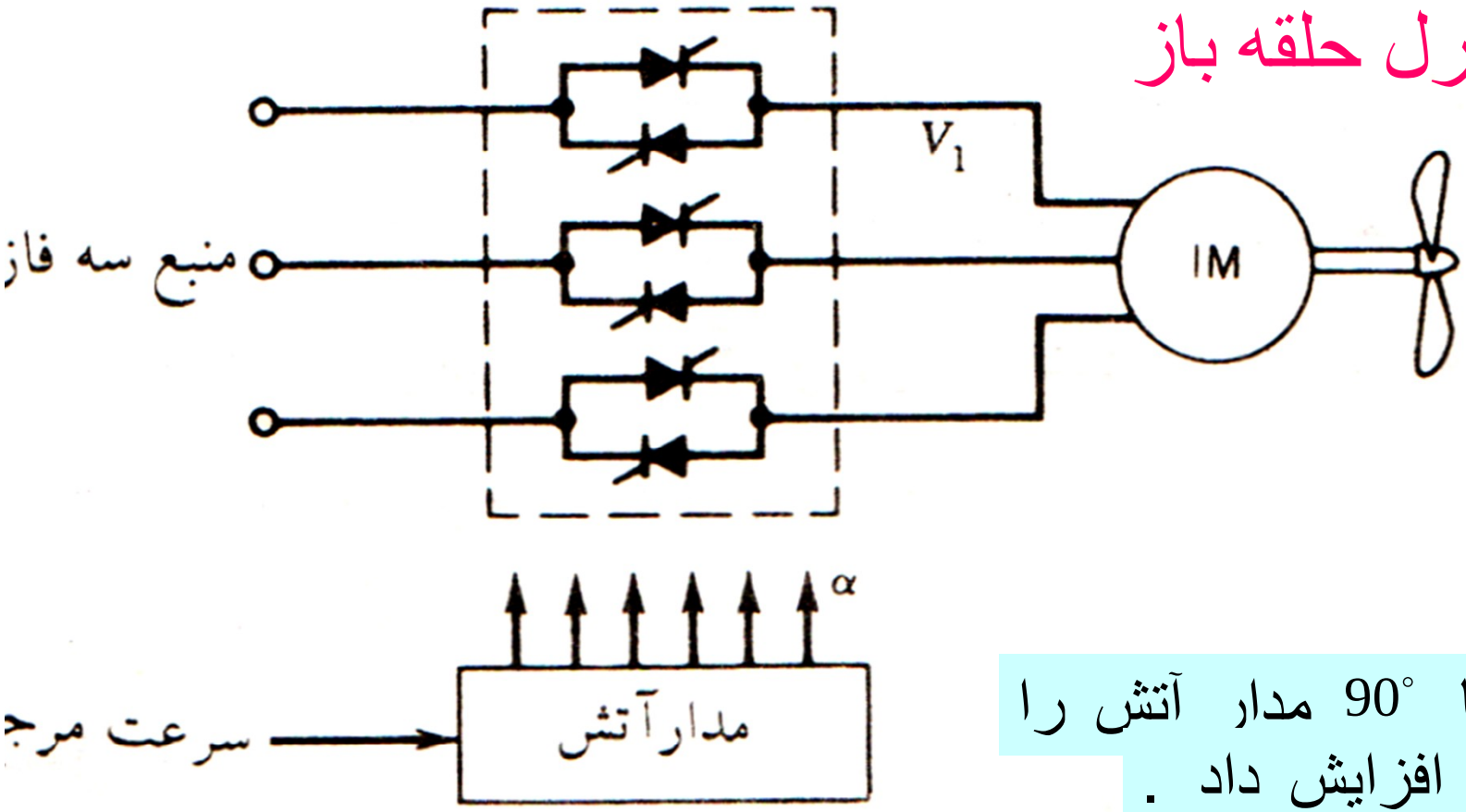
روش های جدید کنترل سرعت :

در روش سنتی از اتو ترانس استفاده می شود در روش نوین از ادوات الکترونیکی قدرت



روش ۱ : کنترل ولتاژ

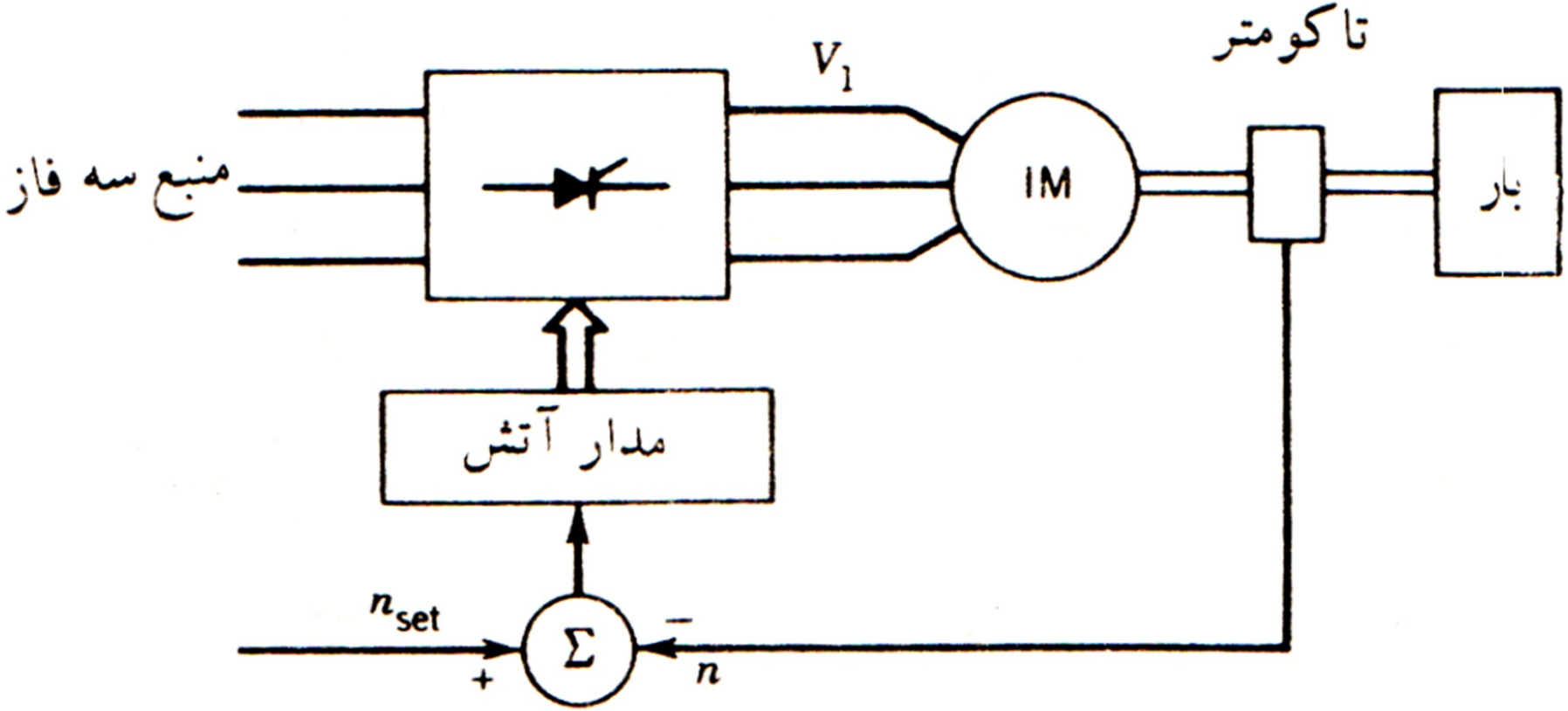
الف) کنترل حلقه باز



حداکثر تا 90° مدار آتش را می توان افزایش داد .

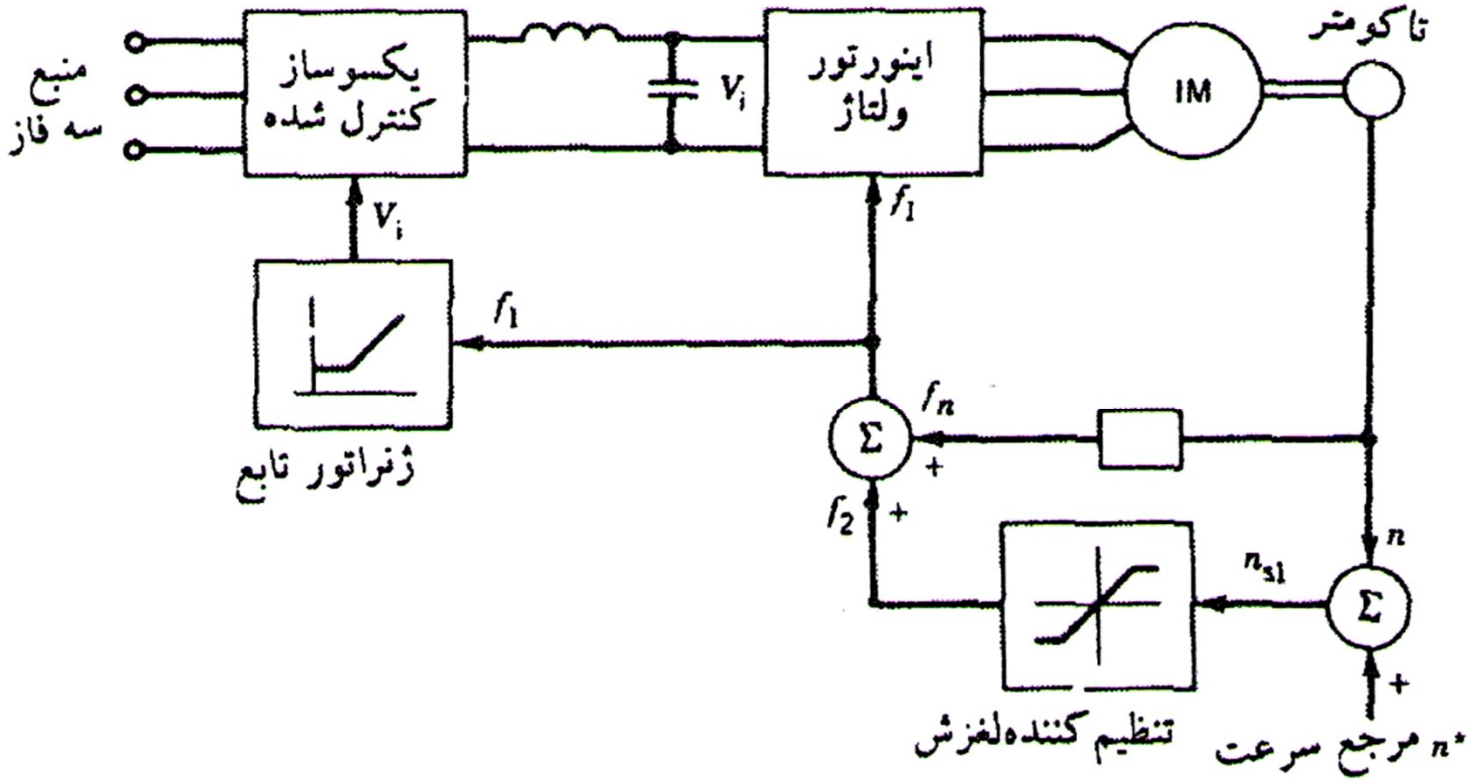
شکل موج های ورودی موتور را رسم کنید

ب) کنترل حلقه بسته



(مقایسه کننده: مقدار سرعت فعلی را با سرعت تنظیم شده مقایسه می و نتیجه را به مدار آتش می دهد.)

در بسیاری از کاربردهای صنعتی از سیستمهای کنترل با حلقه بسته شامل فیدبک استفاده می شود. که شکل زیر بلوک دیاگرام ان را نشان می دهد



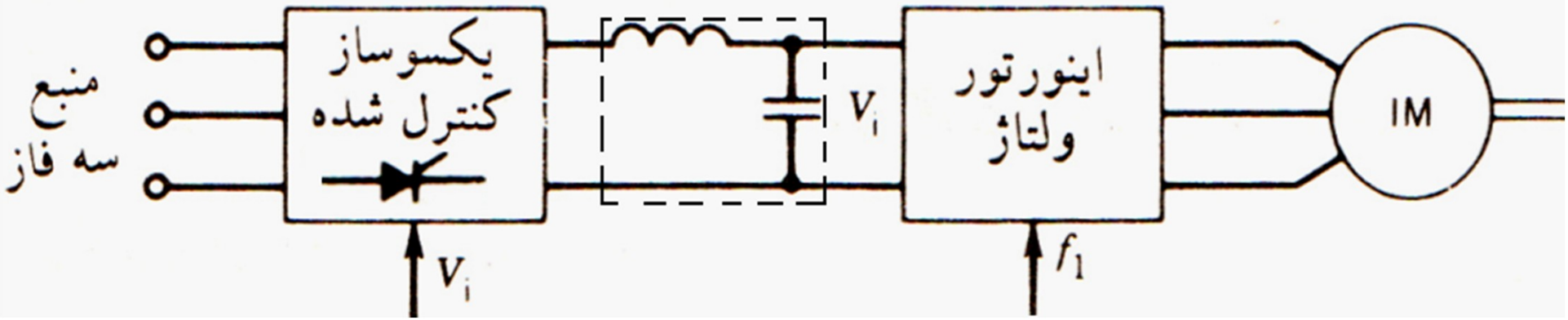
در این سیستم کنترل، تنظیم فرکانس لغزش و عملکرد موتور تحت V / F ثابت مد نظر است

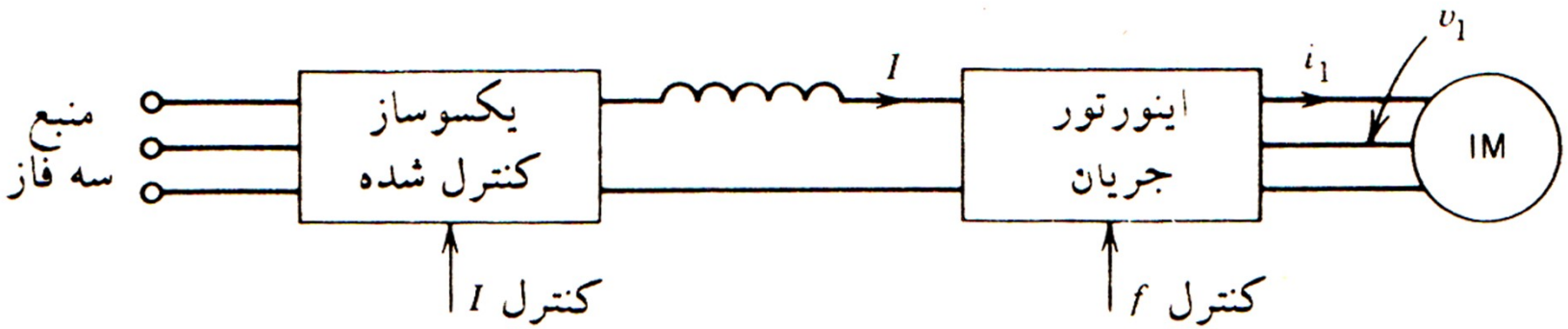
در ابتدای امر تفاوت بین سرعت مرجع n* و سرعت واقعی موتور n،سرعت لغزش یا ns را حاصل می سازد ولذا فرکانس لغزش مهیا می شود. اگر فرکانس لغزش در حوالی فرکانس شکست یا پرتگاهی باشد، توسط یک تنظیم کننده لغزش، که دارای محدود کننده می باشد آن را محدود می سازیم، به عبارت دیگر، فرکانس لغزش را مجبور می سازیم که کمتر از فرکانس شکست گردد. اکنون فرکانس لغزش را با سیگنال سرعت موتور جمع کرده تا سیگنال فرکانس استاتور حاصل شود. در این بلوک دیاگرام یک سیگنال ژنراتور وجود دارد و وظیفه آن این است که سیگنال را طوری مهیا سازد تا ولتاژ بدست آمده توسط یکسو ساز، برای عملکرد موتور با کنترل V / F ثابت ، مناسب باشد. ورودی این سیگنال ژنراتور ،فرکانس استاتور و خروجی آن سیگنال اعمالی به یکسو ساز می باشد

روش ۲: کنترل همزمان ولتاژ وفرکانس

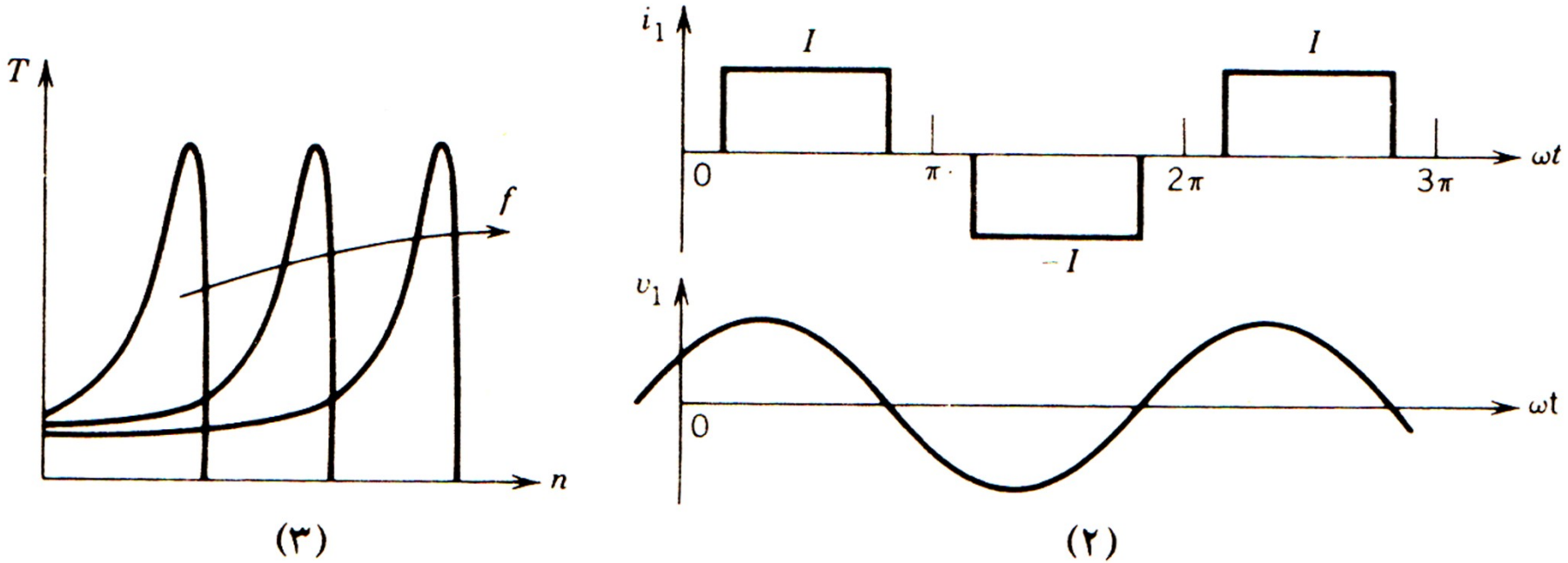
ولتاژ: با یکسو کننده های کنترل شده (ترسیتور) کنترل می شود

فرکانس: با اینورتر کنترل می شود.





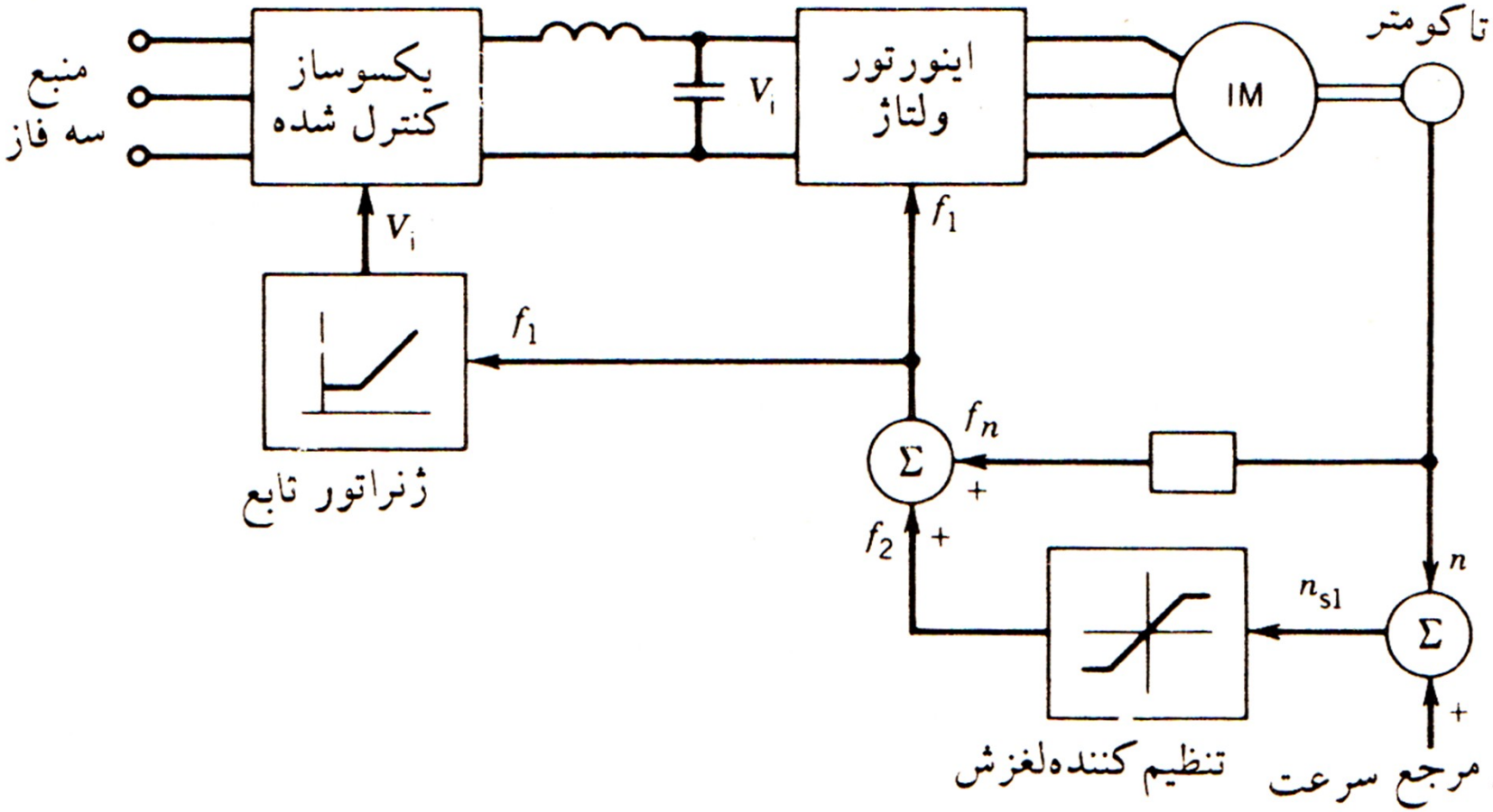
(۱)



(۲)

(۳)

شکل ۵-۳٤ موتور القائی سه فاز که توسط اینورتور جریان تغذیه می‌شود.



شکل ۵-۳۶ سیستم کنترل با حلقه بسته جهت تنظیم فرکانس لغزش و عملکرد موتور با $\frac{V}{f}$ ثابت

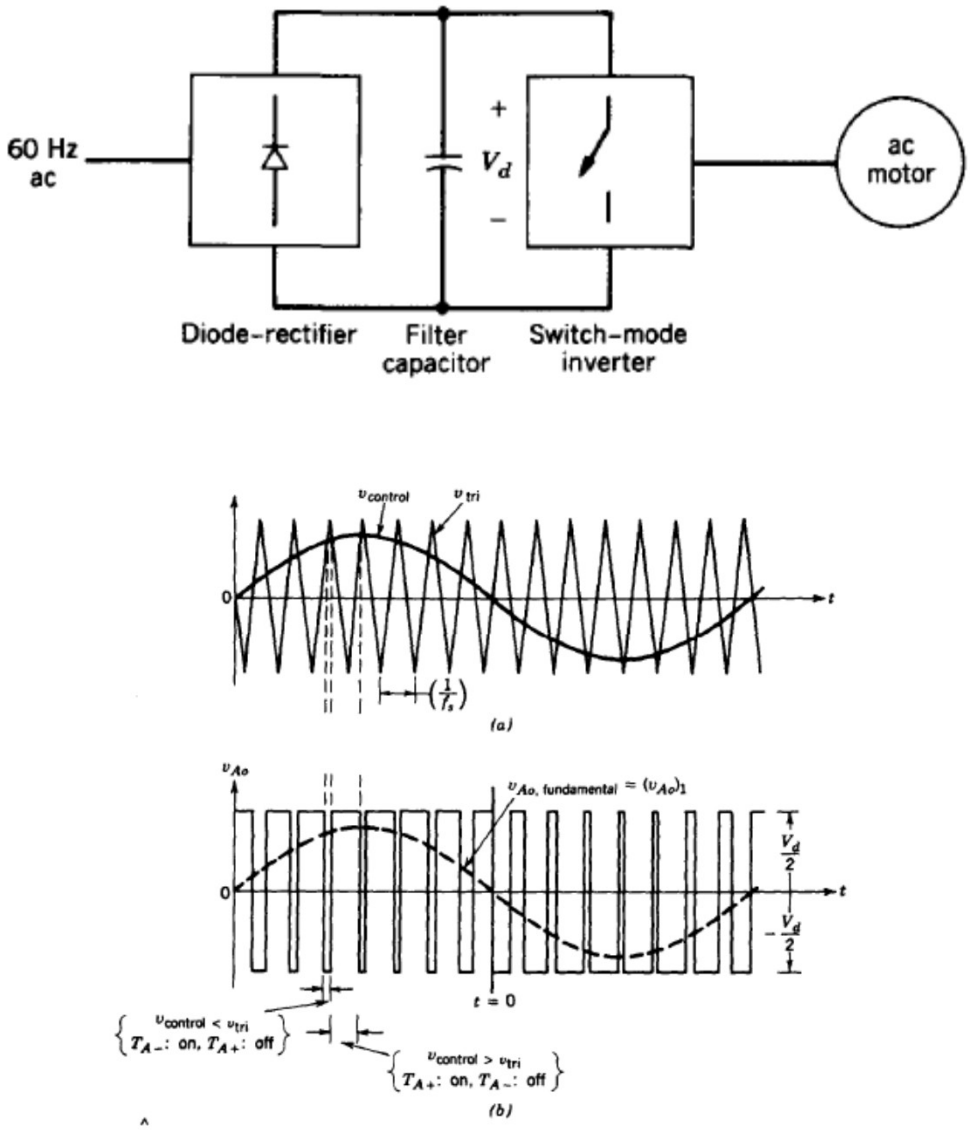


Fig. 9.3 PWM scheme to determine which switch should be closed

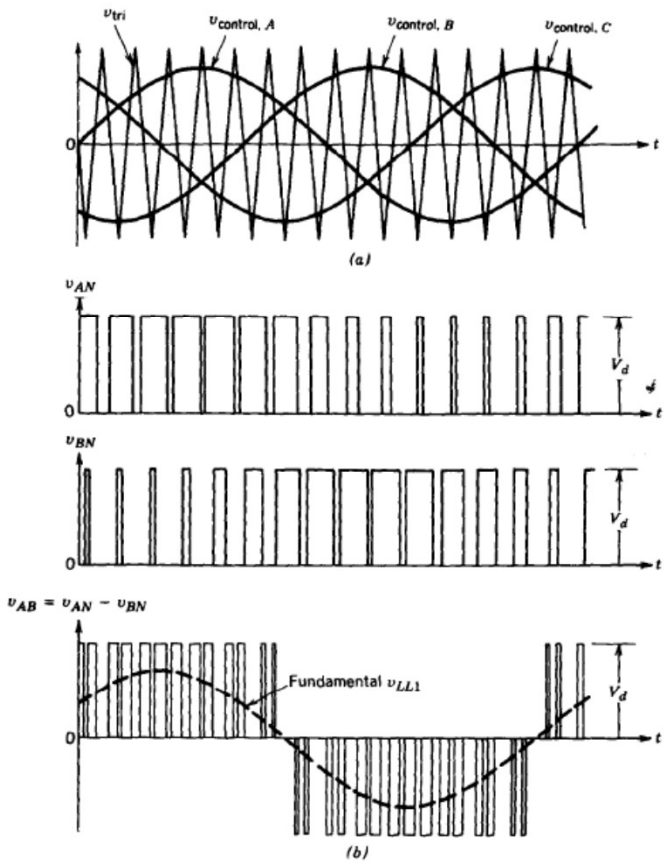


Fig. 9.6 Three-phase Pulse Width Modulation

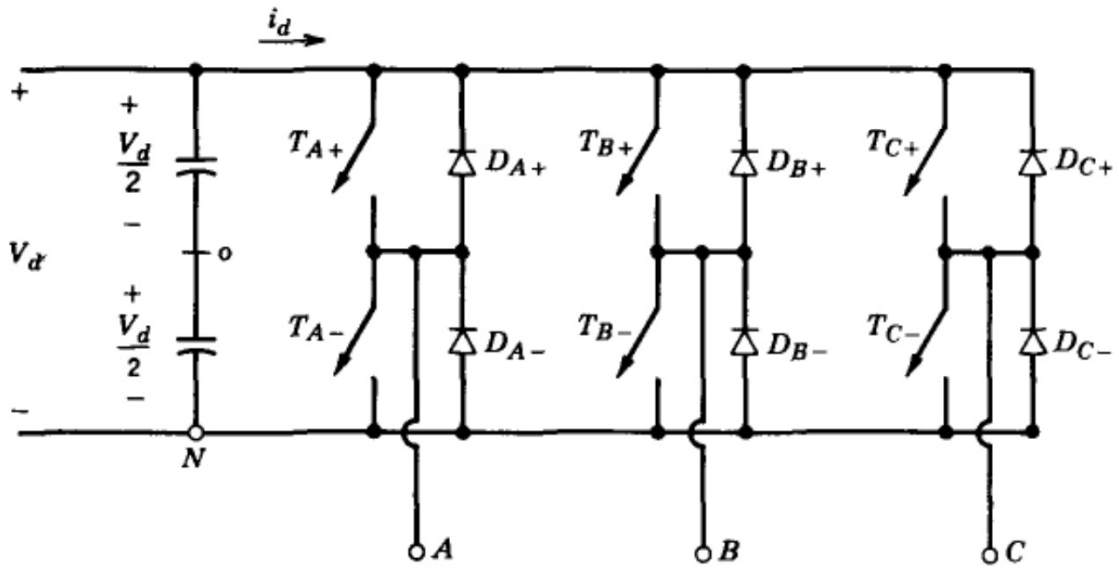
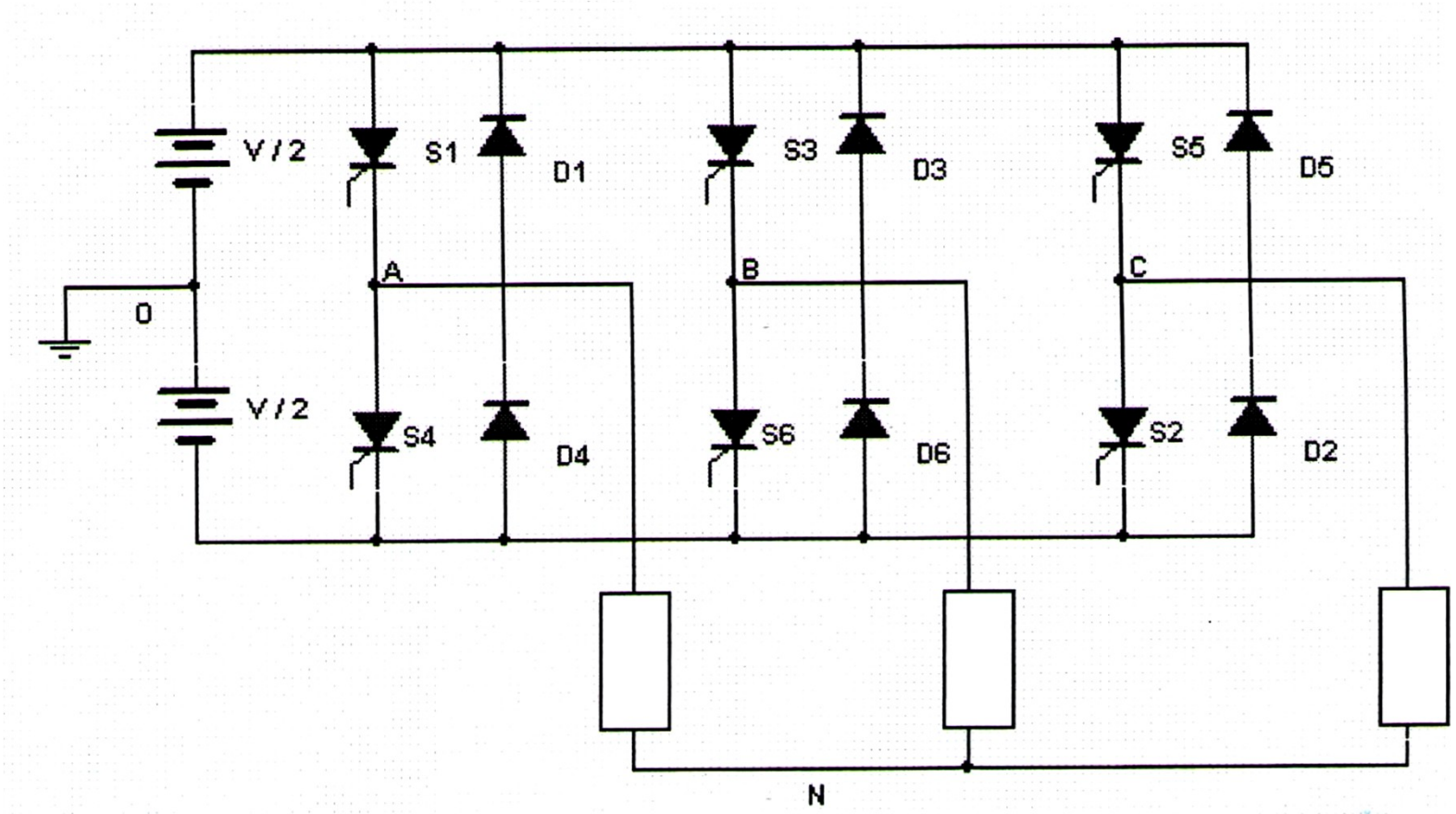


Fig. 9.5 Three-phase, full-wave inverter

اینورتر سه فاز

با استفاده از سه مبدل DC به AC تکفاز، می توان به سیستم اینورتر سه فاز دست یافت، که نمایی از آن در شکل زیر امده است :



در این شکل بار بصورت ستاره بسته شده. آتش کردن و در نتیجه عملکرد سه پل نسبت به یکدیگر ،۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارد.

هرگاه S1 ، در $wt = 0$ آتش شود، فاز A به پلاریته مثبت منبع DCوصل می شود و داریم :

$$VAO = V/2$$

گر S4 در $wt = \pi$ آتش شود، فاز Aبه پلاریته منفی منبع DCوصل می شود و داریم:

$$VAO = -V/2$$

شکل موج های VBOو VCO شبیه VAO بوده اما نسبت به هم ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند، ولتاژ های خط به خط به قرار زیر می باشند:

$$VAB=VAO-VBO$$
$$VBC=VBO-VOC$$
$$VCA=VCO-VAO$$

ولتاژهای خط به خط به صورت ترسیمی حاصل می گردند و در شکل زیر رسم شده است. این ولتاژ ها شبه مربعی بوده و عرض پالسها ۱۲۰ درجه می باشد. ولتاژ فازها را می توان به صورت زیر بدست آورد :

$$VAO=VAN-VNO$$
$$VBO=VBN-VNO$$
$$VCO=VCN-VNO$$

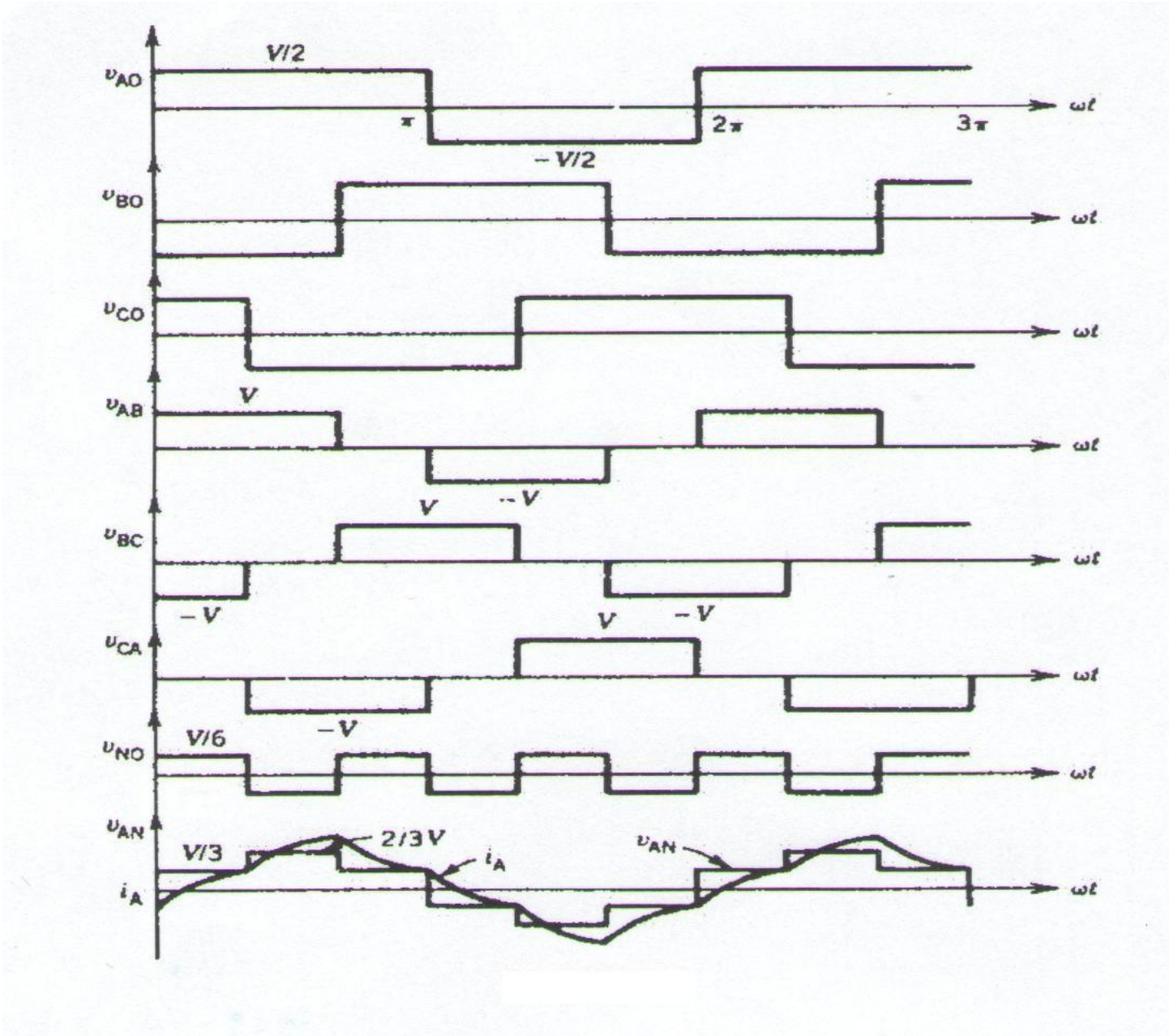
برای عملکرد سه فاز متقارن داریم :

$$VAN+VBN+VCN=0$$

از روابط فوق داریم:

$$VNO=(VAO+VBO+VCO)/3$$

شکل موج VNO در زیر آمده است:



شکل موج های VBN و VCN نیز مانند شکل موج VAN بوده اما نسبت به هم ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند .

فرکانس این ولتاژ سه برابر فرکانس خروجی اینورتر است، VNO اختلاف ولتاژ بار و منبع تغذیه است.

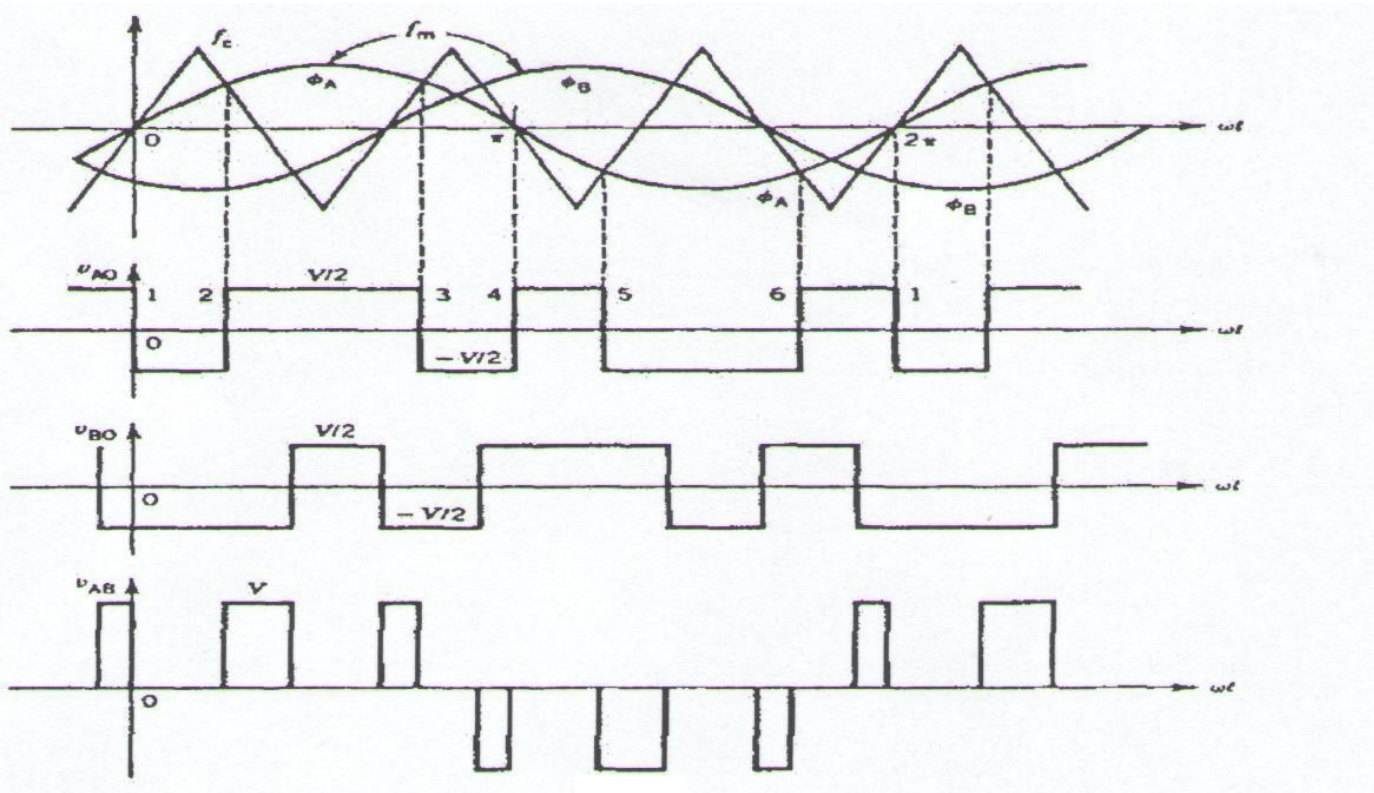
ولتاژ های فاز ها به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$VAN=VAO-VNO=2VAO / 3 – (VBO+VCO) / 3$$
$$VBN=VBO-VNO=2VBO / 3 – (VAO+VCO) / 3$$
$$VCN=VCO-VNO=2VCO / 3 – (VAO+VBO) / 3$$

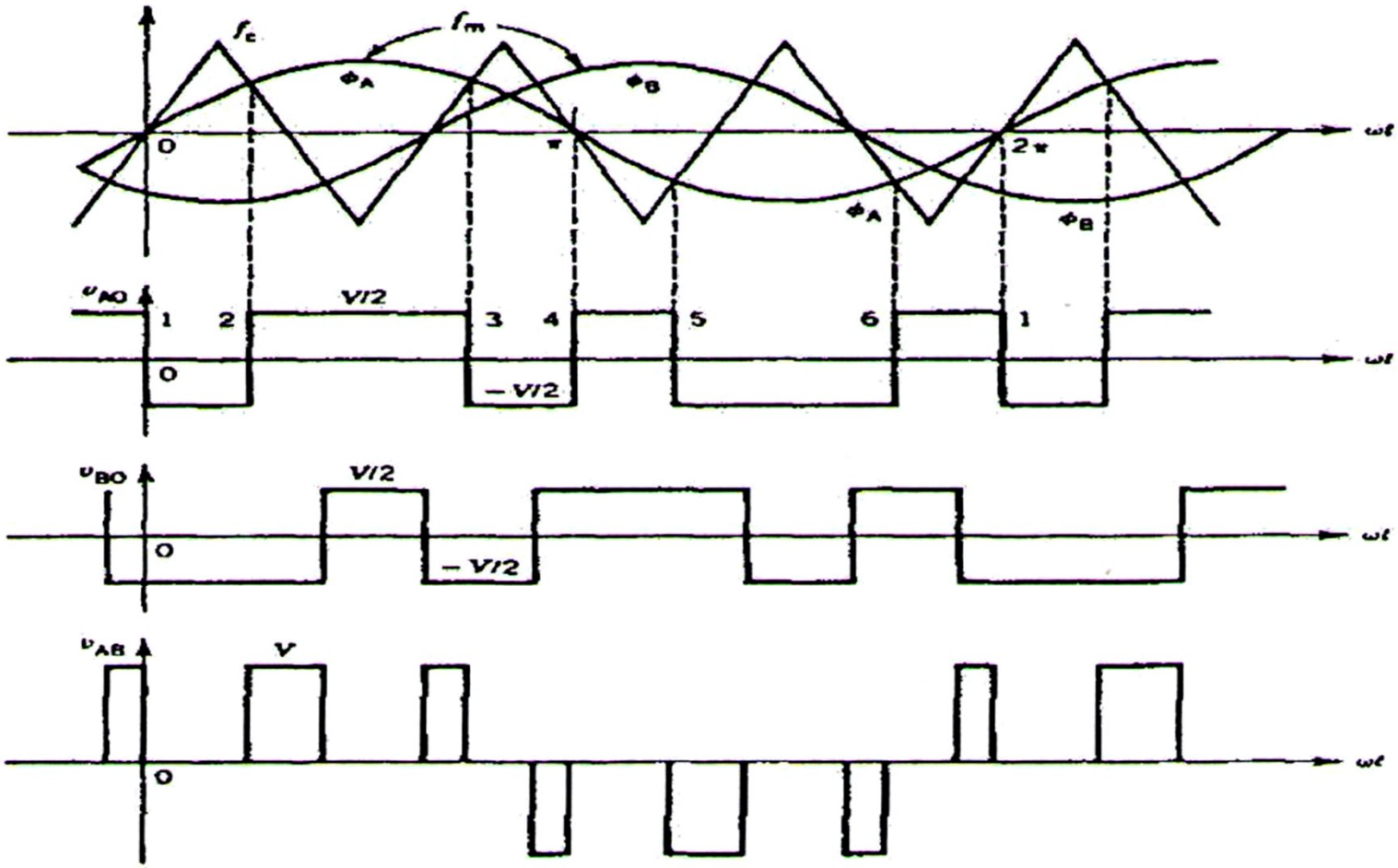
اینورترهای مدولاسیون پهنای پالس (PWM)

در بسیاری از کاربرد ها به ولتاژ بالا نیاز داریم. به عنوان مثال می توان گفت در هنگام کنترل سرعت موتورهای القایی، ولتاژ باید با فرکانس تغییر کند تا چگالی شار بماند ثابت (کنترل F / V)

ولتاژ خروجی اینورتر را می توان با تغییر عرض پالس هر نیم سیکل کنترل نمود. شکل زیر را در نظربگیرید که در آنپل اینورتر تکفاز نمایش داده شده است.

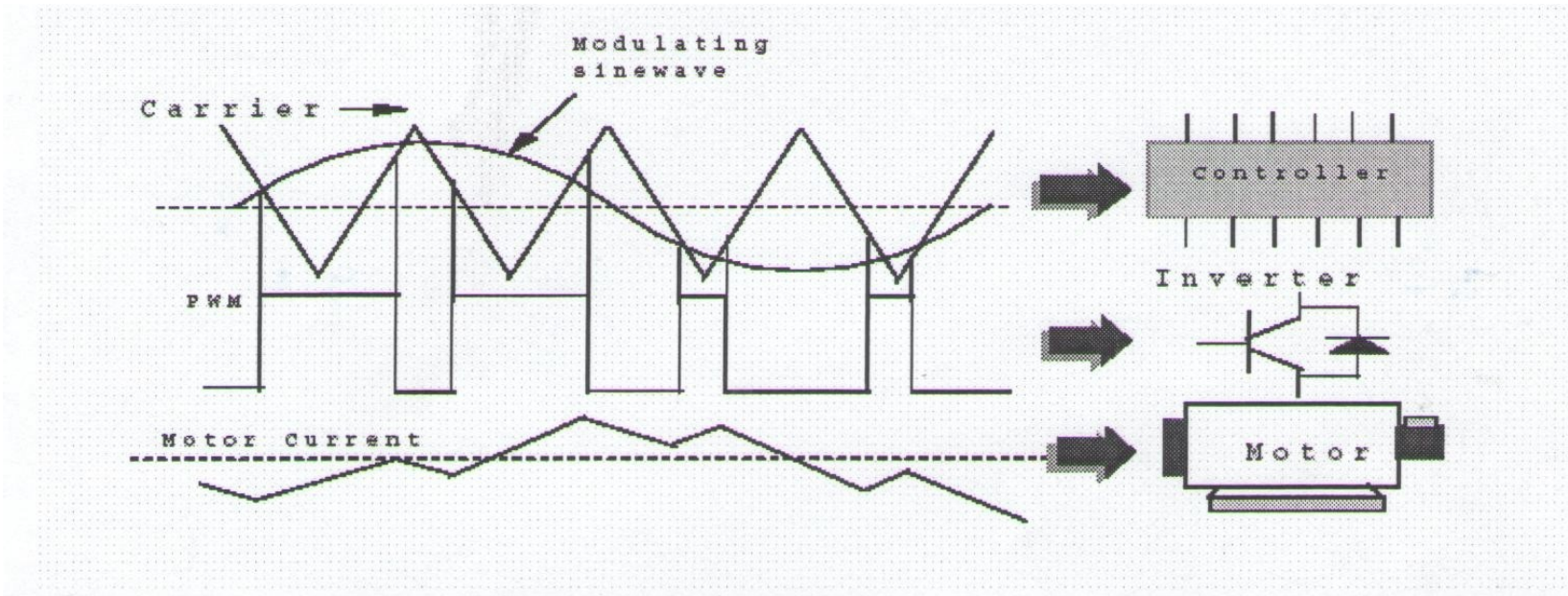


زاویه آتش تریستورهای S3 ، S2با زاویه آتش تریستورهای S4، S1 بمیزان γ درجه اختلاف دارد که این امر باعث می گردد ولتاژهایV_{AO}وV_{BO}و ولتاژ دو سر بار VAB مطابق شکل های زیر باشد

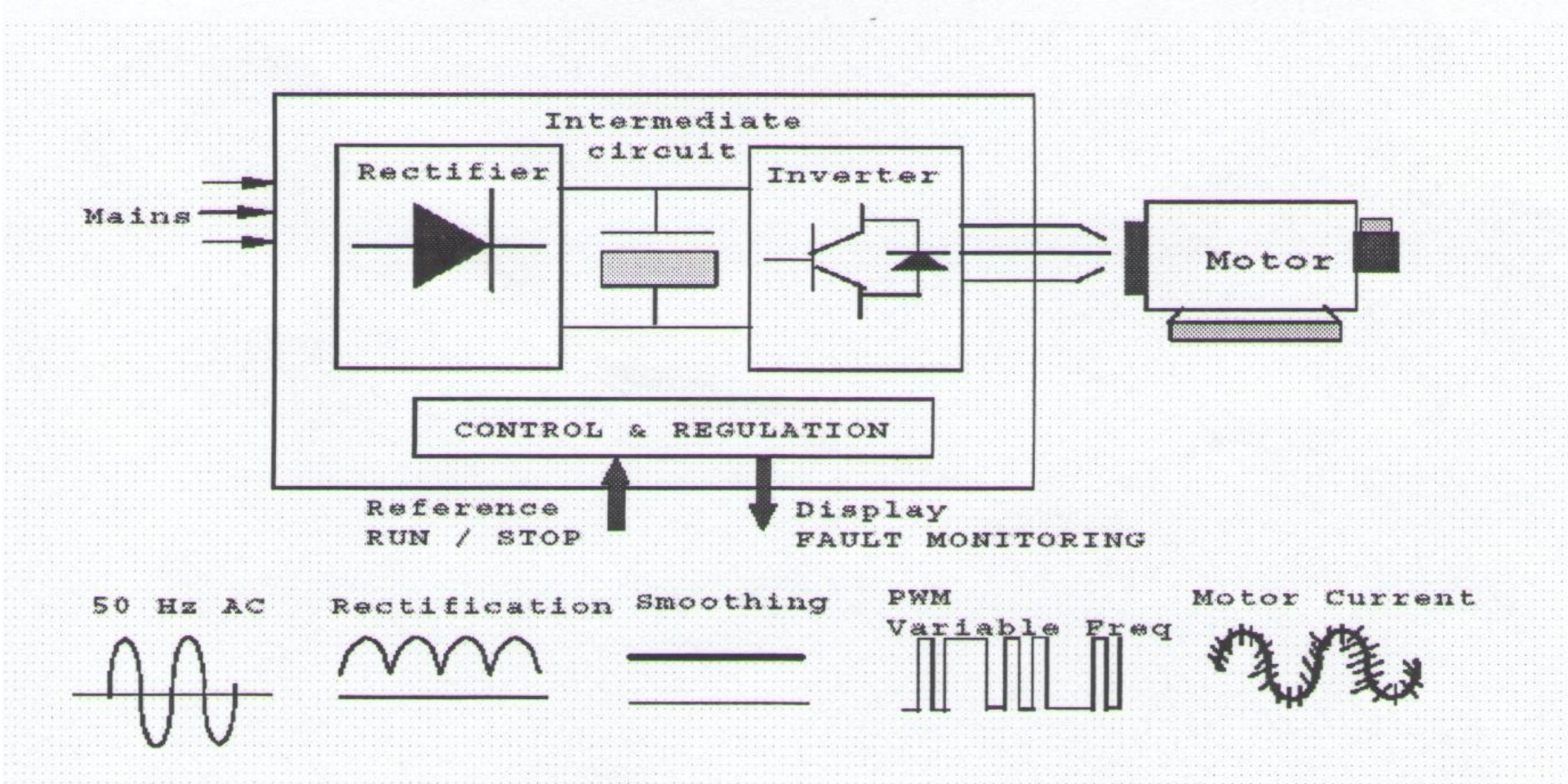


PWM چیست؟

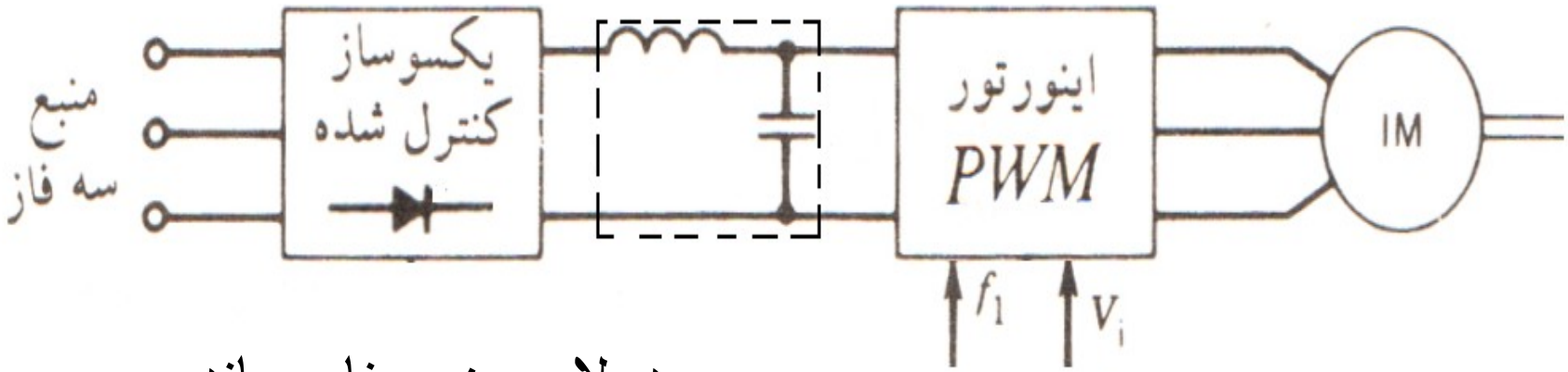
در این روش شکل موج مرجع با فرکانس خروجی اینورتر با یک شکل موج مثلثی با فرکانس fc ، تحت عنوان حامل، مقایسه شده و به ازاء قسمتهایی از شکل موج که بالاتر از سطح حامل قرار داشته باشد، پالس مثبت و به ازاء قسمتهایی که کمتر از سطح حامل می باشند، پالس منفی ایجاد خواهد شد. لذا در خروجی قطاری از پالسها خواهیم داشت که از آنها برای فرمان تریستورهای اینورتر استفاده می شود و با تغییر زمان کلید زنی، براحتی می توان دامنه و فرکانس شکل موج خروجی را کنترل نمود لذا با تغییر فرکانس موج حامل براحتی می توانید دامنه و فرکانس خروجی اینورتر را کنترل نمایید .



در ساختار داخلی اینورتر ابتدا با استفاده از یک پل دیودی ولتاژ متناوب ورودی به ولتاژDC تبدیل شده و سپس این ولتاژ DCبه یک مبدلDC به ACمنتقل شده که با استفاده از ترانزیستورهای قدرت سرعت بالای بکار رفته، در خروجی اینورتر یک شکل موج جریانACبا دامنه و فرکانس قابل کنترل ایجاد نموده و به موتور اعمال می نماید ·

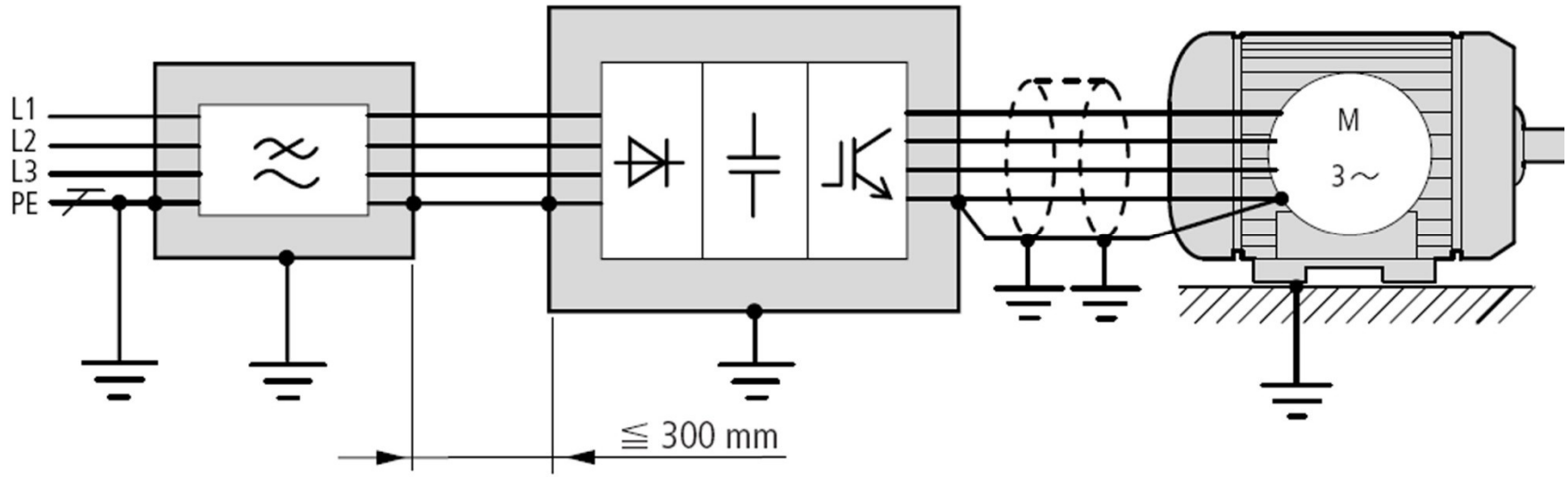


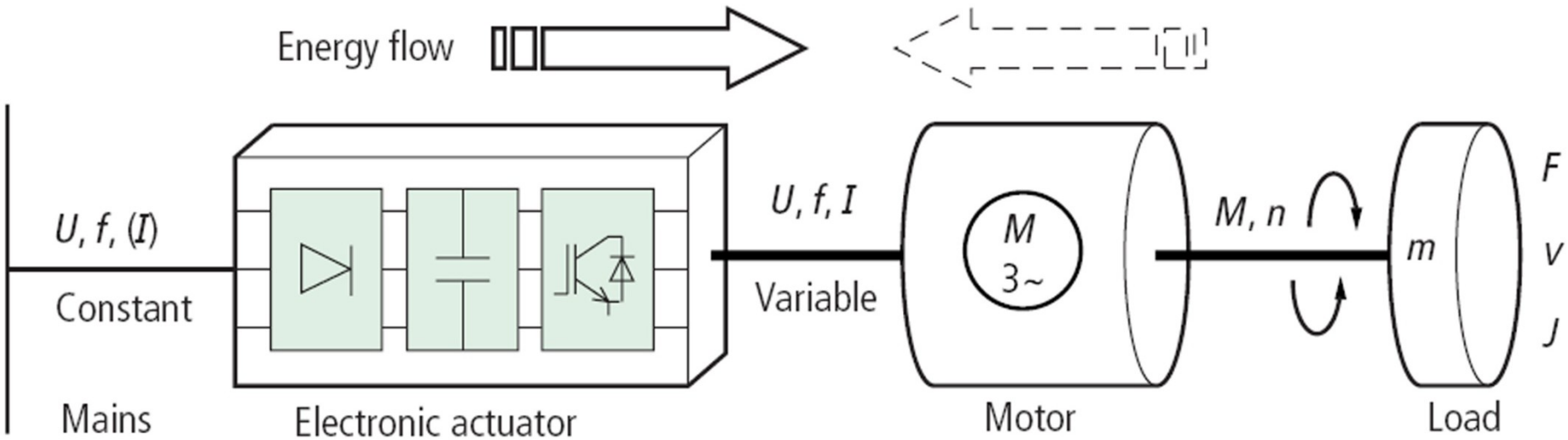
PWM اینورتری است که کنترل ولتاژ و فرکانس را خود انجام مي دهد.

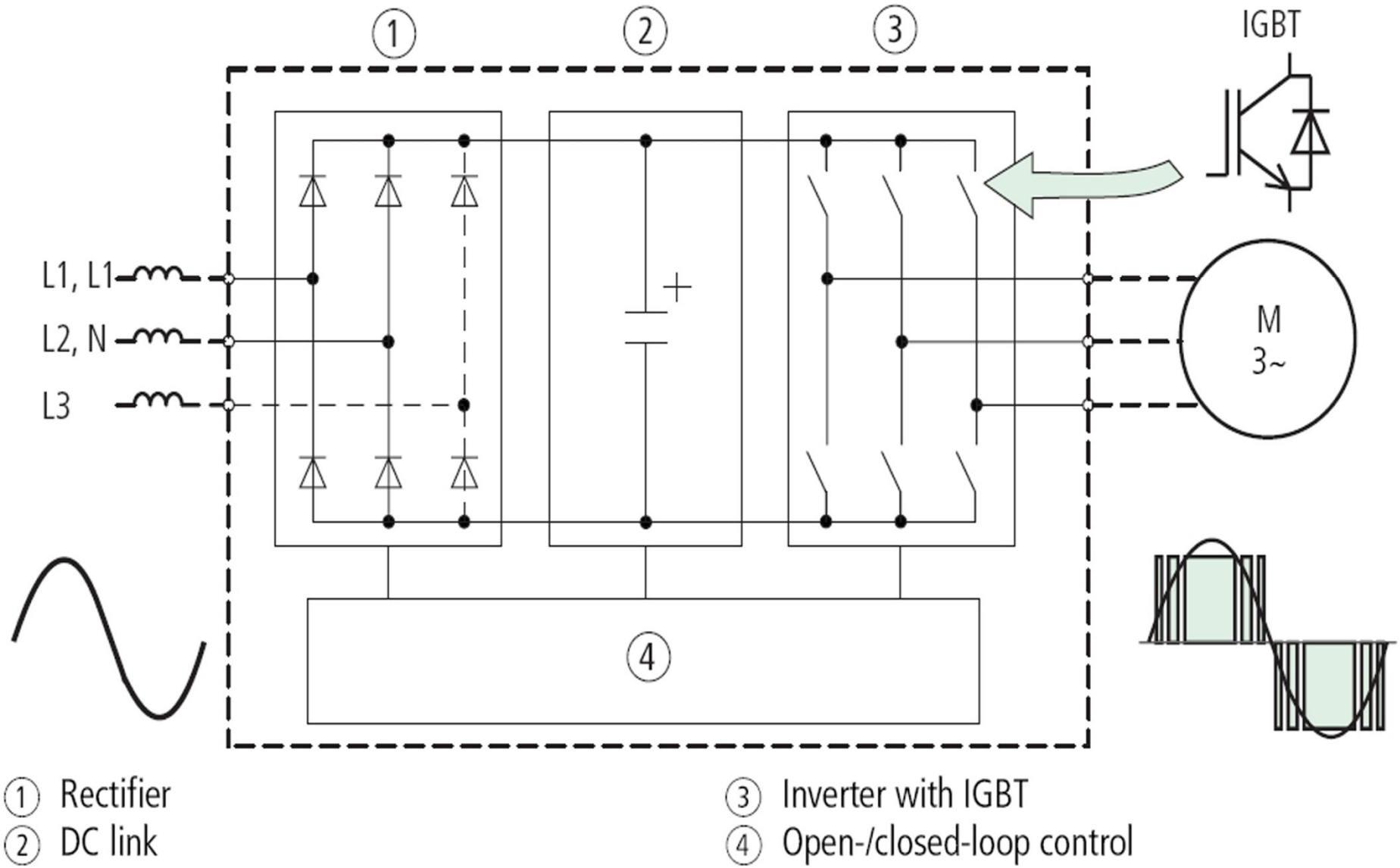


مدولاسیون پهنای باند

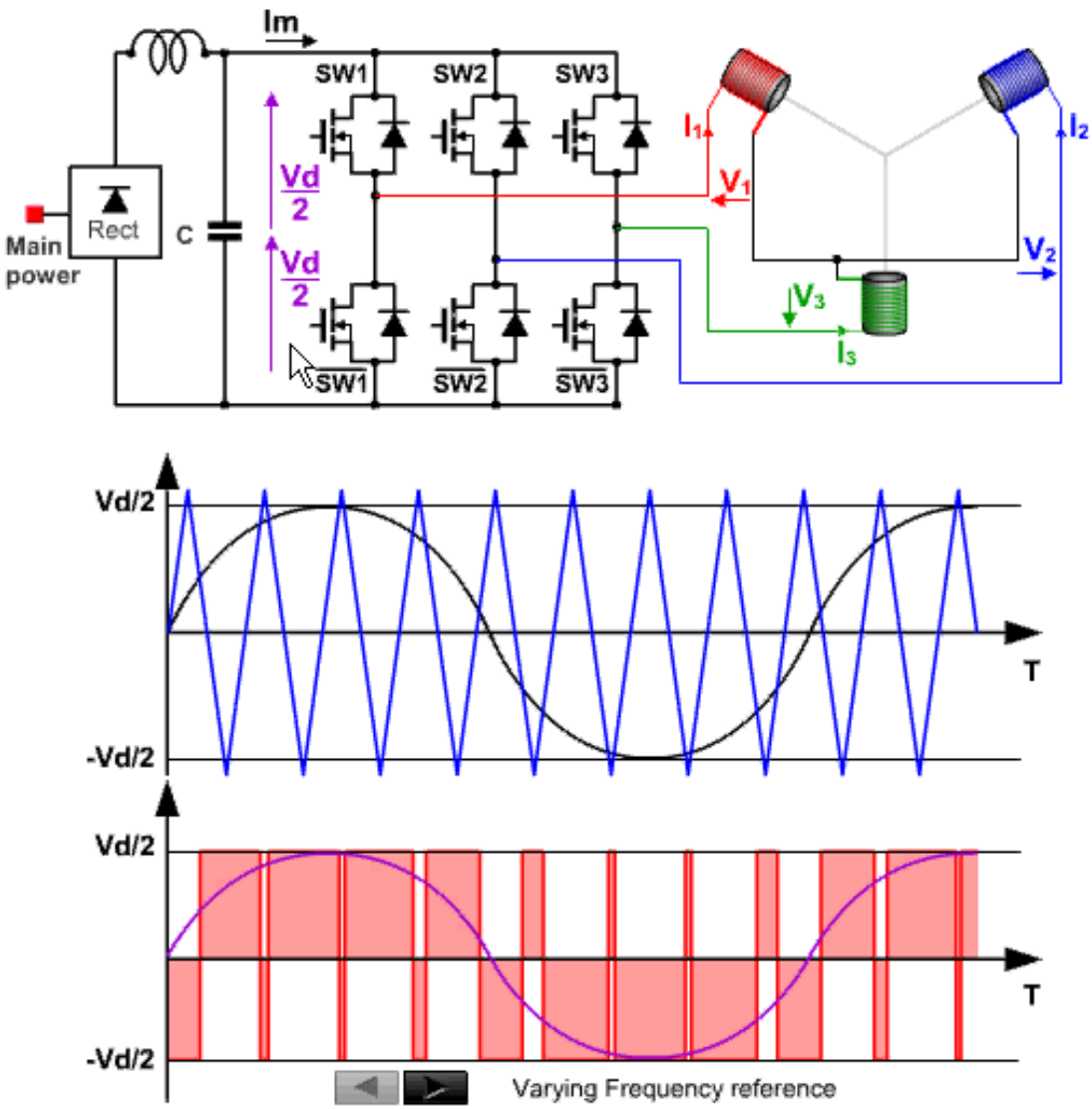
PWM

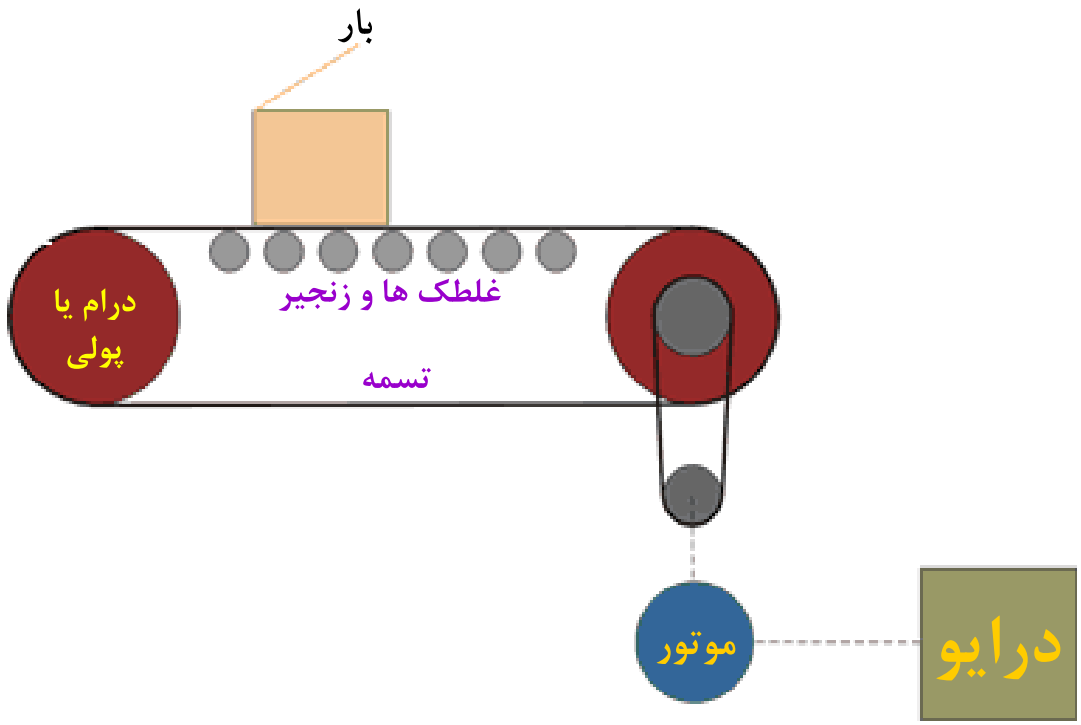


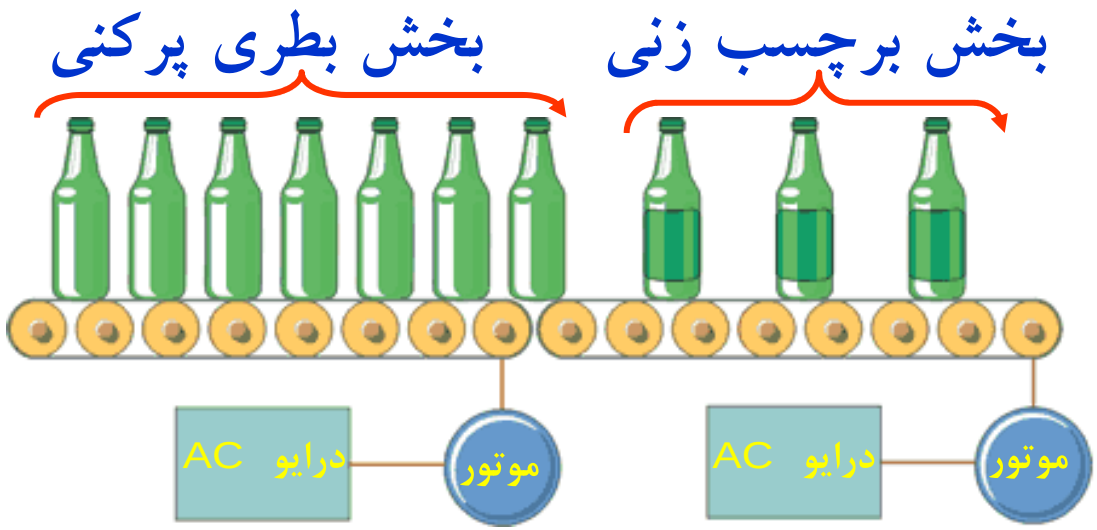

Energy flow
U, f, (I)
Constant
Mains
Electronic actuator
U, f, I
Variable
M
3~
Motor
M, n
m
Load
F
v
J

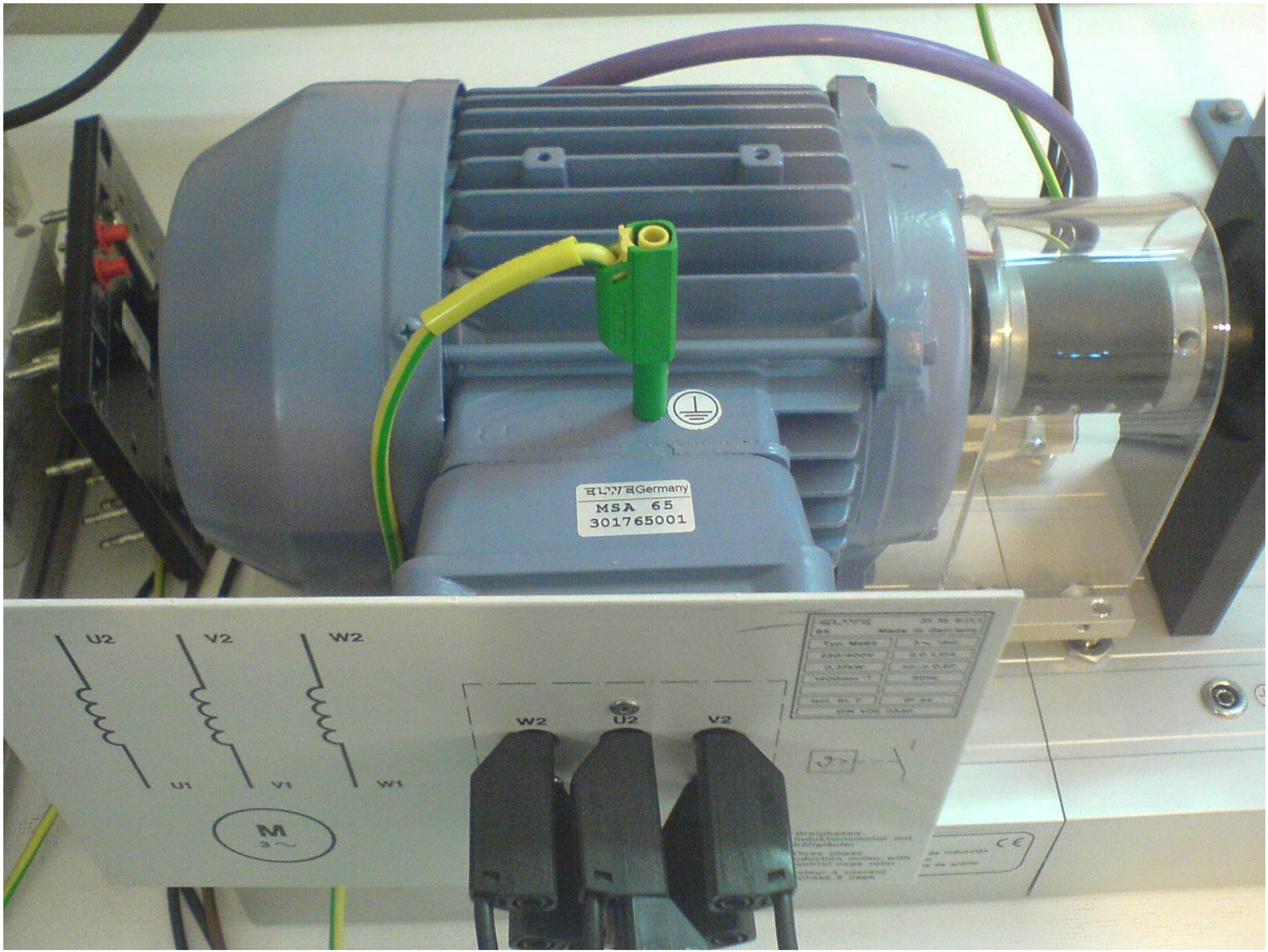


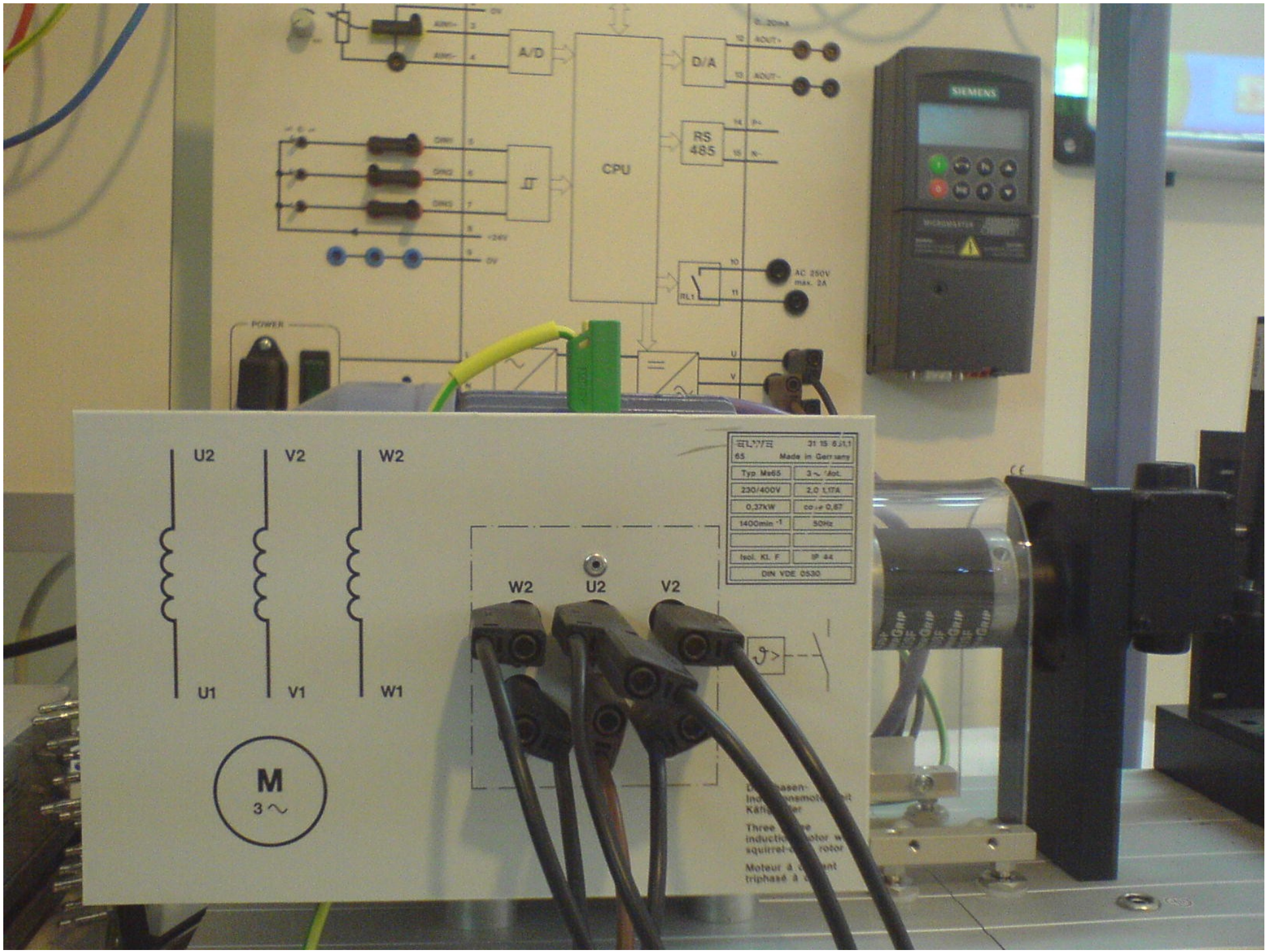
نمای داخلی اینورتر

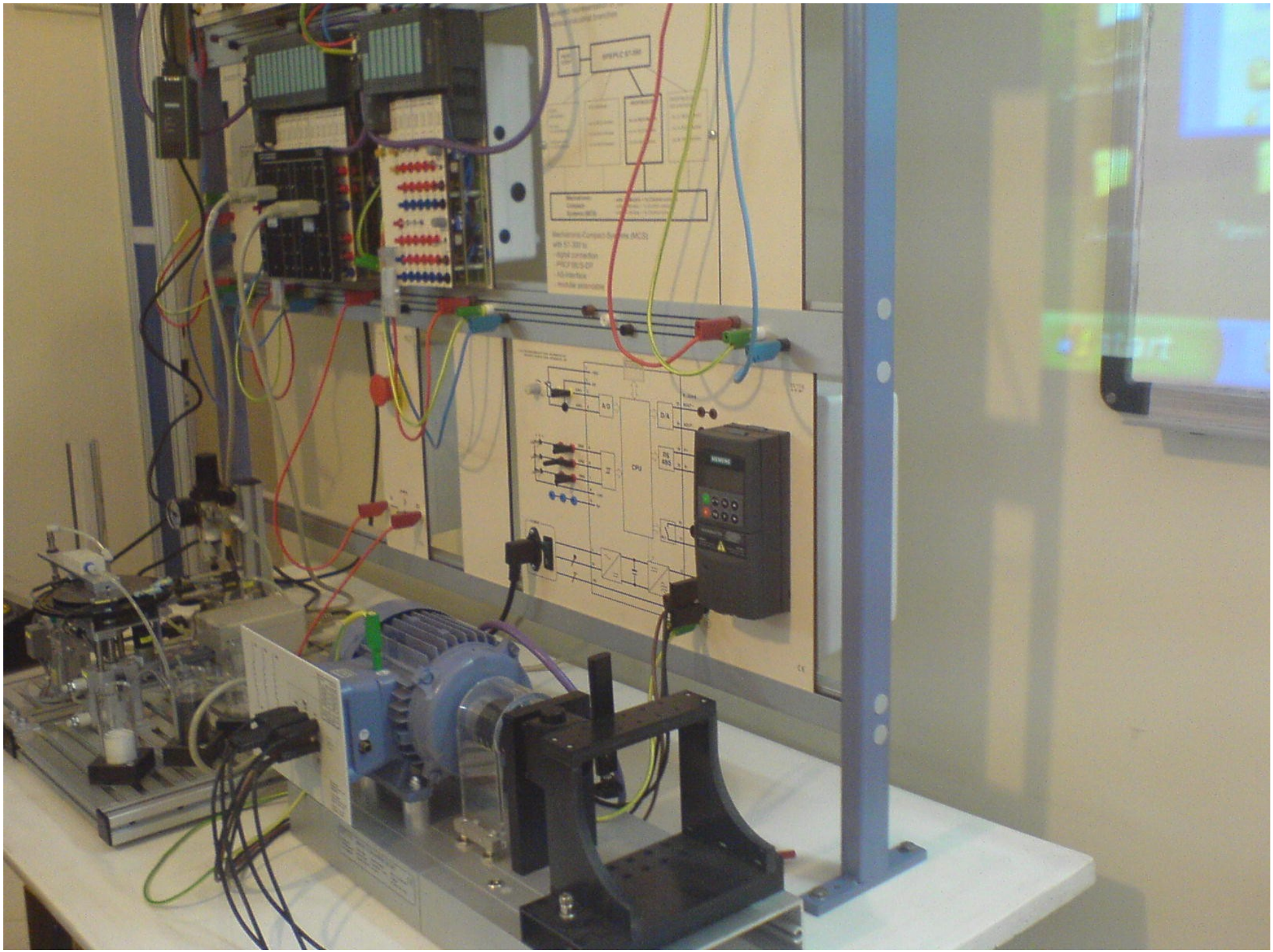

Im
SW1
SW2
SW3
Vd
2
Vd
2
Rect
C
Main
power
SW1
SW2
SW3
I1
V1
I2
V2
V3
I3
Vd/2
-Vd/2
T
Vd/2
-Vd/2
T
Varying Frequency reference

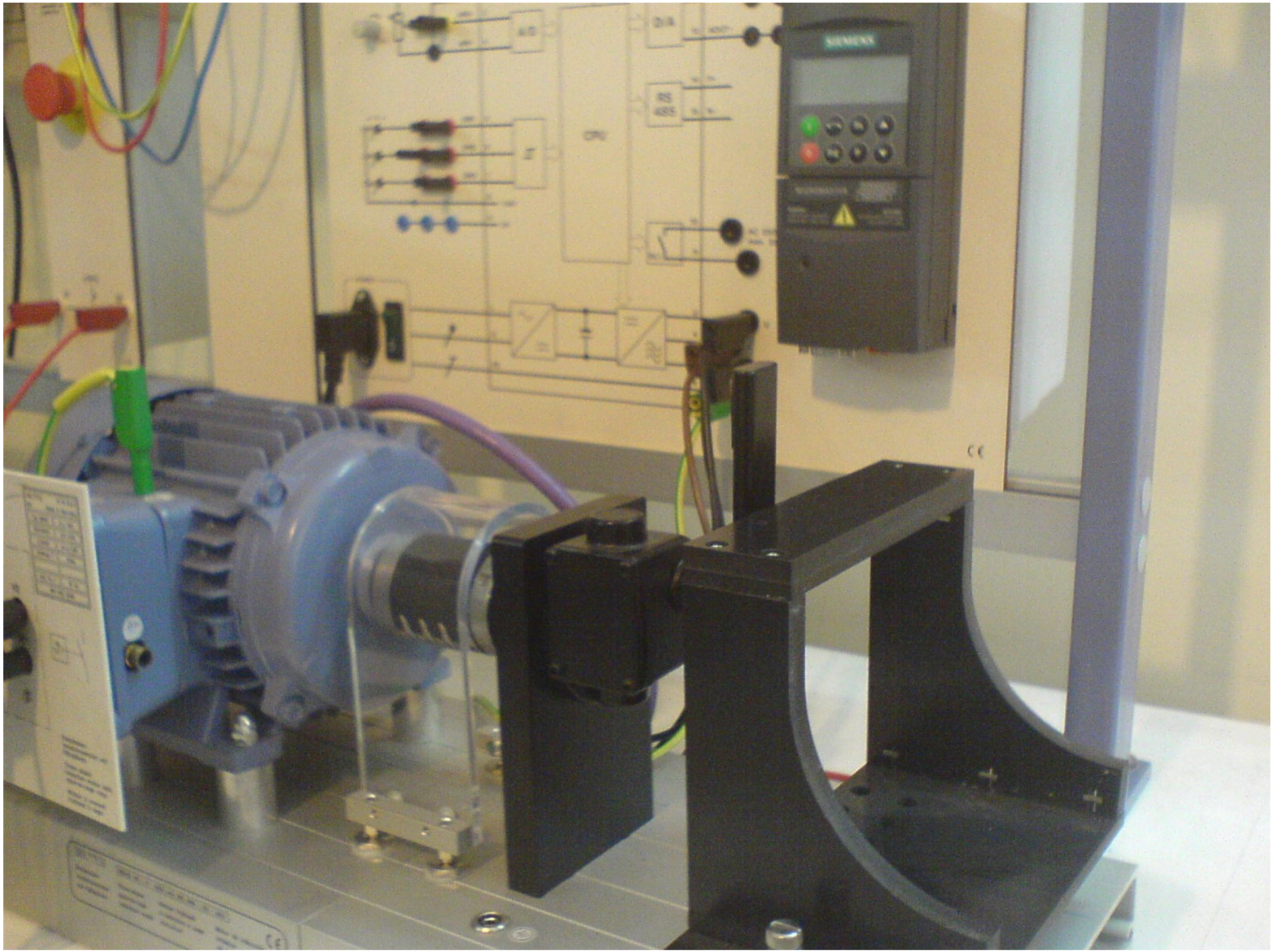

بار
درام یا
پولی
غلطک ها و زنجیر
تسمه
موتور
درایو

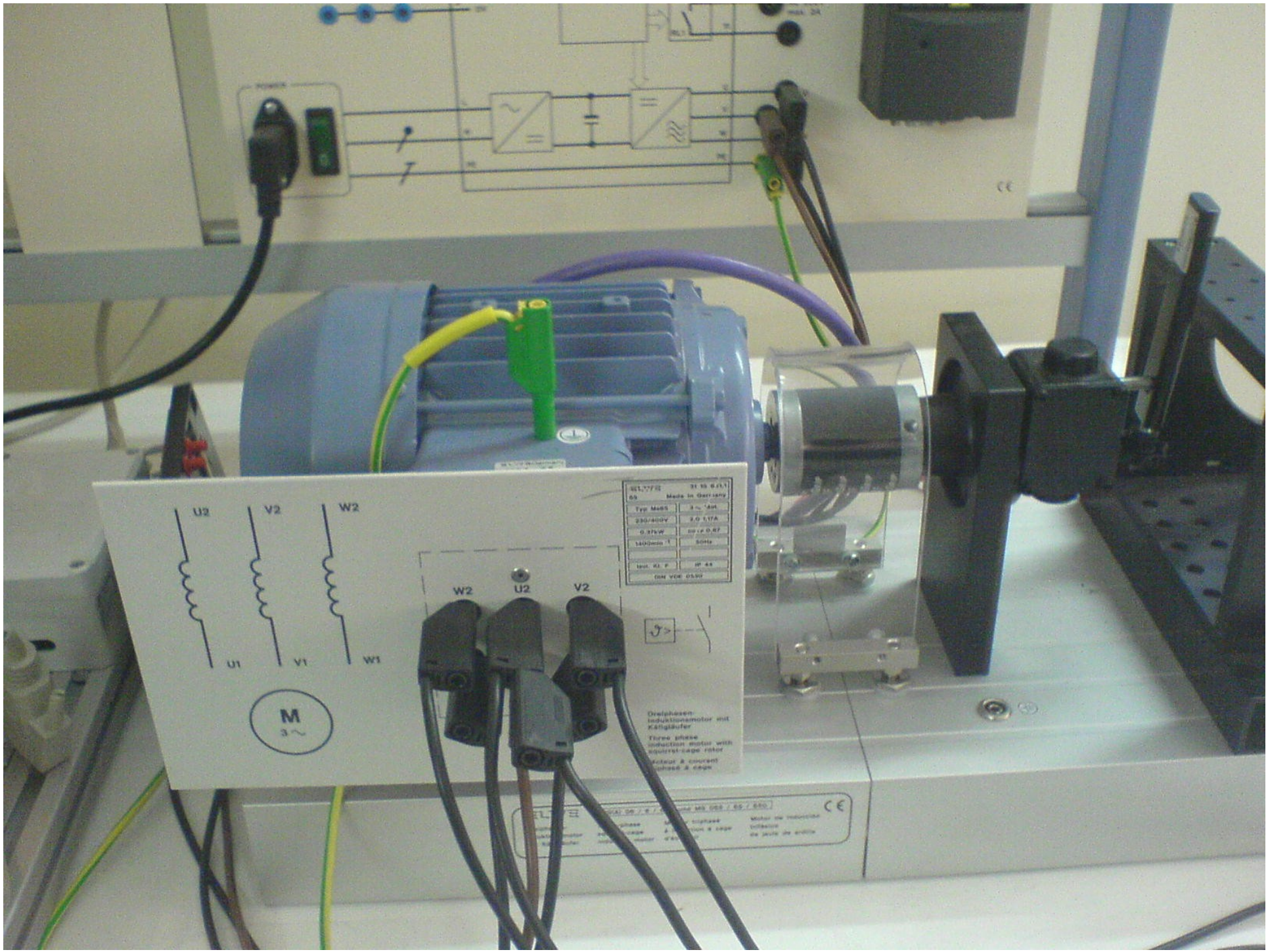

بخش بطری پرکنی
بخش برچسب زنی
AC درایو
موتور
AC درایو
موتور

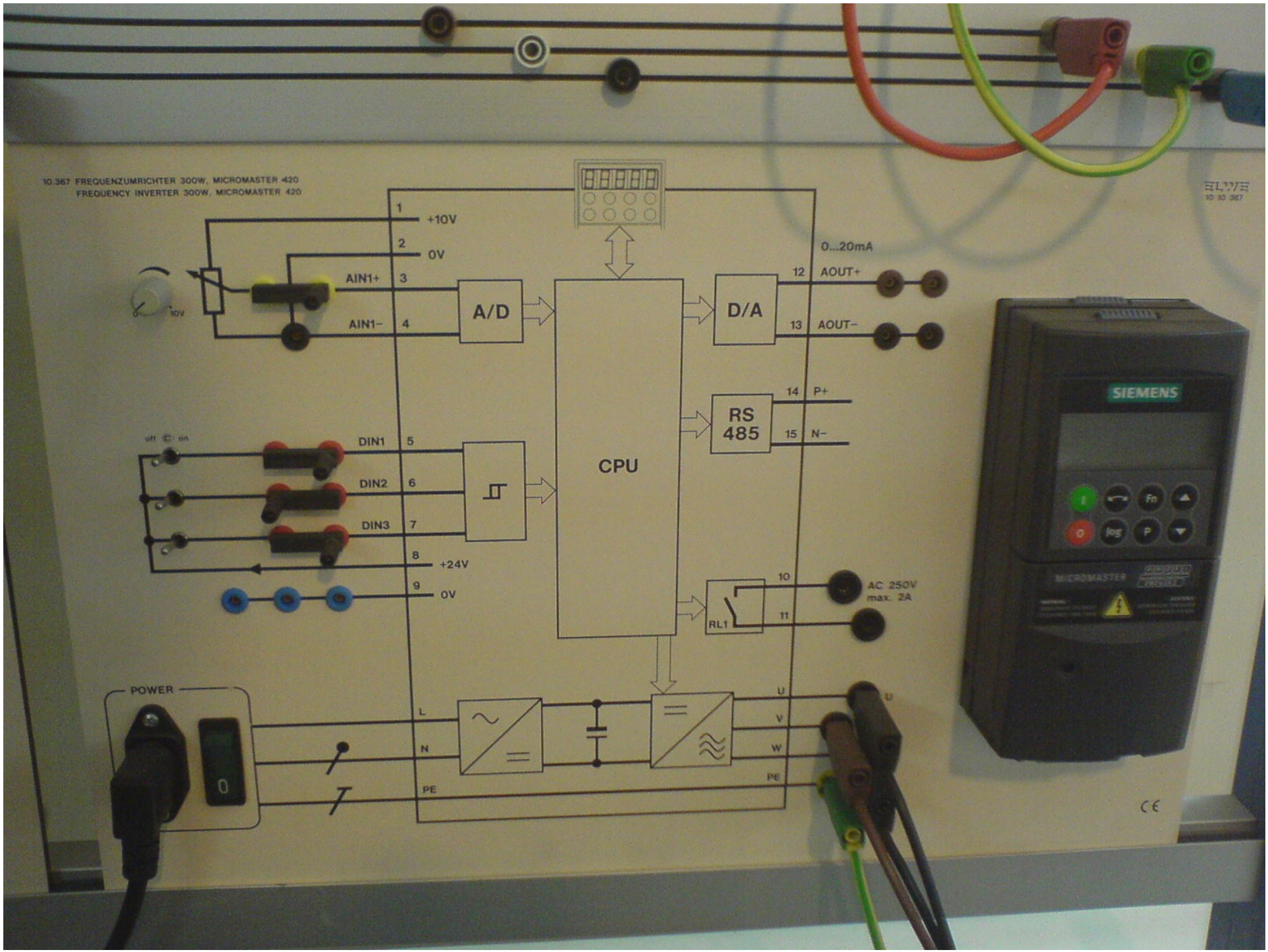

ELWE Germany
MSA 65
301765001
U2
V2
W2
U1
V1
W1
M
3~
W2
U2
V2

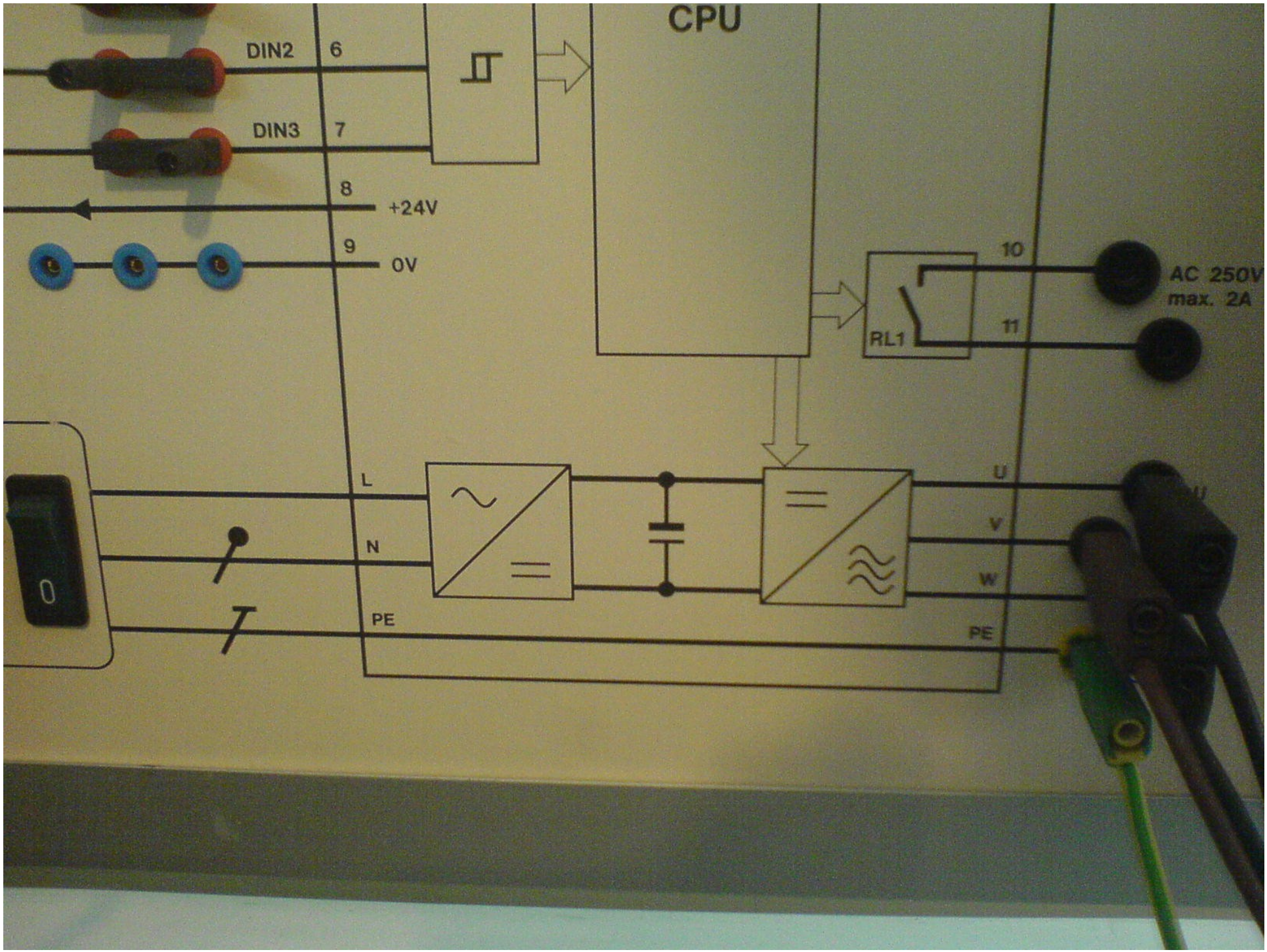

A/D
D/A
CPU
RS 485
SIEMENS
AC 250V max. 2A
POWER
U2
V2
W2
U1
V1
W1
M
3~
W2
U2
V2
Typ Ms65
230/400V
0,37kW
1400min -1
50Hz
Isol. Kl. F
IP 44
DIN VDE 0530
Made in Germany

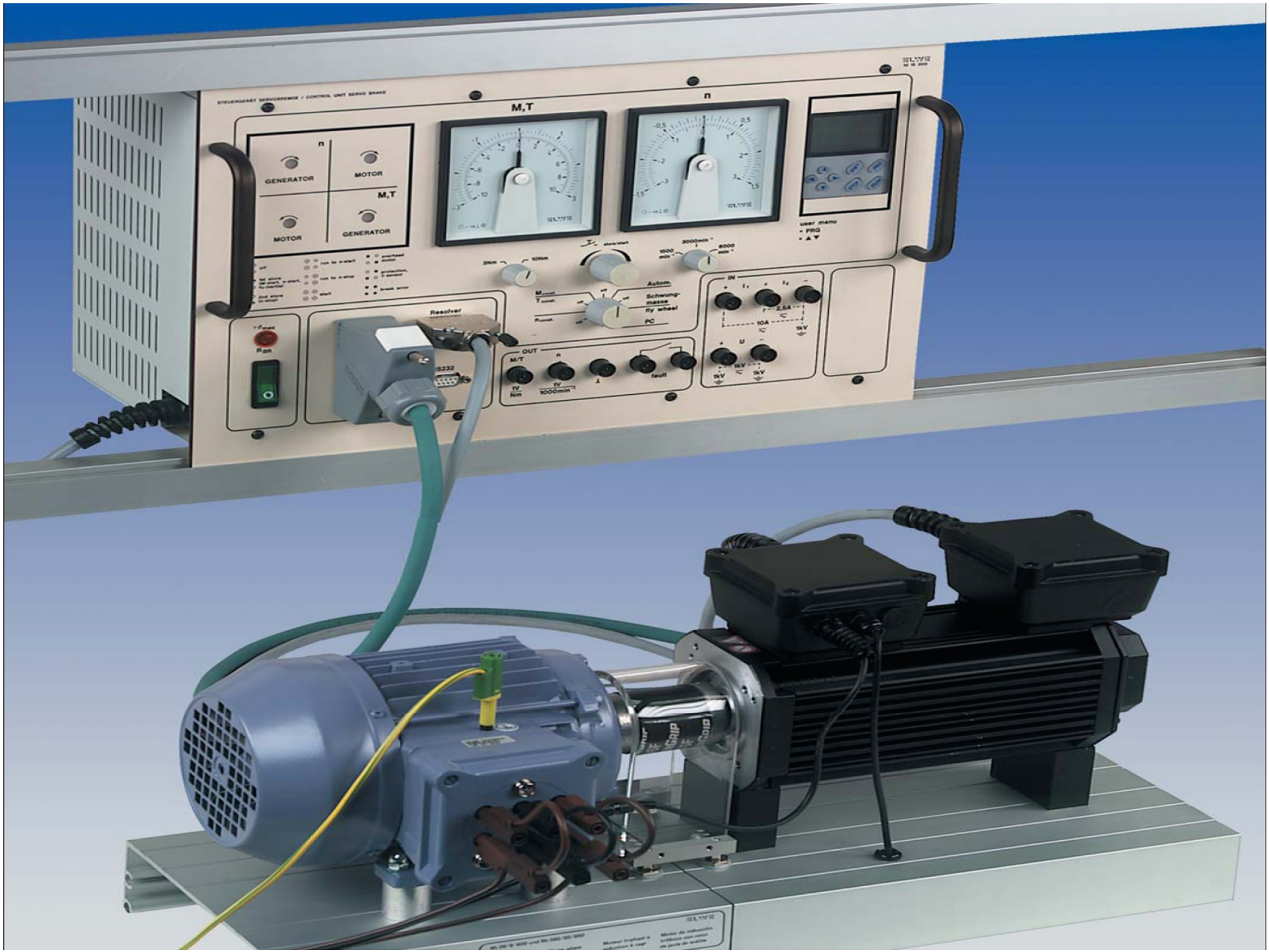



SIEMENS


U2
V2
W2
U1
V1
W1
M
3~
W2
U2
V2


10.367 FREQUENZUMRICHTER 300W, MICROMASTER 420
FREQUENCY INVERTER 300W, MICROMASTER 420
1 +10V
2 0V
AIN1+ 3
AIN1- 4
A/D
CPU
D/A
0...20mA
12 AOUT+
13 AOUT-
RS 485
14 P+
15 N-
DIN1 5
DIN2 6
DIN3 7
8 +24V
9 0V
10
11
RL1
AC 250V
max. 2A
POWER
L
N
PE
U
V
W
PE
SIEMENS
MICROMASTER


CPU
DIN2
6
DIN3
7
8
+24V
9
0V
10
AC 250V
max. 2A
RL1
11
L
N
PE
U
V
W
PE
0


M,T
n
GENERATOR
MOTOR
M,T
MOTOR
GENERATOR
Resolver
RS232
OUT
M/T
fault
Autom.
Schwung-
masse
fly wheel
PC
user menu
• PRG
• ▲▼
IN
2,5A
10A
1kV
Rpm

به طور کلی اینورتر در موارد زیر به کار میرود:

انجام تنظیمات مورد نیاز جهت سرعت یک فرآیند.
انجام تنظیمات مورد نیاز جهت گشتاور یک فرآیند.
صرفه جویی انرژی و افزایش بازده.

کاربرد اصلی اینورتر:

اصلی ترین کاربرد اینورترAC، کنترل سرعت موتور القایی ACمی باشد.

گاه به جای استفاده از اینورتر از موتورهای دو سرعته استفاده می نمایند که به کارگیری این روش مزایا و معایب خاص خود را دارا می باشند

مزایا:

1- از اینورتر ارزانتر می باشد

2- به راحتی نصب می شود

3-نویز بسیار کمی دارد

معایب:

1- جریان راه اندازی بسیار بالایی در حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ درصد جریان نامی را دارا می باشند.

2-درهنگام شروع به کار و توقف ، ضربه های شدیدی را وارد میکند .

3-کنترل فقط برای دو سرعت مشخص موجود می باشد .

4-زمان زیادی را برای کاهش و تغییر سرعت نیاز دارند .

- **تمرین های فصل دوم:**
-
- ۱- نتایج آزمایشهای یک موتور القای روتور قفسی ۴ / 400v / 10kw قطب با اتصال مثلث به قرار زیر است: آزبی باری 400v/8A/250w و آز روتور قفل شده 1350w/35A/90v و مقاومت dc سیم پیچی استاتور هر فاز 0.6Ω است. تلفات گردشی (مکانیکی)و پارامترهای مدار معادل را محاسبه کنید؟
- ۲- :یک موتور الکتریکی القایی سه فاز قفسی ۴ قطب ۲۵ اسب بخار به شبکه 60Hz متصل است که سیم پیچ استاتور آن بصورت ستاره و تلفات آهنی و مکانیکی 1800w و$UL=460v$ و ماشین در بار نامی دارای ضریب قدرت ۰,۸۶ و ضریب بهره ۸۳,۵ است و لغزش ۲,۲ ٪ است.هر فاز استاتور آن $R1=0.44\Omega$ مقاومت دارد مطلوبست محاسبه : سرعت روتور
- جریان استاتور/ تلفات مسی روتور استاتور ؟

۳- مطلوبست محاسبه گشتاور اعمال شده توسط یک موتور القایی سه فاز 50HZو۸قطب که با لغزش۴٪ کار کرده و گشتاورماکزیمم150N.m در سرعت660r.p.m ایجاد می کندمقاومت هر فاز روتور ۰٫۵است:

۴- در یک موتورالقایی سه فاز آسنکرون ۴ قطب ۱۱۰ ولت با اتصال ستاره که R2=0.18Ωو X2=0.75Ω وبا سرعت 1720r.p.m حرکت می کند.مطلوبست

الف)جریان راه اندازی روتور

ب)جریان روتور در سرعت1720r.p.m

ج)مقاومت اهمی بار معادل وتوان مکانیکی ناخالص

۵- یک موتور القایی 50Hz سه فاز دارای مقاومت روتور 0.03Ω و راکتانس 0.12Ω در هر فاز است :
اولا:سرعت در گشتاور ماکزیمم چقدر است؟
ثانیا:مطلوبست تعیین مقدار اضافی مورد نیاز در هر فازمدار روتور برای بدست آوردن ۷۵٪ گشتاور موتور در راه اندازی
ثالثا:اگربخواهیم گشتاور موتور را در لحظه راه اندازی اتفاق بیفتد چه مقاومتی باید در مدار اضافه کنیم؟

۶- یک موتور القایی دارای ۴ قطب با مقاومتهای R2=0.4Ω و X2=0.12Ω با فرکانس 50Hz کار می کند مطلوبست :
الف)اگر گشتاور کار برابر ۰,۷۵ گشتاور ماکزیمم باشد مقاومت روتور چقدر است؟
ب)در زمانی که گشتاور کار با گشتاور ماکزیمم برابر باشد مقاومت روتور چقدراست؟

۷- یک موتور القایی ستاره ۴ قطبی , ۶۰هرتز , ۴۶۰ولت دارای امپدانسهای هر فاز است که بصورت زیر می باشد :

$R2=0.332\Omega \quad X1=1.106\Omega \quad X2=0.464\Omega$

$Xm=26.3\Omega \quad R1=0.611\Omega$

کل تلفات ثابت1100w بوده (تلفات ثابت با هسته جمع شده)

برای لغزش ۲,۲٪ در ولتاژ و فرکانس اسمی موارد زیر را پیدا کنید:

الف)سرعت روتور **ب)جریان استاتور**

ج)ضریب توان **د)قدرتمکانیکی نا خالص**

و)قدرت خروجی **ه)گشتاور الکترومغناطیسی**

ی)راندمان

۸- یک موتور القایی سه فاز ۴۴۰ ولت و فرکانس ۶۰ هرتز با اتصال ستاره دارای ۶ قطب می باشد پارامترهای هر فاز آن بصورت زیر می باشد:

Xm=14.3Ω Rfe=161.13Ω Xe1=0.75Ω

R1=0.1Ω R2=0.12Ω تلفات هسته =۱۲۰۰

تلفات مکانیکی شامل اصطکاک و تهویه را معادل تلفات هسته در نظر بگیرید اگر لغزش موتور ۳٪ باشد مطلوبست:

الف)محاسبه تقریبی جریان ورودی به موتور و ضریب قدرت موتور

ب)توان مکانیکی خروجی

ج)گشتاور راه اندازی

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.