فصل سوم

ماشین سنکرون :

ماشین سنکرون
- مولد سنکرون
- موتور سنکرون

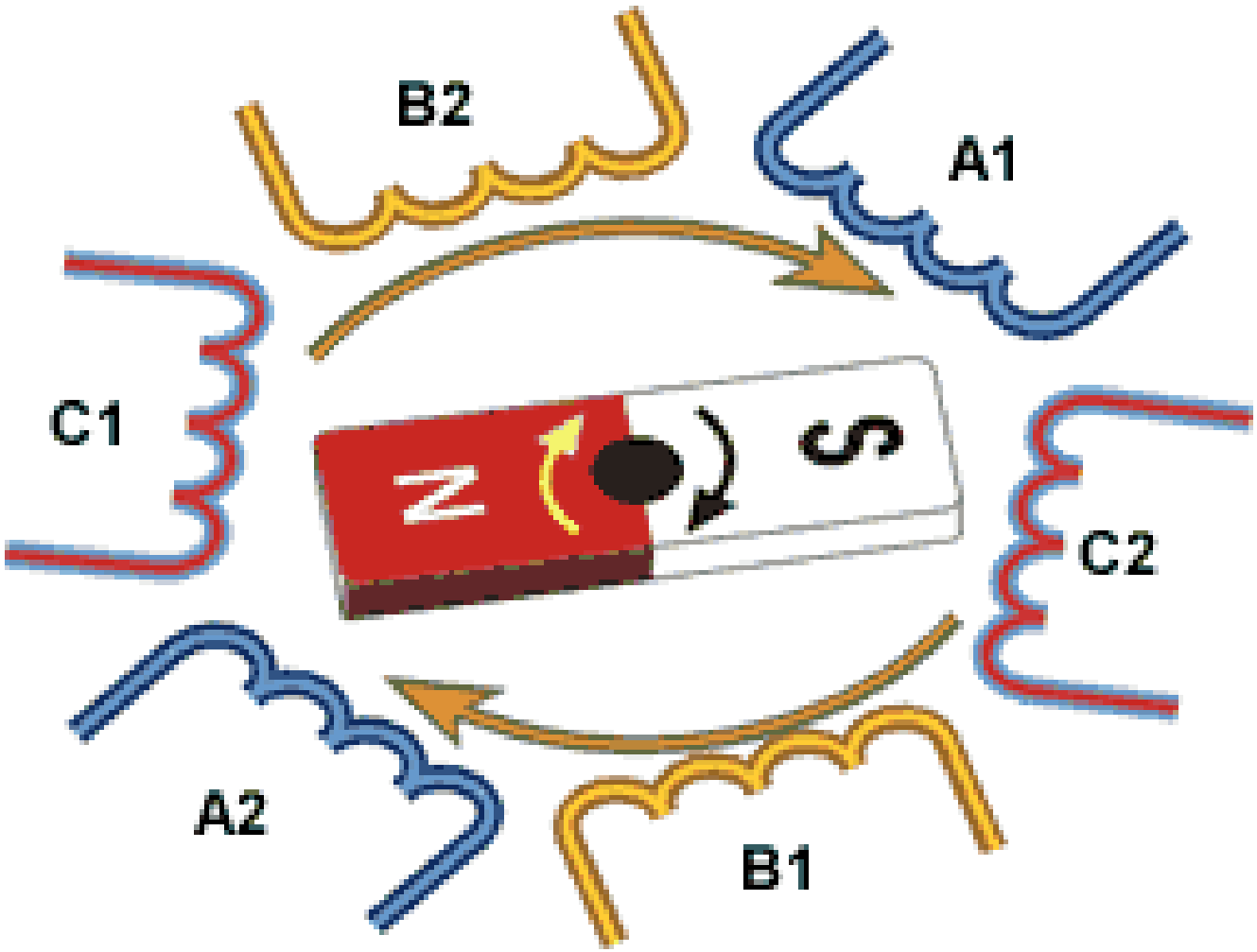
۱ـ مولد سنکرون:

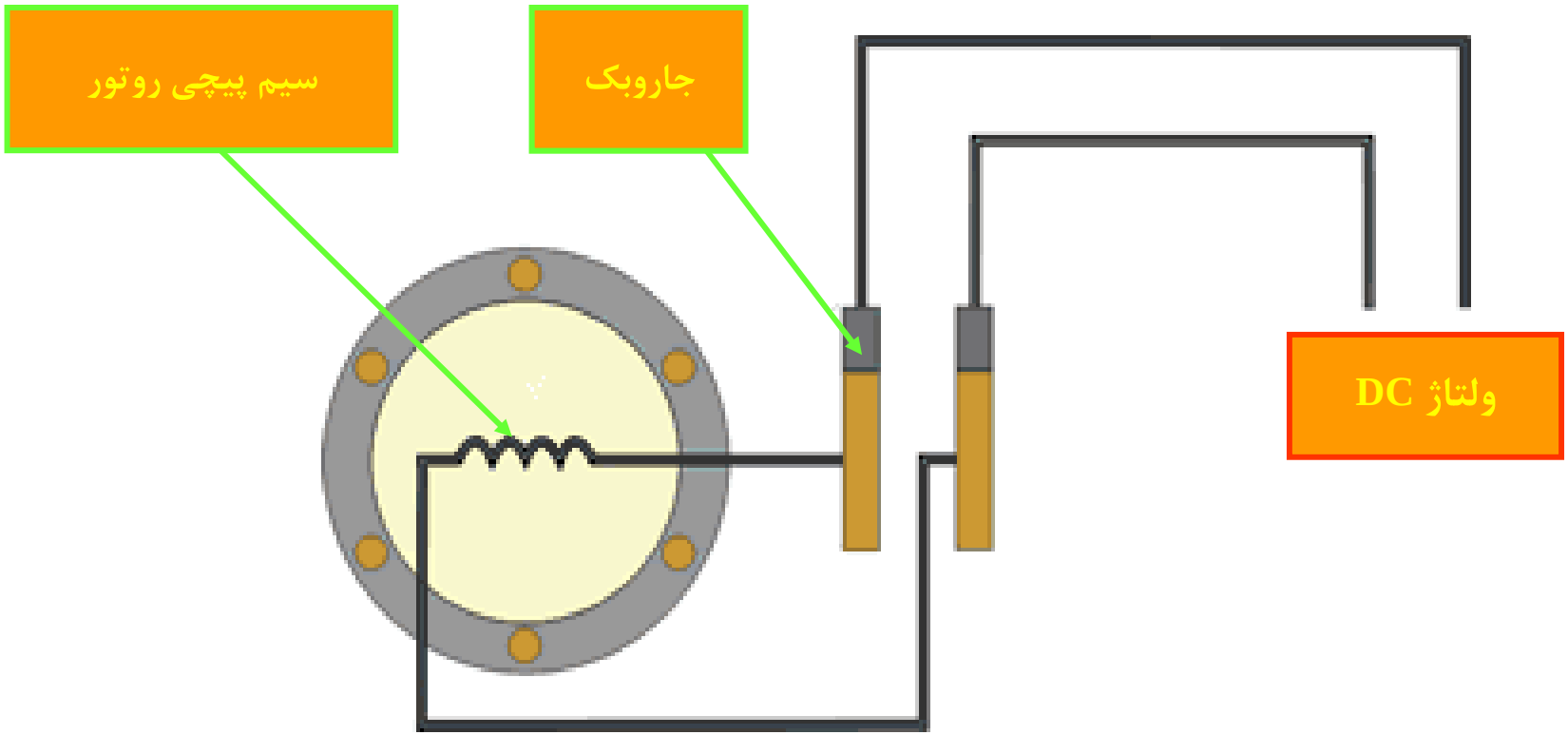
الف) مولد سنکرون :

سیم پیچ تحریک روی روتور

سیم پیچ آرمیچر روی استاتور

القا شونده = آرمیچر

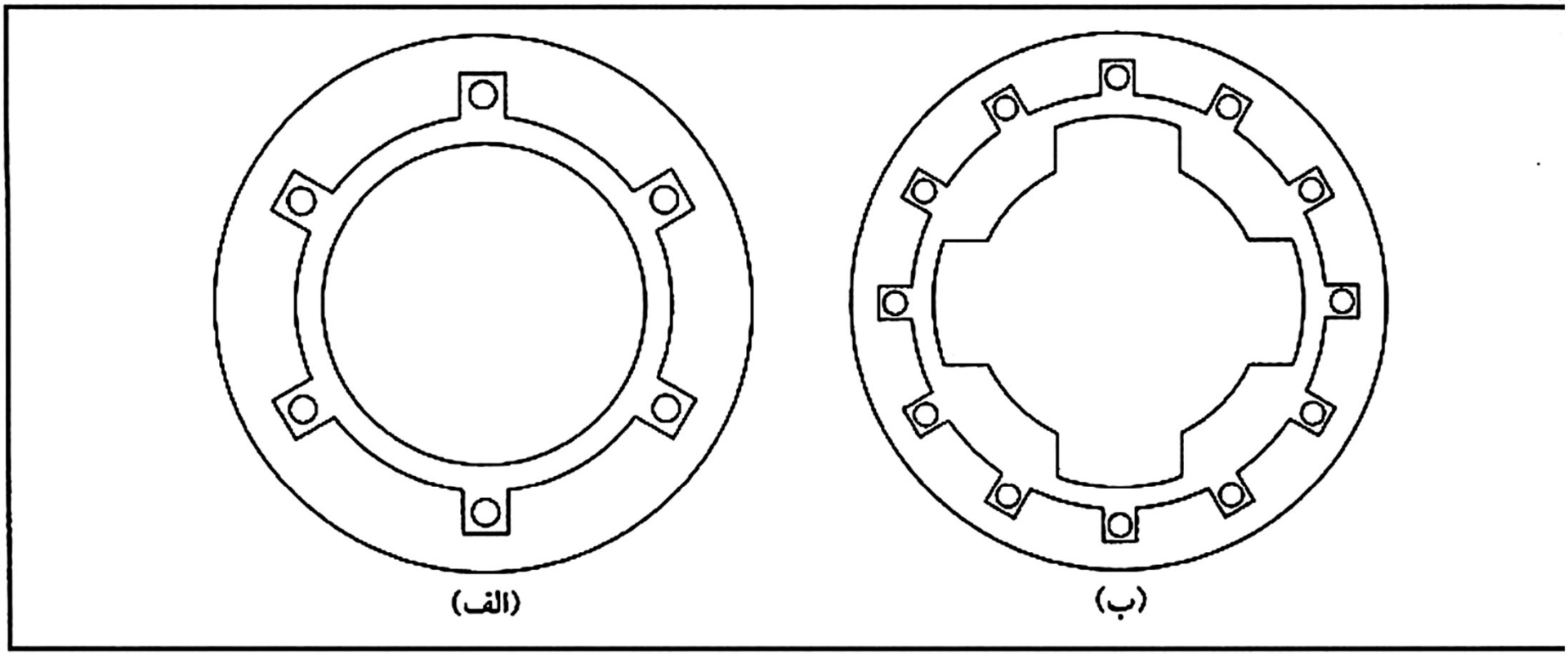

B2
A1
C1
N
S
C2
A2
B1


سیم پیچی روتور
جاروبک
ولتاژ DC

ساختمان :

الف) استاتور:
دقیقا شبیه به استاتور یک موتور آسنکرون

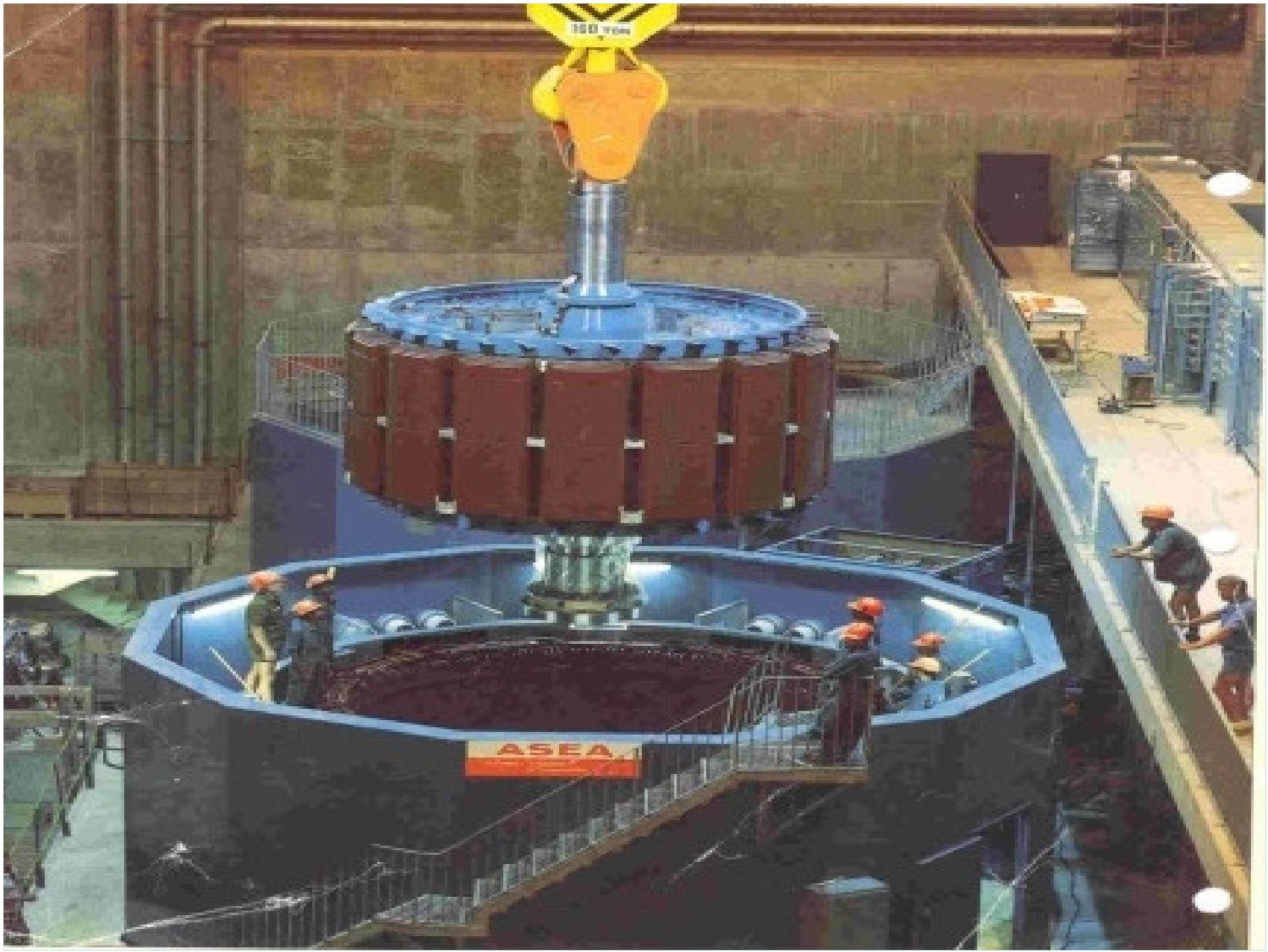
ب) روتور:
به دو صورت برجسته وصاف

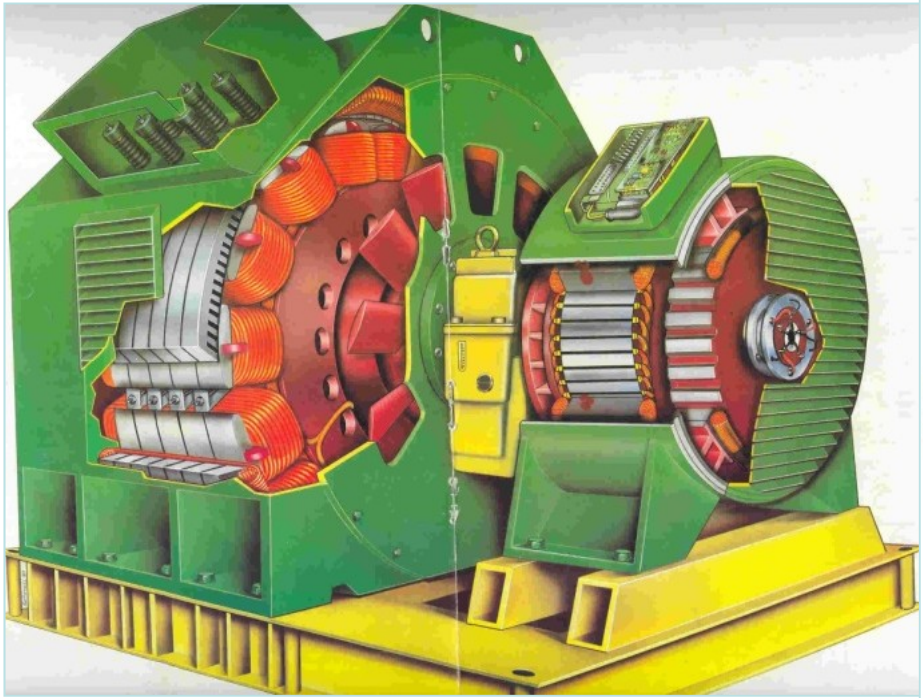


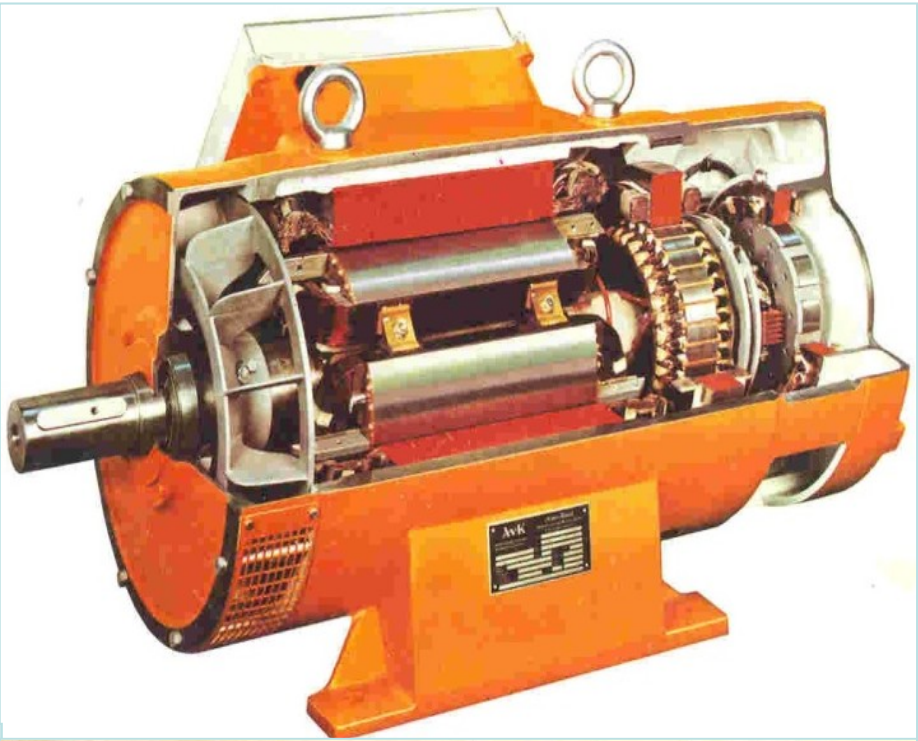
کل ۱۲ـ۴ (الف) یک ماشین ac با یک رُتور سیلندری یا قطب صاف. (ب) یک ماشین ac با یک رُتور یا قطب برجسته.

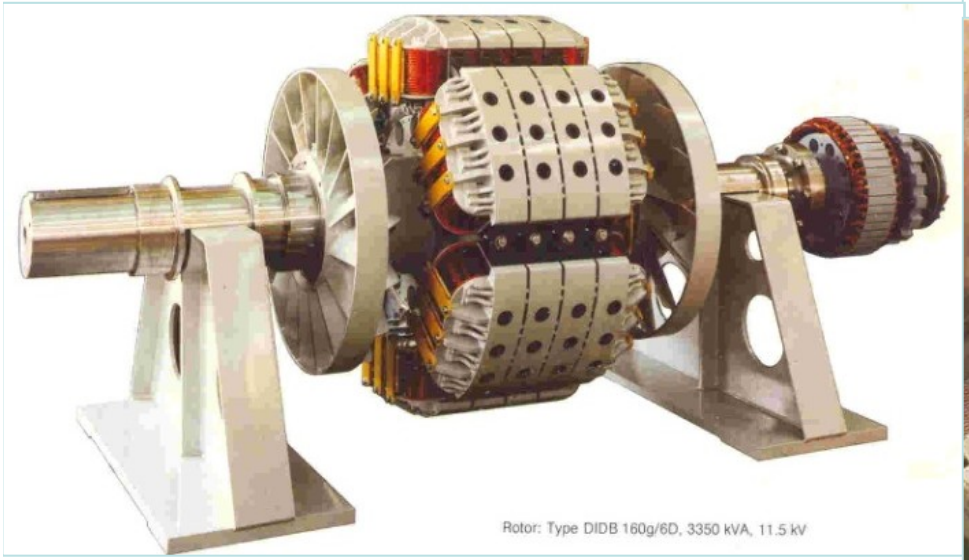
بصورت عمودی قرار می گیرد

کاربرد قطب برجسته در نیروگاه های آبی می باشد .

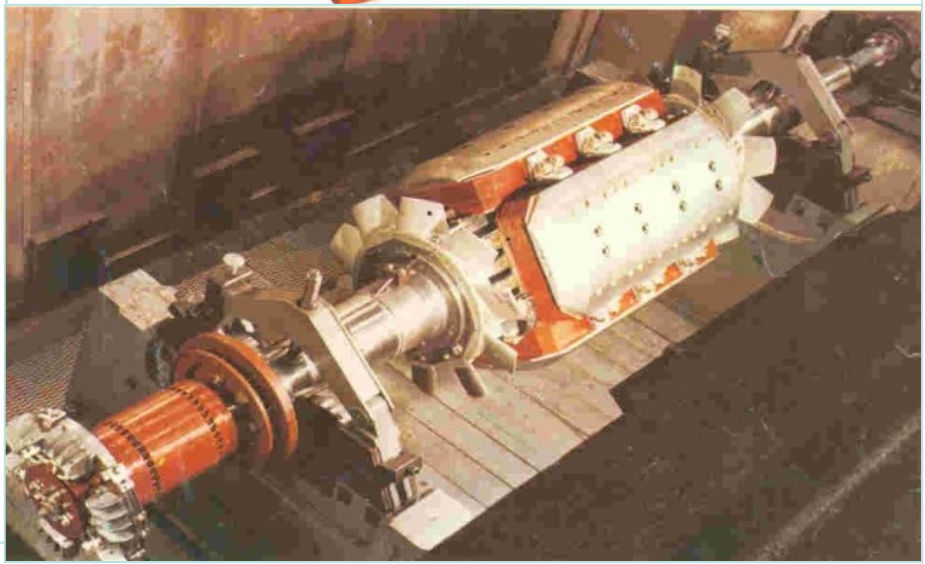

ASEA

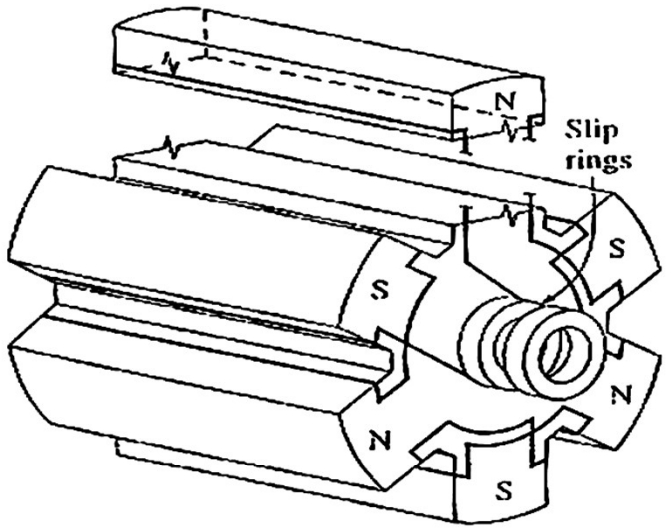




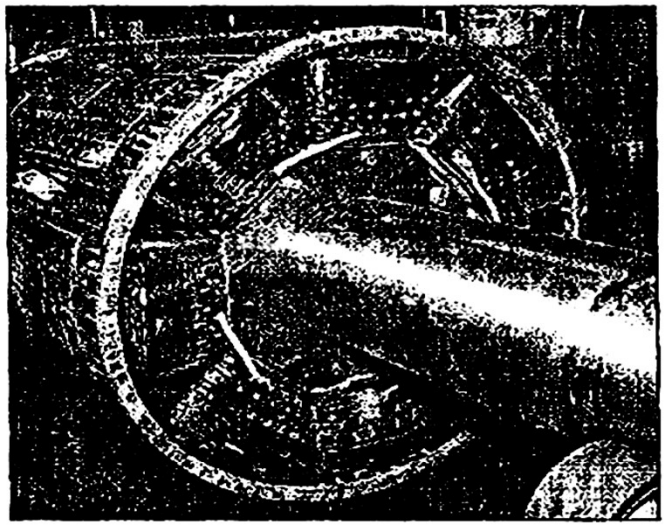


Rotor: Type DIDB 160g/6D, 3350 kVA, 11.5 kV

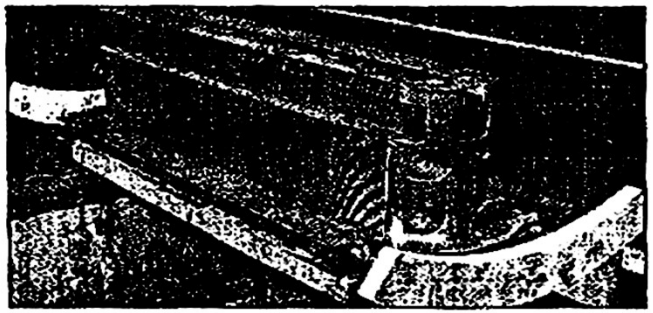




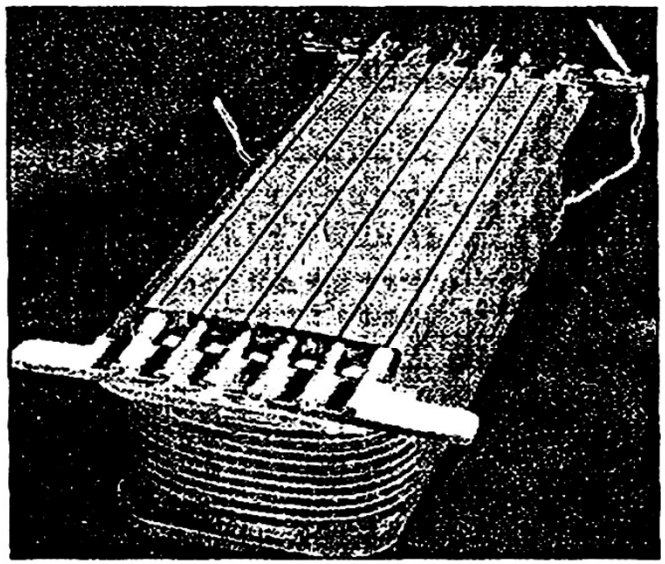
(الف)



(ب)

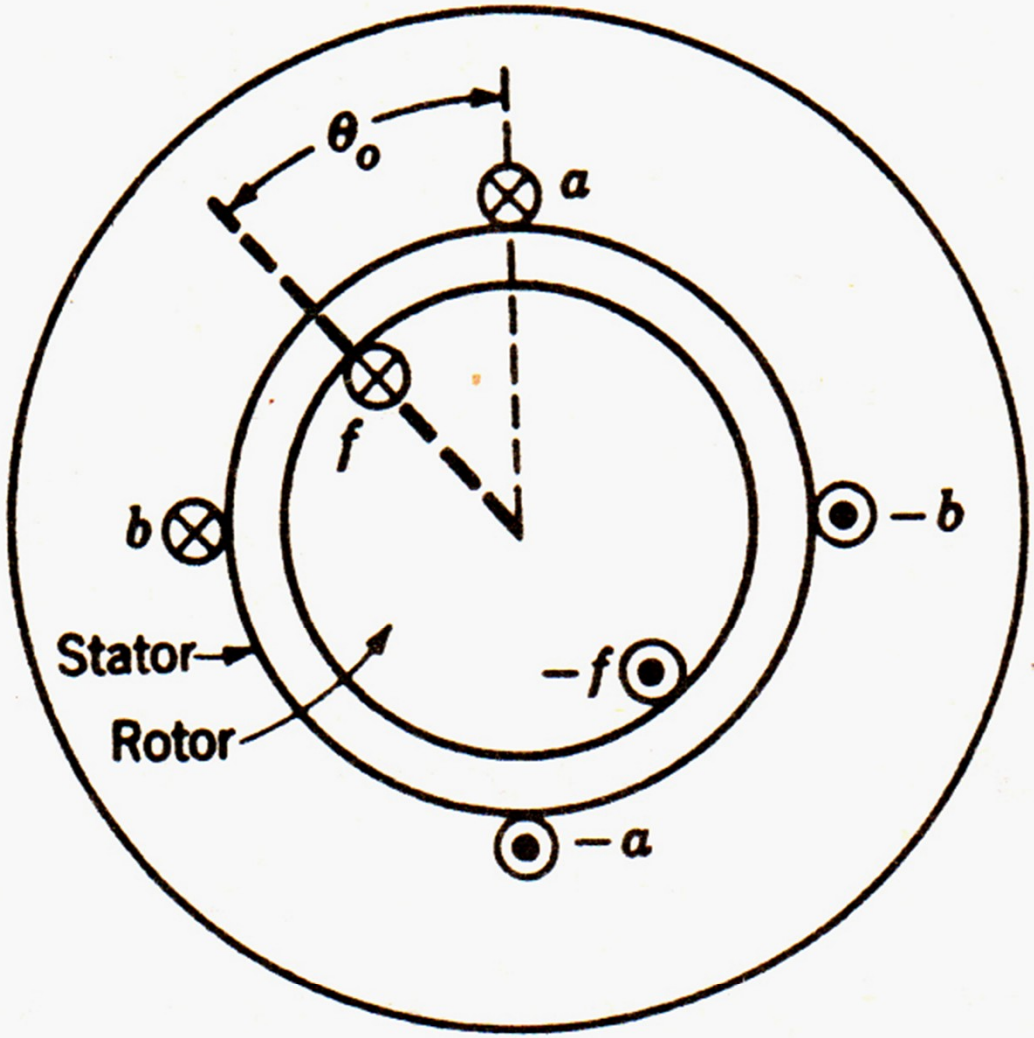


(پ)

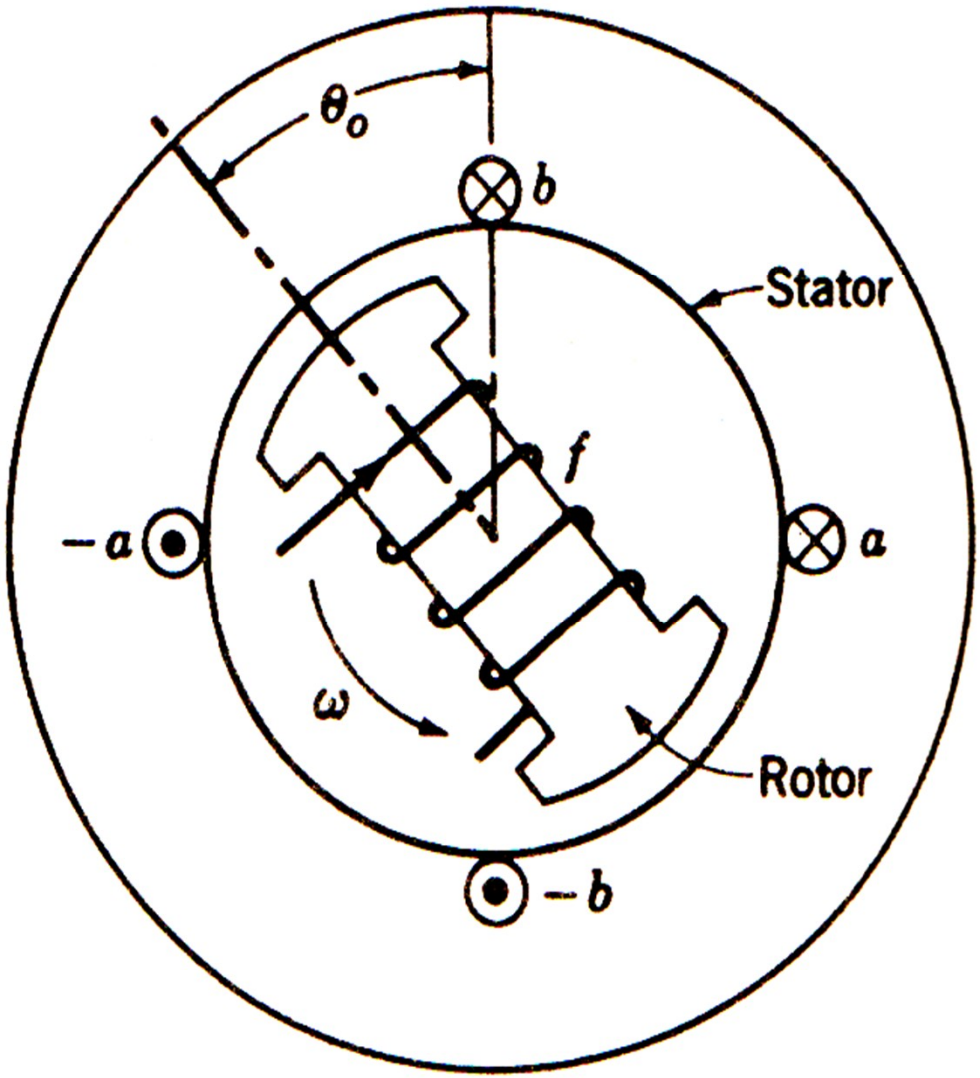


(ت)

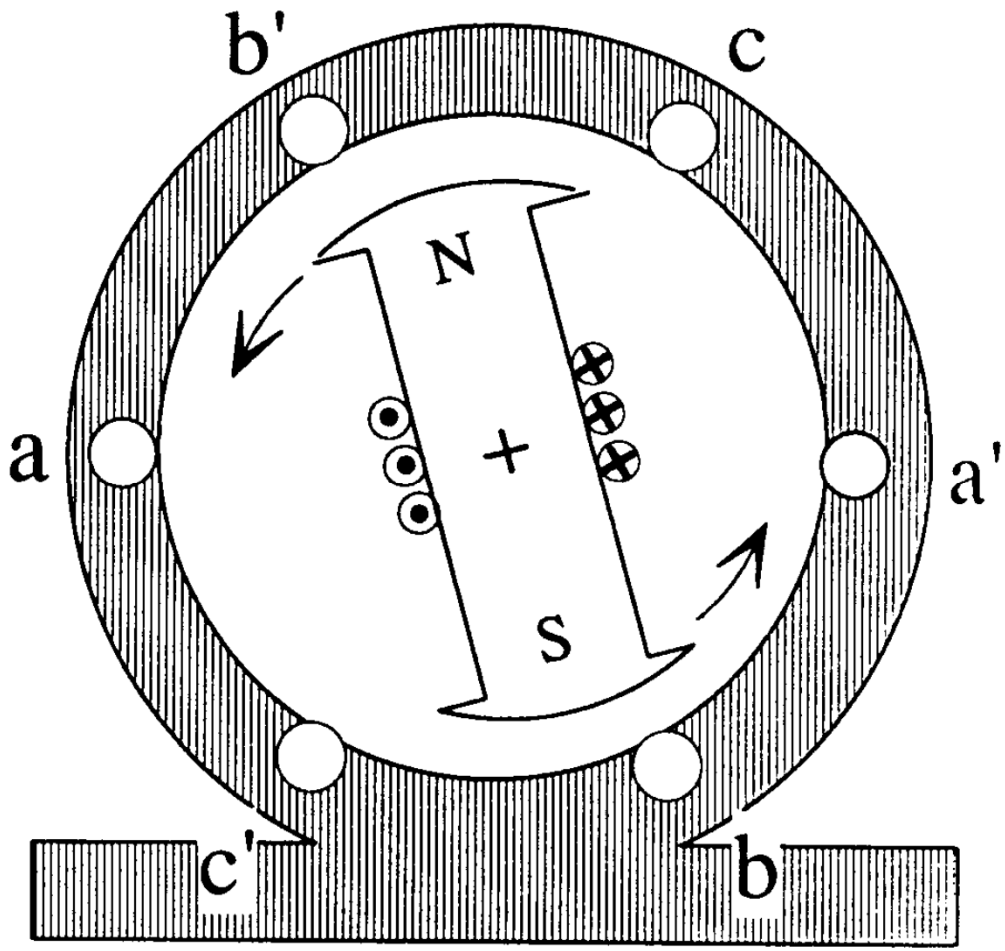
ل ۲ـ۵ (الف) یک رُتور برجسته شش قطبی برای یک ماشین سنکرون. (ب) عکس یک رُتور ماشین سنکرون هشت قطبی صاف که سیم‌پیچ‌ها را روی هر قطب رُتور نشان می‌دهد. (پ) عکسی از یک قطب برجسته از رُتور با سیم‌پیچ‌های میدانی که هنوز نصب نشده است. (ت) یک قطب برجسته پس از نصب سیم‌پیچ‌های میدان ولی قبل از نصب روی رُتور.

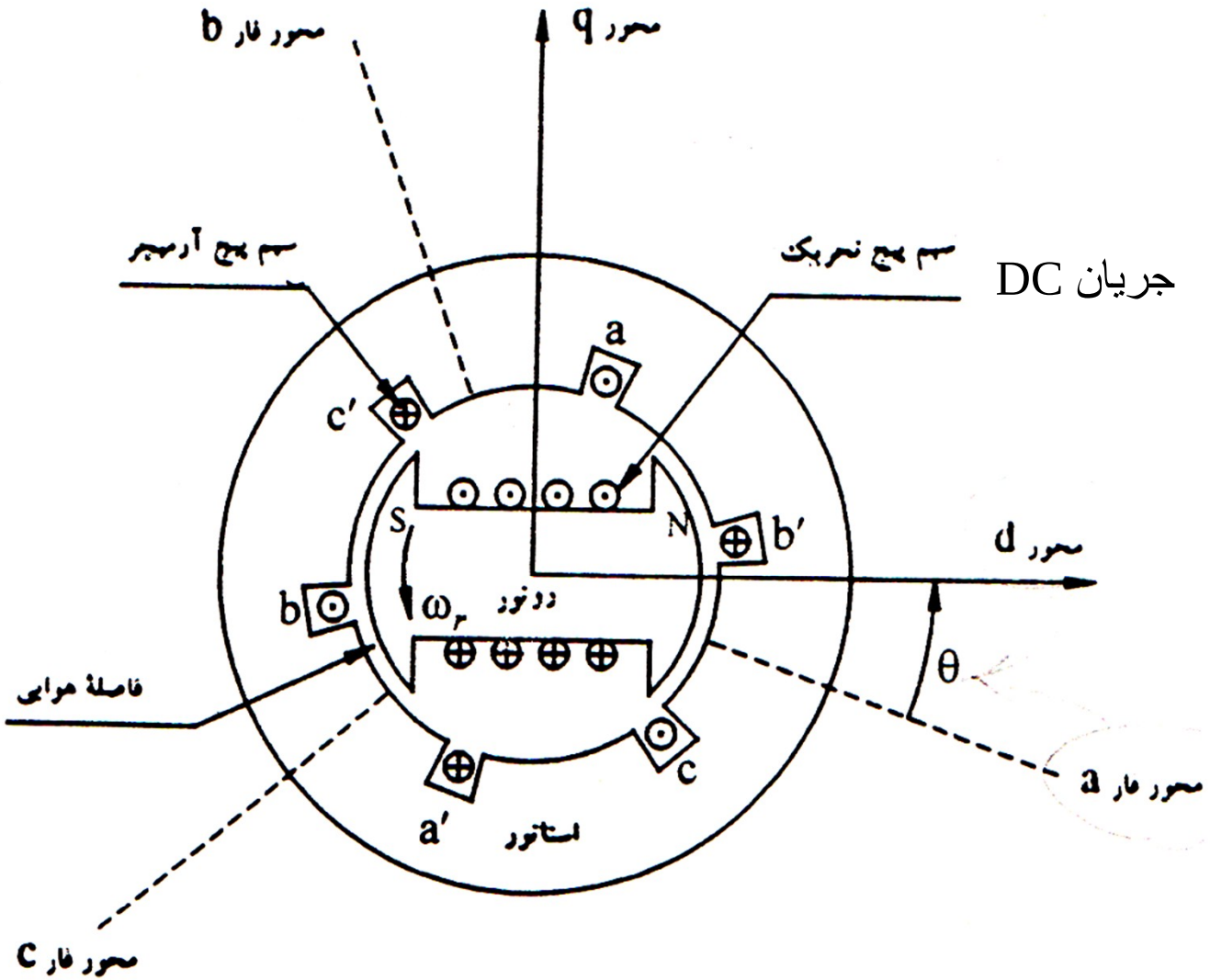


شکل ۳۱-۳. ماشین ابتدائی سنکرون ۲فاز
با روتور استوانه‌ای، مسئله ۲-۳. (قطب صاف)

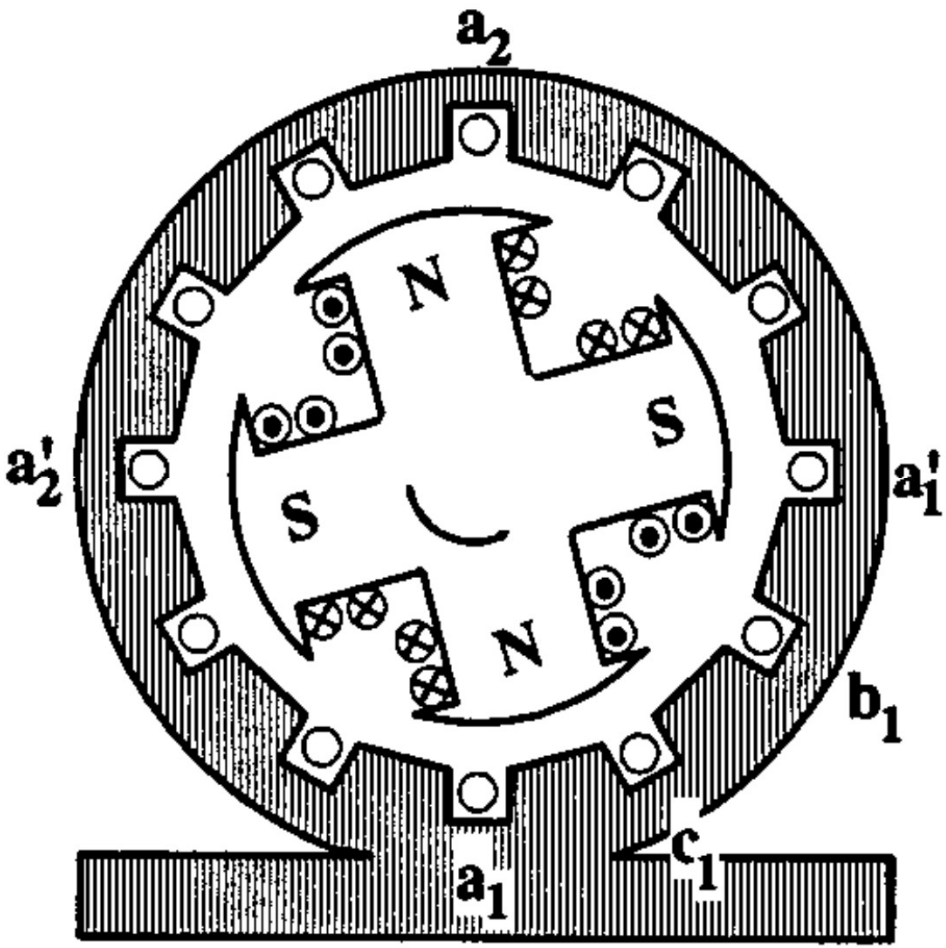


شکل ۳۲-۳. ماشین ابتدائی سنکرون قطب برجسته ۲ فاز، مسئله ۳-۳.


b'
c
a
a'
N
S
c'
b



شکل ۳-۱ نمودار نمادین ماشین سنکرون سه فاز


a2
a'2
a'1
b1
c1
a1
N
S
S
N

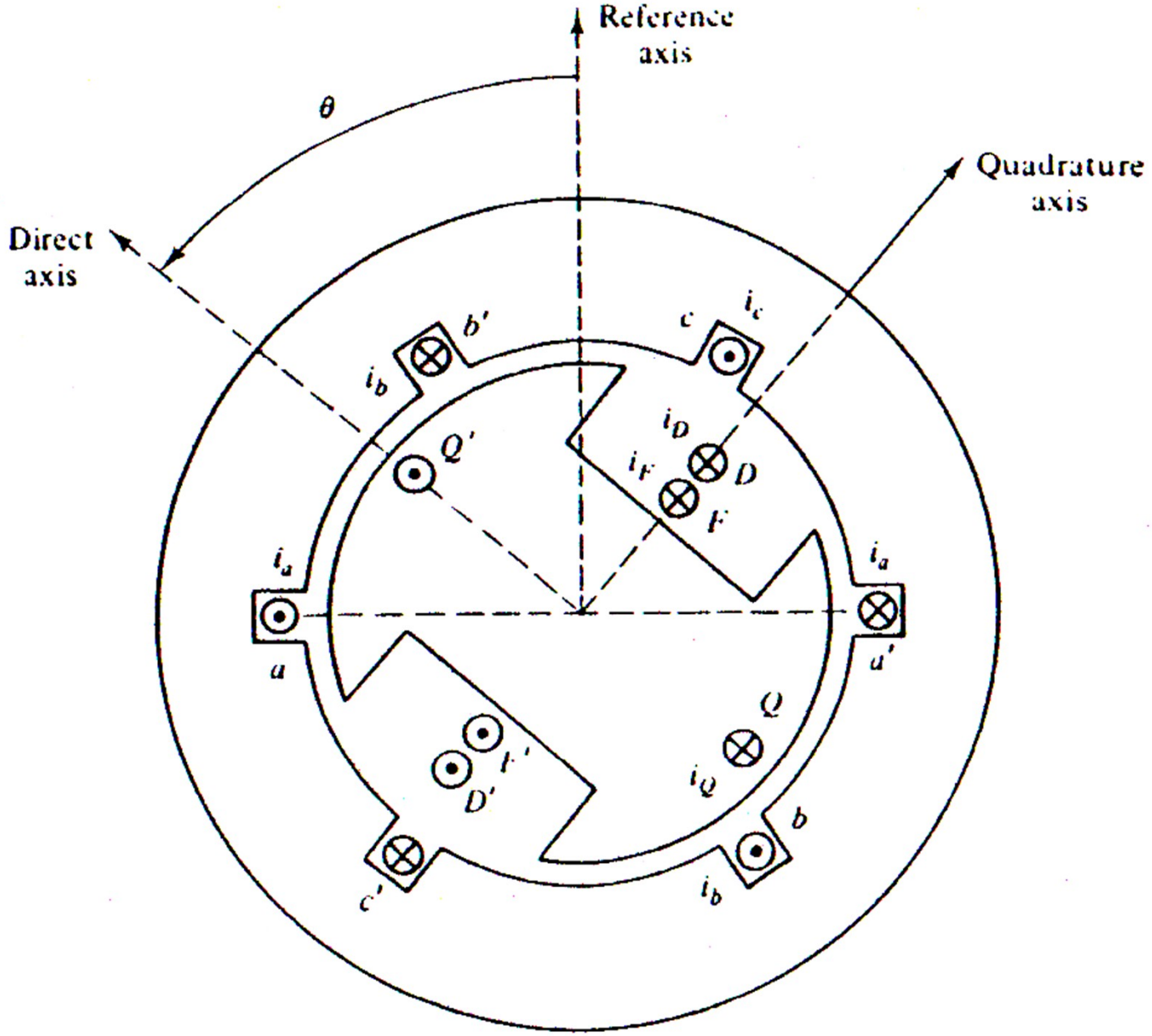
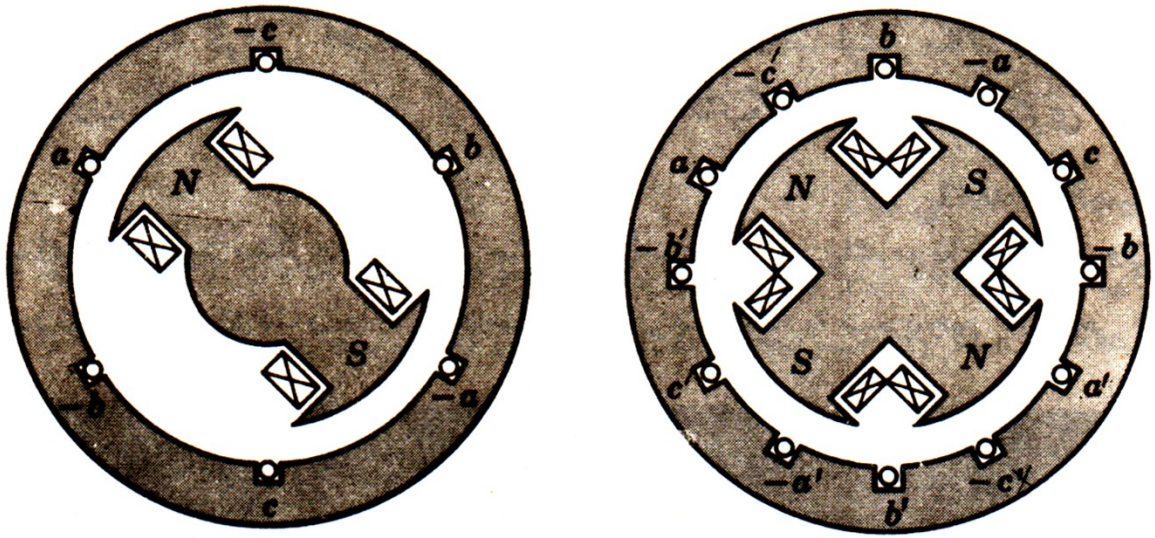
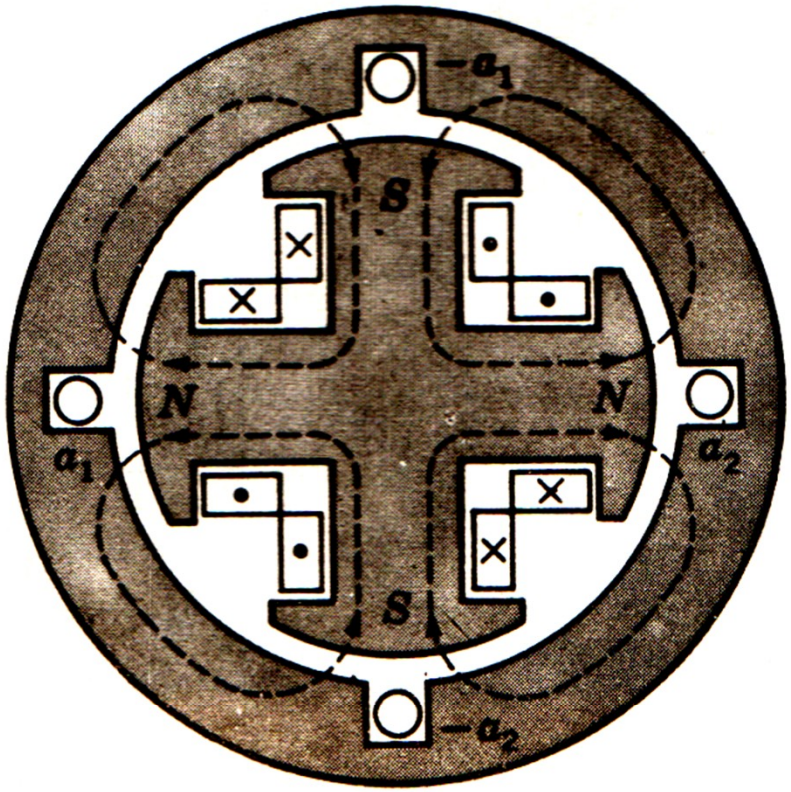


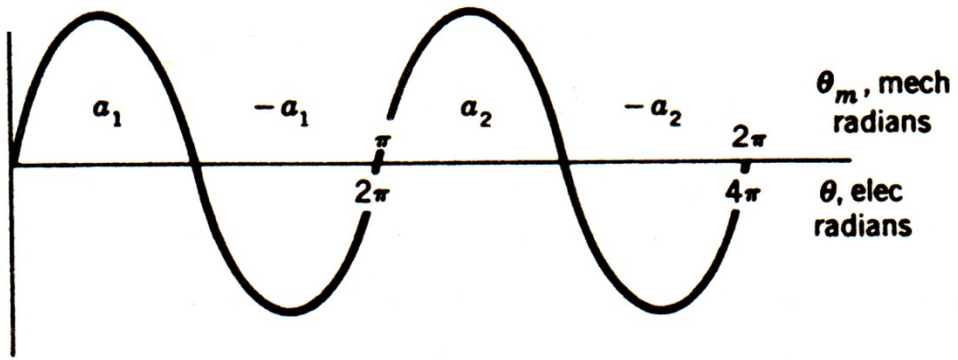
Figure 10.2 Machine schematic.



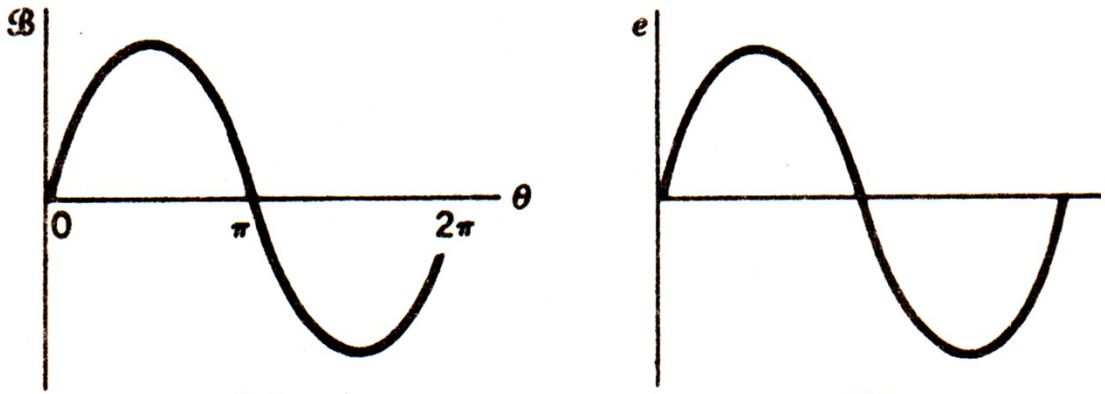
شکل ۱۲-۳. ژنراتورهای ابتدائی ۳ فاز. (a) ۲ قطب ، (b) ۴ قطب، (c) اتصال Y سیم‌پیچی‌ها.



شکل ۶-۳. ژنراتور سنکرون ۴ قطب ابتدائی.

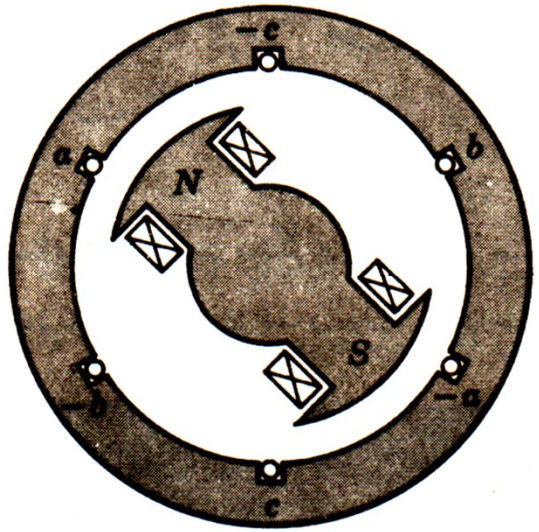


شکل ۷-۳. توزیع فضائی چگالی شار در یك ژنراتور سنکرون ۴ قطب.

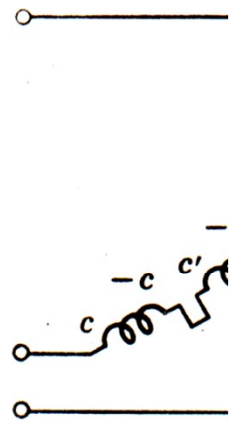


(a) (b)

شکل ۵-۳. (a) توزیع فضایی چگالی شار و
(b) شکل موج مربوطه ولتاژ تولید شده.



(a)



۳ فاز. (a) ۲ قطب ، (b) ۴ قطب،

در هر دو مولد فوق الذکر قطب های تحریک کننده میتوانند از نوع برجسته (salient pole) یا از نوع صاف (non salient pole) باشند

نکته : برجسته بودن قطب مربوط به روتور است و استاتورها معمولا قطب صاف میباشند.

کاربرد قطب برجسته :

در مولد های بیشتر از چهار قطب مانند مولد های نیروگاه های آبی به دلیل پایین بودن سرعت.
قطب زیاد – سرعت کم

کاربرد قطب صاف :

در مولد های ۲ یا ۴ قطب مانند مولد های نیرو گاه های بخاربه دلیل بالا بودن سرعت .
قطب کم – سرعت زیاد

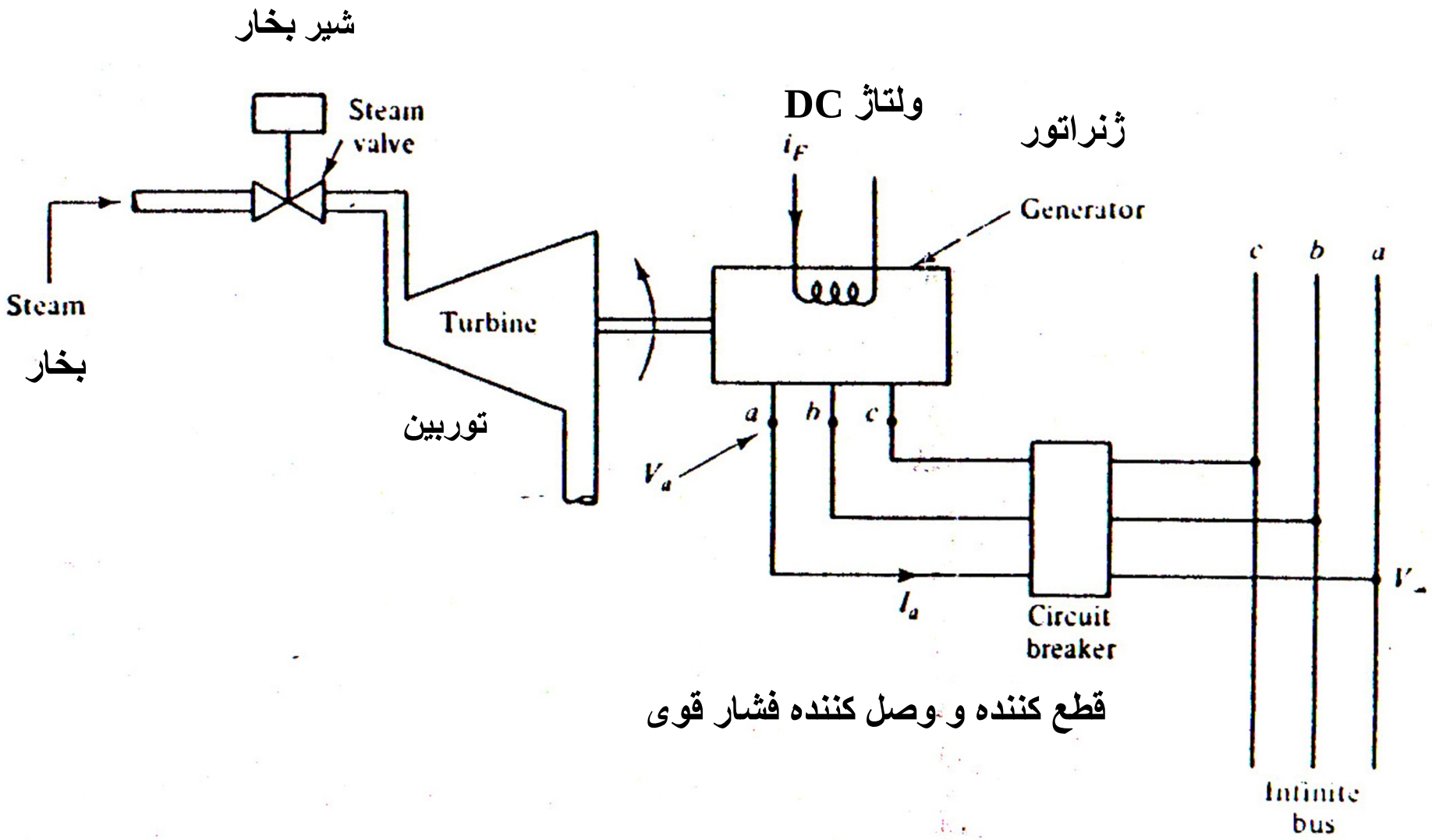
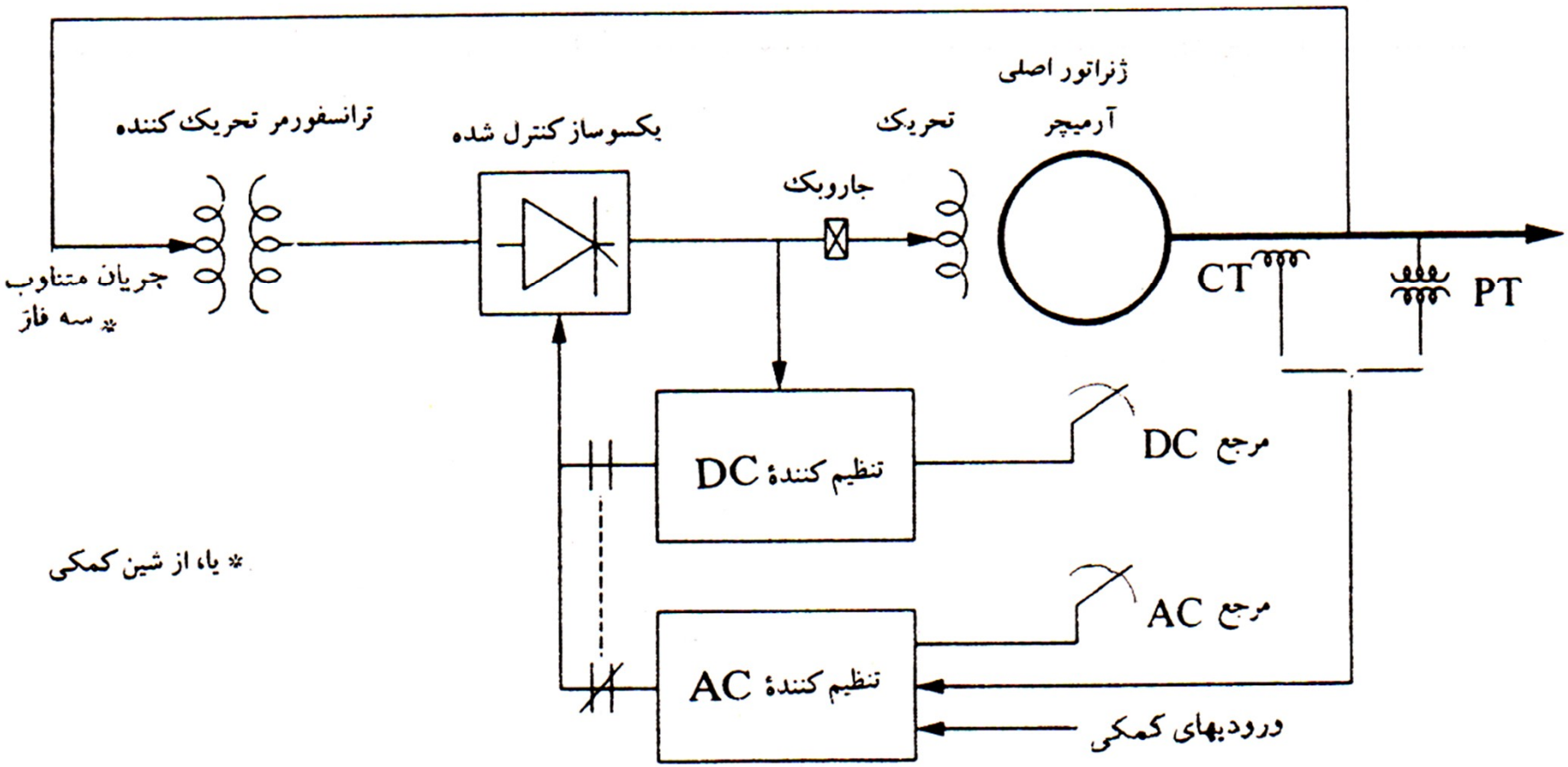


Figure 8.12 Generator to be synchronized.

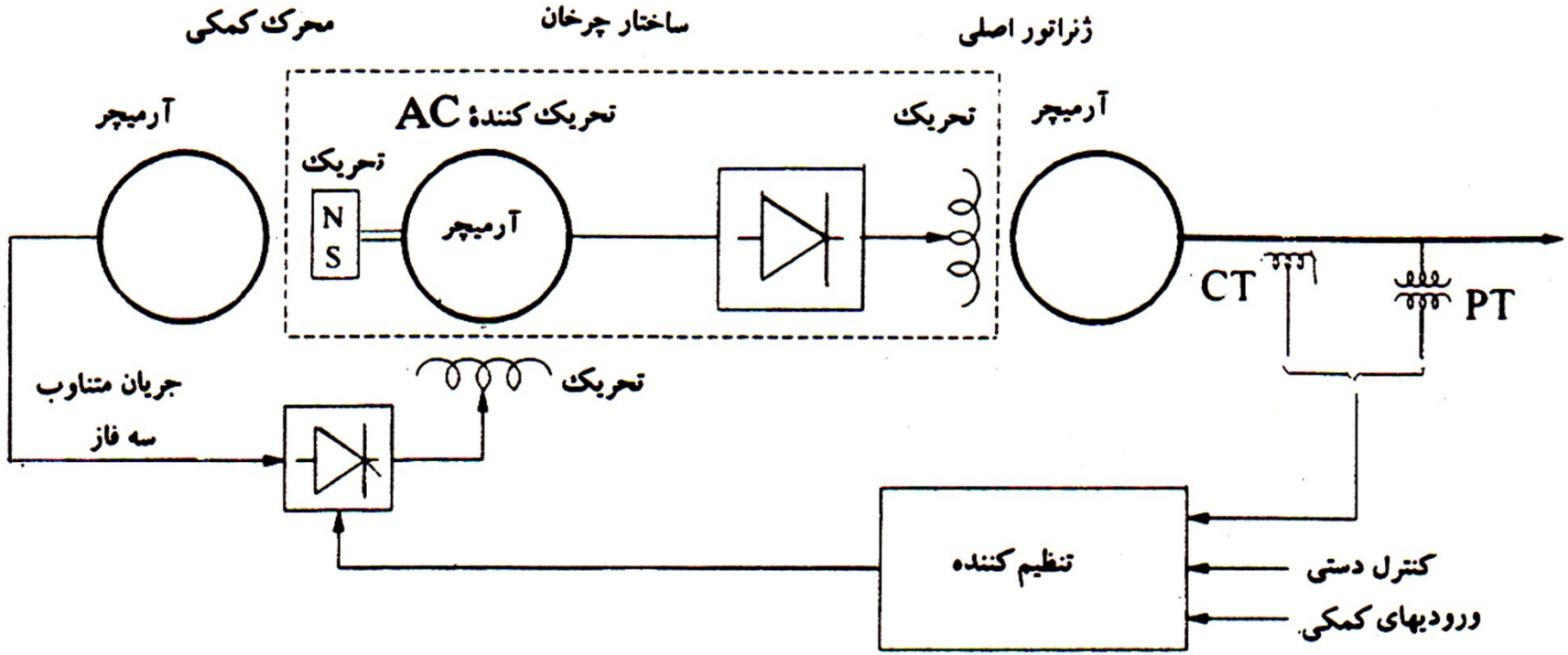
انواع اکسایترها:

۱- مولد های dc (مولد شنت) که ولتاژ dc تولید می کنند.
۲- برق متناوب یکسو شده توسط دیود از منبع خارجی

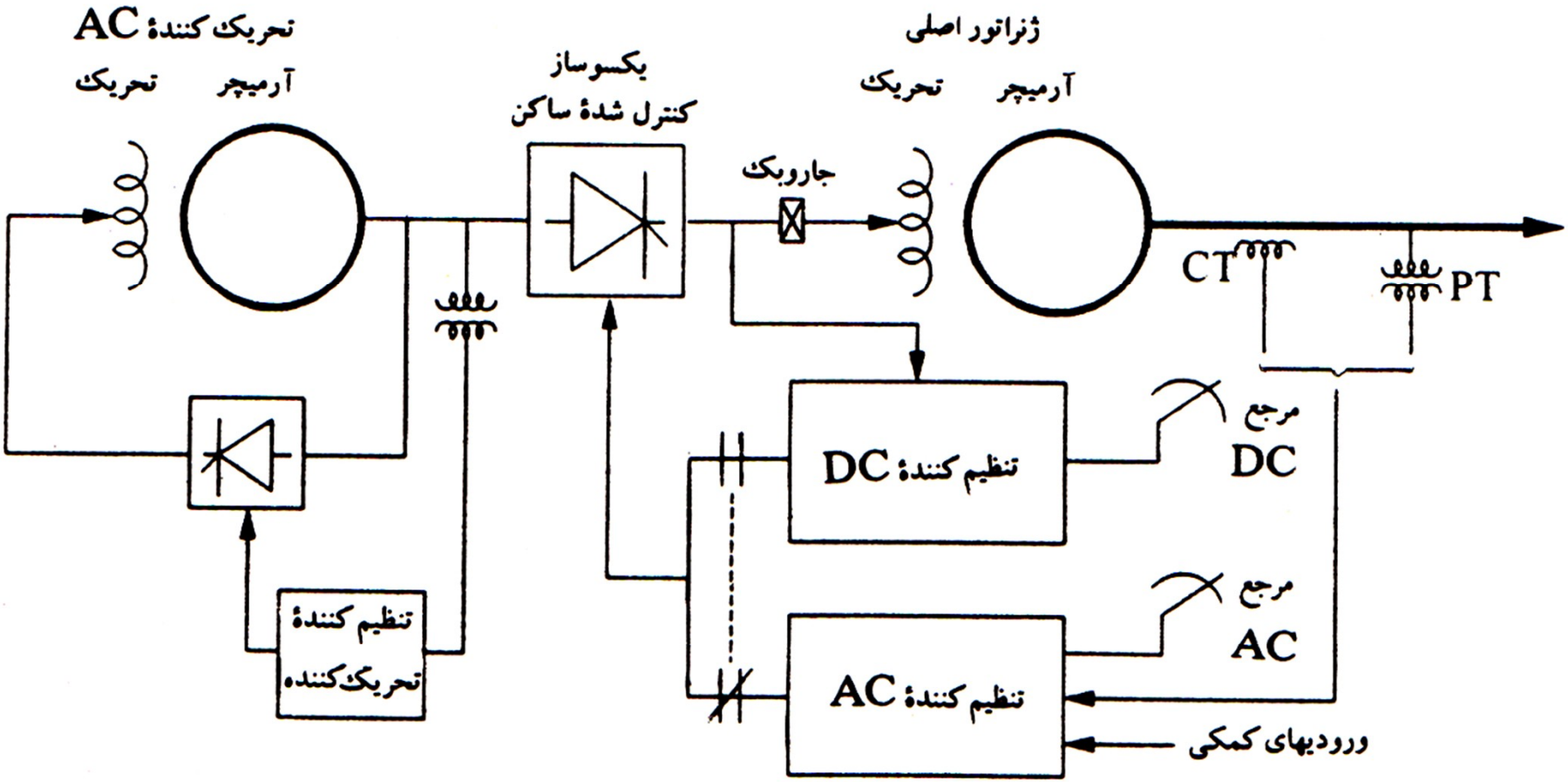
۳- استفاده از ولتاژ پسماند خود مولد و یکسو کردن آن بصورت خود تحریک



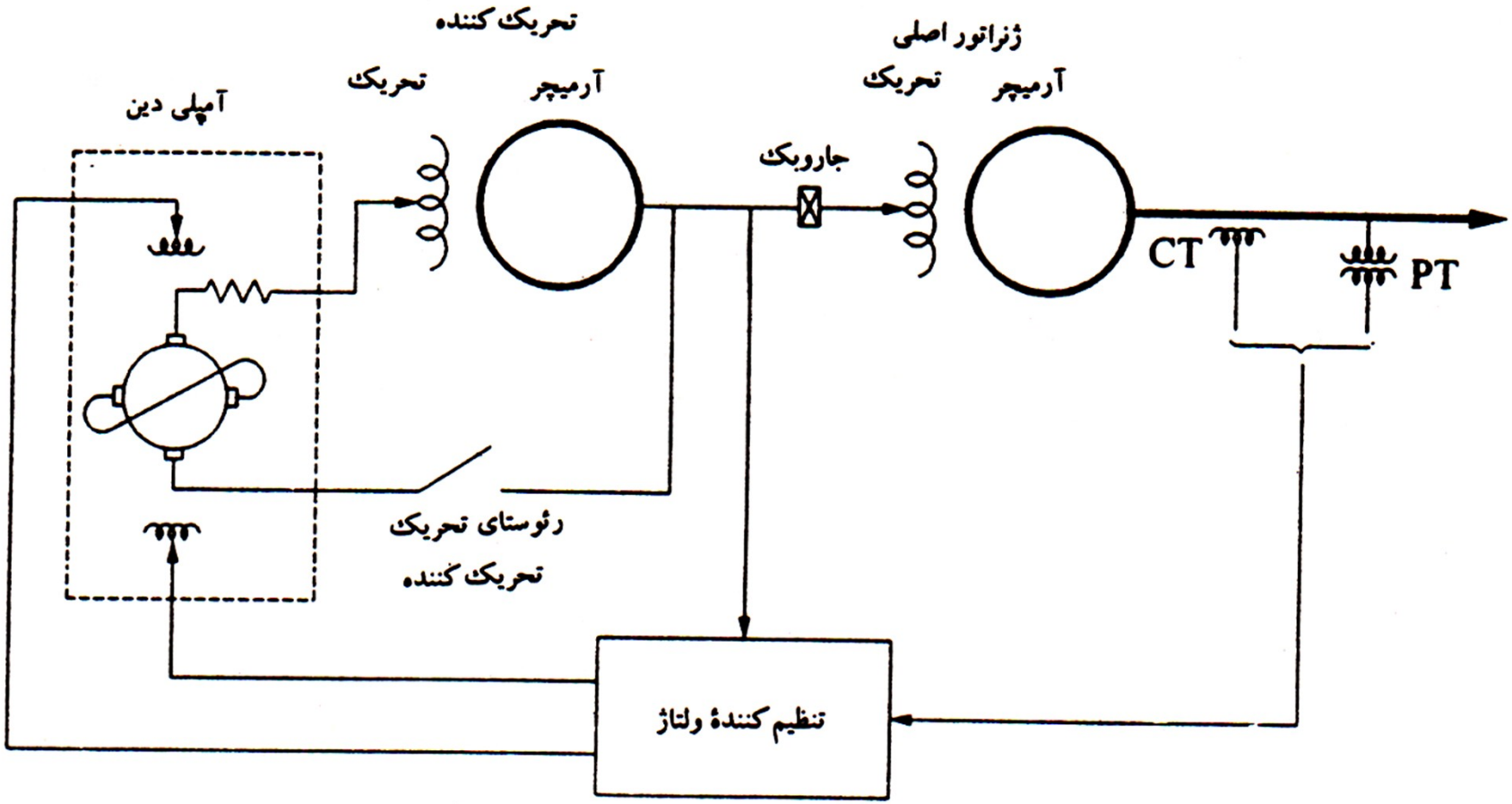
شکل ۸-۶ سیستم تحریک منبع ولتاژ با یکسوساز کنترل شده



شکل ۸-۵ سیستم تحریک بدون جاروبک



شکل ۸-۴ سیستم تحریک تغذیهٔ آلترناتوری با یکسوساز کنترل شده



شکل ۸-۲ سیستم تحریک DC با تنظیم کنندهٔ ولتاژ آمپلی دین

طرز کار:

اعمال ولتاژ dc به سیم پیچ تحریک وایجاد میدان مغناطسیی + چرخاندن روتور توسط محرک خارجی (توربین) ⟸ ایجاد میدان مغناطیسی دوار درون ماشین ⟸ قطع میدان مغناطیسی دوار توسط سیم پیچ های استاتور ⟸ ایجاد ولتاژ سه فاز با دامنه یکسان و اختلاف فاز 120 در خروجی(چون سه تا سیم پیچ اختلاف مکانی ۱۲۰ درجه با هم دارند)

سرعت چرخش مولد سنکرون:

در مولد سنکرون سرعت چرخش مکانیکی بافرکانس الکتریکی قفل یا سنکرون شده است .

رابطه ی بین فرکانس الکتریکی استاتور و سرعت چرخش روتور و تعداد قطب های مولد :

$$f_s = \frac{P.n_s}{60}$$

ولتاژ تولید شده ی داخلی مولد سنکرون :

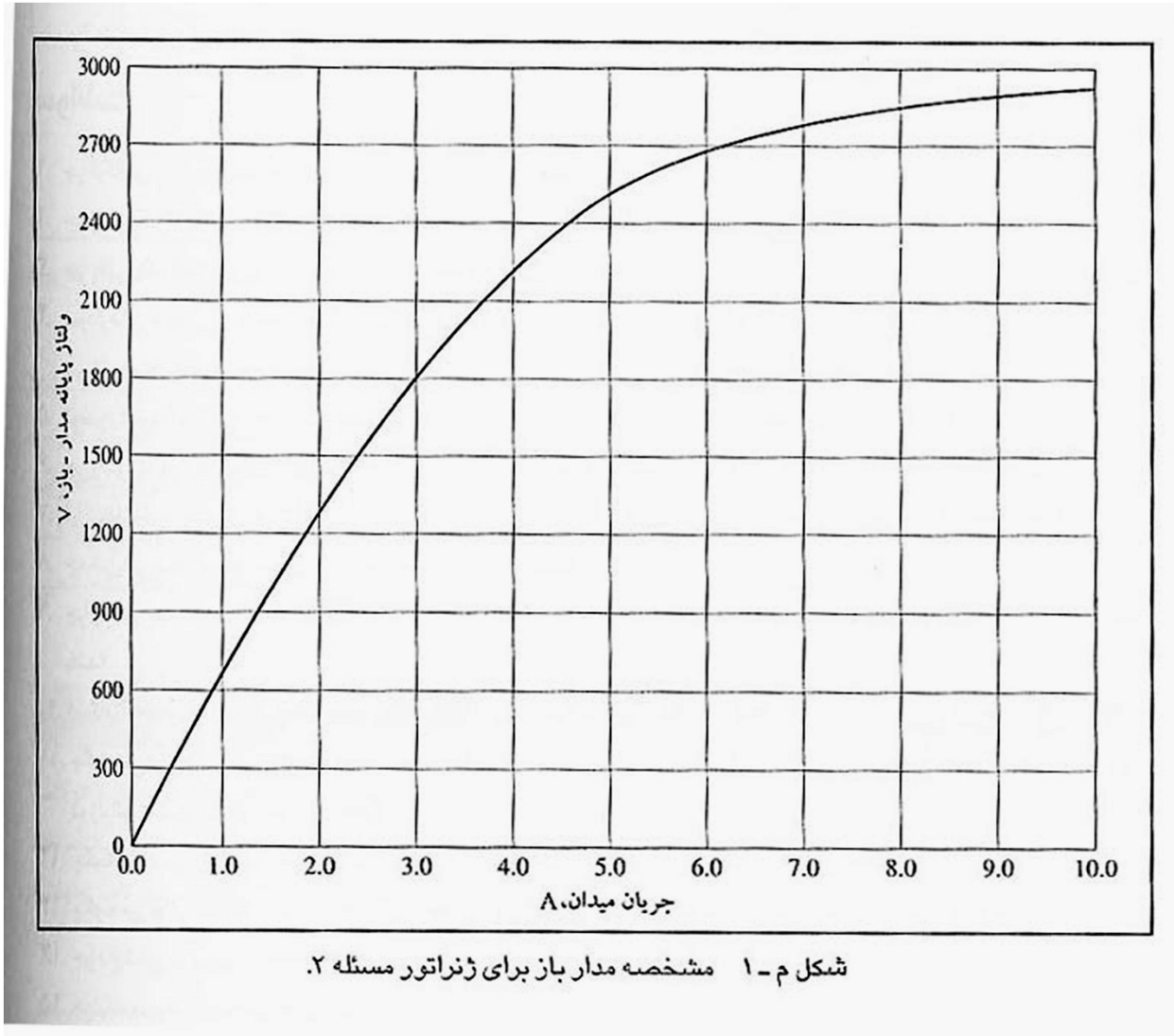
ولتاژ القائی در یک فاز استاتور از رابطه ی $E_A = 4.44NK_w\varphi\, f$ یا فرم ساده آن $E_A = k\varphi\,\omega$ بدست می آید .

این ولتاژ به دو عامل سرعت و فوران بستگی دارد :

$$\uparrow I_f \Rightarrow \uparrow \varphi \Rightarrow \uparrow E_A$$

$$\uparrow n \Rightarrow \uparrow f \Rightarrow \uparrow E_A$$

منحنی بی باری مولد سنکرون :



شکل م ـ ۱ مشخصه مدار باز برای ژنراتور مسئله ۲.

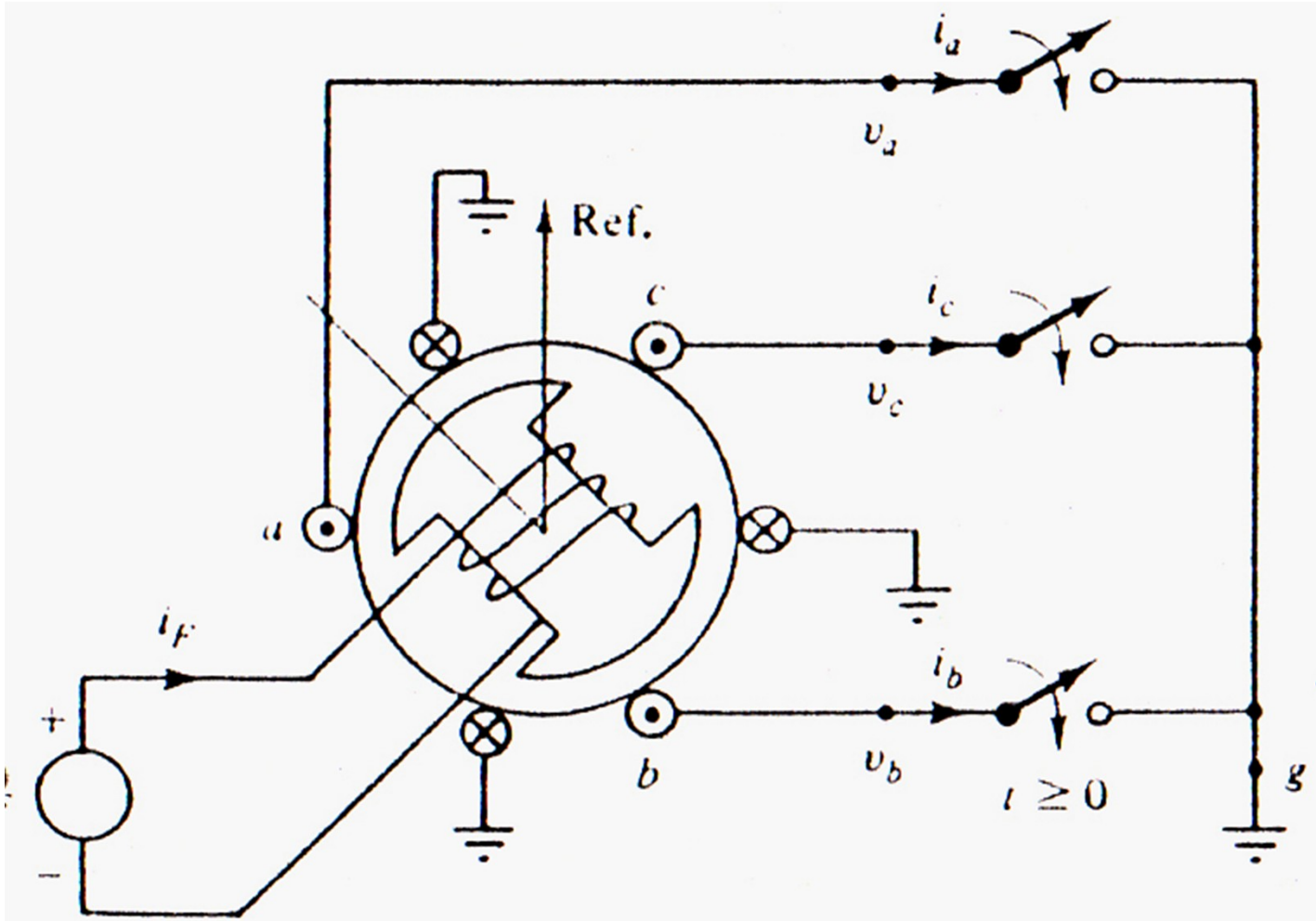
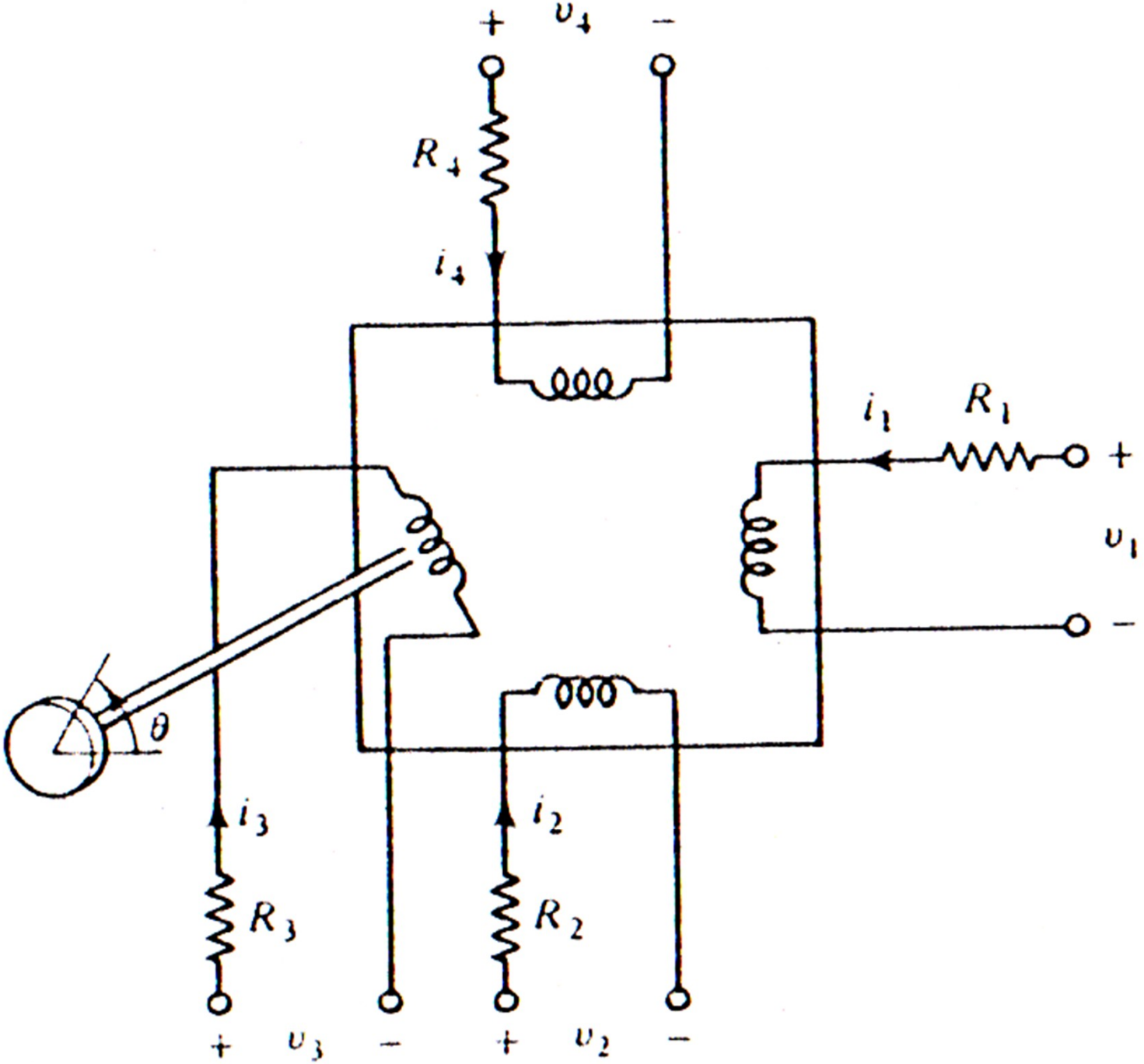
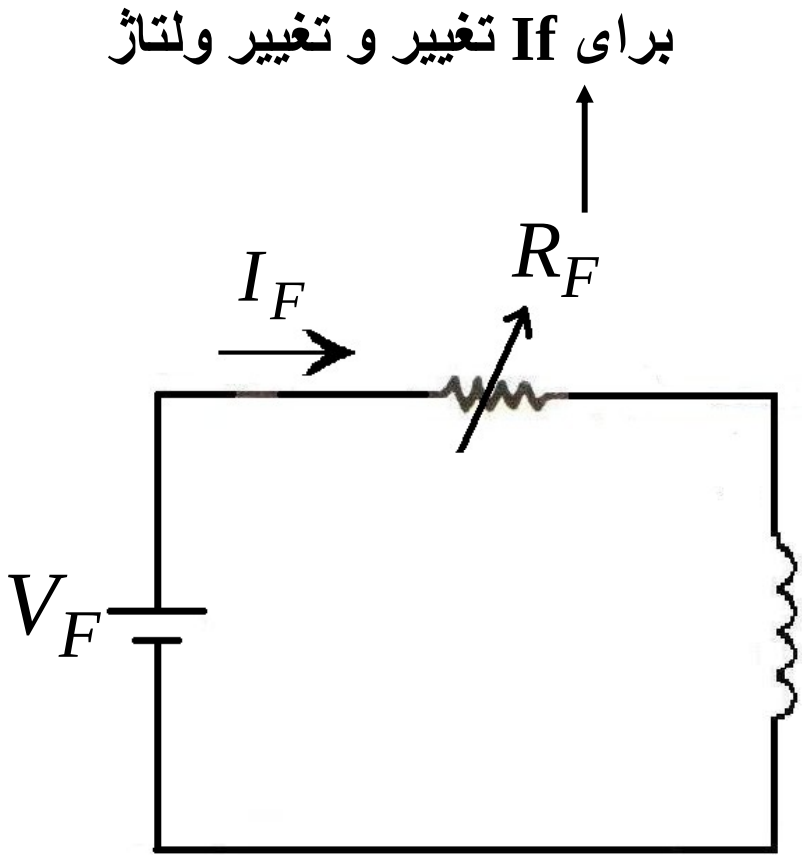


Figure E10.4(a)

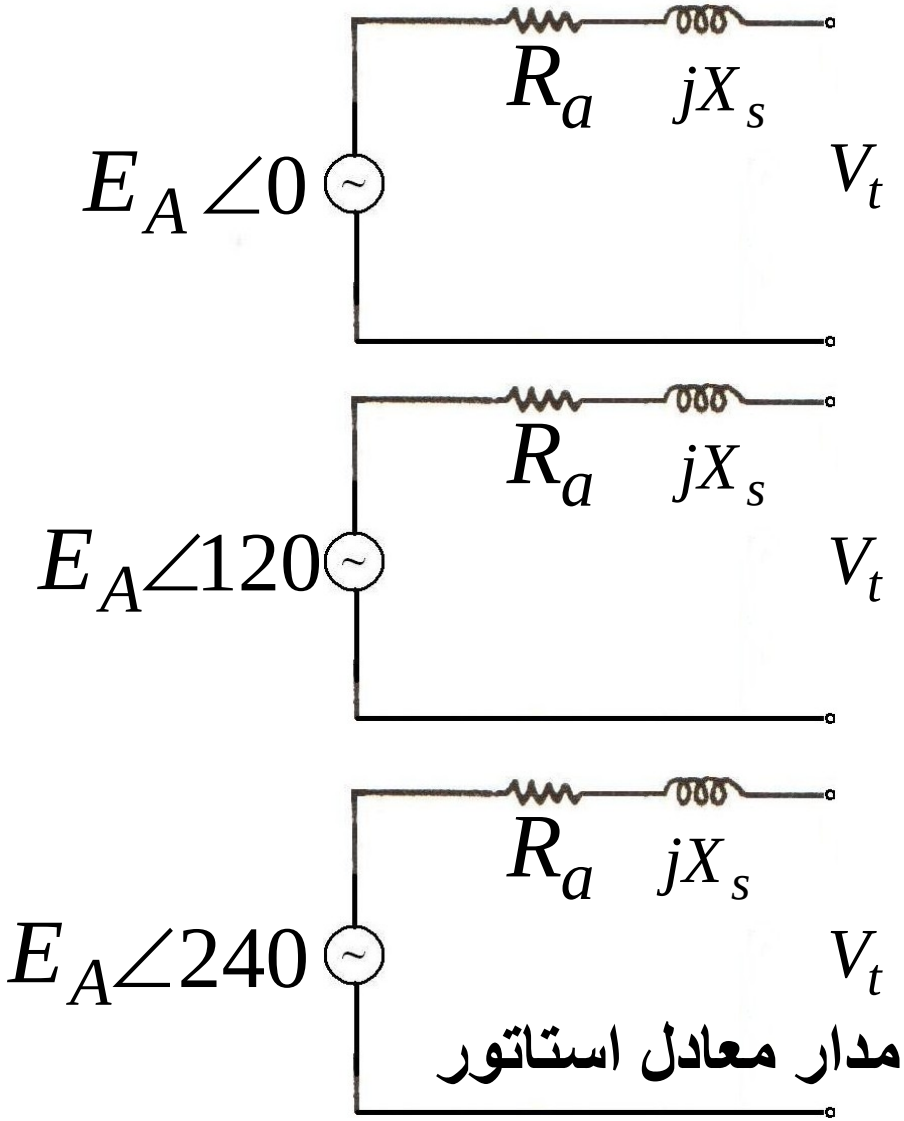


Fig

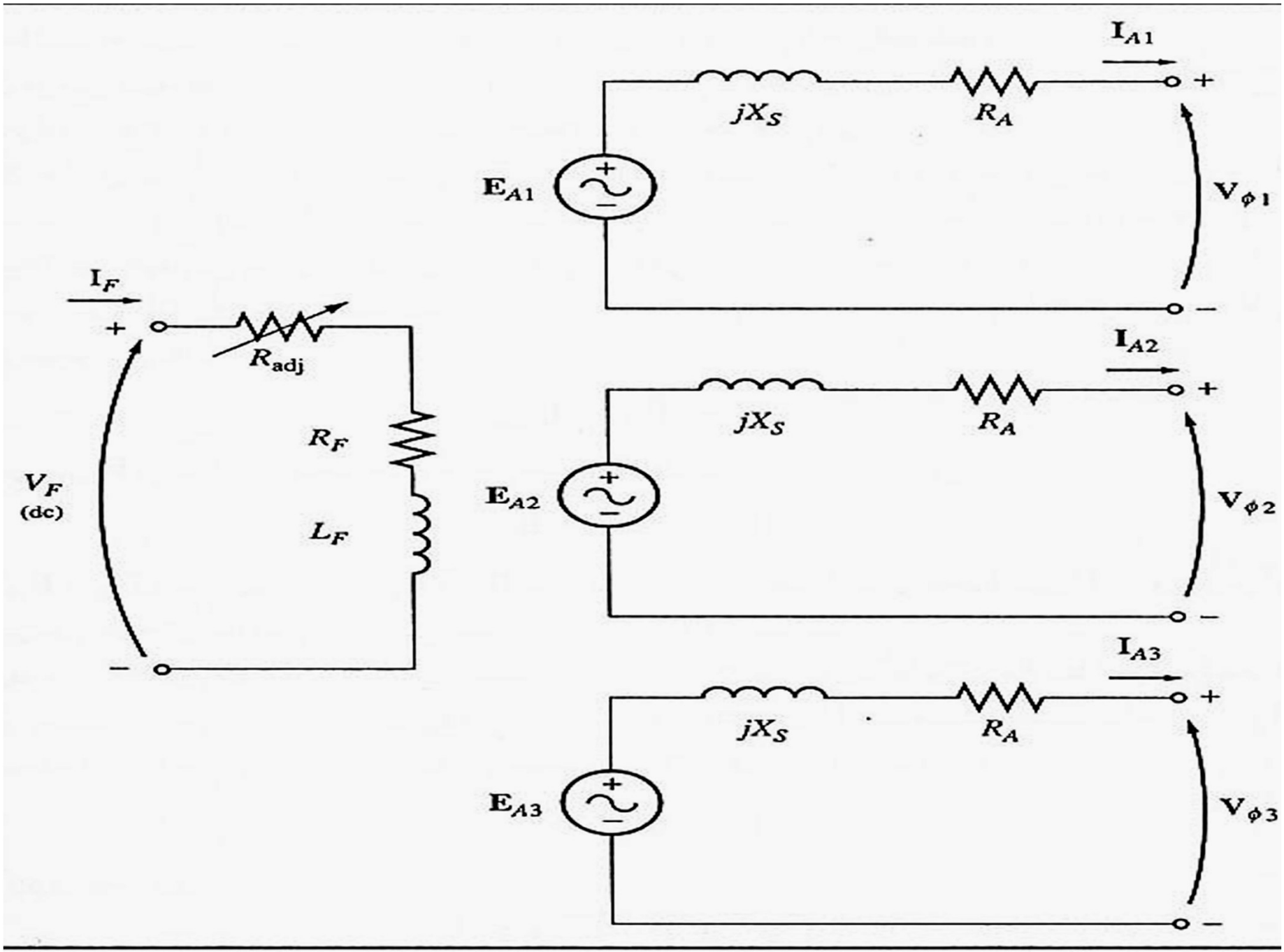
مدار معادل مولد سنکرون :



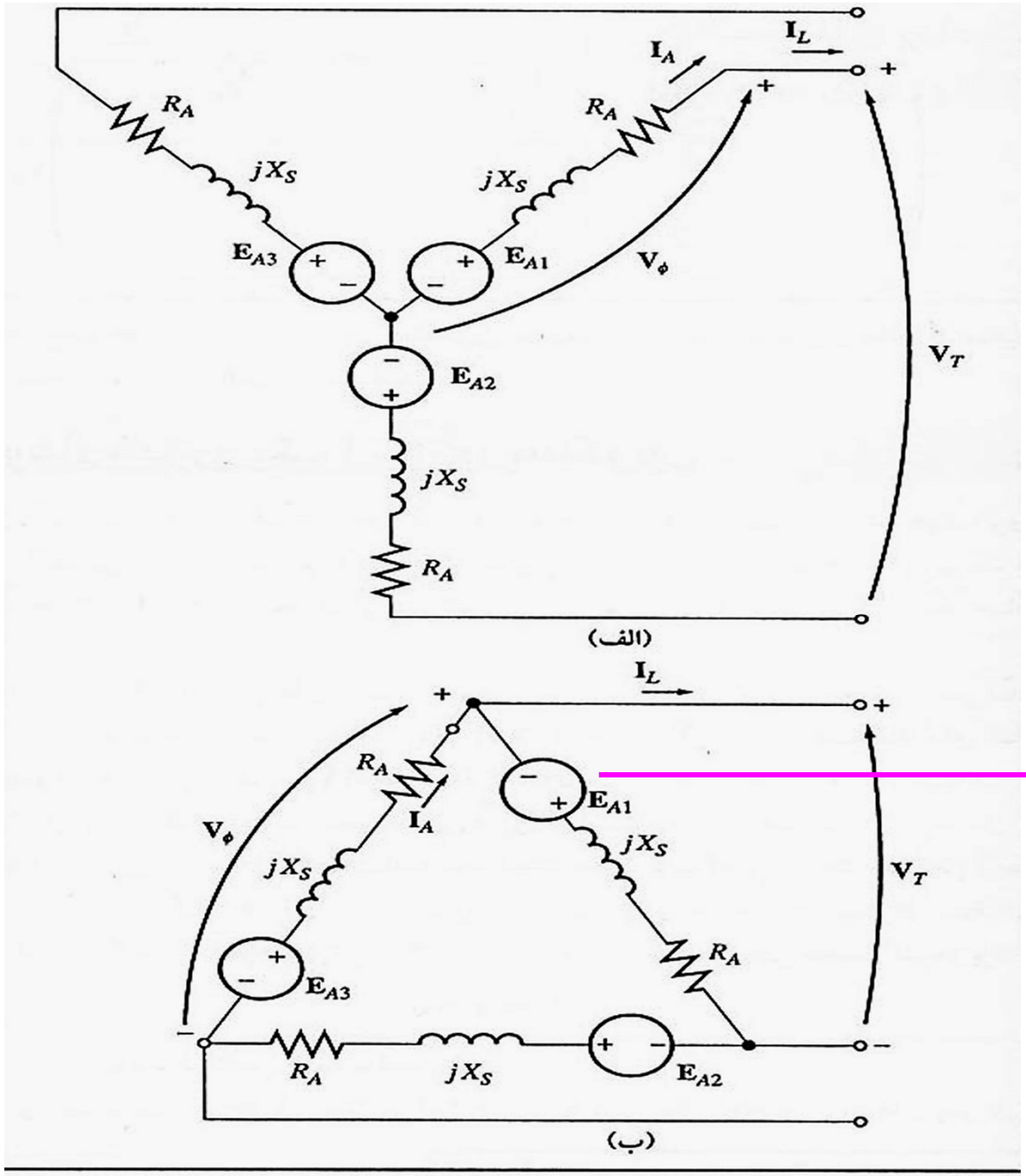
مدار معادل روتور



مدار معادل استاتور



شکل ۵ـ۱۰ مدار معادل کل ژنراتور سنکرون سه فاز.



شکل ۱۱ـ۵ مدار معادل ژنراتور متصل به صورت (الف) اتصال Y و (ب) اتصال Δ.

ولتاژ ترمینال
(ولتاژ خط)

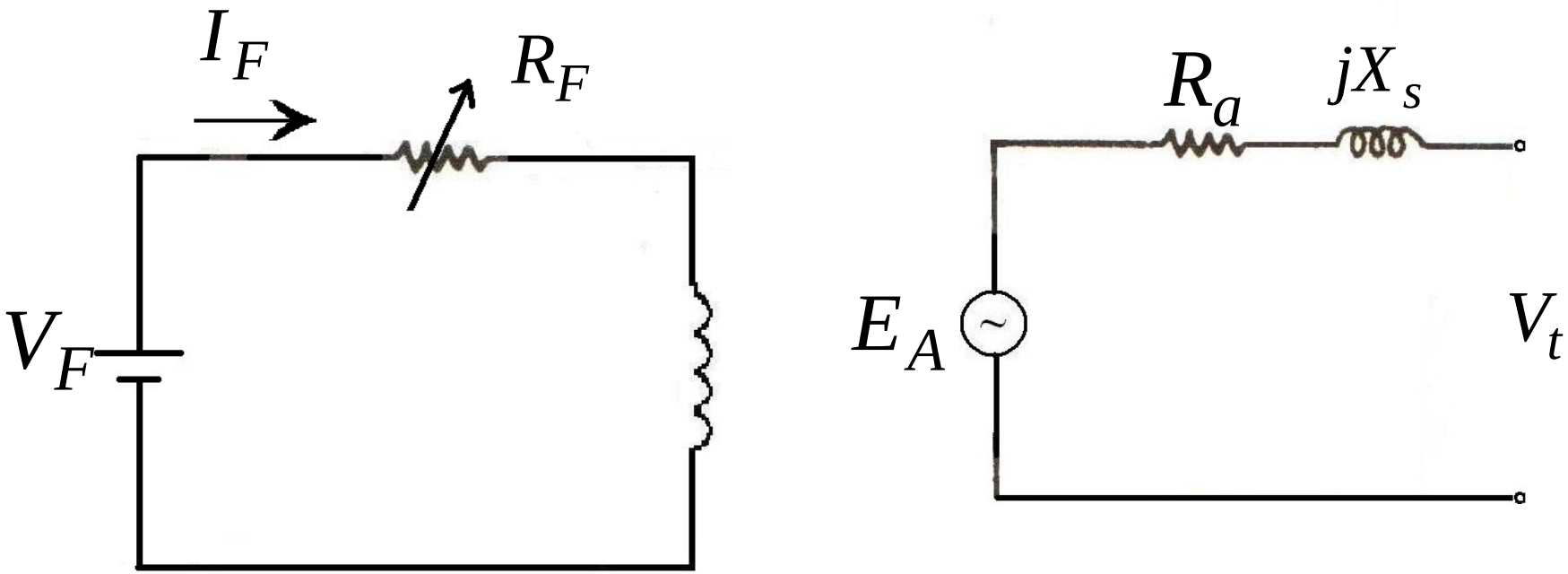
ولتاژ القاء شده

نکته : E_A با V_t برابر نیست

عوامل اختلاف E_A با V_t :

۱- عکس العمل آرمیچر
۲- مقاومت اهمی سیم پیچ آرمیچر
۳- خود القائی سیم پیچ های آرمیچر

برای تحلیل مولد سنکرون به دلیل یکسان بودن فاز ها در بار های متعادل یک فاز را بررسی می کنیم.



امپدانس سنکرون (Z_s):

$$Z_s = R_a + jX_s \Rightarrow |Z_s| = \sqrt{R_a{}^2 + X_s^2}$$

محاسبه ی پارامتر های مدار معادل سنکرون :

مدار معادل سنکرون سه پارامتر دارد :

E_A

R_a

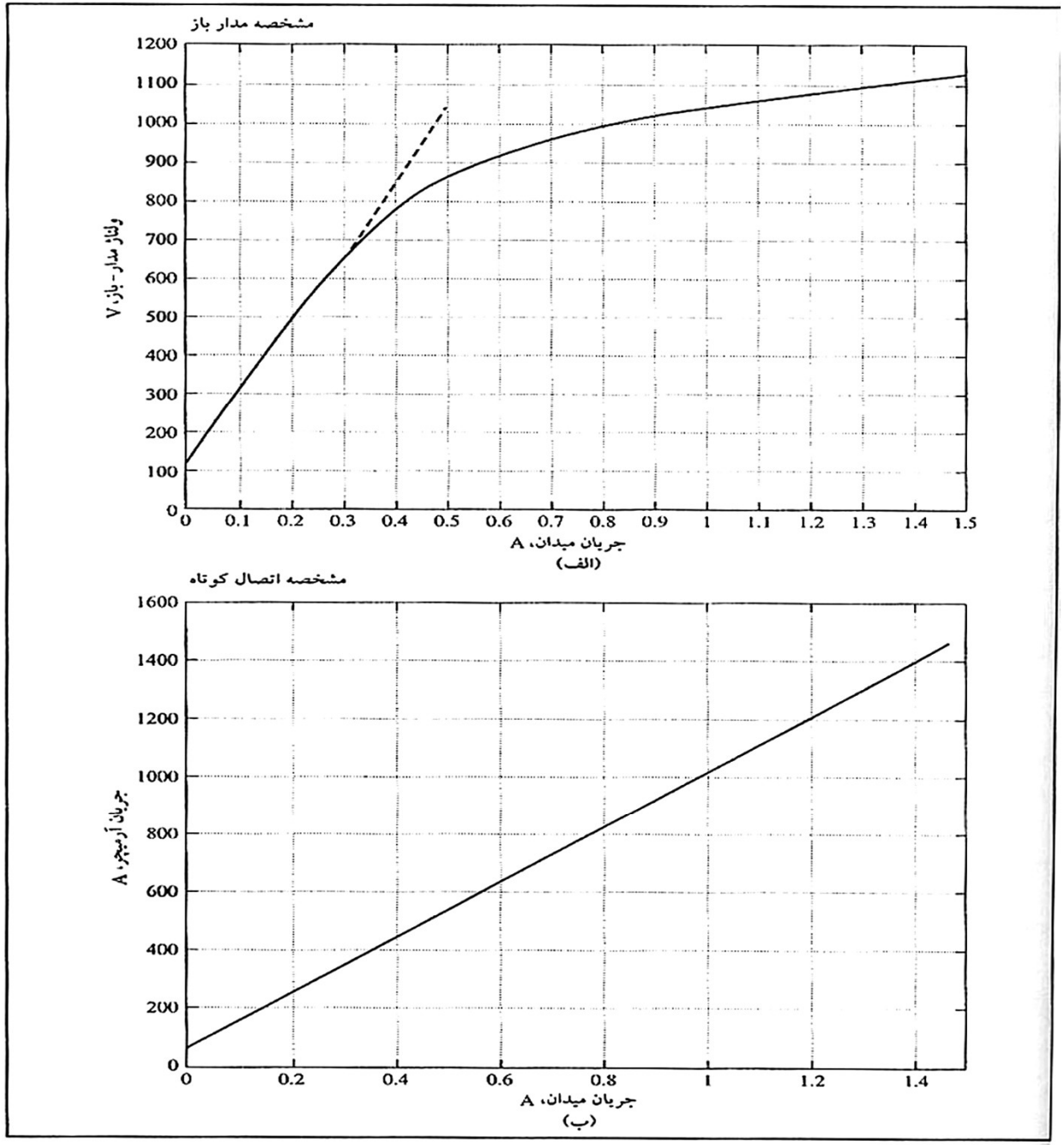
X_s

۱- محاسبه ی R_a :

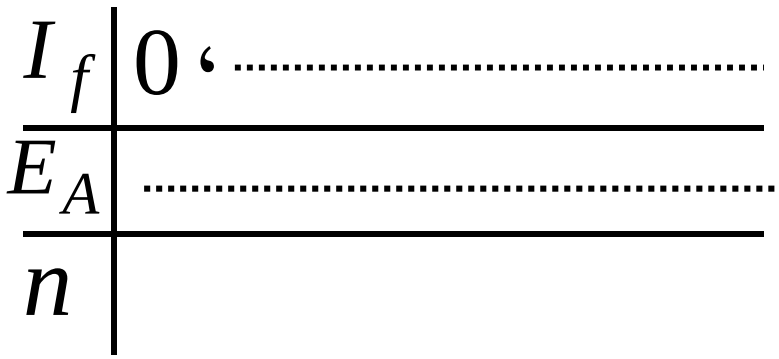
همانند آزمایش dc در موتور القائی

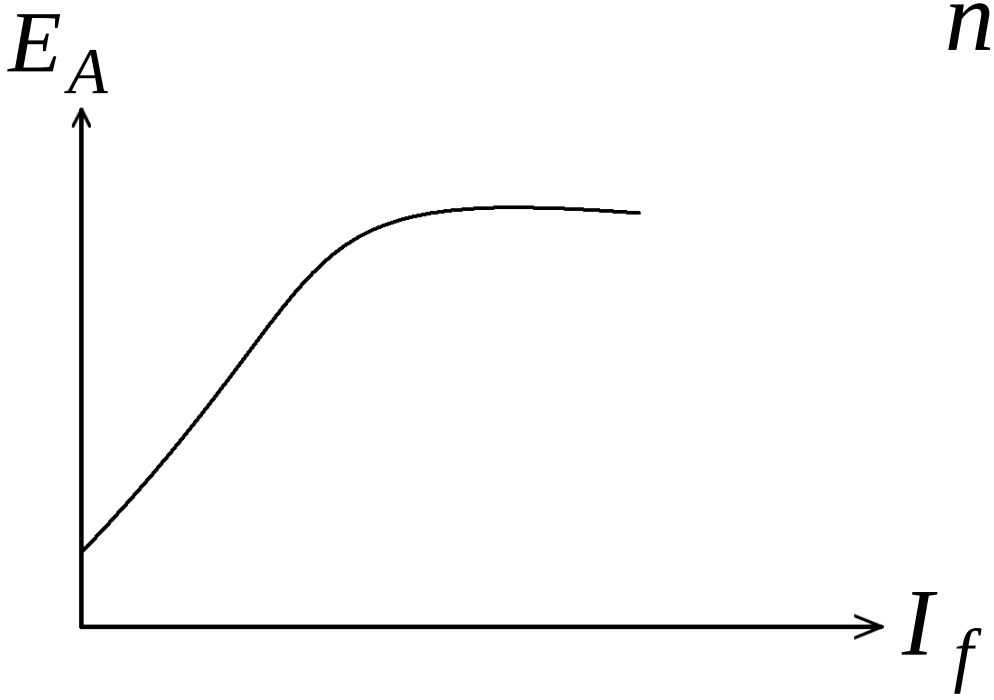
۲- محاسبه ی E_A (آزمایش بی باری) :

مولد را با سرعت نامی به حرکت در آورده ترمینال خروجی مولد را بدون بارمی گذاریم جریان تحریک را ازصفر به تدریج درچند مرحله افزایش داده ولتاژخروجی در هر مرحله را اندازه می گیریم و در جدول ثبت میکنیم.



شکل م ـ ۲ (الف) منحنی مشخصه مدار ـ باز برای ژنراتور در مسائل ۱۱ الی ۲۱. (ب) منحنی مشخصه اتصال ـ کوتاه برای مسائل ۱۱ الی ۲۱.


I_f
0
E_A
n

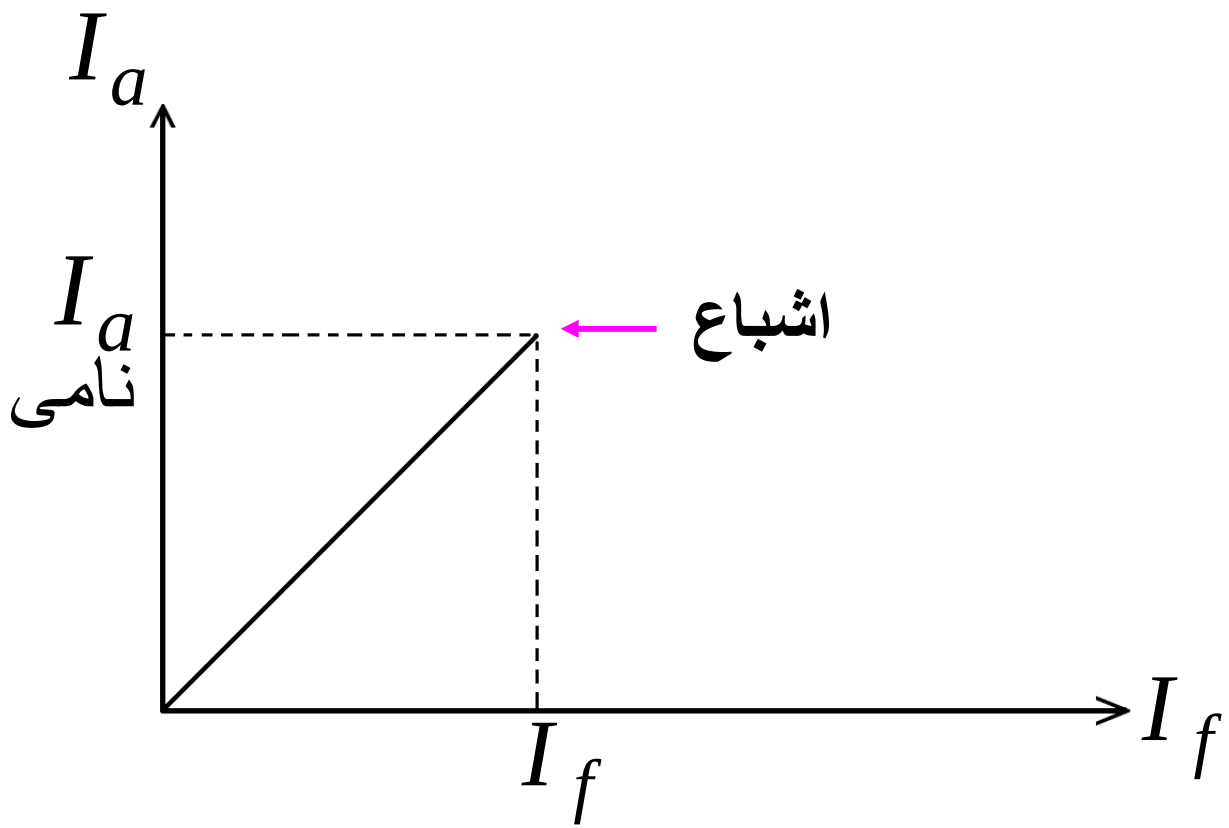

E_A
I_f

نکته : در این آزمایش جریان تحریک تا جائیکه E_A بیشتر از 30% مقدار نامی خود شود می توان افزایش داد.

نکته : در اتصال ستاره ولتاژی که توسط ولتمتر قرائت می شود حتما باید بر $\sqrt{3}$ تقسیم شود تا E_A بدست آید .

۳- محاسبه ی X_s (آزمایش اتصال کوتاه) :

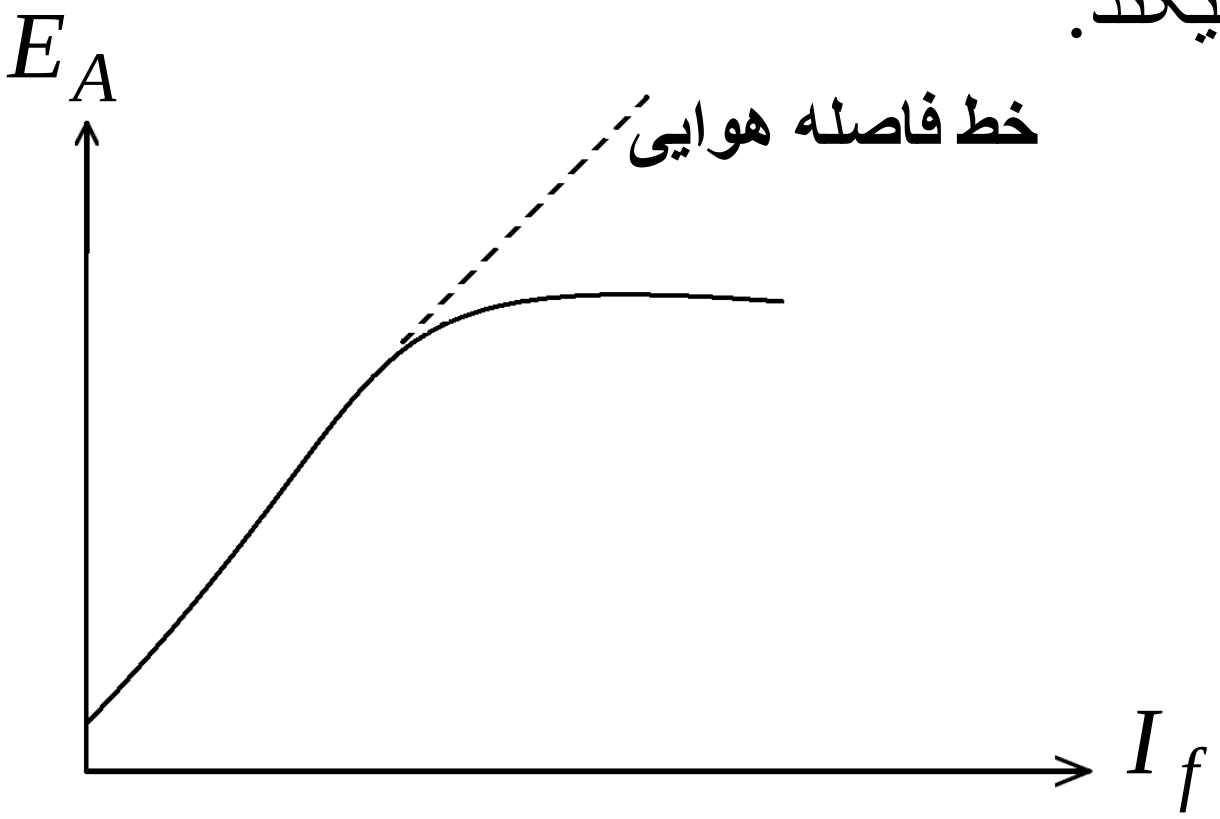
مولد را با سرعت نامی میچرخانیم ، خروجی مولد را اتصال کوتاه کرده جریان تحریک را از صفر افزایش داده تا اینکه آمپر متر ها جریان نامی I_a را نشان دهند.



نکته:

درآزمایش اتصال کوتاه چون خروجی اتصال کوتاه است لذا به ازاء جریان های کوچک تحریک جریان نامی ازآرمیچر می گذرد لذا ماشین به اشباع نمی رود و مشخصه ی اتصال کوتاه همواره خطی است.

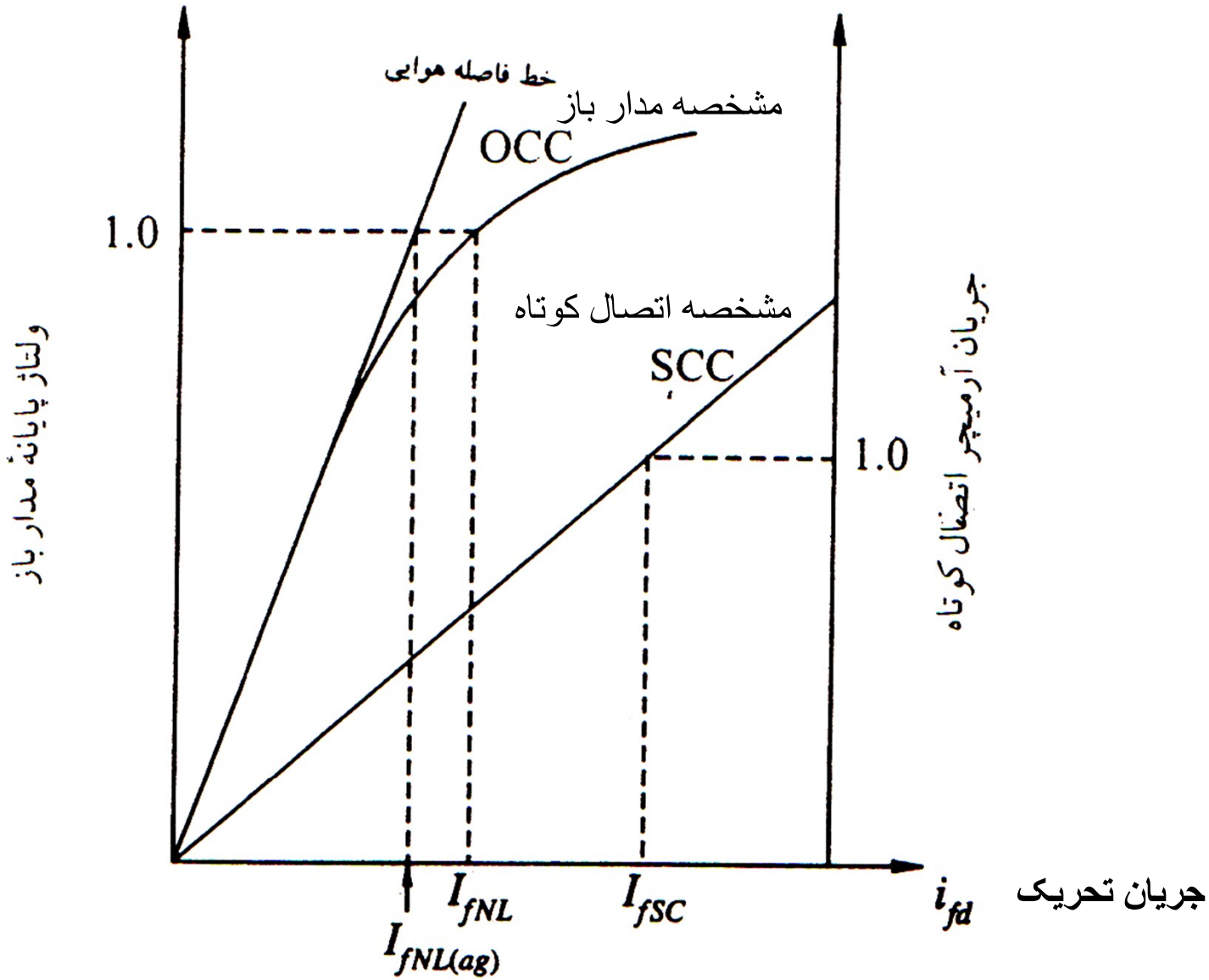
نکته : به امتداد ناحیه ی خطی مشخصه ی بی باری، خط فاصله هوایی گفته میشود. این خط بیان میکند که اگر هسته آهن به اشباع نرود منحنی بی باری روی این خط حرکت میکند.



محاسبه ی تقریبی راکتانس سنکرون از روی آزمایش های بی باری ، اتصال کوتاه و dc :

برای محاسبه ی تقریبی راکتانس سنکرون ابتدا باید امپدانس سنکرون محاسبه شود :

$$Z_s = \frac{E_A}{I_A} = \frac{\text{ولتاژ ترمینال نامی مدار باز به ازاء } I_f \text{ معین}}{\text{جریان اتصال کوتاه به ازاء همان } I_f}$$



شکل ۳-۲۸ مشخصه‌های مدار باز و اتصال کوتاه

راکتانس سنکرون :

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_a^2}$$

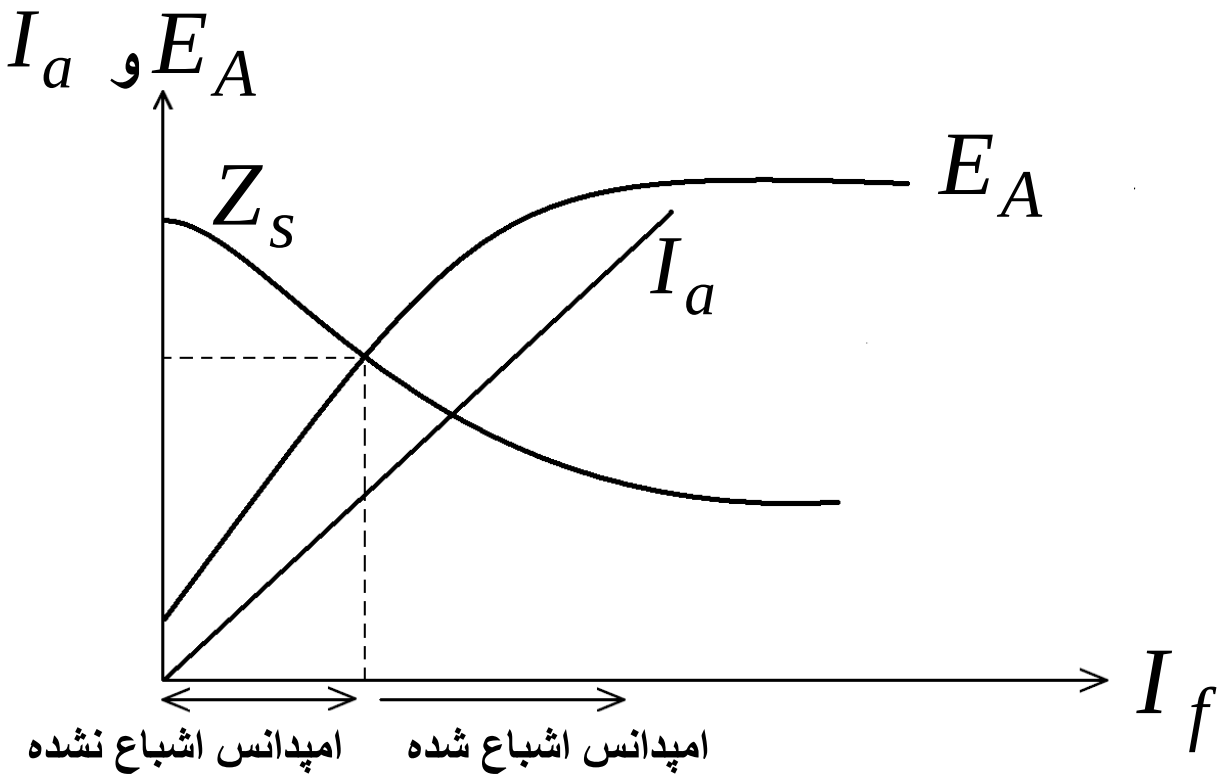
روش تقریبی ترسیم امپدانس سنکرون :

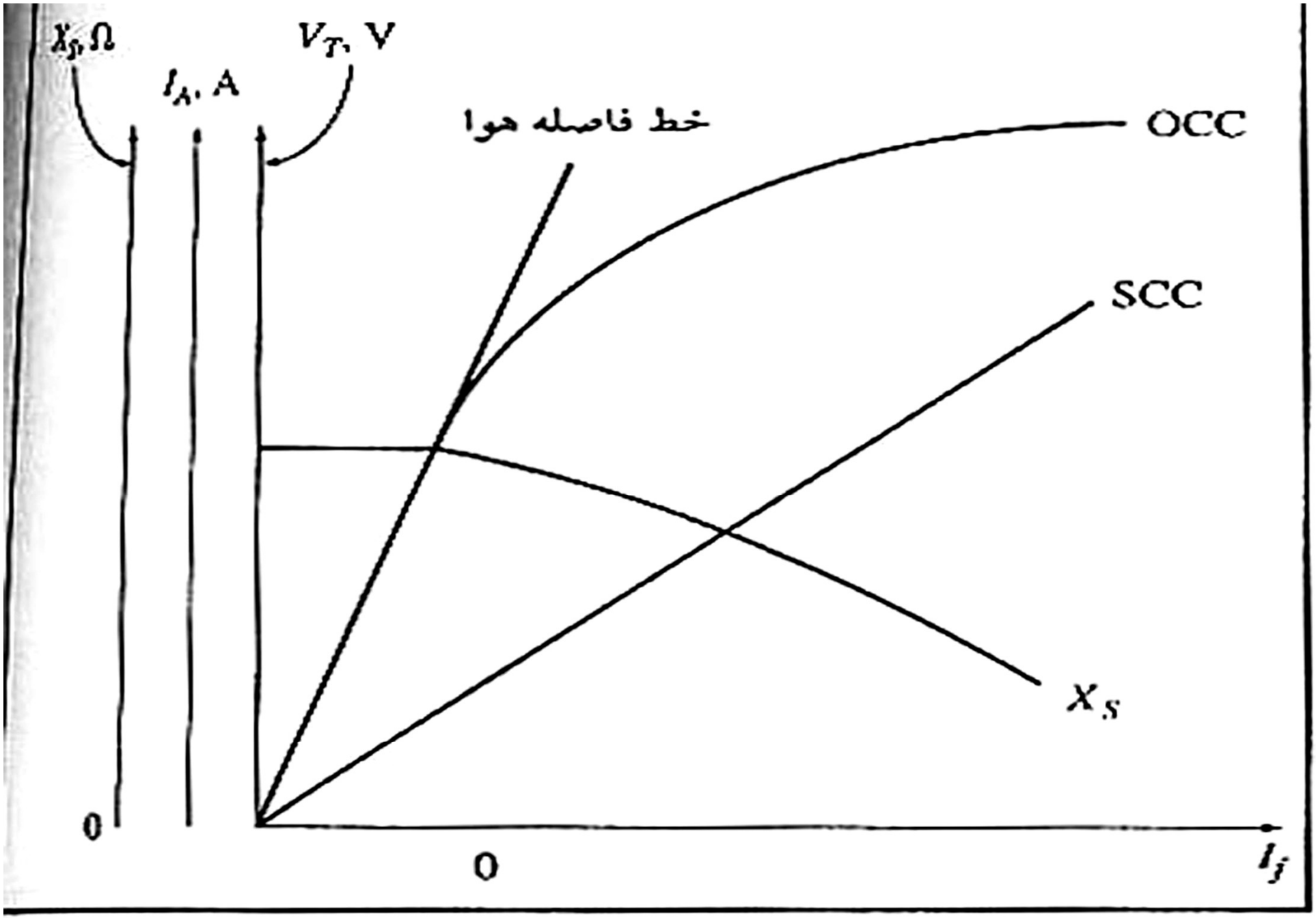
۱- E_A را از آزمایش بی باری در یک جریان تحریک معین بدست می آوریم.

۲- جریان اتصال کوتاه I_a را از آزمایش اتصال کوتاه دریک جریان تحریک معین بدست می آوریم.

۳- با استفاده از رابطه ی $Z_s = \frac{E_A}{I_A}$ امپدانس سنکرون قابل محاسبه است.

اشکال این روش این است که مقدار Z_s تا مرحله ای که E_A به اشباع رفته است دقت خوبی درد اما در ناحیه ی اشباع محاسبه ی آن دقت لازم را ندارد.





شکل ۹-۱۹ تعیین آکتانس سنکرونایزر تقویت‌کننده سنکرون

امپدانس سنکرون اشباع نشده :

به امپدانس سنکرون قبل از ناحیه ی اشباع امپدانس سنکرون اشباع نشده می گویند.

امپدانس سنکرون اشباع شده :

مقدار امپدانس سنکرون بسته به میزان اشباع منحنی بی باری تغییر میکند بطوریکه هر چه قدر این منحنی بیشتر به اشباع برود امپدانس سنکرون کوچکتر می شود به این مقدار امپدانس سنکرون اصطلاحا امپدانس سنکرون اشباع شده می گویند.

مثال : یک مولد سنکرون **200 kVA - 480 V - 50 Hz** با اتصال ستاره با جریان میدان **5 A** آزمایش شده و نتایج زیر بدست آمده است :

۱) ولتاژ بی باری در جریان I_f **540 V**

۲) جریان اتصال کوتاه در جریان I_f **300 A**

۳) با اعمال ولتاژ**dc** به مقدار**10 V** به دو پایانه جریان**25 A** اندازه گیری شده است.

مقاومت آرمیچر و راکتانس سنکرون تقریبی مدار معادل مولد را تحت شرایط نامی بدست آورید.

در اتصال Y ولتاژخط باید به ولتاژ فازی تبدیل شود .

$$E_{ph} = U_{OC} = \frac{V_t}{\sqrt{3}} = \frac{540}{\sqrt{3}} = 311.8\ V \qquad I_{sc} = I_a = 300\ A$$

$$Z_S = \frac{U_{OC}}{I_{SC}} = \frac{\frac{540}{\sqrt{3}}}{300} = 1.039\Omega$$

$$2R_S = \frac{U_{dc}}{I_{dc}} = \frac{10}{25} \Rightarrow R_S = 0.2\Omega$$

$$X_S = \sqrt{Z_2{}^2 - R_S^2} = 1.02\Omega$$

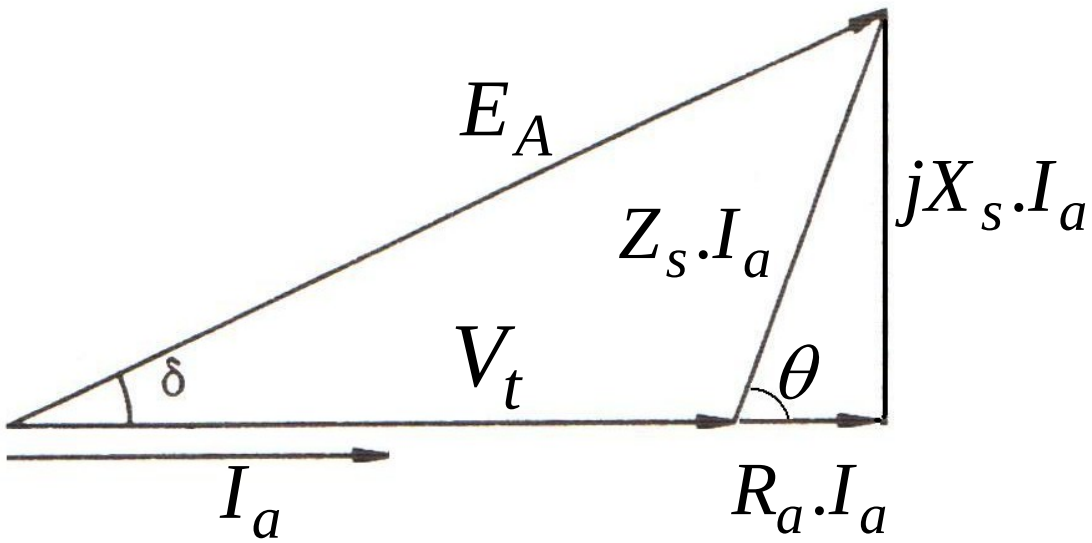
$X_S \cong Z_S \Leftarrow$ **مقدار R_S را می توان صرف نظر کرد**

شکل

حالت های کاری مولد سنکرون :

۱- تحریک نرمال : که در بار اهمی اتفاق می افتد.

$$\begin{cases} E_A > V_t \\ \cos\varphi = 1 \\ Q = 0 \end{cases}$$



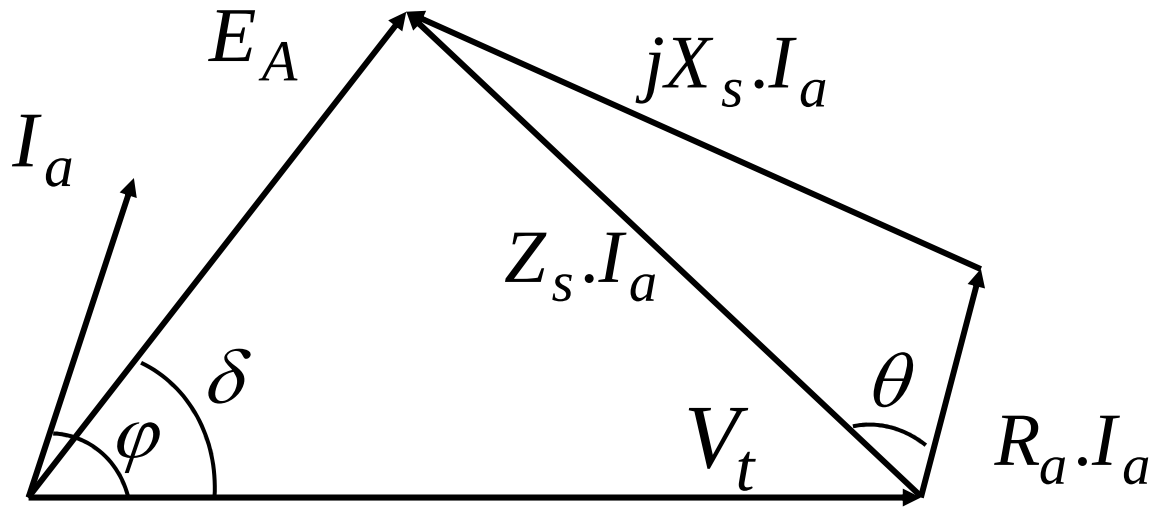
θ:زاویه امپدانس یا زاویه داخلی ماشین
(بین جریان I_a و امپدانس)

δ:زاویه توان یا زاویه گشتاور (بین V_t و E_A)

φ:اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان ترمینال مولد

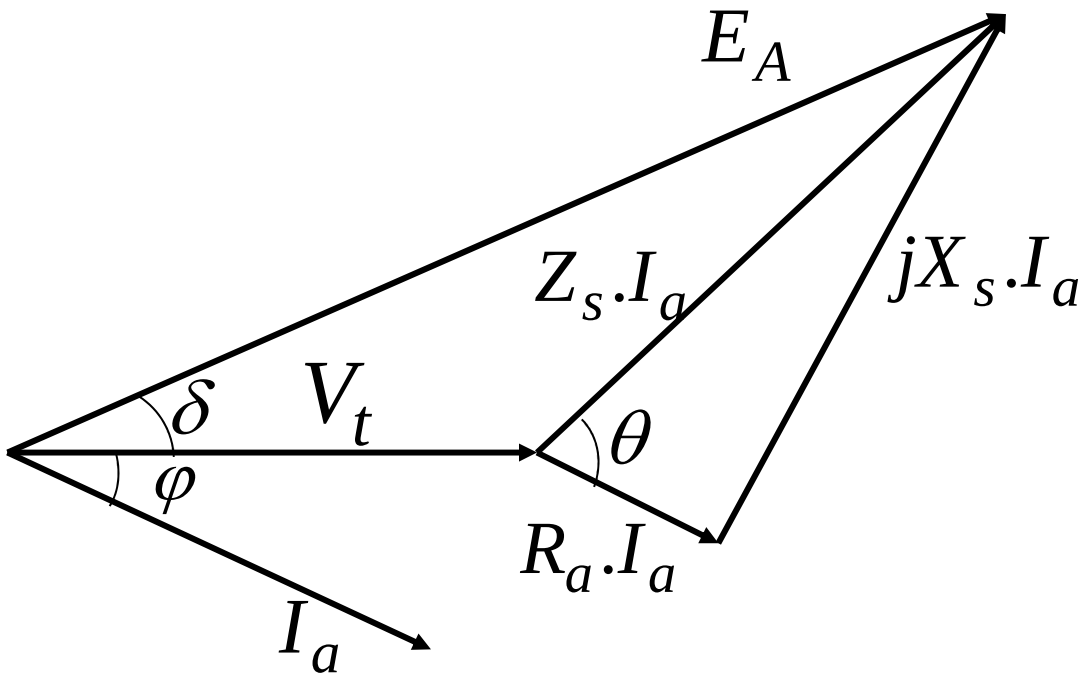
نکته: زاویه φ را بار مشخص می کند.

۲- زیر تحریک : که در بار خازنی اتفاق می افتد.
مولد سلفی است یعنی توان راکتیو از شبکه دریافت می کند.



$$\begin{cases} V_t > E_a \\ \cos\varphi = \text{پیش فاز} \\ Q < 0 \end{cases}$$

۳- فوق تحریک : که در بار سلفی اتفاق می افتد مولد خازنی است یعنی توان راکتیو به شبکه می دهد.



$$\begin{cases} E_A > V_t \\ \cos\varphi = \text{پس فاز} \\ Q > 0 \end{cases}$$

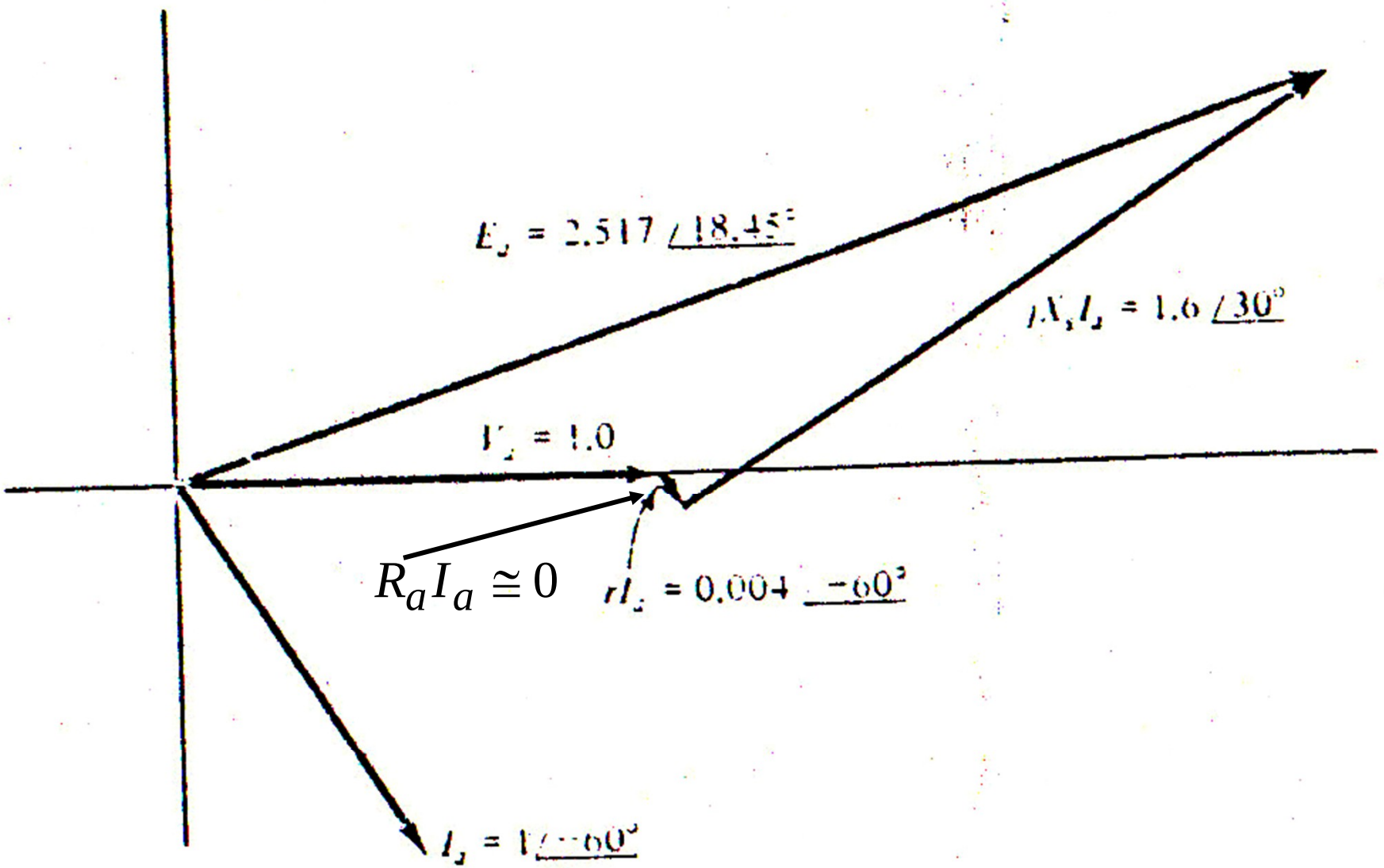
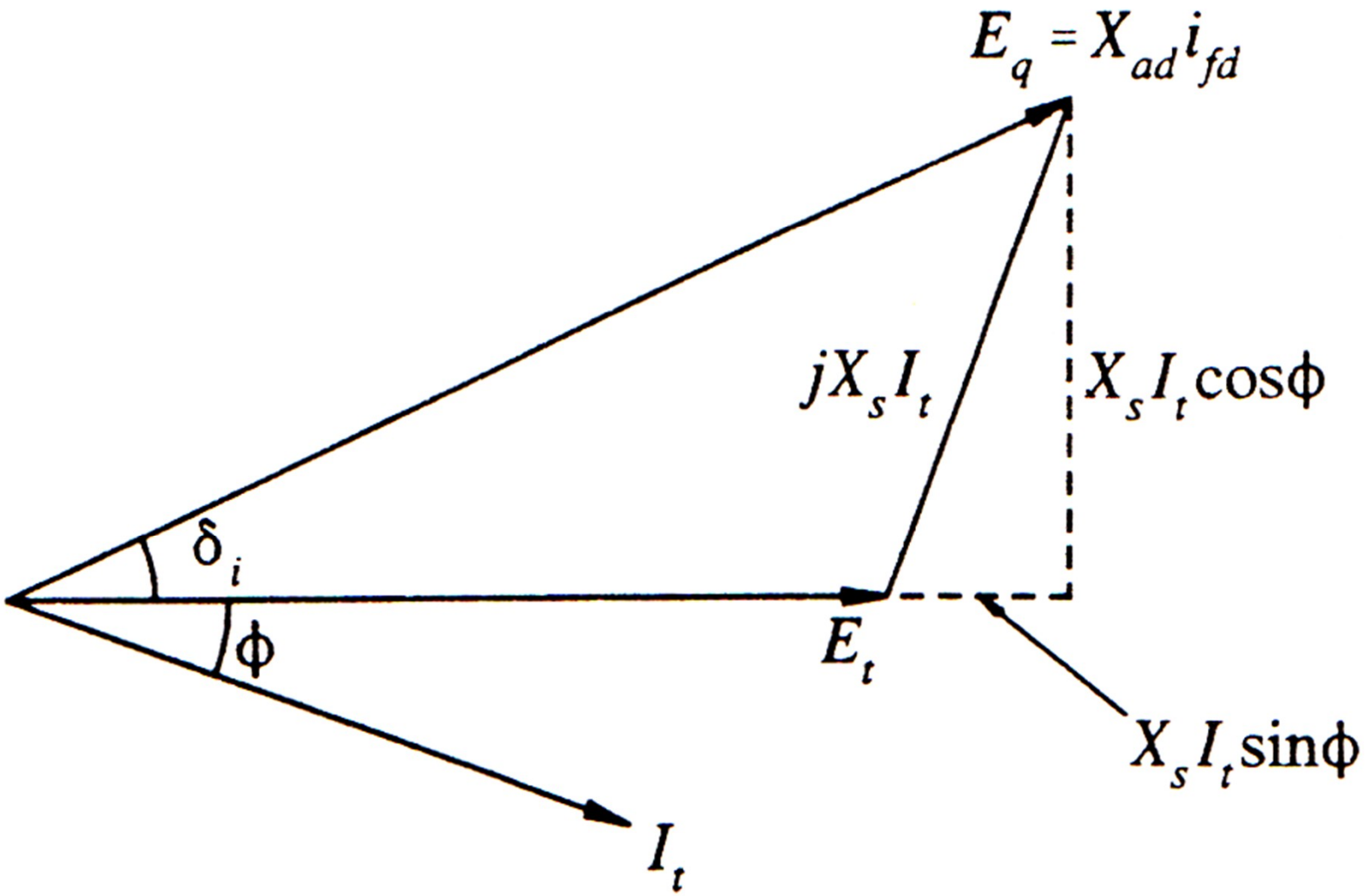
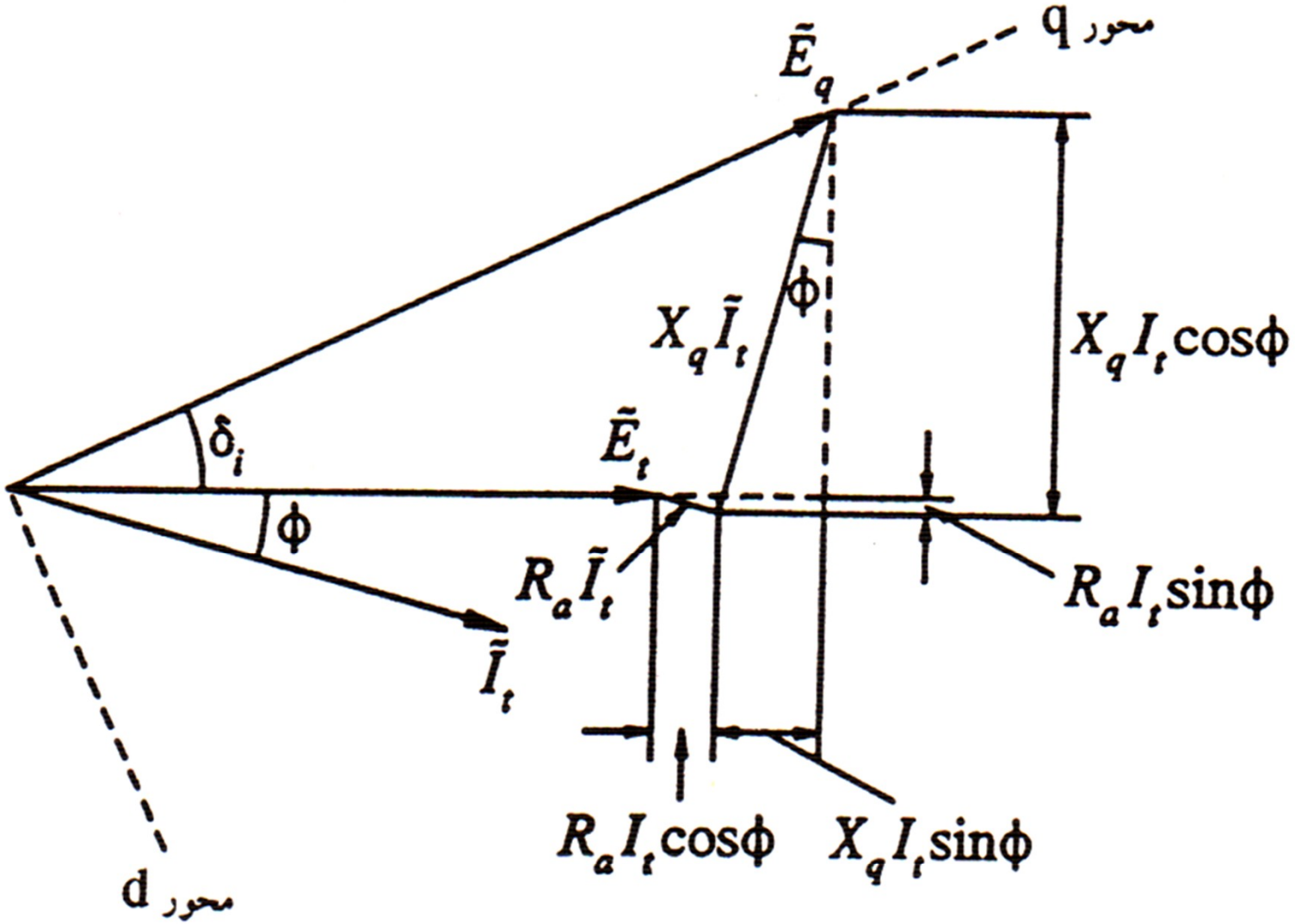


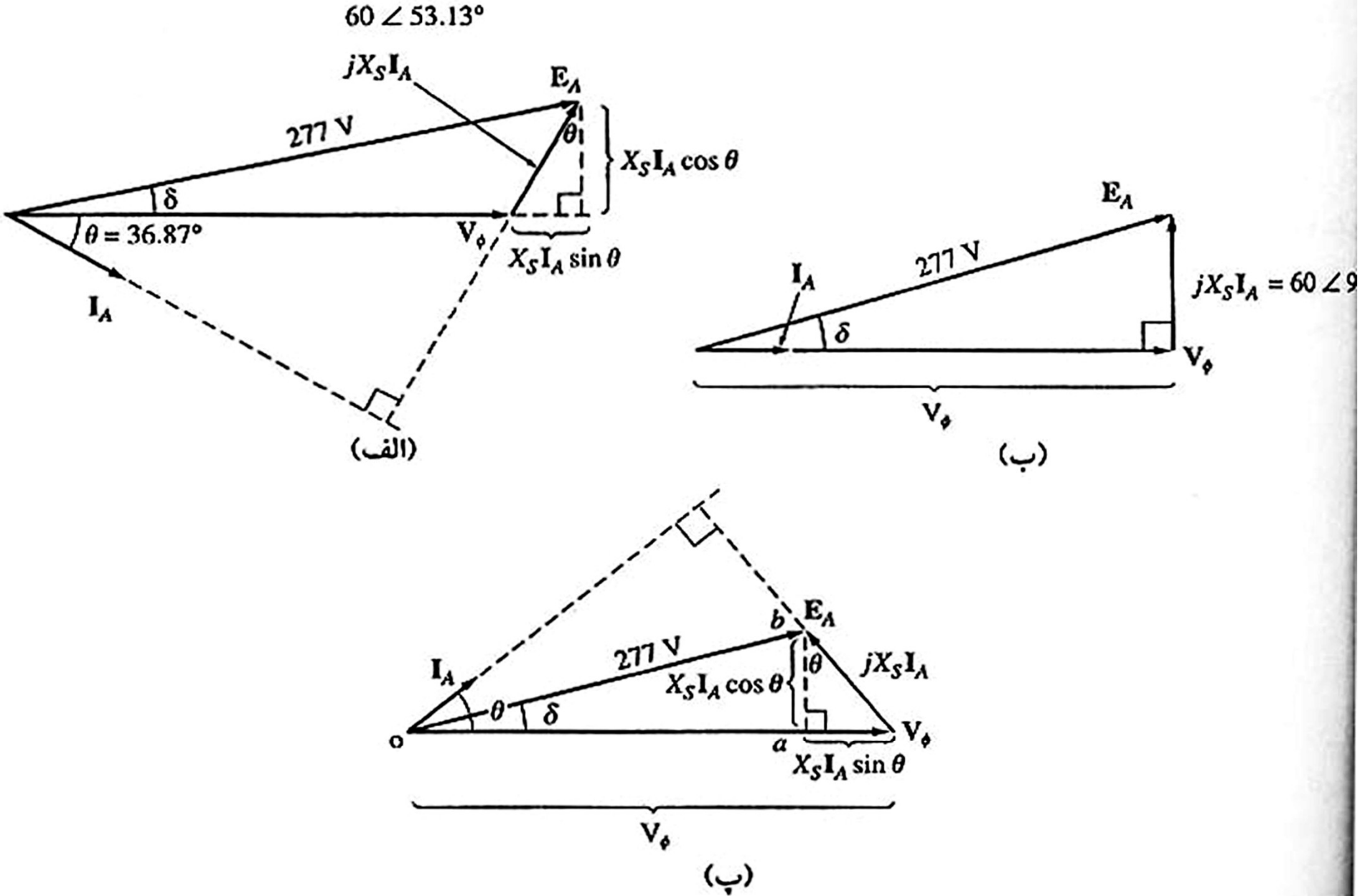
Figure E8.2



شکل ۵-۱۳ نمودار فازوری حالت ماندگار

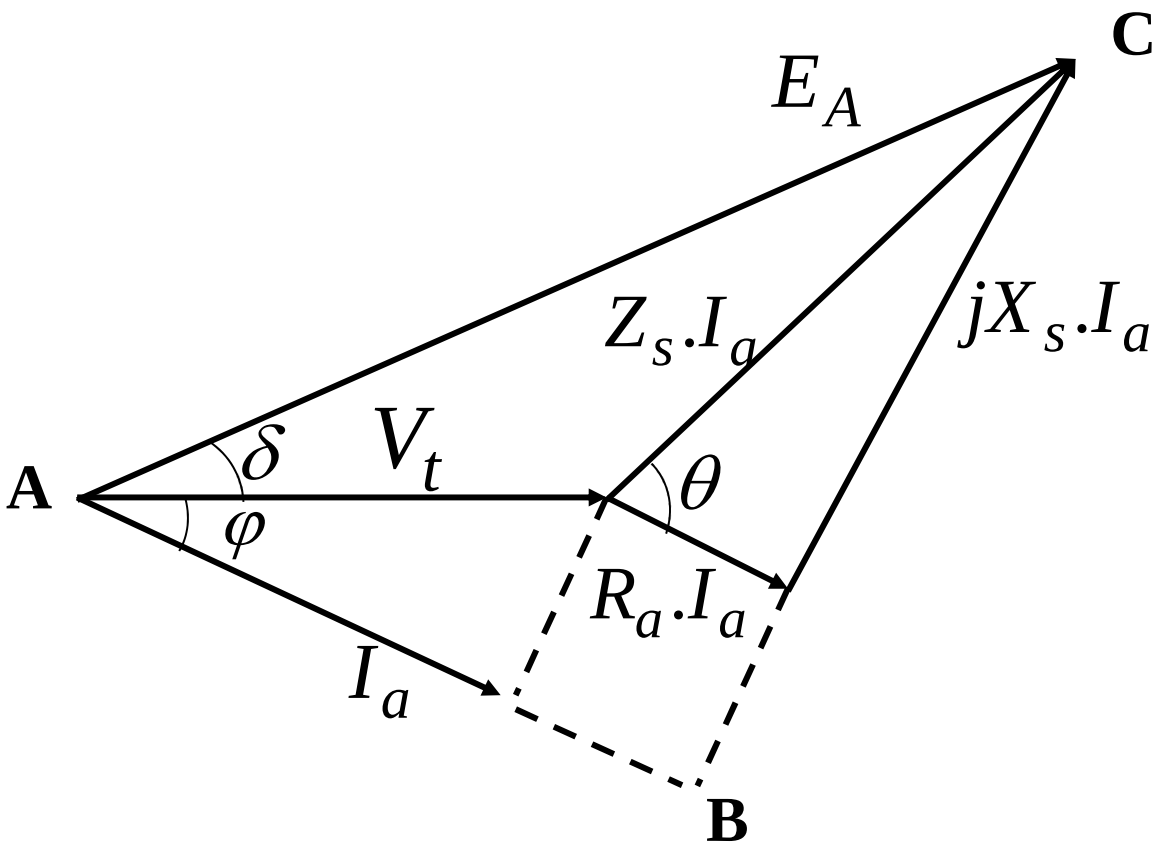


شکل ۳-۲۳ نمودار فازوری حالت ماندگار



۵ـ۲۴ نمودار فیزوری ژنراتور برای مثال ۳ـ۵. (الف) ضریب توان پس‌فاز. (ب) ضریب توان واحد. (پ) ضریب

محاسبه ولتاژ القایی ژنراتور



$$\tan^{-1}\left(\frac{BC}{AB}\right) = \delta + \varphi$$

$$\begin{cases} AB = V_t.Cos\varphi + R_a.I_a \\ BC = V_t.Sin\varphi + jX_s.I_a \end{cases}$$

$$AC = E_A$$

$$(AC)^2 = (AB)^2 + (BC)^2$$

$$AC = \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2}$$

$$E_A = \sqrt{(V_t.Cos\varphi + R_a.I_a)^2 + (V_t.Sin\varphi \pm X_s.I_a)^2}$$

(+) برای حالت سلفی

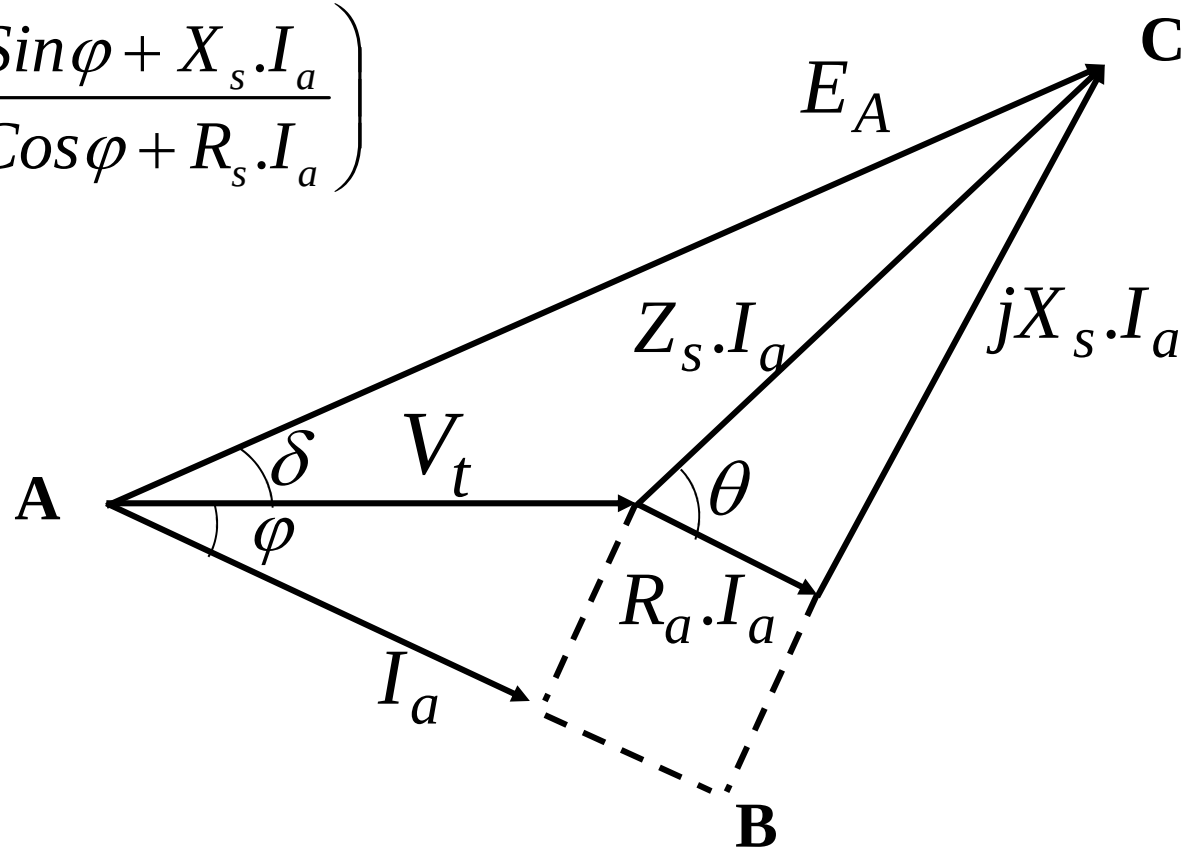
(-) برای حالت خازنی

روش محاسبه زاویه گشتاور:

سلفی

$$\tan(\varphi+\delta)=\frac{BC}{AB}=\frac{V_t.Sin\varphi+X_s.I_a}{V_t.Cos\varphi+R_s.I_a}$$

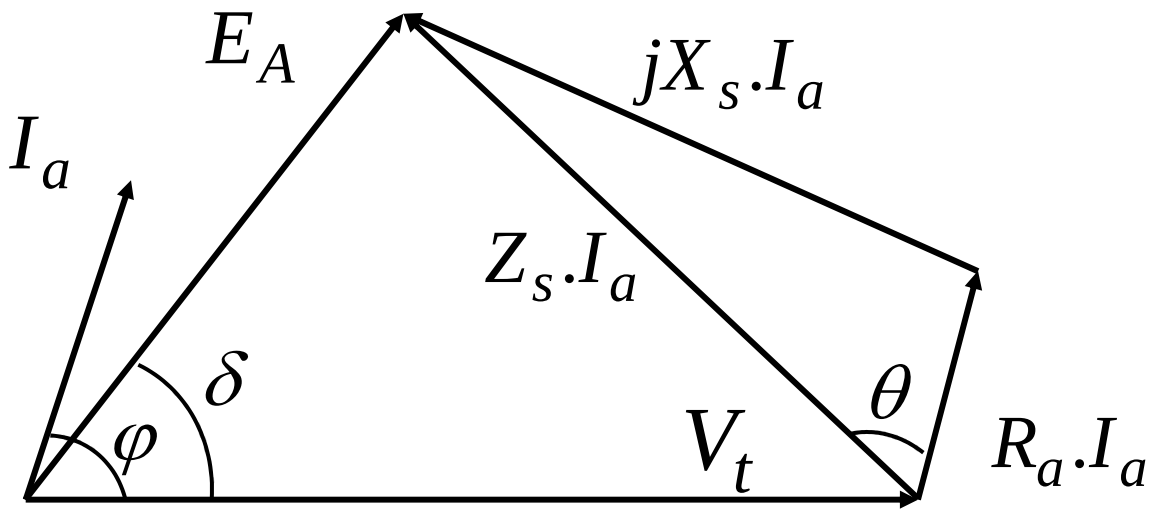
$$(\varphi+\delta)=\tan^{-1}\left(\frac{V_t.Sin\varphi+X_s.I_a}{V_t.Cos\varphi+R_s.I_a}\right)$$



خازنی

$$\tan(\varphi-\delta)=\frac{BC}{AB}=\frac{V_t.Sin\varphi-X_s.I_a}{V_t.Cos\varphi+R_s.I_a}$$

$$(\varphi-\delta)=\tan^{-1}\left(\frac{V_t.Sin\varphi-X_s.I_a}{V_t.Cos\varphi+R_s.I_a}\right)$$



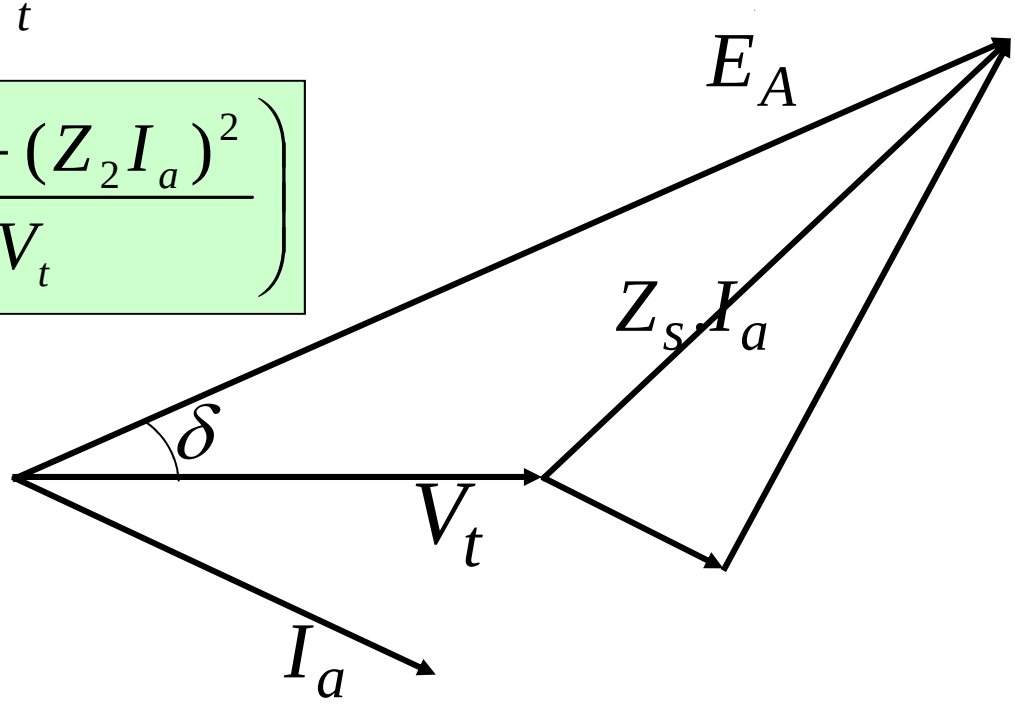
راه دوم محاسبه زاویه گشتاور:

$$\vec{E}_A = \vec{V}_t + Z_s \vec{I}_a$$

$$(Z_s I_a)^2 = {E_A}^2 + {V_t}^2 - 2E_A V_t \, Cos\delta$$

$$Cos\delta = \frac{-(Z_s I_a)^2 + {E_A}^2 + {V_t}^2}{2E_A V_t} \Rightarrow$$

$$\delta = Cos^{-1}\left(\frac{{E_A}^2 + {V_t}^2 - (Z_2 I_a)^2}{2E_A V_t} \right)$$

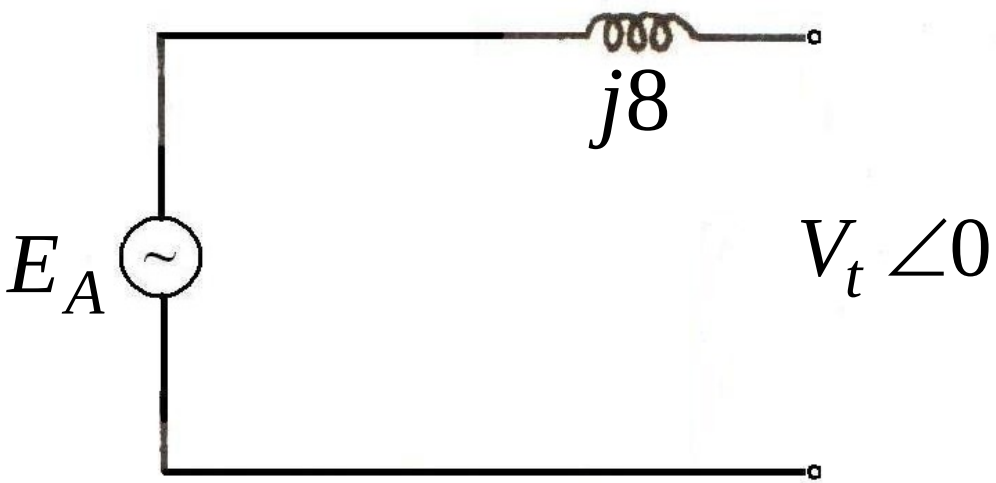


مثال: یک مولد سنکرون سه فاز چهار قطب ، 60 Hz ، 5 kVA و 208 v با اتصال ستاره مفروض است. مقاومت استاتور ناچیز و راکتانس سنکرون هر فاز $8\,\Omega$ است. مطلوبست :

الف) E_A و δ

ب) نمودار فازوری آن اگر مولد توان نامی را تحت ضریب توان 0.8 پس فازتحویل شبکه دهد.

همیشه در ابتدای مرحله باید مدار معادل را رسم کنیم :



$$V_t = \frac{208}{\sqrt{3}} = 120 \angle 0 \ \ v$$

الف)

$$E_A = V_T \angle 0 + jX_s I_a$$

$$Cos\varphi = 0.8 \Rightarrow \varphi = -36.9^\circ$$

یا $\boxed{S = 3 \times V_{ph} \times I_{ph}}$

$$\boxed{S = \sqrt{3} \cdot V_T \cdot I_a} \Rightarrow I_a = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_T} = \frac{5000}{\sqrt{3} \times 208 \angle 0}$$

ولتاژ خط

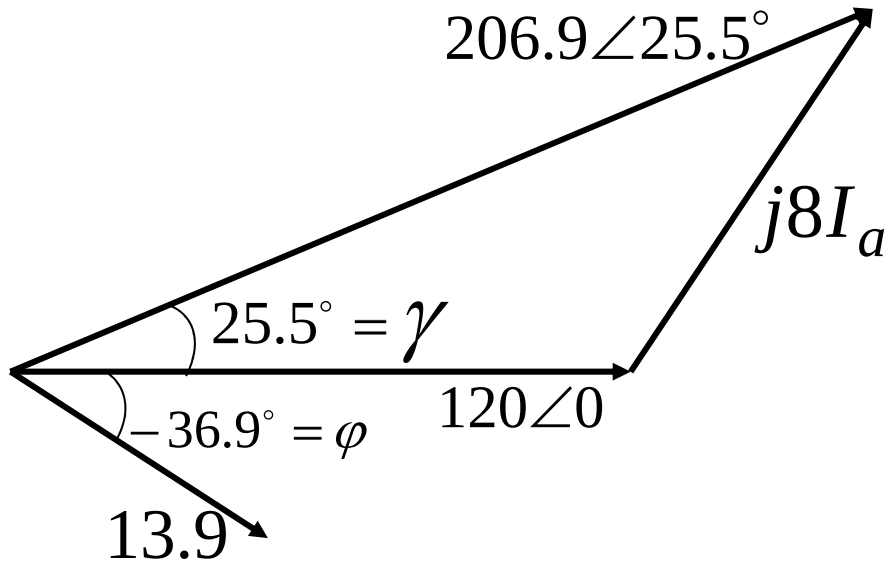
جریان خط

$$I_a = 13.9 \angle -36.9$$

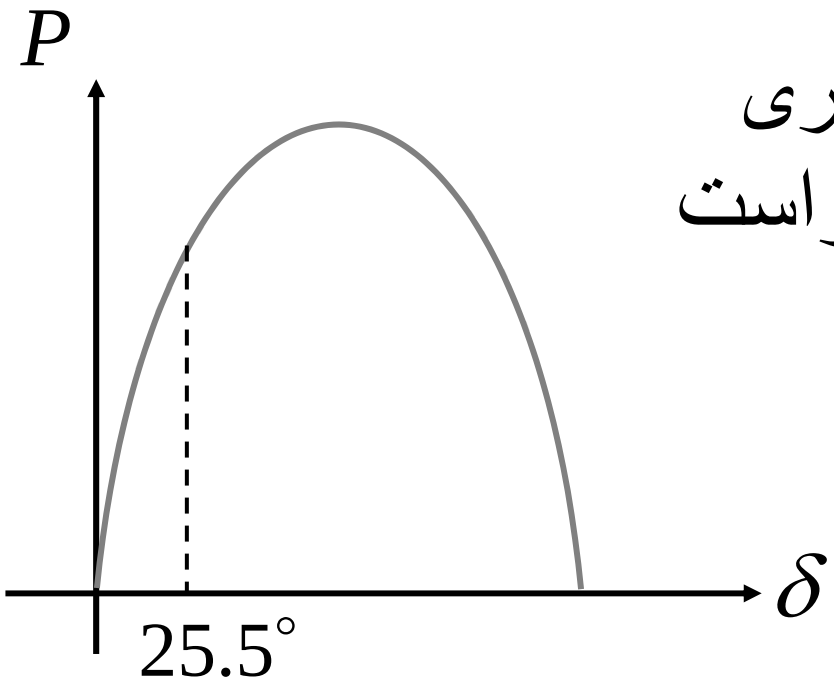
$$E_A = 120 \angle 0 + (8 \angle 90)(13.9 \angle -36.9)$$

$$\boxed{E_A = 206.9 \angle 25.5} \rightarrow \delta$$

ب)



$0 < \delta$ در حالت مولدی



بار مشخص می کند در حالت پایداری هست یا نه که در این حالت پایدار است

مثال: آلترناتور تکفاز 2.2 kv ، 440 kVA با فرکانس 50 Hz دارای مقاومت اهمی آرمیچر 0.5Ω می باشد. در اتصال کوتاه با جریان تحریک 10 آمپر جریان اتصال کوتاه نامی 200 آمپر را ارائه می دهد. و نیروی محرکه در حالت مدار باز با همان جریان تحریک 10 آمپر مقدار 1160 v می باشد. مطلوبست :

الف) امپدانس سنکرون و راکتانس سنکرون

ب) درصد رگولاسیون و زاویه ی گشتاور برای باری با $Cos\varphi = 0.8$ پس فاز.

ج) رسم دیاگرام برداری

امپدانس سنکرون:

$$Z_s = \frac{E_{oc}}{I_{sc}} = \frac{1160}{200}\Bigg|_{I_f} = 5.8\,\Omega$$

راکتانس سنکرون:

$$X_s = \sqrt{Z_s^2 - R_a^2} = \sqrt{(5.8)^2 - (0.5)^2} = 5.778\,\Omega$$

$$E_A = \sqrt{(V_t.Cos\varphi + R_a.I_a)^2 + (V_t.Sin\varphi \pm X_s.I_a)^2}$$

$$E_A = \sqrt{\left[(2200 \times 0.8) + (0.5 \times 200)\right]^2 + \left[(2200 \times 0.6) + (5.778 \times 200)\right]^2}$$

$$E_A = \sqrt{(1860)^2 + (2475.6)^2} = 3096.48\ v$$

$$\boxed{E_A = 3096.48\ V}$$

درصد تنظیم ولتاژ(رگولاسیون):
افت ولتاژ از بی باری تا بار داری

$$\%V_R = \frac{E_a - V_t}{V_t} \times 100$$

$$\%V_R = \frac{3096.48 - 2200}{2200} \times 100 = \%\ 40.749$$

زاویه ی گشتاور:

روش اول:

$$(\varphi+\delta)=\tan^{-1}\frac{V_t Sin\varphi + X_s I_a}{V_t Cos\varphi + R_a I_a}$$

$$(\varphi+\delta)=\tan^{-1}\frac{2475.6}{1860}=\tan^{-1}1.33=55^\circ$$

$$\varphi=Cos^{-1}0.8=36.86^\circ$$

$$\delta=55^\circ-36.86^\circ=16.14^\circ \qquad \boxed{\delta=16.14^\circ}$$

اختلاف فاز E_a **و** V_t

اگر منفی بشود حالت موتوری است

روش دوم:

$$\delta = Cos^{-1}\left(\frac{E_A{}^2 + V_t{}^2 - (Z_s I_a)^2}{2E_A V_t}\right)$$

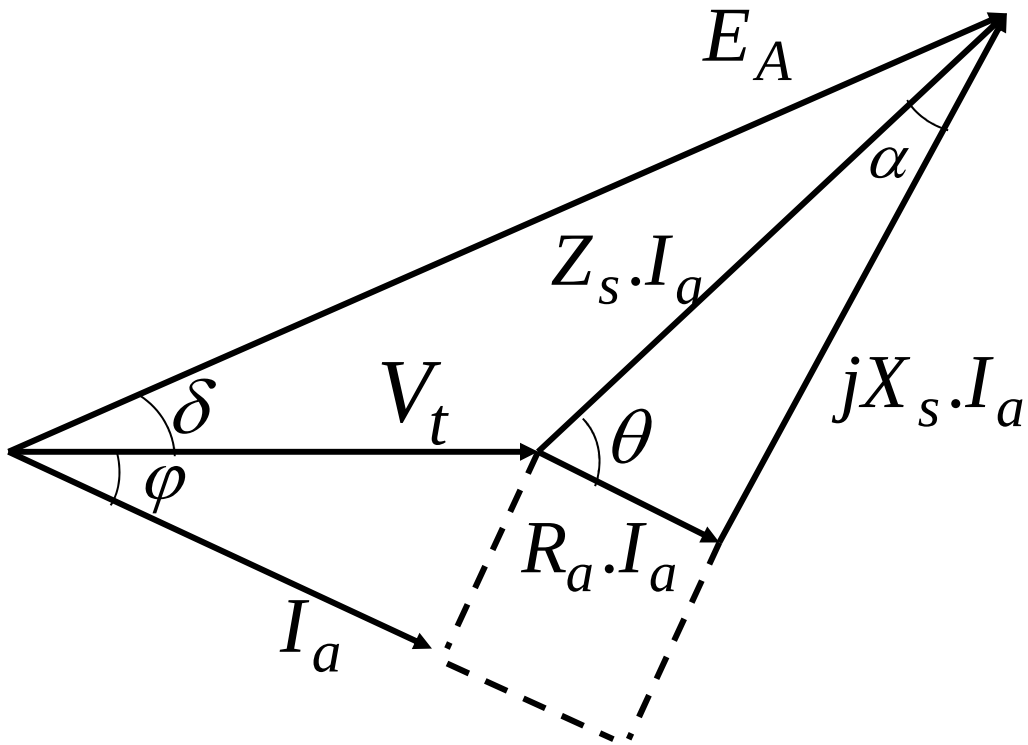
تمرین: یک مولد سنکرون سه فاز با اتصال ستاره ۲۰۰KW و ۲۰ KV که دارای مقاومت اهمی هر فاز ۳ اهم و راکتانس سنکرون ۳۵ اهم در هر فاز می باشد. در بار ۱۵۰KW و ضریب قدرت های زیر درصد رگولاسیون ولتاژ را بدست آورید و با هم مقایسه کنید:

الف) $Cos\varphi = 0.8$

ب) $Cos\varphi = 1$

ج) $Cos\varphi = 0.8$

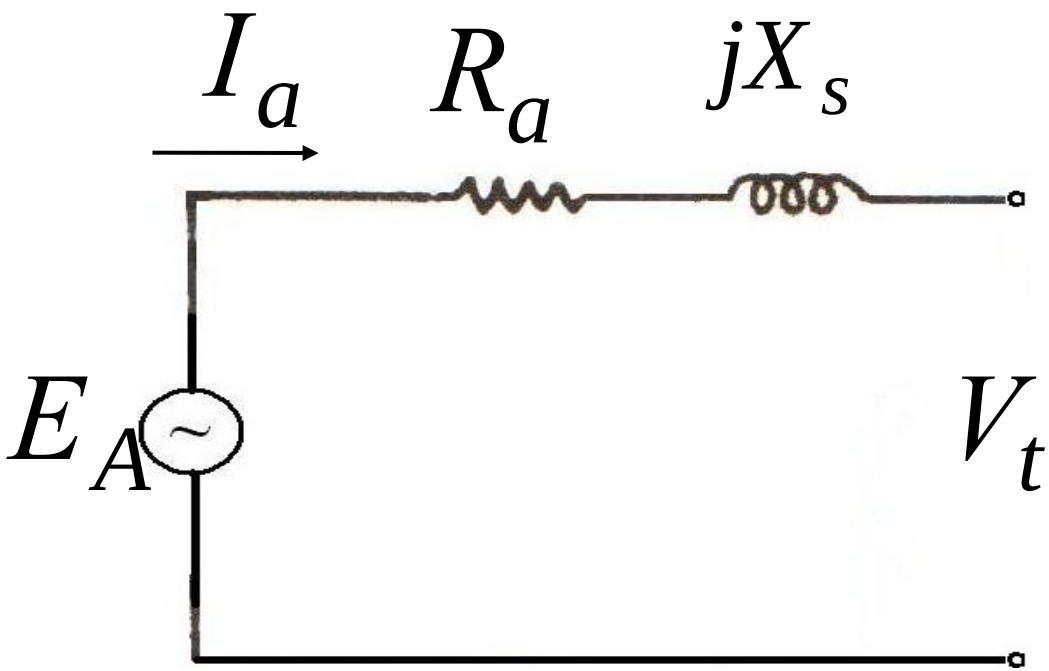
توان های اکتیو و راکتیو در مولد سنکرون :



$$\alpha = 90 - \theta$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{X_s}{R_a} = Cos^{-1}\frac{R_a}{Z_s}$$

مدار ساده ی یک فازمولد سنکرون را در نظر می گیریم:



مبنا

$$V_t \angle 0$$

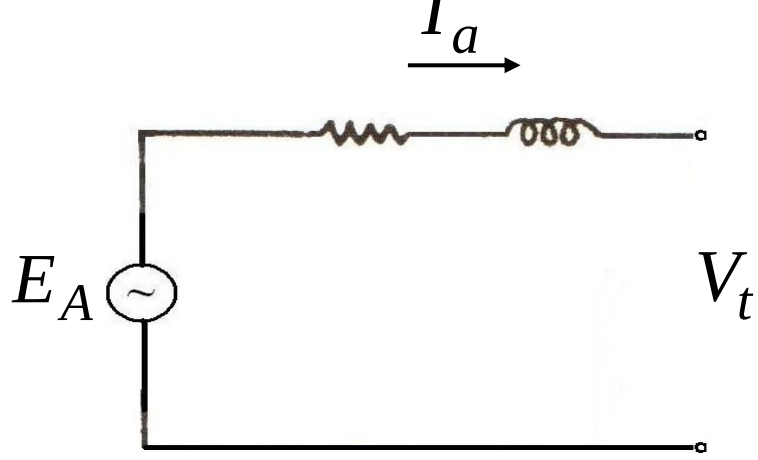
$$E_A \angle \delta$$

$$Z_s = R_a + jX_s$$

$$Z_s \angle \theta$$

$$\theta + \alpha = 90$$

$$I_a = \frac{E_A - V_t}{Z_s} = \frac{E_A}{Z_s} - \frac{V_t}{Z_s}$$



$$= \frac{E_A \angle \delta}{Z_s \angle \theta} - \frac{V_t \angle 0}{Z_s \angle \theta}$$

مزدوج

$$I_a^* = \left[\frac{E_A \angle \delta}{Z_s \angle \theta} - \frac{V_t \angle 0}{Z_s \angle \theta} \right]^* = \left[\frac{E_A \angle -\delta}{Z_s \angle -\theta} - \frac{V_t \angle 0}{Z_s \angle -\theta} \right]$$

$$= \frac{|E_A|}{|Z_s|} \angle -\delta + \theta - \frac{|V_t|}{|Z_s|} \angle \theta$$

$$S = V_t I_a^* \quad \leftarrow \quad \text{توان ظاهری مولد}$$

$$S = V_t \cdot \left(\frac{|E_A|}{|Z_s|} \angle -\delta + \theta - \frac{|V_t|}{|Z_s|} \angle \theta \right)$$

$$S = \frac{|V_t||E_A|}{|Z_s|} \angle -\delta + \theta - \frac{|V_t^2|}{|Z_s|} \angle \theta$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P = \dfrac{E_A V_t}{Z_s} Cos(\theta - \delta) - \dfrac{V_t^2}{Z_s} Cos\theta & \text{S در Cos ضرب می شود} \\ Q = \dfrac{E_A V_t}{Z_s} Sin(\theta - \delta) - \dfrac{V_t^2}{Z_s} Sin\theta & \text{S در Sin ضرب می شود} \end{cases}$$

نکته: درصورتیکه زاویه توان (δ) با زاویه امپدانس (θ) برابر باشد توان اکتیو خروجی مولد ماکزیمم می گردد.

$$\delta = \theta = 90 - \alpha$$

$$P_{o\max} = \frac{E_A V_t}{Z_s} - \frac{{V_t}^2}{{Z_s}^2} R_a$$

نکته: با توجه به مطالب گفته شده درمی یابیم که هرگاه توان اکتیو خروجی ماکزیمم است توان راکتیو خروجی نمی تواند ماکزیمم باشد و بالعکس .

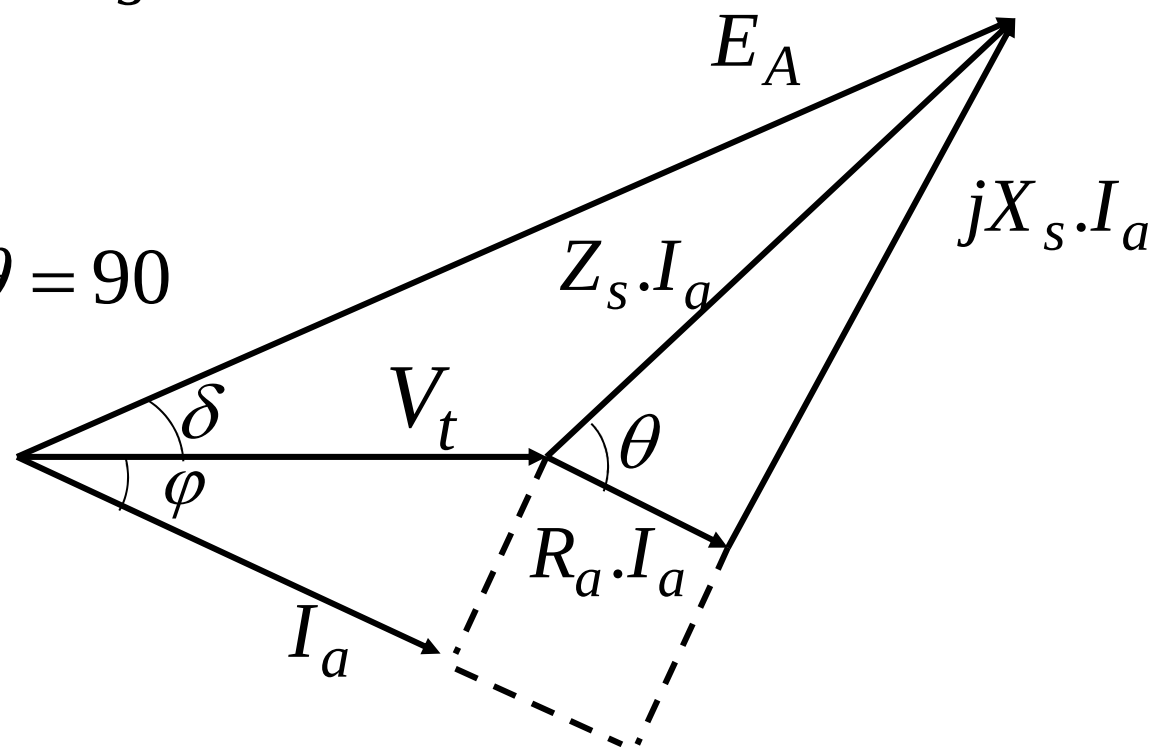
نکته: در شرایط توان اکتیو خروجی ماکزیمم توان راکتیو خروجی منفی است یعنی مولد توان راکتیو جذب می کند.

نکته: در شرایط توان راکتیو خروجی ماکزیمم توان اکتیو خروجی منفی است یعنی مولد توان اکتیواز شبکه جذب می کند.

بدلیل پایین بودن افت اهمی مولد سنکرون در برابر افت القائی آن می توان از افت اهمی صرف نظر کرد.

$$R_a = 0 \Rightarrow X_s = Z_s$$

$$\left.\begin{array}{l} \alpha = 0 \\ \alpha + \theta = 90 \end{array}\right\} \Rightarrow \theta = 90$$



درنتیجه برای توان اکتیو داریم:

$$P_i = \frac{E_A V_t}{Z_s} Cos(90-\delta) - \frac{V_t^2}{Z_s} Cos90$$

یاد آوری ریاضی

$$\begin{cases} Cos(90-\delta) = Sin\delta \\ Sin(90-\delta) = Cos\delta \end{cases}$$

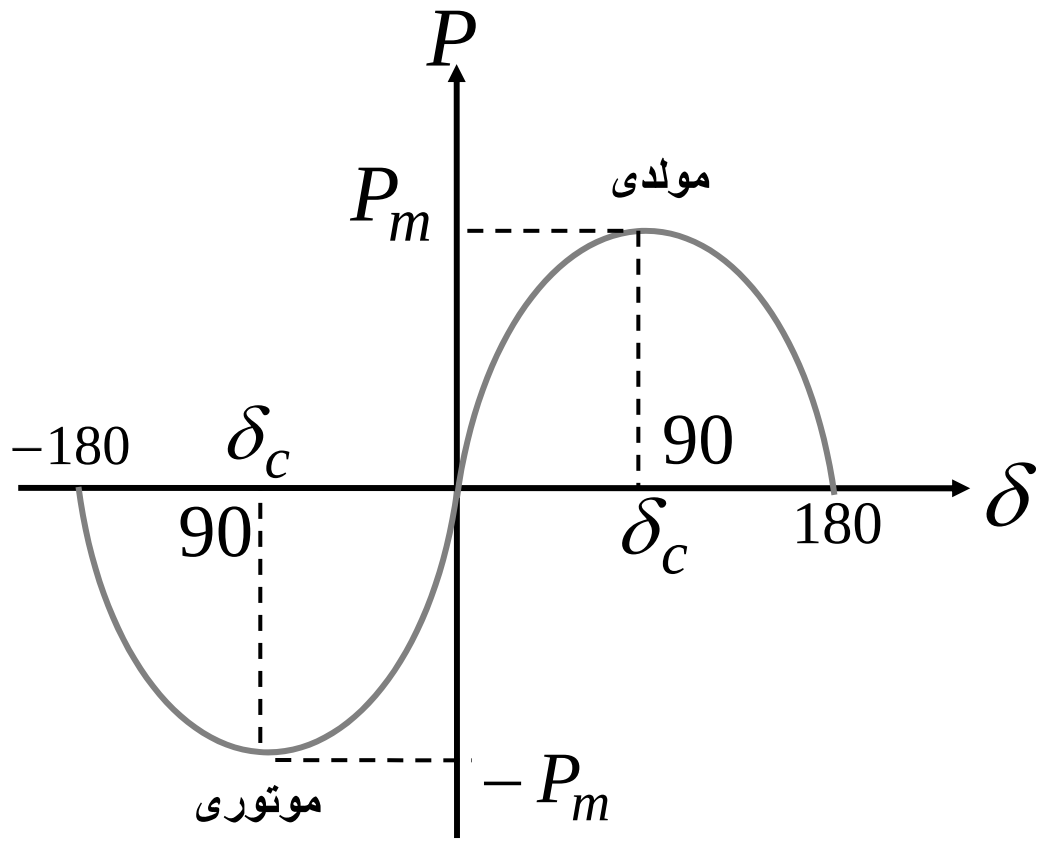
$$P_i = P_o = \frac{E_A V_t}{X_s} Sin(\delta)$$

برای مولد سه فاز :

$$P_i = P_o = \frac{3E_A V_t}{X_s} Sin(\delta)$$

میدانیم در مولد سنکرون اگر از R_a صرف نظر گردد توان اکتیو خروجی از رابطه ی $P_i = P_o = \frac{3E_A V_t}{X_s} Sin(\delta)$ بدست می آید

وقتی که E_A و V_t ثابت باشند تغییرات توان اکتیو بر حسب زاویه توان بصورت زیرمی باشد:



در مولد سنکرون δ ها مثبت است .

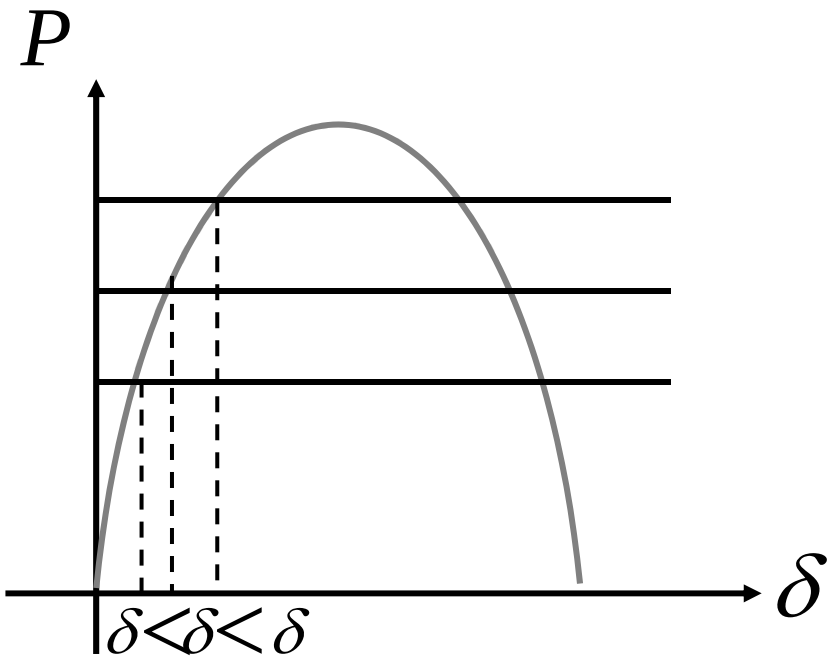
اگر δ مثبت باشد E_A از V_t جلو می افتد و ماشین بصورت مولد کار می کند و اگر δ منفی باشد E_A از V_t عقب می افتد و ماشین بصورت موتور کار می کند.

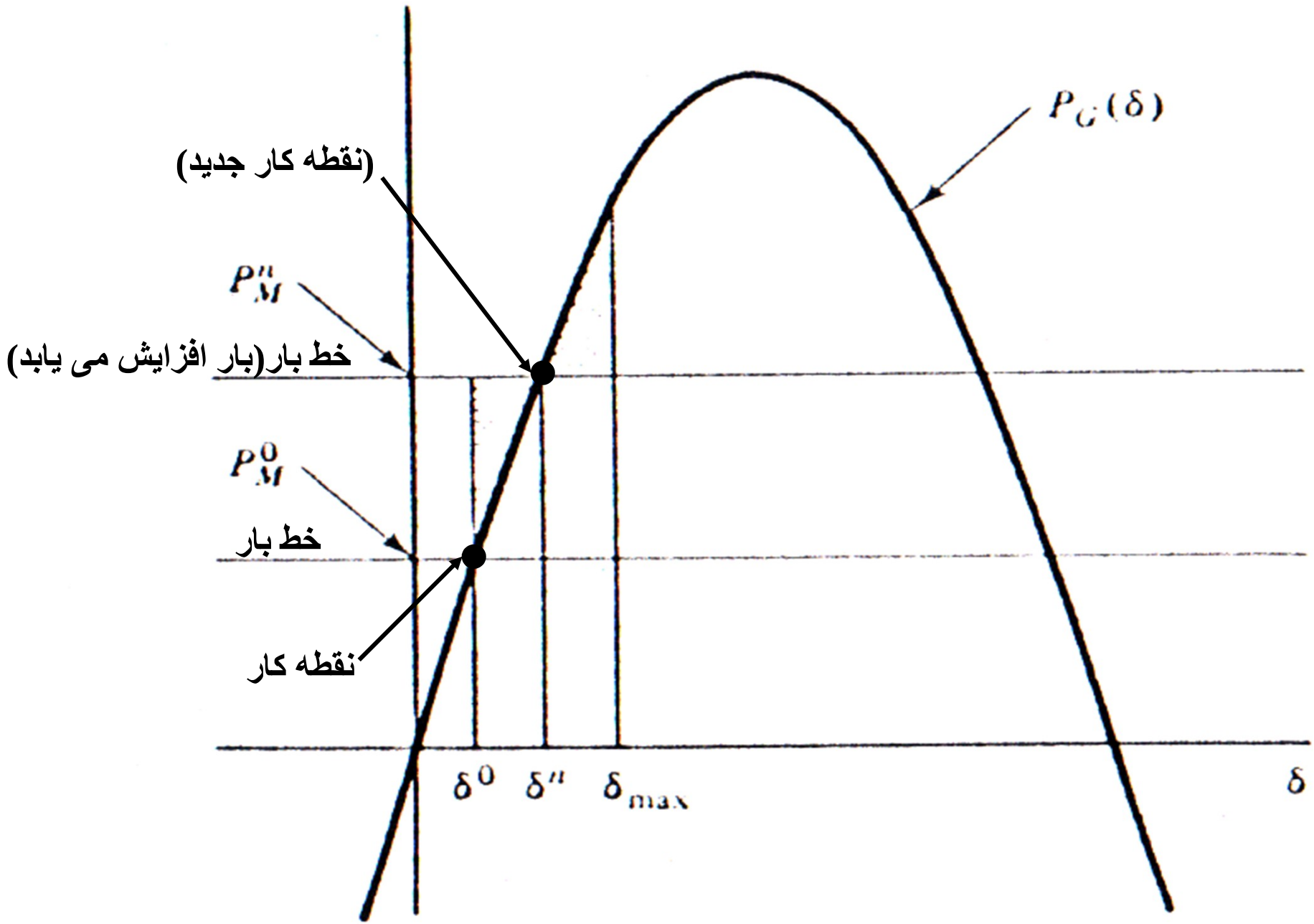
از مشخصه فوق پیداست که که با افزایش بار، زاویه ی δ نیز افزایش پیدا می یابد تا مولد بتواند از عهده ی بار برآید.

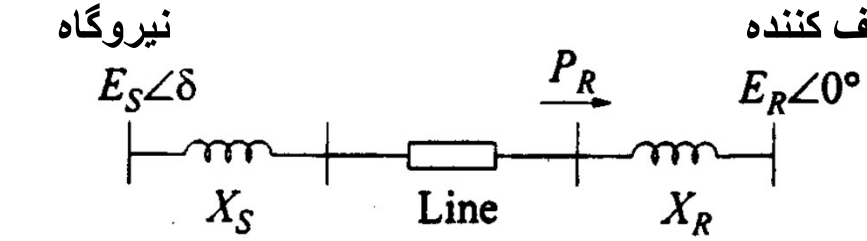
تمرین: جزوه اخر

$\delta_c = 90$ را حد پایداری مولد می گویند که مولد هرگز نباید از این زاویه گذر کند زیرا ناپایدار شده و حالت سنکرون خود را از دست میدهد.

در عمل در نیروگاه ها این زاویه را روی ۲۲درجه تنظیم می کنند.




(نقطه کار جدید)
P_M^n
خط بار(بار افزایش می یابد)
P_M^0
خط بار
نقطه کار
$P_G(\delta)$
δ^0
δ^n
δ_{max}
δ

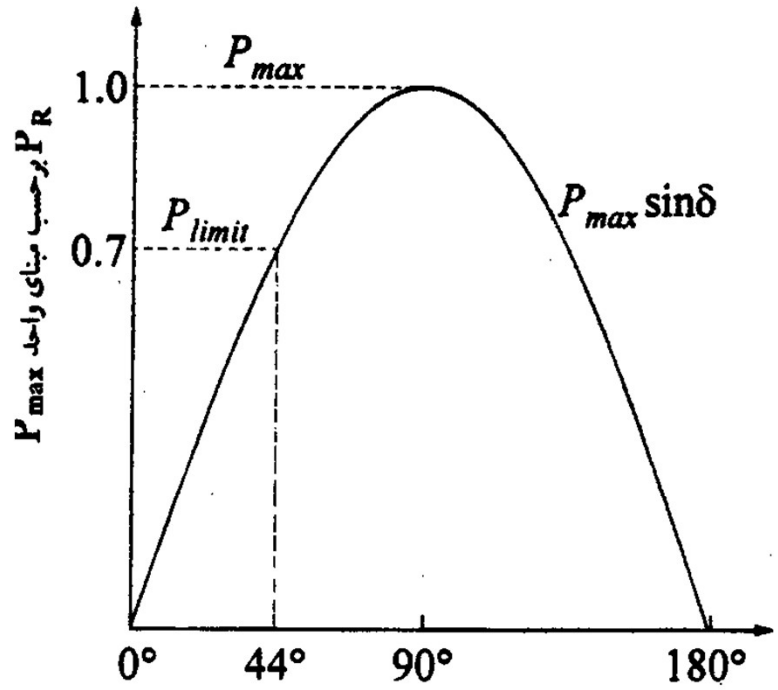


(الف) مدل سیستم

راکتانس منبع طرف فرستنده = X_S

راکتانس منبع طرف گیرنده = X_R

جریان اتصال کوتاهِ منبع
= 50 kA



(ب) منحنی توان - زاویه

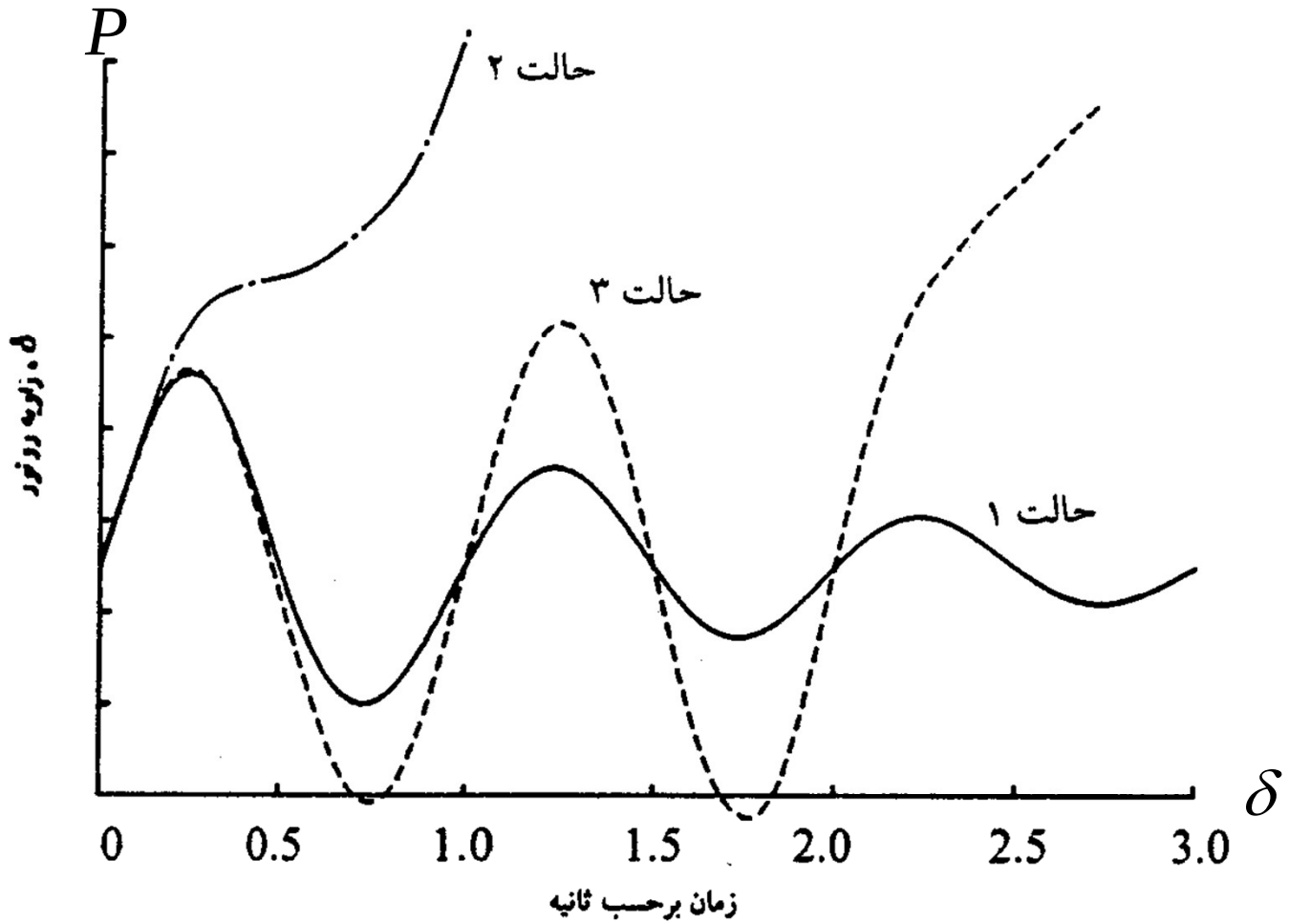
برای حاشیهٔ پایداری ۳۰ درصد

$$P_{limit} = 0.7P_{max}$$
$$\delta = \sin^{-1}0.7$$
$$= 44°$$

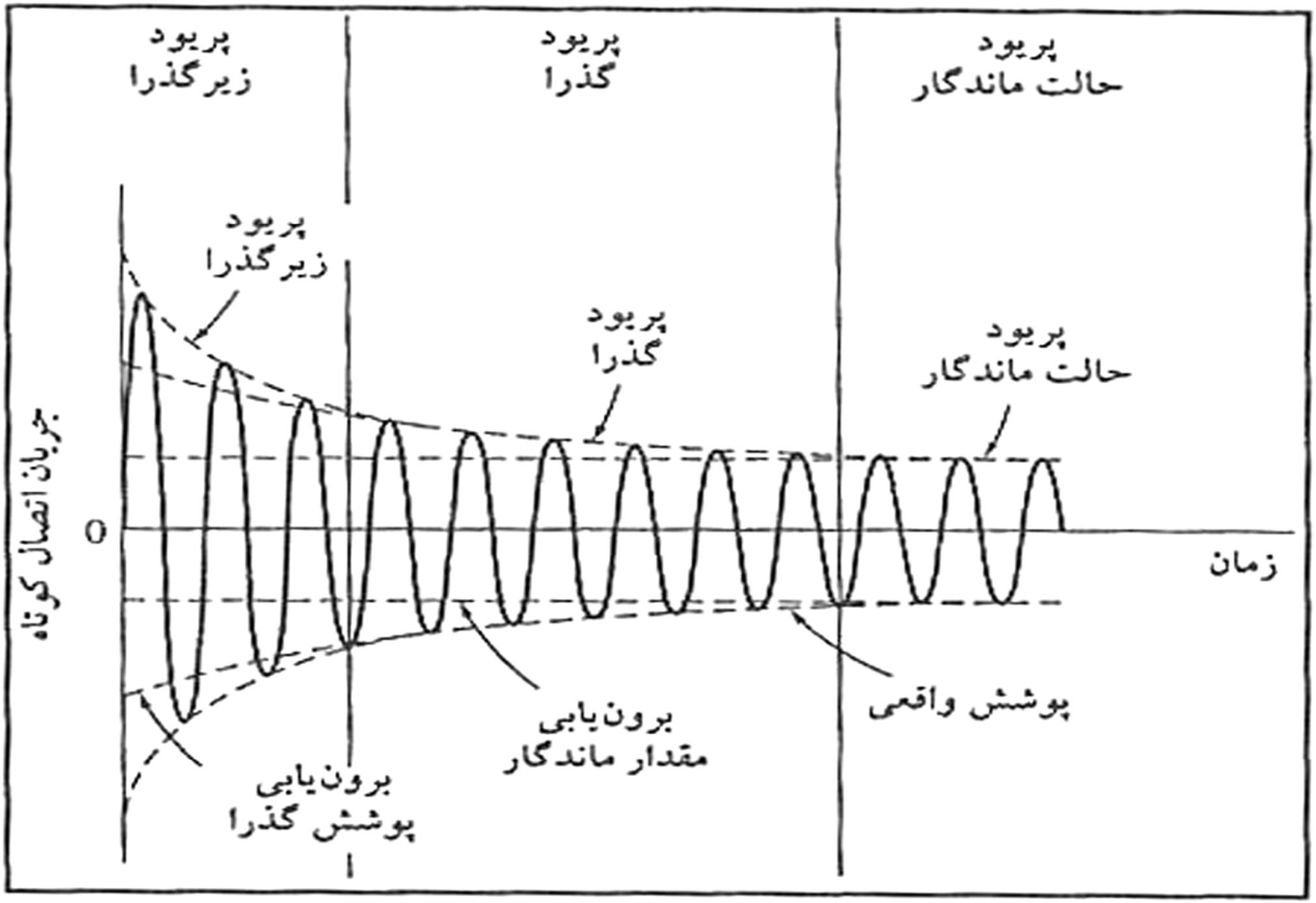
شکل ۶-۱۴ محاسبهٔ حاشیهٔ پایداری حالت ماندگار

پایداری ماشین سنکرون :
هر ماشینی را پایدار می گویند ، اگر تحت شرایط ماندگار در حالت تعادل عمل کرده و اغتشاشات روی عملکرد پایداری آن تاثیر ندارد.

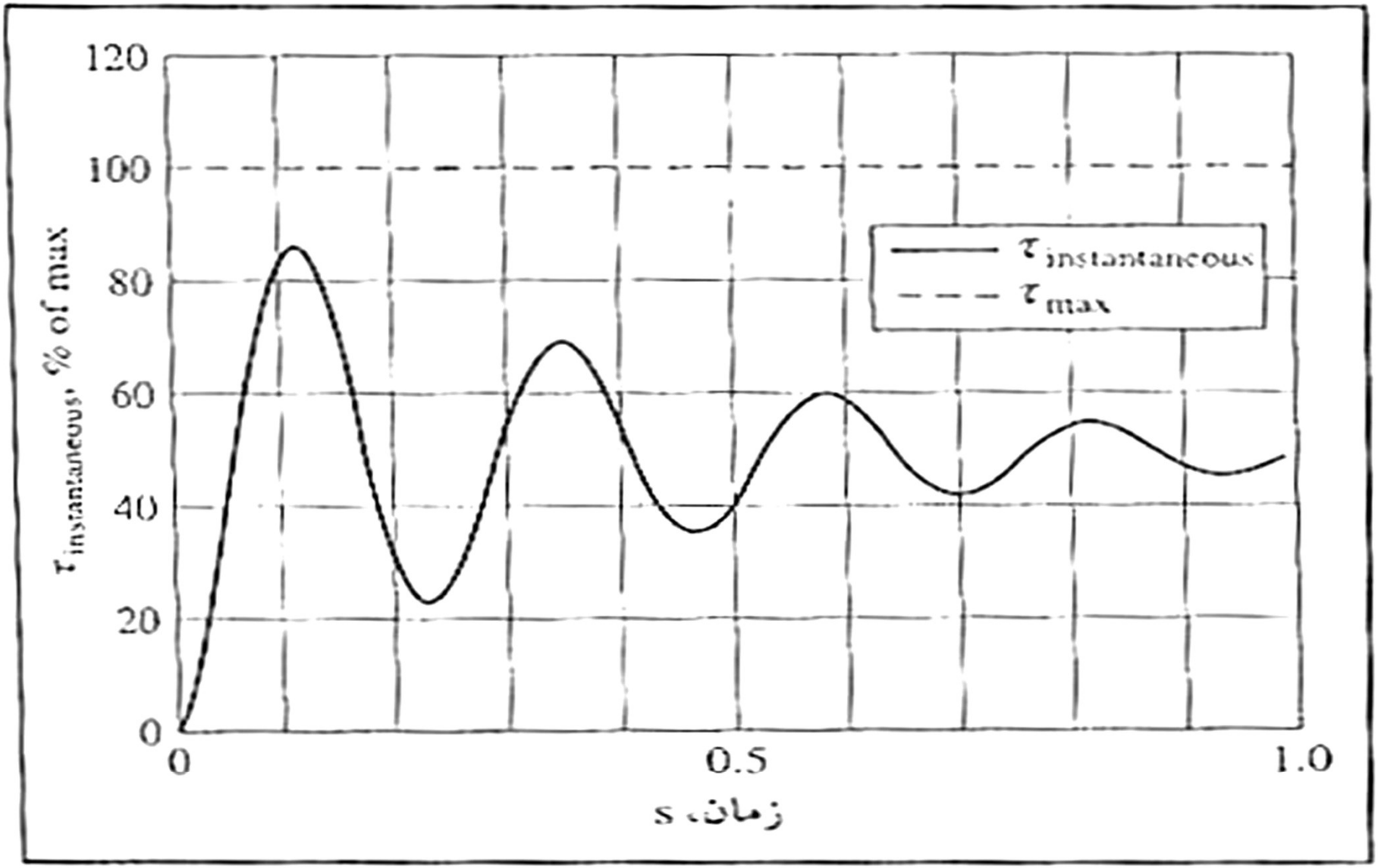
حد پایداری:
نشان دهنده ی ماکزیمم قدرت تولیدی ممکن است موقعی که ماشین سنکرون در حالت تعادل و پایداری کار کند.



شکل ۲-۳ پاسخ زاویه روتور به یک اغتشاش گذرا



شکل ۵ـ۴۵ مولفه ac متقارن جریان خطا.



شکل ۴۳ـ۵ پاسخ دینامیکی وقتی یک گشتاور برابر ۵۰٪ از τ_{max} ناگهان به ژنراتور اضافه شود.

حد پایداری گذرا:
به ماکزیمم قدرت تولید شده ی ممکن ،بدون از دست رفتن پایداری گفته می شود وقتی که خطاهای نا گهانی اتفاق بیافتد.(مانند: اتصال کوتاه- افزایش ناگهانی بار)

شناوری :
به مولد دقیقا به اندازه ی تلفاتی که دارد توان می دهیم.

حالات	مولدی	شناوری	موتوری
فوق تحریک	$P > 0$ $Q > 0$	$P = 0$ $Q > 0$	$P < 0$ $Q > 0$
تحریک نرمال	$P > 0$ $Q = 0$		$P < 0$ $Q = 0$
زیر تحریک	$P > 0$ $Q < 0$	$P = 0$ $Q < 0$	$P < 0$ $Q < 0$

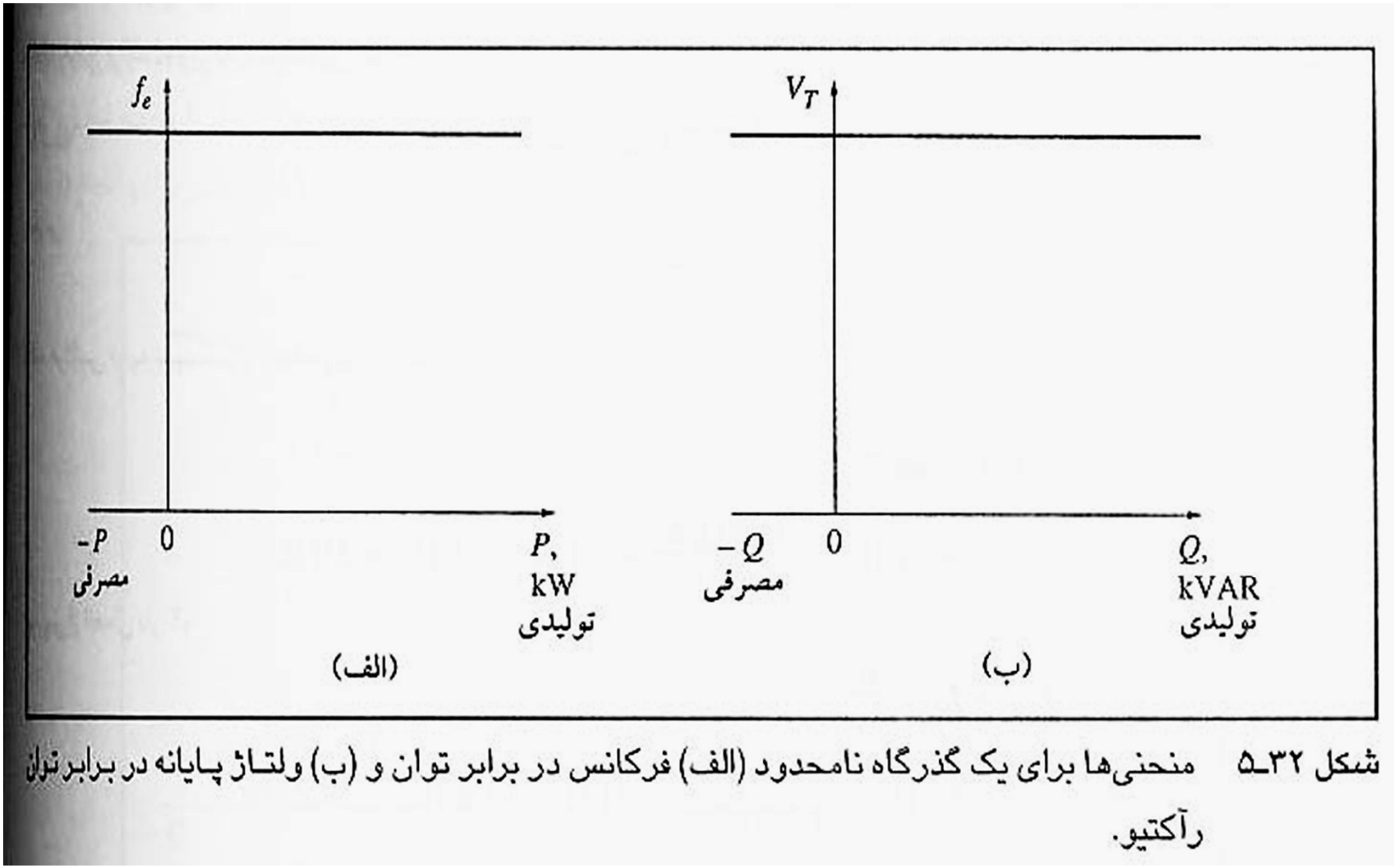
نکته : با افزایش بار، اپراتور نیروگاه به جای مانور روی δ با افزایش تحریک منحنی E_Aرا بالا می برد.

پاندولی شدن(نواسانات کوچک) :

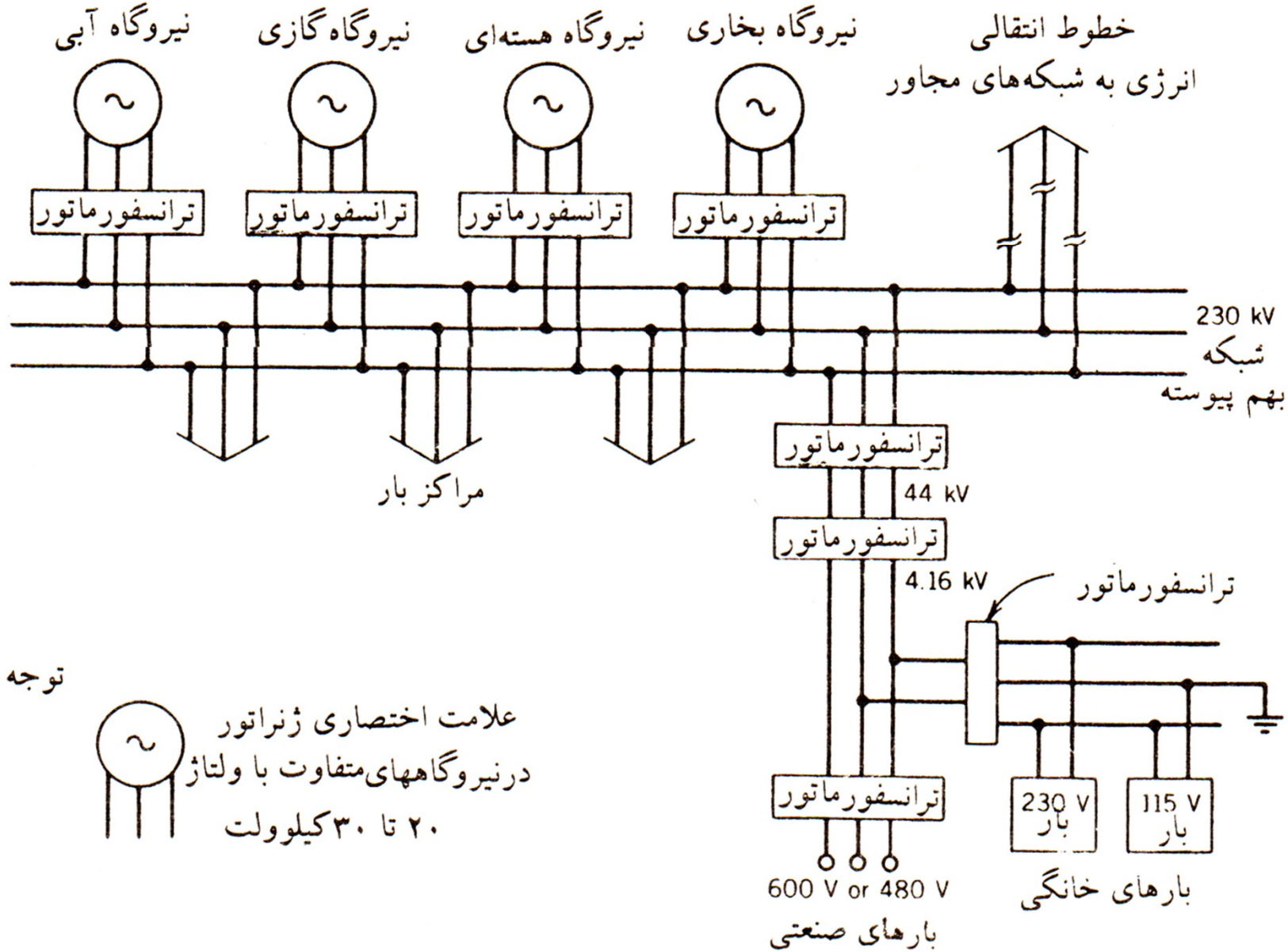
نوسانات روتور حول وضعیت نهایی خود پس از اعمال یک تغییر ناگهانی.
به علت میرایی ذاتی موجود ، سرانجام روتور درنقطه ی کار پایدار با زاویه ی بارجا می افتد.
اصطلاح پاندولی شدن به دلیل این است که بعد از اعمال ناگهانی بار روتور مجبور است وضعیت تعادل جدید خود را جستجو کند.

مثلا اگر شیر بخار در نیروگاه بخار، ناگهانی کاهش یابد سرعت مولد کم شده و زاویه بار کاهش می یابد و قبل از رسیدن به نقطه ی تعادل نهایی نوسانات روتور ادامه می یابد .

شین بی نهایت:



شکل ۳۲ـ۵ منحنی‌ها برای یک گذرگاه نامحدود (الف) فرکانس در برابر توان و (ب) ولتاژ پایانه در برابر توان راکتیو.



شکل ۶-۷ شین بی‌نهایت یا شبکه بهم پیوسته *(Grid)*

موازی کردن مولد سنکرون با شبکه:

عمل موازی کردن مولد سنکرون با شبکه یا مولد سنکرون دیگر را سنکرونیزاسیون می گویند.

شرایط پارالل کردن مولد سنکرون با شبکه:

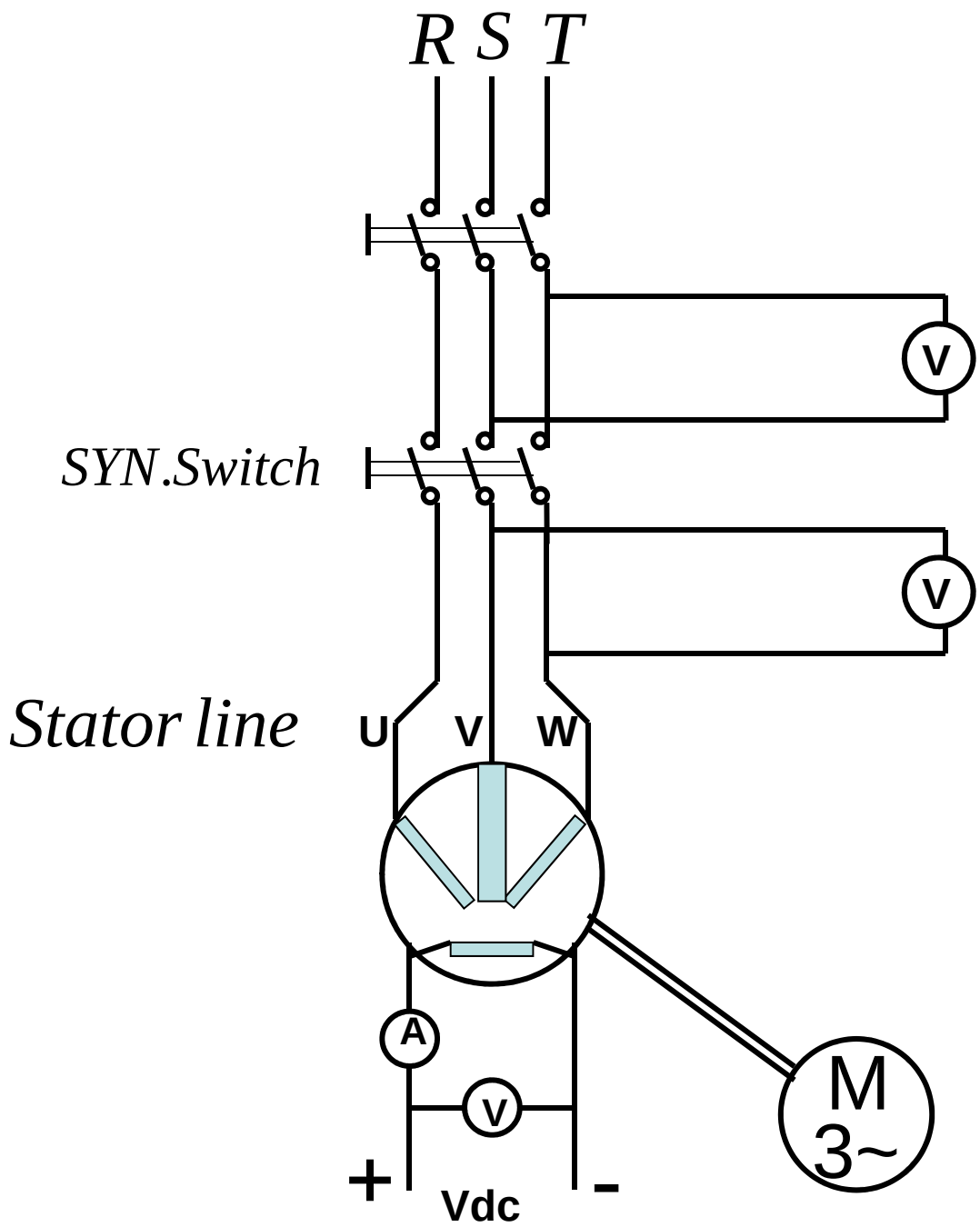
۱- ولتاژ مؤثر ترمینال مولد باید مساوی با ولتاژ شبکه باشد.
۲- سرعت محور مولد سنکرون باید بگونه ای باشد که فرکانس آن $f = \frac{P\, n_s}{60}$ مساوی فرکانس شبکه باشد.
۳- توالی فاز ولتاژمولد با توالی فاز شبکه یکی باشد.

۴- نداشتن اختلاف فاز بین فاز های هم نام

بر قراری شرط های موازی کردن :

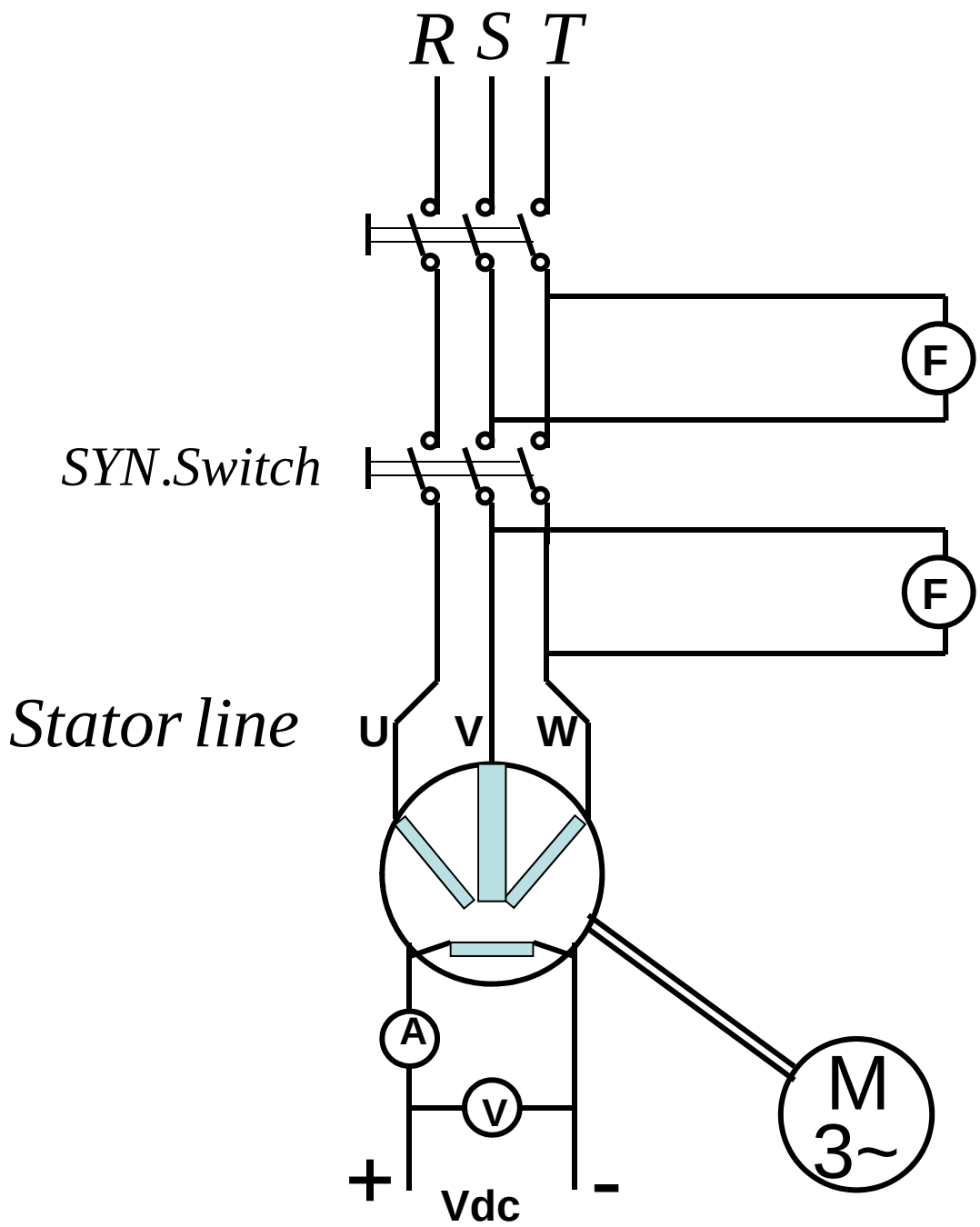
۱- ولتاژ مؤثر ترمینال مولد باید مساوی با ولتاژ شبکه باشد.

از یک ولتمتر دوبل و یا ۲ عدد ولتمتر استفاده می کنیم.
اگر ولتاژها با هم مساوی نبودند با تغییر جریان تحریک مولد، ولتاژ مولد سنکرون را به ولتاژ شبکه می رسانیم.


R S T
V
SYN.Switch
V
Stator line
U
V
W
A
V
M
3~
+
Vdc
-

۲- سرعت محور مولد سنکرون باید بگونه ای باشد که فرکانس آن مساوی فرکانس شبکه باشد.

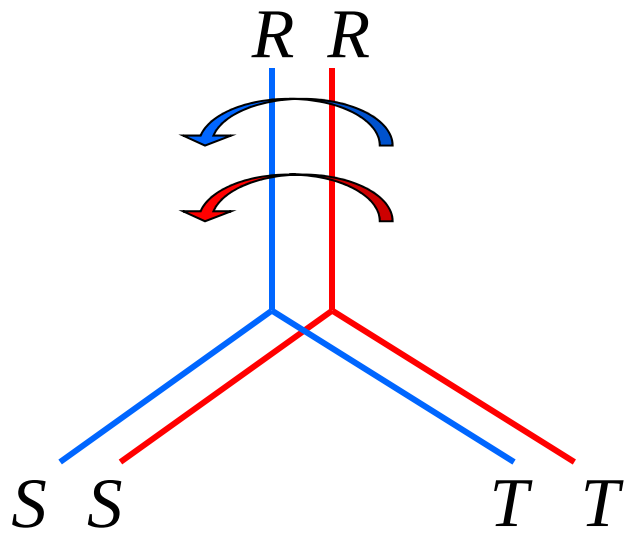
از یک فرکانس متر دوبل ویا ۲ فرکانس متر استفاده می کنیم.
اگر فرکانس متر در دسترس نبود چون می دانیم فرکانس شبکه ۵۰ Hz است برای بدست آوردن فرکانس مولد نیز دور مولد را گرفته و از رابطه ی $f = \frac{P\, n_s}{60}$ فرکانس مولد را بدست می آوریم .
اگر فرکانس ها مساوی نبودند با تغییر دور آن، فرکانس مولد را به فرکانس شبکه می رسانیم .


R S T
F
SYN.Switch
F
Stator line
U
V
W
A
V
M
3~
+
Vdc
-

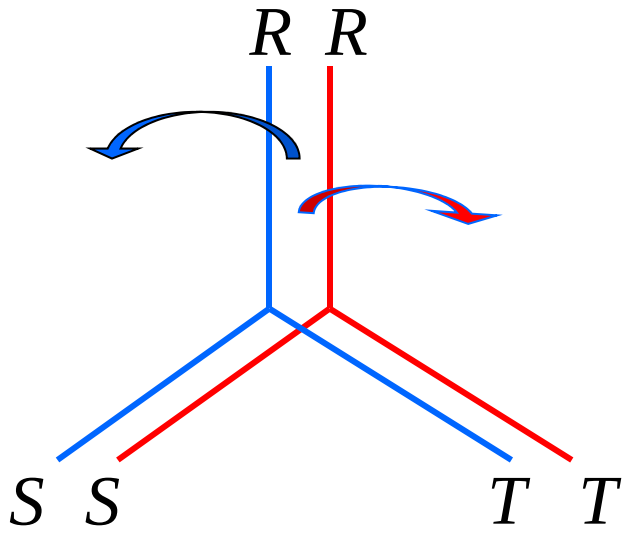
۳- توالی فاز ولتاژمولد با توالی فاز شبکه یکی باشد.

از توالی فاز سنج استفاده می کنیم اگر فاز ها با هم توالی نداشتند جای دو فاز عوض می شود.

توالی فاز دارد

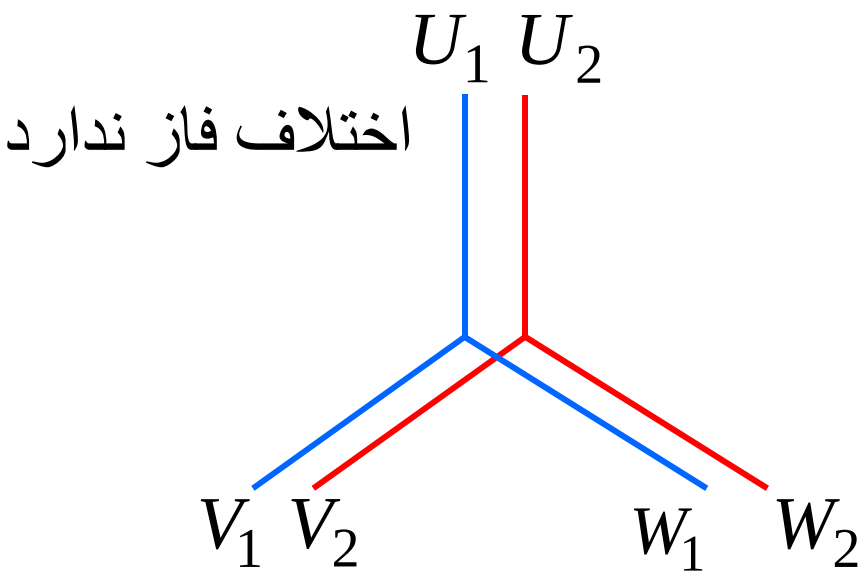


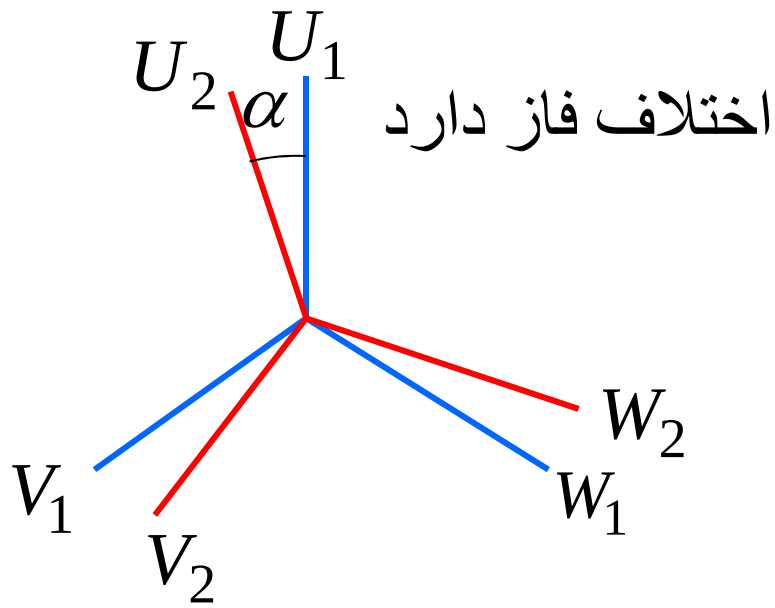
توالی فاز ندارد



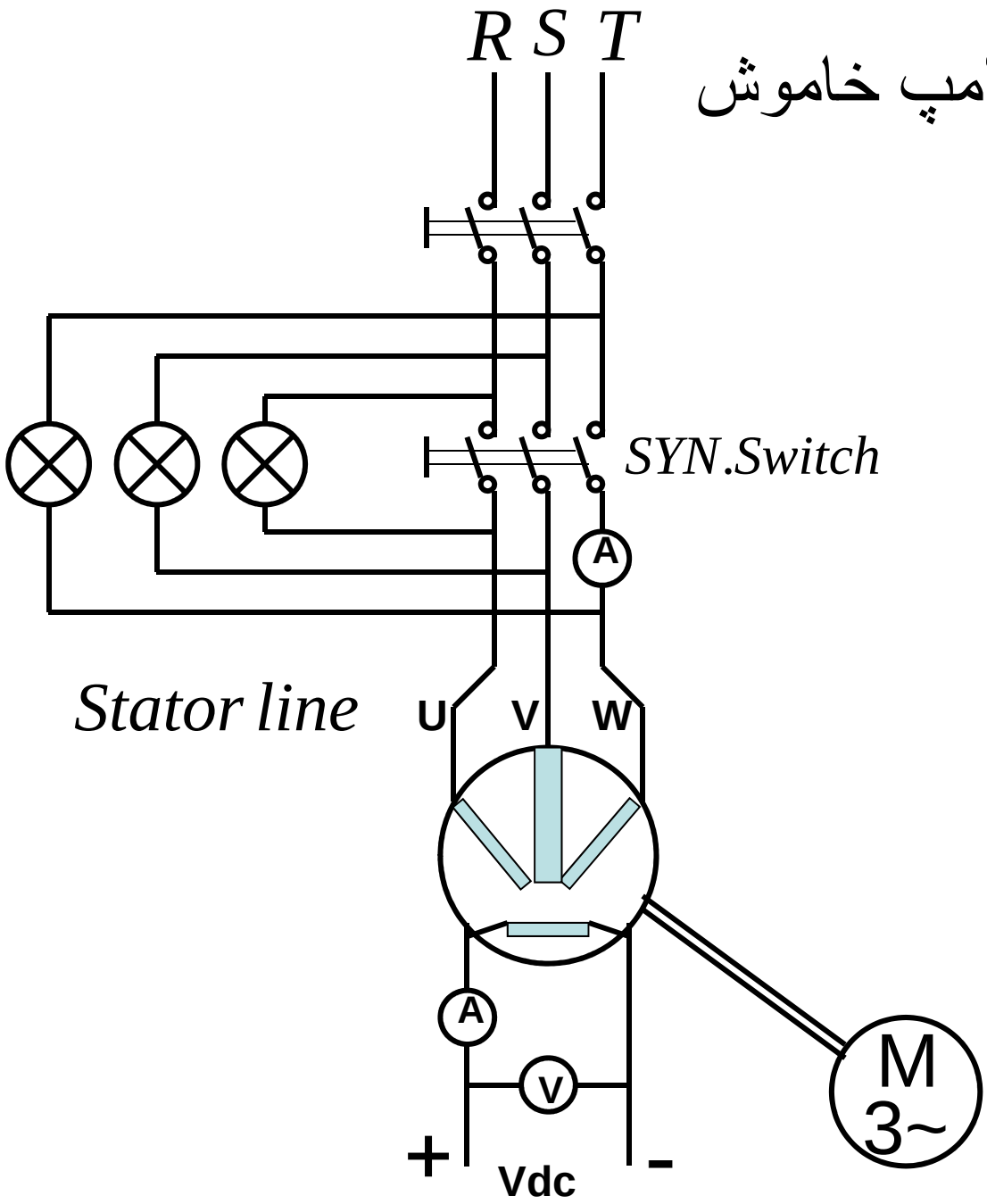
۴- نداشتن اختلاف فاز بین فاز های هم نام

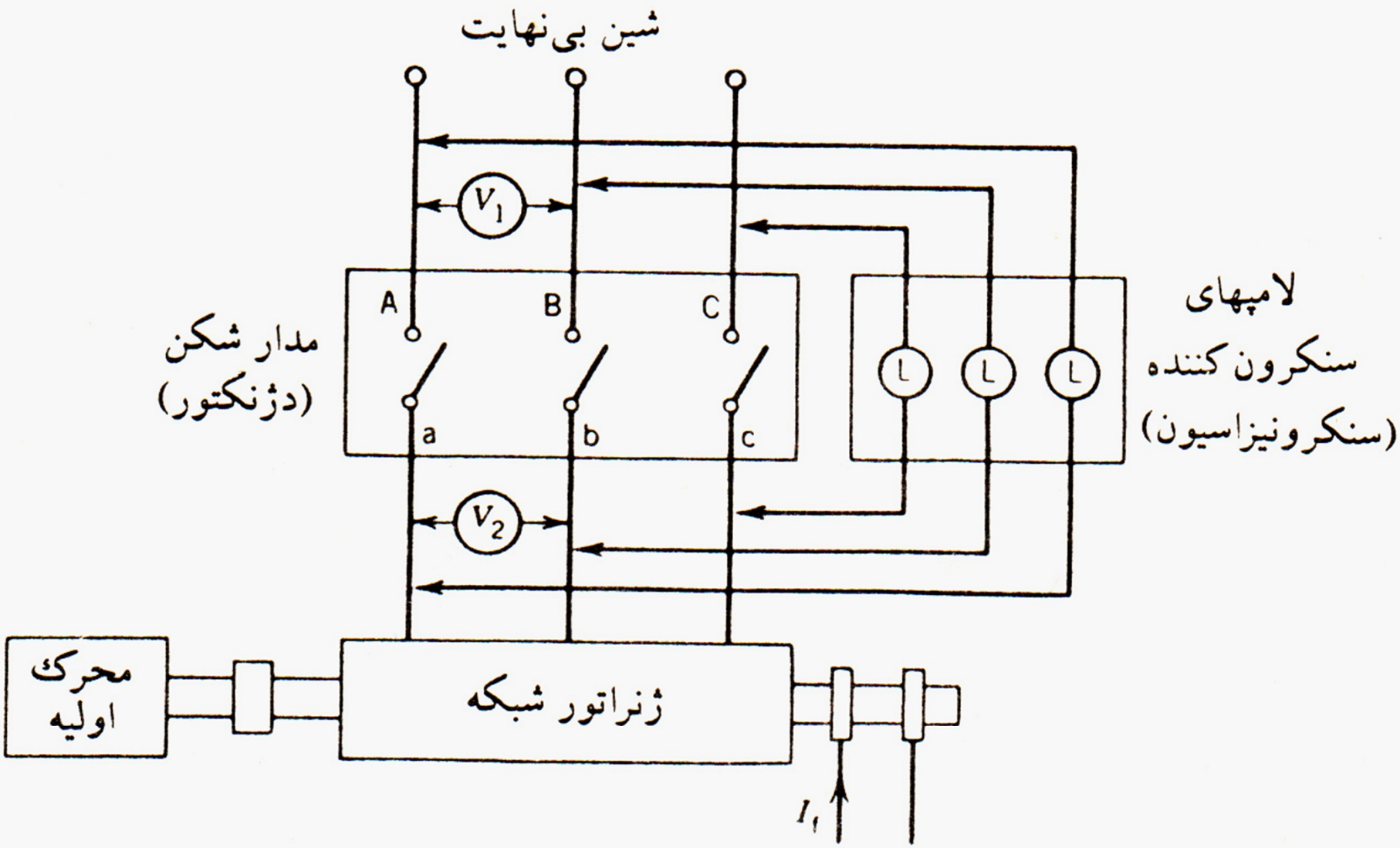
روش۱: به دو سر فازهای همنام یک لامپ یا یک ولتمتر وصل می کنیم اگر لامپ خاموش ماند و یا ولتمتر عدد صفر را نشان داد می توانیم مولد سنکرون را با شبکه پارالل کنیم.





1) روش لامپ خاموش

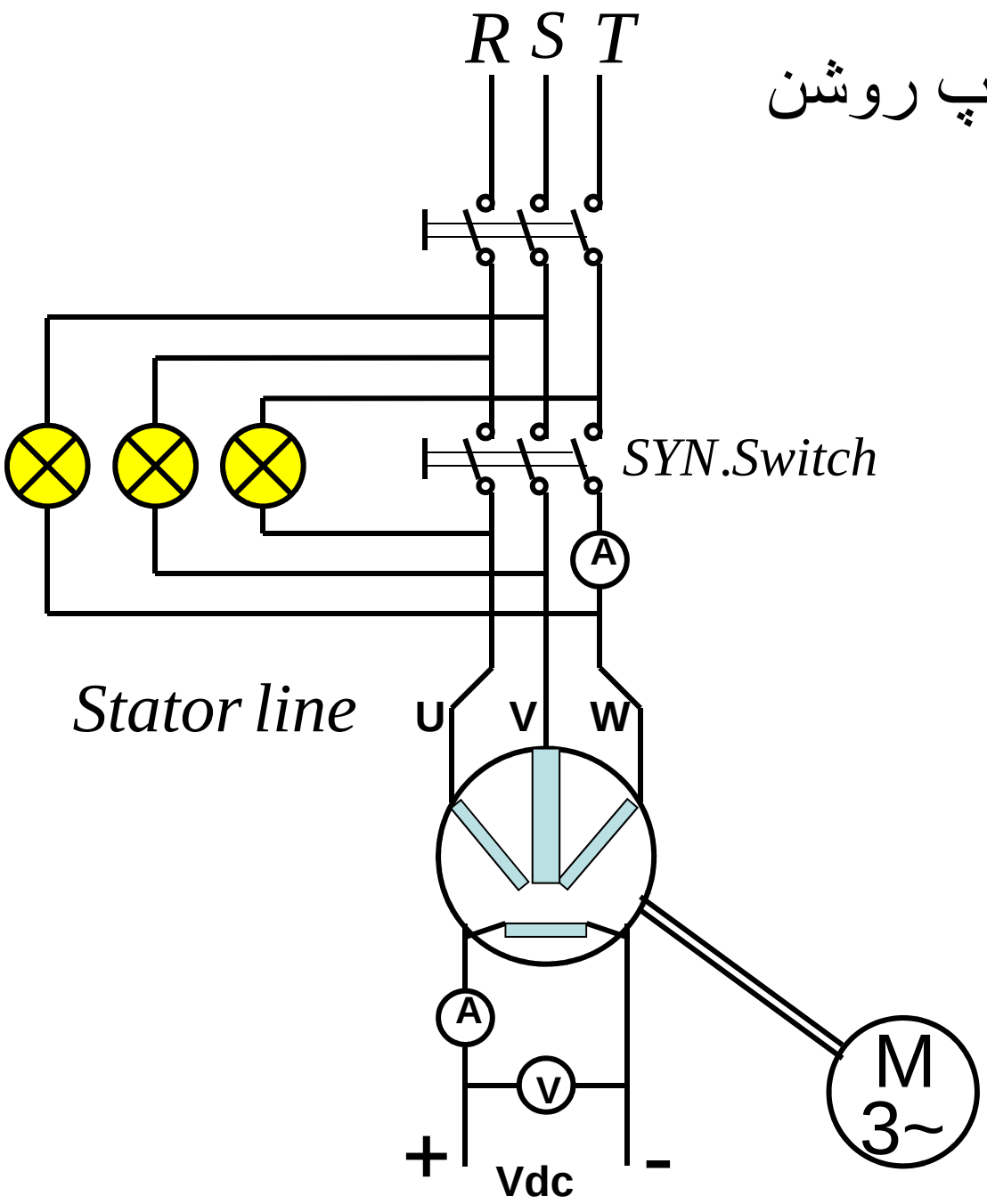


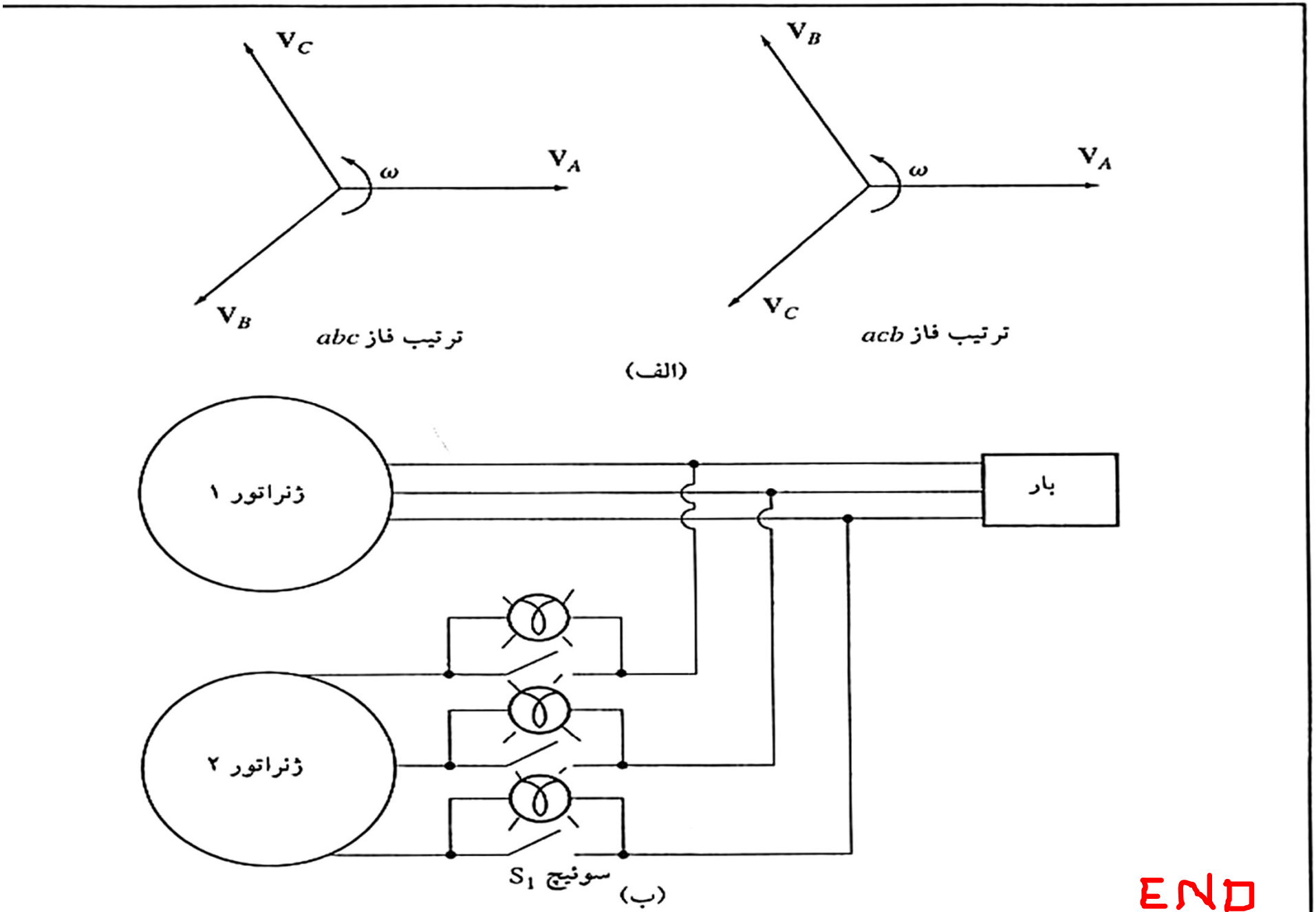


شکل ۶-۹ آزمایش لامپ برای موازی کردن ژنراتور سنکرون باشبکه

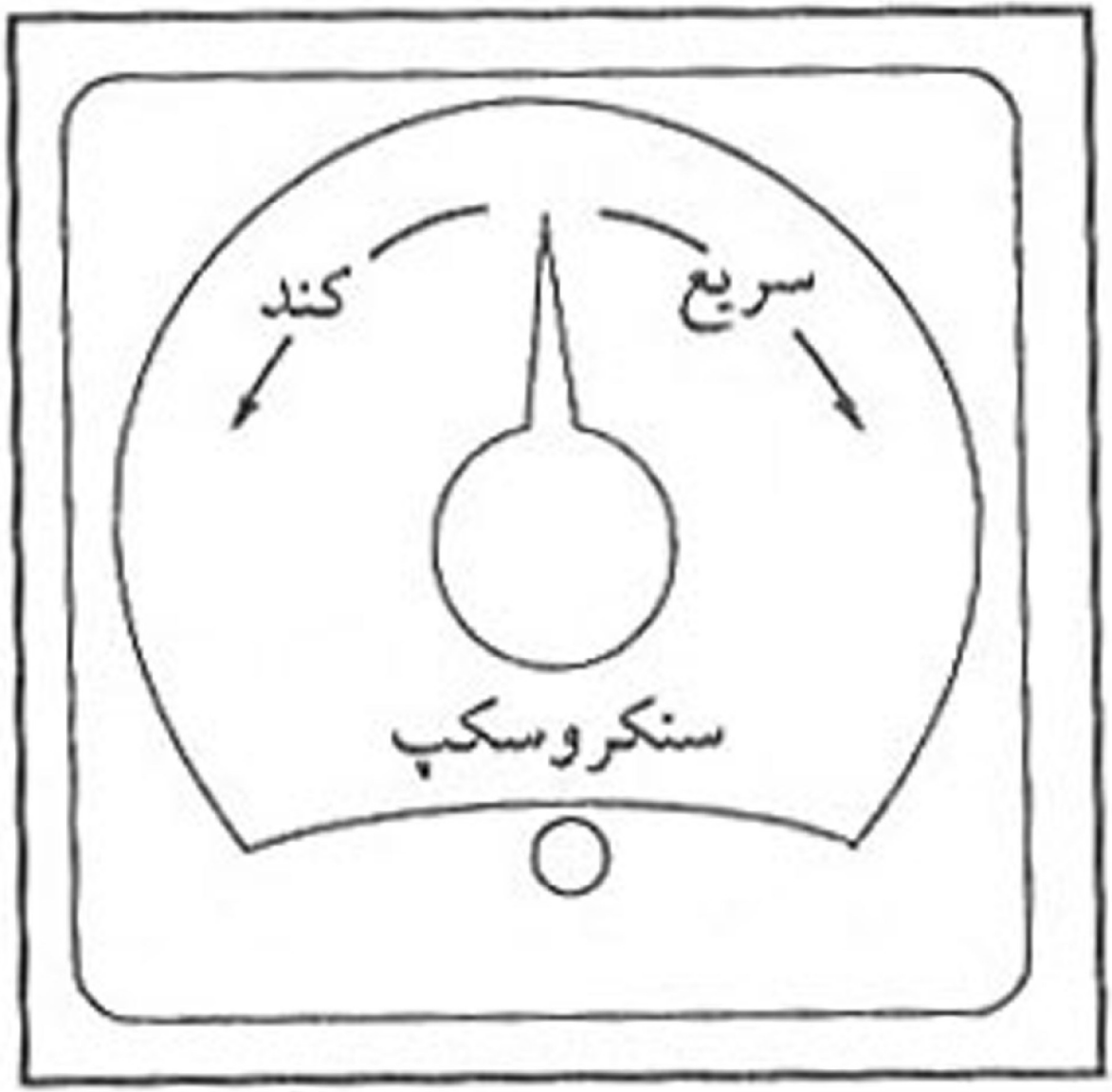
روش۲: می توان به دو سر فازهای غیر همنام یک لامپ متصل کرد اگر لامپ با حد اکثر نور روشن ماند می توان مولد را با شبکه پارالل کرد.

2) روش لامپ روشن





شکل ۲۷ـ۵ (الف) دو رشته فاز ممکن از سه فاز. (ب) روش سه لامپ روشنایی برای چک‌کردن ترتیب فاز.



شکل ۲۸ـ۵ یک سنکروسکپ.

مثال:
یک ژنراتور سنکرون ۶ قطبی با اتصال مثلث ۴۸۰ولت و ۶۰هرتز دارای منحنی به شکل زیر است.ژنراتور دارای راکتا نس سنکرون ۰,۱ اهم میباشد تحت بار کامل ماشین 1200A را در ضریب توان ۰,۸ پس فاز تغذیه می کند و در این حالت تلفات ناشی از اصطکاک و تهویه 40KW و تلفات هسته 30KW می باشد اگر تلفات تحریک نا چیز باشد.

مطلوبست:

۱)سرعت چرخش روتور

۲)در بی باری برای بدست آوردن ولتاژ ترمینال ۴۸۰ولت چقدر جریان تحریک باید به ژنراتور تغذیه شود؟

۳Pf=0.8)اگر ژنراتور را به باروصل کنیم وباردر(پاور فاکتور) پس فاز را بکشد چقدر جریان تحریک مورد نیاز است تا ولتاژ ترمینال 1200A مساوی۴۸۰ولت شود؟

۴)اکنون این ژنراتور چقدر توان را تغذیه می کند و چقدر توان توسط محرک اولیه به ژنراتور تغذیه می شود و راندمان چقدر است؟

۵)اگر ناگهان بارژنراتور از خط قطع شود چه اتفاقی برای ولتاژ ترمینال می افتد؟

۶1200A)اگر ژنراتور به بار با ضریب قدرت ۰,۸ پیش فاز وصل شود برای اینکه ولتاژ ترمینال روی ۴۸۰ولت ثابت بماند جریان تحریک چقدر باید باشد؟

۷1200A)مقدار جریان تحریک به ازای تحت ضریب قدرت واحد با ولتاژ۴۸۰ولت چقدر است؟

۸)گشتاور الکترومغناطیسی و زاویه گشتاور را برای قسمت ۳ حساب کنید؟

۲- نتایج آزمایشهای بی باری و اتصال کوتاه یک مولد سنکرون به صورت زیر آمده است: VL=380v Is=9.8A

f=50Hz Rphs=1Ω n=1500r.p.m

جدول

زاویه گشتاور و Eph شکل

۱)ضریب قدرت ۰٫۸ پس فازدر بار نامی

۲) ضریب قدرت ۰٫۸پیش فازدر بار نامی

۳)ضریب قدرت =۱

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.