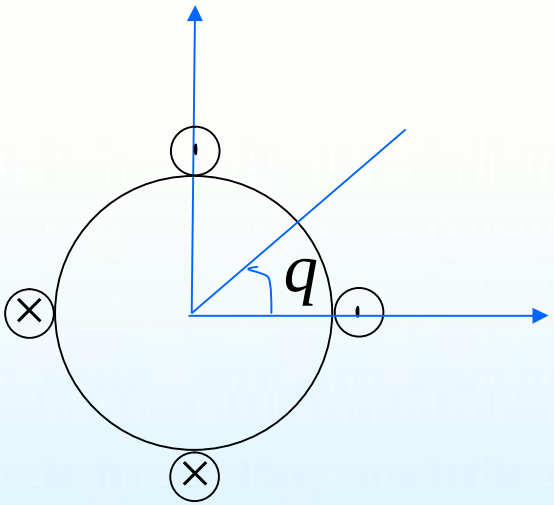
قسمت چهاردهم

# موتور القایی تک فاز

# موتورهای القایی دو فاز

سیم پیچی استاتور شامل دو فاز است که با یکدیگر 90 درجه اختلاف دارند




$$\begin{cases} F_a = k.i_a.\cos q \\ F_b = k.i_b.\cos(q - \frac{p}{2}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_b = I_m.\cos(wt - \frac{p}{2}) \\ i_a = I_m.\cos wt \end{cases}$$

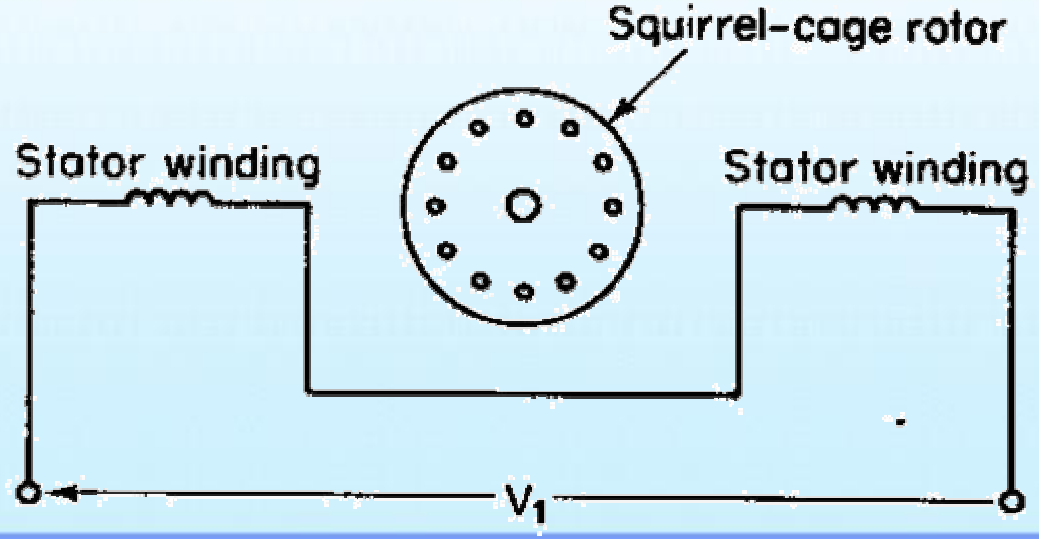
$$\rightarrow \quad F = F_a + F_b = k.I_m[\cos q.\cos wt + \sin q.\sin wt] = k.I_m.\cos(q - wt)$$

# موتورهای القائی تکفاز

در موتور تکفاز استاتور فقط شامل یک سیم‌پیچ اصلی بوده و روتور از نوع قفس سنجابی است :

ساختمان موتور تکفاز

- رتور (هسته، قفس سنجابی)
- استاتور (هسته، یک سیم پیچ اصلی)



# موتورهای القائی تکفاز

با فرض اینکه توزیع mmf مربوط به سیم‌پیچی‌ها سینوسی است

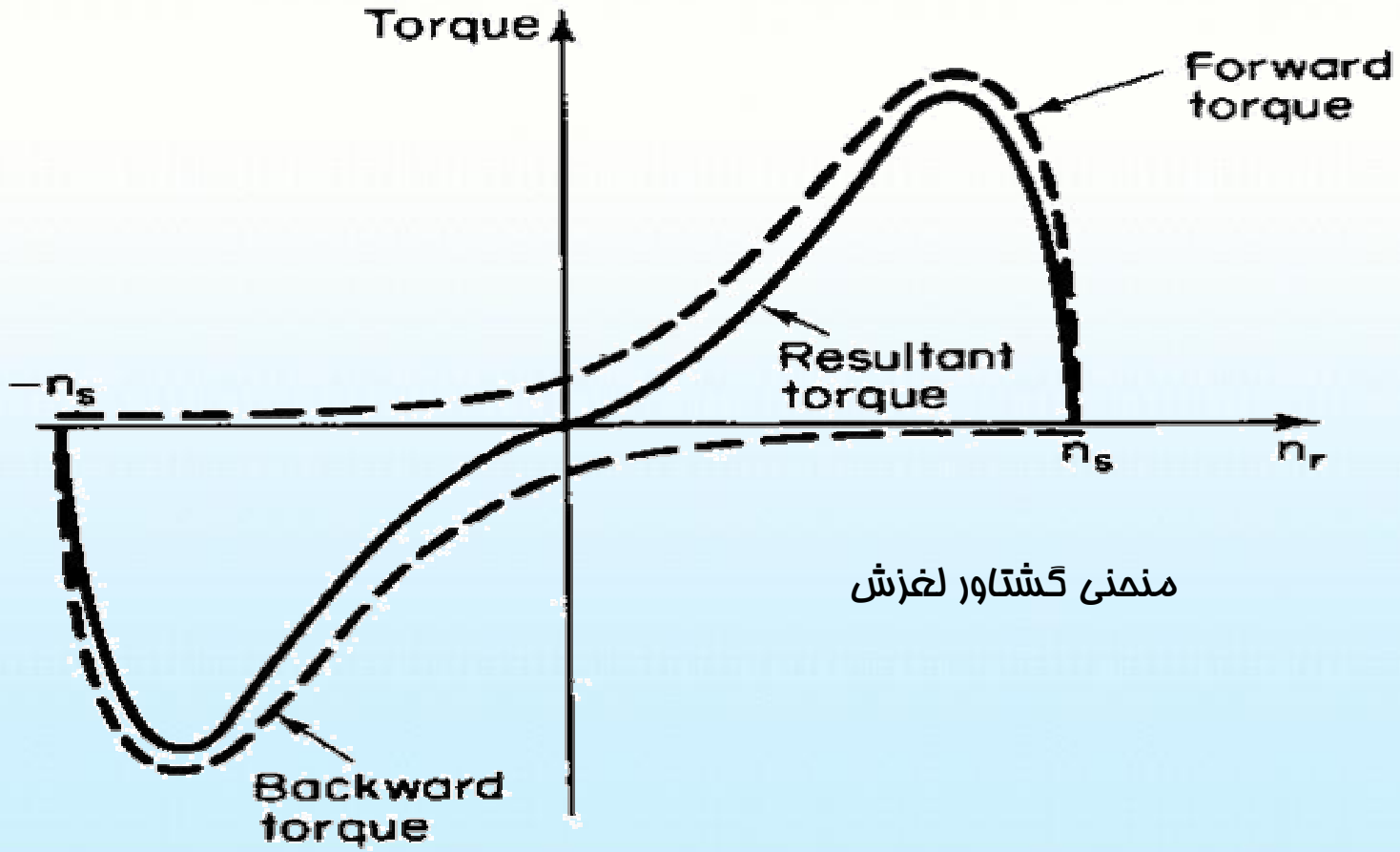
$$\begin{cases} F_a = k\, i_a \cos\theta \\ i_a = I_m \cos\omega t \end{cases} \rightarrow F = k\, I_m \cos\theta \cos\omega t$$

$$\rightarrow F = 0.5\, k\, I_m [\cos(\theta - \omega t) + \cos(\theta + \omega t)]$$

**موج ضربانی متشکل از دو مولفه میدان جلوگرد و عقب گرد ($F_+$ ،$F_-$) با دامنه‌های ثابت می باشد.**

# موتورهای القائی تکفاز

مولفه برآیند گشتاور، مجموع دو مولفه جلوگرد و عقب گرد است. برخلاف موتورهای سه فاز گشتاور راه اندازی این موتور صفر است.




منحنی گشتاور لغزش

# موتورهای القائی تکفاز

اگر بتوانیم به نوعی یکی از میدان‌ها را تقویت کنیم و یا اینکه اگر روتور را در یک جهت به گردش در آوریم، گشتاوری ایجاد شده و روتور در همان جهت شروع به چرخیدن خواهد کرد.

مهمترین مسئله در موتورهای تکفاز، موضوع نحوه راه‌اندازی می‌باشد که دسته بندی موتورهای تکفاز نیز بر اساس نوع راه اندازی می باشد.

# موتورهای القائی تکفاز

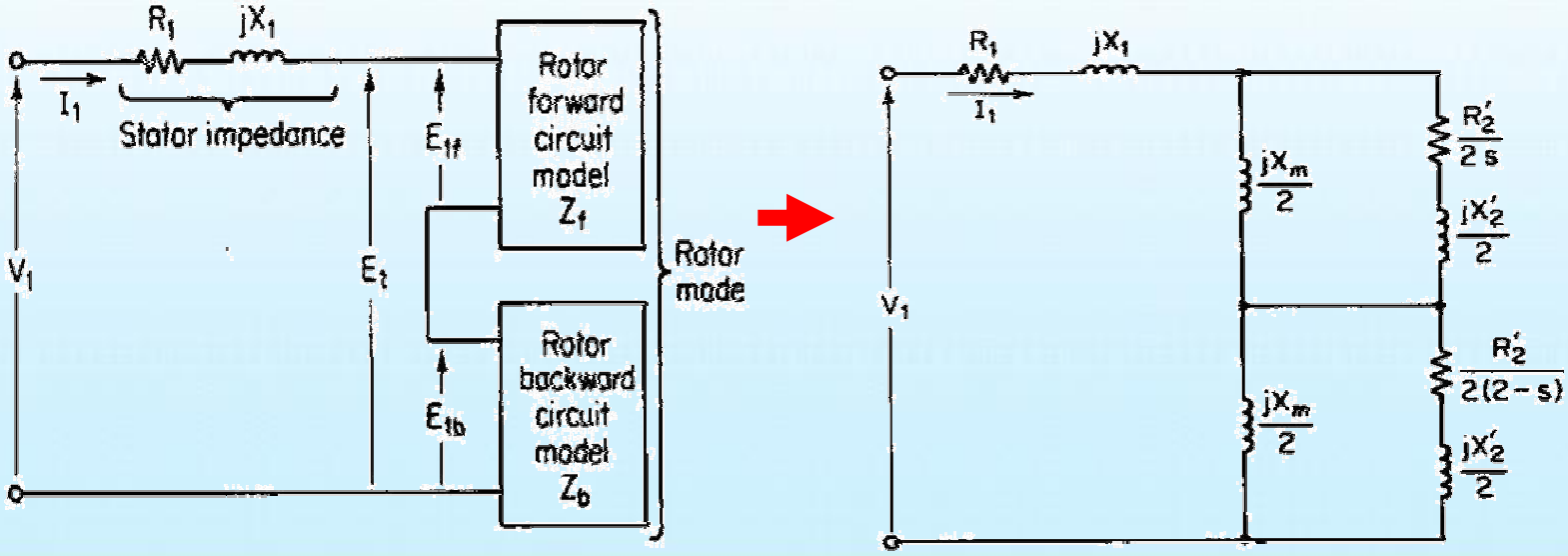
انواع موتورهای القایی تکفاز:

1. موتور القایی تکفاز از نوع فاز شکسته
2. موتور القایی تکفاز از نوع خازن راه انداز
3. موتور القایی تکفاز از نوع خازن دائم
4. موتور القایی تکفاز از نوع دو خازنی
5. موتور القایی تکفاز از نوع راه انداز ریپالسیونی

# مدار معادل موتور القائی تکفاز

در لحظه سکون $E_+=E_-$ است و بنابراین مدار معادل زیر را داریم:

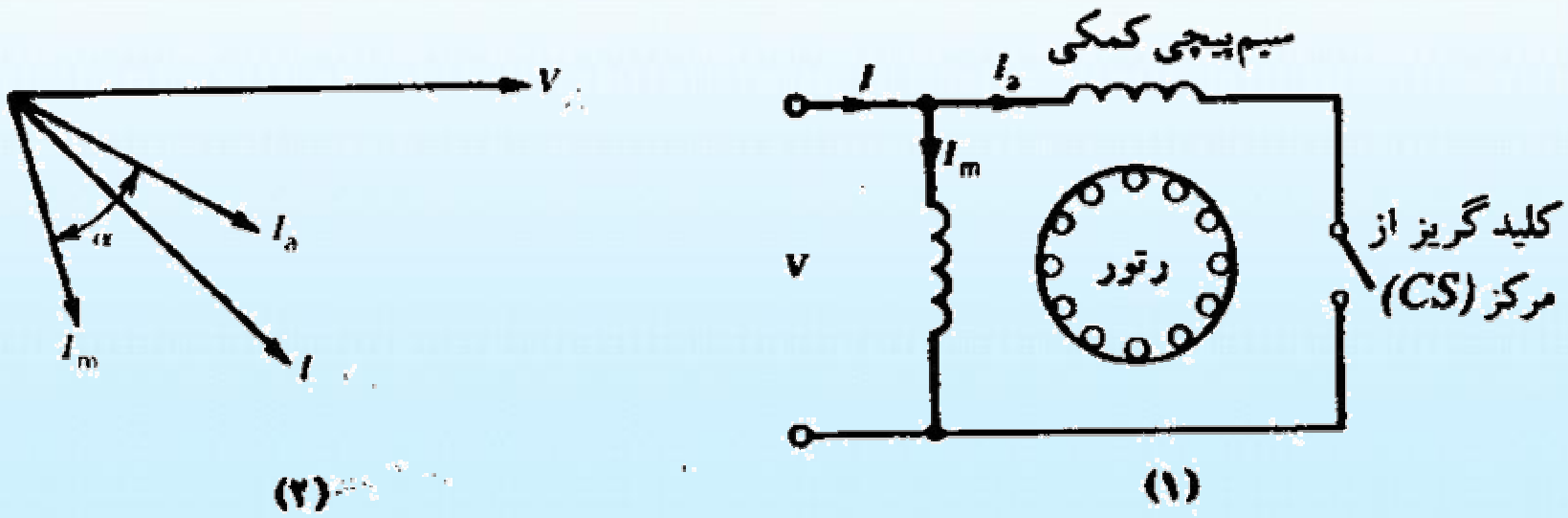
$$E_+ = E_- = E/2$$



# روشهای راه‌اندازی موتور القائی تکفاز

## 1- موتورهای القایی تکفاز - فاز شکسته

در موتور فاز شکسته یک سیم‌پیچی فرعی را در مدار قرار داده‌ایم و امپدانس سیم‌پیچی فرعی $Z_a$ با امپدانس سیم‌پیچی اصلی $Z_m$ متفاوت است.



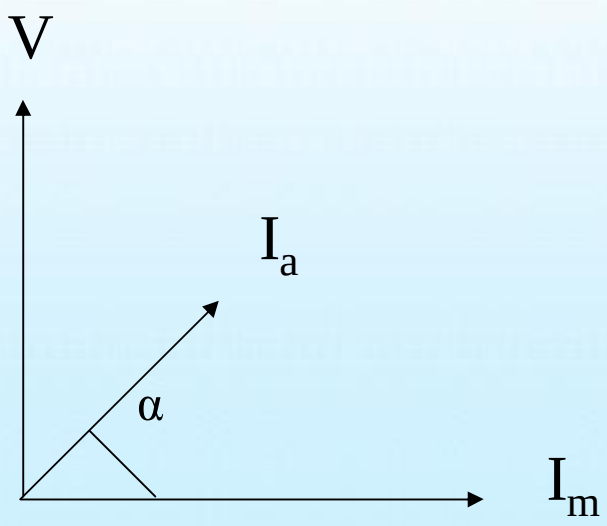
# روشهای راه‌اندازی موتور القائی تکفاز

در این وضعیت موتور تکفاز شبیه موتور دو فاز نامتعادل با اختلاف فاز ولتاژهای صفر و امپدانس‌های مختلف است. (تغذیه و سیم‌پیچی‌ها هر دو نامتقارن)

$T_s = k I_m I_a \sin\alpha$ (گشتاور راه اندازی)

$\alpha$ = زاویه‌ای که جریان $I_m$ با $I_a$ می‌سازد

V = بردار ولتاژ القا شده

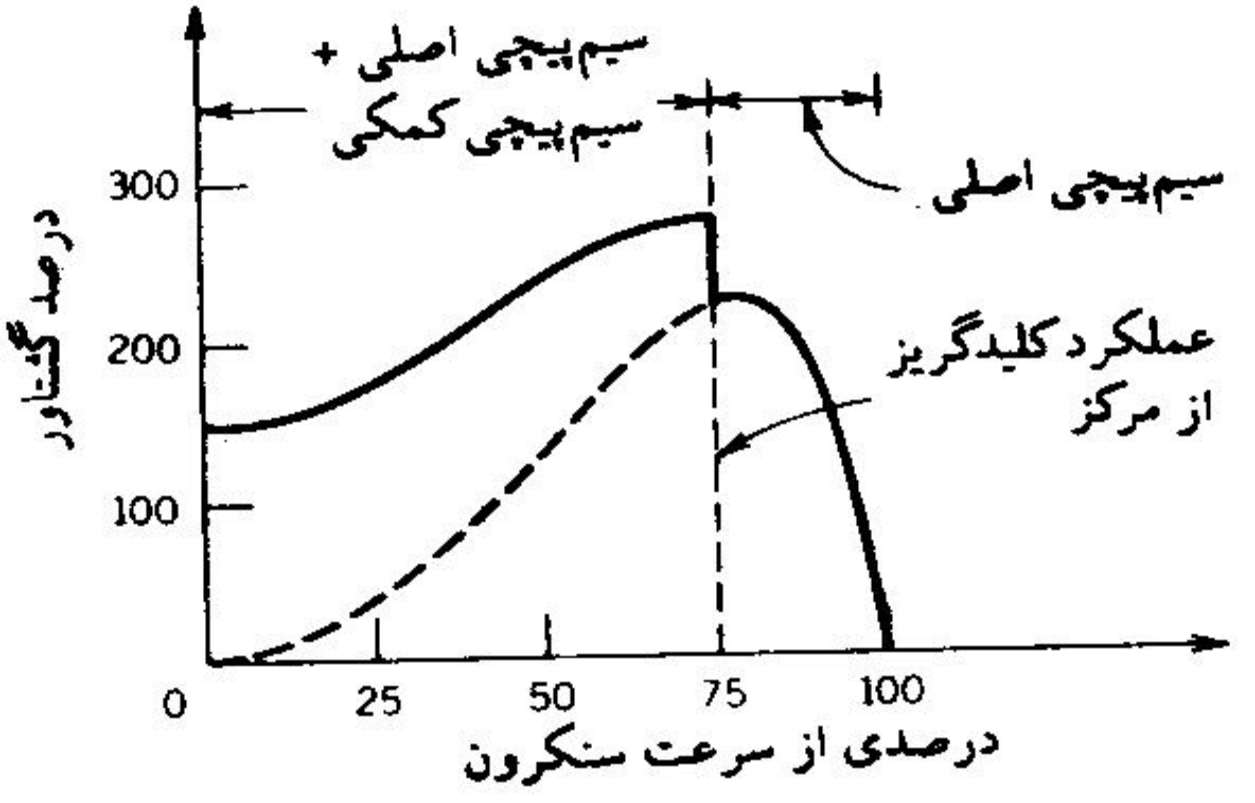


# روشهای راه‌اندازی موتور القائی تکفاز

- سیم پیچی اصلی به گونه‌ای است که خاصیت سلفی به اهمی آن بیشتراز خاصیت سلفی به اهمی سیم‌پیچی فرعی است.

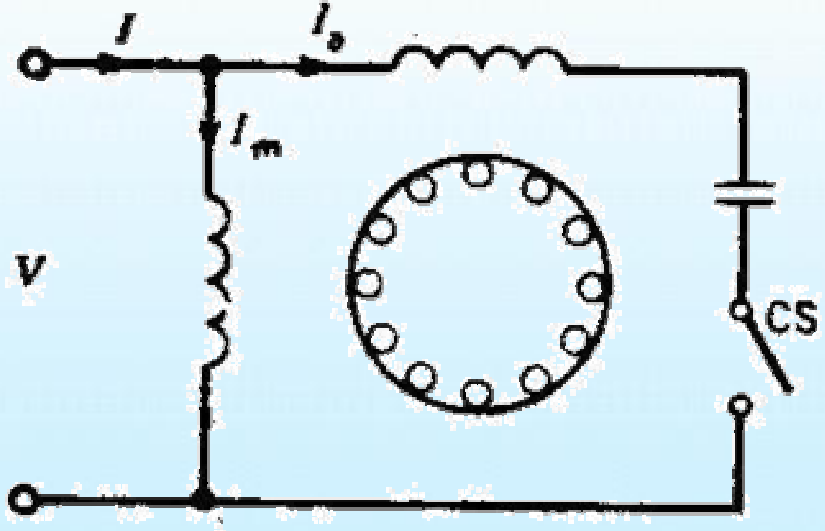
- برای افزایش گشتاور راه‌اندازی لازم است $I_a \sin\alpha$ افزایش یابد. با توجه به دیاگرام فوق $R_a$ یک مقدار بهینه دارد که محاسبه $R_a$ بهینه اهمیت زیادی پیدا می‌کند.

# نمودار گشتاور موتور فاز شکسته

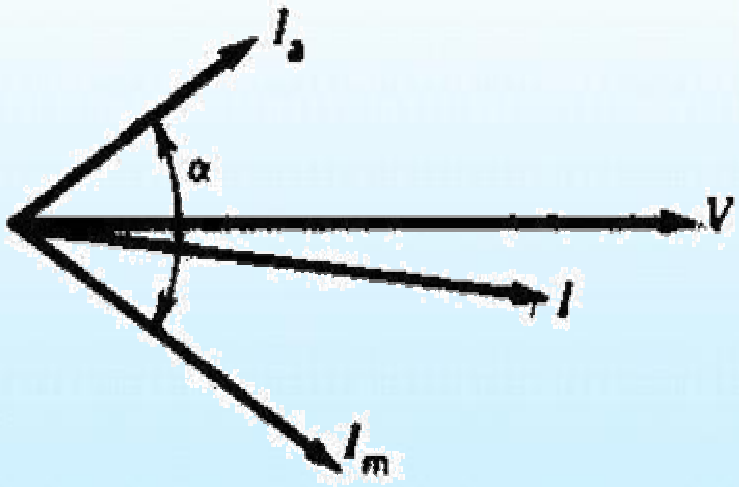


## 2- موتور تکفاز از نوع خازن راه‌انداز

برای ماکزیمم کردن $I_a \sin\alpha$، بخاطر خاصیت سلفی و پسفازی ولتاژمحدودیت داریم. ولی اگر درسیم‌پیچی کمکی یک خازن قرار دهیم به طوری که جریان به سمت همفازی و حتی پیشفازی برود هم $I_a$ و هم $\sin\alpha$ افزایش می‌یابد.



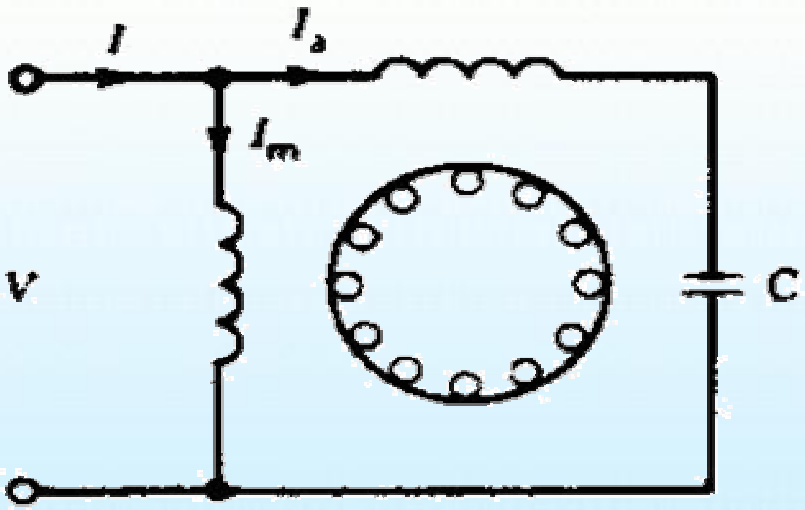

مدار معادل موتور خازن راه‌انداز




دیاگرام برداری در حالت خازن راه‌انداز

# 3- موتور خازن دائم

موتورهای خازن دائم طوری طراحی می‌شوند که کلید گریز از مرکز ندارند. این موتورها با راندمان بیشتر و سر و صدای کمتری کار میکنند.

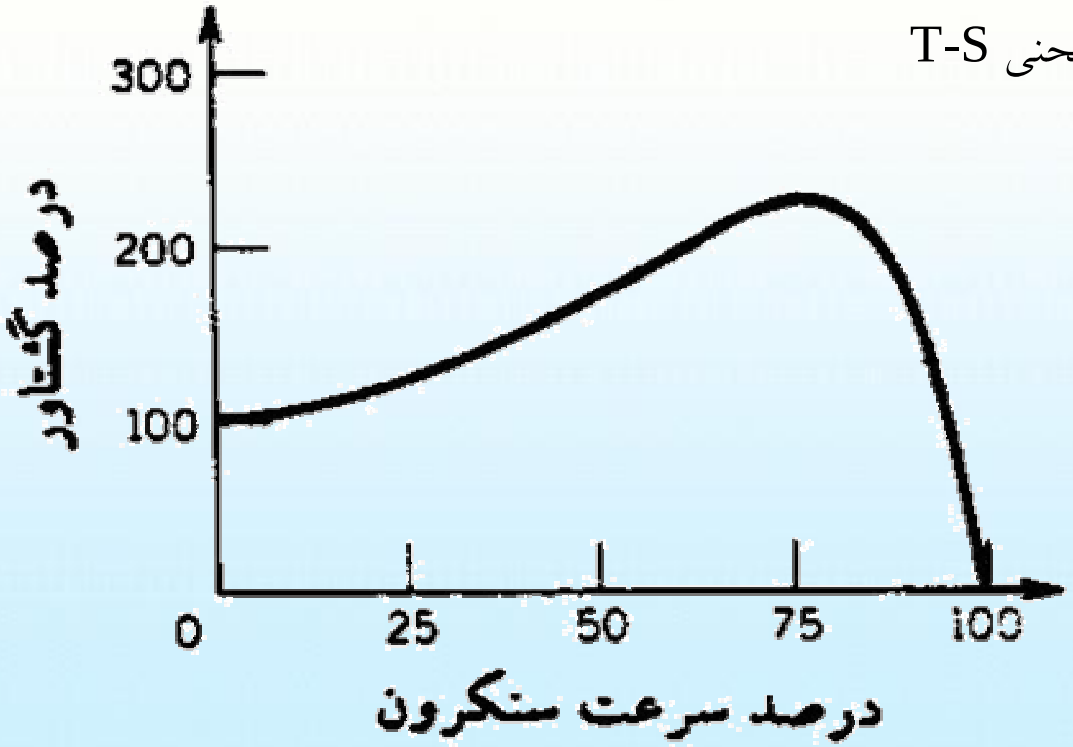



نمای شماتیک موتور خازن دائم

کیفیت خازن باید مرغوب باشد لذا از خـازن روغنی استفاده میشود.

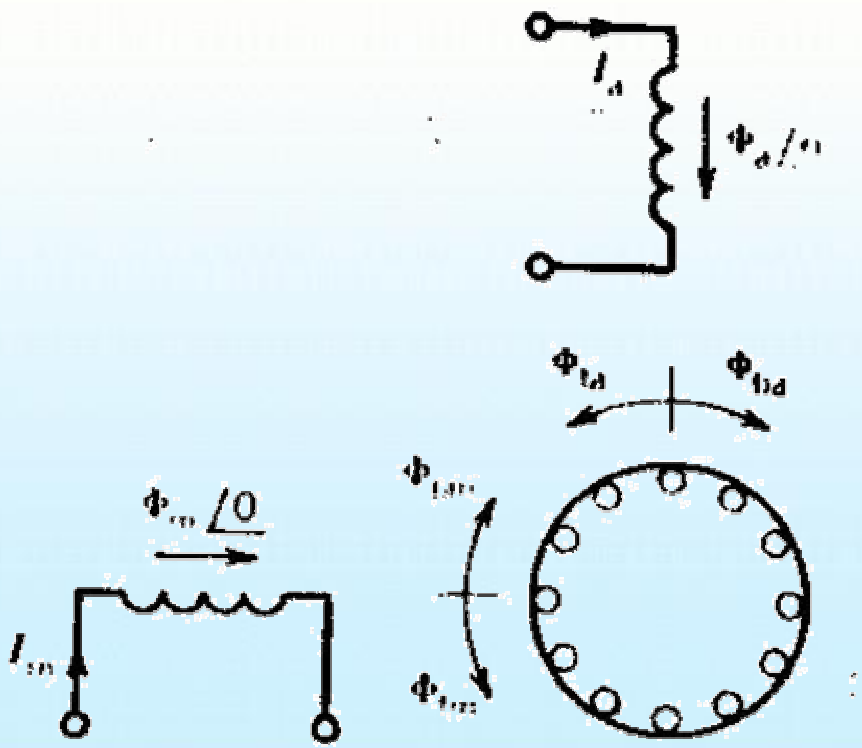
# منحنی گشتاور سرعت موتورخازن دائم

منحنی T-S

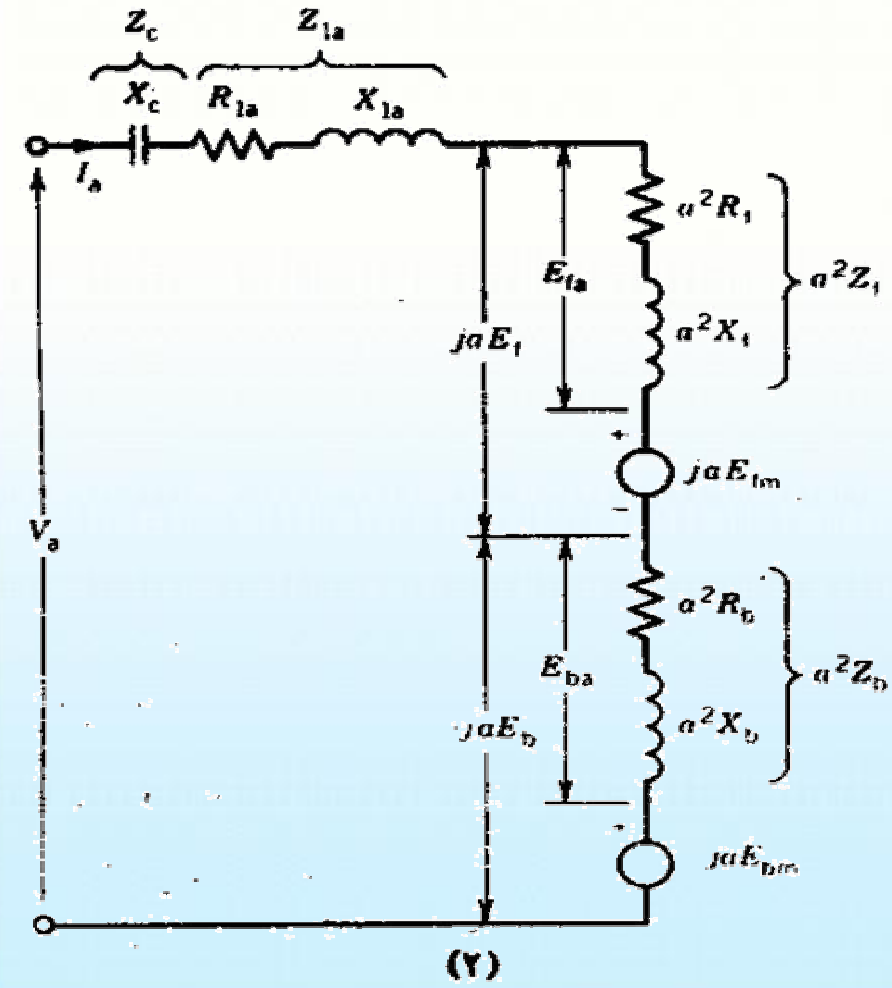


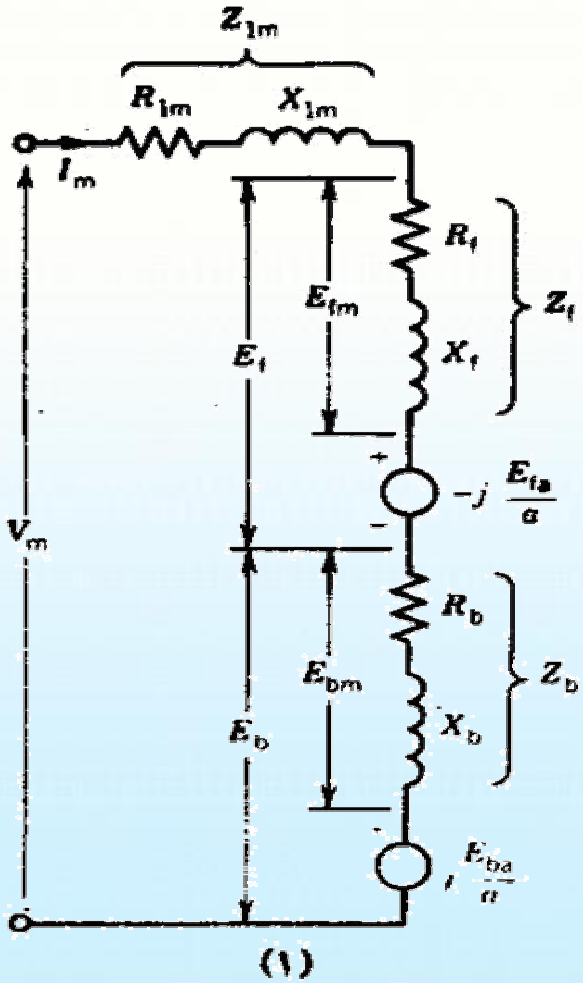
# مدار معادل موتورخازن دائم

در موتور خازن دائم با دو سیم‌پیچی مواجه هستیم که هر سیم‌پیچی شاری(میدانی) ضربانی دارد که هرکدام از این میدان‌ها میتوانند به دو مولفه جلوگرد و عقب گرد تقسیم شوند:



# مدار معادل موتورخازن دائم



# مدار معادل موتورخازن دائم

$E_{fm}$ ولتاژ القا شده ناشی از میدان جلوگرد سیم پیچی اصلی و $E_{bm}$ ولتاژ القـا شـده ناشـی از میدان عقبگرد سیم پیچی اصلی است

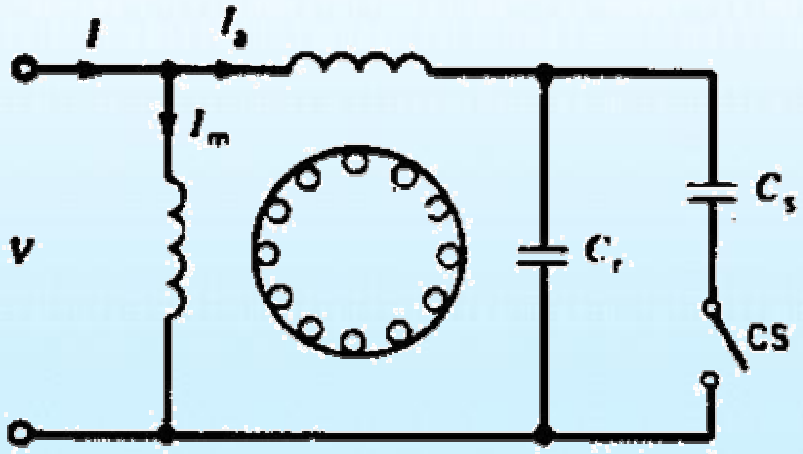
$$\begin{cases} E_{fm} = Z_f I_m \\ E_{fa} = a^2 Z_f I_a \end{cases} \qquad \begin{cases} E_{bm} = Z_b I_m \\ E_{ba} = a^2 Z_b I_a \end{cases}$$

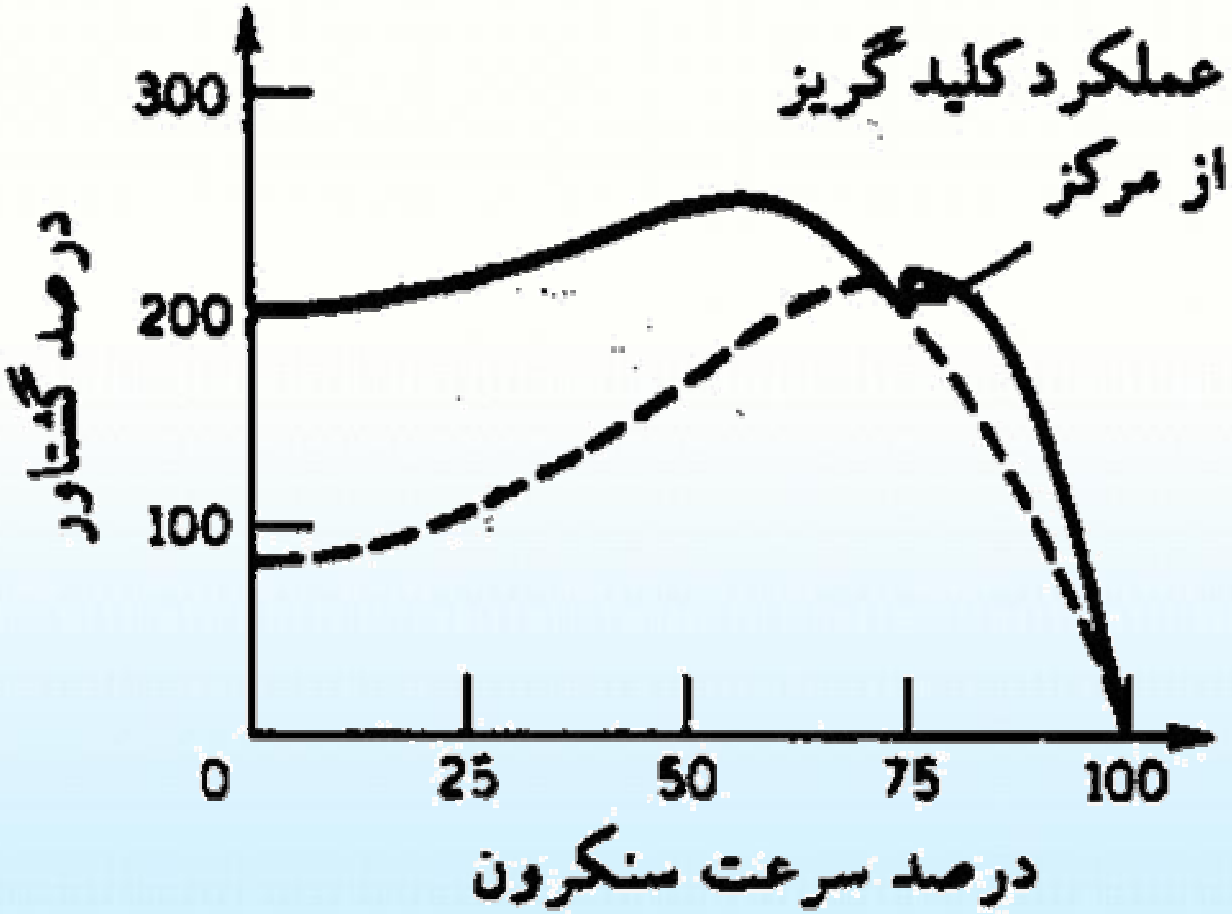
$$a = \frac{N_a}{N_m}$$

# 4- موتورهای دو خازنی

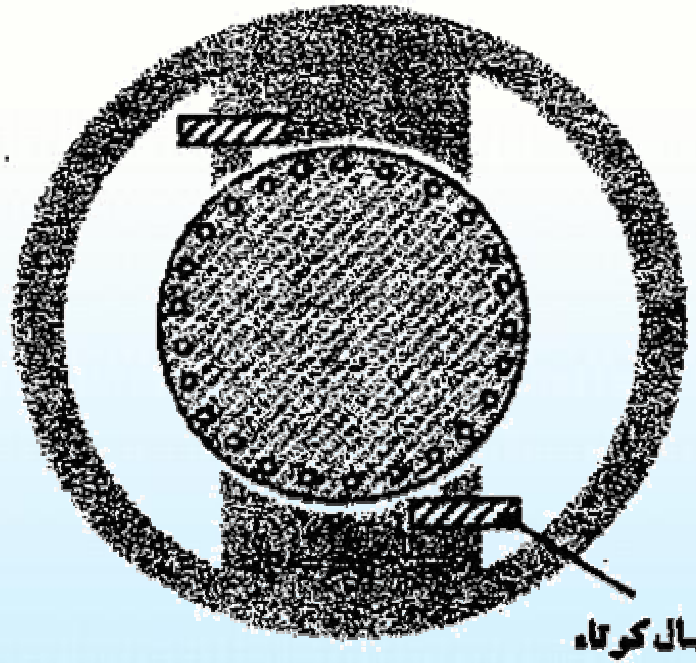
اگر بخواهیم موتوری داشته باشیم که نرم کار کند و گشتاور راه‌اندازی و گشتاور نامی و راندمان مطلوب داشته باشد، از موتورهای دو خازنی استفاده می‌کنیم.

شمای موتور دو خازنی




عملکرد کلید گریز
از مرکز
درصد گشتاور
300
200
100
0
25
50
75
100
درصد سرعت سنکرون

# موتور القایی تکفازقطب چاکدار



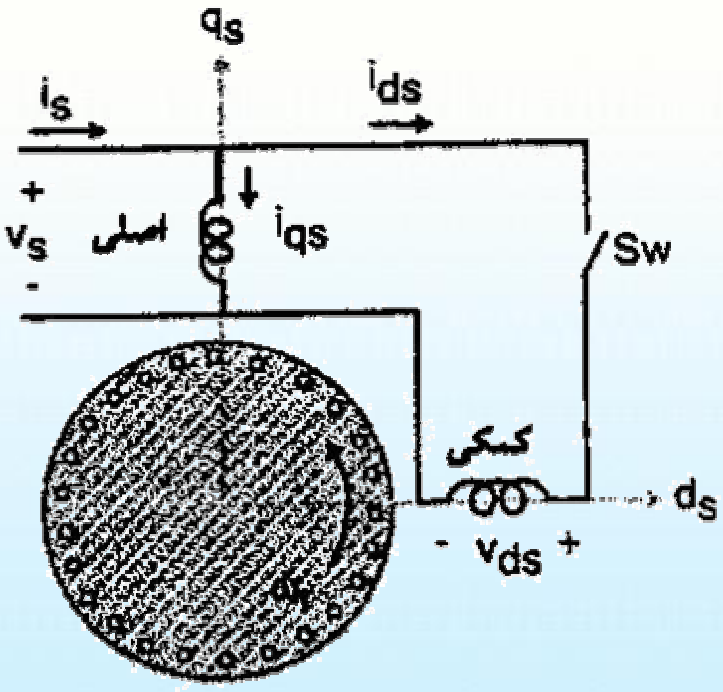

الف) قطب چاکدار

جدول ۷-۱ مشخصه‌ها و کاربردهای موتورهای القائی تکفاز

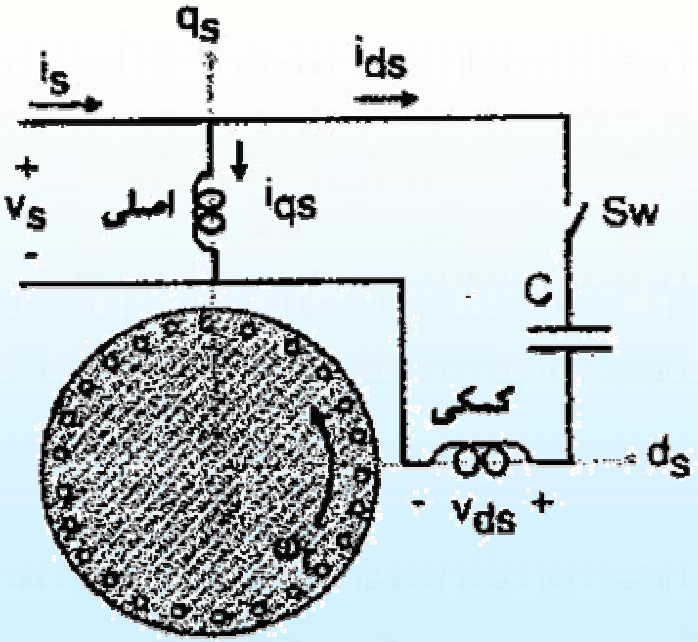
| کاربردها | مقایسه تقریبی قیمت (درصد) | اسب بخار | بار اسمی | | گشتاور (درصدی از گشتاور اسمی) | | نوع موتور و علامت اختصاری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | بازده (درصد) | ضریب توان (درصد) | ماکزیمم | راه‌اندازی | |
| پنکه‌ها، دمنده‌ها، پمپ‌های گریز از مرکز، ماشین رختشوئی که به گشتاور راه‌اندازمتوسط وکم نیاز دارند | ۱۰۰ | ۱ تا $\frac{1}{20}$ | ۵۵-۶۵ | ۵۰-۶۵ | تا ۳۰۰ | ۱۰۰-۲۵۰ | موتور فازشکسته "SPM" |
| کمپرسورها - پمپها، یخچالهالوازم‌تهویه مطبوع - ماشین رختشوئی | ۱۲۵ | ۱تا $\frac{1}{8}$ | ۵۵-۶۵ | ۵۰-۶۵ | تا ۳۵۰ | ۲۵۰-۴۰۰ | موتور باخازن راه‌انداز "CSM" |
| پنکه‌ها، دمنده‌ها که به صدای‌کم‌نیازداریم | ۱۴۰ | ۱ تا $\frac{1}{8}$ | ۶۰-۷۰ | ۷۵-۹۰ | تا ۲۵۰ | ۱۰۰-۲۰۰ | موتور با خازن دائمی "CRM" |
| کمپرسورها، پمپ‌ها،... که به صدای‌کم وگشتاور راه‌انداز زیادنیازداریم | ۱۸۰ | ۱تا $\frac{1}{8}$ | ۶۰-۷۰ | ۷۵-۹۰ | تا ۲۵۰ | ۲۰۰-۳۰۰ | موتور دو خازنی "2CM" |
| پنکه‌ها، موخشک‌کن‌ها اسباب‌بازی‌ها که‌به گشتاور راه‌انداز کم نیاز است. | ۶۰ | $\frac{1}{20}$ تا $\frac{1}{200}$ | ۲۵-۴۰ | ۲۵-۴۰ | ۱۴۰ | ۴۰-۶۰ | موتور قطب چاک‌دار "SHPM" |

# مدل سازی موتور القایی تکفاز



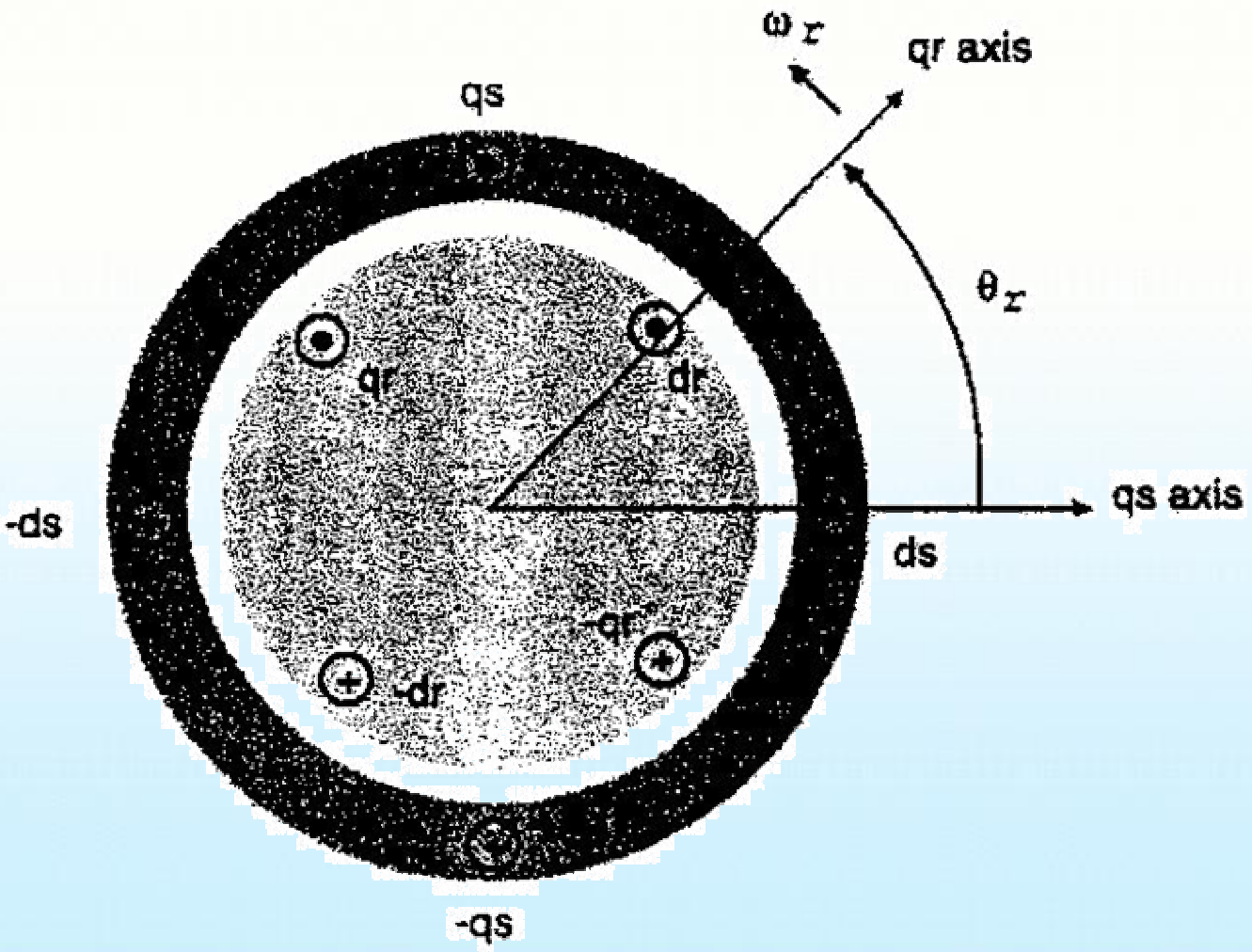



ب) فاز شکسته




ج) خازن راه‌انداز

# مدل مداری موتور القایی تکفاز



# معادلات دینامیکی موتور القایی تکفاز

معادلات ولتاژ - جریان مربوط به موتور القایی تکفاز

$$u_{qs} = r_{qs} i_{qs} + \frac{d}{dt} l_{qs}$$

$$u_{ds} = r_{ds} i_{ds} + \frac{d}{dt} l_{ds}$$

$$u_{qr} = r_{r} i_{qr} + \frac{d}{dt} l_{qr}$$

$$u_{dr} = r_{r} i_{dr} + \frac{d}{dt} l_{dr}$$

# روابط شار _ جریان

$$\begin{bmatrix} l_{qs} \\ l_{ds} \\ l_{qr} \\ l_{dr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{qsqs} & 0 & L_{qsqr}\cos q_r & L_{qsdr}\sin q_r \\ 0 & L_{dsds} & -L_{dsqr}\sin q_r & L_{dsdr}\cos q_r \\ L_{qrqs}\cos q_r & -L_{qrds}\sin q_r & L_{qrqs} & 0 \\ L_{drqs}\sin q_r & L_{drds}\cos q_r & 0 & L_{drds} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \\ i_{qr} \\ i_{dr} \end{bmatrix}$$

برای ساده کردن ماتریس از روابط زیر استفاده میکنیم:

$$L_{qsqr} = N_{qs} N_{qr} P_g \qquad L_{qsqs} = N_{qs}^2 P_g$$

$$L_{dsdr} = N_{ds} N_{dr} P_g$$

# روابط شار _ جریان

قاب مرجع را استاتور گرفته و کمیتهای روتور را با استفاده از ماتریس انتقال به طرف استاتور منتقل میکنیم:

$$T=\begin{bmatrix}\cos q_r & \sin q_r\\ -\sin q_r & \cos q_r\end{bmatrix}\rightarrow\begin{bmatrix}F^s_{qr}\\ F^s_{dr}\end{bmatrix}=[T]\begin{bmatrix}F^r_{qr}\\ F^r_{dr}\end{bmatrix}$$

بازنویسی معالات

- انتقال محورهای روتور به استاتور
- یکی کردن Scale

تغییر Scale

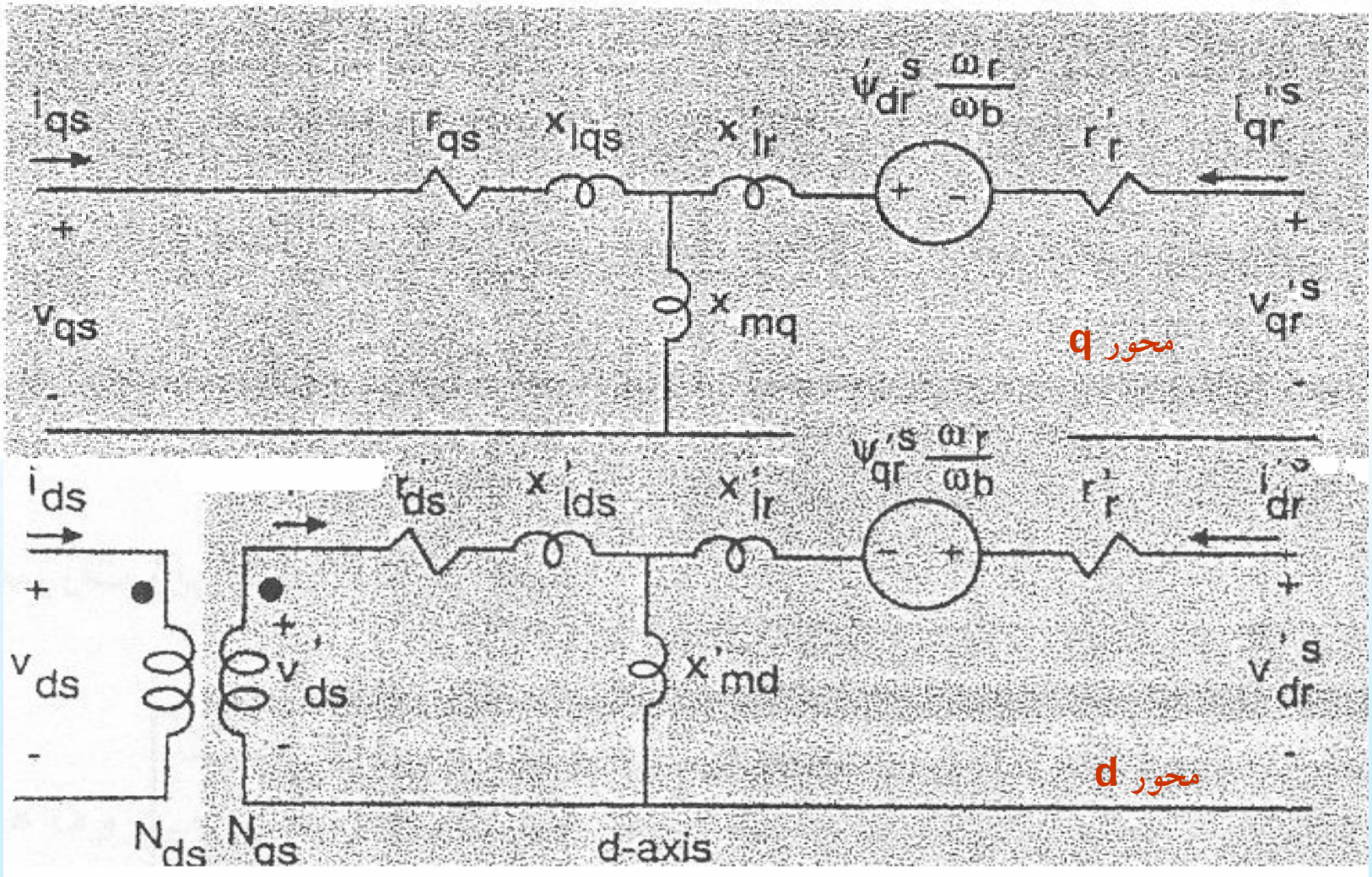
$$v'_{ds}=\frac{n_{qs}}{n_{ds}}v_{ds}$$

# روابط ولتاژ

معادلات انتقال داده شده ازطرف روتور به طرف سیم پیچ اصلی استاتور:

$$\begin{cases} u_{qs} = r_{qs} i_{qs} + \dfrac{d}{dt} l_{qs} \\ u'_{ds} = r'_{ds} i'_{ds} + \dfrac{d}{dt} l'_{ds} \\ u'_{qr} = r'_r i'_{qr} + \dfrac{d}{dt} l'_{qr} - w_r l'_{dr} \\ u'_{dr} = r'_r i'_{dr} + \dfrac{d}{dt} l'_{dr} + w_r l'_{qr} \end{cases}$$

# مدار معادل مربوط به محورq و d:



# روابط گشتاور

$$T_{em} = \frac{p}{2}\left(l'_{qr}\, i'_{dr} - l'_{dr}\, i'_{qr}\right) = \frac{p}{2} L_{mq}\left(i'_{dr}\, i_{qs} - i'_{qr}\, i'_{ds}\right)$$

برای ادامه شبیه سازی باید معادلاتمان را بازنویسی کنیم ابتدا ورودیها،خروجیها ومتغییرهای حالتمان را انتخاب میکنیم.

