«ماشین مخصوص»

سرفصل ها:

- موتورهای تکفاز

۱- یونیورسال

۲- قطب چاکدار

۳- القایی تکفاز:
  - ۱- فاز شکسته
  - ۲- خازن راه انداز
  - ۳- خازن دائم
  - ۴- دو خازنه

۴- موتور هیسترزیس

ارائه سمینار: شامل مقدمه، مدار معادل، عملکرد، مراجع

ماشین ها از لحاظ سرعت به سه دسته تقسیم می شوند:

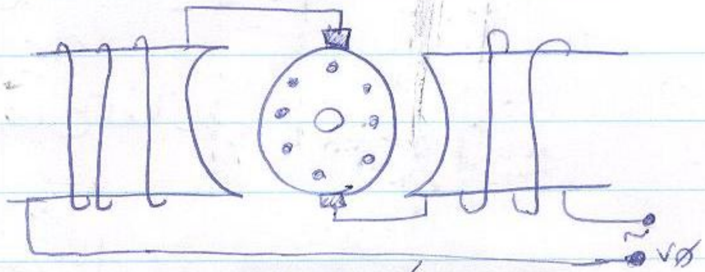
۱- Normall speed: تا ۶۰۰۰rpm

۲- High speed: ۶۰۰۰rpm تا ۶۰۰۰۰rpm

۳- Super High speed: ۶۰۰۰۰rpm تا ۱۰۰۰۰۰۰۰rpm

جامع
عمومی

Univarsal Motor :



شکل فوق یک موتور DC سری است چون ولتاژ تحریک با آرمیچر سری شده است.

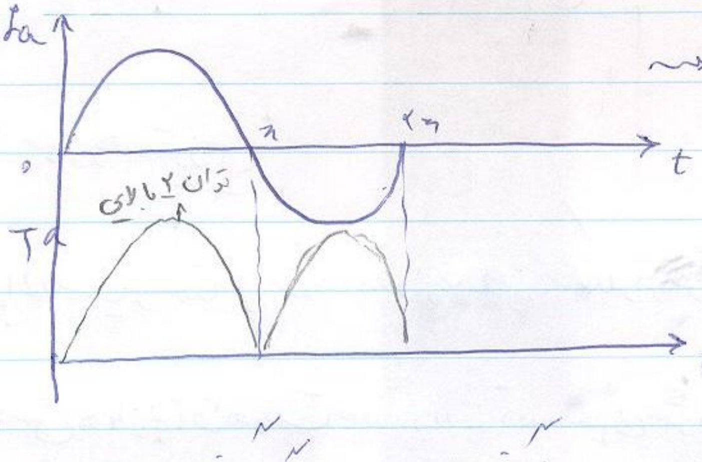
$$\tau = K\phi_f I_a = K' I_f I_a = K' I_a^2$$

τ: گشتاور ماشین DC

ϕ_f: شار میدان

I_a: جریان میدان

حال می‌خواهیم ببینیم که اگر ولتاژ ac بدهیم به موتور DC فوق کار خواهد کرد یا خیر؟



جریان سینوسی است چون ولتاژ سینوسی را تقسیم بر یک امپدانس داریم.

$$T_{av} = \frac{2}{\pi} T_m$$

عاملی که باعث حرکت می‌شود مقدار متوسط گشتاور است اگر گشتاور مقدار مثبت داشته باشد یا منفی و اگر صفر باشد حرکت نخواهد کرد. دلیل را بیابید: ؟

موتور DC سری هم می‌تواند با برق ac کار کند چون گشتاورش مقدار متوسط دارد.

حال اگر موتور مستقل باشد و یا شنت جریان I_f همان است اما I_a تغییر

این نوع موتور به دلیل گشتاور سینوسی پر صدا هستند.

می‌کنند و گشتاور متوسط صفر شده و حرکت نمی‌کند.

حال باید ساختار آن را به دلیل کاهش تلفات هسته باید ساختار را ورقه ورقه ساخت چون در حالت ac تلفات زیاد داریم.

کاربرد این موتورها: جاروبرقی، مخلوط کن، دریل، سشوار، وسایل دندانپزشکی

موتورهای یونیورسال دارای سرعت‌های بالا هستند. بالای ۶۰۰۰rpm ماکزیمم مقدار ۲۰۰۰۰rpm است.

چرا سرعت در این موتورها به این اندازه است با اینکه فرکانس ۵۰Hz است؟

حال می‌خواهیم بدانیم در هر حالت DC گشتاور بیشتری یا ac؟

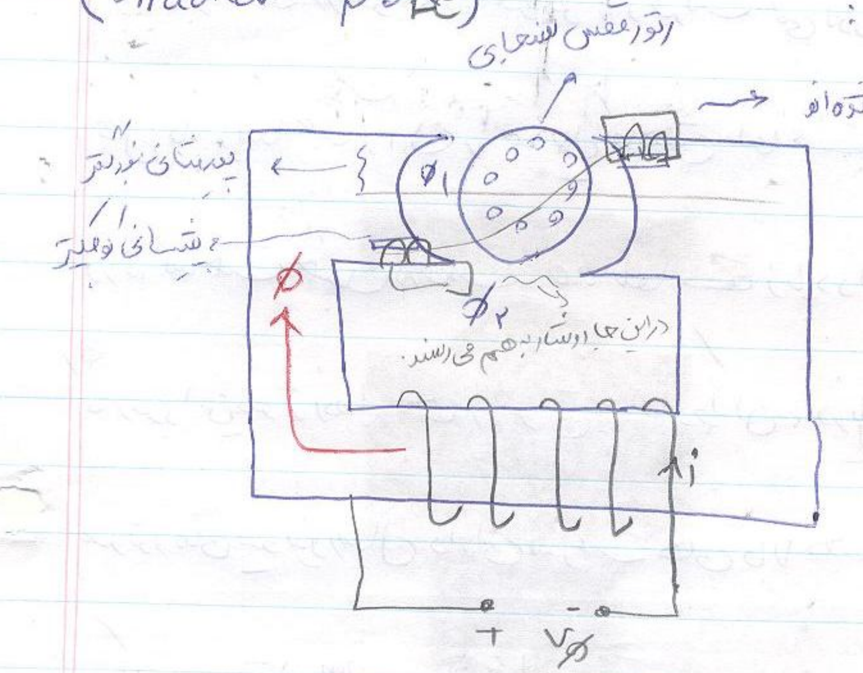
به طور عمومی DC قدرتمندتر است به دلیل T_{av} و همچنین تلفات در ac بیشتر است.

آیا این موتور یونیورسال را به برق DC وصل کنیم کار خواهد کرد؟

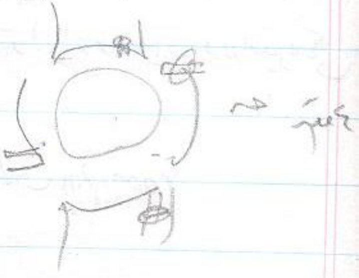
به طور مثال می‌توان جاروبرقی را با برق DC راه انداخت؟

هر مسیر بسته را یک قطب می‌نویس

موتور القایی قطب چاکدار: (shaded pole)


روتور قفس سنجابی
اتصال کوتاه شده‌اند
پیشانی بزرگتر
پیشانی کوچکتر
ϕ_1
ϕ_2
ϕ
در این جا دو شار به هم می‌رسند.
i
+
-
$V\phi$

موتور پنکه کولر
۴ قطبی چاکدار است.



با اعمال $V\phi$ ac ، جریان i عبور می‌کند که باعث ایجاد شار می‌شود تمامی خطوط شار مغناطیسی مسیر بسته را طی می‌کند اما شار الکتریکی یک مسیر باز را طی می‌کند به همین دلیل در نقاط نوک تیز تجمع بیشتر داریم.

چون جریان ac است شار هم ac است که به پیشانی بزرگ و کوچک می‌شود که وقتی به این دو پیشانی می‌رسد در پیشانی کوچکتر شاری ایجاد می‌شود که طبق قانون لنز با عامل به وجود آورنده‌ی خود مقاومت می‌کند بنابراین بین دو شار پیشانی بزرگتر و کوچکتر اختلاف فاز وجود دارد و شار پیشانی کوچک نسبت به بزرگ پس فاز است

$\tau = r * F$ ⟶ باتوجه به زاویه‌ی بین فاز اول و پس فاز تر
به سمت آن حرکت می‌کند. به شکل ④ نگاه کنید.

بنابراین ϕ_2 نسبت به ϕ_1 پس فاز تر است. هرچه حلقه‌ها بیشتر باشد پس فازی بیشتر می‌شود.

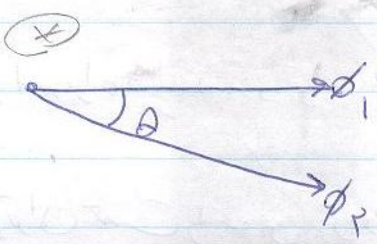
چون دو میدان با هم اختلاف دارند گشتاور ایجاد می‌شود.

گشتاور در

$$T \propto |\phi_1||\phi_2| \sin\theta$$

$$\phi \angle 0 \quad و \quad \phi \angle -\theta$$

حال می‌خواهیم جهت حرکت را بدانیم.



علت؟

قانون دوم مهم: در تمامی ماشین‌های الکتریکی موتور تمایل دارد به سمت فاز پس فاز حرکت کند. بنابراین در جهت پادساعتگرد می‌چرخد.

* قدرت سیم پیچی باز دارنده معمولاً زیاد نیست معمولاً مقدار پس فازی کم است پس این موتور دارای توان های کمی است. (کمتر از ۳۰۰W)

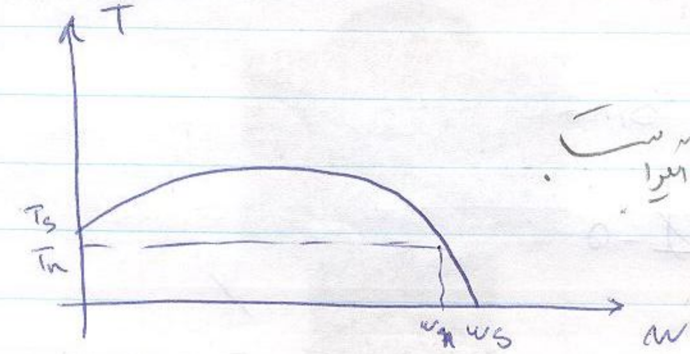
یکی از عوامل مشخص کننده‌ی توان ماشین‌ها عبارت است از:

$P \propto D^2 L n$

ها

قطر طول سرعت

این موتور نسبت به یونیورسال ضعیف تر است.



لرزش این نوع موتورها بیش تر از انواع القایی است.

معمولاً زیر بار نمی توانند راه بیافتند و توان کمی دارند.

* در این ماشین نمی توان جهت را عوض کرد و همواره یک جهت اند. چون در ساختار هسته است که پیش فاز بودن تعیین می شود.

کاربرد: بخاری، پمپ آب کولر و ... ؟

تمرین: چگونه می توان جهت حرکت موتور عوض کرد؟

موتور هیسترزیس: Hysteresis motor

بطور عمومی مواد مغناطیسی به دسته های زیر تقسیم می شوند:

۱- سخت   Hard magnetic

۲- نیم سخت   Semi Hard 〃

۳- نرم   Soft magentic

که مادهی مغناطیسی با B و H مشخص می‌شود.

B → چگالی میدان مغناطیسی (شار) → (گوس و T و $\frac{wb}{m^2}$ (G)

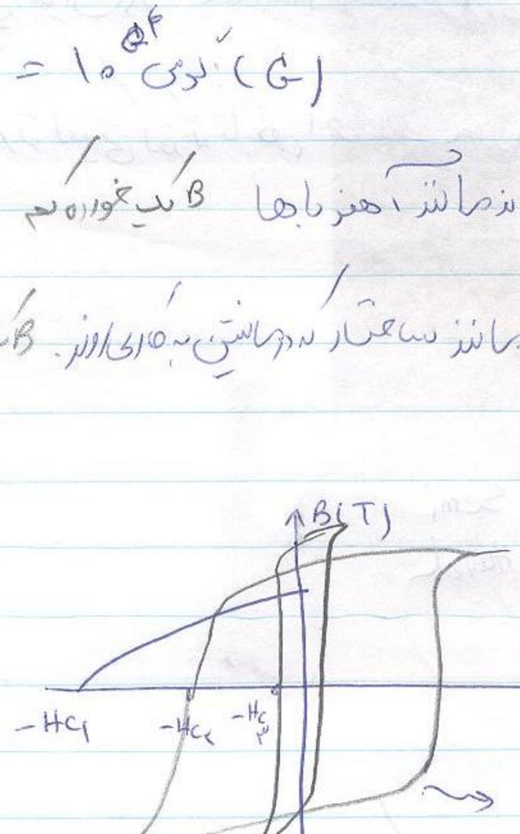
H → شدت میدان (A/m) را رسند (coree cire force)

$1T = 10^4$ گوس (G)

۱- موادی که H بزرگ دارند سخت اند مانند آهن رباها   B کم خواهیم

۳- موادی که H کوچک دارند نرم اند مانند ساختار نگهداشتن به کار می‌روند.   B کم خواهیم

۲- نیم نرم: بین دو مقدار. سخت



سخت
موادی که بین این شکل اند (نیم نرم) خاصیت هسترزیس دارند.

از مواد نیمه سخت در کاربرد موتور استفاده می‌کنیم که می‌شود موتور هیسترزیس

که هم تلفات زیاد دارند هم سه فاز.

استاتور مانند قبل است اما روتور یک ماده‌ی غیر مغناطیسی در آن پیچیده

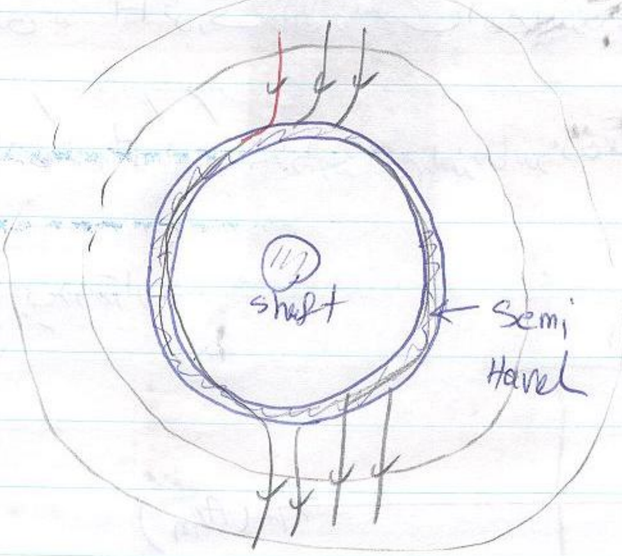
می‌شود.

وقتی استاتور را به برق سه فاز وصل می‌کنیم شار می‌خواهد از روتور عبور کند که وقتی می‌خواهد

از آن عبور کند مانند شکل زیر رفتار می‌کند (با توجه به منحنی های قبل)

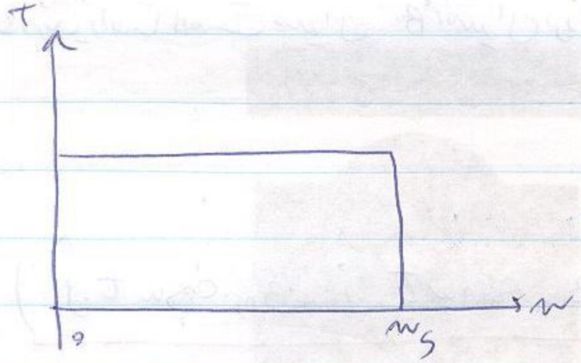
بنابراین میدان در Semi Hard زیاد می‌شود و تقریباً شبیه آهنربا رفتار می‌کند

و شار تولیدی که با هم اختلاف فاز دارند موتور حرکت می‌کند.



موتور هیسترزیس جزو موتورهای سنکرون دسته بندی می‌شوا.

این موتور به دلیل اتصال کوتاه را نمی بینید چون گشتاور ثابت است و به همین دلیل صدای آن نیز کم است.



این موتور برای کاربردهای سرعت بالا بسیار مناسب است مانند ماشین های سانتریفیوژ و ژیروکامپاس و ژیروسکوپ (دستگاه ناوبری)

سرعت ۶۰K - ۷۰krpm

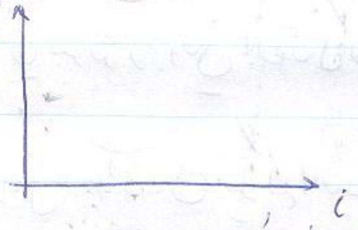
موتورهای القایی تکفاز: Single phase IM

در برق سه فاز سیم پیچی فاز گفته می شود یعنی ماشین سه فاز سه سیم پیچی داریم.

حال می خواهیم بدانیم موتور تکفاز چگونه با یک فاز کار خواهد کرد؟

فرض می کنیم یک سیم پیچ داریم جریان i که sin است از آن می گذرد.

$i = I_m \sin \omega t$



$B = B_m \sin\omega t \ \underbrace{\hat{i}}$

در جهت i است.

چون فقط در یک راستا است میدان B، میدان گردان از نوع ضربانی است.

نخواهد بود.

$$B = B_m \sin\omega t\,\hat{i} = \underbrace{\frac{1}{2}\left(B_m \sin\omega t\,\hat{i} + B_m \cos\omega t\,\hat{j}\right)}_{B_{ccw}} + \underbrace{\frac{1}{2}\left(B_m \sin\omega t\,\hat{i} - B_m \cos\omega t\,\hat{j}\right)}_{B_{cw}}$$

یک میدان ساکن را می‌توان تبدیل به دو میدان گردان که در خلاف جهت حرکت هم می‌چرخند

این یکی از نتایجی است که می‌توان از شکل‌های زیر بدست آورد.

* زاویه مکانیکی $\frac{P}{2}$ = زاویه الکتریکی

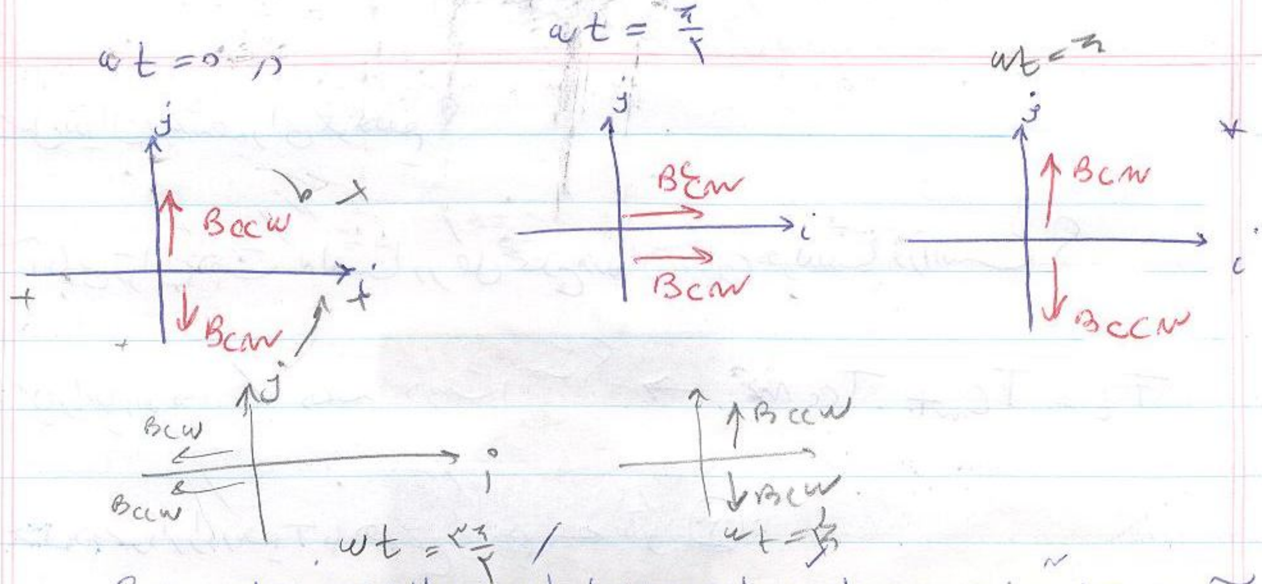
سرعت حرکت میدان دوار (مکانیکی) بستگی به تعداد قطب‌ها دارد و هر جا به قطب‌ها را

نداده بودند مقدار قطب‌ها را ۲ در نظر می‌گیریم.

این میدان‌های گردان چون از نوع ضربانی‌اند بنابراین یک میدان ساکن

را می‌توان به دو میدان هم‌دامنه و هم‌سرعت و گردان که در خلاف جهت حرکت هم

می‌چرخند.



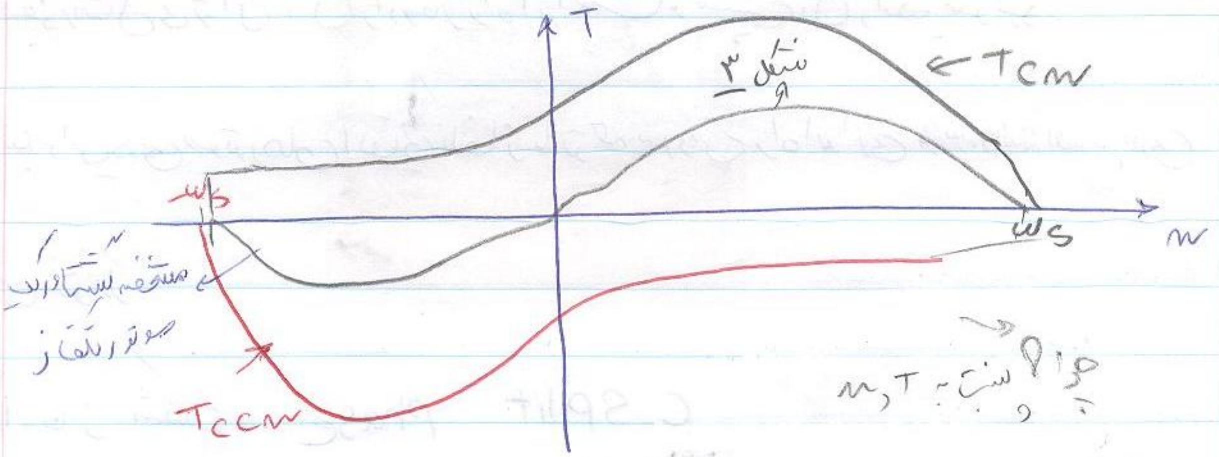
* آیا می‌توان گفت هر میدان گردان معادل با یک میدان سه فاز است؟

یعنی می‌توان هر میدان را با یک ماشین القایی سه فاز مدل کرد؟ بله می‌توان این کار کرد.

بنابراین هر میدان گردان نماینده‌ی یک موتور القایی سه فاز است.

بنابراین هر میدان می‌تواند مشخصه گشتاور ـ سرعت خود را داشته باشد در واقع موتور القایی تک فاز دو موتور القایی سه فاز در داخل خود دارد.

* مشخصه‌ی گشتاور ـ سرعت پادساعتگرد هم نسبت به w و هم T قرینه خواهد بود.



چرا

در این زمان حذف شده و حرکت دائم است.

Pull out → گشتاور max گشتاوری که نمی‌تواند تحمل کند.

حال میدان مشخصه را می‌خواهیم؟

آیا می‌توان گفت که گشتاور کل مجموع میدان‌های هر گشتاور است؟

دلیل را بیاورید → ✓ بله درست است؟ ← $T_t = T_{cw} + T_{ccw}$

حال دو نمودار را از لحاظ T با هم جمع می‌کنیم ← شکل ③

تفاوت شکل ③ با شکل گشتاور دیگر چیست؟

در لحظه‌ی استارت گشتاور صفر است یعنی ماشین خود استارت نیست یعنی

اگر آن را به برق وصل کنیم خودش حرکت نمی‌کند. بنابراین نیاز به کمک دارد.

چون یک میدان دارد (یک فاز دارد) نمی‌چرخد بنابراین باید یک سیم‌پیچی کمکی در ماشین

قرار بدهیم تا بتواند میدان دیگر را ایجاد کند.

چطور مثلاً می‌توان آن را دوفاز راه انداخت و سپس آن را تک فاز کرد.

بنابراین موتورهای القایی تکفاز با توجه به روش راه‌اندازی [illegible] تقسیم‌بندی

می‌شوند:

۱- فاز شکسته C split phase

تمرین ← از چگالی شار چگونه می‌توان به گشتاور رسید؟

۳_خازن دائم (permanent cap.)

۴_دو خازنه (two cap.)

مدار معادل موتور القایی تکفاز:

هرکدام از میدان های گردان معادل یک موتور القایی سه فاز است.

چون سه فاز دارای ضریب ½ در دامنه است بنابراین نصف توان آن را دارد.

چون هر میدان گردان معادل یک موتور القایی سه فاز است در واقع همان مدار معادل را داریم که باید به هم متصل کنیم.

تأثیر میدان گردان استاتور در روتور دیده می‌شود در حقیقت مانند این است که دو روتور داریم.

X_m : راکتانس مغناطیس کنندگی هستند، فرض دوم مدار باز یا بسته همه جریانی از X_m عبور می‌کند تا استاتور عبور کند.

X_s : شار پراکندگی

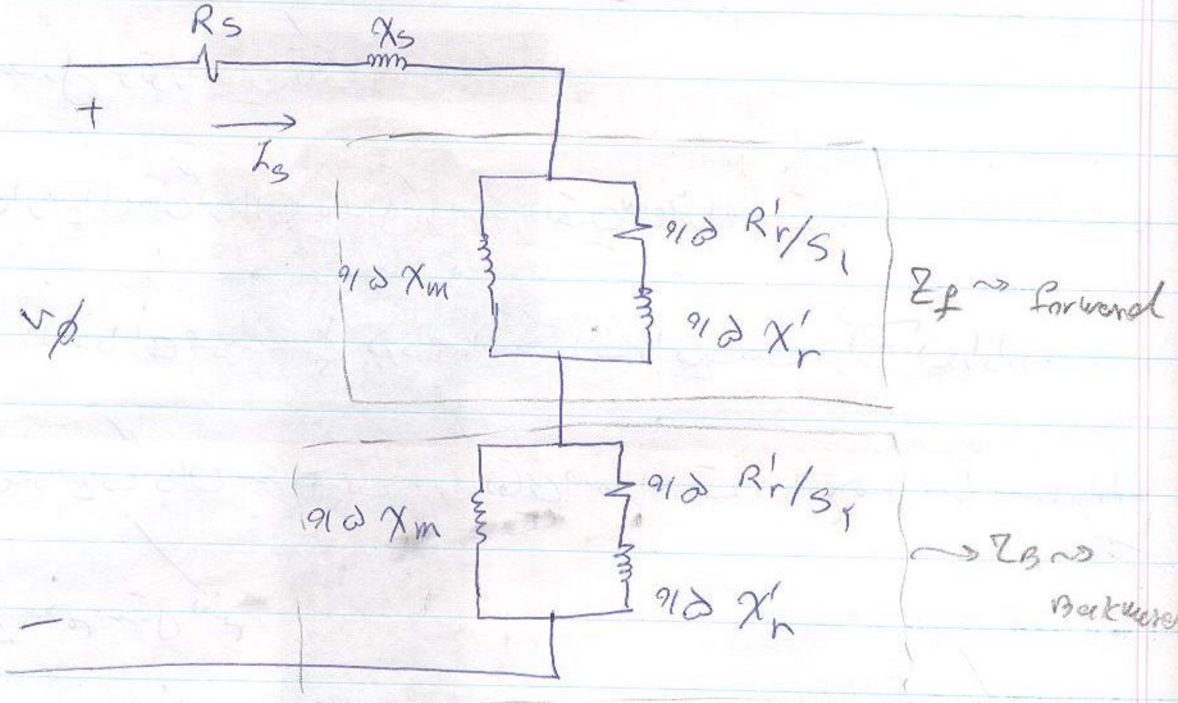
S : لغزش

چون یک جریان داریم که از استاتور و روتور باید بگذرد سری می‌کنیم

همان جریان از روتور می‌گذرد

با راستاهای روتور جفت تکه که سه فاز است. چون میدان ها حذف می شود.

به همین دلیل ضریب ۰/۵ را در نظر می گیریم.


Rs
Xs
+
I_s
$V\phi$
$0/5\ X_m$
$0/5\ R'_r/S_1$
$0/5\ X'_r$
Z_f ~ forward
$0/5\ X_m$
$0/5\ R'_r/S_2$
$0/5\ X'_r$
Z_B ~ Backward
−

$$Z_f \triangleq \frac{0/5 j X_m \left(\frac{0/5 R'_r}{S_1} + 0/5 j X'_r \right)}{0/5 j X_m + 0/5 j X'_r + 0/5 \frac{R'_r}{S_1}}$$

مولفه ی forward در جهت موتور القایی سه فاز به صورت نرمال می چرخد بنابراین می ترکیم

به جای S_1، S می گذاریم.

$$S_1 = S = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s}$$

در مولفه ی Back word چون خلاف جهت می چرخد داریم:

Z_s مدل کننده ی X_m است.

جهت چرخش عکس است به جای ω_s ، $-\omega_s$ نوشتیم

سرعت چرخش روتور تغییر جهت نمی‌دهد چون روتور جهت خود را حفظ کرده است

$$S_2 = \frac{-\omega_s - \omega_r}{-\omega_s} = \frac{\omega_s\left(1+\frac{\omega_r}{\omega_s}\right)}{\omega_s} = 1+(1-S) = 2-S$$

Z_F را ساده می‌کنیم

$$\rightsquigarrow Z_f = \frac{0.5\, jX_m\left(\frac{R'_r}{S} + X'_r\right)}{\frac{R'_r}{S} + j(X_m + X'_r)}$$

$$Z_B = \frac{0.5\, jX_m\left(\frac{R'_r}{2-S} + jX'_r\right)}{\frac{R'_r}{2-S} + j(X_m + X'_r)}$$

$$I_s = \frac{V\phi}{R_s + jX_s + \underbrace{0.5\, Z_F + 0.5 Z_B}} = |I_s|\angle\phi_s ,\ \cos\phi_s \ \underset{\text{Power Factor}}{PF}$$

برای راحتی محاسبات یک تعریف جدید انجام می‌دهیم یعنی Z_f و Z_B را به صورت

$0.5Z_f$ و $0.5Z_B$ اسم گذاری جدید می‌دهیم:

تعریف کردیم

$$0.5 Z_f \triangleq \frac{0.5\, jX_m(---}{0.5\, jX_m ---}$$

$$\longrightarrow Z_f = \frac{jX_m\left(\frac{R'_r}{S} + jX'_r\right)}{\frac{R'_r}{S} + j(X_m + X'_r)}$$

$$Z_B = \frac{jX_m\left(\frac{R'_r}{2-S} + jX'_r\right)}{\frac{R'_r}{2-S} + j(X_m + X'_r)}$$

راست منفی گشتاور موتوری و [illegible]

هر کدام از آن‌ها تولید گشتاور می‌کنند.

← در این جا مانند این است که دو روتور داریم که هر کدام یک توان فاصله هوایی دارد:

$$P_{AG,F} = \cancel{\frac{R_2'}{2S} I^2}$$ غلط

$$P_{AG,B} =$$

توان ورودی در دو سر R_F و R_B تلف می‌شود (توان را در فاصله هوایی ایجاد می‌کند)

پس در این جا هم توان از همان I_s استفاده می‌کرد.

$$Z_F = R_F + jX_F$$

$$Z_B = R_B + jX_B$$

Z_F و Z_B را به صورت ترکیبی از R و L نوشتیم چون فقط R و L داریم ترکیب سری می‌شود.

فاصله هوایی ← در مقاومت‌ها تبدیل به گشتاور می‌شود.

$$\Rightarrow P_{AG,F} = 0.5\, R_F I_s^2$$

$$P_{AG,B} = 0.5\, R_B I_s^2$$

$$\Rightarrow P_{AG} = P_{AG,F} - P_{AG,B}$$

توانی که تولید می‌کند در خلاف جهت هم خواهند بود چون توانی که در خلاف جهت است به روتور منتقل می‌شود تفاضل این دو گشتاور خواهد بود چون یکی در خلاف است مانند یک ترمز عمل می‌کند در حقیقت جمع جبری این دو است اما یکی منفی دیگری است.

توان فاصله هوایی با جهت

موتوری ← $0 < S < 1$

اگر $S > 1$ موتور اتلافی ترمزی کند

$$P_{convert} = (1-S)P_{AG}$$

$$P_{out} = P_{canvetrt} - P_m$$

بدست آوردن گشتاور:

$$P_{AG} = P_{AG,F} - P_{AG,B} \Rightarrow T_I = \frac{P_{AG}}{\omega_s}$$

$$P_{out} = P_{canvert} - P_m \,,\; T_L = \frac{P_{out}}{\omega_r}$$

تلفات مسی رتور:

$$P_{Cur} = SP_{AG,F} + (2-S)P_{AG,B}$$

$$P_{in} = V_\phi I_s \cos\phi_s$$

P in − مس استاتور − هسته = فاصله هوایی

فاصله هوایی (1-S) = P تبدیلی

تبدیلی P − Pm = Pout

مثال: یک موتور القایی تکفاز شکسته ۲۲۰v، ۵۰HZ، ۶ قطب، ۹۴۰rpm دارای پارامترهای زیر است:

R_B کمتر از R_F است چون R_B نقش بار دارد توان P_f بیشتر از B است
چون موتور در جهت جاری می‌ماند

$R_s = ۴\ \Omega$ $R'_r = ۳\ \Omega$ $X'_r = X_s = ۲/۵\ \Omega$

$X_m = ۳۵\ \Omega$

مطلوبست الف: محاسبه‌ی جریان موتور و ضریب توان آن در سرعت نامی

ب: محاسبه‌ی گشتاور فاصله‌ی هوایی و گشتاور بار

ج: محاسبه‌ی تلفات مسی روتور و بازده موتور

د: اگر سرعت موتور نصف شود موارد الف تا ج را تکرار کنید.

* در تکفاز چون مؤلفه‌ی منفی رو هم داریم لغزش آن معمولاً بیشتر از ۶٪ است

و در سه فاز کمتر از ۶٪ است.

$$n_s = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۶} = ۱۰۰۰\ rpm$$

$$s = \frac{۱۰۰۰ - ۹۴۰}{۱۰۰۰} = ۶\ \%$$

$$Z_f = \frac{jX_m\left(\frac{R'_r}{s} - jX'_r\right)}{j(X_m + X'_r) + \frac{r'_r}{s}} = \frac{j۳۵\left(\frac{۳}{۰/۰۶} + ۲/۵j\right)}{j(۳۵ + ۲/۵) + \frac{۳}{۰/۰۶}}$$

$$= ۲۸/۰۳ \angle ۵۵/۹^\circ$$

چون فیزور نوشتیم با v rms را نوشتیم

یعنی هم را ضرب در ۲ می.

$Z_f = R_f + jX_f = (۷٫۱۸۴ + j۱۱٫۶۲)\,\Omega \times ۲$

$$Z_B = \frac{jX_m\left(\frac{r'_r}{۲-s} + jX'_r\right)}{j(X_m + X'_r) + \frac{r'_r}{۲-s}} = \frac{j۳۵\left(\frac{۳}{۱٫۹۴} + j۲٫۱۵\right)}{j(۳۵ + ۲٫۱۵) + \frac{۳}{۱۹۴}}$$

$= ۲٫۷۴ \angle ۶۹٫۴^\circ\,\Omega$

$$I_\phi = \frac{V_\phi \angle ۰}{R_s + jX_s + Z_f + Z_B} = \frac{۲۲۰\angle ۰}{۴ + j۲٫۱۵ + \underbrace{۱۴٫۵۱\angle ۵۸٫۹}_{۰٫۵Z_f} + \underbrace{۱٫۳۷\angle ۶۹٫۴^\circ}_{۰٫۵Z_B}} = ۱۱٫۱۲\angle -۵۱^\circ$$

$\cos\phi = \cos ۵۱^\circ = ۰٫۶۲$ پس فاز

$P_{AG,F} = ۰٫۵ R_F I_s^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۷٫۱۸۴ \times (۱۱٫۱۲)^۲ = ۹۶۹٫۴۵\,W$

$P_{AG,B} = ۰٫۵ R_B I_s^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۱٫۳۳ \times (۱۱٫۱۲)^۲ = ۴۱٫۴۵۲\,W$

$\omega_s = n \times \frac{۲\pi}{۶۰} = \frac{۱۰۰۰ \times ۲\pi}{۶۰} = ۱۰۴٫۷۱\,rad/s$

$T_{AG} = \frac{P_{AG}}{\omega_s} = ۸٫۴۴\,Nm = T_L$ چون تلفات ندارم.

$P_{AG} = P_{AG,F} + P_{AG,B} = ۸۸۴٫۶۱\,W$

بار نصف شود چطور حل می‌شود؟ و معکوس حل می‌شود

مسئله رو، گشتاور داده است تلفات چرخشی ۷۵w

۹۴۹ ۳۴۵

$P_{cur} = s_1 P_{AC,I} + s_2 P_{AC,B} = ۰/۰۴ \times P_{AC,B}$

$+ P_{out} = P_{convert} - \overset{0}{P_{rot}} = P_{conver} = (1-s) P_{AC}$

$= ۰/۹۴ \times ۸۸۴/۴۱ = ۸۸۳/۴۴\ w$

$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times ۱۰۰ = \frac{۱۳۳/۴۱}{۱۵۴۱/۲۳} \times ۱۰۰ = ۵۴/۵۷\ \%$

* نصف شدن بار به معنی نصف شدن گشتاور بار است.

باید برعکس حل کنیم؛

$T_L = \frac{1}{2} \times ۸/۴۶ = ۴/۲۳\ N.m$

$T_L = \frac{P_{out}}{\omega_r} \rightsquigarrow P_{out} = \omega_r T_L$

تلفات چرخشی

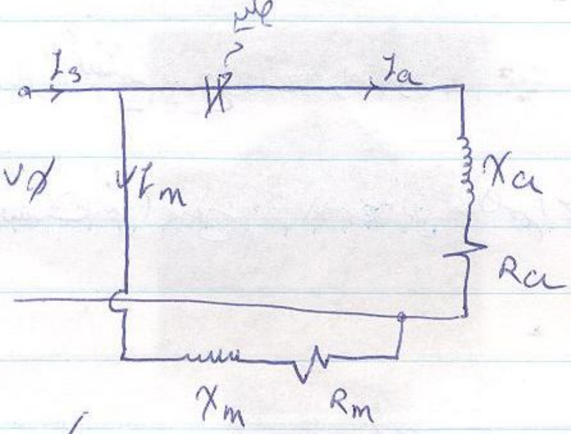
$P_{convert} = P_{out} + P_{rot}$

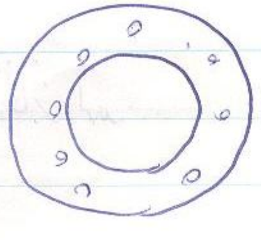
$P_{convert} = \omega_r T_L + ۷۵w$

$(1-s) P_{AC} = \omega_r T_L + ۷۵w$

دیاگرام مداری موتورهای القایی تکفاز :

۱- موتور فاز شکسته :





برای راه اندازی موتور القایی تکفاز آن را به صورت دوفاز راه اندازی می کنیم تا یک سرعت خاص و سپس مدار کمکی را از مدار خارج می کنیم.

سیم پیچی که از اول تا آخر در مدار باقی می ماند سیم پیچی اصلی (M) و سیم پیچ دیگر کمکی (A) نامیده می شود.

استاتور موتور القایی تکفاز دو سیم پیچی دارد سیم پیچی کمکی چون دائم در مدار نیست از لحاظ الکتریکی و مغناطیسی تقریباً مهم نیست. اما دیگری مهم است.

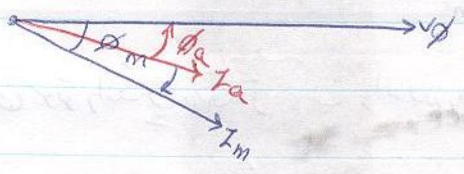
سیم پیچی فاز شکسته : چون شکل این است که جزئی از سیم پیچ اصلی را شکسته بدین صورت است.

در این موتور ما باید داشته باشیم: $\frac{R_a}{X_a} > \frac{R_m}{X_m}$

همانطور که از شکل مشخص است سیم پیچی اصلی و کمکی با هم موازی اند.

* طوری چیدمان سیم پیچ ها مدور شود.

سیم پیچی کمکی نسبت به اصلی ۹۰° مکانیکی با هم اختلاف فاز دارند.



$\theta = \phi_m - \phi_a$

این اختلاف زاویه برای موتور تولید گشتاور خواهد کرد.

$T \propto I_m I_a \sin\theta$

برای ما بهتر است که θ را بزرگتر کنیم تغییر I_a و I_m معمول است.

θ را نمی توان خیلی بزرگ کرد چون R و L داریم بنابراین θ یک محدوده دارد چون

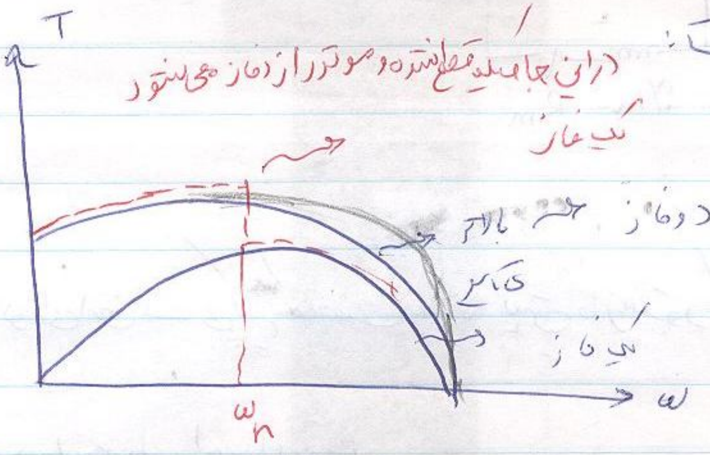
اختلاف زیاد است نمی توان توان زیادی از موتور کشید.

$I_m > I_a$

چرا سیم پیچ کمکی اهمی تر است؟ چون تلفات اهمی خوب نیست. از طرفی باید اختلاف فاز (α) را به حدود ۹۰ درجه برسانیم. به همین دلیل سیم پیچ کمکی را اهمی تر می‌توانیم چون از مدار خارج می‌شود.

از جمله کاربردها در موتور کولر است.

نمودار گشتاور ـ سرعت:



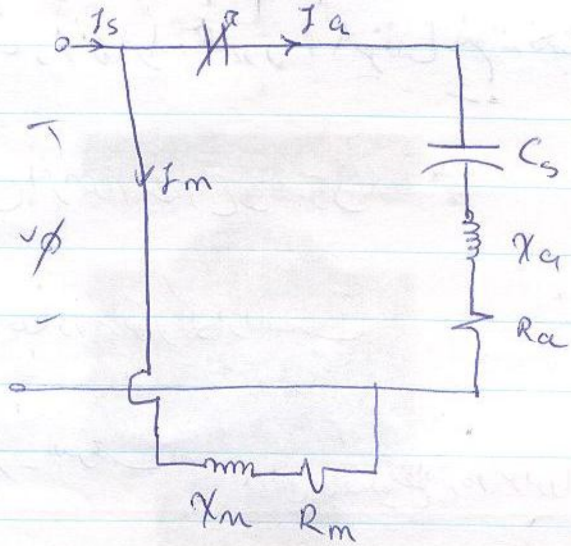
ω_n (۶۵ – ۷۰ ٪) ←

نامی ← سرعت

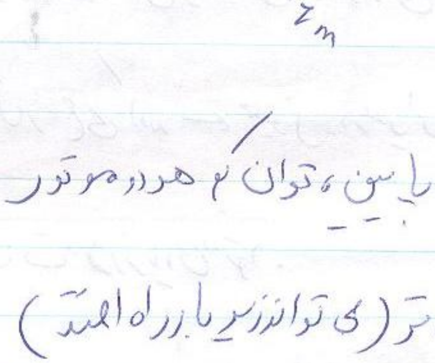
با استفاده از کلید گریز از مرکز که یک فنر است که روی رتور سوار می‌شود، وقتی موتور دور می‌گیرد فنر باز می‌شود و مدار کمکی را جدا می‌کند و وقتی سرعت کم می‌شود دوباره بسته می‌شود.

چرا کلید را از مدار خارج می‌کنند؟ چون در غیر این صورت به دلیل بالا بودن مقاومت سیم پیچ کمکی تلفات حرارتی زیادی می‌شود.

- موتور خازن راه انداز:


Is
Ia
Im
Vφ
Cs
Xa
Ra
Xm
Rm

خازن را به گونه‌ای انتخاب می‌کنیم که نسبت به V پیش فاز شود. که باعث قوی‌تر شدن استاتور موتور می‌شود. (زیر بار راه می‌افتد)

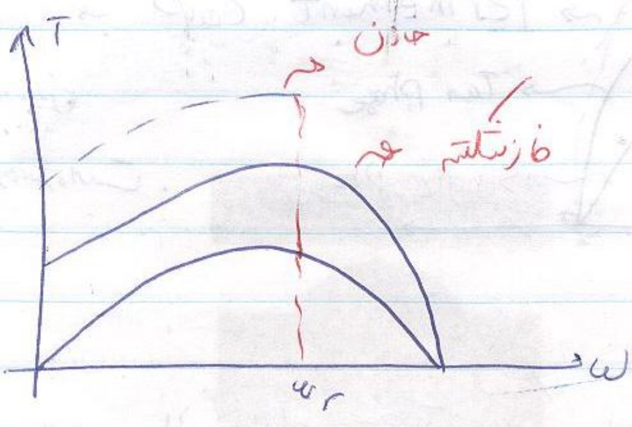

Ia
φa
Vφ
φm
Im

$$\theta = \phi_m + \phi_a$$

ضریب توان کم، بازده متوسط رو به پایین، توان کم هر دو موتور

مزیت خازن: استارت قوی‌تر (می‌تواند زیر بار راه افتد)

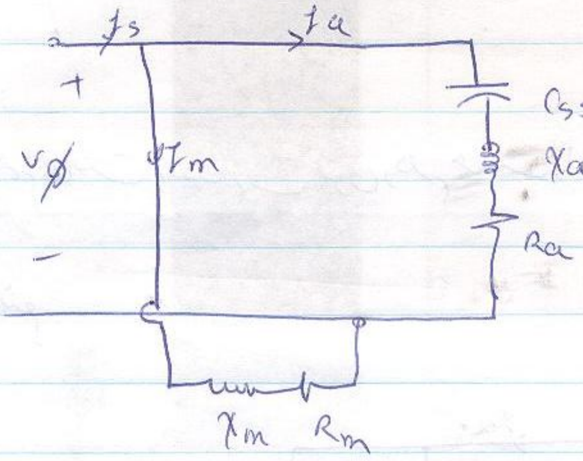
کاربرد: کمپرسور یخچال، کولرهای گازی

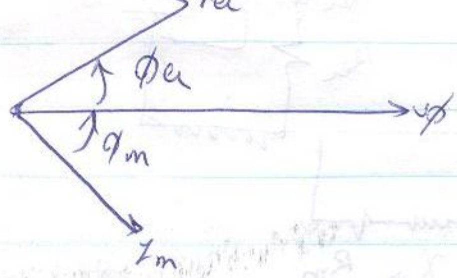


خازن در حد mF است.

خازن را باید به گونه‌ای انتخاب کرد که مستقیم به گشتاور بکشد نرود.

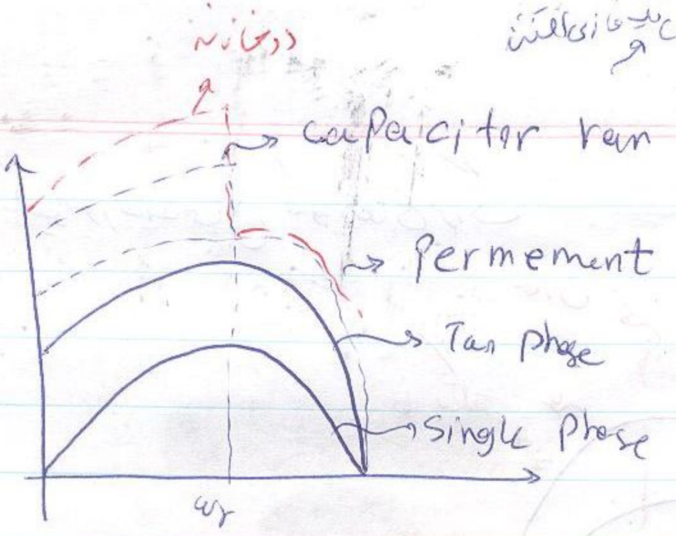
- موتور خازن دائم:


Is
Ia
+
V∅
−
Im
Css
Xa
Ra
Xm
Rm



$\theta = \phi_a + \phi_m$

شبیه برای تک خازنی هم الکتش



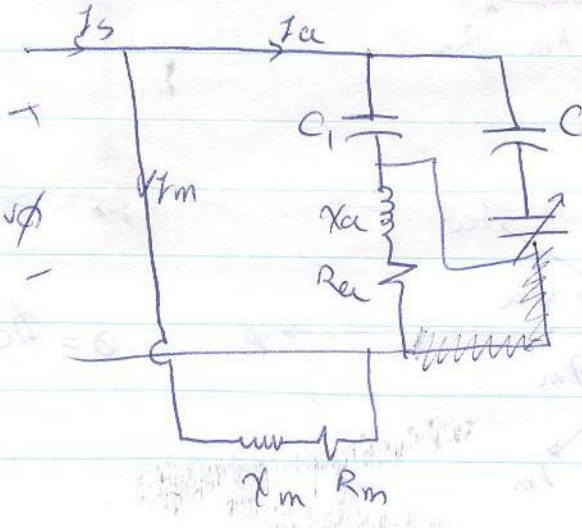
برای تک فاز پایین نمی رود چون در واقع دو فازه شده است.

این نوع موتور حالت دائم کار را مورد توجه قرار می گیرد که با بازده بالا و با صرفه کار می کند.

در این جا خازن ضریب توان را بهبود می بخشد پس تلفات کم می شود با حجم بودن سیم پیچی می

موتور دو خازنه:

در زمانی که بخواهیم هم حالت استارت قوی و هم حالت دائم خوب داشته باشیم از این روش استفاده می کنیم.



مثال: موتورهای کولرهای بزرگ، موتورهای ماشین را ورزش می‌دهد.

موتورهای کارخانه دائم به دلیل راه‌اندازی کردن نرم‌تر کاری کنند.

* مواردی که باید در کنفرانس رعایت شود:

۱- مقدمه

۲- کاربرد (حداقل دو یا سه مورد) + کارخانه تولیدی + کاتالوگ

۳- مشخصات الکتریکی (V، I، P) + اندازه و چند نمونه مثال و مقطع کامل آورده شود (ستاره است، نوع عایق و ...)

۴- مدار معادل ۱- مغناطیسی و ۲- الکتریکی

۵- مراجع (حداقل ۵ مرجع) + سایت اینترنت معتبر

انواعی از ماشین های مخصوص :

۱- Plaque excision

۲- written pole motor

۳- claw pole Gen

۴- challenges motor

۵- Homopolar generator with stationary

۶- موتورهای هارددیسک

۷- موتورهای CD-ROM

۸- موتورهای دندانپزشکی

۹- موتور پمپ آب لباسشویی

۱۰- موتورهای ویبره موبایل

۱۱- موتورهای پیزو الکتریک

۱۲- ژنراتورهای هواپیما

۱۳- موتورهای لوله ای

۱۴_ موتورهای بدون شیار

۱۵_ ژیروسکوپ (حداقل 1KHZ است)

۱۶_ موتورهای کمپرسور سرعت بالا (بالای 15000 rpm)

۱۷_ کمپرسورهای خطی که کاربرد در یخچال‌ها و کمپرسورها

*۱۸_ فن CPU (دور - ولتاژ)

۱۹_ موتور گشتاور زاویه محدود

۲۰_ ژنراتورهای شار محوری با دو تا استاتور و یک رتور

۲۱_ ژنراتورهای شار محوری با دو تا رتور و یک استاتور

۲۲_ موتورهای القایی با قفس مسی

۲۳_ تاکومتر

۲۴_ ژنراتورهای خطی

۲۵_ موتورهای مغناطیس دائم داخلی

۲۶_ موتورهای مغناطیس دائم راه‌انداز خط

۲۷- موتورهای بدون هسته

۲۸- LSG

۲۹- پمپ خون

۳۰- کپسول آندوسکوپی

۳۱- میکرو ژنراتورها

۳۲- بلبرینگ مغناطیسی

۳۳- موتورهای القایی روتور یکپارچه شیاردار و بدون شیار

۳۴- سرو موتورهای ac سه فاز

۳۵- موتورهای القایی خطی

۳۶- Transverse Flux Gen

۳۷- ژنراتورهای pm بدون جاروبک مغناطیس دائم

۳۸- HPS Gen

۳۹- HTS DC
Hamapolar Gen

۴۰_ mini Gen for Soders Bette field

۴۱_ HTS Inductions motor

۴۲_ قطارهای مغناطیسی

۴۳_ صنعت‌های هوایی

۴۴_ موتورهای القایی سرعت بالای قفس سنجابی

۴۵_ موتورهای کشتی ابررسانا

۴۶_ خودروی برقی

۴۷_ ژنراتورهای توربین بادی بدون هسته

۴۸_ Motorized cathers

۴۹_ energy harvesting devices

۵۰_ موتورهای سوئیچ شونده‌ی رلوکتانسی

۵۱_ موتورهای رلوکتانسی سنکرون

۵۲_ ژنراتورهای هموپلار سرعت بالا

خازن راه انداز گشتاورش از دو خازنه بیشتر است.
استارت

Integrated motor propeller -۵۳

— موتورهای پله ای Stepper Motors

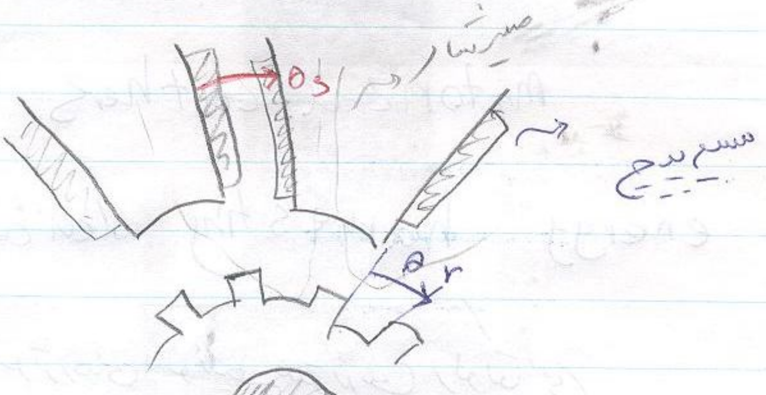
موتورهای پله ای جزء موتورهای رلوکتانسی (Reluctance motor) است.

گشتاوری که در اثر تغییر فاصله‌ی هوایی ایجاد می‌شود رلوکتانسی خواهد بود.

عرض دهانه‌ی شیار در استاتور کم است به همین دلیل در ژنراتورهای قطب صاف گشتاور رلوکتانسی نداریم.

ماشین تمایل دارد به سمت رلوکتانس ~~بیشتر~~ کمتر جذب می‌شود (فاصله‌ی هوایی کمتر)

در ماشین‌های پله ای رتور و استاتور هر دو پله ای اند.



Fractional

مراجع Horse Power Electric

رتور سیم پیچی ندارد طول دندانه ها در رتور کمتر از طول دندانه های استاتور است. معمولاً تعداد دندانه های رتور از استاتور بیش تر است. چرا؟

$N_r > N_s$

تعداد دندانه های رتور

تعداد دندانه های استاتور

در این ماشین سیم پیچ ها را تحریک می کنیم با تحریک متوالی رتور می خواهد فاصله هوایی را کم کند با تحریک متوالی می توان رتور را چرخاند.

در این موتورها گام (فلان درجه) می دهند سرعت را نمی دهند چون این موتورها برای کارهای دقیق به کار می روند برای دقت بیش تر باید دندانه ها بیش تر شود بنابراین این موتورها به صورت پله پله حرکت می کنند. (گام کوچکتر ← تعداد دندانه ها بیش تر)

کاربرد: بازوهای ربات ها

* موتورهای پله ای از تغییر فاصله ی هوایی برای چرخش استفاده می کنند.

این موتورها دارای سیم پیچی کمتری هستند.

* می توان در این موتورها حتی دو سیم پیچ را تحریک کرد تا زاویه های دقیق تری را بدست آورد.

این ماشین‌ها می‌توانند تک فازی باشند.

این موتورها دارای توان کم هستند می‌توان این موتورها را از طریق پورت های

کامپیوتر نیز تغذیه کرد. (تحریک DC است)

مشکل موتورهای رلوکتانسی لاک شدن است به همین دلیل تعداد شیارها

را متفاوت می‌گرفتیم (عدد اصلی بگیر) در بعضی از مواقع هم می‌توانیم

از سنسور استفاده کنیم تا در لحظه‌ی استارت موتور قفل نشود چون ممکن

دو قطب روبروی هم باشند.
است در لحظه‌ی استارت موتور قفل شود)

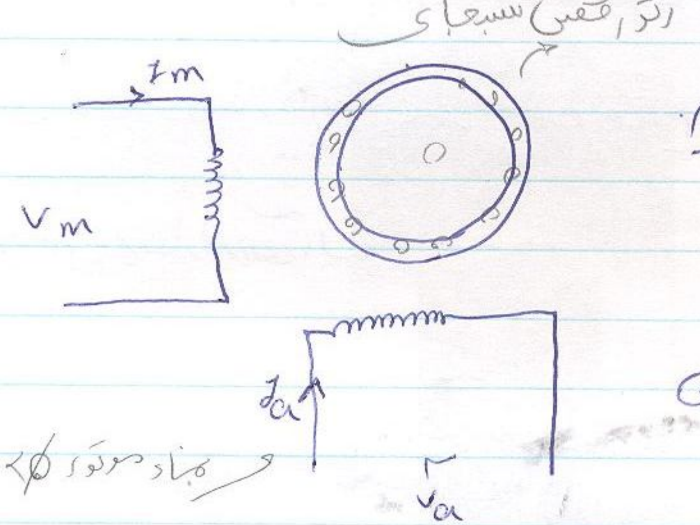
رتور سیم پیچی ندارد به همین دلیل ترجیح می‌دهیم تعداد شیارهای رتور بیش‌تر باشد.

در این موتورها طول بیش‌تر از قطر است.

در یک صفحه اند
مثل دو دیسک کنار هم هستند Herta Polar

موتور دو فاز (تکفاز با سیم پیچی کمکی)

سیم پیچ ها از لحاظ الکتریکی و مکانیکی بر هم عمودند با توجه به اینکه هر سیم پیچی دو سر دارد در مجموع چهار سر داریم.



اثر متقابل سیم پیچ ها را در نظر بگیریم.

پس در مجموع ۸ منبع ولتاژ داریم

۴ تا برای سیم پیچ ها و ۴ تا برای القای متقابل

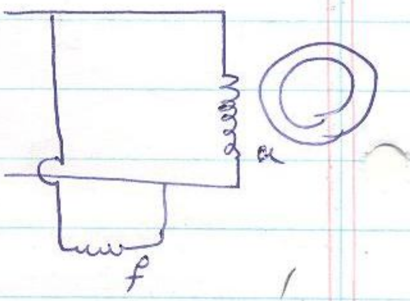
$$E_{\underset{\text{forward}}{f}\underset{\text{main}}{m}} = Z_f I_m$$

$$E_{\underset{\text{backward}}{b}m} = Z_b I_m$$

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

N_a ← تعداد دور موثر سیم پیچی کمکی

N_m ← تعداد دور سیم پیچی main



تکفاز با سیم پیچی کمکی

میدان های چرخشی

سیم پیچی کمکی

از دید main داریم نگاه می‌کنیم ←

به همین دلیل ترانس می‌بینیم

$$E_{fa} = a^2 Z_f I_a$$

از دید ما سیم پیچی کمکی مانند ترانس با نسبت تران a رو می‌بینند.

$$E_{ba} = a^2 Z_b I_a$$

چون در این جا دو فاز داریم پس اثر متقابل خواهیم داشت و باید ولتاژ ناشی از القای

دیگر سیم پیچ ها را بر روی آن حساب کنیم.

E_1 →

ولتاژی که در سیم پیچی main القا می‌شود ناشی

از ولتاژ forward سیم پیچی کمکی

f_m این با این هم جهت است.

سیم پیچی کمکی ۹۰ درجه

عقب‌تر است.

← ۹۰ درجه عقب‌تر است.

$$E_1 = \frac{1}{a}(-j)\,E_{fa}$$

ع ص ← ۹۰ درجه عقب‌تر:

$$= -j\,a\,Z_f I_a$$

در این جا القای ساعتی

است.

ولتاژ القا شده در main ناشی از

Backward مولد سیم پیچی کمکی.

E_2

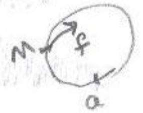
← ۹۰ درجه جلوتر:

$$E_2 = \frac{j\,E_{ba}}{a} = j\,a\,Z_b I_a$$

$$E_3 = j\,a\,E_{fm} = j\,a\,Z_f I_m$$

→

ولتاژ القا شده در سیم پیچی کمکی ناشی

 ← ۹۰ درجه جلوتر:

از مولفه forward سیم پیچی

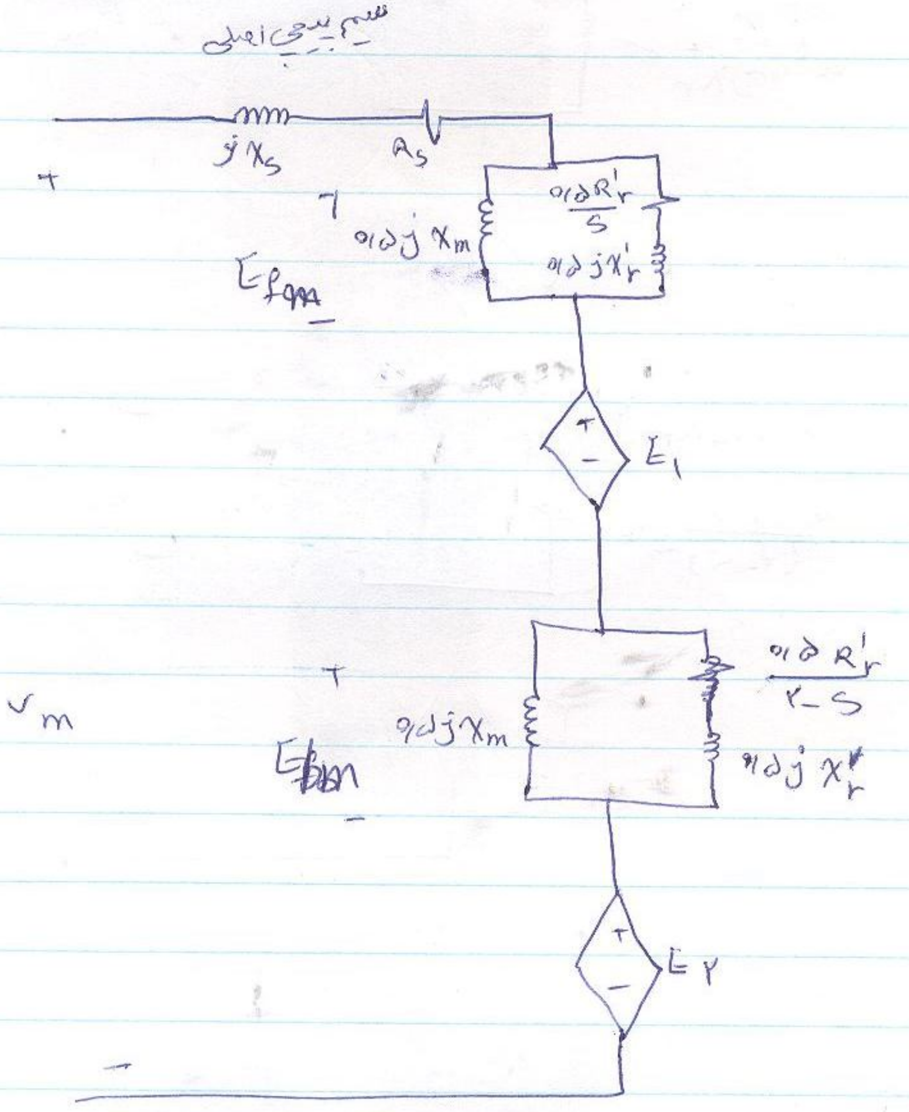
۲ ـ انتقال از روتور به استاتور

$$E_2 = -j\,a\,E_{bm} = -j\,a\,Z_b I_m$$

۹۰ درجه عقب‌تر

E_1 چون به جریان I_a وابسته است به صورت منبع ولتاژ وابسته نشان داده می‌شود.

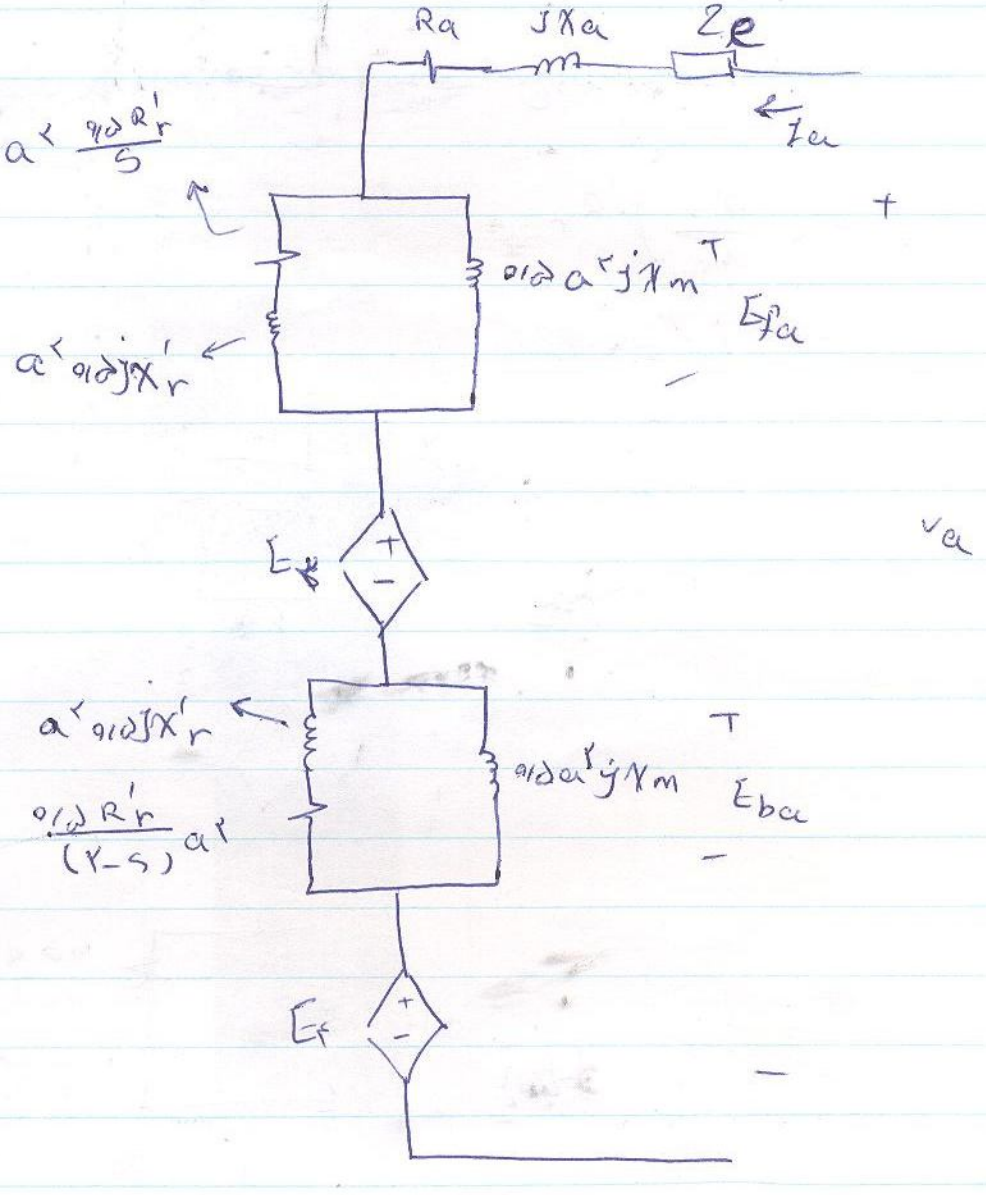
$$R'_r = \left(\frac{N_s}{N_r}\right)^2 R_r$$


سیم‌پیچی اصلی
jX_s
R_s
+
$0.5\,jX_m$
$\frac{0.5R'_r}{s}$
$0.5\,jX'_r$
E_{fm}
E_1
V_m
+
$0.5\,jX_m$
$\frac{0.5R'_r}{2-s}$
$0.5\,jX'_r$
E_{bm}
E_2
-

چون پارامترهای روتور تحت تأثیر میدان هستند فقط با آن‌ها به صورت توالی برخورد داریم

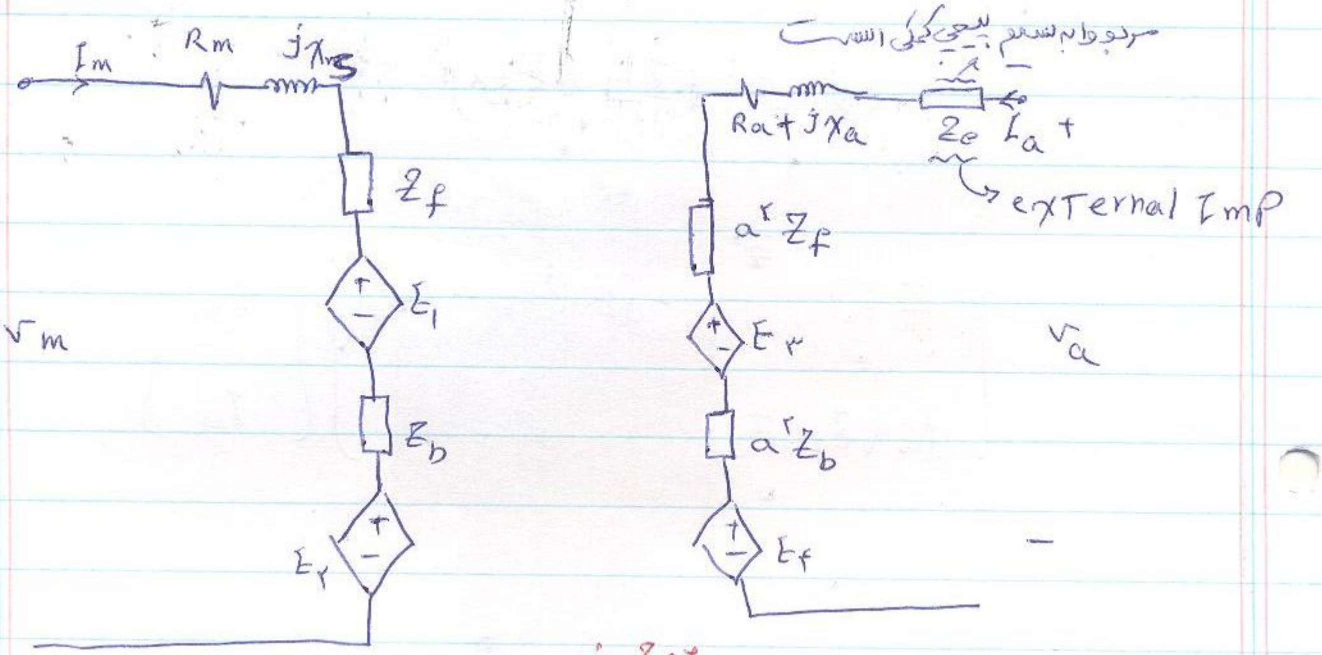
نامتقارن

سیم پیچی کمکی:


Ra
jXa
Ze
Ia
$a^2 \frac{0/5 R'_r}{s}$
$0/5\, a^2 jX_m$
$a^2\, 0/5\, jX'_r$
+
Efa
-
Va
Ef
+
-
$a^2\, 0/5\, jX'_r$
$0/5\, a^2 jX_m$
Eba
$\frac{0/5 R'_r}{(2-s)} a^2$
+
-
Ef
+
-
-

او ولتاژش مستقل صفر نیست

*مدار معادل را بصورت خلاصه رسم می کنیم:


مربوط به سیم پیچی کمکی است
I_m
R_m
jX_s
Z_f
E_1
Z_b
E_2
V_m
$R_a + jX_a$
Z_e
I_a
+
external Imp
a^2Z_f
E_3
a^2Z_b
E_4
V_a
-

$$V_m \; \underline{Z}_m I_m + (Z_f + Z_b) I_m + \overset{-jaZ_fI_a}{E_1} + \overset{jaZ_bI_a}{E_2}$$

$$V_a = (Z_a + Z_e) I_a + a^2 (Z_f + Z_b) I_a + \underset{jaZ_fI_m}{E_3} + \overset{-jaZ_bI_m}{E_4}$$

$$V_m = (Z_s + Z_f + Z_b) I_m + ja(Z_b - Z_f) I_a$$

$$V_a = (Z_a + Z_e + a^2 (Z_f + Z_b)) I_a + ja (Z_f - Z_b) I_m$$

حال از یک تغییر متغیر استفاده می کنیم:

$$Z_T = Z_s + Z_f + Z_b$$

$$Z'_T = (Z_a + Z_e) + a^2 (Z_f + Z_b)$$

$$\begin{bmatrix} V_m \\ V_a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_T & -ja(Z_f - Z_b) \\ ja(Z_f - Z_b) & Z'_T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_m \\ I_a \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_m \\ I_a \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_T Z'_T - a^2 (Z_f - Z_b)^2} \begin{bmatrix} Z'_T & ja(Z_f - Z_b) \\ -ja(Z_f - Z_b) & Z_T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_m \\ V_a \end{bmatrix}$$

$$I_a = \frac{Z_T V_a - ja(Z_f - Z_b) V_m}{Z_T Z'_T - a^2 (Z_f - Z_b)^2}$$

$$I_m = \frac{Z'_T V_m + ja(Z_f - Z_b) V_a}{Z_T Z'_T - a^2 (Z_f - Z_b)^2}$$

در مورد تکفاز با سیم پیچی کمکی اگر بخواهیم از مدار فوق استفاده کنیم باید دو مدار را

باهم موازی کنیم پس:

$V_m = V_a \leftarrow$ موازی می‌شوند

$I_s = I_m + I_a$

بنابراین با داشتن دو شرط فوق می‌توانیم از مدار فوق برای تحلیل مدار تکفاز با سیم پیچی کمکی استفاده می‌کنیم.

محاسبه‌ی توان ورودی در حالت تکفاز با سیم پیچی کمکی:

$P_m = \text{Real}(V_m \cdot I_s^*) = V_s I_s \cos\theta$

برای محاسبه‌ی PF یک یک جریان‌ها را حساب کرده و با هم جمع برداری می‌کنیم و راه دوم این است که P_m را از فرمول فوق محاسبه کرده و تقسیم بر V_{ms} جریان X و تکارز کرده و توان را حساب کنیم.

~~$P_f = \text{Real}(Z_f + Z_b) I_m^2 + \text{Real}\{(E_1 + E_2) I_m^*\}$~~

اونایی که با Z_m مرتبط هستند جدا می‌کنیم. چون جریان باعث به وجود آمدن و تکارز می‌شود.

~~$P_f = \text{Real}((Z_f + \underbrace{j a Z_f}_{E_3}))$~~

$$P_f = \text{Real}\left\{(E_{f_m} + E_1) I_m^*\right\} + \text{Real}\left\{(E_{fa} + E_2) I_a^*\right\}$$

$$= \text{Real}\left\{(Z_f I_m - \underbrace{ja\, Z_f I_a)}_{\text{تأثیر مؤلفه‌ی اصلی}} I_m^*\right\} + \text{Real}\left\{(a^2 Z_f I_a + ja\, Z_f I_m) I_a^*\right\}$$

$$= (I_m^2 + a I_a^2) R_f + 2a I_m I_a R_f \sin\theta_1 \qquad \theta_1 = \overset{\text{فاز } I_a}{\theta_a} - \overset{\text{فاز } I_m}{\theta_m}$$

برای P_b به طریق بالا داریم:

$$P_b = (I_m^2 + a^2 I_a^2) R_b - 2a I_a I_m R_b \sin\theta_1$$

$$P_{net} = P_f - P_b$$

توانی که f ایجاد می‌کند که تأثیراتی که مؤلفه‌ی f روی هر دو سیم‌پیچ ایجاد می‌کند را حساب کرده و با هم جمع می‌کنیم.

$$P_{forword} = (I_m^{۲} + a^{۲} I_a^{۲}) R_f + ۲a R_f I_a I_m \sin\theta$$

$$P_{backword} = (I_m^{۲} + a^{۲} I_a^{۲}) R_b - ۲a R_b I_a I_m \sin\theta$$

$$\theta = -\underbrace{\theta_m}_{\text{زاویه فاز } I_m} + \underbrace{\theta_a}_{\text{زاویه فاز } I_a}$$

توان منتجه:

$$P_{net} = P_{forward} - P_{backward}$$

$$P_{con} = (1-S)\underbrace{P_{net}}_{AG}$$

$$P_{out} = P_{AG}(1-S) - P_{rot}$$

$$T_L = \frac{P_{out}}{\omega_m} = \frac{P_{out}}{(1-S)\omega_S}$$

$$\underbrace{T_{ind}}_{\text{القایی}} = \frac{P_{AG}}{\omega_S} \qquad \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$