



بنام خدا

مبحث پنجم

ماشینهای الکتریکی III

ماشینهای الکتریکی III

رگولاسیون ولتاژ



رگولاسیون ولتاژ

در قسمت قبل دیدیم که بسته به اینکه جریان بار پیشفاز یا پسفاز باشد ولتاژ ترمینال ژنراتور می‌تواند کوچکتر، مساوی یا بزرگتر از ولتاژ القائی باشد. رگولاسیون یا تنظیم ولتاژ، شاخصی برای سنجش تغییرات ولتاژ ترمینال از بی‌باری تا بار کامل می‌باشد که رابطه آن به شکل زیر است:

$$R\% = \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}}$$

توجه شود که در رابطه فوق اندازه ولتاژ در نظر گرفته میشود.

روش مستقیم (برای ماشینهای کوچک)

روش امیدانس سنکرون

روش آمپر دور

روش پوتیه



روشهای غیر مستقیم

روشهای محاسبه

رگولاسیون ولتاژ

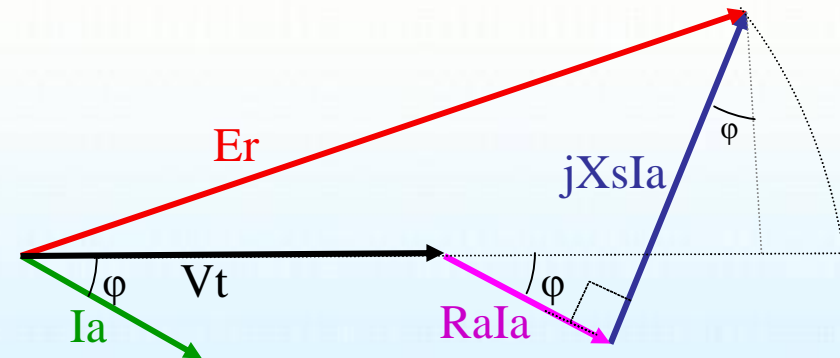




روش امیدانس سنکرون

با داشتن مقادیر راکتانس سنکرون و مقاومت اهمی میتوان مقدار رگولاسیون را برای بارهای مختلف محاسبه کرد بعنوان مثال برای یک بار پس فاز ::

$$R\% = \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}}$$



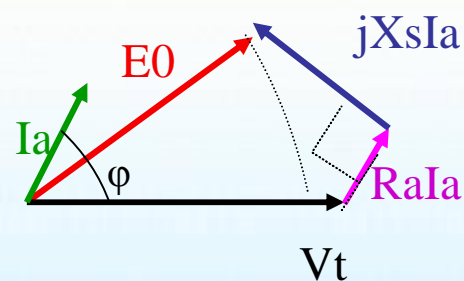
$$E_0 = \sqrt{(V + RI_a \cos \phi + X_s I_a \sin \phi)^2 + (-RI_a \sin \phi + X_s I_a \cos \phi)^2}$$



روش امیدانس سنکرون

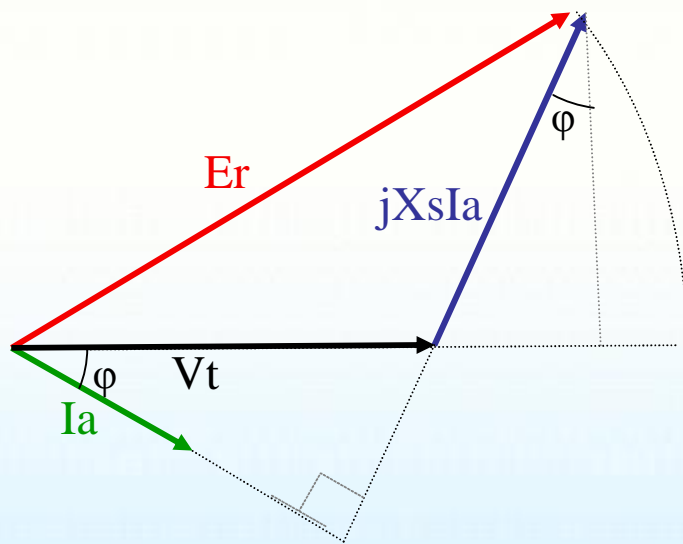
برای یک بار پیشفاز داریم :

$$R\% = \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}}$$



$$E_0 = \sqrt{(V + RI_a \cos \phi - X_s I_a \sin \phi)^2 + (RI_a \sin \phi + X_s I_a \cos \phi)^2}$$

معمولا در محاسبه رگولاسیون ، از مقاومت اهمی بدلیل کوچکی آن ، صرفنظر می شود



$$E_o = \sqrt{(V + X_s I_a \sin j)^2 + (X_s I_a \cos j)^2}$$



روش آمپر دور

در روش امپدانس سنکرون ماهیت عکس العمل آرمیچر و شار پراکندگی بصورت افت ولتاژ در نظر گرفته میشود.

در روش آمپر دور ماهیت عکس العمل آرمیچر و شار پراکندگی بصورت میدانی در نظر گرفته میشود.

فرض کنیم ماشین در بار کامل بوده و ولتاژ نامی را به ما می دهد. جریان تحریک در این حالت I_f شامل مولفه های زیر است. (مولفه ای که I_{fE} را تولید می کند و مولفه ای که اثر عکس العمل آرمیچر را خنثی می کند یا I_{fXs})



روش آمپر دور

روش بدست آوردن هر یک از این مولفه‌ها بصورت زیر است:

از منحنی مدار باز جریان تحریکی را بدست می‌آوریم که ولتاژ بی باری ناشی از آن با ولتاژ نامی برابر باشد. این جریان همان I_{fE} است.

از منحنی اتصال کوتاه جریان تحریکی را بدست می‌آوریم که جریان اتصال کوتاه ناشی از آن برابر جریان نامی باشد. این جریان همان I_{fXs} است.

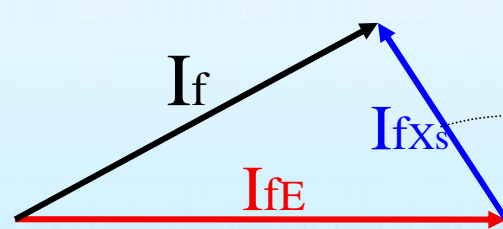
این دو جریان را با توجه به نوع بار ترکیب کرده، I_f و با استفاده از منحنی بی باری، E_o را بدست می‌آوریم.



روش آمپردور

در نهایت با استفاده از این رابطه رگولاسیون محاسبه می شود .

$$R\% = \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}}$$





تمرین

نتایج زیر از آزمایش بر روی یک ژنراتور ۶۶۰۰ ولت بدست آمده است .

If(A): 16 25 37.5 50 70

E(V): 3100 4900 6600 7500 8300

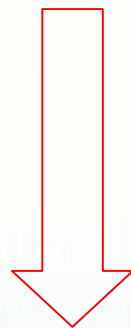
یک جریان تحریک ۲۰ آمپری جهت به گردش در آوردن جریان بار کامل در اتصال کوتاه مورد نیاز می باشد . از طریق روش آمپر دور و روش امپدانس سنکرون رگولاسیون بار کامل را در ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز حساب کنید . از مقاومت سیم پیچی آرمیچر صرف نظر کنید .



تمرین

روش آمپر دور

پاسخ :



$$I_f = I_{f1} + I_{f2}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{تولید کننده ولتاژ} \\ \text{نامی در بار کامل} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{تولید کننده ولتاژ} \\ \text{نامی در بی باری} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{جریان غلبه کننده بر} \\ \text{عکس العمل آرمیچر} \end{array} \right)$$

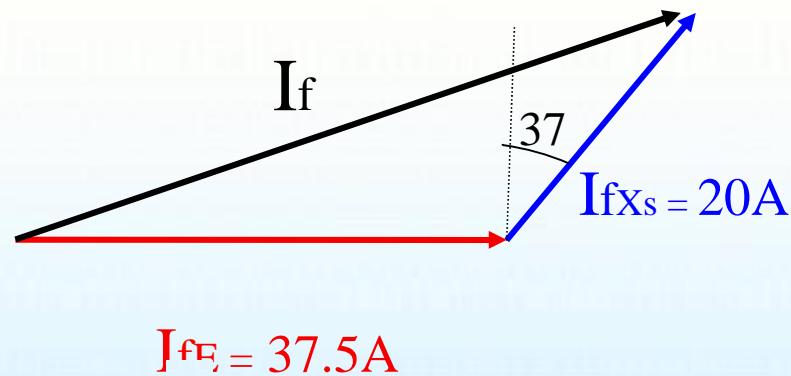
$$I_{f1} = 37.5$$

$$I_{f2} = 20$$

از جدول :

ادامه پاسخ تمرین

با ضریب قدرت 0.8 پس فاز، زاویه قدرت -37 می باشد در نتیجه:



$$I_{fT} = \sqrt{(37.5 + 20 \times 0.6)^2 + (20 + 0.8)^2} = 52$$



ادامه پاسخ تمرین

از روی منحنی بی باری برای $I_f = 56 \text{ A}$ ولتاژ بی باری برابر 7600 بدست می آید:

$$I_{fT} \xrightarrow{O.C.C} E$$

$$52 \xrightarrow{O.C.C} 7600$$

$$R\% = \frac{7600 - 6600}{6600} \times 100 = 15\%$$

پاسخ تمرین بروش امیدانس سنکرون :

$$x_s = \frac{E_{oc}}{I_{sc}} \Big|_{I_f = cte}$$

. مقدار جریان اتصال کوتاه بازای جریان تحریک بی باری را حساب میکنیم:

$$I_f \rightarrow I_{sc}$$

$$20 \rightarrow 1$$

$$37.5 \rightarrow ? \Rightarrow 1.88$$

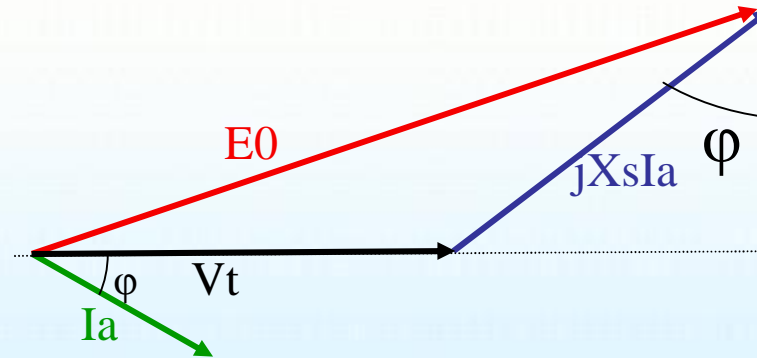




پاسخ تمرین بروش امپدانس سنکرون :

. مقدار امپدانس سنکرون را حساب میکنیم:

$$x_s = \frac{E_{oc}}{I_{sc}} \Big|_{I_f=37.5} = \frac{1}{1.88} = 0.53$$



$$E_o = \sqrt{(V + X_s I_a \sin j)^2 + (X_s I_a \cos j)^2} = 1.387$$



پاسخ تمرین بروش امیدانس سنکرون :

. مقدار تنظیم ولتاژ را حساب میکنیم:

$$R\% = \frac{E_0 - V_{FL}}{V_{FL}} = \frac{1.387 - 1}{1} = 38.7\%$$



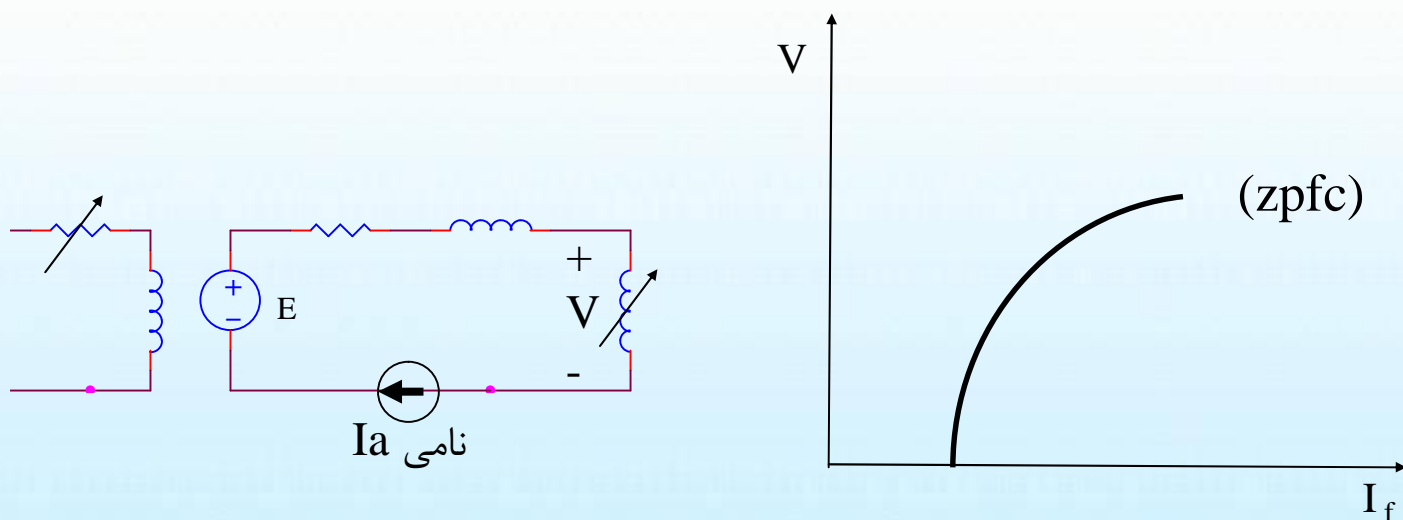
روش پوتیه

ملزومات این روش

← منحنی مشخصه بی باری (occ)

← منحنی مشخصه ضریب قدرت صفر (zpf)

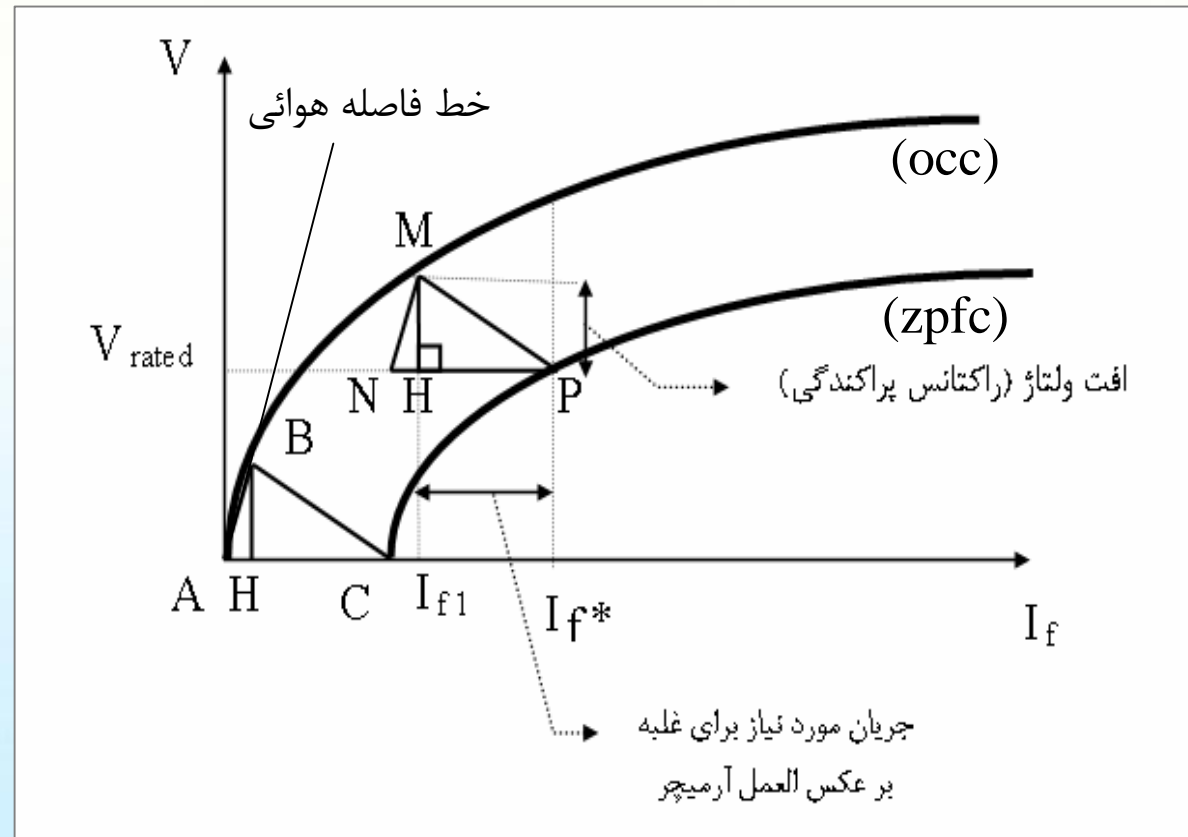
روش بدست آوردن منحنی مشخصه ضریب قدرت صفر



در مقادیر مختلف راکتانس بار ، جریان تحریک را آنگونه تنظیم می کنیم که جریان نامی از آرمیچر اخذ شود .

روش پوتیه

روش رسم مثلث پوتیه





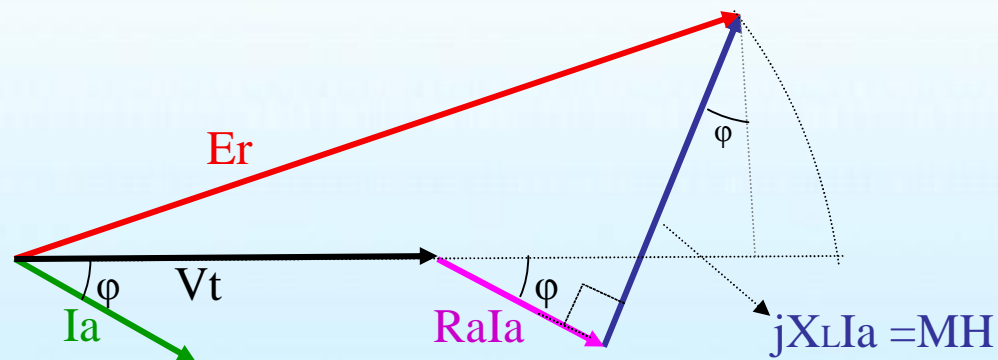
مراحل بدست آوردن رگولاسیون ولتاژ با استفاده از روش پوتیه

۱- رسم و بدست آوردن مثلث پوتیه

۲- تعیین میزان افت ولتاژ ناشی از راکتانس پراکندگی (MH)

۳- تعیین میزان جریان عکس العمل آرمیچر با استفاده از مثلث پوتیه

۴- محاسبه نیرو محرکه بیرونی (جمع برداری نیرو محرکه القائی و افت ولتاژ عکس العمل آرمیچر)



$$|E| = \sqrt{(V + R_a I_a \cos\phi + X_L I_a \sin\phi)^2 + (X_s I_a \cos\phi - R_a I_a \sin\phi)^2}$$

نیرو محرکه بیرونی



مراحل بدست آوردن رگولاسیون ولتاژ با استفاده از روش پوتیه (ادامه)

۵- تعیین جریان تحریک لازم برای ایجاد نیرو محرکه بیرونی (IfE) با استفاده از (occ)

۶- جمع برداری جریان تحریک بدست آمده در ۵ با جریان تحریک بدست آمده در ۳

(این کار به همان صورتی که در روش آمپر دور انجام شد صورت می گیرد)

۷- تعیین نیرو محرکه داخلی از روی منحنی بی باری با استفاده از جریان تحریک بدست آمده در

۶

۸- محاسبه رگولاسیون با استفاده از رابطه زیر

$$R\% = \frac{|E| - |V_t|}{|V_t|} \cdot 100$$

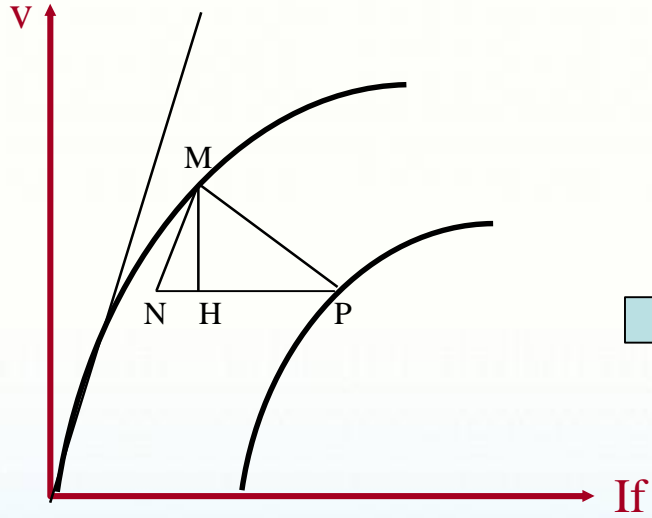


مثال

یک ژنراتور سنکرون سه فاز 11KV ، 1000KVA متصل شده به صورت ستاره دارای مقاومت 2^{Ω} در فاز می باشد مشخصه های بی باری و ضریب قدرت صفر این ژنراتور به شرح زیر است.

If(A) :	40	50	110	140	180
E(V):	5800	7000	12500	13750	15000
VZPFC(V):	0	1500	8500	10500	12500

تنظیم ولتاژ در جریان بار کامل تحت ضریب قدرت ۰/۸ پس فاز را از روش پوتیه بدست آورید .



$$NP = 40A$$

$$MH = X_1 I_a = 1000V$$

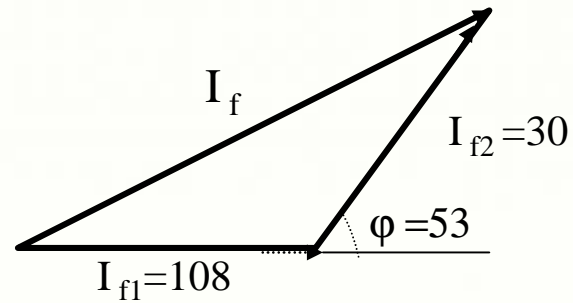
$$HP = 30A$$

$$E = \sqrt{(V_t \cos \phi + R_s I_a)^2 + (V_t \sin \phi + X_1 I_a)^2}$$

$$= \sqrt{(6850 \cdot 0.8 + 2 \cdot 52.5)^2 + (6850 \cdot 0.6 + 1000)^2} = 7080$$

$$E = 7080$$

$$I_{f1} = 108 A$$



$$I_f = 128.3A \quad E = 7700V$$

$$\text{Reg}\% = \frac{7700 - 6350}{6350} \cdot 100 = 21\%$$