۱- مبانی و اصول اساسی سیستم های قدرت.
۲- پارامترهای خطوط انتقال انرژی الکتریکی
۳- بررسی پارامترهای خطوط انتقال
۴- مدل سازی سیستم های قدرت
۵- پخش بار.

توان در سیستم های تک فاز: اگر در یک المان الکتریکی رابطه ولتاژ و جریان لحظه ای در حالت دائمی سینوسی به صورت زیر است:

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \theta_v)$$
$$I(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$$

توان لحظه ای این المان به صورت زیر در می آید.

$$p(t) = v(t) \cdot I(t) = V_m \cdot I_m \cdot \cos(\omega t + \theta_v) \cos(\omega t + \theta_i)$$

متادیر موثر جریان و زاویه بین ولتاژ و جریان و ضرب توان θ به صورت زیر می باشد.

$$|V| = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \qquad |I| = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$\theta = \theta_v - \theta_i$$

در مسائل مربوط به توان اغلب به محاسبه متوسط توان لحظه ای نیاز داریم. متوسط توان لحظه ای که توان اکتیو نامیده می شود و همچنین توان های راکتیو و ظاهری به صورت زیر بیان می شوند.

کسینوس φ ($\cos\varphi$) زاویه بین ولتاژ و جریان می باشد که در محاسبه توان های اکتیو و راکتیو موثر می باشد. $\varphi = \theta$

در بعضی موارد بجای φ، θ هم استفاده می شود.

توان اکتیو: $P = |V| \cdot |I| \cdot \cos\varphi$

توان راکتیو: $Q = |V| \cdot |I| \cdot \sin\theta$

توان ظاهری: $S = P + jQ = V \cdot I^{*} = \sqrt{P^2 + Q^2}$ (استاد)

$$|S| = |V| \cdot |I| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

فقط دامنه حساب می شود.

MEHR

Subject:
Year. Month. Date.

Sa Su Mo Tu We Th Fr

ضریب توان: $\cos\varphi = PF$

مثال: مقادیر ولتاژ و جریان در یک بار الکتریکی به صورت

$I(t) = 12\sqrt{2}\cos(\omega t - 25)$ ، $v(t) = 150\sqrt{2}\cos(\omega t + 30)$

محاسبه مقادیر $p(t)$ ، P ، Q ، S

$V = \frac{V_M}{\sqrt{2}} = \frac{150\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 150\ (V)$ ، $I = \frac{I_M}{\sqrt{2}} = \frac{12\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 12$

$\varphi = \theta_V - \theta_I = 30 - (-25) = 55^\circ$

$P(t) = v(t).I(t).\cos\theta \Rightarrow 150\sqrt{2} \times 12\sqrt{2} \times \cos(55) =$

$2044\ [W]$

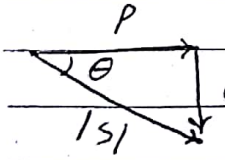
$P = |V|.|I|.\cos\varphi = 150 \times 12 \times \cos 55 = 1024\ [W]$

$Q = |V|.|I|.\sin\varphi = 150 \times 12 \times \sin 55 = 1440\ [V.A.R]$

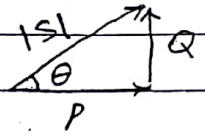
$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{1024^2 + 1440^2} = 1768\ [V.A]$

مثلث توان: با توجه به روابط قبل توان ظاهری را می‌توان توسط یک مثلث قائم‌الزاویه به صورت زیر ترسیم کرد.

مثلث توان در حالت پس فاز به صورت زیری باشد.



مثلث توان در حالت پیش فاز به صورت روبروی باشد.



$P.F = \cos\varphi = \frac{P}{|S|} \star \sin\varphi = \frac{Q}{|S|} \star \tan\varphi = \frac{Q}{P}$

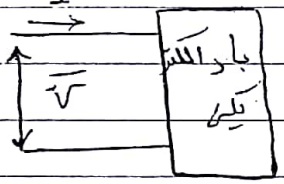
MEHR

Scanned by CamScanner

Subject:
Year. Month. Date. Sa Su Mo Tu We Th Fr

لازم به ذکر است که در بعضی منابع جای مثلث توان سینوسی و پیشفازی عوض شده که این موضوع قراردادی می باشد. و تناقضی در محاسبات ایجاد نمی کند.

امپدانس و ادمیتانس: فرض کنید یک شبکه الکتریکی مطابق شکل روبرو به یک منبع ولتاژ سینوسی با ولتاژ $\bar{V}$ وصل شده است. این سیستم جریان موثر $\bar{I}$ را از منبع جذب و دریافت می کند.



در شکل بالا برای داشتن فازورهای ولتاژ و جریان، امپدانس و ادمیتانس شبکه از دید نقطه تحریک به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\text{امپدانس}: Z = \frac{\bar{V}}{\bar{I}}$$

$$\text{ادمیتانس}: Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{\frac{\bar{V}}{\bar{I}}} = \frac{\bar{I}}{\bar{V}}$$

در حالت کلی امپدانس یک عدد مختلط بود که به شکل $Z = R + jX$ می باشد که R مقاومت اهمی و X راکتانس می باشد.

$X > 0$ راکتانس سلفی $\rightarrow X_L = L.W$

$X < 0$ راکتانس خازنی $\rightarrow X_C = \frac{-1}{C.W}$

در ادمیتانس (Y): شکل ادمیتانس به صورت $Y = G + jB$ که G کندوکتانس و B سوسپتانس.

$B > 0$ سوسپتانس خازنی $B_C = C.W$

$B < 0$ سوسپتانس سلفی $B_C = \frac{-1}{L.W}$

مثال: امپدانس مداری زیر را محاسبه نمایید.

$\bar{V} = 150 \angle 30^\circ$ $\quad Z = \frac{\bar{V}}{\bar{I}} = \frac{150 \angle 30}{12 \angle -25} = 12.5 \angle 55^\circ$

$\bar{I} = 12 \angle -25^\circ$

$Z = 7.1 + j10.2 \Rightarrow R = 7.1\ (\Omega)$ و $X = 10.2\ (\Omega)$

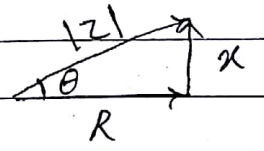
MEHR

Scanned by CamScanner

Subject:
Year. Month. Date.

Sa Su Mo Tu We Th Fr

مثلث امپدانس: دیاگرام امپدانس به صورت روبرو می باشد.



$$p.f = \cos\varphi = \frac{R}{|Z|}$$

$$\sin\varphi = \frac{X}{|Z|}$$

$$\tan\varphi = \frac{X}{R}$$

نکته: توان مختلط و امپدانس دارای زاویه θ هستند درصورتی که توان مختلط یک بار و ولتاژ دوسر آن معلوم باشد بار به صورت زیر محاسبه می شود. $Z = \frac{|V|^2}{S^*}$

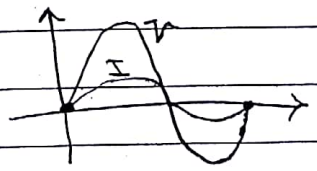
با توجه به روابط فازوری توانهای اکتیو و راکتیو برای المانهای مقاومت، سلف، خازن به صورت زیر استنباط می شود.

مقاومت: برای المان مقاومت فاز ولتاژ و جریان یکسان است (همفاز) به همین دلیل در مقاومت تو انهای اکتیو و راکتیو به این صورت می باشد.

($Q = 0$ و $P \neq 0$)

نکته: برای بار مقاومتی ضریب توان برابر یک (۱) می باشد بنابراین توانهای ظاهری و حقیقی با هم برابر می باشند.

توان ظاهری $|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(P^2 + 0^2)}$

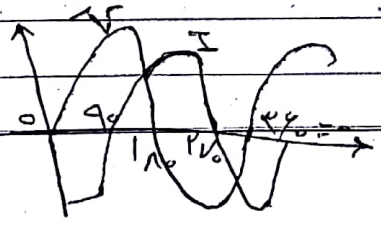


$\theta_V = 0$ $\quad \varphi = \theta_V - \theta_I$

$\theta_I = 0$ $\quad \varphi = (0 - 0) = 0$

$\varphi = (\theta_V - \theta_I)$ $\quad \cos\varphi = \cos(0)^\circ = 1$

سلف: در این المان فاز جریان ۹۰° از فاز ولتاژ عقب تر می باشد (پسفاز) به همین دلیل سلف توان راکتیو مصرف می کند و توان اکتیو آن برابر صفر می باشد. ($Q > 0$ و $P = 0$)



MEHR

Scanned by CamScanner

Subject:
Year. Month. Date.

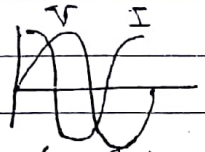
۵

Sa Su Mo Tu We Th Fr

$\varphi = (\theta_V - \theta_I) = 0 - 90 = +90$

$\varphi = 90 \quad \cos\varphi = \cos(90^\circ) = 0$

خازن: در این المان فاز جریان ۹۰° نسبت به فاز ولتاژ جلوتر می‌باشد (پیشفاز) به همین دلیل خازن توان راکتیو تولید می‌کند و توان اکتیو آن برابر صفر است ($Q<0$ و $P=0$)



$\varphi = (\theta_V - \theta_I) = (0 - 90) = -90 \Rightarrow \cos\varphi \Rightarrow \cos -90 = 0$

با توجه به المانهای بالا و فازمبرهای آنها هرجا $Q>0$ بود توان راکتیو مصرف می‌شود و ضریب توان پس فاز می‌باشد و هرجا $Q<0$ بود توان راکتیو تولید می‌شود و ضریب توان پیشفاز می‌باشد.

توان های اکتیو و راکتیو برای یک امپدانس از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$Z = R + jX$

$P = |I|^2 \cdot R$

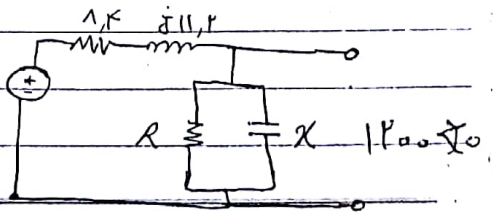
$Q = |I|^2 \cdot X$

همچنین توان های اکتیو و راکتیو با مشخص بودن ولتاژ دو سر المان برای امپدانس $Z = R + jX$ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$P = \frac{V^2 R}{R^2 + X^2} \qquad Q = \frac{V^2 X}{R^2 + X^2}$

مثال: بار نشان داده شده در شکل مقابل یک مقاومت (R) است که با یک خازن با راکتانس X موازی شده است. این بار توسط یک منبع تک فاز از طریق خطی با امپدانس $0{,}4 + j1{,}2$ تغذیه می‌شود. ولتاژ دو سر بار $1200\angle 0$ و توان بار $30\,kVA$ و ضریب توان $0{,}8$ پیشفاز می‌باشد. مقادیر R و X را محاسبه نمایید. و ولتاژ منبع را محاسبه نمایید.

$\cos\varphi = 0{,}8$ و $\sin\varphi = 0{,}6$



MEHR

Scanned by CamScanner

$Q_c = |S| \cdot \sin\varphi = ۳۰ \times ۰,۶ = ۱۸ \text{ kVAR}$

$X_c = \frac{V^۲}{Q_c} = \frac{(۱۲۰۰)^۲}{۱۸۰۰۰} = ۸۰\,\Omega = X_c$

$P = |S| \cdot \cos\varphi = ۳۰ \times ۰,۸ = ۲۴ \text{ kW}$

$R = \frac{V^۲}{P} = \frac{(۱۲۰۰)^۲}{۲۴۰۰۰} = ۶۰\,(\Omega) = R$

$Z_L = \frac{R \times jX}{R + jX} = \frac{۶۰ \times j(-۸۰)}{۶۰ + j(-۸۰)} = ۴۸\angle -۳۶,۸۷^\circ$ (خازنی)

$\bar{I} = \frac{\bar{V}_L}{Z_L} = \frac{۱۲۰۰\angle ۰}{۴۸\angle -۳۶,۸۷} = ۲۵\angle ۳۶,۸۷$

$\bar{V} = \bar{V}_L + (\bar{I}_L \cdot Z_L) = ۱۲۰۰\angle ۰ + (۲۵\angle ۳۶,۸۷ \times (۸,۴ + j۱۱,۲))$ — $۱۴\angle ۵۳,۱۳$

$\bar{V} = ۱۲۰۰\angle ۰ + (۲۵\angle ۳۶,۸۷ \times ۱۴\angle ۵۳,۱۳) = ۱۲۵۰\angle ۱۶,۲$

راه حل دوم:

$S = ۲۴ - j۱۸ \text{ kVA}$

$S = \bar{V} \cdot \bar{I}^* \Rightarrow \bar{I} = \frac{\bar{S}^*}{\bar{V}^*} = \frac{۲۴k + j۱۸k}{۱۲۰۰\angle ۰}$

طرفین را ضریب * می‌گیریم.

$\bar{I} = ۲۵\angle ۳۶,۸۷^\circ$

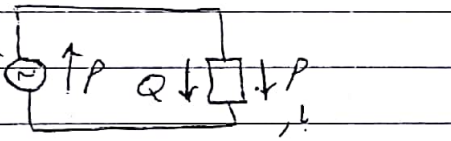
$\bar{V} = \bar{V}_L + (\bar{I} \cdot Z_L) = ۱۲۵۰\angle ۱۶,۲^\circ$

خازن گذاری (اصلاح ضریب توان) در سیستم های قدرت: برای افزایش ضریب قدرت در شبکه هایی که ضریب توان پائینی دارند خازن به مدار اضافه می‌شود. درحالی که خازن توان راکتیو تولید می‌کند براین اساس سعی می‌شود که بخشی از توان راکتیو مصرفی بار توسط خازن در دو سر بار به صورت محلی تامین می‌گردد. برای درک بهتر موضوع فرض می‌کنیم یک منبع تکفاز

MEHR

Scanned by CamScanner

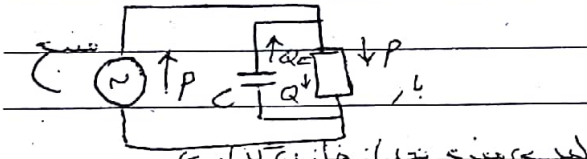
توسط یک خط انتقال به یک بار سلفی متصل شده است در این حالت طبق شکل زیر منبع تامین کننده توان کل توان اکتیو و راکتیو مصرفی بار می باشد.



برای درک بهتر مطلب از مقاومت خط انتقال صرف نظر شده است. بر طبق مثلث توان ضریب قدرت انتهای خط به صورت زیر می باشد.

$$P.F = \cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}$$

حال برای بهبود ضریب توان (P.F) طبق شکل زیر خازنی را با بار موازی می کنیم در این حالت از آنجایی که خازن توان راکتیو Q_c را تولید می کند. بنابراین خازن مورد نظر توان راکتیو $(Q-Q_c)$ را تأمین می کند و منبع فقط توان اکتیو را تولید خواهد کرد.



توان تولیدی منبع بعد از خازن گذاری

پس از اضافه کردن خازن به مدار رابطه ی P.F انتهای خط به صورت زیر خواهد بود.

$$P.F = \frac{P}{|S|} = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} = \frac{P}{\sqrt{P^2+(Q-Q_c)^2}}$$

در صورتی که $Q = Q_c$ باشد.

$$P.F = \frac{P}{\sqrt{P^2+0^2}} = 1$$

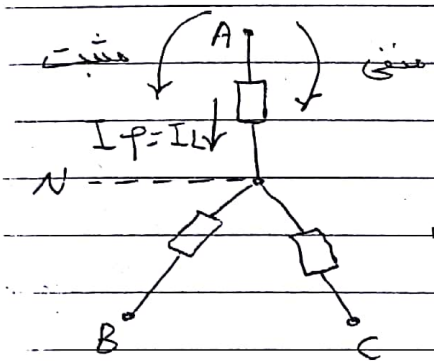
از دیگر مزایای خازن گذاری می توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- کاهش جریان خط و در نتیجه کاهش تلفات شبکه ۲- کاهش تلفات شبکه ۳- آزادسازی ظرفیت تراسفورماتورها و خطوط و مولدها و ...

سیستم های سه فازه متقارن: در سیستم های سه فازه انتقال بارها و منابع به دو صورت ستاره (Y) و مثلث (Δ) امکان پذیر می باشد.

MEHR

Scanned by CamScanner

سیستم های سه فاز متقارن : دارای دو توالی مثبت و منفی می باشد
مثبت (ABC) ، منفی (AcB)



توالی مثبت
$V_{an} = V_P \angle 0°$
$V_{bn} = V_P \angle -120°$
$V_{cn} = V_P \angle +120°$ یا $-240°$

توالی منفی
$V_{an} = V_P \angle 0°$
$V_{bn} = V_P \angle +120°$
$V_{cn} = V_P \angle +240°$ یا $-120°$

در سیستم های سه فاز ۴ با دو نوع ولتاژ (فازی و خطی) و دو نوع جریان (فازی و خطی) مواجه هستیم . در سیستم ستاره جریان های فازی و خطی با یکدیگر برابرند .

دامنه ولتاژهای خطی $\sqrt{3}$ برابر دامنه ولتاژهای فازی می باشد .

در توالی مثبت
$V_{ab} = \sqrt{3} \cdot V_P \angle +30°$
$V_{bc} = \sqrt{3} \cdot V_P \angle -90°$
$V_{ca} = \sqrt{3} \cdot V_P \angle -210°$

$\bar{V}_{ab} = \bar{V}_{an} - \bar{V}_{bn} = V_P \angle 0° - V_P \angle -120° = V_P (1 \angle 0° - 1 \angle -120°)$
$= \sqrt{3} \cdot V_P \angle 30°$

در توالی منفی
$V_{ab} = \sqrt{3} V_P \angle -30°$
$V_{bc} = \sqrt{3} \cdot V_P \angle +90°$
$V_{ca} = \sqrt{3} V_P \angle +210°$

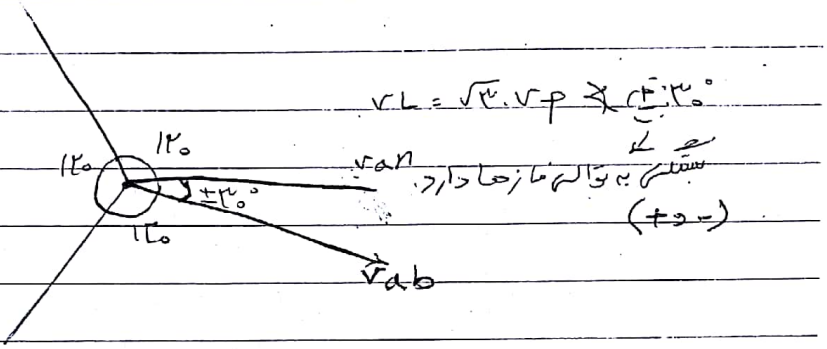
MEHR

Scanned by CamScanner

Scanned by CamScanner

$\bar{V}_{bc} = \bar{V}_{bn} - \bar{V}_{cn} = V_p \angle -120^\circ - V_p \angle -240^\circ = \sqrt{3}\, V_p \angle -90^\circ$

V_{bn} ،



$V_L = \sqrt{3} . V_p \angle 30^\circ$

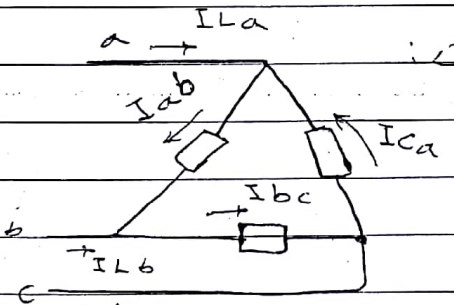
بستگی به توالی فازها دارد.

(+و-)

نکته: در صورتی که بار سه فاز متعادل باشد نقطه n و nعم پتانسیل هستند یعنی $V_{on} = 0$ می‌باشد در صورتی که بار سه فاز نامتعادل باشد و نقطه o و n هم‌پتانسیل نباشند در این صورت V_{on} از رابطه روبرو به دست می‌آید.

$$V_{on} = \frac{Y_A \cdot V_{an} + Y_B \cdot V_{bn} + Y_C \cdot V_{cn}}{Y_A + Y_B + Y_C}$$

سیستم سه فازه با اتصال مثلث:



در اتصال مثلث I_{ca} ، I_{bc} ، I_{ab} جریان‌های فازی و I_{Lc} ، I_{Lb} ، I_{La} جریان‌های خطی می‌باشند.

در توالی مثبت:

$\bar{I}_{ab} = I_p \angle 0^\circ$

$\bar{I}_{bc} = I_p \angle -120^\circ \xrightarrow{\bar{I}_{La}} \bar{I}_{ab} - \bar{I}_{ca} = \sqrt{3} . I_p \angle -30^\circ$

$\bar{I}_{ca} = I_p \angle -240^\circ$

MEHR

نتیجه: دامنه جریان های خطی $\sqrt{3}$ برابر بزرگتر از دامنه جریان های فازی می باشد.

توالی مثبت:
$$\bar{I}_{ab} = I_\varphi \angle 0^\circ$$
$$\bar{I}_{bc} = I_\varphi \angle -120^\circ$$
$$\bar{I}_{ca} = I_\varphi \angle +120^\circ$$

در توالی مثبت: $I_L = \sqrt{3}\, I_\varphi \angle -30^\circ$

در توالی منفی: $I_L = \sqrt{3}\, I_\varphi \angle +30^\circ$

برای تبدیل بارهای متعادل از اتصال مثلث به اتصال ستاره از رابطه روبرو استفاده می شود.

$$Z_\varphi = \frac{Z_L}{\sqrt{3}} \angle \pm 30^\circ$$

توان در سیستم های سه فازه:

$$Z_\lambda = \frac{1}{3} Z_\Delta$$

اگر بار یک سیستم سه فازه متعادل باشد، روابط توان برحسب ولتاژ و جریان های فازی و خطی به صورت زیر محاسبه می شوند.

توان اکتیو: $P_{3\varphi} = 3 . V_\varphi . I_\varphi . \cos\theta = \sqrt{3} . V_L . I_L . \cos\theta$

توان راکتیو: $Q_{3\varphi} = 3 . V_\varphi . I_\varphi . \sin\theta = \sqrt{3} . V_L . I_L . \sin\theta$

توان ظاهری: $|S| = 3 . V_\varphi . I_\varphi = \sqrt{3} . V_{LL} . I_L$

توان مختلط: $S = P_{3\varphi} + j Q_{3\varphi} = 3 . V_\varphi . I_\varphi^*$

ضریب توان: $PF = \cos\varphi = \cos(\varphi_V - \varphi_I)$

MEHR

Scanned by CamScanner

اگر سیستم سه فاز نامتعادل باشد باید توان آکتیو و راکتیو هر فاز به صورت جداگانه محاسبه شود و برای توان سه فازه هر سه توان با یکدیگر جمع شوند.

$S_a = \bar{V}_{\varphi a} \cdot \bar{I}^*_{\varphi a} = P_a + jQ_a$

$S_b = \bar{V}_{\varphi b} \cdot \bar{I}^*_{\varphi b} = P_b + jQ_b \Rightarrow$

$S_c = \bar{V}_{\varphi c} \cdot \bar{I}^*_{\varphi c} = P_c + jQ_c$

$P_{3\varphi} = P_a + P_b + P_c$

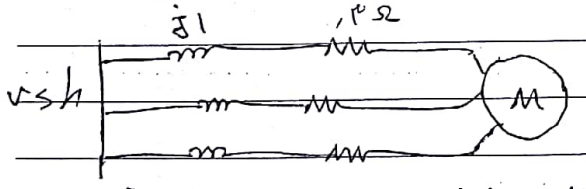
$Q_{3\varphi} = Q_a + Q_b + Q_c$

تمرین: یک موتور سه فاز با توان ۱۵ HP وقتی در بار کامل با بازدهی ۹۰٪ و ضریب توان ۰٫۸ پسفاز کار می‌کند.

الف) چه جریانی از یک خط سه فاز ۴۴۰V می‌کشد و مقادیر P و Q مصرفی را محاسبه نمائید.

ب) در صورتی که موتور از طریق سه خط با امپدانس $Z = 0{,}3 + j0{,}2\ \Omega$ در هر فاز به یک شین متصل است تغذیه شود. ولتاژ شین را بدست آورید. $\eta = 0{,}9$

دیاگرام سیستم به این صورت می‌باشد.



پسفاز $\cos\varphi = 0{,}8$

$P_2 = 15 \times 746 = 11190\ (W)$

$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{11190}{0{,}9} = 12433\ (W) \angle \cos^{-1}(0{,}8) = -36{,}86^\circ$

$I = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\varphi} = \frac{12433}{1{,}732 \times 440 \times 0{,}8} = 20{,}39 \angle -36{,}86^\circ$

$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot 440 \cdot 20{,}39 \cdot 0{,}6 = 9324\ (V.A.R)$

$V_{sh} = V_\varphi + (I \cdot Z_L) = 440\angle 0 + (20{,}39\angle -36{,}86^\circ \times 1{,}044$

$\angle 73{,}3) \Rightarrow V_{sh} = 440\angle 0 + 21{,}28\angle -36{,}44^\circ =$

$457{,}3 \angle 1{,}58$

MEHR

Scanned by CamScanner

مقادیر نسبت به واحد یا (پریونیت) مقدار واقعی یک کمیت در هر واحدی
= مقدار یک کمیت برحسب پریونیت (p.u) / مقدار مبنای انتخاب شده در همان واحد (b)
مقادیر مبنا در سیستم تکفاز به صورت زیر تعریف می‌گردد.
جریان مبنا ← Ib برحسب A
ولتاژ مبنا ← Vb برحسب kV
توان مبنا ← |Sb| برحسب MVA یا kVA
امپدانس مبنا ← Zb برحسب Ω
انتخاب مبنای دو کمیت از کمیت‌های فوق کفایت می‌کند و دو کمیت دیگر از روابط زیر بدست می‌آیند. در سیستم‌های قدرت مرسوم است که ولتاژ و توان مبنا انتخاب می‌شود.

$$Sb = Vb \cdot Ib \ (kVA) \Rightarrow Sb = 10^{-3} \cdot Vb \cdot Ib \ (MVA)$$

$$Zb = \frac{Vb}{Ib} = \frac{Vb}{Sb/Vb} = \frac{Vb^2}{Sb}$$

نکته: در روابط $Zb = \frac{Vb^2}{Sb}$ برای اینکه مقدار Zb برحسب Ω بدست آید Vb باید برحسب (kV) و Sb برحسب (MVA) باشد.
کلیه روابطی که در یک سیستم با مقادیر واقعی داریم برحسب پریونیت به قرار زیر است

$$S_{pu} = \frac{S}{Sb} = \frac{P+jQ}{Sb} = \frac{P}{Sb} + j\frac{Q}{Sb} = P_{pu} + jQ_{pu}$$

$$\bar{V}_{pu} = Z_{pu} \cdot \bar{I}_{pu} \quad , \quad P_{pu} = V_{pu} \cdot I_{pu} \cdot \cos\theta$$

$$Q_{pu} = V_{pu} \cdot I_{pu} \cdot \sin\theta \quad , \quad S_{pu} = P_{pu} + jQ_{pu} = \bar{V}_{pu} \cdot I_{pu}^*$$

$$Z_{pu} = R_{pu} + jX_{pu}$$

پریونیت در سیستم سه فازه متعادل: رابطه بین کمیت‌های مبنا در سیستم‌های سه فاز به شکل زیر است.

$$Vb_\phi = \frac{Vb_{(LL)}}{\sqrt{3}} \qquad \text{تذکره}$$

$$Ib = |Sb_{(3\phi)}| \qquad Zb = \frac{Vb_{(LL)}^2}{Sb}$$

$$\sqrt{3}\,|Vb_{(LL)}|$$

MEHR

نکته: ولتاژ فاز براساس ولتاژ مبنای فاز و ولتاژ خط براساس ولتاژ مبنای خط بریونیت می‌شود.

نکته: در سیستم های پریونیت اندازه ولتاژهای خط و فاز دقیقاً با هم برابرند و به همین دلیل نیازی به ذکر اندیس ولتاژ فازی یا خطی نمی‌باشد.

$$S_{pu} = \frac{S}{S_b} = \frac{\sqrt{3}\cdot V\cdot I^*}{\sqrt{3}\cdot V_b\cdot I_b^*} = \frac{V}{V_b}\cdot\frac{I}{I_b} = V_{pu}\cdot I_{pu}$$

$$P_{pu} = V_{pu}\cdot I_{pu}\cdot\cos\theta$$

$$Q_{pu} = V_{pu}\cdot I_{pu}\cdot\sin\theta$$

$$|S_{pu}| = V_{pu}\cdot I_{pu}$$

تغییر مبنای امپدانس: در برخی از مسائل امپدانس برحسب پریونیت از یک سیستم برمبنای متفاوت از مبنای انتخاب شده برای آن سیستم داده می‌شود به علت اینکه برای محاسبات، امپدانس کلیه قسمت های سیستم باید براساس مبنای یکسان بیان شود بنابراین برای تبدیل پریونیت از یک مبنا به مبنای دیگر داریم:

$$Z_{(pu)}^{new} = Z_{(pu)}^{old}\left[\frac{S_b^{new}}{S_b^{old}}\right]\left[\frac{V_b^{old}}{V_b^{new}}\right]^2$$

پارامترهای خطوط انتقال انرژی الکتریکی: رابطه‌ی تلفات خط و سطح ولتاژ: اگر خط انتقال با مقاومت R و راکتانس X توان عبوری $P_S + jQ_S$ داشته باشیم آنگاه تلفات اکتیو و راکتیو خط انتقال به صورت روابط زیر محاسبه می‌شود

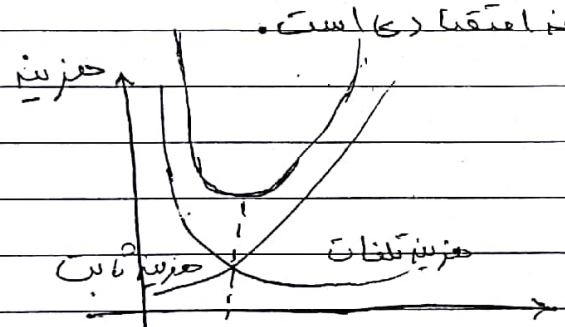
$$P_{loss} = R\cdot\frac{P_S^2 + jQ_S^2}{|V|^2} \qquad (۲-۱)$$

$$Q_{loss} = X\cdot\frac{P_S^2 + jQ_S^2}{|V|^2} \qquad (۲-۲)$$

در سیستم های قدرت مطلوب است تلفات خط انتقال را کاهش دهیم با توجه به روابط (۲-۱) و (۲-۲) موثرترین راه کاهش تلفات افزایش ولتاژ خط است.

MEHR

که این کار باعث کاهش هزینه تلفات می‌شود. از طرفی با افزایش ولتاژ خط هزینه‌های سرمایه‌گذاری یا ثابت شبکه افزایش می‌یابد که برایند این دو منحنی هزینه‌ء منحنی مطابق شکل زیر بدست می‌آید که مینیمم متوالر آن سطح ولتاژ بهینه اقتصادی است.

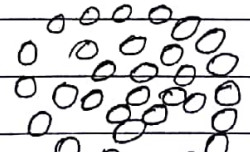


ولتاژ بهینه جهت انتقال

انواع هادی‌های خطوط انتقال: ۱- هادی آلومینیوم و فولادی ACSR ۲۰- هادی‌های تمام آلومینیومی AAC ۳- هادی‌های فولادی با روکش آلومینیومی ACAR ۴- هادی‌های آلومینیومی تقویت شده با آلیاژ AAAC.

هادی ACSR

آلومینیوم AL = ۲۴
استیل ST = ۷



(۳-۲) مقاومت خط: مقاومت هادی مهمترین علت تضاوت توان در سیک خط انتقال است منظور از مقاومت همان مقاومت اهمی یا همان R است. مقاومت dc برای یک هادی در دمای ۲۰°c سلسیوس از رابطه (۳-۲) قابل محاسبه می‌شود.

$$R_{dc} = \rho \frac{l}{A}$$

l: طول هادی برحسب متر، ρ: مقاومت مخصوص یا مقاومت مشخص هادی برحسب Ω/m، A: سطح مقطع هادی برحسب متر مربع

ضریب افزایش مقاومت

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha \Delta t)$$

$\Delta T = T_2 - T_1$ تغییرات دما، T_1: دمای محیط $\rightarrow 20^\circ C$

MEHR

مقاومت اهمی هادی ها تابع طول انتقال و کابل ها به چهار عامل، درجه حرارت، فرکانس، دامنه جریان و عامل پیچش بستگی دارد. $X_L = L\omega$ هادی های رشته ای بعد از آنکه پیچانده شوند مقاومت $W = 2\pi F$ اهمی آنها لااقل ۲ درصد افزایش می یابد رابطه دیگری برای بیان این تغییر مقاومت با تغییر درجه حرارت مطابق رابطه زیر است.

$$R_2 = R_1 \frac{T + t_2}{T + t_1}$$

T: طبق جدول

در رابطه فوق پارامتر T عدد ثابتی است که به جنس هادی بستگی دارد و طبق جدول مشخص داده خواهد شد.

اثر پوستی: با افزایش فرکانس جریان عبوری از هادی تمایل بیشتری به عبور از سطح بیرونی یا سطح خارجی هادی دارد. و اکثر و خطا به تدریج با افزایش فرکانس از مرکز هادی دور می شوند و می توان تصور کرد سطح مقطع موثر عبور جریان کاهش یافته است. به این پدیده اثر پوستی می گویند. بنابراین مقاومت اهمی هادی در جریان های Ac اندکی نسبت به مقاومت در جریان Dc افزایش می یابد. برای هادی های مغناطیسی مانند هادی های فولادی که جهت حفاظت هادی های دیگر استفاده می شود به دلیل خاصیت مغناطیسی آن مقاومت اهمی مربوط به دامنه جریان بستگی دارد این امر بیشتر مربوط به هادی های ACSR می باشد. از آنجا که در شبکه های Ac معمولاً $R_{ac} > R_{dc}$ می باشد دو روش برای محاسبه Rac وجود دارد. ۱- روش اول: در روش اول ابتدا Rdc را محاسبه کرده و با اضافه کردن درصدی بر آن Rac محاسبه می شود (معمولاً ۲ درصد). روش دوم: که روش دقیق تر محاسبه Rac می باشد از رابطه زیر استفاده می کنند.

$$R_{ac} = \frac{P_{loss}}{|I|^2} = \frac{P_{in} - P_{out}}{|I|^2}$$

P_{loss}: تلفات توان برحسب وات

$P_{loss} = P_{in} - P_{out}$

I: جریان عبوری از هادی برحسب آمپر

P_{in}: توان ورودی برحسب وات

P_{out}: توان خروجی برحسب وات.

MEHR