応用情報数学 ツート 8

****

応用情報数学　演習問題　08　pp. 163～173

****

8.01　負荷回路から見たY結線とΔ結線の等価変換について説明せよ。

8.02　二電力計測法の計測値の和と三相電力値の関係を説明せよ。

8.03　三相平衡回路（Y結線電源にY結線負荷回路）の場合、
三相無効電力 Q を求めよ。

8.04　交流単相回路と三相回路を対比して、
①有効電力、②無効電力、③皮相電力、④力率
について比較説明せよ。

8.05　発電所（電源設備）と家庭（負荷側）との配電線の
力率の改善問題について説明せよ。

8.06　誘導性負荷に容量を追加して力率が改善できることを説明せよ。

8.07　有効電力の大きさを維持しながら力率を改善する方法について説明せよ。

8.08　皮相電力を一定にしたまま、改善するとはどういうことか？

8.09　RX( )回路の有効電力について説明せよ。

8.10　送電線に容量をかませて、送電線の損失を減少させる方法について説明せよ。

8.11　使用電力と遅れ力率の値が与えられている時、
線路損失を最少にする方法を説明せよ。

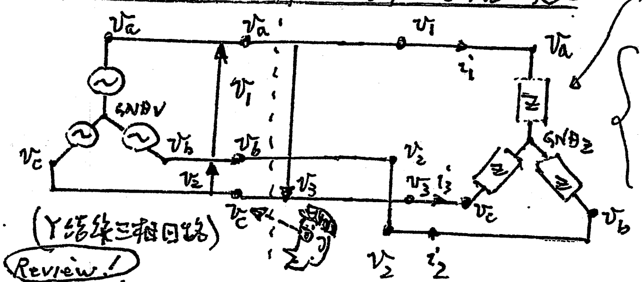
8.12　変電器（電源側）の定格容量を固定にしたまま、
送電線を増設してより多くの電力を配電する方法について説明せよ。

8.13　定格容量S1の送電線に容量をかませて定格容量S2にした場合、
具体的な数値を例にして、線路損失の改善比を求めよ。

****

8.01 負荷回路から見たY結線とΔ結線の等価変換

「三相平衡負荷回路」とも呼ぶ!!



教科書 p.163 〜 164

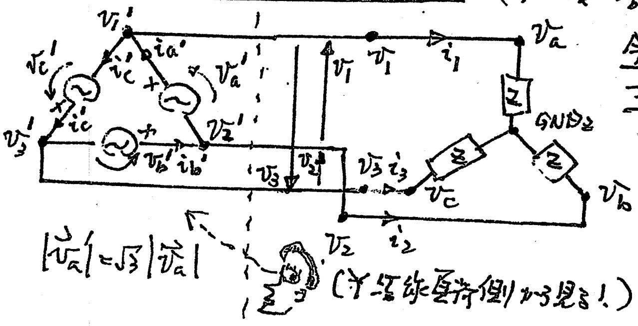
(Y結線三相回路) Review!

相電圧を (v_a, v_b, v_c)
相電流を (i_a, i_b, i_c)
線電圧を (v_1, v_2, v_3)
線電流を (i_1, i_2, i_3)
と表記する!!

$\left(\vec{v_b} = \vec{v_a}\exp\left(-\frac{2}{3}\pi j\right),\ \vec{v_c} = \vec{v_a}\exp\left(-\frac{4}{3}\pi j\right)\right)$

(線電圧と線電流は負荷から見た電圧と電流である。)

Y結線電圧でY結線負荷の場合 $(\vec{v_1} = \vec{v_a} - \vec{v_b}\ ;\ \vec{i_1} = \vec{i_a})$ など となる。 $|\vec{v_1}| = \sqrt{3}\,|\vec{v_a}|$



$|\vec{v_a}'| = \sqrt{3}\,|\vec{v_a}|$

(Y結線負荷側から見る!)

今、左図の様に、Y結線負荷にΔ結線電源がつながっているとする。Y結線負荷から見て、(上図のY結線電源の時と同等に、この左図のΔ結線電源の値を求めたい。)

左図のΔ結線電源の相電圧 (v_a', v_b', v_c') は、実はY結線負荷から見ると、Y結線電源の時の線電圧 (v_1, v_2, v_3) の値だった。

$\vec{v_a}' = \vec{v_1} = \vec{v_a} - \vec{v_b}$ のことで $|\vec{v_a}'| = \sqrt{3}\,|\vec{v_a}|$

p.164 定数関連図参照

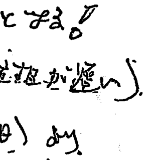
負荷から見ると、Y電源をΔ電源に変えると、相電流を $|\vec{v_a}|$ から $|\vec{v_a}'| = \sqrt{3}\,|\vec{v_a}|$ にする必要がある。逆に、 $|\vec{v_a}| = \frac{1}{\sqrt{3}}|\vec{v_a}'|$ となる。

$v_a' = 420\,V$ で $Z = R + \frac{1}{j\omega C} = 6 - 8j$ の時　 $|Z| = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\,\Omega$

$|\vec{v_a}| = \frac{420}{\sqrt{3}}$ で、負荷側から見た線電流 $|\vec{i_1}| = \frac{|\vec{v_a}|}{|Z|} = \left(\frac{420}{\sqrt{3}}\right)\left(\frac{1}{10}\right) = \frac{42}{\sqrt{3}} = 24.2\,A$

8.02 二電力計測法の計測値の和 (pp.164〜165参照)

$\exp\left(j\frac{2}{3}\pi\right) = W_2 = \left(-\frac{1}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$



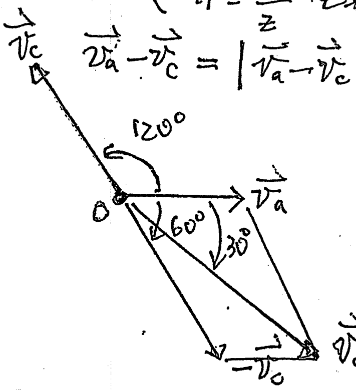
Y結線電源にY結線負荷(三相平衡負荷)回路がつながっていて、(図4-34) p.162

(端子 v_c を基準として、端子 v_a と負荷 Z_a の端子間に電力計 W_1 をはさむ。
端子 v_c を基準として、端子 v_b と負荷 Z_b の端子間に電力計 W_2 をはさむ。) ⟸ 図4-42 p.165

電力計 W_1 と W_2 が測定する電力は、各々、 $\left[\begin{array}{l} P_1 = V_{ac}\,I_a\cos\left(\frac{\pi}{6} - \theta\right) \\ P_2 = V_{bc}\,I_b\cos\left(\frac{\pi}{6} + \theta\right) \end{array}\right]$ となる。 why???

ここで $V_{ac} = |\vec{v_a} - \vec{v_c}| = |\vec{v_a}|\,\left|1 - \exp\left(j\frac{2}{3}\pi\right)\right|$

($\vec{v_a}$ を基準とすれば、 $\vec{v_c} = \vec{v_a}\exp\left(j\frac{2}{3}\pi\right)$ であった。+120° 位相が早い。(+240° 位相が遅い)
$\vec{i_1} = \frac{\vec{v_a}}{Z}$ を基準にすると、 $|\vec{i_a}| = |\vec{i_1}| = \left|\frac{\vec{v_a}}{Z}\right|\exp(-j\theta)$ ← $Z = |Z|\exp(j\theta)$ より)



$\vec{v_a} - \vec{v_c} = |\vec{v_a} - \vec{v_c}|\exp\left(-\frac{\pi}{6}j\right) = \sqrt{3}\,|\vec{v_a}|\exp\left(-\frac{\pi}{6}j\right) = |\vec{v_a}|\,\left|1 - \exp\left(j\frac{2}{3}\pi\right)\right|$ となっている!

$1 - \exp\left(j\frac{2}{3}\pi\right) = 1 - \left[-\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j\right] = \frac{3}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j = \sqrt{3}\left[\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}j\right] = \sqrt{3}\exp\left(-\frac{\pi}{6}j\right)$

$\vec{V_{ac}} = \vec{v_a} - \vec{v_c} = |\vec{v_a} - \vec{v_c}|\exp\left(-\frac{\pi}{6}j\right) = \sqrt{3}\,|\vec{v_a}|\exp\left(-\frac{\pi}{6}j\right)$ で、

($\vec{v_a}$ を基準にすると、+30° 遅れている。
$\vec{v_c}$ を基準にすると、+150° 遅れている。)

$\vec{i_1}$ は $\vec{v_a}$ に対して θ 遅れている。
$(\vec{v_a} - \vec{v_c})$ は $\vec{v_a}$ に対して $\frac{\pi}{6}$ 遅れている。

→ $(\vec{v_a} - \vec{v_c})$ と $\vec{i_1}$ の位相差は $\left|\theta - \frac{\pi}{6}\right|$

だから $\cos\left(\frac{\pi}{6} - \theta\right)$ となる。(P_1 の場合)

P_2 の場合は $\cos\left(\frac{\pi}{6} + \theta\right)$ となる!!

同じもの…

(三相3線式の電力は、単相電力計2個で測定できる、)

図4-42(a) p.165のように接続する…

$\left(\begin{array}{l} W = \mathrm{Watt} \\ P = \mathrm{Power} \end{array}\right)$

3相電力は $(\sqrt{3}\,VI\cos\theta)$ だった… $P_1 + P_2$ に等しい　$W_1 + W_2$ に等しい

P_1 と P_2 の和は？ （Y結線負荷の三相有効電力 $P=\sqrt{3}\,VI\cos\theta$ だった）

$\left(\begin{array}{l} P_1 = V_{ac} I_a \cos(\frac{\pi}{6}-\theta) \\ P_2 = V_{bc} I_b \cos(\frac{\pi}{6}+\theta)\end{array}\right)$ で、 $\left(\begin{array}{l} V_{ac}=V_{bc}=V_{ca}=V \text{ (線電圧、Y結線負荷から見た線電圧)} \\ I_a=I_b=I_c=I \text{ (線電流、Y結線負荷から見た線電流)}\end{array}\right)$ として

$\cos(\frac{\pi}{6}-\theta)+\cos(\frac{\pi}{6}+\theta) = 2\cos\frac{\pi}{6}\cos\theta=\sqrt{3}\cos\theta$ より、 $\boxed{P_1+P_2=\sqrt{3}\,VI\cos\theta}$ となる。

p.166 参照

8.03 三相平衡回路（Y結線電源にY結線負荷回路）の三相無効電力 Q を求めよ。

2個の単相電力計 W_1 と W_2 で、三相有効電力 $P=P_1+P_2$ を求めたが、

$P_1=VI\cos(\frac{\pi}{6}-\theta)$ $P_2=VI\cos(\frac{\pi}{6}+\theta)$ だった。 ($Q=\sqrt{3}\,VI\sin\theta$ だった。)

p.166 (実戦問題 [10] 参照)

$P_1-P_2=(VI)\left[\cos(\frac{\pi}{6}-\theta)-\cos(\frac{\pi}{6}+\theta)\right]=(2VI)(\sin\frac{\pi}{6}\sin\theta)=VI\sin\theta$

$(\sin\frac{\pi}{6}=\frac{1}{2})$

すなわち、

$P_1-P_2=VI\sin\theta=\frac{1}{\sqrt{3}}(\sqrt{3}\,VI\sin\theta)=\frac{Q}{\sqrt{3}}$

(Remember $\cos(\alpha\pm\beta)=\cos\alpha\cos\beta\mp\sin\alpha\sin\beta$)

$\boxed{Q=(\sqrt{3})(P_1-P_2)}$ となる。 $P_1=5.64$ kWatt $P_2=4.60$ kWatt なら $Q=\sqrt{3}(1.04)=1.80$ kvar

8.04 交流回路と三相回路の①有効電力②無効電力③皮相電力④力率を比較説明せよ。(pp.168~169)

正確には (交流電圧は $\vec{v}(t)=v_0\exp(j\omega t)=\sqrt{2}\,V\exp(j\omega t)$
(交流電流を $\vec{i}(t)=i_0\exp(j(\omega t-\theta))=\sqrt{2}\,I\exp(j(\omega t-\theta))$ と書いた！

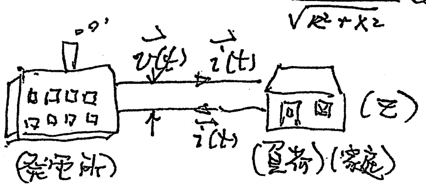
	有効電力	無効電力	皮相電力	力率
単相交流	$P=VI\cos\theta$	$Q=VI\sin\theta$	$S=VI$	$\cos\theta=\frac{P}{S}=\frac{VI\cos\theta}{VI}$
三相交流	$P=\sqrt{3}\,VI\cos\theta$	$Q=\sqrt{3}\,VI\sin\theta$	$S=\sqrt{3}\,VI$	$\cos\theta=\frac{P}{S}=\frac{\sqrt{3}\,VI\cos\theta}{\sqrt{3}\,VI}$
単位	W = watt	var (バール)	VA (ボルト・アンペア)	(無単位)

$\theta=0$ の時 $\cos\theta=1$ で $P=VI$ (MAX) となる。

三相交流の V と I はそれぞれ線間電圧と線電流(の大きさ)である。

8.05 力率の改善問題とは？

発電所（設備）で、交流電圧 $\vec{v}(t)=v_0\exp(j\omega t)=\sqrt{2}\,V\exp(j\omega t)$ を生成するとする。
それを、負荷 Z にかけると、交流電流 $\vec{i}(t)=(\frac{1}{Z})\vec{v}(t)$ が送電線に流れる。
$Z=R+jX$ とすると $Z=\sqrt{R^2+X^2}\exp(j\theta)$; $\tan\theta=\frac{X}{R}$; と書ける。
従って、 $\vec{i}(t)=\frac{\sqrt{2}\,V}{\sqrt{R^2+X^2}}\exp(j(\omega t-\theta))$ となる。もし、家庭〔負荷 Z〕が



純粋の抵抗なら、$X=0$ で $\theta=0$ となるので、力率 $\cos\theta=1$ となり、有効電力は MAX になる。しかし、家庭でオーブン(oven)や台所の電熱プレートを使って、コイルを使うと $X\neq0$ となり、$\cos\theta\neq1$; $\cos\theta<1$ 以下となる。その結果同じ有効電力 P を得るには、発電所側の電圧 V を上げる必要がある!!

① (力率を改善するには、$\cos\theta$ を1に近づける。)

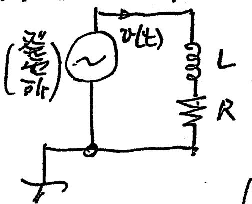
(出来るだけ家庭で使う電気製品はコイルやコンデンサーがないものが好ましい ???)

すると② 発電所からの送電線の電圧降下や変動が減少する。③ 発電所の設備に余力ができる……

8.06 誘導性impedanceに容量を追加して力率を改善するとは？

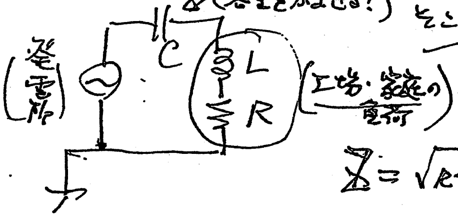
今、発電所から見た工場や家庭の負荷が $Z=R+Xj=X+\omega Lj$ で誘導性負荷だとする。有効電力の大きさを維持しながら、力率を改善し、MAXにしたい！

$Z=R+Xj=\sqrt{R^2+X^2}\exp(j\omega\theta)$; $\tan\theta=\frac{X}{R}$ として。



力率 $=\cos\theta$ が決まる（$\cos\theta$ を限りなく1にしたい！）

(容量をかませる！) そこで送電線に容量Cを入れる!!



$$Z=R+\omega Lj-\frac{1}{\omega Cj}$$

$$Z=\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}\exp(j\omega\theta)$$

そこで $\omega L=\frac{1}{\omega C}$　$\omega^2=\frac{1}{LC}$ とすると、　$\tan\theta=\frac{\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}{R}$ となる!!

$\tan\theta=0$ となる…　$\cos\theta=1$ となり、力率がMAXになる…

発電所から送電する交流電圧の周波数 $f=\left(\frac{2\pi}{\omega}\right)=60Hz\sim 50Hz$ として、

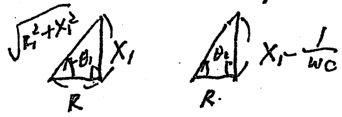
Lがわかれば　$C=\frac{1}{L\omega^2}$ の容量をつければ良い!!　容量をかませると、効率よく家庭に電力が送れる。

8.07 有効電力の大きさを維持しながら力率を改善するには？

容量Cを追加すれば良い。今、力率が $\cos\theta_1$ の時、$\cos\theta_2$ にするには、いくらの容量が必要かを考える。$\cos\theta_1$ の時は $Z_1=R+jX_1$ だったとする。

容量Cを加えて、　$Z_2=R+j\left(X_1-\frac{1}{\omega C}\right)$ となる。

∴　$\tan\theta_1=\frac{X_1}{R}$　　$\tan\theta_2=\frac{\left(X_1-\frac{1}{\omega C}\right)}{R}$ となる。



$\cos\theta_1=\left(\frac{X_1}{\sqrt{R^2+X_1^2}}\right)$　　$\cos\theta_2=\frac{\left(X_1-\frac{1}{\omega C}\right)}{\sqrt{R^2+\left(X_1-\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$

Remember(?)　電力の複素数表示で $\left(\dot{S}_L(t)=P+jQ,\ \dot{S}_C(t)=P-jQ\right)$ と書いた（5.01参照）

（力率は $\cos\theta$ で定義した。$\tan\theta=\frac{Q}{P}$ の事である!!）（ここで P=有効電力 Q=無効電力）

すなわち∴　$\tan\theta_1=\frac{X_1}{R}=\frac{Q_1}{P_1}$　;　$\tan\theta_2=\frac{X_2}{P_2}=\frac{\left(X_1-\frac{1}{\omega C}\right)}{R}=\frac{Q_2}{P_2}$ のこととなる!!

有効電力は同じにしたいので、$P_1=P_2=P$ とすると、

$Q_C=Q_1-Q_2=(P)(\tan\theta_1-\tan\theta_2)$ となる。（教科書 p.169 (4-37)式参照!!）

また　$Q_C=\frac{P}{R}\left(X_1-\left(X_1-\frac{1}{\omega C}\right)\right)=\frac{P}{\omega RC}$ となる。（Q_Cの事を電力用コンデンサーと呼ぶ）

Q_Cは、必要なコンデンサーCに対応する無効電力のことである。

$\left(S_1=P+jQ_1,\ S_2=P+jQ_2\right)$ と書くと、$Q_2=Q_1-Q_C$ より。（教科書では Q_C を容量と呼んでいるが、これはまちがいである!!）

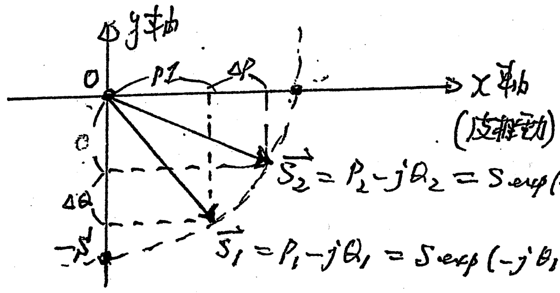
$S_2=P+j(Q_1-Q_C)$ より　$S_2=\sqrt{P^2+(Q_1-Q_C)^2}$ [皮相kVA] となる。（教科書 p.170 式4-38参照）

単相	三相
$S=VI$	$S=\sqrt{3}VI$

のこと (8.04参照)

8.08 皮相電力 S を一定にした場合.

有効電力を P_1 から $P_2=P_1+\Delta P$ ($\Delta P>0$) にしたい。
同時に、力率も $\cos\theta_1$ から $\cos\theta_2$ に改善したい。($\cos\theta_1<\cos\theta_2$)
今、複素数表示の電力を $\vec{S_c}=P-jQ$ と書く (5.01参照) ($S=|\vec{S_c}|$=皮相電力)
$\vec{S_1}=P_1-jQ_1$ から $\vec{S_2}=P_2-jQ_2$ に改善、したいという事である!!



$\begin{pmatrix}\Delta P=P_2-P_1\\ \Delta Q=Q_1-Q_2\end{pmatrix}$ とする。$\begin{pmatrix}P_2>P_1\\ Q_1>Q_2\end{pmatrix}$ である。

(皮相電力) $S=VI=|\vec{S_1}|=|\vec{S_2}|$ ということである。

$\vec{S_2}=P_2-jQ_2=S\exp(-j\theta_2)=(S)(\cos\theta_2-j\sin\theta_2)$

$\vec{S_1}=P_1-jQ_1=S\exp(-j\theta_1)=(S)(\cos\theta_1-j\sin\theta_1)$

改善の効果 p.169を読み、理解すること。

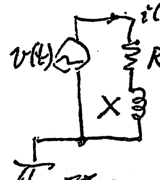
$$\begin{pmatrix}P_1=S\cos\theta_1\ ;\ Q_1=S\sin\theta_1\ ;\ Q_1=P_1\tan\theta_1\ ;\\ P_2=S\cos\theta_2\ ;\ Q_2=S\sin\theta_2\ ;\ Q_2=P_2\tan\theta_2\ ;\end{pmatrix}$$

$Q_C=Q_1-Q_2=P_1\tan\theta_1-P_2\tan\theta_2$

$\boxed{Q_C=P_1\tan\theta_1-(P_1+\Delta Q)\tan\theta_2}$ となる。
教科書 p.170 式(4-39)

また、$\boxed{\Delta P=P_2-P_1=(S)(\cos\theta_2-\cos\theta_1)}$ となる。
教科書 p.170 式(4-40)

8.09 RX( ) 回路の有効電力 (復習!!)



$Z=R+jX$ とする。 $Z=R+jX=\sqrt{R^2+X^2}\exp(j\theta)$ $\begin{pmatrix}\sin\theta=X/|Z|\\ \cos\theta=\frac{R}{\sqrt{R^2+X^2}}=\frac{R}{|Z|}\end{pmatrix}$

$\vec{i}(t)=(\frac{1}{Z})\vec{v}(t)=\frac{v_0}{\sqrt{R^2+X^2}}\exp[j(\omega t-\theta)]$ $\left(i_0=\frac{v_0}{\sqrt{R^2+X^2}}=\frac{v_0}{|Z|}\right)$

(電流を書き換える) ⇒ $\begin{pmatrix}\vec{i}(t)=i_0\exp[j(\omega t-\theta)]\\ \vec{v}(t)=v_0\exp[j\omega t]\end{pmatrix}$ とする。 ($|Z|=\sqrt{R^2+X^2}$) とする。

{P=(有効電力)$=v_0 i_0\cos\theta$; Q=(無効電力)$=v_0 i_0\sin\theta$;} と定義した。

Power Lossのこと

有効電力は P は負荷 R が消費する電力となる。

$P=v_0\left(\frac{v_0}{|Z|}\right)\left(\frac{R}{|Z|}\right)=v_0^2\frac{R}{|Z|^2}=(i_0|Z|)^2\frac{R}{|Z|^2}=(i_0)^2R$ となる。

$Q=v_0 i_0\sin\theta=v_0 i_0\left(\frac{X}{|Z|}\right)=(i_0)^2X$ となる。

$$\boxed{\begin{aligned}P&=(i_0)^2R=(v_0)^2\frac{R}{|Z|^2}\\ Q&=(i_0)^2X=(v_0)^2\frac{X}{|Z|^2}\end{aligned}}$$ だった!

教科書 p.132 式(3-40)参照

また、$\boxed{\vec{S_c}=P-jQ\ ;\ \vec{S_L}=P+jQ}$ とした。

8.10 送電線に容量をかませて送電線の損失を減少させる

(送電線の impedance 負荷 $Z=R+jX$ とする。)
(W=waste の略)

送電線の Power Loss は $W=(i_0)^2R$ となる。

三相電力の場合、$\begin{pmatrix}P=\sqrt{3}VI\cos\theta\\ Q=\sqrt{3}VI\sin\theta\\ S=\sqrt{3}VI\end{pmatrix}$ だった。
(V=線電圧, I=線電流)

＜p.157 式(4-26)参照＞ $\begin{Bmatrix}I=\frac{S}{\sqrt{3}V}\ ;\\ S=P/\cos\theta\ ;\end{Bmatrix}$

i_0 と I を対応させて、
$W=(i_0)^2R=I^2R=\left(\frac{S}{\sqrt{3}V}\right)^2R$

(p.170参照) $\boxed{W=\left(\frac{R}{3V^2}\right)S^2=\left(\frac{RP^2}{3V^2}\right)\frac{1}{(\cos\theta)^2}}$

Power Loss は S の2乗に比例し、力率の2乗に反比例

8.11 使用電力 P、遅れ力率 $\cos\theta$ の値が与えられている時。

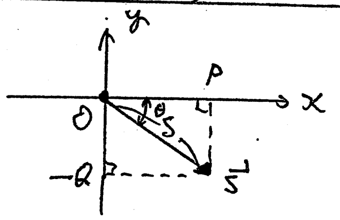
三相負荷に電力供給している場合、線路損失を最小にしたい。(p.171 実戦問題 11 参照)

(有効電力) $= P = S\cos\theta$ 　($S =$ 皮相電力) である。$\{P = 600\,\mathrm{kW}\ ;\ \cos\theta = 0.80\ ;\}$ では、

$S = \dfrac{P}{\cos\theta} = \dfrac{600}{0.80} = 750\ [\mathrm{kVA}]$ となる。

(無効電力) $= Q = S\sin\theta = (750)\sqrt{1-(0.8)^2} = (750)(0.6) = 450\ [\mathrm{kVA}]$ となる。

電力ベクトル $\vec{S_c} = P - jQ$ だった。　$\vec{S_c} = S\cos\theta - jS\sin\theta = S\exp(-\theta j)$ と書く。



θ を 0 にするには、この無効電力 Q を打ち消す電力用コンデンサー Q_c [kVA] をつける。… $Q_c = Q = 450\ [\mathrm{kVA}]$ として。

$(\vec{S_c} = P - j(Q - Q_c) = P$ とする！$)$

8.12 送電線を1本から2本に増設する。(p.171 実戦問題 12 参照)

変圧器 (電源側) の定格容量 (皮相電力) を $S = 1000\,\mathrm{kVA}$ とする。それから、
有効電力 $P_1 = 680\,\mathrm{kW}$, 遅れ力率 $0.8 = \cos\theta_1$ の負荷に電力を供給しているとする。
今、もう1本送電線を増設して、$P_2 = 120\,\mathrm{kW}$, 遅れ力率 $0.6 = \cos\theta_2$ の負荷に供給できるようにしたい。合計で $P_0 = P_1 + P_2 = 680 + 120 = 800\,\mathrm{kW}$ の電力を供給する必要がある。

1本目の送電線の無効電力 $Q_1 = P_1\tan\theta_1 = (680)\dfrac{\sqrt{1-(0.8)^2}}{0.8} = 510$

2本目の送電線の無効電力 $Q_2 = P_2\tan\theta_2 = (120)\dfrac{\sqrt{1-(0.6)^2}}{0.6} = 160\ [\mathrm{kVA}]$

(無効電力の合計) $= Q_0 = Q_1 + Q_2$

$Q_0 = 510 + 160 = 670\ [\mathrm{kvar}]$ となる。そこでこの無効電力 Q_0 をへらして、
同じ変圧器の定格容量 ($S = 1000\,\mathrm{kVA}$) で2つの送電線をまかないたい。

$\vec{S} = P_0 - j(Q_0 - Q_c)$ としたい。$|\vec{S}| = S = \sqrt{P_0^2 + (Q_0 - Q_c)^2}$ としたい。

$S = 1000\,[\mathrm{kVA}]$, $P_0 = 800\,[\mathrm{kW}]$, $Q_0 = 670\,[\mathrm{kvar}]$ を代入して、$Q_c = 70\ \mathrm{kvar}$ ←

8.13 送電線に並列コンデンサーをかませて損失を改善する (p.173 実戦問題 13 参照)

定格容量 (皮相電力) を $S_1 = 400\,\mathrm{kVA}$, 遅れ力率 $\cos\theta_1 = 0.6$ とすると。

$\vec{S_1} = P - jQ$ 　$(P = S_1\cos\theta_1\ ;\ Q = S\sin\theta_1\ ;)$ 　$Q_c = 160\,\mathrm{kVA}$ とすると。

$P = (400)(0.6) = 240\,\mathrm{kW}\ ;\ Q = (400)\sqrt{1-(0.6)^2} = 320\,\mathrm{kvar}\ ;$

$\vec{S_2} = \vec{P} - j(Q - Q_c)$ ← (Q_c をかませた時の電力ベクトル)

(線路損失) $= \dfrac{W_2}{W_1} = \dfrac{|\vec{S_2}|^2}{|\vec{S_1}|^2}$ だった。 ← (Power Loss は $|\vec{S}|$ の2乗に比例し、力率 $|\cos\theta|$ の2乗に反比例する。(8.10 参照))

$|\vec{S_1}| = 400\,\mathrm{kVA}$

$|\vec{S_2}|^2 = |P|^2 + |Q - Q_c|^2 = (240)^2 + (320-160)^2 = 83200$ 　(教科書 p.170 参照)

(線路損失比) $= \left(\dfrac{W_2}{W_1}\right) = \dfrac{|S_2|^2}{|S_1|^2} = \dfrac{83200}{160000} = 0.52$ の損失比となる。(もとの52%に減少する。)

すなわち、線路損失量は 48% となる。