

(2) 力率改善と進相コンデンサ

重要事項(これを理解します)

- 1, 力率改善の方法について学びます。
- 2, 力率改善の目的について学びます。
- 3, ベクトル図を使った力率計算について学びます。

【例題(よく出る問題)】:

消費電力 100[kW]、無効電力 150[kvar](遅れ力率)の負荷に、容量 50[kvar]のコンデンサを設置して力率改善を行った。改善後の力率[%]は。

イ . 60

ロ . 71

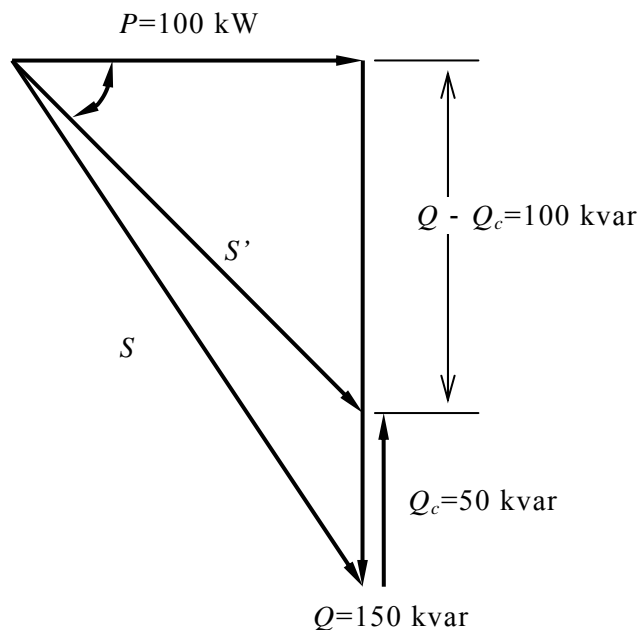
ハ . 96

ニ . 100

【例題(よく出る問題)の解答】ロ

【例題(よく出る問題)の模範解答】

負荷の消費電力を $P=100$ [kW]、無効電力を $Q=150$ [kvar](遅れ力率)に、力率改善用コンデンサの容量を $Q_c=50$ [kvar]として、それぞれの関係をベクトル図で示すと、下図となります。ここで、 S [kVA]と S' [kVA]は、力率改善前と改善後の皮相電力です。



さて、ベクトル図から、 S' [kVA]について求めると

$$\begin{aligned} S' &= \sqrt{P^2 + (Q - Q_c)^2} = \sqrt{100^2 + 100^2} = 100\sqrt{1+1} \\ &= 100\sqrt{2} \end{aligned}$$

となります。

よって、コンデンサ設置後の力率 $\cos \theta_2$ は、

$$\cos \theta_2 = \frac{P}{S_2} = \frac{100}{100\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$$

となります。

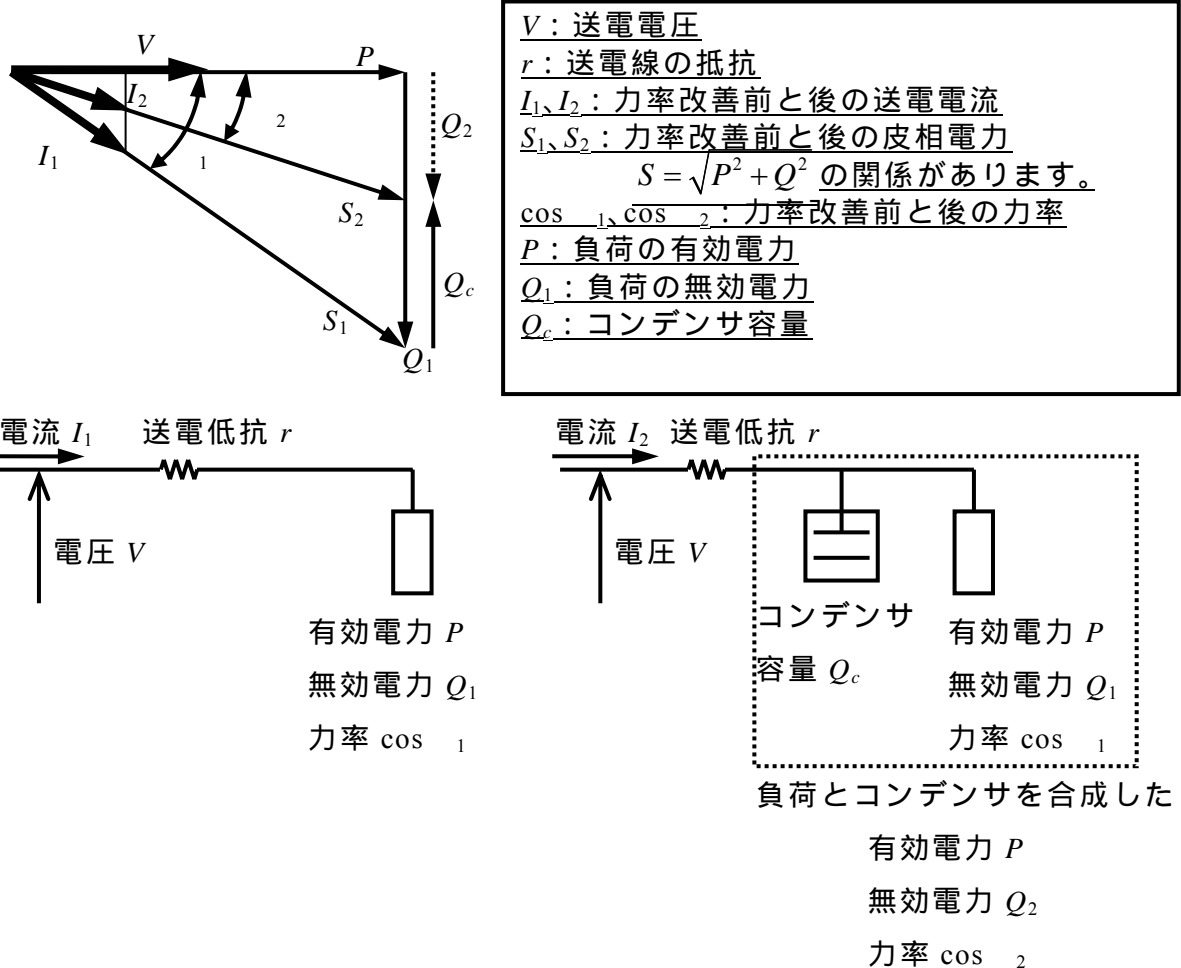
ゆえに、選択肢は、口となります。

【解法の準備】

例題を解くために次の事を学びます。

1. 力率改善時のベクトル関係は

力率改善の時のベクトル関係を図に示すと、下図となります。



2. 力率改善の目的とは

上のベクトル図を見れば解るように、力率改善を行うことによって、無効電力が減少するため、送電電流は、少なくなります。

送電電流が、少なくなるということは、次の良い点があります。

- 1) 送電線の抵抗で消費する送電損失が、減少する。
- 2) 送電線の抵抗での電圧降下が減少します。(電圧調整)
- 3) 送電電流が減少するので、容量の少ない機器で同じ容量の負荷に送電可能となります。

以上の3点の長所がありますので、送電系統では、積極的に電力コンデンサが採用されています。(このコンデンサを、高圧進相コンデンサ・力率改善コンデンサ・電力コンデンサ・力率改善用コンデンサなどと呼びます)

3. 力率改善による送電損失の減少とは

送電電流を I 、送電線の抵抗を r とすると、三相送電線路の線路損失は、次の式で求めます。

$$P_l = 3I^2r \quad [\text{kW}]$$

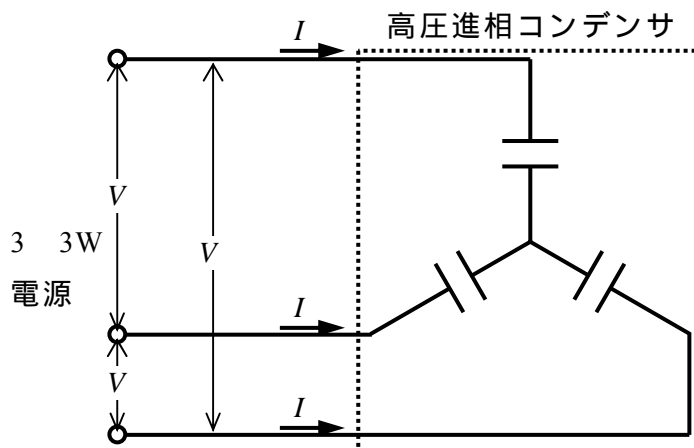
ここで、「3」は、電線が3本だからです。

この式で解るように、送電電流を減らすことで、送電損失が減少することが解ります。この電流を減らすことが、力率改善になります。

4. コンデンサの定格容量とは

高圧進相コンデンサの定格容量 Q [kvar] は、次式で求めます。

$$Q = \sqrt{3}VI \quad [\text{kvar}]$$



【確認問題 1】

三相 3 線式構内配電線路の末端に力率 80[%](遅れ)の三相負荷がある。いまこの負荷と並列に電力用コンデンサを接続して、線路の力率を 100[%]に改善した。コンデンサ設置前の線路損失が 2.5[kW]であるとすれば設置後の線路損失[kW]は。

ただし、負荷電圧は変化しないものとする。

イ . 0 ロ . 1.6 ハ . 2.0 ニ . 2.5

【確認問題 1 の回答】ロ

【確認問題 1 の解説】

送電電圧を V 、送電電流を I 、力率を $\cos \theta$ とすると、送電電力 P は、

$$P = \sqrt{3}VI \cos \theta \text{-----}(1)$$

となります。

(1)式から力率が 80[%](遅れ)の時の送電電流 I を求めると

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta} = \frac{P}{\sqrt{3}V \times 0.8}$$

となります。

よって、送電線の抵抗を r とした時、力率が 80[%](遅れ)の時の送電線 3 本分の送電損失 P_l は、

$$P_l = 3I^2 r = 3 \times \left(\frac{P}{\sqrt{3}V \times 0.8} \right)^2 \times r = \frac{P^2 r}{V^2 \times 0.8^2} \text{-----}(2)$$

となります。

同様に、(1)式から力率が 100[%]の時の送電電流 I' を求めると

$$I' = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos \theta} = \frac{P}{\sqrt{3}V \times 1}$$

となります。

よって、送電線の抵抗を r とした時、力率が 100[%]の時の送電線 3 本分の送電損失 P_l' は、

$$P_l' = 3(I')^2 r = 3 \times \left(\frac{P}{\sqrt{3}V \times 1} \right)^2 \times r = \frac{P^2 r}{V^2} \text{-----}(3)$$

となります。

(2)、(3)式より送電損失の比を求めると

$$\frac{P'_l}{P_l} = \frac{\frac{P^2 r}{V^2}}{\frac{P^2 r}{V^2 \times 0.8^2}} = 0.8^2 = 0.64$$

となります。

よって、求める送電損失 P'_l は、

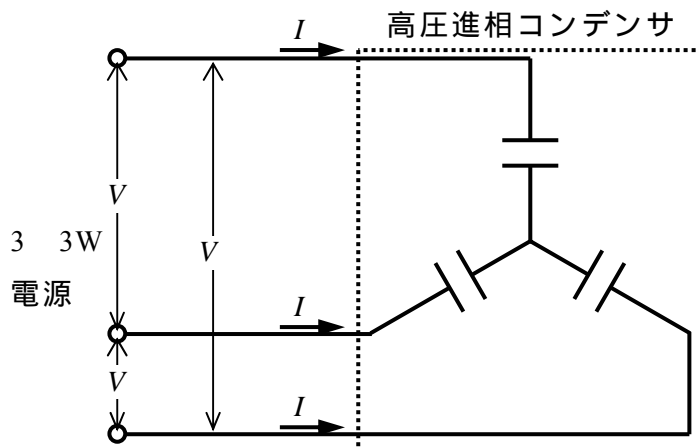
$$P'_l = 0.64 \times P_l = 0.64 \times 2.5 = 1.6 \quad [\text{kW}]$$

となります。

ゆえに、選択肢は、口となります。

【確認問題 2】

図のように、定格電圧 V [kV]、定格容量 Q [kvar] の高圧進相コンデンサに三
相交流電圧 V [kV] を加えたとき、流れる電流 I [A] を示す式は。



イ . $\frac{Q}{3V}$ 口 . $\frac{Q}{\sqrt{3}V}$ ハ . $\frac{Q}{V}$ ニ . $\frac{\sqrt{3}Q}{V}$

【確認問題 2 の回答】 口

【確認問題 2 の解説】

高圧進相コンデンサの定格容量 Q [kvar] は、次式で求めます。

$$Q = \sqrt{3}VI \quad [\text{kvar}]$$

よって、求める線電流 I [A] は、

$$I = \frac{Q}{\sqrt{3}V} \quad [\text{A}]$$

となります。

ゆえに、選択肢は、口となります。

キーワード

負荷の消費電力、無効電力、高圧進相コンデンサ、力率改善コンデンサ、電力コンデンサ、力率改善用コンデンサ、皮相電力、力率改善の目的、コンデンサの定格容量、電線のたるみ（弛度）、ZCT（零相変流器）

これがポイント

- コツ 1、力率改善の問題を解くときは、ベクトル図を描いて解いて下さい。
- コツ 2、送電線の損失計算は、電線 3 本であることを忘れないで下さい。
- コツ 3、力率改善の目的 3 点を覚えて下さい。

復習

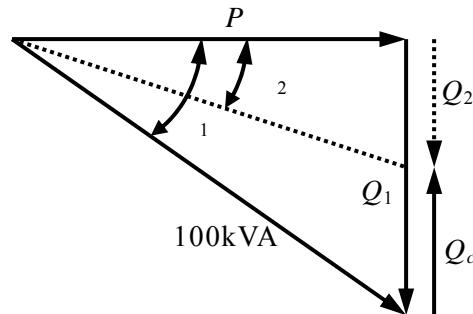
- 1 , 力率改善のベクトル図は、描けますか。
- 2 , 電力コンデンサの別名は、覚えましたね。
- 3 , 電力コンデンサの設置が、電圧調整になる理由は、説明できますか。

練習問題

【問 1】

容量 100[kVA]、力率 80[%](遅れ)の負荷を有する高圧受電設備に高圧進相コンデンサを設置し、力率を 95[%](遅れ)程度に改善したい。必要なコンデンサの容量 Q_c [kvar]として、適切なものは。

ただし、 $\cos\theta_2$ が 0.95 のときの $\tan\theta_2$ は 0.33 とする。



イ . 20

ロ . 35

ハ . 75

ニ . 100

ヒント $\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$ と $\sin\theta = \sqrt{1 - \cos^2\theta}$ の関係を使ってください。

【回答】 : ロ

【問 2】

消費電力 100[kW]、無効電力 150[kvar](遅れ力率)の負荷に、容量 50[kvar]のコンデンサを設置して力率改善を行った。改善後の力率[%]は。

イ . 45

ロ . 71

ハ . 96

ニ . 100

ヒント $\cos\theta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$ の関係を使ってください。

【回答】 : ロ

【問 3】

遅れ力率 80[%]の三相負荷に並列にコンデンサを設置して力率を 100[%]に改善した場合、配電線路の電力損失はもとの何倍になるか。

ただし、負荷の電圧は変化しないものとする。

イ . 0.64 ロ . 0.89 八 . 1.00 二 . 1.56

ヒント 三相配電線路の電力損失は $P_l = 3I^2r$ で求められる関係を使います。

【回答】：イ