

- 1 図のように、静電容量 $3[\mu\text{F}]$ のコンデンサ3個を接続して直流電圧 $1,000[\text{V}]$ を加えたとき、コンデンサに蓄えられる全静電エネルギー $[\text{J}]$ は。

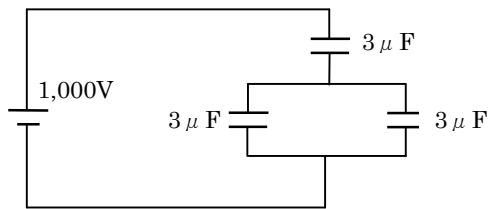


図14-1-1

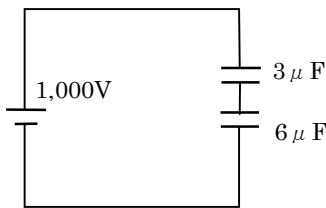


図14-1-2

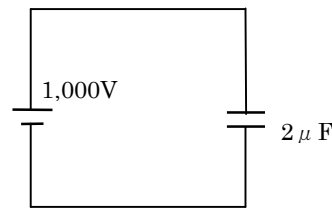


図14-1-3

考え方のポイント

この問題は、コンデンサの直・並列接続による静電容量の計算および、コンデンサに蓄えられる静電エネルギーの関係式を暗記していなければならない。

- ① コンデンサ C_1, C_2 の並列接続したときの合成静電容量 C_0 は
 $C_0 = C_1 + C_2$ [F] 並列接続はそれぞれの足し算（抵抗値の接続式の逆になる）
- ② コンデンサ C_1, C_2 の直列接続したときの合成静電容量 C_0 は
 $C_0 = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$ [F] 直列接続は上は掛け算、下は足し算（抵抗値の接続式の逆）
- ③ コンデンサ C [F]、印加電圧 $[V]$ とすると、コンデンサに蓄えられるエネルギー W [J] は

$$W = \frac{1}{2} C V^2 \quad [W]$$

解 答

上記**ヒント**の①および②を回路図に順次書きなおすと、それぞれ図14-1-2、図14-1-3になる。
 (この様に見やすく、電氣的に同じの回路に書きなおすとよく判る。)

(これを等価回路に書きなおすと言う。)

図14-1-3により $C_0 = 2 [\mu\text{F}] = 2 \times 10^{-6}$

全静電エネルギー W [J] は

$$W = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} (2 \times 10^{-6} \times 1000^2) = \frac{1}{2} (2 \times 10^{-6} \times 10^6) = \frac{1}{2} \times 2 = 1 \quad [J]$$

答え ハ 1.0 [J]

参 考

桁数記号と指数（べき数）の関係

K (キロ) : $1000 = 10^3$

M (メガまたはメガ) : $1,000,000 = 10^6$

m (ミリ) : $\frac{1}{1000} = 10^{-3}$

μ (マイクロ) : $\frac{1}{1,000,000} = 10^{-6}$

電気記号の読み方

F : ファラド(コンデンサの静電容量) J : ジュール(エネルギーの単位)

- 2 図の回路において、スイッチSを①へ入れると電圧計 V は50 [V]を示した。スイッチSを②へ入れた場合の電圧計 V の指示値 [V]は。

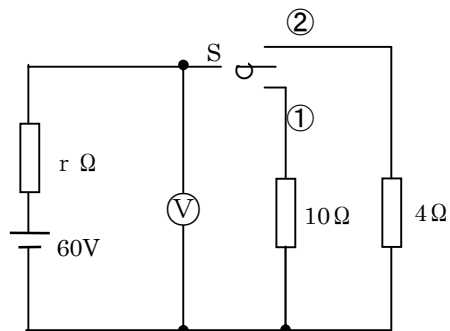


図14-2-1

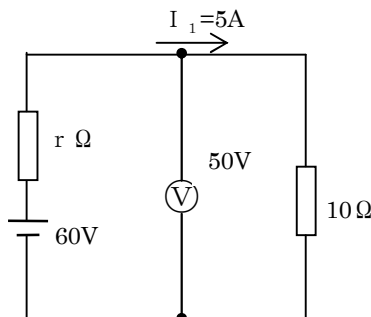


図14-2-2

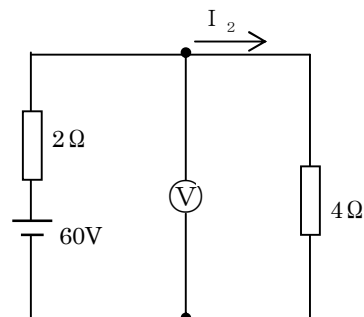


図14-2-3

考え方のポイント

この問題は、未知抵抗 $r \Omega$ を算出し、抵抗の直列接続の計算として直流回路におけるオーム法則を適用して、題意の電圧を計算することである。

- ① スイッチSを①へ入れると図14-2-2のような回路に書きかえられる。
この回路は $r \Omega$ と 10Ω の直列接続回路であるので、 $r \Omega$ の両端に加わる電圧は電源電圧 60 V から 10Ω の両端に加わっている電圧 50 V を差し引き、 $r \Omega$ の値を出す。
- ② スイッチSを②へ入れる 図14-2-3のような回路となり、回路電流すなわち 4Ω に流れる電流 I_2 が求められる。
- ③ 4Ω 加わる電圧 V は抵抗値と電流値でオームの法則により計算する。

解 答

- ① 図14-2-2より、 10Ω に流れる電流 I_1 [A] は両端の電圧が 50 V であるので、

$$I_1 = \frac{50}{10} = 5 \text{ [A]}$$

$r \Omega$ 両端の電圧は電源電圧 60 V から、 10Ω に加わっている電圧 50 V を引くと 10 V である。したがって、この $r \Omega$ に $I_1 = 5 \text{ A}$ が流れるので

$$\therefore r = \frac{10}{5} = 2 \text{ [\Omega]}$$

- ② 図14-2-3より、 4Ω と 2Ω の直列回路となる。したがって回路電流すなわち 4Ω に流れる電流 I_2 [A] は

$$I_2 = \frac{60}{4+2} = 10 \text{ [A]}$$

- ③ 4Ω 加わる電圧 V は、電流が $I_2 \text{ A}$ なので

$$V = I_2 \times 4 = 10 \times 4 = 40 \text{ [V]}$$

答え イ 40 [V]

注意：回路に電圧計が接続されていても、電流の流れに影響されないで、回路上では考えなくてよい。回路の電圧計をテスターと解釈すると、テスターを取り除いても回路に影響されないはずで

ある。一般に電圧計のコイルのインピーダンス（コイル抵抗）が大きくして、電流がほとんど流れない様に製作しているため、電圧計回路には電流が分流しないと見なして支障ない。

3 図のような回路の電圧 \dot{V} と電流 \dot{I}_L 、 \dot{I}_C 、 \dot{I} との関係を示すベクトル図は。

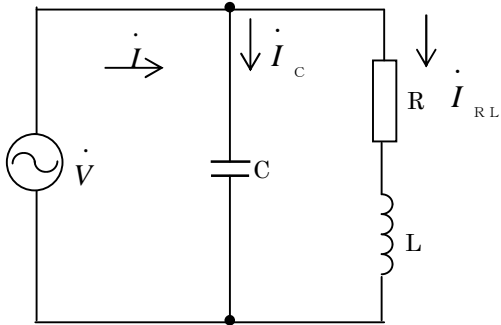


図14-3-1

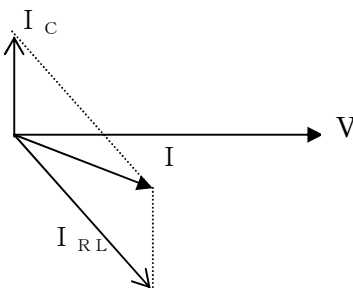


図14-3-2

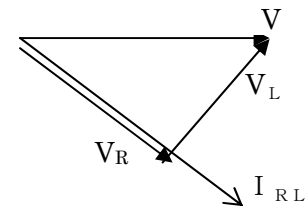


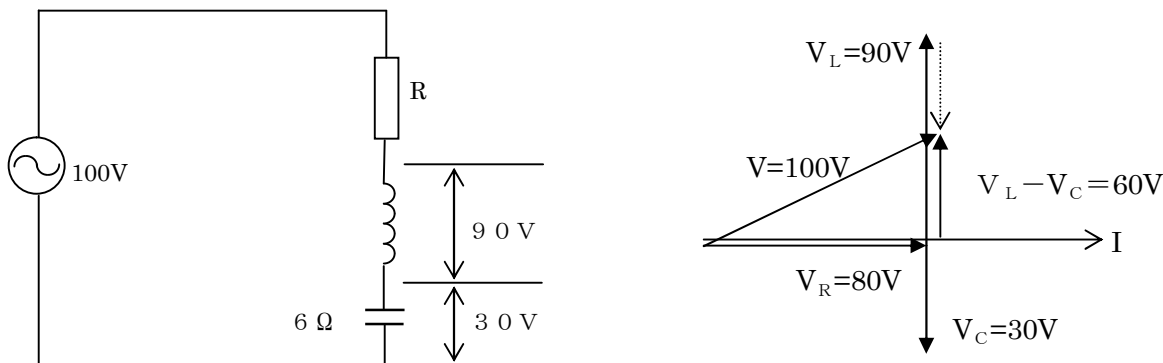
図14-3-3

ベクトル図の基本

ベクトル図を描くときのルール（図14-3-1の回路に基づいて描いてみる）

- ① 回路で基準になる要素（この図の場合は電圧 V ）を、横軸（水平）にとる。
- ② ベクトルの回転方向は、反時計方向を「進み」、時計方向を「遅れ」とする。
- ③ 電圧 V のベクトル線を基準にして並列回路の個々の電流を描く。
- ④ 抵抗に流れる電流は電圧と同相である。電圧ベクトル線と同じ方向に描く。
- ⑤ コンデンサ電流 I_C は「 90° 進み」電流であるため、電圧ベクトル線より 90° の角度をつけて「進み」方向に描く。
- ⑥ リアクタンス電流 I_L は「 90° 遅れ」電流であるため、電圧ベクトル線より 90° の角度をつけて「遅れ」方向に描く。
- ⑦ ベクトルの合成（図14-3-2参照）
 - イ：2要素（この場合は I_C と I_{RL} ）を2辺とした平行四辺形を描き、その対角線が2要素の足したもの（合成電流 I ）になる。
 - ロ：コンデンサ電流リアクタンス電流 I_L は互いに、電圧に対して 90° 相違があるので、（ I_C と I_L 180° の角度差）正反対の方向となり、ベクトルの足し算（合成）は I_C と I_L の大きさを差し引いた(打ち消しあった)値になり、大きい方の方向になる。
- ⑧ 抵抗 R とリアクタンス L の直列接続の場合は、その R と L に同じ電流が流れるのでこの R と L 部分のみで電流 I_{RL} と R および L に加わる電圧 V_R 、 V_L を描く。
- ⑨ この⑦のような場合は、電流 I_{RL} が基準ベクトルとなり、 R に加わる電圧 V_R は電流 I_{RL} と同相なので I_{RL} と平行に描く。（図14-3-3）参照
- ⑩ L に加わる電圧 V_L は、電流 I_{RL} と相違があるが、電流 I_{RL} が電圧 V_L に対して「遅れ」である。言い替えると、電圧 V_L は電流 I_{RL} に対して「 90° 進み」である。これをベクトルに描くと、図14-3-3のようになる。
- ⑪ この V_R と V_L を上記⑦イの手法でベクトル合成すると、電源電圧 V になる。

4 図のような回路の抵抗Rの値〔Ω〕は。



考え方のポイント

この問題は、R、L、C回路において1部分の現象から、順次他の要素へ関連して行く電気回路の状況を計算・想定するものである。それらの関係をベクトルで描くと判りやすいが、計算式のみでも解ける。

- ①：この回路はR、L、Cの直列接続の交流回路であるため、回路電流は同じである。
- ②：コンデンサCの電流を算出すると、その電流がRにも流れる。
- ③：Rにかかる電圧と電流から求めるには、全体の電圧とR、L、Cの各部に加わる電圧の関係から計算する。
- ④：回路電流が判るので、全体のインピーダンスを計算して各部のインピーダンスを計算する方法でもよい。
- ⑤：上記③および④いずれかの方法で計算しても、ベクトル図を描くと理解しやすい。
 - ③の場合は電圧関係のベクトル図
 - ④の場合はインピーダンス関係のベクトル図

解 答

A：電圧関係から求める方法

- ① 抵抗R、リアクトルL、コンデンサCのそれぞれの両端の電圧を V_R 、 V_L 、 V_C とすると、全体の電圧Vとの関係式は

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2} \quad \text{または} \quad V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

$$\begin{aligned} \therefore V_R^2 &= V^2 - (V_L - V_C)^2 \\ &= 100^2 - (90 - 30)^2 = 10000 - 3600 = 6400 = 80^2 \end{aligned}$$

$$\therefore V_R = 80 \text{ [V]}$$

- ② 抵抗Rの電流Iを求めるために、コンデンサの電流と同じであるからコンデンサのインピーダンス X_C とコンデンサの両端電圧 V_C から計算する。

$$I = \frac{V_C}{X_C} = \frac{30}{6} = 5 \text{ [A]}$$

- ③ 抵抗Rの電圧
- V_R
- と抵抗Rの電流Iから

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{80}{5} = 16 \quad [\Omega]$$

答え ハ 16 [Ω]

B : インピーダンス関係から求める方法

- ① 上記A②より全体の電流
- $I = 5$
- [A] と計算出来るので、全体のインピーダンス
- Z
- [Ω] は

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{5} = 20 \quad [\Omega]$$

- ② 全体のインピーダンス
- Z
- 、誘導性リアクタンス (コイル)
- L
- のインピーダンスを
- X_L
- 、コンデンサ
- C
- のインピーダンスを
- X_C
- とすると

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{または} \quad Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

$$X_L = \frac{V_L}{I} = \frac{90}{5} = 18 \quad [\Omega] \quad X_C = \frac{V_C}{I} = \frac{30}{5} = 6 \quad [\Omega]$$

$$\therefore Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 \quad \text{から}$$

$$R^2 = Z^2 - (X_L - X_C)^2 = 20^2 - (18 - 6)^2 = 400 - 144 = 256 \\ = 16^2$$

$$\therefore R = 16 \quad [\Omega]$$

答え ハ 16 [Ω]

参 考

上記のように計算式で「 $\sqrt{\quad}$ 」や「2乗」があると、計算がややこしく感じたり難しいことがある。
 $V_R^2 = 80^2$ や $R^2 = 16^2$ のような形にすると、判りやすい。

$$\text{ちなみに、} \sqrt{X^2} = (\sqrt{X})^2 = X$$

第1種電気工事士試験によく使用される「 $\sqrt{\quad}$ 」や「2乗」の関係を暗記すると効果的である。

$$\sqrt{2} = 1.41 \quad \sqrt{3} = 1.73 \quad \sqrt{4} = \sqrt{2^2} = 2 \quad \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = (\sqrt{3})^2 = 3$$

$$\sqrt{100} = \sqrt{10^2} = 10$$

$$\sqrt{144} = 12 \quad \sqrt{169} = 13 \quad \sqrt{225} = 15$$

$$\sqrt{1000} = \sqrt{100 \times 10} = \sqrt{100} \times \sqrt{10} = 10 \times \sqrt{10} = 10\sqrt{10}$$

- 5 計器定数 (1 [KW・h]) 当たりの円板の回転数が 1,500 [rev/(KW・h)] の電力計を用いて負荷の電力量を測定している。円板が 10 回転するのに 12 [s] かかった。このときの負荷の平均消費電力 [KW] は。

考え方のポイント

この問題は、積算電力計（誘導型＝円板型）の用語の意味と計算を問うている。

1. 単位で解く方法

①：あまり見・聞きなれない用語「計器定数」とその単位 k [$rev/KW \cdot h$] である。

単位の説明

rev （レボリューションと読む）：積算電力計の円板の回転数。

$rev/KW \cdot h$: 1KWの電力を1時間消費したときの円板の回転数。

k : 計器定数 h : 1 [時間] = 3600 [秒]

②：単位の関係は 計器定数 $k = \frac{rev}{KW \cdot h}$ であるから、題意の消費電力 [KW] は

$$KW = \frac{rev}{k \cdot h} \quad [KW] \text{ となる。}$$

上記の解き方は、単位から求めるテクニックを使用した。

この方法は、見なれない用語や単位に出くわした場合に使う方法で、問題中の単位でヒントを示してくれているため利用した。

2. 比例計算で考える方法

③：この場合計器定数 1500 [$rev/KW \cdot h$] は

1KWの電力を1時間消費したときの円板の回転数であるから、1つの条件を変えると何がどうなるか？

つまり、1500 [$rev/KW \cdot h$] の時間のみ変化させたとき、何 KW 使ったことになるか

$$1 \text{ [時間]} = 3600 \text{ [秒]} \quad \Rightarrow \quad 12 \text{ [秒]} = \frac{12}{3600} \text{ [h]} \quad \text{に変化}$$

④：次の条件を加えると、

円板が10回転した時、何 KW 使ったことになるか

$$1500 \text{ [rev/KW \cdot h]} \quad \Rightarrow \quad 10 \text{ [rev/KW \cdot h]} \quad \text{に変化}$$

解 答

1. 単位で解く方法

上記 **考え方のポイント** の ② による式から、それぞれに与えられた値を代入すると、

$$KW = \frac{rev}{k \cdot h} = \frac{10}{1500 \cdot \frac{12}{3600}} = \frac{10}{\frac{1500 \times 12}{3600}} = \frac{10}{5} = 2 \quad [KW]$$

答え 口 2 [KW]

解 答

2. 比例計算で考える方法

- ① 電力計の円板の回転数が、
- | | | |
|-------------------|---|-----------|
| 12 [秒] | で | 10 [回転] |
| 1 [分] = 60 [秒] | で | 50 [回転] |
| 1 [時間] = 3600 [秒] | で | 3000 [回転] |

② 計器定数 1500 [rev/KW・h] なので、

: 1KW の電力を1時間消費したときの円板の回転数であるから
3000 [rev/KW・h] 回転数のときは、

$$: KW = \frac{3000}{1500} = 2 \text{ [KW]}$$

答え 口 2 [KW]

6 三相交流電源に図のような負荷を接続したとき、電流計(A)の指示はC相のヒューズが溶断する前は I_1 、C相のヒューズが溶断した後は I_2 であった。 I_2/I_1 の値は。ただし、負荷の抵抗値及び電源電圧は一定とする。

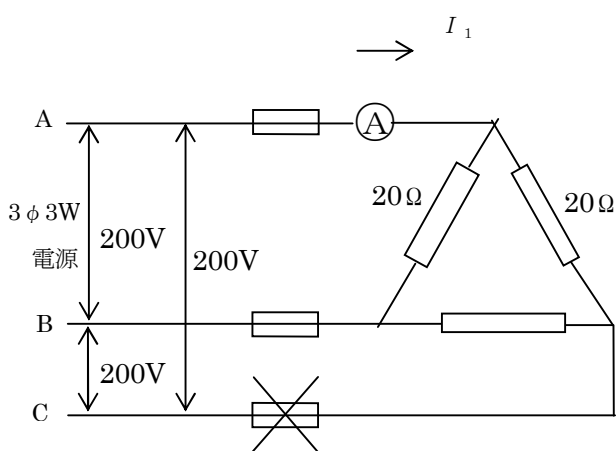


図14-6-1

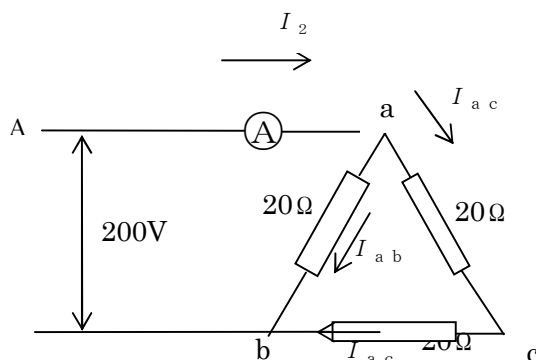


図14-6-2

考え方のポイント

この問題は、三相3線式配線において負荷の結線方式による、負荷の相電流・線電流または負荷にかかる相電圧・線間電圧の関係を問うと共に、1線断線という現象にたいしてその結果電圧のかかり方及び電流の流れが理解できているかの問題である。

1線断線という現象に対しては、断線した線には電流が流れないのでその線を図から消すと図14-6-1が図14-6-2の様に書き替えられる。

図14-6-2は単相回路で負荷抵抗が直並列になっているだけで、合成電流は簡単に計算できる。

① 図14-6-1から I_1 を計算する。

三相3線式の相電流 I_s と線電流 I_L の関係は

$$\sqrt{3} I_s = I_L \quad \text{の関係は覚えておかなければならない。} (\sqrt{3} = 1.73)$$

または、 $I_s = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$ どちらも同じ意味の式であるが、式を覚える場合は上式のような

掛け算の式で覚える方が間違いが少ない。

② 図14-6-2から I_2 を計算する。

解 答

- ① 図14-6-1から
- I_1
- (=線電流
- I_L
-) を計算する。

上記の式 $I_L = \sqrt{3} I_S$ から、先ず I_S を計算する。 I_S は抵抗 $20\ \Omega$ の両端の電圧が 200V あるから、単純にオームの法則により

$$I_S = \frac{200[\text{V}]}{20[\Omega]} = 10 [\text{A}] \quad \therefore \quad I_L = \sqrt{3} I_S = \sqrt{3} \cdot 10 = 17.3 [\text{A}]$$

- ② 図14-6-2から
- I_2
- は
- I_{ab}
- はと
- I_{ac}
- の足し算であるから

$$I_{ab} = \frac{200[\text{V}]}{20[\Omega]} = 10 [\text{A}] \quad \text{同様に}$$

$$I_{ac} = \frac{200[\text{V}]}{20+20[\Omega]} = 5 [\text{A}] \quad \text{下記注 参照}$$

$$\therefore \quad I_2 = I_{ab} + I_{ac} = 10 + 5 = 15 [\text{A}]$$

- ③ 題意により

$$I_2 / I_1 = \frac{15}{17.3} = 0.87$$

答え イ 0.87

- 注
- I_{ac}
- の計算は、わざわざ式を作って計算をしなくても暗算でできる。

何故なら、 $I_{ab} = \frac{200[\text{V}]}{20[\Omega]} = 10 [\text{A}]$ で、抵抗値が $20+20=40 [\Omega]$ と倍になったので

当然その電流 I_{ac} は $I_{ab} = 10 [\text{A}]$ の半分、 $5 [\text{A}]$ になる。

このように、問題中や計算途中で比例関係や反比例関係を見抜くと、案外暗算に近い計算で回答できる場合がよくあるので、数字の大小関係や、電気現象(オームの法則)を使い慣れる様に絶えず意識しましょう。

参 考

I_2 を計算するのに、合成抵抗値 R_0 を算出して全電流 I_2 を求めてもよい。

$$R_0 = \frac{R_{ab} \times R_{ac}}{R_{ab} + R_{ac}} = \frac{20 \times (20+20)}{20+(20+20)} = \frac{800}{60} = \frac{40}{3} [\Omega]$$

$$I_2 = \frac{V [\text{V}]}{R [\Omega]} = \frac{200}{\frac{40}{3}} = \frac{200 \times 3}{40} = 15 [\text{A}]$$

このように、抵抗で計算を進めると暗算ではしにくい場合があるので、いろいろと問題の数を出来るだけ多くこなして、その時々の手法をマスターすることが、計算や思考の方向付けとなります。

7 図のような三相交流回路において、線電流 I の値 [A] は。

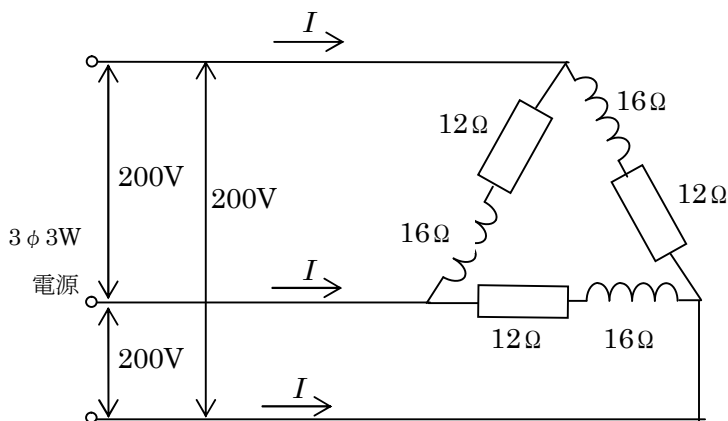


図 1 4 - 7 - 1

考え方のポイント

この問題は、三相3線式配線において負荷の結線方式による、負荷の相電流・線電流または負荷にかかる相電圧・線間電圧の関係を問うと共に、インピーダンスRLC回路の計算問題である。

- ① 図 1 4 - 7 - 1 から 1 相の電流 I_s を計算し、 I_s と I の関係を計算する。

三相3線式の 相電流 I_s と線電流 $I_L (= I)$ の関係は

$$\sqrt{3} I_s = I_L \quad \text{の関係は覚えておかなければならない。} (\sqrt{3} = 1.73)$$

または、 $I_s = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$ どちらも同じ意味の式であるが、式を覚える場合は上式のような

掛け算の式で覚える方が間違いが少ない。

- ② 三相回路（平衡負荷）の計算をするときは、各相同じなので1相のみで扱い計算する。

この問題では、1相の電流を計算し上記①の関係式から線電流を導く。

- ③ 1相のインピーダンス Z と抵抗 R 及びリアクタンス X の関係は

$$Z^2 = R^2 + X^2 \quad [\Omega] \quad \text{または} \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

上式で Z を計算出来るが、問題のインピーダンス $R = 12 [\Omega]$ 、 $X = 16 [\Omega]$ の数字を見ると、インピーダンス三角形の 3, 4, 5 の関係が使えるので

$$R = 12, \quad X = 16, \quad \text{であれば} \quad Z = 20 \quad \text{と暗算で計算出来る。}$$

解 答

- ① 上記「ヒント」①の式 $I_L = \sqrt{3} I_s$ から、先ず I_s を計算する。

1相のインピーダンス Z は上記「ヒント」③から $Z = 20 [\Omega]$ であり、その両端の電圧が 200V あるから、オームの法則により

$$I_s = \frac{200[V]}{20[\Omega]} = 10 [A]$$

$$\therefore I_L = \sqrt{3} I_s = \sqrt{3} \cdot 10 = 17.3 [A]$$

8 図のような配電線路における受電端の電圧 V_r の値は。
 ただし、負荷の力率は80 [%] (遅れ)とする。

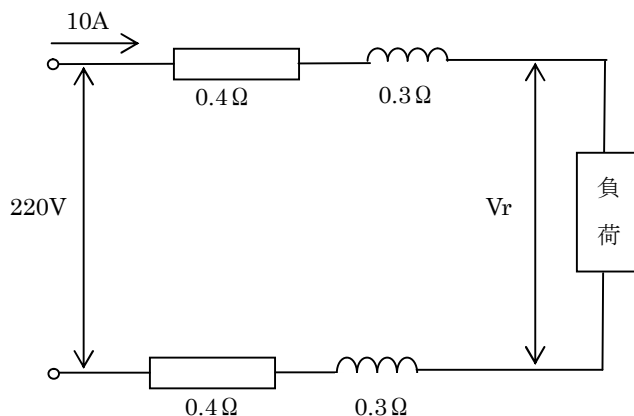


図14-8-1

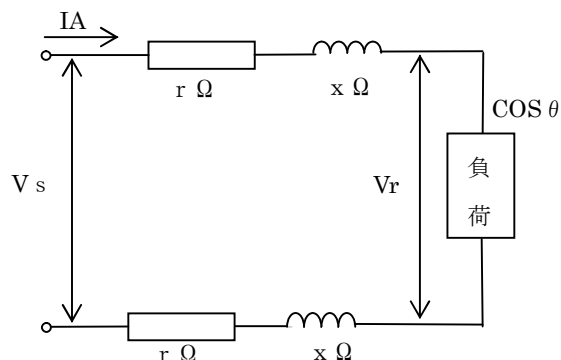


図14-8-2

考え方のポイント

配電線路の電圧降下は、配電方式により異なるため問題によく出される2種類の公式を暗記しておかなければならない。 図14-8-2 より

単相2線式の場合 : $V_{2d} = 2 I (r \cdot \text{COS} \theta + x \cdot \text{SIN} \theta)$ [V]

あるいは : $V_{2d} = V_s - V_r$ $V_r = V_s - V_{2d}$

三相3線式の場合 : $V_{3d} = \sqrt{3} I (r \cdot \text{COS} \theta + x \cdot \text{SIN} \theta)$ [V]

解 答

上記、単相2線式の場合 : $V_{2d} = 2 I (r \cdot \text{COS} \theta + x \cdot \text{SIN} \theta)$ [V] において

$I = 10$ [A] , $\text{COS} \theta = 0.8$, $\text{SIN} \theta = 0.6$

$r = 0.4$ [Ω] , $x = 0.3$ [Ω] を代入すると

$V_{2d} = 2 \times 10 (0.4 \times 0.8 + 0.3 \times 0.6)$
 $= 10$ [V]

$V_r = V_s - V_{2d} = 220 - 10 = 210$ [V]

答え ハ 210 [V]

参 考

$\text{COS} \theta$: 力率 (=有効率) , $\text{SIN} \theta$: 無効率 の関係

$(\text{COS} \theta)^2 + (\text{SIN} \theta)^2 = 1$

$\text{COS} \theta = \sqrt{1 - (\text{SIN} \theta)^2}$, $\text{SIN} \theta = \sqrt{1 - (\text{COS} \theta)^2}$

問題によく出る、 $\text{COS} \theta$ 、 $\text{SIN} \theta$ の特殊な値の関係。

$\text{COS} \theta = 0.8$ のとき、 $\text{SIN} \theta = 0.6$ ($\text{COS} \theta = 0.6$ のとき、 $\text{SIN} \theta = 0.8$)

この関係は、是非 暗記しておきましょう。

9 線間電圧6.6 [KV] の配電系統において、受電地点からみた電源側の合成パーセントインピーダンスが8 [%] (10 [MVA] 基準) であった。受電地点における三相短絡電流 [KA] は。

解 説

この問題は、レベル的には相当難しく・ややこしい部類に属する。本来は短絡現象から解説し理解しなければ難解である。したがって、よく出されるレベルの公式の範囲について述べる。

- ① 三相短絡電流 I_s : 配電線等で三相短絡した場合に流れる電流。通常単位は [KA] で表す。
- ② 三相短絡容量 P_s : 三相短絡電流が流れた時の容量。通常単位は [MVA] で表す。

$$P_s = \sqrt{3} V \cdot I_s \quad [\text{VA}] \quad V : \text{定格電圧 [V]}$$

$$\text{または、} P_s = \text{基準容量 [MVA]} \times \frac{100}{\%Z} \quad [\text{MVA}]$$

基準容量は10 [MVA] とする。

- ③ パーセントインピーダンス %Z

$$\%Z = \frac{Z \cdot I_n}{V} \times 100 \quad [\%] \quad Z : \text{回路の電源側のインピーダンス}$$

- ④ 定格容量 P_n : $P_n = \sqrt{3} V \cdot I_n$ [VA] [VA]

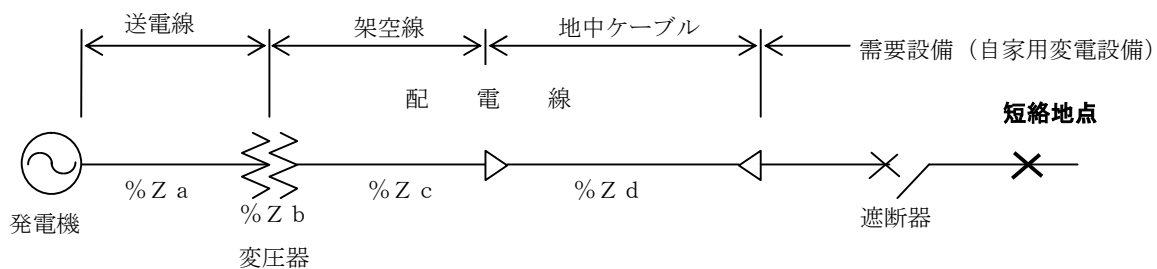
- ⑤ 定格電流 I_n : $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}V}$ [A]

- ⑥ 三相短絡電流 I_s : $I_s = \frac{100}{\%Z} \cdot I_n$ [A]

- ⑦ %Zの換算

$$\text{基準容量ベースの \%Z} = \%Z' \times \frac{\text{基準容量}}{\text{容量}}$$

- ⑧ 合成パーセントインピーダンス $\%Z = \%Z_a + \%Z_b + \%Z_c + \%Z_d$



上図の×印が短絡地点の場合、短絡電流はその地点の電源側の配線のインピーダンスのみにより電流が制限されるだけである。その電線路のインピーダンスは非常に小さいため、短絡電流は相当多く流れることが想像される。したがって短絡事故点に大電流が流れる。その大電流を安全に開極出来る能力がある開閉装置、いわゆる遮断装置（遮断器や電力ヒューズ等）が必要となる。

遮断器、遮断装置とは

電線路において短絡した場合に、その点に流れる電流いわゆる短絡電流を安全に（開閉装置を破壊することなく）開路する能力がある開閉装置を、遮断器（遮断装置）という。

解 答

上記解説より短絡電流は $I_s = \frac{100}{\%Z} \cdot I_n$ [A] 定格電流は $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}V}$ [A]

上式より $I_s = \frac{100}{\%Z} \cdot I_n = \frac{100}{\%Z} \cdot \frac{P_n}{\sqrt{3}V} = \frac{100}{8} \cdot \frac{10 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 6600} \doteq 10.947$ [A]
 $\doteq 11$ [KA]

(遮断電流は計算値の直近上位のものを選ぶ)

答え ハ 11 [KA]

10 定格二次電圧が210 [V] の配電用変圧器がある。変圧器の一次タップ電圧が6,600 [V] のとき、二次電圧は200 [V] であった。一次タップ電圧を6,300 [V] に変更すると、二次電圧の変化はおよそ。

ただし、一次側の供給電圧は変わらないものとする。

考え方のポイント

変圧器のコイルの巻数比の変化による、二次側出力電圧の考え方の計算である。

変圧器の二次電圧を調整するには、一次側でタップ切替により段階的に巻数比を替えるものである。

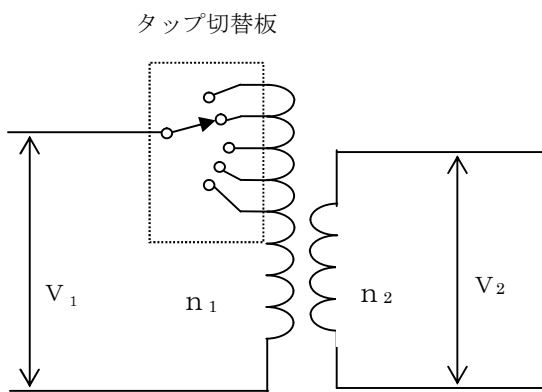


図14-10-1 変圧器のタップ切替図

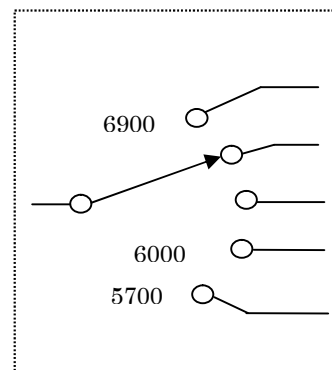


図14-10-2 タップ板図

300V(約5%)ピッチで変更できる
 (6,000~6,750 で150Vピッチもある)

解 答

① 計算式で解く方法

図14-10-1より、一次側印加電圧 V_1 及び二次側出力電圧 V_2 のコイルの巻数をそれぞれ n_1, n_2 とすると

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} = a \quad a \text{ は巻数比という。}$$

$$V_2 = \frac{V_1}{a} \quad \text{二次側出力電圧は、巻数比 } a \text{ に反比例する。}$$

題意の初期条件の巻数比 a_1 及び変更後の巻数比 a_2 は、それぞれ下記のようになる。

$$a_1 = \frac{6600}{200} \quad a_2 = \frac{6300}{200}$$

二次側出力電圧は、巻数比 a に反比例するから、タップ電圧変更前と変更後のそれぞれの二次側電圧の関係は

$$V_1 : V_2 = a_2 : a_1 \quad \text{で表せる。} (V_1 : V_2 = a_1 : a_2 \text{ ではない})$$

ゆえに上式を分数式に変更すると

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{a_2}{a_1} \quad \Rightarrow \quad V_2 = \frac{a_1}{a_2} \cdot V_1 = \frac{200}{\frac{6300}{200}} \times 200 = \frac{6600}{6300} \times 200 = 209.5 \text{ [V]}$$

題意の二次側電圧の変化分は $209.5 - 200 \doteq 10 \text{ [V]}$

答え イ 10 [V] 上昇する

② 巻数比から暗算で解く方法

二次側出力電圧は巻数比 a に反比例するから、初期の巻数比（タップ6,600/200）が変更後の巻数比（タップ6,300/200）になった。言い換えるとタップが6,600から6,300に、つまりタップが約5%小になったので、二次側は反比例で200Vの5%大になる。ゆえに、200Vの5% 10V上昇する。

参 考

① 変圧器のタップに関する問題は、数種類あるが解法は上記②の応用でほとんど解決できる。

今回の問題「10」の中で与えられた数値が、210 [V] 6,600 [V] 200 [V] 6,300 [V] と4種類あったが初めの210 [V] は不要であった。通常の問題は与えられた数値を全て使用して解答のヒントとするが、この種の問題は不必要数値で惑わされ易い。気をつけましょう！！

② 上記解答中、比例・反比例の表現方法を使用したが、比例・反比例の関係を充分使いこなすと暗算で出せる場合が多い。

比例・反比例の表現方法（文章から数式を導いたり、現象から数式を導く方法）の詳細は別添『数学の基礎』で解説していますので、参考にしてください。

11 図のような単相3線式回路で、抵抗負荷 R_1 には50 [A]、抵抗負荷 R_2 には70 [A] の電流が流れている。変圧器の一次側に流れる電流 I の値 [A] は。

ただし、変圧器の励磁電流と損失は無視するものとする。

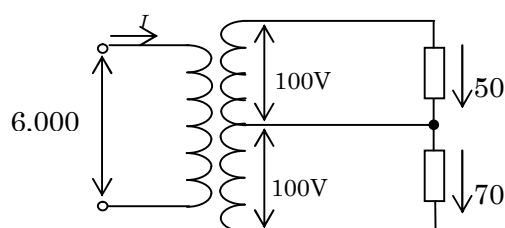


図14-11

考え方のポイント

変圧器の容量計算として一次側入力、二次側出力の換算の計算である。

変圧器の二次側出力をR₁相とR₂相に分離して計算し、その合計容量を一次側入力に換算して、一次側電流を算出する。

解 答

① 抵抗負荷R₁側相の容量P₁の計算

単相電力Pの一般式は $P = V I \cos \theta$ [W]

この問題では、負荷は抵抗のみであるため $\cos \theta = 1$ である

$$P_1 = V I \cos \theta = 100 \times 50 \times 1 = 5,000 \text{ [W]} = \text{[VA]}$$

$$P_2 = 100 \times 70 \times 1 = 7,000 \text{ [W]} = \text{[VA]}$$

② 二次側の出力合計は一次側入力P₀と同じであるから

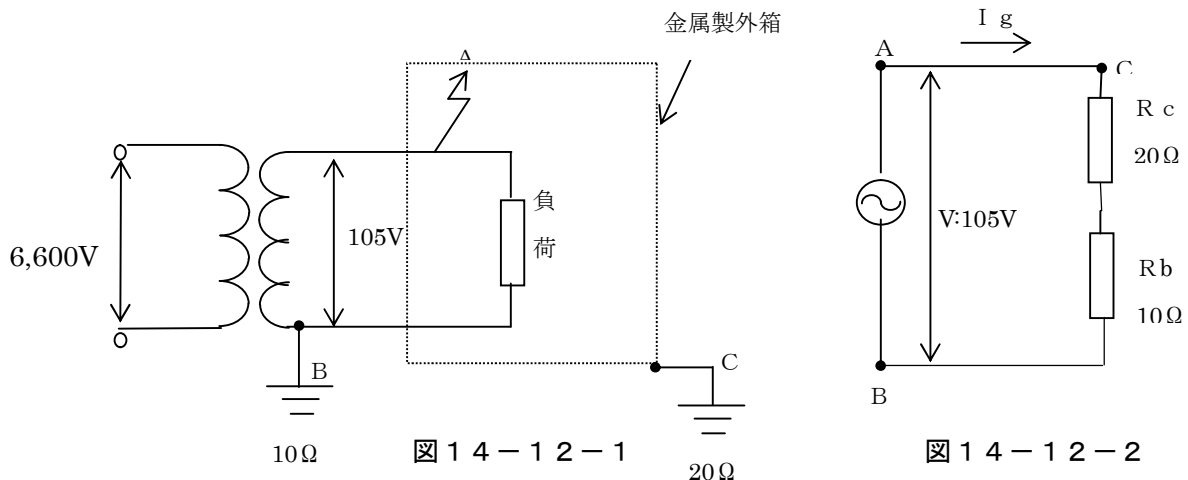
$$P_0 = P_1 + P_2 = 5,000 + 7,000 = 12,000 \text{ [W]}$$

③ 一次側入力は二次側の出力合計と同じであるから、それに伴う一次側の電流I₁は

$$I_1 = \frac{P_0}{V} = \frac{12,000}{6,000} = 2 \text{ [A]}$$

答え □ 2 [A]

12 図のような電路において、B点およびC点における接地抵抗値は、それぞれ10 [Ω] 及び20 [Ω] であった。負荷の金属性外箱のA点で完全地絡が生じたとき、A点の対地電位 [V] は。ただし、金属性外箱、配線及び変圧器のインピーダンスは無視するものとする。



考え方のポイント

変圧器のB種接地工事にともない、低圧電路に地絡事故が発生した時の地絡電流の経路と電流の大きさ及び対地電圧の変化について考察する。

① 図14-12-1のように地絡事故が発生すると、その回路は図14-12-2のように抵抗負荷の直列接続として扱える。

② 地絡電流I_gが流れることにより、接地点B（抵抗値10Ω）及び接地点C（抵抗値20Ω）の間でそれぞれに電圧が発生する。

つまり、本来 接地側線の電位は 0 V で非接地側線は 105 V であるが、地絡電流 I_g が流れ B-C間に電圧が発生しB点及びC点の電位が上昇する。

- ③ その結果、非接地側の電位が 105 V からB点及びC点の電位が上昇した分だけ低くなる。
線間電圧は変圧器の巻数が変化したり、高圧側の電圧が変わらない限り 105 V である。
- ④ 本来は、接地事故点Aでも接触抵抗として抵抗が発生するが、本問では完全地絡となっているので今回は計算に考慮する必要がない。

解 答

図14-12-2より、A点の電位つまりC点の電位を計算する。

- ① 地絡電流 I_g は

$$I_g = \frac{V}{R_c + R_b} = \frac{105}{20 + 10} = 3.5 \quad [\text{A}]$$

- ② C点の電位 V_c は、C点の抵抗値とそれに流れる地絡電流 I_g によって発生する。

$$V_c = I_g \cdot R_c = 3.5 \times 20 = 70 \quad [\text{V}]$$

答え ハ 70 [V]

13 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。

解 説

- ① 力率の意味

交流回路において、周波数に影響を受ける誘導性リアクタンス及び容量性リアクタンスがありそれにより電流が遅れたり、進んだりする現象が発生する。

◎ 誘導性リアクタンスは主としてコイル製品がほとんどで (電動機、蛍光灯安定器等) あり電流を遅らせる現象をする。

◎ 容量性リアクタンスはほとんどがコンデンサーであり電流を進める役目がある。
(誘導性リアクタンスと正反対の性質)

◎ 負荷全体として大半が誘導性リアクタンスであるため、配電線回路では電流が遅れる。その結果、電力を供給しても100%の電力消費が出来ない。あるいは、100%の消費電力を期待するためには100%以上の電力を供給しなければならない。

この現象の率を力率という。つまり供給した電力 (皮相電力 S) に対して実際に有効に消費した電力 (有効電力 P) の比率で表すことを力率 ($\cos \theta$) という。

$$\text{式で表すと} \quad \text{力率} = \frac{\text{有効電力}}{\text{皮相電力}} \quad \cos \theta = \frac{P [\text{W}]}{S [\text{VA}]}$$

また、電力を有効に作用する率 $\cos \theta$ に対して、電流を遅らせ (進め) ようとする率を無効率 $\sin \theta$ といい、 $\cos \theta$ と $\sin \theta$ の関係は下記のように表される。

$$(\cos \theta)^2 + (\sin \theta)^2 = 1 \quad , \quad \cos \theta = \sqrt{1 - (\sin \theta)^2}$$

$$(\text{有効率})^2 + (\text{無効率})^2 = 1$$

上記の力率表現は、電力関係であるが、その他下記の様にも表すことが出来るので理解しよう。

電流関係で表す場合 $\cos \theta = \frac{\text{有効電流}}{\text{全体の電流}} = \frac{I_r}{I}$

インピーダンス関係で表す場合 $\cos \theta = \frac{\text{有効分 (抵抗分)}}{\text{全体のインピーダンス}} = \frac{R}{Z}$

電圧関係で表す場合 $\cos \theta = \frac{\text{有効分に作用する電圧}}{\text{全体の電圧}} = \frac{V_r}{V}$

本問に照らしてベクトル図で表現すると

- 有効分は水平に描く
- 無効分は垂直に描く
- 有効分と無効分の合成は斜辺である。

$$\frac{\text{水平分}}{\text{斜辺分}} = \cos \theta \quad \frac{\text{垂直分}}{\text{斜辺分}} = \sin \theta$$

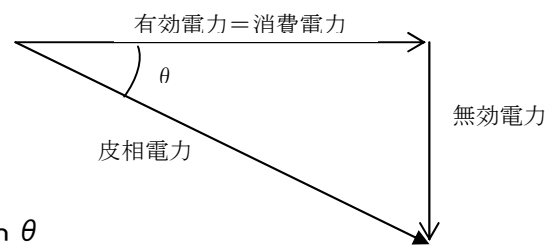


図14-13-1

図14-13-1にコンデンサを接続し力率を改善した場合のベクトル図を下記に示す。

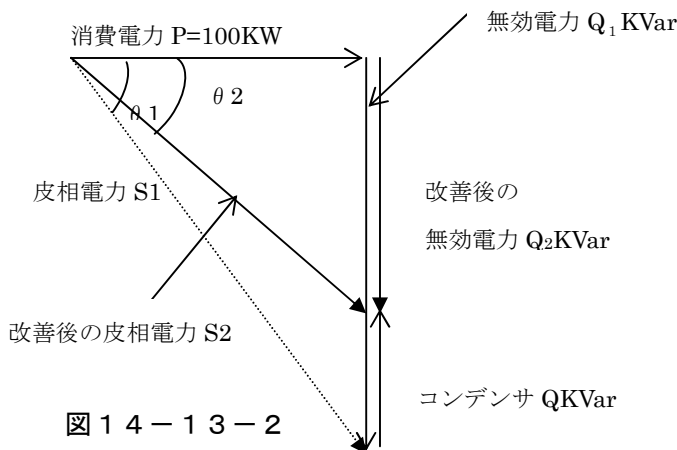


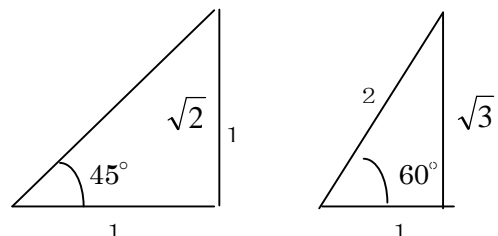
図14-13-2

図14-13-1より、消費電力P [KW] の負荷の力率 $\cos \theta_1$ を $\cos \theta_2$ に改善するために必要なコンデンサの容量Q [KVar] は

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 - Q_2 & Q_1 &= P \tan \theta_1 & , & & Q_2 &= P \tan \theta_2 \\ &= P \tan \theta_1 - P \tan \theta_2 \\ &= P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \end{aligned}$$

参考 三角関数の知識

$$\tan \theta = \frac{\text{垂線}}{\text{底辺}} = \frac{Q}{P} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$



前頁図より $\tan 45^\circ = 1$ $\tan 60^\circ = \sqrt{3}$ $\cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$

$\sin 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$

解 答

① 図14-13-2より、力率改善後の力率 $\cos \theta_2$ は

$\cos \theta_2 = \frac{P}{S_2}$ として計算するのが本来であるが、ここで S_2 を誘導してくるのが複雑になる

ので、 $\tan \theta_2$ をもとめることにする。

コンデンサ 50 KVar 設置後の無効電力は、図14-13-2の垂線部分

$Q_2 = Q_1 - Q = 150 - 50 = 100$ [KVar]

消費電力 $P = 100$ [KW] であるため、上記「三角関数の知識」の例題により有効電力分及び無効電力分ともに 100 であるため、その角度は 45° となる。

① 力率改善後の力率 $\cos \theta_2$ は

$\cos \theta_2 = \cos 45^\circ = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1.41} = 0.709$ 71 [%]

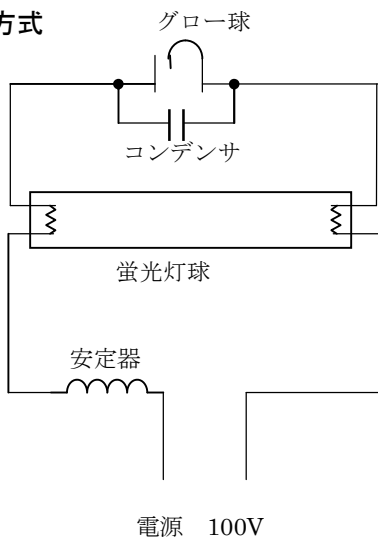
答え ロ 71 [%]

14 ラピットスタート式蛍光灯に関する記述として、誤っているものは。

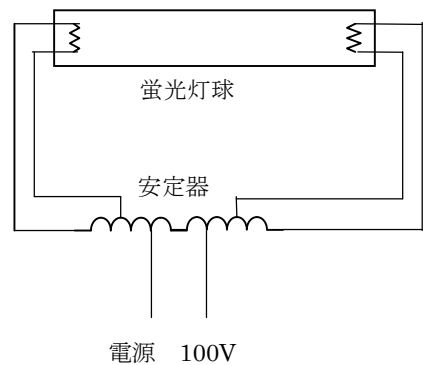
解 説

A 蛍光灯の点灯方式には次の3種類あります。

① グロー点灯方式



② 瞬時点灯方式 (ラピットスタート形)
点灯用グロー球 (点灯管) なし



③ 電子点灯式 (点灯管・安定器なし)

点灯管・安定器がなくIC回路により高周波を発生させ、熱電子の活動を活発化させて、従来の蛍光灯より高効率となっている。

Hf形蛍光灯と称しこれからは蛍光灯の主流になる。(Hf：高周波＝ハイフレクンシー)

B 部品の役目

◎ 安定器 (チョークコイル)

: 始動時、グロー球のグロー放電電流を安定させる。

◎ 管球 (蛍光灯球)

: 管の両端のフィラメントが赤熱して熱電子が飛び出し、管の内面に塗られた蛍光塗料に当たり、可視光線を発生させる。

◎ グロー球 (点灯管)

: 始動時に管球内のフィラメントを加熱させる。

蛍光灯の発光後はグロー球内のバイメタルが元に戻って、始動回路を断つ。

◎ コンデンサ

: 始動時、グロー球のグロー放電により高周波が発生し、その高周波が電源回路や空中電波となり外部に放出され、電波障害となる。これを防止するためにコンデンサ内で高周波を吸収させる。グロー球と並列に取付ける。

答え ニ

15 変圧器の出力に対する損失の特性曲線において、a が鉄損、b が銅損を表す特性曲線として、適切なものは。

解 説

この問題は、変圧器の損失に対する知識と、その損失が電気特性としてグラフに表した場合の描きかた、見分け方をとうものである。

① 変圧器の損失は、2種類に大別される。

無負荷損 : 負荷に関係なく一定である。鉄損とも言う。

さらに、鉄損はヒステリシス損 (鉄心の磁気飽和のひずみによるもの)

うず電流損 (鉄心に発生し、熱・振動・音となる) に分かれる。

負荷損 : 銅損または、抵抗損とも言う。

巻線自体の銅線の抵抗によるジュール熱 ($I^2 \cdot r$) が発生する。

つまり負荷 (負荷電流 I) の2乗に比例する。

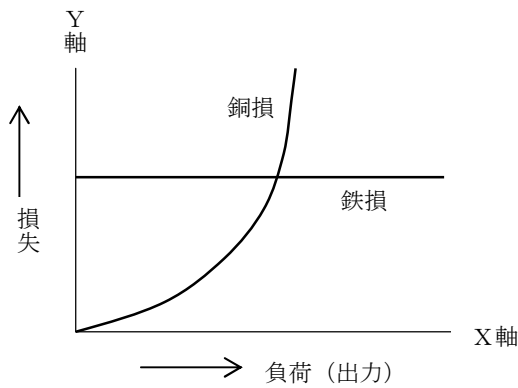
② グラフの見方

電気関係でよく使うグラフは、一般的な形で表すと、下記のようなものがある。

Y , X : 変数 a , b : 定数 (+) とすると

① 比例グラフ $Y = aX$ 右肩上がりの一直線

② 2乗グラフ $Y = aX^2$ 放物線 (2乗曲線) 銅損に相当



解 答

答え ニ

16 かご形誘導電動機のインバータによる速度制御に関する記述として、正しいものは。

解 説

誘導電動機の回転数を表す式は

$$N = \frac{120f}{P} \quad [\text{rpm}]$$

N : 固定子巻線の1分間の回転数 $[\text{rpm}]$

f : 電源の周波数 $[\text{Hz}]$

P : 固定子巻線の極数 磁極 N,S 一对で2とする

rpm : 1分間の回転数の単位。(r/m)

読みかた: アール・ピー・エム またはレボリューション・パー・ミニッツ

上記の回転数 N を表す式から判るように、誘導電動機の回転数を換えるには 電源周波数あるいは固定子巻線の極数を換える方法の2種類になる。

- ① 固定子巻線の極数は通常メーカー側で作成すると、固定されてしまうのでこの方法は困難であるが、固定子巻線の極数を換える方法としては、多極巻線の電動機のコイル端を外部に取り出して、極数切替機（ポールチェンジャ）で段階的に回転数を換える方法がある。
あまり一般的ではない。
- ② 電源周波数を換える方法は、誘導電動機の電源側に周波数変換装置いわゆるインバータを介し、電動機負荷に応じて速度制御を行なうのである。
近年のIC技術の発達にともなって、比較的低廉で導入可能となり多用化されている。

解 答

答え イ

- 17 巻上荷重100 [Kg] の物体を毎分60 [m] の速さで巻き上げているときの巻上機用電動機
 の出力 [KW] は。
 ただし、巻上機の効率は70 [%] とし、100 [Kg] の物体に働く重量は980 [N]
 とする。

解 説 (平成25年類似問題)

- 1 一般的に言うと、物体を高い所から低い所へ移動するとその物体にエネルギーが蓄えられる。
 具体的には、水力発電に置きかえると、理論出力は

$$P = 9.8QH \text{ [KW]} \text{ ① で表される。}$$

P : 発電機出力 [KW] , Q : 1分間の水量 [m³/秒] , H : 有効落差 [m]

- 2 一方、物体を低い所から高い所へ持ち上げるには、その物体にエネルギーを与えなければ移動しない。
 具体的には、巻上機用電動機で物を巻き上げるときの電動機の理論出力は、

$$P = \frac{9.8WV}{60} \times 10^{-3} \text{ [KW]} \text{ ②}$$

P : 電動機出力 [KW] , W : 巻上荷重 [Kg] , V : 巻上速度 [m/分]

上式 ① , ② を比較してみると、ほとんど同じ式の形である。② 式中60で割っているのは、
 ①式の Q の単位は1秒間の流量であり、② 式の V の単位は1分間の速度であるため。

上式 ① , ②は理論式であるため、実用的にはそれぞれの機械効率 η を考慮するので下記のようになる。

①式は $P = 9.8QH\eta \text{ [KW]} \text{ ③}$

②式は $P = \frac{9.8WV}{60\eta} \times 10^{-3} \text{ [KW]} \text{ ④}$

解 答

上記④式より 題意の数値を代入すると

$$P = \frac{9.8WV}{60\eta} \times 10^{-3} = \frac{9.8 \cdot 100 \cdot 60}{60 \cdot 0.7} \times 10^{-3} = 1.4 \text{ [KW]}$$

答え ハ 1.4 [KW]

参 考

- ① エレベータ用電動機の場合

$$P = \frac{9.8FWV}{60\eta} \times 10^{-3} \text{ [KW]}$$

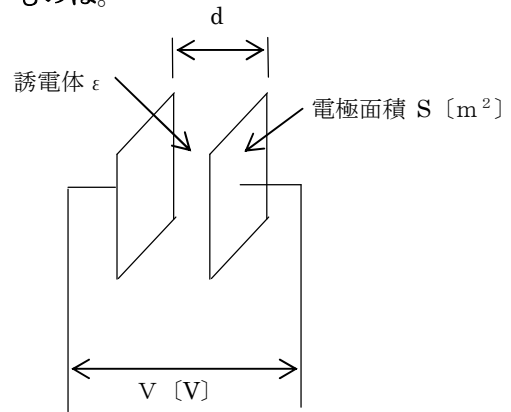
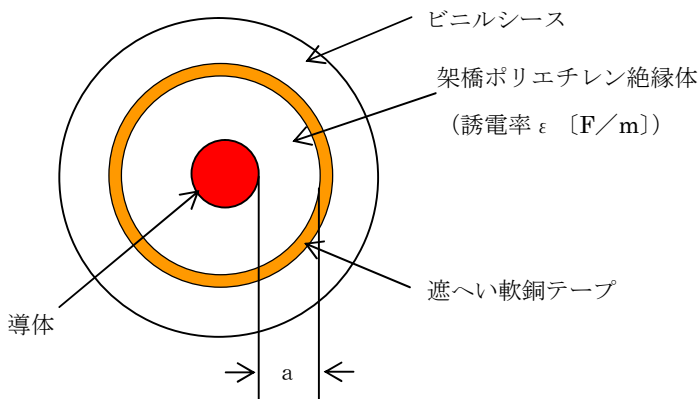
F : つりあい荷重率 (0.5 ~ 0.8) , W : 最大荷重 [Kg] , V : 昇降速度 [m/分]

- ② 送風機用電動機の場合

$$P = \frac{9.8Qh}{60\eta} \times 10^{-3} \quad [\text{KW}]$$

Q : 風量 [m³/分] , h : 風圧 [mmAq]

18 地中に埋設した図のような断面のCVケーブル（長さL [m]）がある。このケーブルの対地静電容量C [μF] に関する記述として、正しいものは。



解 説

1 高压ケーブルの断面は、図14-18-1で示すように、金属体（導体と遮へい銅テープ）が絶縁体を挟んでいる構造である。つまり図14-18-2で示す平行板コンデンサとして取り扱える。ここに、平行板コンデンサの電極面積Sは高压ケーブル断面の円周×ケーブル長さとなる。図14-18-2の平行板コンデンサにおいて、次の関係が成り立つ

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad [\text{F}]$$

コンデンサ容量C [F]、電極面積S [m²]、電極間の距離d [m]、誘電体（絶縁体）ε

この式から、コンデンサCの大きさは 電極面積Sに比例し、電極間の距離dに反比例する。これを高压ケーブルに置き換えると
対地静電容量Cはケーブルの長さに比例し、絶縁体の厚さaに反比例する。

解 答

答え ロ

参 考

① 図14-18-2のコンデンサC [F] に蓄えられる静電エネルギーW [J] は

$$W = \frac{1}{2} C V^2 \quad [\text{J}]$$

② 記号・単位の読み方 F : ファラッド , ε : イブシロン , J : ジュール

- 19 図に示すサイリスタ（逆阻止三端子サイリスタ）回路の出力電圧 V_0 の波形として、得ることの出来ない波形は。ただし、電源電圧は正弦波交流とする。

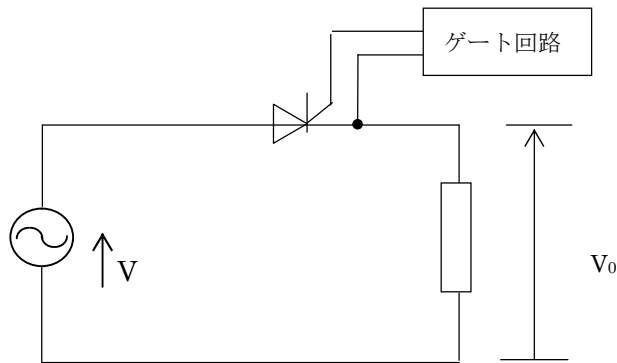


図14-19

解説 (平成26年同一問題)

- 近年IT化に伴い電力系統においてもコンピュータ関係の電源として無停電装置が急速に求められ、その装置として常時バッテリーを充電しつつ、その直流を交流電源に変換し負荷設備に供給する方式が普及している。
バッテリーの充電装置として欠かすことの出来ない整流装置に、代表的な電力半導体素子とそれを組み合わせた回路があり、素子別に分類すると
① ダイオード ② トランジスタ ③ サイリスタ
が上げられる更に、それぞれ機能により細分化されている。
- 直流変換装置（インバータ）の主回路となる無接点スイッチとして電力用半導体素子すなわちサイリスタやトランジスタを主流として開発してきたが、近年では周辺機器や材質等の開発にともない、トランジスタ・インバータが多用されている。
- 逆阻止三端子サイリスタは、他の機能のサイリスタと区別しない場合は、単にサイリスタという。
- 図14-19中の「ゲート回路」の役目は、出力された半波整流波形の正弦波の部分の欠け方をコントロールする。

解答

上記解説によりサイリスタは交流を整流するものであるため、出力波形は「負」の方向になり得ない。

答え 二

- 20 送電線に関する記述として、誤っているものは。

解説

日本の電力料金制では、基本料金は一年の最大電力値を採用し、最大電力値に満たない月でもその最大電力料金を一年間支払うことになっている。

年間のうち、ある期間一時的に消費電力が大きくなる場合に、最大電力を押さえるため、発電機を運転するのである。

② ベースロード用

契約電力を低減するため、常時ベースとなる電力を発電機にてまかない、変動する負荷の変動分（不足分）を買電により補う方式である。

③ コ・ジェネレーション用

電・熱併用供給方式ともいい、発電機で電力を発生し原動機で発生する排熱を回収し給湯や暖房装置等、有効に利用し総合効率を高め、省エネルギー対策・地球環境対策・最大電力の低減等を図るものである。

3 原動機による分類

① ガスタービン

燃焼している燃焼ガスの熱エネルギーをタービンに直接回転運動に変換させる。

② 内燃機関 ディーゼル機関 , ガス機関

ピストン内で燃焼ガスの熱エネルギーをピストン運動に変換し、さらに回転運動に変換する。

解 答

答え 二

22 有効落差100 [m]、使用水量20 [m³/S] の水力発電所の出力 [MW] は。
ただし、水車と発電機の総合効率は85 [%] とする。

解 説 ・ 解 答

「問題17」で解説した式から、 $P = 9.8QH\eta$ [KW] をそのまま適応する。

P : 発電機出力 [KW] , Q : 1分間の水量 [m³/秒] , H : 有効落差 [m]

η : 総合効率 [%]

$$P = 9.8QH\eta = 9.8 \times 20 \times 100 \times 0.85 = 16,666 \text{ [KW]}$$

$$\approx 16.7 \text{ [MW]}$$

答え ハ 16.7 [MW]

23 発電方式の記述にしとて、誤っているものは。

解 説

イ 太陽光発電 : 太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出す発電方式である。

ロ 燃料電池発電 : 天然ガス等から取り出した水素と空気中の酸素を化学反応させて電気を取り

出す発電方式である

- ハ 風力発電 : 風の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して取り出す発電方式である。
- ニ 揚水発電 : 上下2つの貯水池を利用して、夜間などの軽負荷時に揚水し、昼間の重負荷時に発電する方式である。

解 答

答え ニ

24 変電設備における機器に関する記述にしとて、誤っているものは。

解 説

- イ 断路器 : 遮断器の電源側に取付けて、停電作業などで遮断器を開放しさらに安全のためその電源側を開路する目的で設置する。負荷電流も開閉する能力がないため負荷電流が流れていない状態で開閉しなければならない。
- ロ 負荷開閉器 : 負荷電流の開閉に使用する。地絡継電器や零相変流器と組み合わせて、回路保護にも使用する。短絡電流を遮断する能力はない。LBS、AS等がある。
- ハ 避雷器 : アレスターともいい電気回路に雷などの異常電圧が侵入した時、電気回路の保護をするため、異常電圧を対地に放電し対地異常電圧を低減する。
- ニ 遮断器 : 負荷電流や過負荷・短絡電流を開閉できる能力のある開閉装置を遮断器という。過電流継電器や地絡継電器と組み合わせて電路保護にも使用する。

解 答

答え イ

25 零相変流器と組み合わせて使用する継電器の種類は。

解 説

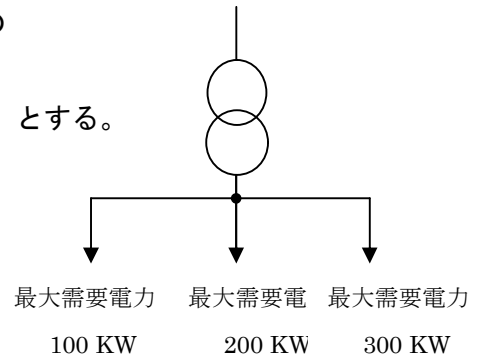
- イ 過電圧継電器 : 高圧回路や発電機電圧で通常電圧より異常の電圧を検出した場合、その電圧をVTで検出し、設定値を超えると作動させ開閉装置を開路するのに使用する。
- ロ 地絡継電器 : 零相変流器で地絡（接地）電流を検出し、その電流を地絡継電器に送り開閉器や遮断器を開放をする。
- ハ 過電流継電器 : 変流器で過負荷電流や短絡電流を検出し、その電流を過電流継電器で確認し過電流の大小により作動時間を自動判定・調整し開閉装置を開路する。
- ニ 差動継電器 : 特高用変圧器の内部故障を検出するため使用する。

解 答

答え ロ

26 図のような負荷に供給する三相変圧器Tの必要な容量の
最小値〔KVA〕は。

ただし、不等率を1.5、総合負荷の力率は80〔%〕とする。



解 説

何軒かある需要群に配電する変圧器の容量を決める場合に、各需要群の最大需要電力及び不等率あるいは需要率、力率等からもとめる。各需要家の使用状態からそれらの関係式を述べる。

$$\text{需要率} = \frac{\text{最大需要電力〔KW〕}}{\text{設備容量〔KW〕}} \text{-----} \text{①}$$

$$\text{不等率} = \frac{\text{最大需要電力〔KW〕}}{\text{その群の最大需要電力の和〔KW〕}} \text{-----} \text{②}$$

解 答

$$\text{上記②式より、最大需要電力} = \frac{\text{その群の最大需要電力の和}}{\text{不等率}} = \frac{100 + 200 + 300}{1.5} = 400 \text{〔KW〕}$$

$$\text{変圧器の容量} = \frac{\text{最大需要電力〔KW〕}}{\text{力率}} \text{〔KVA〕} = \frac{400}{0.8} = 500 \text{〔KVA〕}$$

答え ハ

27 高調波に関する記述として、誤っているものは。

解 説 (平成16年、22年類似問題)

近年配電系統において高調波の発生により商用周波数(50, 60Hz)の波形がひずみ、色んな障害が出ている。その発生源(発生原因)、影響を受けやすい電気機器、対策等を述べる。

配電系統で影響を受けやすい高調波は、低次奇数高調波つまり基本波に対して第3, 第5, 第7程度である。

(例：第3高調波とは基本波60Hzにたいして、三倍の180Hzの周波数である。)

1 発生源

- ① 電力変換装置：インバーター(動力機器、蛍光灯)、UPS(無停電電源装置)、サイリスター等
- ② 交流アーク炉、OA機器、家庭電化製品(ビデオ、テレビ、エアコン等)

2 被害機器

- ① 発電機、電動機、コンデンサの過熱・焼損、蛍光灯の過電流による加熱、焼損。
- ② ブレーカの過大電流による誤動作。

- ③ 保護継電器特性の変化による誤動作。
- ④ 情報関連機器に侵入する雑音（ノイズ）によるシステムダウン、誤動作。

3 対策

- ① 発生抑制策 : 交流入力のパルス数を多くとる電源装置を設置する。
- ② 低減策 : L-Cフィルタ、アクティブフィルタの取付け。
低圧回路にコンデンサを入れ吸収する。
: 高圧コンデンサ焼損防止のため、直列リアクトルを設置する。
- ③ 外部流出の抑制
: 電源変圧器の多相化する。

解 答

答え ニ

28 架空引込み線の自家用高圧受電設備に地絡継電器付高圧交流負荷開閉器(G付PAS)を設置する場合の記述として、誤っているものは。

解 説

- ① 「電気設備に関する技術基準」第41条3項では、『他の者から供給を受ける受電点またはこれに近接する個所には、受電点の負荷側電路に地気を生じた時に、自動的に電路を開放する装置を施設しなければならない。』とあり、構内の地絡事故が他の需要設備に波及しない様に決められている。
- ② また、電力会社との供給規定には、原則として構内の電力会社の供給点に出来るだけ近い場所に区分開閉器（気中開閉器）を設置し、保守点検を容易にする為や保安責任分界点を明確にし、また波及事故を防ぐための地絡継電器付負荷開閉器を設置することとなっている。

解 答

答え ロ

29 600Vビニル絶縁電線の許容電流（連続使用時）に関する記述として、適正なものは。

解 説

絶縁電線の許容電流とは

絶縁電線に安全に流せる最大の電流を『許容電流』といい、絶縁材質によりその許容温度が異なりまた絶縁電線の布設方法（工事方法）によっても異なる。

『許容電流』は絶縁物の温度上昇により電気特性の劣化に影響するので、周囲温度（30℃以下）・放熱の良否・許容温度により決められる。

例えば、600Vビニル絶縁電線 : 30℃以下で自己発熱を加えて60℃を最高許容温度とする。
また、絶縁電線の防護装置（管路・ダクト・線び）に入れた場合は、放熱が悪くなるためその許容電流が減少する。この割合を『電流減少係数』といい、防護装置へ収める電線数により許容電流が小さくなる。

解 答

答え ロ

30 地中に埋設する接地極の材料として、不適切なものは。

解 説

接地線及び接地極は地中に埋設するため、腐食によって事故電流を安全に流すことが出来なくなる事を防止するため、接地線及び接地極の要件が決められている。

① 接地線

各接地種別に応じた太さの軟銅線又はこれと同等以上の強さ及び太さの容易に腐食し難い金属線であって、故障の際に流れる電流を安全に通ずることが出来るものを使用しなければならない。

具体的には 絶縁電線、ケーブル及びキャブタイヤケーブルであり

鉄線（鋼線、亜鉛メッキ鉄線を含む）の使用禁止をしている。

② 接地極

腐食しがたく、土と電氣的になじみやすい（電気抵抗が小さくなる）金属体を用いる。

具体的には 埋込又は打込み接地極として

銅板、銅棒、銅被覆鋼板、炭素被覆鋼棒、亜鉛メッキ鋼管・鉄棒などがある。

アルミ製のものは、表面が酸化し酸化皮膜ができる。酸化皮膜は絶縁性があるため使用してはいけない。

解 答

答え イ

31 工具に関する記述として、誤っているものは。

解 説

高速切断機は円板形砥石を回転させて鋼材を切断するのに使用する。回転砥石の側面で、鋼材のバリ取りやドリルのきりの研削に使用してはいけない。回転砥石に横からの力をかけると砥石が破損し事故となる。また、使用する場合は防塵メガネやゴーグルをかけることとなっている。

解 答

答え ニ

32 人が容易に触れるおそれがある場所に施設するライティングダクト工事に関する記述として不適切なものは。

解 説

ライティングダクト工事の施設条件（電技第200条）

- ① ダクト相互及び電線相互は、堅ろうに、かつ、電氣的に完全に接続すること。
- ② ダクトは、造営材に堅ろうに取り付けること。

- ③ ダクトの支持点間の距離は、2 m以下とすること。
- ④ ダクトの終端部は、閉そくすること。
- ⑤ ダクトの開口部は、下に向けて施設すること。
- ⑥ ダクトは、造営材を貫通して施設しないこと。
- ⑦ ダクトの金属性部分には、D種接地工事を施すこと。ただし、対地電圧が150 V以下で、かつ、ダクトの長さが4 m以下の場合はこの限りではない。
- ⑧ ダクトを人が容易に触れるおそれがある場所に施設するときは、電路に地気を生じた時に自動的に電路を遮断する装置を施すこと。(漏電遮断器の設置)

解 答

答え ロ

33 点検できない隠ぺい場所において使用電圧440 [V] の低圧屋内配線工事を行なう場合、不適切な工事方法は。

解 説

点検できない隠ぺい場所で、使用電圧の区分に応じて工事種別が規制されている。

① 乾燥した場所

300 V以下 : 合成樹脂管工事, 金属管工事, 可とう電線管工事, ケーブル工事
フロアダクト工事, セルラダクト工事

300 V超過 : 合成樹脂管工事, 金属管工事, 可とう電線管工事, ケーブル工事

解 答

答え イ

34 高圧CVケーブルを屋内に施設する場合の施設方法として、不適切なものは。

解 説

高圧屋内配線等の施設 電技第217条により下記の2種類に定められている。

1. がいし引き工事 (乾燥した場所であって展開した場所にかぎる)

2. ケーブル工事

- ① 重量物の圧力又は機械的衝撃を受ける恐れがある個所に施設する電線には、適当な防護装置を設けること。
- ② 電線を造営材の下面又は側面に沿って取り付ける場合は、電線の支持点間の距離をケーブルにあっては2 m (人が触れるおそれがない場所において垂直に取り付ける場合は6 m) 以下
キャブタイヤケーブルにあっては1 m以下とし、かつ、その被覆を損傷しない様に取り付けること。
- ③ ケーブルを収める防護装置の金属体部分, 金属製の電線接続箱及びケーブルの被覆に使用する金属体には、A種接地工事を施すこと。ただし、人が触れるおそれがないように施設する場合は、D種接地工事によることが出る。
- ④ 他の配線等(高・低圧屋内配線, 弱電流配線) 又はガス管, 水管との離隔距離は15 cm以上とする。

ケーブルを耐火性のある堅牢な隔壁で設けたときはこの限りではない。

解 答

答え 二

35 高圧受電設備に使用されている誘導形過電流継電器（OCR）の試験項目として、誤っているものは。

解 説

高圧受変電設備で使用される主な継電器は次のようなものがある。

- ① 電流継電器 : 過電流継電器, 地絡継電器 (接地継電器), 方向性地絡継電器
- ② 電圧継電器 : 過電圧継電器, 不足電圧継電器

過電流継電器の役割は、高圧回路の変流器（CT）にて過負荷電流や短絡電流を検出した電流を過電流継電器に導き、過電流の大きさに応じて動作時間を自動処理・判断しながら遮断器のトリップ回路へ遮断電流を送って、遮断器で高圧回路を開路する。

特に、短絡電流のような大電流の場合は自動時間調整なく、瞬時（0.05秒以内）に遮断器をトリップ（開極＝開路）させる。

解 答

答え 口

36 タップ電圧6,300/105 [V]の単相変圧器2台を用いて、最大電圧6,900 [V]の電路の絶縁耐力試験を行うときの試験器回路の結線として、正しいものは。

解 説

受変電設備の工事現場等で、高圧送電前に試験をしなければならない項目の1つとして、絶縁耐力試験がある。現在では、絶縁耐力試験（通称：耐压試験）装置としては、専用の試験器セットが試験器メーカーで製造されており、それ以前には題意のような装置で絶縁耐力試験をしていた。

つまり、汎用機器である単相変圧器2台を下図のように結線して行った。

通常使用する変圧器は1次側に6,600Vを加えると二次電圧は100V出力される。これを逆に利用すると、二次側に電圧100Vを加えると1次側に6,600Vが出力される。

一方、絶縁耐力試験における被試験物の印加電圧は、技術基準第14条により

「最大使用電圧の1.5倍の交流電圧を連続して印加し、10分間これに絶えるものであること」となっている。

最大電圧6,900 [V]の1.5倍、10,350 [V]の電圧が必要である。

10,350 [V]を出す装置として、2台の変圧器の低圧側（1次側）を並列接続し、高圧側（2次側）を直列接続し、低圧側（1次側）に100Vを直接印加すると13,200V出力されて、過電圧となるので、低圧側（1次側）に100Vの電圧を抵抗器にて低く調整し、高圧側（2次側）出力が10,350Vにする。

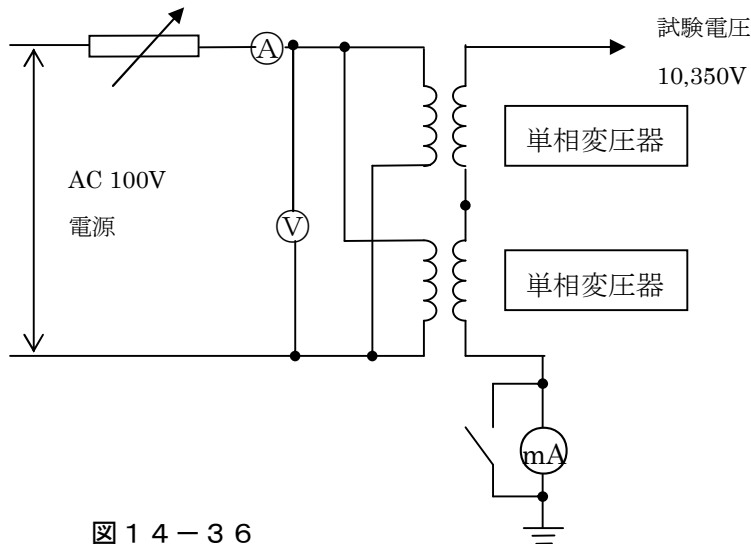


図14-36

解答

答え □

参考

この問題において、低圧側（1次側）に何Vを印加すれば高圧側（2次側）に10,350V出るかの計算は。この図14-36により、1次側/2次側は105V/6300V+6300V、つまり、このように結線されたものを1つの変圧器とみなすと、その電圧比は105/12600=1/120となる。

したがって、10,350Vを出力するには1次側は $10,350 \times 1/120 = 86.25$ [V] となる。この電圧を可変抵抗にて調整する。

Ⓜに示される電流は漏洩電流または充電電流という。

37 自家用電気工作物として施設する電路又機器について、C種接地工事を施さなければならないものは。

解説

接地工事種別と概要

接地線に使用する金属線は、下表による太さの軟銅線又はこれと同等以上の強さおよび太さの容易に腐食し難い金属線であって、故障の際に流れる電流を安全に通ずる事が出来るものを使用すること。

（アルミニウム線、鋼線、亜鉛鍍金鉄線等の使用を禁止している。）

接地工事の種類	接地抵抗値	接地線の最小太さ	接地工事対象物
A種接地工事	10Ω	2.6 mm 5.5 mm ² 相当	高圧機器の金属製箱等，電路の金属製防護装置等
B種接地工事	150 / I ₁ * 1 参照	4 mm 14 mm ² 相当	変圧器の低圧側の1線
C種接地工事	10Ω	1.6 mm 2 mm ² 相当	300Vを超える低圧機器の鉄箱，電路の金属製防護装置等。 * 2

D種接地工事	100Ω *3	1.6 mm 2mm ² 相当	300V未満の主に低圧機器の鉄箱, 電路の 金属製防護装置等
--------	------------	-------------------------------	-----------------------------------

*1: I_1 高圧電路の1線地絡電流 [A]

: 高圧電路が低圧電路に混触したとき、数値150は下記のようにすることができる。

イ 高圧電路を遮断する装置が **1秒以内** である時は **600**

ロ 高圧電路を遮断する装置が **1~2秒以内** である時は **300**

その他、特殊条件により接地工事の種類が緩和されたり、省略される場合いわゆる特例がある。

*2: C種接地工事の特例

人の容易に触れる恐れがないように施設する場合は、D種接地工事とすることが出来る。

*3: D種接地工事で、地絡を生じた場合に**0.5秒以内**に当該電路を自動的に遮断する装置を施設するときは、**500 [Ω]**以下であること。

金属体と大地との間の電気抵抗値が**100 [Ω]**以下である場合は、D種接地工事を施したものとみなされる。

解 答

答え イ

38 「電気関係報告規則」において、6.6 [KV] で受電する自家用電気工作物の設置者が、自家用電気工作物について事故が発生したときに、所轄の経済産業局長に報告しなくてもよいものは。

解 説

電気事業法第106条で『電気関係報告規則』が定められており、自家用電気工作物に関する電気事故報告について下記のようになっている。

- 1 感電死傷事故
- 2 電気火災事故
- 3 電気工作物の血管, 損傷もしくは破壊又は電気工作物进行操作することにより人を死傷させた事故。
- 4 一般電気事業者の一般電気事業の用に供する電気工作物と電氣的に接続されている電圧3000V以上の自家用電気工作物の故障、損傷、破壊などにより一般電気事業者に供給支障事故を発生させた事故（波及事故）。

に対して、所轄**経済産業局**へ次の様に報告しなければならない。

速 報 : 事故の発生を知った時から**48時間以内**

詳 報 : 事故の発生を知った日から起算して**30日以内**

解 答

答え イ

39 「電気工事業の業務の適正化に関する法律」において、自家用電気工作物の電気工事を行なう電気事業者の営業所に備えることを義務づけられていない器具は。

「電気工事業の業務の適正化に関する法律」（略称：電気工事業法）の概要

I 目的

電気工事業者の登録と業務の規制をすることにより業務の適正化をはかり、もつて一般用電気工作物及び自家用電気工作物の保安の確保を資する。

1. 登録電気工事業者
2. すべての電気工事を施工できる。

3. 通知電気工事業者
 - ① 自家用電気工作物の工事のみ施工できる。
 - ② 開業10日前に、都道府県知事に通知する。（営業所が2以上の場合は経済産業局へ通知）

II 電気工作物工事業者の義務

- ① 工事業の登録を都道府県知事に行う。

事業所が2件以上におかれている場合は経済産業局長、2県以上で2経済産業局区域内にわたるときは経済産業大臣に行う。
- ② 営業所ごとに主任電気工事士をおく。

主任電気工事士は工事士免状の交付を受けた後3年以上の電気工事の実務の経験を有する者。
- ③ 電気工事士でないものに電気工事（軽微な工事を除く）をさせてはならない。
- ④ 電気用品安全法で定められた電気用品を使用すること。
- ⑤ 測定器として、絶縁抵抗計，接地抵抗計，回路計（テスター：抵抗及び交流電圧を測定できるもの）を営業所ごとに備え付けること。
- ⑥ 電気工事業者として営業所および電気工事の施工場所ごとにその見やすい場所に、次の事項を記載した標識を掲示する。

（氏名又は名称，営業所の名称，登録年月日及び登録番号，主任電気工事士の氏名）
- ⑦ 業務開始届と届出事項変更（廃止）届は30日以内に届けなければならない。
- ⑧ 電気工事業者の登録の期限は5年で以降更新する。
- ⑨ 帳簿を備え付け，注文者の氏名又は名称及び住所，電気工事の種類と施工場所，施工年月日，主任電気工事士および作業員の氏名，配線図検査結果を記載し，5年間保存しなければならない。

40 「電気工事士法」における自家用電気工作物の（最大電力500〔KW〕未満の需要設備）であって、電圧600〔V〕以下で使用するものの工事又は作業のうち、第一種電気工事士又は認定電気工事従事者の資格がなくても従事できるものは。

「電気工事士法」の概要

電気工事とは、一般用電気工作物又は自家用電気工作物設置したり、又は変更したりする工事をいい、政令で定める軽微な工事は除く。

I 目的

電気工事の作業に従事する者の資格及び義務を定め、電気工事の欠陥による災害の発生を防止する。

II 電気工事士の種別

1. 第一種電気工事士

自家用及び一般用電気工作物の工事を施工できる。(特殊電気工事を除く)

2. 第二種電気工事士

一般用電気工作物の工事を施工できる。

3. 特殊電気工事資格者

- ① ネオン工事を施工できる。
- ② 非常用予備発電機装置工事を施工できる。

4. 認定電気工事従事者

- ① 自家用電気工作物の工事のうち、特殊電気工事にそれぞれ認定を受けて従事できる。
- ② 自家用電気工作物の工事のうち、特殊電気工事をのぞく600V以下で使用する工事。
ただし、構外にわたる電線路工事は除く。

* 軽微な工事 (試験問題によく出される)

- 1 さし込み接続器、ソケット、ローゼット等にコードまたはキャブタイヤケーブルを接続する工事。
- 2 電気機器(配線器具を除く)の端子に電線・ケーブル等をネジ止めする工事。
- 3 弱電気回路工事および、これら接続する小型変圧器(2次電圧が36V以下)の2次側配線工事。
- 4 電柱及び腕木等を取り付け・変更の工事。
- 5 地中電線用の暗渠又は管路を設置・変更する工事。

* 軽微な工事でない、間違いやすい工事

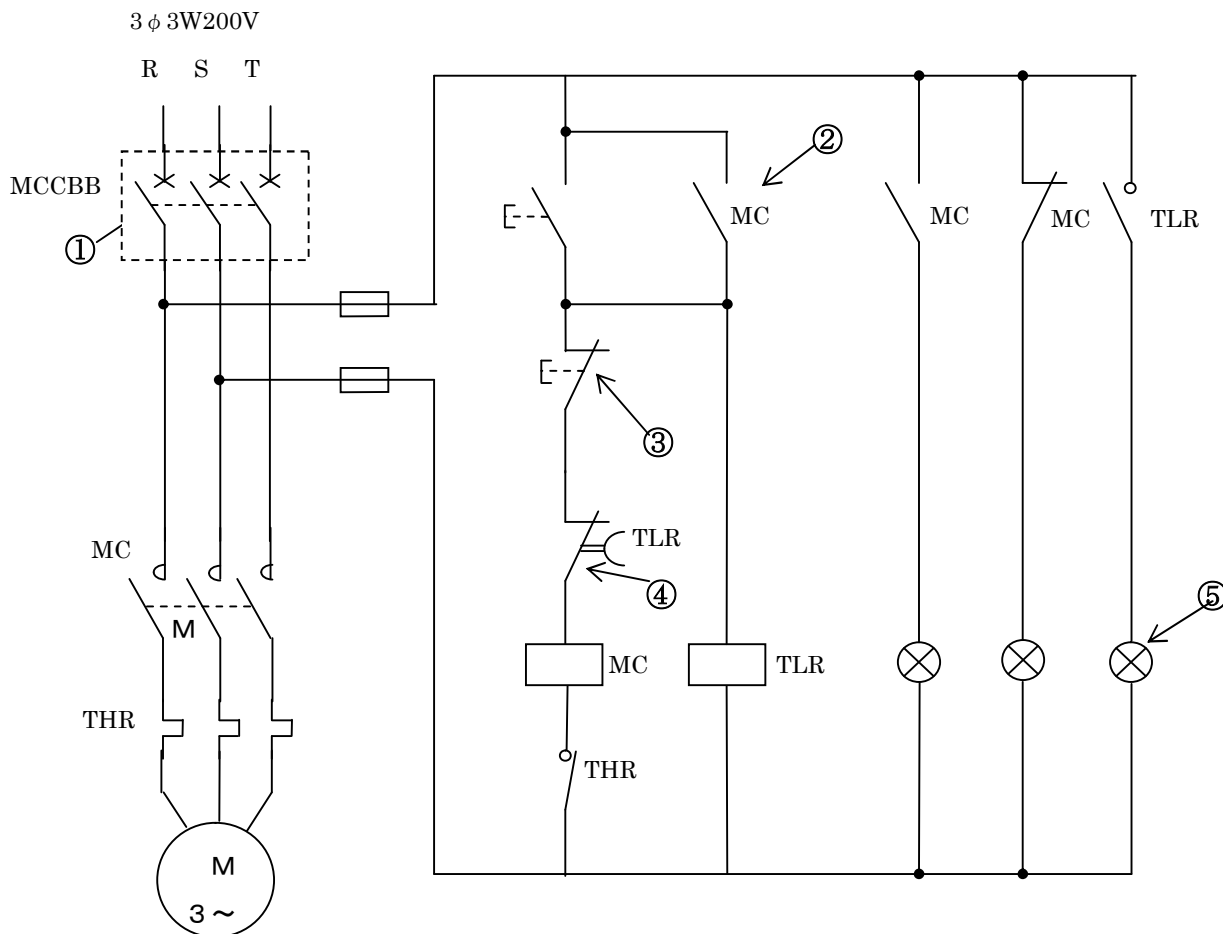
- 1 配線器具等を配線から直接取り付けたりコード等を分岐する工事。
基本的には、電気設備技術基準を遵守しなければならない工事である。

問題2 配線図-1 (問題数5、配点は一問当たり2点)

図は、三相誘導電動機を手動操作により始動させ、タイマの設定時間で停止させる制御回路図である。
この図の矢印で示す5ヶ所に関する各問には、4通りの答え(イ、ロ、ハ、ニ)が書いてある。
それぞれの問に対して、答えを1つ選びなさい。

{ 注} 1. 図は、JIS C 0617 に準拠して示してある。

2. 図において、問いに直接関係のない部分等は、省略または簡略化してある。



4 1 ①の部分に設置する機器の図記号は。

解 答

この全体の操作回路の主電源開閉装置 (MCCB) である。

答え **ニ**

4 2 ②で示す器具の接点の役目は。

解 答

主接点MCの自己保持回路といい、主接点MCと同時に動作をする補助設点であり、手動スタートボタンに並列に接続されている。

答え 口

4 3 ③で示す器具の接点の機能は。

手動押しボタンスイッチであり、押している時のみ接点が作動し手を離すと接点は元に戻る。

解 答

手動操作自動復帰ボタンを示す。

答え イ

4 4 ④で示す器具の接点が開路するのは。

解 答

接点TLRはタイマTLRの補助接点（b接点）である。運転停止回路に直列に接続しタイマーの設定時間が経過すると開路し、運転を停止する。

答え ハ

4 5 ⑤で示すランプの表示は。

解 答

接点TLRはタイマTLRの補助接点（a接点）である。タイマーの設定時間が経過すると閉路しランプを点灯させる。過負荷によりサーマルリレーTHRが動作すると、故障表示ランプロを点灯させる。

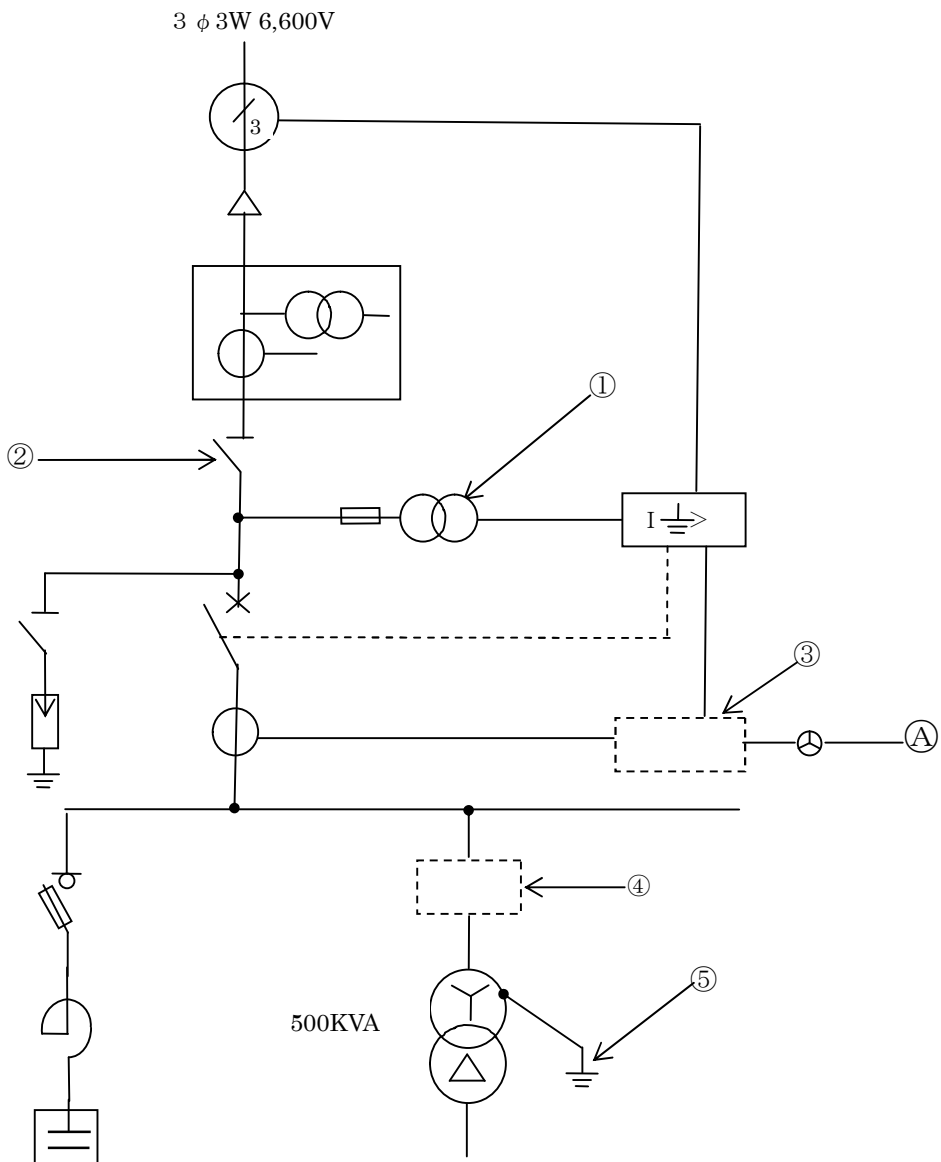
答え 口

問題3 配線図-2 (問題数5、配点は一問当たり2点)

図は、高圧受電設備の単線結線図である。この図の矢印で示す5箇所に関する各問いには、4通りの答え(イ、ロ、ハ、ニ)が書いてある。それぞれの問いに対して、答えを1つ選びなさい。

〔注〕1. 図はJIS C 0617に準拠して示してある。

〔注〕2. 図において、問いに直接関係のない部分等は、省略又は簡略化してある。



46 ①で示す機器の一次定格電圧〔KV〕と二次定格電圧〔V〕は。

解 答

VT : 電圧比は 6,600 / 110V

答え 二

47 ②で示す機器に関する記述として、正しいものは。

解 説

② はDS（断路器）：この開閉装置は、負荷電流はもとより過負荷電流及び短絡電流を開閉する能力はない。したがって、DSはVCBの電源側に設置しこのVCBで負荷電流を開路した後でなければ、DSを開放してはいけない。

答え 二


48 ③の部分に設置する機器の図記号は。

解 説

 は継電器を表し、Iは電流要素、Uは電圧要素を表す。

I > は電流が整定値以上に大になると作動する。 過電流継電器

U < は電圧が整定値以下になると作動する意味の記号である。 不足電圧継電器

ここでは  にどのような信号（電気要素）が入って、継電器で変換された信号がどこへ信号を送っているかを見極めるとほぼ見当が付けられる。

49 ④の部分に設置できる機器の図記号として、不適切なものは。

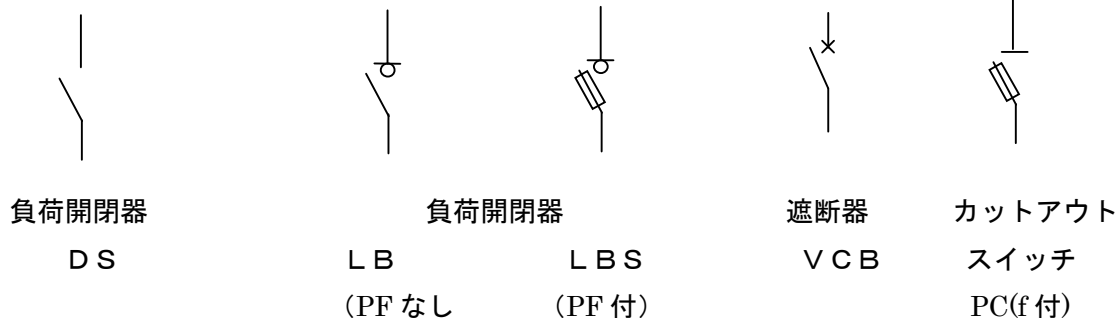
解 説

変圧器容量は500kVAであるため、その1次側には遮断器装置と負荷電流を開閉する能力がある開閉器が必要である。

答え ハ

参 考

開閉器の図記号による機能を表すシンボルを次に示す。



50 ⑤の接地工事の種類として、適切なものは。

解 説

接地工事種別と概要

接地線に使用する金属線は、下表による太さの軟銅線又はこれと同等以上の強さおよび太さの容易に腐食し難い金属線であって、故障の際に流れる電流を安全に通ずる事が出来るものを使用すること。
 (アルミニウム線、鋼線、亜鉛鍍金鉄線等の使用を禁止している。)

接地工事の種類	接地抵抗値	接地線の最小太さ	接地工事対象物
A種接地工事	10Ω	2.6 mm 5.5 mm ² 相当	高圧機器の金属製箱等， 電路の金属製防護装置等
B種接地工事	150 / I ₁ * 1 参照	4 mm 14 mm ² 相当	変圧器の低圧側の1線
C種接地工事	10Ω	1.6 mm 2 mm ² 相当	300Vを超える低圧機器の鉄箱， 電路の金属製防護装置等。 * 2
D種接地工事	100Ω * 3	1.6 mm 2 mm ² 相当	300V未満の主に低圧機器の鉄箱， 電路の金属製防護装置等

* 1 : I₁ 高圧電路の1線地絡電流 [A]

: 高圧電路が低圧電路に混触したとき、数値150は下記のようにすることができる。

- イ 高圧電路を遮断する装置が 1秒以内 である時は 600
- ロ 高圧電路を遮断する装置が 1～2秒以内 である時は 300

その他、特殊条件により接地工事の種類が緩和されたり、省略される場合いわゆる特例がある。

* 2 : C種接地工事の特例

人の容易に触れる恐れがないように施設する場合は、D種接地工事とすることが出来る。

* 3 : D種接地工事で、地絡を生じた場合に0.5秒以内に当該電路を自動的に遮断する装置を施設するときは、500 [Ω] 以下であること。

金属体と大地との間の電気抵抗値が100 [Ω] 以下である場合は、D種接地工事を施したものとみなされる。

解 答

問題の図の示す部分は変圧器のケースアースである。

答え イ