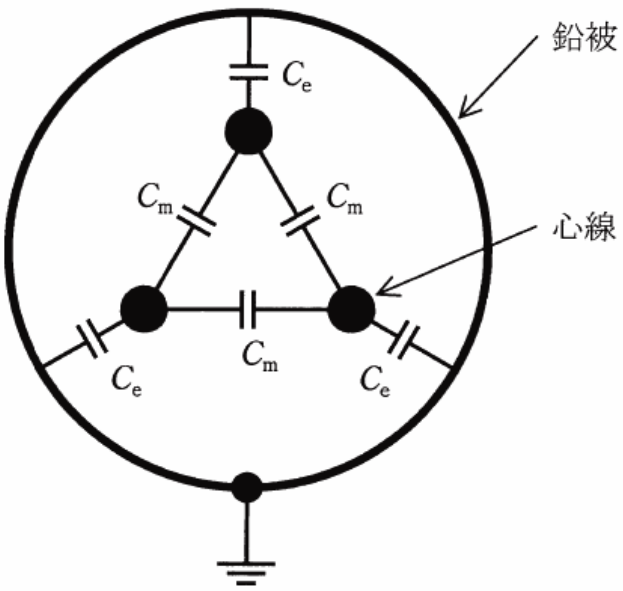
図に示すように，対地静電容量 C_e [F]，線間静電容量 C_m [F] からなる定格電圧 E [V] の三相 1 回線のケーブルがある。

今，受電端を開放した状態で，送電端で三つの心線を一括してこれと大地間に定格電圧 E [V] の $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍の交流電圧を加えて充電すると全充電電流は 90 A であった。

次に，二つの心線の受電端・送電端を接地し，受電端を開放した残りの心線と大地間に定格電圧 E [V] の $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍の交流電圧を送電端に加えて充電するとこの心線に流れる充電電流は 45 A であった。

次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし，ケーブルの鉛被は接地されているとする。また，各心線の抵抗とインダクタンスは無視するものとする。なお，定格電圧及び交流電圧の周波数は，一定の商用周波数とする。



(a)　対地静電容量 C_e [F] と線間静電容量 C_m [F] の比 $\frac{C_e}{C_m}$ として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　0.5　　(2)　1.0　　(3)　1.5　　(4)　2.0　　(5)　4.0

(b)　このケーブルの受電端を全て開放して定格の三相電圧を送電端に加えたときに 1 線に流れる充電電流の値 [A] として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1)　52.5　　(2)　75　　(3)　105　　(4)　120　　(5)　135

解 説

(a) 解き方は次のようになります。

① 充電電流 90 Aのときの回路において、以下の手順でオームの法則の式をつくる

1, 回路の合成静電容量を求める

2, 容量リアクタンス Xc を求める

3, オームの法則の式 $I = \frac{E}{Xc}$ をつくる

② 充電電流 45 Aのときの回路において、以下の手順でオームの法則の式をつくる

1, 回路の合成静電容量を求める

2, 容量リアクタンス Xc を求める

3, オームの法則の式 $I = \frac{E}{Xc}$ をつくる

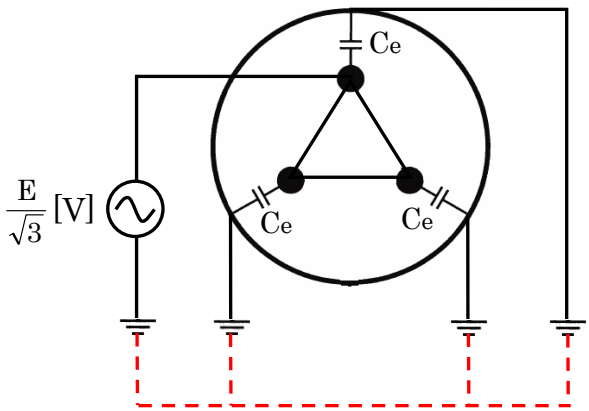
③ ①と②でつくられた式から $\frac{Ce}{Cm}$ を求める。

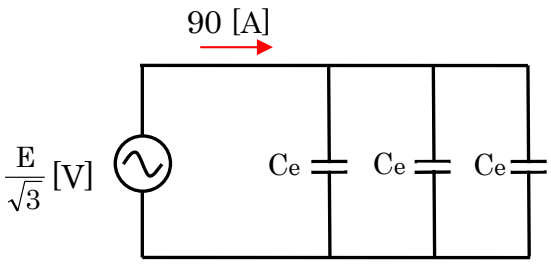
では解いていきます。

① 充電電流 90 Aのときの回路において、オームの法則の式をつくる

> 受電端を開放した状態で，送電端で三つの心線を一括してこれと大地間に定格電圧 E [V] の $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍の交流電圧を加えて充電すると全充電電流は 90 A であった

この部分の等価回路図は次のようになります。



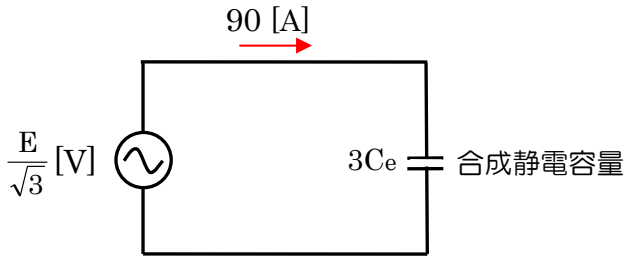


1, 回路の合成静電容量を求める

並列回路の合成静電容量は和で求められる。

この回路の合成静電容量は、$Ce + Ce + Ce = 3Ce$ と求められる。

合成静電容量 ： $3Ce$



2, 容量リアクタンスXcを求める

この回路の合成静電容量は 3Ce 、この値から Xc を求める。

Xc を求める式は $X_C = \dfrac{1}{\omega C}$ なので、C = 3Ce を代入すると、$X_C = \dfrac{1}{\omega 3C_e}$ となる。

3, この回路において、オームの法則の式 $I = \dfrac{E}{X_c}$ をつくる

$I = \dfrac{E}{X_c}$ に I = 90 , $X_C = \dfrac{1}{\omega 3C_e}$, $E = \dfrac{E}{\sqrt{3}}$ を代入する

$$90 = \frac{\frac{E}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{\omega 3C_e}}$$

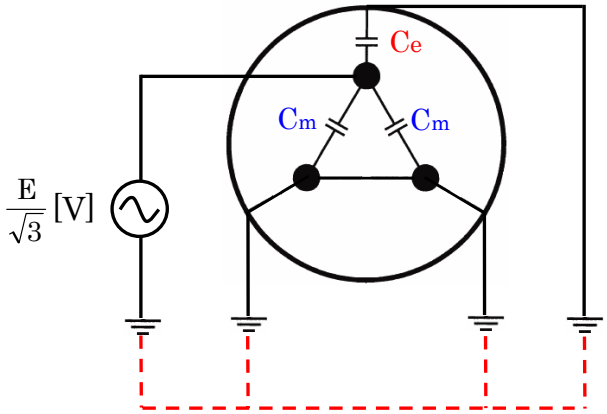
整理する

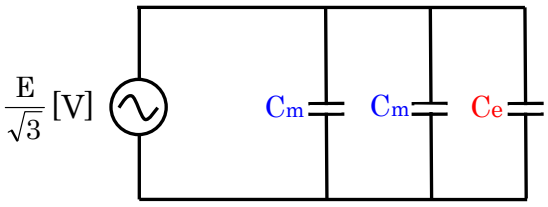
$$90 = \frac{\omega 3C_e E}{\sqrt{3}}$$

② 充電電流 45 Aのときの回路において、オームの法則の式（I = E/Xc）をつくる

二つの心線の受電端・送電端を接地し，受電端を開放した残りの心線と大地間に定格電圧 E [V] の $\dfrac{1}{\sqrt{3}}$ 倍の交流電圧を送電端に加えて充電する

この部分の等価回路図は次のようになります。



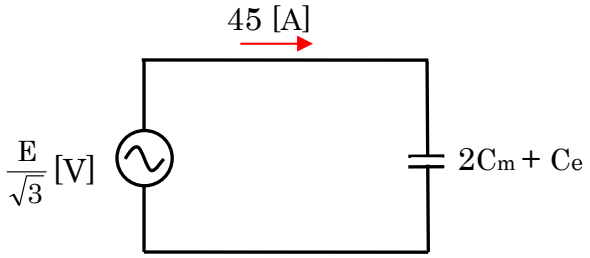


1, 回路の合成静電容量を求める

並列回路の合成静電容量は和で求められるので、

この回路の合成静電容量は、$C_m + C_m + C_e = 2C_m + C_e$ と求められる。

合成静電容量 ： $2C_m + C_e$



2, 容量リアクタンスXcを求める

$X_C = \dfrac{1}{\omega C}$ から、この回路の Xc を求めると、$X_C = \dfrac{1}{\omega(2C_m + C_e)}$ となる。

3, この回路において、オームの法則の式 $I = \dfrac{E}{X_c}$ をつくる

$I = \dfrac{E}{X_c}$ に $I = 45$, $X_C = \dfrac{1}{\omega(2C_m + C_e)}$, $E = \dfrac{E}{\sqrt{3}}$ を代入する

$$45 = \frac{\dfrac{E}{\sqrt{3}}}{\dfrac{1}{\omega(2C_m + C_e)}}$$

$$45 = \frac{E \times \omega(2C_m + C_e)}{\sqrt{3}}$$

左辺、右辺ともに 2 倍して、左辺を 90 にする

$$90 = \frac{2E\omega(2C_m + C_e)}{\sqrt{3}}$$

③　①と②で求められた式から $\dfrac{C_e}{C_m}$ を求める。

$$90 = \frac{\omega 3C_e E}{\sqrt{3}}$$ ・・・①で求められた式

$$90 = \frac{2E\omega(2C_m + C_e)}{\sqrt{3}}$$ ・・・②で求められた式

この 2 つの式の左辺はどちらも 90 なので、イコールでつないで $\dfrac{C_e}{C_m}$ を求める

$$\frac{2E\omega(2C_m + C_e)}{\sqrt{3}} = \frac{\omega 3C_eE}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{2E\omega(2C_m + C_e)}{\omega 3C_eE} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{2(2C_m + C_e)}{3C_e} = 1$$

$$\frac{4C_m + 2C_e}{3C_e} = 1$$

$$4C_m + 2C_e = 3C_e$$

$$4C_m = C_e$$

$$4 = \frac{C_e}{C_m}$$

答　(a)―(5)

(b)を解く下準備として、以下の式を「C_m =」の形にする

$$90 = \frac{2E\omega(2C_m + C_e)}{\sqrt{3}}$$ ・・・②で求められた式

まず、 $4 = \frac{C_e}{C_m}$ なので $\boxed{C_e = 4C_m}$ を代入する。

$$90 = \frac{2E\omega(2C_m + 4C_m)}{\sqrt{3}}$$

$$90 = \frac{2E\omega \times 6C_m}{\sqrt{3}}$$

$$90 = \frac{12E\omega C_m}{\sqrt{3}}$$

$$C_m = \frac{90\sqrt{3}}{12E\omega}$$

$$C_m = \frac{15\sqrt{3}}{2E\omega}$$ ・・・③

(b)

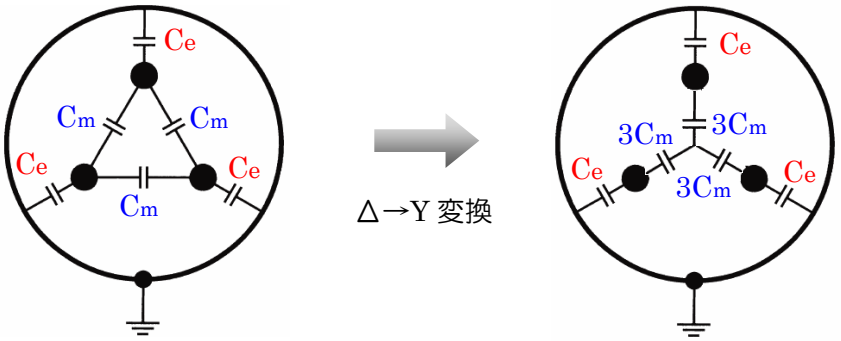
（再掲）

(b)　このケーブルの受電端をすべて開放して定格の三相電圧を送電端に加えたときに 1 線に流れる充電電流の値 [A] として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

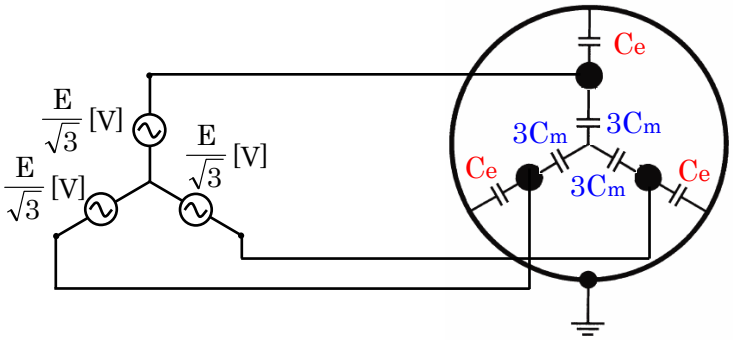
(1)　52.5　　(2)　75　　(3)　105　　(4)　120　　(5)　135

中央の△結線部分を Y 結線に変換します。

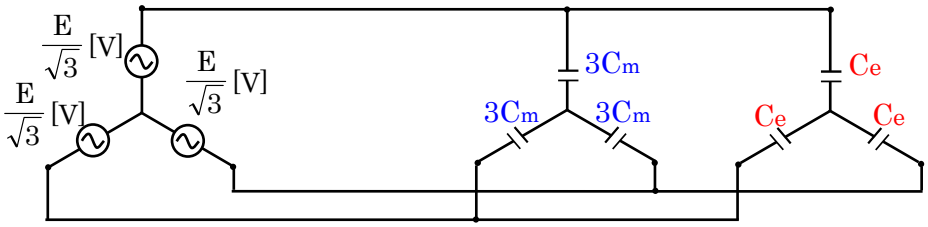
（△結線のCをY結線に変換すると C → 3C になる。）



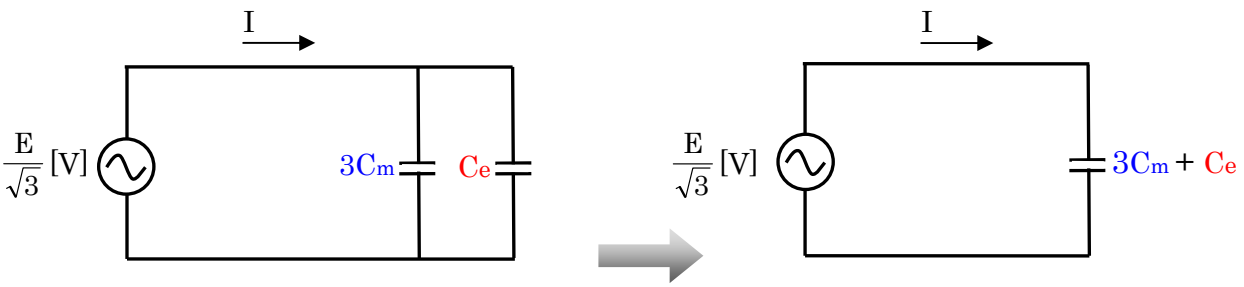
これに三相電源を接続すると次のようになります。



3Cm と Ce を分けて書くと次の回路になります。



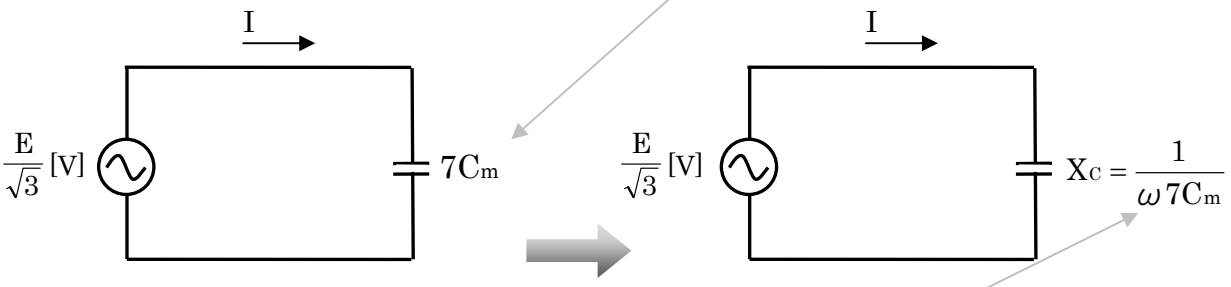
一相分の回路を抜き出すと、次のようになります。



並列回路の合成静電容量は和で求められるので、合成静電容量は、$3C_m + C_e$ になる。

(a)で $4 = \dfrac{C_e}{C_m}$ と求められたので、$\boxed{C_e = 4C_m}$ の関係にあり、

$3C_m + C_e$に$\boxed{C_e = 4C_m}$ を代入すると $3C_m + 4C_m = \underline{7C_m}$ になる



$X_C = \dfrac{1}{\omega C}$ から、この回路の Xc を求めると $\boxed{X_C = \dfrac{1}{\omega 7C_m}}$ になる。($C = 7C_m$ を代入)

$I = \dfrac{E}{X_C}$ に $E = \dfrac{E}{\sqrt{3}}$, $\boxed{X_C = \dfrac{1}{\omega 7C_m}}$ を代入する

$$I = \frac{\dfrac{E}{\sqrt{3}}}{\dfrac{1}{\omega 7C_m}} = \frac{E \times \omega 7C_m}{\sqrt{3}}$$

$I = \dfrac{E \times \omega 7C_m}{\sqrt{3}}$ に (a)で求められた $\underline{C_m = \dfrac{15\sqrt{3}}{2E\omega}}$ ・・・③ を代入する

$$I = \frac{E \times \omega 7 \times \dfrac{15\sqrt{3}}{2E\omega}}{\sqrt{3}} = \frac{\dfrac{7 \times 15\sqrt{3}}{2}}{\sqrt{3}} = \frac{7 \times 15}{2} = 52.5$$

答　(b)−(1)

回路の変換が厄介で、計算も少し複雑なので、試験本番でこの問題を解き切ることは難しいのではないかと思います。