

これまで学んだ交流は、電線を2本用いる単相の正弦波交流であったが、実際に発電所でつくられる交流は電線を3本用いる三相交流である。三相交流は、工場やビルなど大電力を送るのに適しており、工作機械の動力モータにも利用されている。

結線方法をくふうすることで、電圧や電流を単相交流よりも大きく取り出すことができるほか、回転磁界を得ることができる。

1 三相交流

図1(a)のように磁界中に同じコイルをたがいに $\frac{2}{3}\pi \text{ rad} (= 120^\circ)$ ずつずらして配置する。この三つのコイルを、逆時計回りに回転させると、大きさが等しくたがいに $\frac{2}{3}\pi \text{ rad}$ ずつずれた位相差をもつ交流起電力が発生する。

このように周波数と大きさが等しい三つの起電力について、 $\frac{2}{3}\pi \text{ rad}$ ずつ位相差をもつように組み合わせた交流を、**対称三相交流**^①という。対称三相交流では、各瞬間における三つの交流起電力 e_a 、 e_b 、 e_c の和は、つねに0となる。

① symmetrical three-phase AC

一般に三相交流というと、対称三相交流のことである。

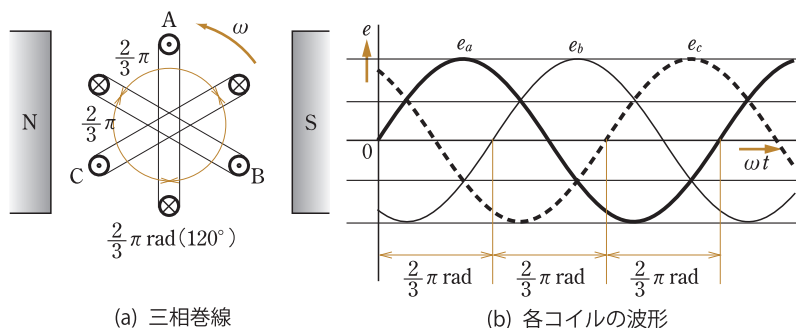


図1 三相交流の発生

2 三相交流の結線

三相交流は、単相交流回路を三つ組み合わせた回路として構成される。電源や負荷の結線には、おもに**Y結線**^②（または**星形結線**）と**Δ結線**^③（または**三角結線**）がある。

② star connection

③ delta connection

1 Y結線

- ① phase voltage
- ② phase current
- ③ line current
- ④ line voltage

Y結線において、三相起電力の各相の起電力 e_a, e_b, e_c に生じる電圧、およびY結線されたそれぞれの負荷に加わる電圧を相電圧 V_s という。また、電源や負荷の各相に流れる電流を相電流 I_s という。さらに、各電源と負荷を結ぶ線に流れる電流を、線電流 I_l といい、各線間の電圧を線間電圧 V_l という。

5

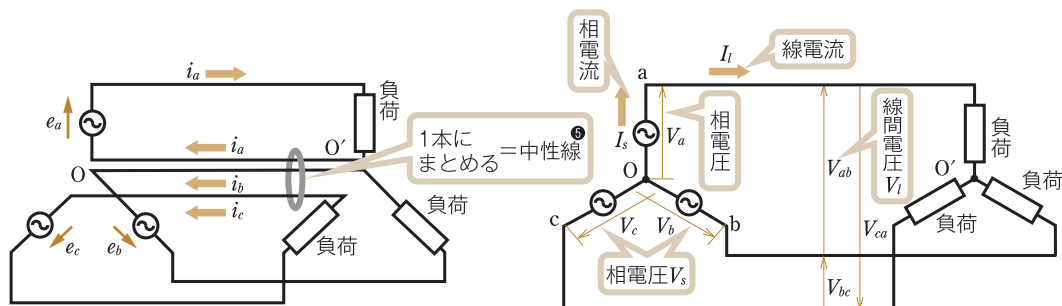


図2 Y結線

⑤ 1本にまとめた線を中性線という。対称三相交流の場合、 i_a, i_b, i_c の瞬時値の和は、つねに0となるため、中性線を取り除くことができる。

Y結線の線電流と相電流の関係を式(1)、また線間電圧と相電圧の関係を式(2)で表すことができる。

●線電流	$I_l = I_s \text{ [A]}$	(1)
●線間電圧	$V_l = \sqrt{3}V_s \text{ [V]}$	(2)

10

2 Δ結線

Δ結線もY結線と同様に各相の起電力 e_a, e_b, e_c [V] に生じる電圧、およびΔ結線されたそれぞれの負荷に加わる電圧を相電圧 V_s という。また各相の電源と負荷に流れる電流を相電流 I_s という。線電流、線間電圧についてもY結線の場合と同様である。

15

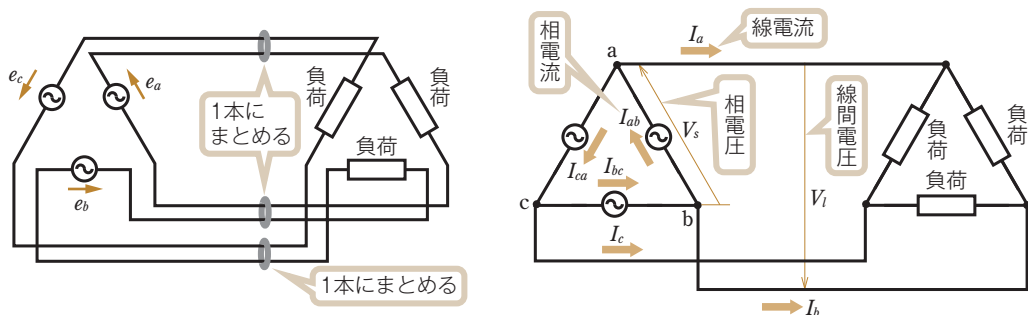


図3 Δ結線

Δ 結線の線電流と相電流の関係を式(3)、また線間電圧と相電圧の関係を式(4)で表すことができる。

●線電流 $I_l = \sqrt{3}I_s$ [A] (3)

●線間電圧 $V_l = V_s$ [V] (4)

5

例題 1 各抵抗が $8.66\ \Omega$ の負荷をY結線および Δ 結線とした場合、対称三相交流の線間電圧として 200 V を加えると、それぞれの線電流はいくらになるか。

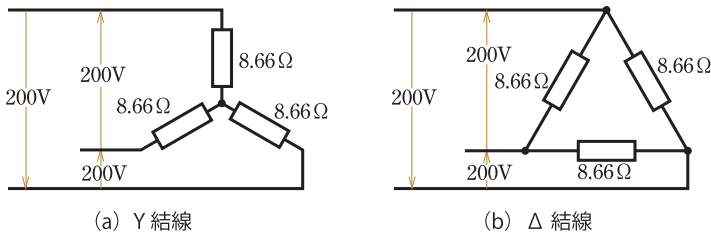


図 4

解答 (a) Y結線の場合

式(2)から、負荷の一相の相電圧 V_s を求める。

$$V_s = \frac{V_l}{\sqrt{3}} = \frac{200}{\sqrt{3}} = 115.5\text{ V}$$

オームの法則から、相電流 I_s を求める。

$$I_s = \frac{V_s}{R} = \frac{115.5}{8.66} = 13.3\text{ A}$$

式(1)から、線電流は $I_l = I_s = 13.3\text{ A}$

(b) Δ 結線の場合

式(4)から、相電圧は $V_s = V_l = 200\text{ V}$

$$\text{オームの法則から、相電流は } I_s = \frac{V_s}{R} = \frac{200}{8.66} = 23.1\text{ A}$$

式(3)から、線電流は $I_l = \sqrt{3}I_s = \sqrt{3} \times 23.1 \div 40\text{ A}$

3 三相交流電力

すでに学んだように、三相交流回路は三つの単相交流回路で構成されているので、三相交流回路の有効電力は、各相の単相電力の和で求めることができる。

ある三相交流回路の相電圧を V_s [V]、相電流を I_s [A]、負荷の力率を $\cos \theta$ とすると、一相あたりの有効電力 P は次の式で表される。

$$P = V_s I_s \cos \theta \quad [\text{W}] \quad (5)$$

三相交流回路の電力は、各相の有効電力の総和であるから、三相交流電力 P_3 は、次の式となる。

$$P_3 = 3V_s I_s \cos \theta \quad [\text{W}] \quad (6)$$

一般に、三相交流電力を求める際には、線間電圧、線電流を用いて求めることが多い。負荷がY結線であるときの線間電圧と相電圧の関係 ($V_l = \sqrt{3}V_s$)、およびΔ結線であるときの線電流と相電流の関係 ($I_l = \sqrt{3}I_s$) から、三相交流電力は次の式によって表すこともできる^❶。

❶ Y結線では、
 $V_l = \sqrt{3}V_s$, $I_l = I_s$
 なので、

$$P = 3 \frac{V_l}{\sqrt{3}} \cdot I_l \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} V_l I_l \cos \theta$$
 Δ結線では、
 $V_l = V_s$, $I_l = \sqrt{3}I_s$
 なので、

$$P = 3 V_l \frac{I_l}{\sqrt{3}} \cos \theta$$

$$= \sqrt{3} V_l I_l \cos \theta$$

●三相交流電力 $P_3 = \sqrt{3} V_l I_l \cos \theta \quad [\text{W}] \quad (7)$

問 1 Y結線の負荷において、線間電圧が200V、線電流が10Aであった。相電圧 V_s [V] および相電流 I_s [A] はいくらになるか。

問 2 Δ結線の負荷において、線間電圧が200V、線電流が10Aであった。相電圧 V_s [V] および相電流 I_s [A] はいくらになるか。

問 3 Y結線の負荷において、線間電圧が210V、相電流が8A、負荷の力率が80%のとき消費される電力[kW] はいくらになるか。

問 4 三相誘導電動機の消費電力を三相電力計で測定すると2.7kWであった。線間電圧200V、線電流10Aであったとき、この誘導電動機の力率[%] はいくらか。