

# 講義中の注意

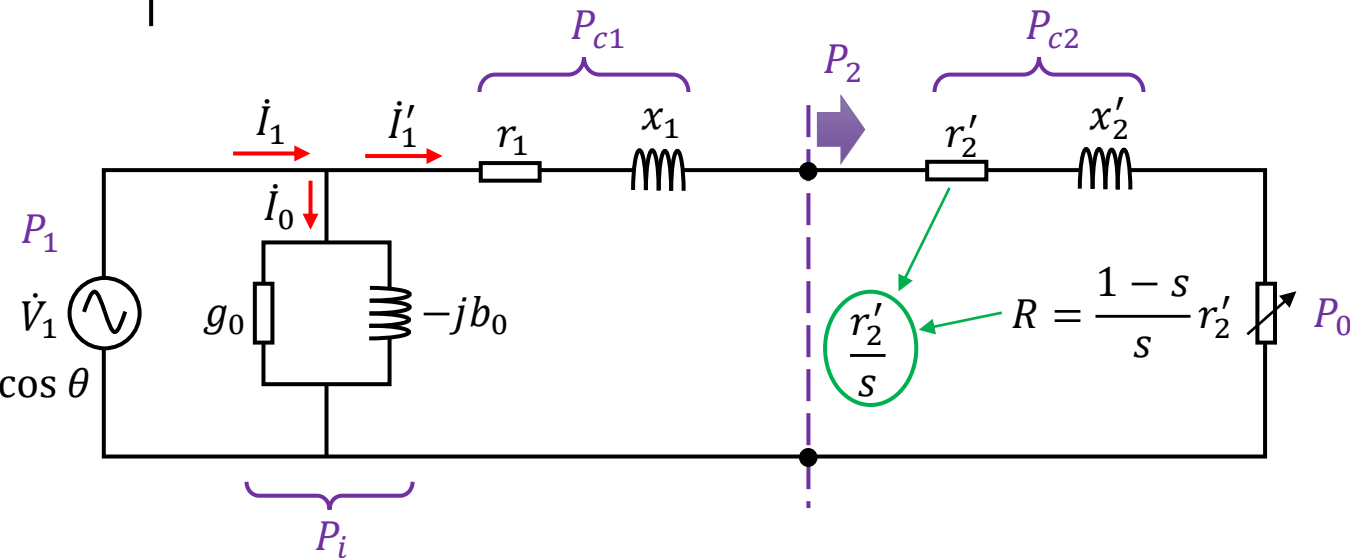


- 講義中は、参加者のマイク・カメラの機能はミュート状態になります。
- 進行はスタッフ及び講師が行いますので、指示に従ってください。
- 質疑応答の時間は、参加者のマイクをオンにして質問を受け付けることもあります。希望される方は「チャット欄」で申し出てください。

# 電験二種二次対策 オンライン講座

## 第6回 誘導機のポイント

# 誘導電動機のL型等価回路



$\dot{V}_1$ : 入力電圧 (相電圧)     $\dot{V}_{1l}$ : 入力電圧 (線間電圧)  $V_1 = \frac{V_{1l}}{\sqrt{3}}$   
 $i_0$ : 励磁電流     $i_1$ : 一次電流     $i_1'$ : 一次負荷電流

$g_0$ : 励磁コンダクタンス     $b_0$ : 励磁サセプタンス

$r_1$ : 一次抵抗     $x_1$ : 一次漏れリアクタンス

$r_2'$ : 二次抵抗 (一次換算)

$x_2'$ : 二次漏れリアクタンス (一次換算)

$\cos \theta$ : 入力力率     $\cos \theta = \frac{\text{Re}[\dot{I}_1]}{I_1}$

$P_1$ : 一次入力     $P_1 = P_i + P_{c1} + P_{c2} + P_0$

$P_i$ : 入力鉄損     $P_i = 3g_0V_1^2$

$P_{c1}$ : 一次銅損     $P_{c1} = 3r_1I_1'^2$

$P_2$ : 二次入力     $P_2 = P_{c2} + P_0$

$P_{c2}$ : 二次銅損     $P_{c2} = 3r_2'I_1'^2$

$P_0$ : 機械的出力     $P_2 : P_{c2} : P_0 = 1 : s : 1 - s$

$$I_1' = \frac{V_1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}} \quad N_s = \frac{120f}{p} \quad s = \frac{N_s - N}{N_s} \quad N = (1 - s)N_s$$

$$P_2 = 3 \frac{r_2'}{s} I_1'^2 = 3 \frac{r_2'}{s} \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2} = \frac{r_2'}{s} \frac{V_{1l}^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

効率

$$\eta = \frac{P_0}{P_0 + P_i + P_{c1} + P_{c2}} \times 100 [\%] = \frac{P_0}{P_1} \times 100 [\%]$$

$$T = \frac{P_0}{\omega} = \frac{(1 - s)P_0}{(1 - s)\omega} = \frac{1 - s}{\omega} \frac{P_0}{1 - s} = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{60}{2\pi N_s} P_2$$

# R0 | 問 | (機械・制御)



問1 三相かご形誘導電動機に関して、次の問に答えよ。

定格出力 5 kW，定格電圧 200 V，4 極の三相かご形誘導電動機がある。この電動機を 50 Hz の電源に接続して全負荷運転したとき，速度は  $1440 \text{ min}^{-1}$  である。

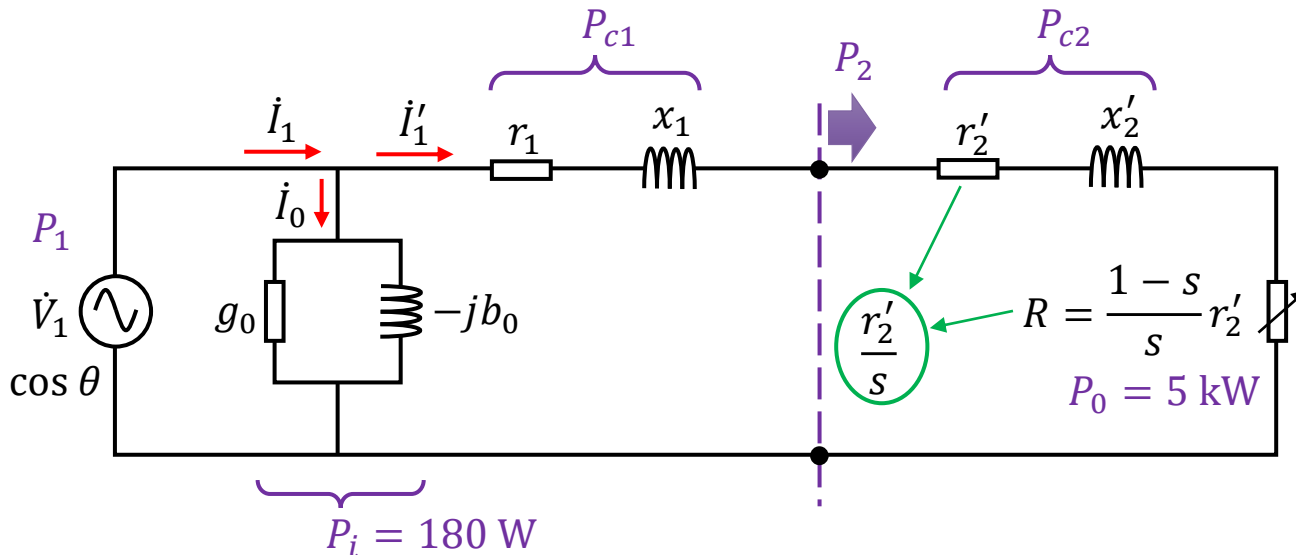
また，この電動機の鉄損は 180 W であった。一次巻線の抵抗を  $r_1$ ，一次側に換算した二次巻線の抵抗を  $r_2'$  としたとき，それらの比が  $\frac{r_1}{r_2'} = \frac{2}{5}$  であった。簡易等価回路を用いて，この電動機の次の値を求めよ。ただし，機械損は無視する。

- (1) 同期速度 [ $\text{min}^{-1}$ ]
- (2) 全負荷時の滑り
- (3) 全負荷時の滑り周波数 [Hz]
- (4) 全負荷時のトルク [ $\text{N}\cdot\text{m}$ ]
- (5) 全負荷時の効率 [%]

# RO1 問1 (解説)

問1 三相かご形誘導電動機に関して、次の問に答えよ。

定格出力 5 kW、定格電圧 200 V、4 極の三相かご形誘導電動機がある。この電動機を 50 Hz の電源に接続して全負荷運転したとき、速度は 1440 min<sup>-1</sup>である。また、この電動機の鉄損は 180 W であった。一次巻線の抵抗を  $r_1$ 、一次側に換算した二次巻線の抵抗を  $r_2'$  としたとき、それらの比が  $\frac{r_1}{r_2'} = \frac{2}{5}$  であった。簡易等価回路を用いて、この電動機の次の値を求めよ。ただし、機械損は無視する。



$$\dot{V}_{1l} = 200 \text{ V}$$

$$N_0 = 1440 \text{ min}^{-1}$$

(1) 同期速度 [min<sup>-1</sup>]

$$N_s = \frac{120f_1}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ min}^{-1}$$

(2) 全負荷時の滑り

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1500 - 1440}{1500} = \frac{60}{1500} = 0.04$$

(3) 全負荷時の滑り周波数 [Hz]

$$sf_1 = 0.04 \times 50 = 2.00 \text{ Hz}$$

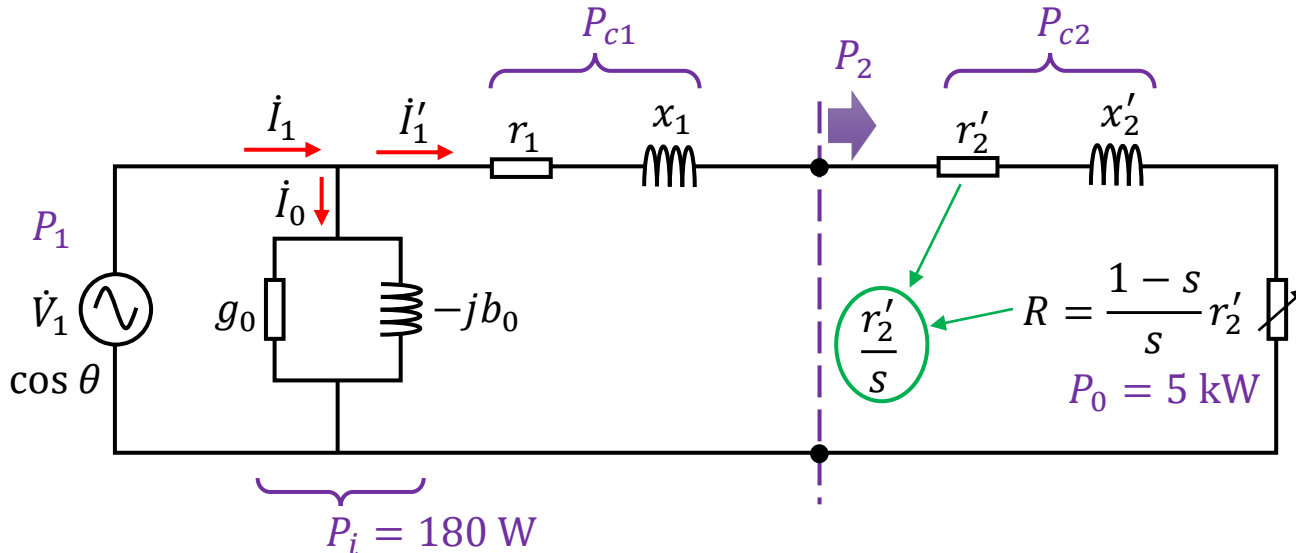
(4) 全負荷時のトルク [N·m]

$$T = \frac{P_0}{\omega} = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{1}{\frac{2\pi}{60} N_s} \cdot \frac{P_0}{1-s} = \frac{1}{\frac{2\pi}{60} \times 1500} \cdot \frac{5000}{1-0.04} = 33.2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

# RO I 問 I (解説)

問1 三相かご形誘導電動機に関して、次の問に答えよ。

定格出力 5kW、定格電圧 200V、4 極の三相かご形誘導電動機がある。この電動機を 50 Hz の電源に接続して全負荷運転したとき、速度は  $1440 \text{ min}^{-1}$  である。また、この電動機の鉄損は 180 W であった。一次巻線の抵抗を  $r_1$ 、一次側に換算した二次巻線の抵抗を  $r_2'$  としたとき、それらの比が  $\frac{r_1}{r_2'} = \frac{2}{5}$  であった。簡易等価回路を用いて、この電動機の次の値を求めよ。ただし、機械損は無視する。



$$\dot{V}_{1l} = 200 \text{ V}$$

$$N_0 = 1440 \text{ min}^{-1}$$

(5) 全負荷時の効率[%]

$$P_2 = \frac{P_0}{1-s} = \frac{5000}{0.94} = 5208 \text{ W}$$

$$P_{c2} = P_2 - P_0 = 5208 - 5000 = 208 \text{ W}$$

$$P_{c1} : P_{c2} = r_1 I_1'^2 : r_2' I_1'^2 = r_1 : r_2' = 2 : 5$$

$$P_{c1} = \frac{2}{5} P_{c2} = \frac{2}{5} \times 208 = 83.3 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_0}{P_i + P_{c1} + P_{c2} + P_0} = \frac{5000}{180 + 83.3 + 208 + 5000} \times 100 = 91.4 \%$$

# H28 問1 (機械・制御)

問1 定格線間電圧 200 V, 定格周波数 50 Hz, 4 極の星形結線の三相かご形誘導電動機があり, L 形等価回路において 1 相一次換算の抵抗値及びリアクタンス値は次のとおりである。

一次抵抗  $r_1 = 0.707 \Omega$ , リアクタンス  $x_1 + x_2 = 0.439 \Omega$

二次抵抗  $r_2' = 0.710 \Omega$ ,

この電動機が回転速度  $1470 \text{ min}^{-1}$  で運転しているとき, 次の値を求めよ。ただし, 鉄損, 機械損, 励磁電流は無視する。

- (1) 一次電流
- (2) 二次入力
- (3) 電動機の軸出力
- (4) 二次銅損
- (5) 電動機の効率

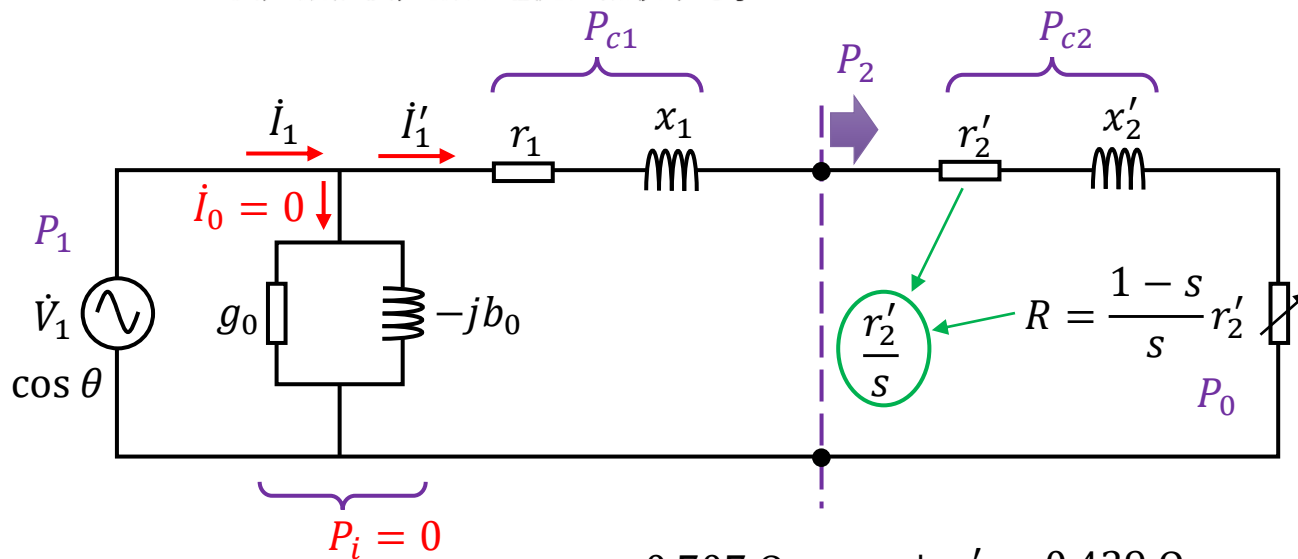
# H28 問1 (解説)

問1 定格線間電圧 200 V, 定格周波数 50 Hz, 4 極の星形結線の三相かご形誘導電動機があり, L 形等価回路において 1 相一次換算の抵抗値及びリアクタンス値は次のとおりである。

一次抵抗  $r_1 = 0.707 \Omega$ , リアクタンス  $x_1 + x'_2 = 0.439 \Omega$

二次抵抗  $r'_2 = 0.710 \Omega$ ,

この電動機が回転速度  $1470 \text{ min}^{-1}$  で運転しているとき, 次の値を求めよ。ただし, 鉄損, 機械損, 励磁電流は無視する。



$$\dot{V}_{1l} = 200 \text{ V}$$

$$N_0 = 1470 \text{ min}^{-1}$$

$$r_1 = 0.707 \Omega \quad x_1 + x'_2 = 0.439 \Omega$$

$$r'_2 = 0.710 \Omega$$

(1) 一次電流

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ min}^{-1}$$

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1500 - 1470}{1500} = 0.02$$

$$I_1 = I'_1 = \frac{\frac{V_{1l}}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x'_2)^2}} = \frac{\frac{200}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(0.707 + \frac{0.710}{0.02}\right)^2 + (0.439)^2}} = 3.19 \text{ A}$$

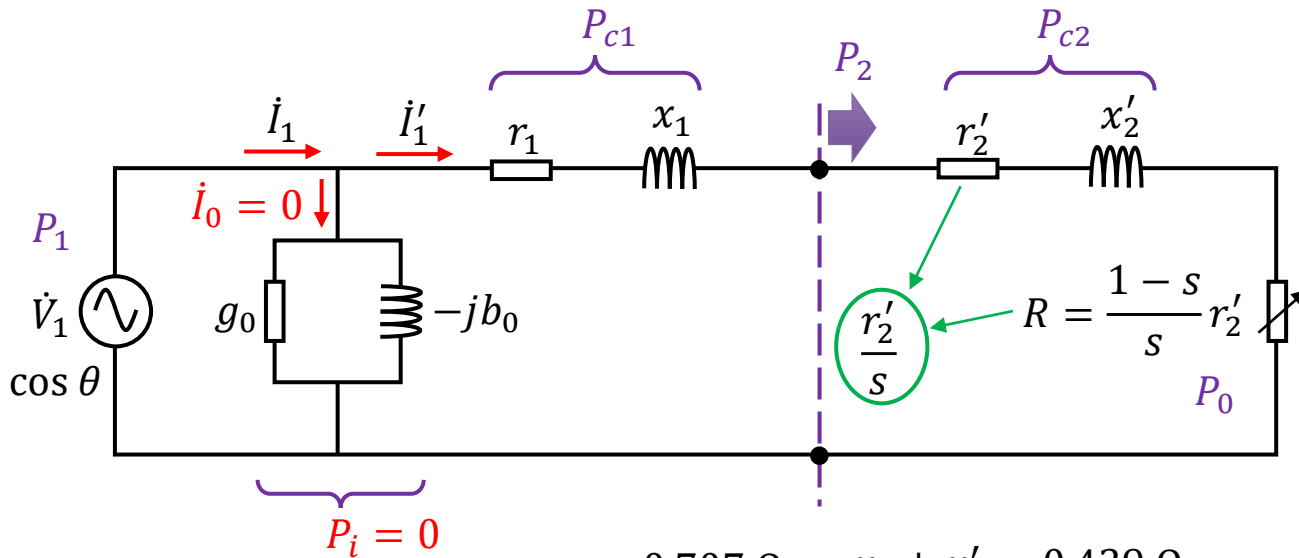
# H28 問1 (解説)

問1 定格線間電圧 200 V, 定格周波数 50 Hz, 4 極の星形結線の三相かご形誘導電動機があり, L 形等価回路において 1 相一次換算の抵抗値及びリアクタンス値は次のとおりである。

一次抵抗  $r_1 = 0.707 \Omega$ , リアクタンス  $x_1 + x'_2 = 0.439 \Omega$

二次抵抗  $r'_2 = 0.710 \Omega$ ,

この電動機が回転速度  $1470 \text{ min}^{-1}$  で運転しているとき, 次の値を求めよ。ただし, 鉄損, 機械損, 励磁電流は無視する。



$$\dot{V}_{1l} = 200 \text{ V}$$

$$N_0 = 1470 \text{ min}^{-1}$$

$$r_1 = 0.707 \Omega \quad x_1 + x'_2 = 0.439 \Omega$$

$$r'_2 = 0.710 \Omega$$

(2) 二次入力

$$P_2 = 3 \frac{r'_2}{s} I_1'^2 = 3 \times \frac{0.710}{0.02} \times 3.19^2 = 1083 \text{ W}$$

(3) 電動機の軸出力

$$P_2 : P_{c2} : P_0 = 1 : s : 1 - s \rightarrow P_2 : P_0 = 1 : 1 - s$$

$$P_0 = (1 - s)P_2 = 0.98 \times 1083 = 1061 \text{ W}$$

(4) 二次銅損

$$P_{c2} = 3r'_2 I_1'^2 = 3 \times 0.710 \times 3.19^2 = 21.7 \text{ W}$$

(5) 電動機の効率

$$\eta = \frac{P_0}{P_1} \times 100 = \frac{P_0}{3 \frac{V_1}{\sqrt{3}} I_1} \times 100$$

$$= \frac{1061}{3 \times \frac{200}{\sqrt{3}} \times 3.19} \times 100 = 96.0 \%$$

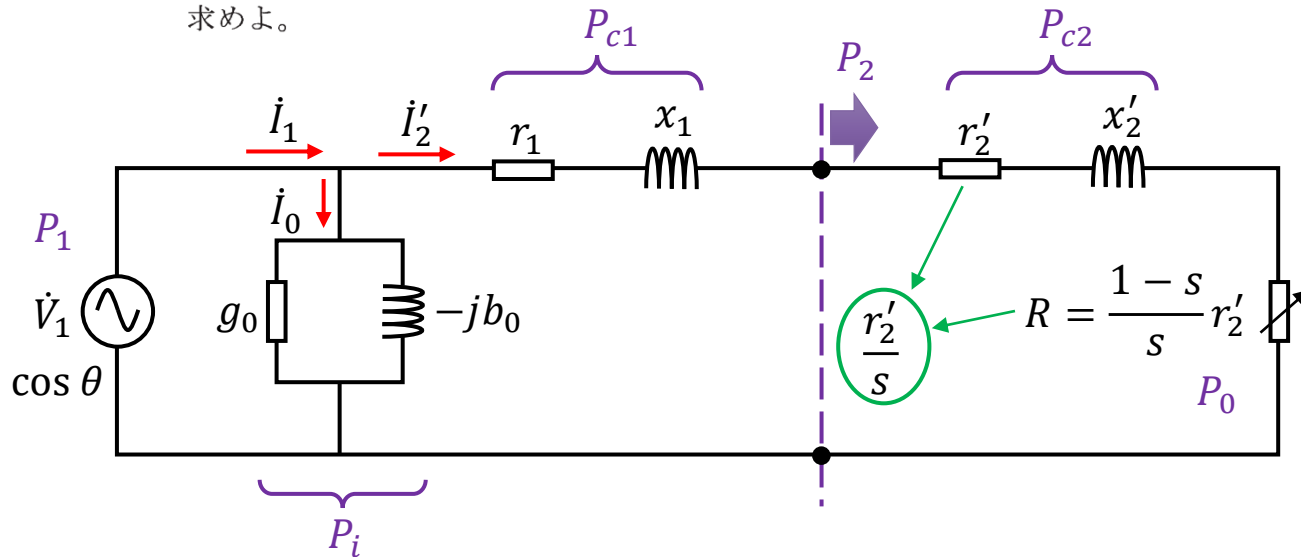
# H26 問1 (機械・制御)

問1 定格線間電圧 200 V, 定格周波数 50 Hz, 4 極の三相かご形誘導電動機について, 三相星形結線 1 相分の L 形等価回路から動作特性を考える。三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の回路定数を, 励磁アドミタンス  $y_0 = 0.05 - j0.15$  S, 一次抵抗  $r_1 = 0.1 \Omega$ , 一次漏れリアクタンス  $x_1 = 0.3 \Omega$ , 二次抵抗の一次側換算値  $r_2' = 0.15 \Omega$ , 二次漏れリアクタンスの一次側換算値  $x_2' = 0.4 \Omega$  とする。誘導電動機を定格電圧, 定格周波数の三相交流電源に接続し, 負荷トルクを  $T_L$  [N・m] としたとき, 滑りは  $s = 0.03$  であった。負荷トルクが  $T_L$  [N・m] のときの次の値を求めよ。

- (1) 同期速度  $n_0$  [ $\text{min}^{-1}$ ]
- (2) 励磁電流  $I_0$  [A]
- (3) 二次電流の一次換算値  $I_2'$  [A]
- (4) 負荷トルク  $T_L$  [N・m]
- (5) 一次電流  $I_1$  [A]
- (6) 入力力率

# H26 問1 (解説)

問1 定格線間電圧 200 V, 定格周波数 50 Hz, 4 極の三相かご形誘導電動機について, 三相星形結線 1 相分の L 形等価回路から動作特性を考える。三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の回路定数を, 励磁アドミタンス  $y_0 = 0.05 - j0.15$  S, 一次抵抗  $r_1 = 0.1 \Omega$ , 一次漏れリアクタンス  $x_1 = 0.3 \Omega$ , 二次抵抗の一次側換算値  $r_2' = 0.15 \Omega$ , 二次漏れリアクタンスの一次側換算値  $x_2' = 0.4 \Omega$  とする。誘導電動機を定格電圧, 定格周波数の三相交流電源に接続し, 負荷トルクを  $T_L$  [N・m] としたとき, 滑りは  $s = 0.03$  であった。負荷トルクが  $T_L$  [N・m] のときの次の値を求めよ。



$$\dot{V}_{1l} = 200 \text{ V} \quad y_0 = g_0 - jb_0 = 0.05 - j0.15 \text{ S}$$

$$s = 0.03 \quad r_1 = 0.1 \Omega \quad r_2' = 0.15 \Omega \quad x_1 = 0.3 \Omega \quad x_2' = 0.4 \Omega$$

(1) 同期速度  $n_0$  [min<sup>-1</sup>]

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ min}^{-1}$$

(2) 励磁電流  $I_0$  [A]

$$\dot{I}_0 = \dot{y}_0 \dot{V}_1 = (0.05 - j0.15) \times \frac{200}{\sqrt{3}}$$

$$I_0 = \sqrt{0.05^2 + 0.15^2} \times \frac{200}{\sqrt{3}} = 18.3 \text{ A}$$

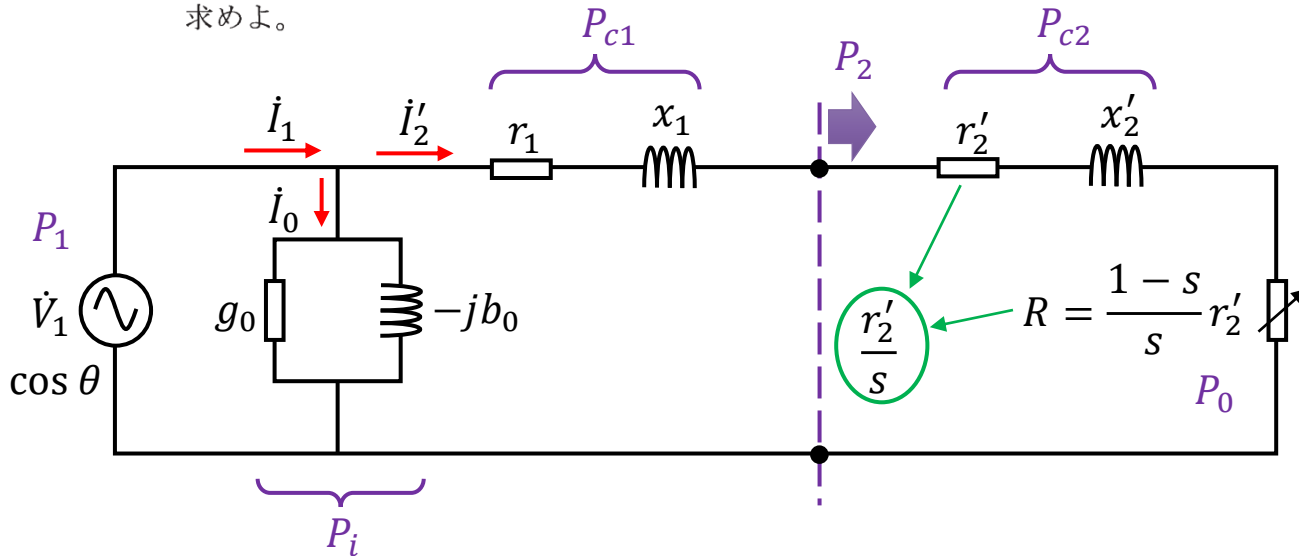
(3) 二次電流の一次換算値  $I_2'$  [A]

$$I_2' = \frac{\frac{V_{1l}}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$= \frac{\frac{200}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(0.1 + \frac{0.15}{0.03}\right)^2 + (0.3 + 0.4)^2}} = 22.4 \text{ A}$$

# H26 問1 (解説)

問1 定格線間電圧 200 V, 定格周波数 50 Hz, 4 極の三相かご形誘導電動機について, 三相星形結線 1 相分の L 形等価回路から動作特性を考える。三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の回路定数を, 励磁アドミタンス  $y_0 = 0.05 - j0.15$  S, 一次抵抗  $r_1 = 0.1 \Omega$ , 一次漏れリアクタンス  $x_1 = 0.3 \Omega$ , 二次抵抗の一次側換算値  $r_2' = 0.15 \Omega$ , 二次漏れリアクタンスの一次側換算値  $x_2' = 0.4 \Omega$  とする。誘導電動機を定格電圧, 定格周波数の三相交流電源に接続し, 負荷トルクを  $T_L$  [N・m] としたとき, 滑りは  $s = 0.03$  であった。負荷トルクが  $T_L$  [N・m] のときの次の値を求めよ。



$$\dot{V}_{1l} = 200 \text{ V} \quad y_0 = g_0 - jb_0 = 0.05 - j0.15 \text{ S}$$

$$s = 0.03 \quad r_1 = 0.1 \Omega \quad r_2' = 0.15 \Omega \quad x_1 = 0.3 \Omega \quad x_2' = 0.4 \Omega$$

(4) 負荷トルク  $T_L$  [N・m]

$$P_2 = 3 \frac{r_2'}{s} I_1'^2 = 3 \times \frac{0.15}{0.03} \times 22.4^2 = 7547 \text{ W}$$

$$T = \frac{P_0}{\omega} = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{1}{2\pi \frac{N_s}{60}} P_2 = \frac{1}{2\pi \frac{1500}{60}} \times 7547 = 48.1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(5) 一次電流  $I_1$  [A]

$$\dot{I}_0 = y_0 \dot{V}_1 = (0.05 - j0.15) \times \frac{200}{\sqrt{3}} = 5.77 - j17.32 \text{ A}$$

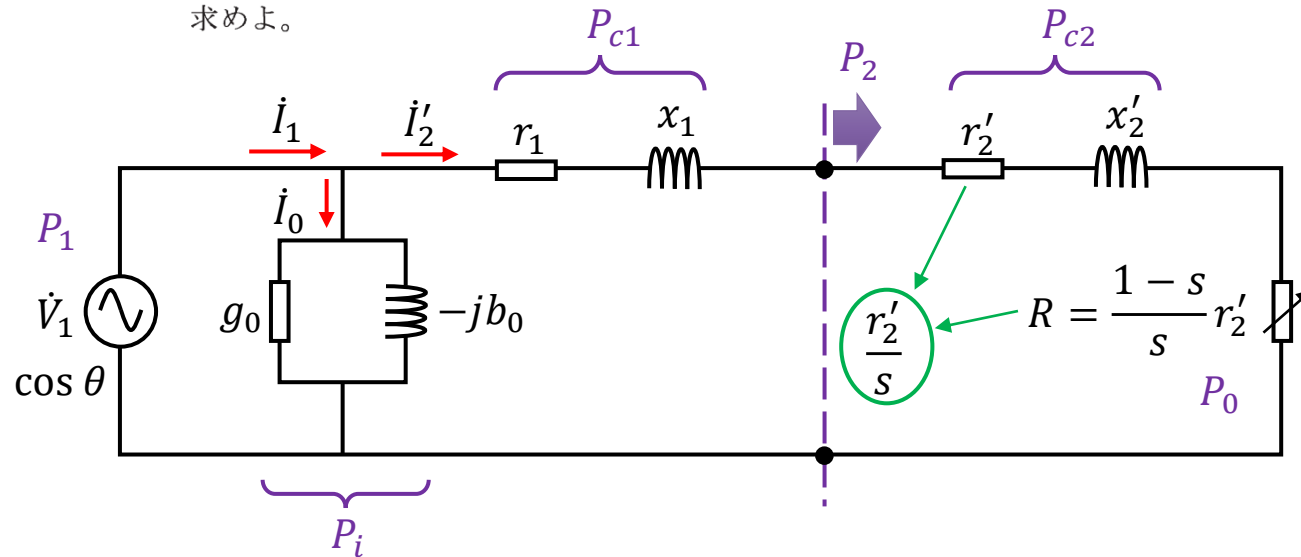
$$\begin{aligned} \dot{I}_2' &= \frac{\frac{V_{1l}}{\sqrt{3}}}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2} \left\{ r_1 + \frac{r_2'}{s} - j(x_1 + x_2') \right\} \\ &= \frac{\frac{200}{\sqrt{3}}}{\left(0.1 + \frac{0.15}{0.03}\right)^2 + (0.3 + 0.4)^2} \left\{ 0.1 + \frac{0.15}{0.03} - j(0.3 + 0.4) \right\} \\ &= 22.22 - j3.05 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2' = 5.77 - j17.32 + 22.22 - j3.05 = 27.99 - j20.37$$

$$I_1 = \sqrt{27.99^2 + 20.37^2} = 34.6 \text{ A}$$

# H26 問1 (解説)

問1 定格線間電圧 200 V, 定格周波数 50 Hz, 4 極の三相かご形誘導電動機について, 三相星形結線 1 相分の L 形等価回路から動作特性を考える。三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の回路定数を, 励磁アドミタンス  $y_0 = 0.05 - j0.15$  S, 一次抵抗  $r_1 = 0.1 \Omega$ , 一次漏れリアクタンス  $x_1 = 0.3 \Omega$ , 二次抵抗の一次側換算値  $r_2' = 0.15 \Omega$ , 二次漏れリアクタンスの一次側換算値  $x_2' = 0.4 \Omega$  とする。誘導電動機を定格電圧, 定格周波数の三相交流電源に接続し, 負荷トルクを  $T_L$  [N・m] としたとき, 滑りは  $s = 0.03$  であった。負荷トルクが  $T_L$  [N・m] のときの次の値を求めよ。



(6) 入力力率

$$\cos \theta = \frac{\text{Re}[I_1]}{I_1} = \frac{27.99}{\sqrt{27.99^2 + 20.37^2}} = \frac{27.99}{34.62} = 0.809$$

$$\dot{V}_{1l} = 200 \text{ V} \quad y_0 = g_0 - jb_0 = 0.05 - j0.15 \text{ S}$$

$$s = 0.03 \quad r_1 = 0.1 \Omega \quad r_2' = 0.15 \Omega \quad x_1 = 0.3 \Omega \quad x_2' = 0.4 \Omega$$

ご聴講ありがとうございました!!