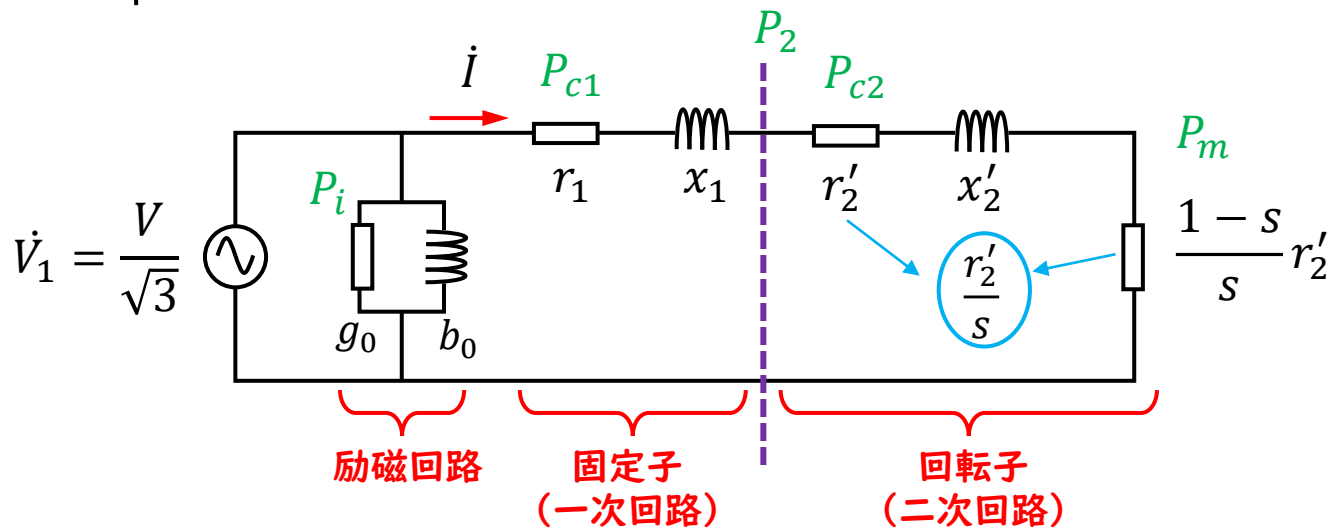


# 電験三種 オンライン講座

## 機械 過去問解説(2) 誘導機

# 誘導機の重要公式まとめ



効率

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

$P_1$ : 一次入力

$$P_1 = P_i + P_{c1} + P_{c2} + P_m$$

$P_i$ : 入力鉄損

$$P_i = 3g_0V_1^2$$

$P_{c1}$ : 一次銅損

$$P_{c1} = 3r_1I^2$$

$P_2$ : 二次入力

$$P_2 = P_{c2} + P_m = 3\frac{r_2'}{s}I^2$$

$P_{c2}$ : 二次銅損

$$P_{c2} = 3r_2'I^2$$

$P_m$ : 機械的出力

$$P_m = 3\frac{1-s}{s}r_2'I^2$$

$$P_2 : P_{c2} : P_m = 1 : s : 1 - s$$

$$T = \frac{P_m}{\omega} = \frac{P_2}{\omega_s}$$

$$\omega = 2\pi\frac{N}{60}$$

$$\omega_s = 2\pi\frac{N_s}{60}$$

$$N_s = \frac{120f}{p} [\text{min}^{-1}]$$

$$N = (1-s)N_s$$

$$s = \frac{N_s - N}{N_s}$$

$T$ : 電動機のトルク [N・m]

$N$ : 回転子の速度 [min<sup>-1</sup>]

$N_s$ : 回転磁界の速度

(同期速度) [min<sup>-1</sup>]

$s$ : すべり

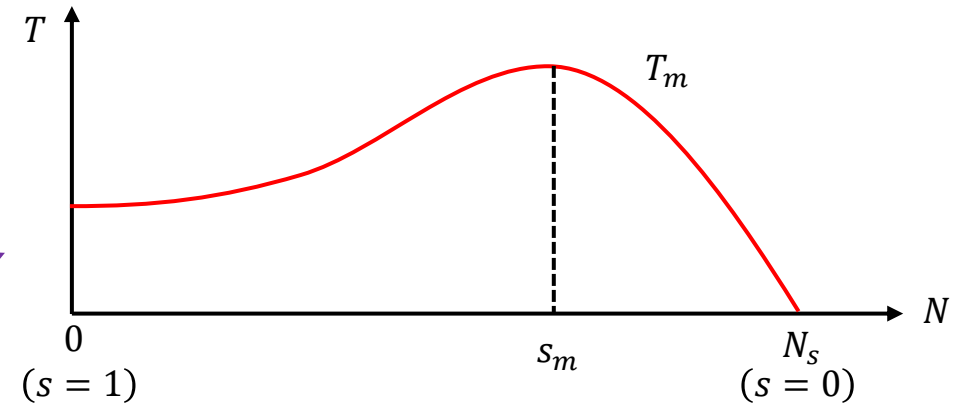
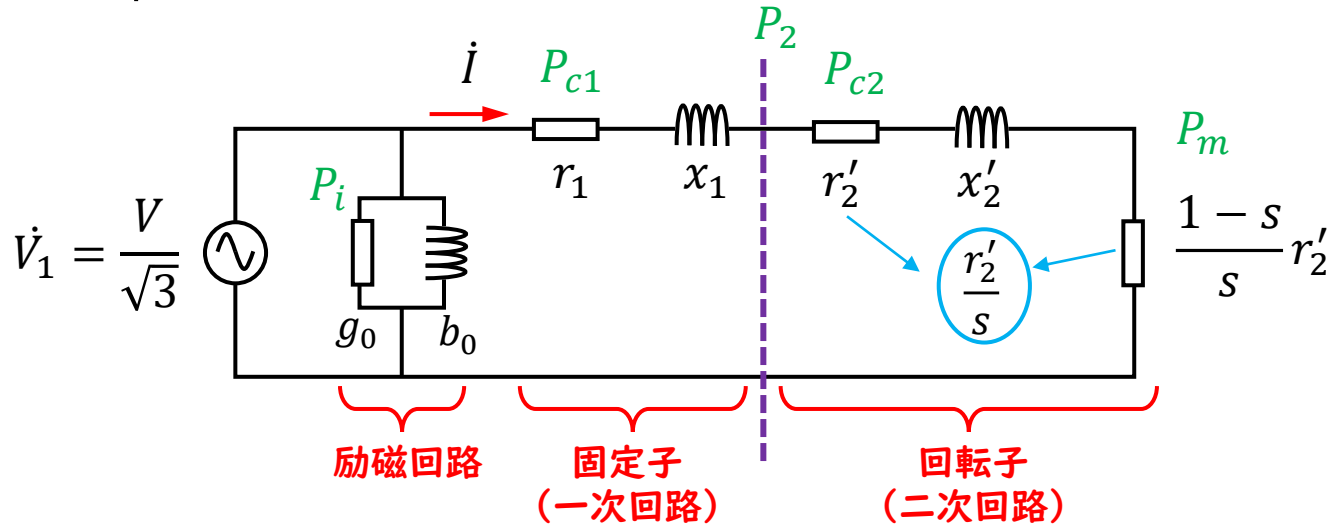
$\omega$ : 回転子の角周波数 [rad/s]

$\omega_s$ : 同期角周波数 [rad/s]

$f$ : 電源周波数 [Hz]

$p$ : 極数

# すべりとトルク



滑り  $s$  とトルク  $T$  の関係のグラフ

トルク  $T$  は電圧の2乗に比例する  
電圧が2倍 → トルクは4倍  
電圧が半分 → トルクは4分の1

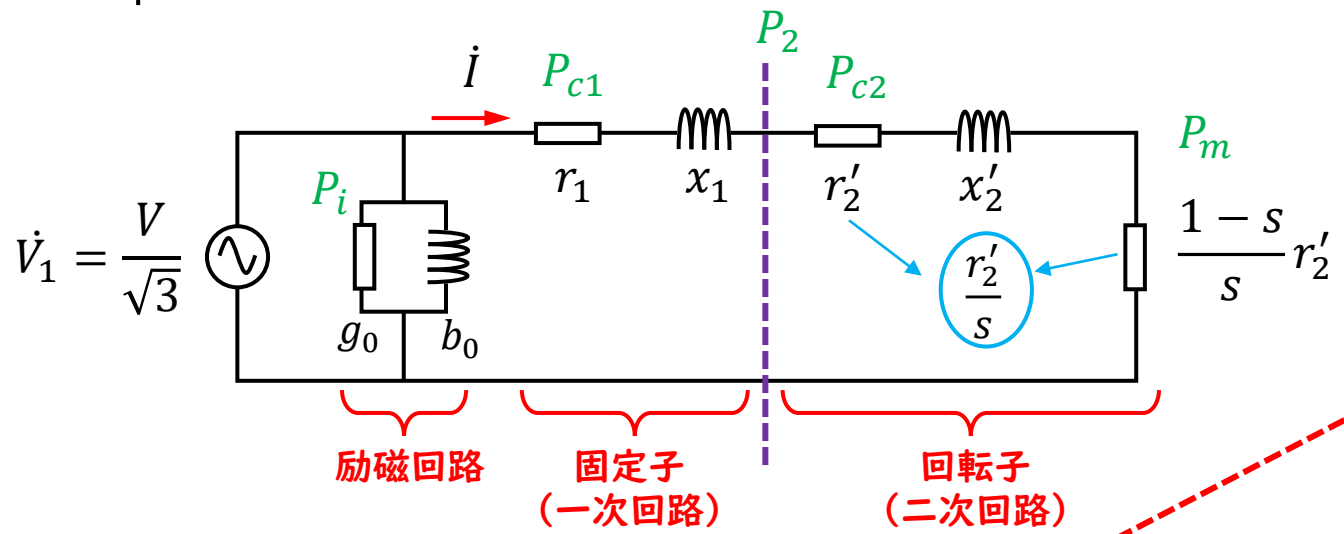
$$I = \frac{V_1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$T = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{1}{\omega_s} \left( 3 \frac{r_2'}{s} I^2 \right) = \frac{3}{\omega_s} \frac{\frac{r_2'}{s} V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

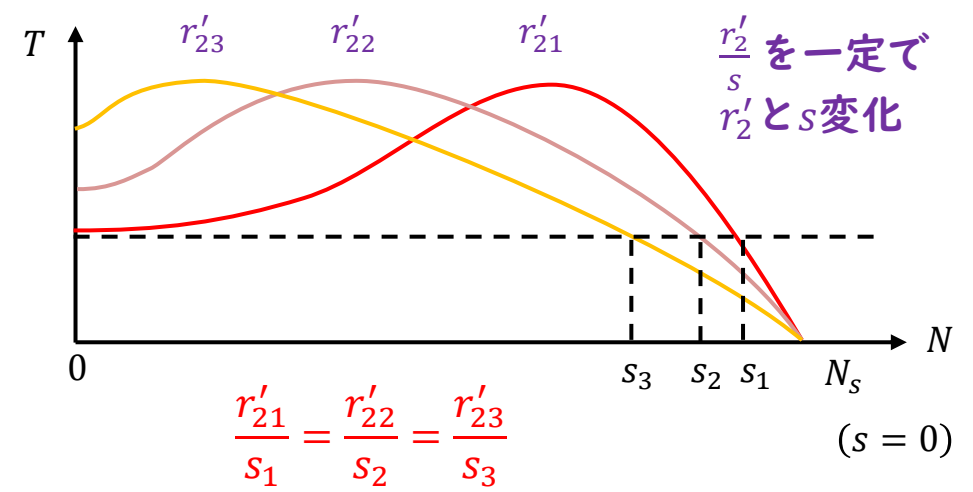
$T$  が最大となる  $s$  は

$$s_m = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

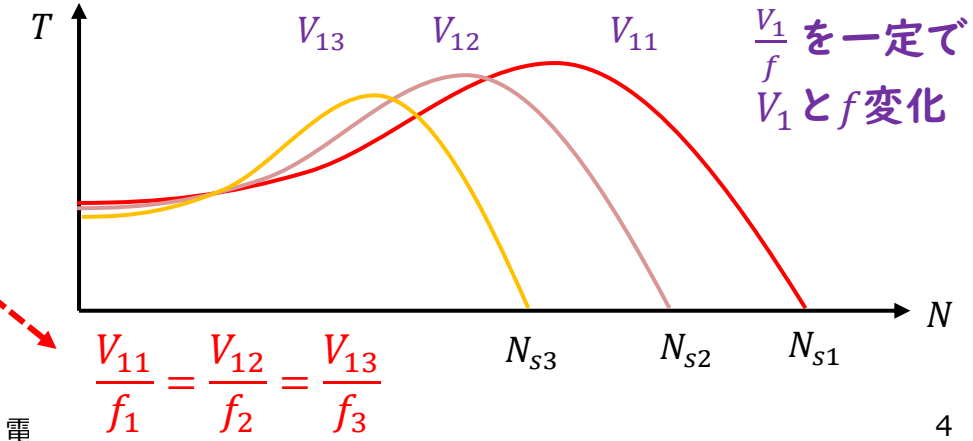
# すべりとトルク



## 比例推移



## V/f 制御



$$I = \frac{V_1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x'_2)^2}}$$

$$T = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{1}{\omega_s} \left( 3 \frac{r'_2}{s} I^2 \right) = \frac{3}{\omega_s} \frac{\frac{r'_2}{s} V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x'_2)^2} = \frac{3}{2\pi \frac{1}{60} \frac{120}{p}} \frac{\frac{r'_2}{s} \frac{V_1^2}{f}}{\left(r_1 + \frac{r'_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x'_2)^2}$$

Tが最大となるsは

$$s_m = \frac{r'_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x'_2)^2}}$$

# H19 問4

$V/f$ 一定制御インバータで駆動されている6極の誘導電動機がある。  
この電動機は、端子電圧を $V$ [V]、周波数を $f$ [Hz]として、 $V/f$ 比=4一定  
制御インバータによって66[Hz]で駆動されている。

このときの滑りは5[%]であった。この誘導電動機の回転速度[ $\text{min}^{-1}$ ]  
の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 1140   (2) 1200   (3) 1254   (4) 1320   (5) 1710

# H19 問4

$V/f$ 一定制御インバータで駆動されている6極の誘導電動機がある。  
この電動機は、端子電圧を $V[V]$ 、周波数を $f[Hz]$ として、 $V/f$ 比=4一定制御インバータによって66[Hz]で駆動されている。

このときの滑りは5[%]であった。この誘導電動機の回転速度 $[\text{min}^{-1}]$ の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 1140 (2) 1200 (3) 1254 (4) 1320 (5) 1710

同期速度 $N_s$ は

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 66}{6} = 1320 \text{ min}^{-1}$$

回転速度 $N$ は

$$N = (1 - s)N_s = (1 - 0.05) \times 1320 = 1254 \text{ min}^{-1}$$

# H16 問15

定格出力15[kW]、定格周波数60[Hz]、4極の三相誘導電動機があり、トルク一定の負荷を負って運転している。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) 定格回転速度1746[ $\text{min}^{-1}$ ]で運転しているときの滑り周波数[Hz]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 1.50    (2) 1.80    (3) 1.86    (4) 2.10    (5) 2.17

(b) インバータにより一次周波数制御を行って、一次周波数を40[Hz]としたときの回転速度[ $\text{min}^{-1}$ ]として、正しいのは次のうちどれか。ただし、滑り周波数は一次周波数に関わらず常に一定とする。

- (1) 1146    (2) 1164    (3) 1433    (4) 1455    (5) 1719

# H16 問15

定格出力15[kW]、定格周波数60[Hz]、4極の三相誘導電動機があり、トルク一定の負荷を負って運転している。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) 定格回転速度1746[ $\text{min}^{-1}$ ]で運転しているときの滑り周波数[Hz]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 1.50    (2) 1.80    (3) 1.86    (4) 2.10    (5) 2.17

(b) インバータにより一次周波数制御を行って、一次周波数を40[Hz]としたときの回転速度[ $\text{min}^{-1}$ ]として、正しいのは次のうちどれか。ただし、滑り周波数は一次周波数に関わらず常に一定とする。

- (1) 1146    (2) 1164    (3) 1433    (4) 1455    (5) 1719

滑り周波数 $f_s$ は

$$f_s = (\text{滑り}) \times (\text{一次周波数}) = sf$$

# 導出のポイント

定格出力15[kW]、定格周波数60[Hz]、4極の三相誘導電動機があり、トルク一定の負荷を負って運転している。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) 定格回転速度1746[ $\text{min}^{-1}$ ]で運転しているときの滑り周波数[Hz]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 1.50    (2) 1.80    (3) 1.86    (4) 2.10    (5) 2.17

同期速度 $N_s$ は

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ min}^{-1}$$

定格運転時の滑り $s$ は

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1800 - 1746}{1800} = 0.03$$

滑り周波数 $f_s$ は、

$$f_s = sf = 0.03 \times 60 = 1.80 \text{ Hz}$$

# 導出のポイント

定格出力15[kW]、定格周波数60[Hz]、4極の三相誘導電動機があり、トルク一定の負荷を負って運転している。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(b) インバータにより一次周波数制御を行って、一次周波数を40[Hz]としたときの回転速度[ $\text{min}^{-1}$ ]として、正しいのは次のうちどれか。ただし、滑り周波数は一次周波数に関わらず常に一定とする。

- (1) 1146 (2) 1164 (3) 1433 (4) 1455 (5) 1719

滑り周波数 $f_s$ は一定であることから、  
一次周波数変更後の滑り $s'$ は

$$f_s = s'f' \rightarrow s' = \frac{f_s}{f'} = \frac{1.8}{40} = 0.045$$

同期速度 $N'_s$ は

$$N'_s = \frac{120f'}{p} = \frac{120 \times 40}{4} = 1200 \text{ min}^{-1}$$

回転速度 $N'$ は

$$N' = (1 - s')N'_s = (1 - 0.045) \times 1200 = 1146 \text{ min}^{-1}$$

# H16 問15

定格出力15[kW]、定格周波数60[Hz]、4極の三相誘導電動機があり、トルク一定の負荷を負って運転している。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) 定格回転速度1746[ $\text{min}^{-1}$ ]で運転しているときの滑り周波数[Hz]の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 1.50 (2) 1.80 (3) 1.86 (4) 2.10 (5) 2.17

(b) インバータにより一次周波数制御を行って、一次周波数を40[Hz]としたときの回転速度[ $\text{min}^{-1}$ ]として、正しいのは次のうちどれか。ただし、滑り周波数は一次周波数に関わらず常に一定とする。

- (1) 1146 (2) 1164 (3) 1433 (4) 1455 (5) 1719

# H21 問15

定格出力15[kW]、定格電圧220[V]、定格周波数60[Hz]、6極の三相誘導電動機がある。この電動機を定格電圧、定格周波数の三相電源に接続して定格出力で運転すると、滑りが5[%]であった。機械損及び鉄損は無視できるものとして、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) このときの発生トルク $T$ [N·m]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 114    (2) 119    (3) 126    (4) 239    (5) 251

(b) この電動機の発生トルク $T$ [N·m]が上記(a)の1/2となったときに、一次銅損は250[W]であったときの効率[%]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、発生トルクと滑りの関係は比例するものとする。

- (1) 92.1    (2) 94.0    (3) 94.5    (4) 95.5    (5) 96.9

# 導出のポイント

定格出力15[kW]、定格電圧220[V]、定格周波数60[Hz]、6極の三相誘導電動機がある。この電動機を定格電圧、定格周波数の三相電源に接続して定格出力で運転すると、滑りが5[%]であった。機械損及び鉄損は無視できるものとして、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) このときの発生トルク $T$ [N・m]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 114    (2) 119    (3) 126    (4) 239    (5) 251

同期速度 $N_s$ は

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 60}{6} = 1200 \text{ min}^{-1}$$

回転速度 $N$ は

$$N = (1 - s)N_s = (1 - 0.05) \times 1200 = 1140 \text{ min}^{-1}$$

発生トルク $T$ は

$$T = \frac{P_m}{\omega} = \frac{P_m}{2\pi \frac{N}{60}} = \frac{15000}{2\pi \times \frac{1140}{60}} = 125.71 \text{ N} \cdot \text{m}$$

# 導出のポイント

定格出力15[kW]、定格電圧220[V]、定格周波数60[Hz]、6極の三相誘導電動機がある。この電動機を定格電圧、定格周波数の三相電源に接続して定格出力で運転すると、滑りが5[%]であった。機械損及び鉄損は無視できるものとして、次の(a)及び(b)に答えよ。

(b) この電動機の発生トルク $T$ [N・m]が上記(a)の1/2となったときに、一次銅損は250[W]であったときの効率[%]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、発生トルクと滑りの関係は比例するものとする。

- (1) 92.1    (2) 94.0    (3) 94.5    (4) 95.5    (5) 96.9

1/2のトルクで運転するとき、トルクと滑りは比例関係であることから、その滑り $s'$ は、

$$s' = \frac{0.5T}{T} \times s = 0.5s = 0.5 \times 0.05 = 0.025$$

トルク変更後の機械出力 $P'_m$

$$\begin{aligned} P'_m &= \omega' T' = 2\pi \frac{(1-s')N_s}{60} \times 0.5T = 2\pi \frac{(1-0.025) \times 1200}{60} \times 0.5 \times 125.71 \\ &= 7697 \text{ W} \end{aligned}$$

トルク変更後の二次銅損 $P'_{c2}$ は、

$P'_2 : P'_{c2} : P'_m = 1 : s' : 1 - s'$ の関係より

$$P'_{c2} = \frac{s'}{1-s'} P'_m = \frac{0.025}{1-0.025} \times 7.697 = 197 \text{ W}$$

効率 $\eta$ は、

$$\eta = \frac{P'_m}{P'_{c1} + P'_{c2} + P'_m} = \frac{7697}{250 + 197 + 7697} = 0.9451 \rightarrow 94.5 \%$$

# H21 問15

定格出力15[kW]、定格電圧220[V]、定格周波数60[Hz]、6極の三相誘導電動機がある。この電動機を定格電圧、定格周波数の三相電源に接続して定格出力で運転すると、滑りが5[%]であった。機械損及び鉄損は無視できるものとして、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) このときの発生トルク $T$ [N・m]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 114    (2) 119    (3) 126    (4) 239    (5) 251

(b) この電動機の発生トルク $T$ [N・m]が上記(a)の1/2となったときに、一次銅損は250[W]であったときの効率[%]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、発生トルクと滑りの関係は比例するものとする。

- (1) 92.1    (2) 94.0    (3) 94.5    (4) 95.5    (5) 96.9



ご聴講ありがとうございました!!

# H17 問15

三相誘導電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) 一次側に換算した二次巻線の抵抗 $r_2'$ と滑り $s$ の比 $r_2'/s$ が、他の定数（一次巻線の抵抗 $r_1$ 、一次巻線のリアクタンス $x_1$ 、一次側に換算した二次巻線のリアクタンス $x_2'$ ）に比べて十分に大きくなるように設計された誘導電動機がある。この電動機を電圧 $V$ の電源に接続して運転したとき、この電動機のトルク $T$ と滑り $s$ 、電圧 $V$ の関係を表す近似式として、正しいのは次のうちどれか。ただし、 $k$ は定数である。

(1)  $T = kV^2s$  (2)  $T = kVs$  (3)  $T = \frac{kV^2}{s}$  (4)  $T = \frac{k}{Vs}$  (5)  $T = \frac{k}{V^2s}$

(b) 上記(a)で示された条件で設計された定格電圧220[V]、同期速度1200[ $\text{min}^{-1}$ ]の三相誘導電動機がある。この電動機を電圧220[V]の電源に接続して、一定のトルク負荷で運転すると、1140[ $\text{min}^{-1}$ ]の回転速度で回転する。この電動機に供給する電源電圧を200[V]に下げたときの電動機の回転速度[ $\text{min}^{-1}$ ]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、電源電圧を下げたとき、負荷トルクと二次抵抗は変化しないものとする。

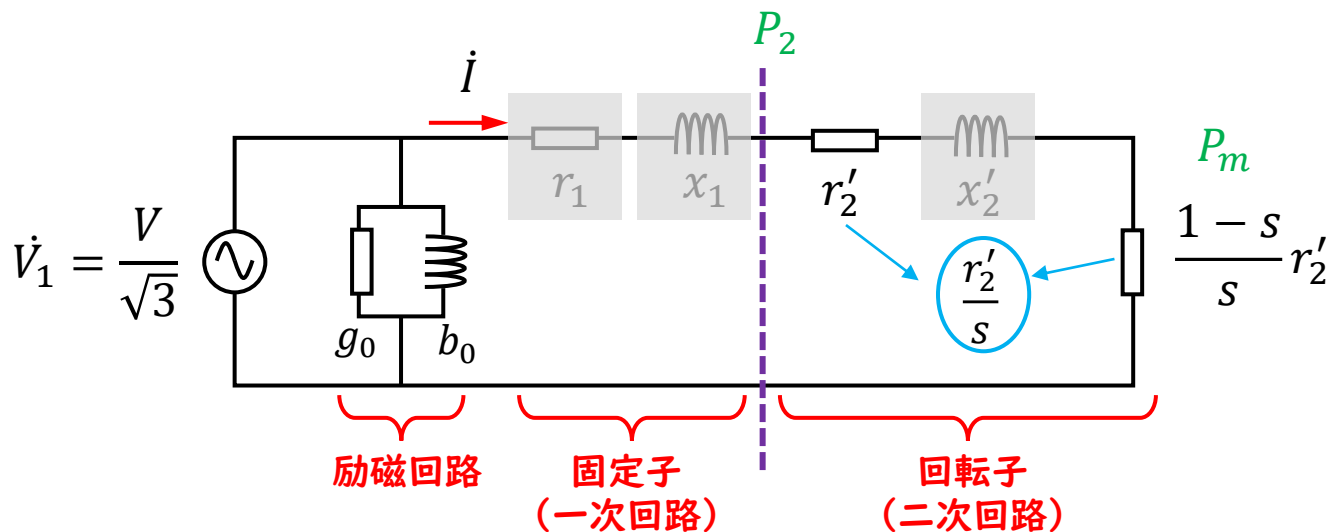
(1) 1000 (2) 1091 (3) 1113 (4) 1127 (5) 1150

# 導出のポイント

三相誘導電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) 一次側に換算した二次巻線の抵抗 $r_2'$ と滑り $s$ の比 $r_2'/s$ が、他の定数（一次巻線の抵抗 $r_1$ 、一次巻線のリアクタンス $x_1$ 、一次側に換算した二次巻線のリアクタンス $x_2'$ ）に比べて十分に大きくなるように設計された誘導電動機がある。この電動機を電圧 $V$ の電源に接続して運転したとき、この電動機のトルク $T$ と滑り $s$ 、電圧 $V$ の関係を表す近似式として、正しいのは次のうちどれか。ただし、 $k$ は定数である。

- (1)  $T = kV^2s$  (2)  $T = kVs$  (3)  $T = \frac{kV^2}{s}$  (4)  $T = \frac{k}{Vs}$  (5)  $T = \frac{k}{V^2s}$



発生トルク $T$ は

$$T = \frac{P_m}{\omega} = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{1}{\omega_s} \times 3 \times \frac{r_2'}{s} I^2$$

$$I = \frac{V_1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$T = \frac{1}{\omega_s} \times 3 \times \frac{r_2'}{s} \times \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}$$

$r_2'/s$ は $r_1, x_1, x_2'$ に比べて十分大きいので

$$T \sim \frac{1}{\omega_s} \times 3 \times \frac{r_2'}{s} \times \frac{V_1^2}{\left(\frac{r_2'}{s}\right)^2} = \frac{3}{\omega_s r_2'} \times V_1^2 s$$

$$\therefore T = kV^2s$$

# 導出のポイント

(b) 上記(a)で示された条件で設計された定格電圧220[V]、同期速度1200[ $\text{min}^{-1}$ ]の三相誘導電動機がある。この電動機を電圧220[V]の電源に接続して、一定のトルク負荷で運転すると、1140[ $\text{min}^{-1}$ ]の回転速度で回転する。この電動機に供給する電源電圧を200[V]に下げたときの電動機の回転速度[ $\text{min}^{-1}$ ]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、電源電圧を下げたとき、負荷トルクと二次抵抗は変化しないものとする。

- (1) 1000   (2) 1091   (3) 1113   (4) 1127   (5) 1150

電圧変更前の滑り $s$ は、

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1200 - 1140}{1200} = 0.05$$

(a)より $T = kV^2s$ を利用すると

電圧変更前のトルクを $T$ とすると、  
 $T = k \times 220^2 \times s$

電圧変更前のトルクを $T'$ とすると、  
 $T' = k \times 200^2 \times s'$

電源電圧を下げてても負荷トルクは変化しないので、

$$T = T' \rightarrow k \times 220^2 \times s = k \times 200^2 \times s'$$

$$\rightarrow s' = \frac{220^2}{200^2} \times s = \frac{220^2}{200^2} \times 0.05 = 0.0605$$

電圧変更後の滑り $s'$ より、回転速度は

$$N' = (1 - s')N_s = (1 - 0.0605) \times 1200 = 1127 \text{ min}^{-1}$$

# H17 問15

三相誘導電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) 一次側に換算した二次巻線の抵抗 $r_2'$ と滑り $s$ の比 $r_2'/s$ が、他の定数（一次巻線の抵抗 $r_1$ 、一次巻線のリアクタンス $x_1$ 、一次側に換算した二次巻線のリアクタンス $x_2'$ ）に比べて十分に大きくなるように設計された誘導電動機がある。この電動機を電圧 $V$ の電源に接続して運転したとき、この電動機のトルク $T$ と滑り $s$ 、電圧 $V$ の関係を表す近似式として、正しいのは次のうちどれか。ただし、 $k$ は定数である。

(1)  $T = kV^2s$  (2)  $T = kVs$  (3)  $T = \frac{kV^2}{s}$  (4)  $T = \frac{k}{Vs}$  (5)  $T = \frac{k}{V^2s}$

(b) 上記(a)で示された条件で設計された定格電圧220[V]、同期速度1200[ $\text{min}^{-1}$ ]の三相誘導電動機がある。この電動機を電圧220[V]の電源に接続して、一定のトルク負荷で運転すると、1140[ $\text{min}^{-1}$ ]の回転速度で回転する。この電動機に供給する電源電圧を200[V]に下げたときの電動機の回転速度[ $\text{min}^{-1}$ ]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、電源電圧を下げたとき、負荷トルクと二次抵抗は変化しないものとする。

(1) 1000 (2) 1091 (3) 1113 (4) 1127 (5) 1150