

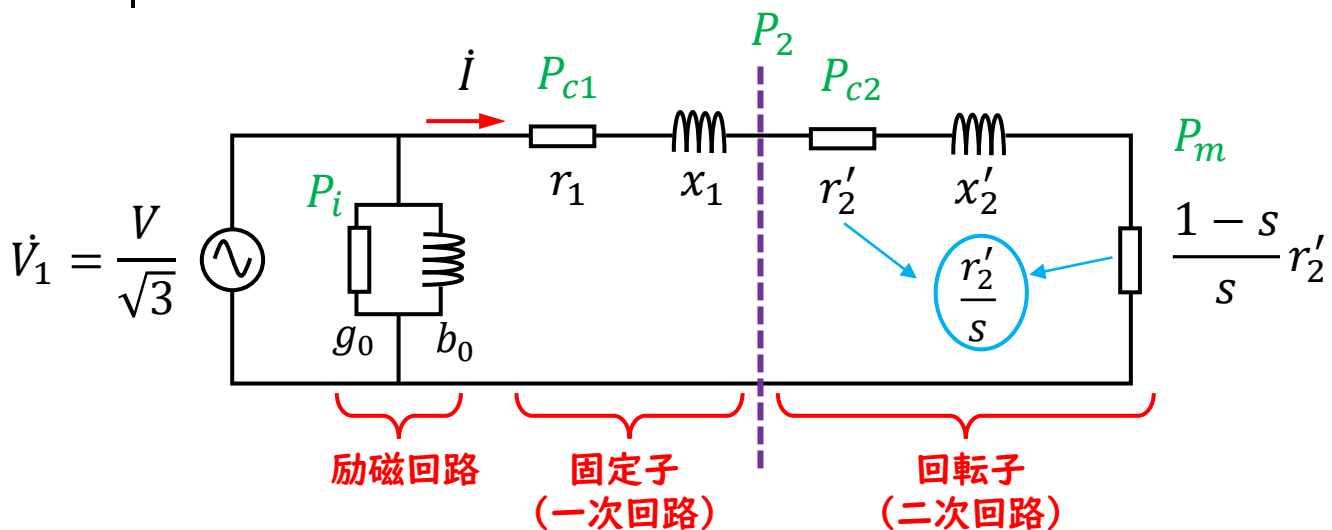
電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第6回 機械
誘導機 (3)

2023.1.21 Sat

誘導機の重要公式 (損失と効率)



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

N : 回転子の速度 [min^{-1}]

N_s : 回転磁界の速度 (同期速度) [min^{-1}]

s : すべり

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

sN_s : 回転子からみた回転磁界の相対速度 [min^{-1}]

すべり	$s = 1$	\longrightarrow	$s = 0$
回転子の回転速度	$N = 0$	\longrightarrow	$N = N_s$
回転磁界の相対速度	$sN_s = N_s$	\longrightarrow	$sN_s = 0$

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

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

$$P_2 : P_{c2} : P_m = 3\frac{r_2'}{s}I^2 : 3r_2'I^2 : 3\frac{1-s}{s}r_2'I^2 = \frac{1}{s} : 1 : \frac{1-s}{s} = 1 : s : 1-s$$

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

効率

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

H23 問3

問3 次の文章は、巻線形誘導電動機に関する記述である。

三相巻線形誘導電動機の二次側に外部抵抗を接続して、誘導電動機を運転することを考える。ただし、外部抵抗は誘導電動機内の二次回路にある抵抗に比べて十分大きく、誘導電動機内部の鉄損、銅損及び一次、二次のインダクタンスなどは無視できるものとする。

いま、回転子を拘束して、一次電圧 V_1 として 200 [V] を印加したときに二次側の外部抵抗を接続した端子に現れる電圧 V_{2s} は 140 [V] であった。拘束を外して始動した後に回転速度が上昇し、同期速度 1500 [min^{-1}] に対して 1200 [min^{-1}] に到達して、負荷と釣り合ったとする。

このときの一次電圧 V_1 は 200 [V] のままであると、二次側の端子に現れる電圧 V_2 は [V] となる。

また、機械負荷に P_m [W] が伝達されるとすると、一次側から供給する電力 P_1 [W]、外部抵抗で消費される電力 P_{2c} [W] との関係は次式となる。

$$P_1 = P_m + \text{(イ)} \times P_{2c}$$

$$P_{2c} = \text{(ウ)} \times P_1$$

したがって、 P_{2c} と P_m の関係は次式となる。

$$P_{2c} = \text{(エ)} \times P_m$$

接続する外部抵抗には、このような運転に使える電圧・容量の抵抗器を選択しなければならない。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	112	0.8	0.8	0.25
(2)	28	1	0.2	4
(3)	28	1	0.2	0.25
(4)	112	0.8	0.8	4
(5)	112	1	0.2	0.25

H23 問3

問3 次の文章は、巻線形誘導電動機に関する記述である。

三相巻線形誘導電動機の二次側に外部抵抗を接続して、誘導電動機を運転することを考える。ただし、外部抵抗は誘導電動機内の二次回路にある抵抗に比べて十分大きく、誘導電動機内部の鉄損、銅損及び一次、二次のインダクタンスなどは無視できるものとする。

いま、回転子を拘束して、一次電圧 V_1 として 200 [V] を印加したときに二次側の外部抵抗を接続した端子に現れる電圧 V_{2s} は 140 [V] であった。拘束を外して始動した後に回転速度が上昇し、同期速度 1500 [min^{-1}] に対して 1200 [min^{-1}] に到達して、負荷と釣り合ったとする。

このときの一次電圧 V_1 は 200 [V] のままであると、二次側の端子に現れる電圧 V_2 は [V] となる。

また、機械負荷に P_m [W] が伝達されるとすると、一次側から供給する電力 P_1 [W]、外部抵抗で消費される電力 P_{2c} [W] との関係は次式となる。

$$P_1 = P_m + \text{(イ)} \times P_{2c}$$

$$P_{2c} = \text{(ウ)} \times P_1$$

したがって、 P_{2c} と P_m の関係は次式となる。

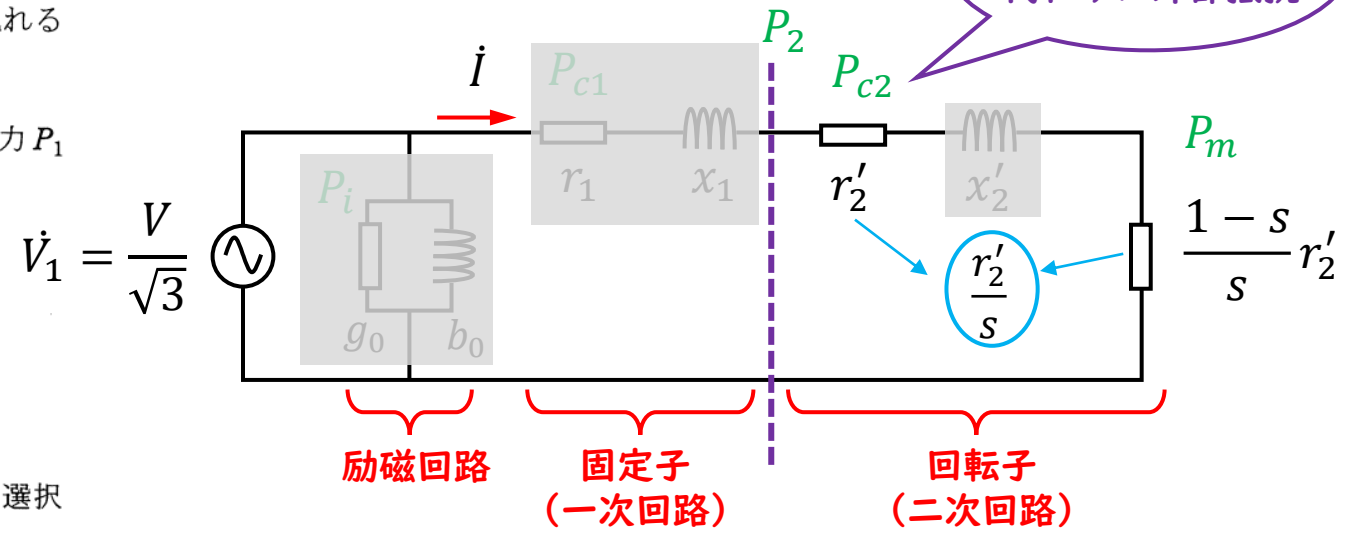
$$P_{2c} = \text{(エ)} \times P_m$$

接続する外部抵抗には、このような運転に使える電圧・容量の抵抗器を選択しなければならない。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	112	0.8	0.8	0.25
(2)	28	1	0.2	4
(3)	28	1	0.2	0.25
(4)	112	0.8	0.8	4
(5)	112	1	0.2	0.25

二次巻線抵抗は無視
代わりに外部抵抗



H23 問3

問3 次の文章は、巻線形誘導電動機に関する記述である。

三相巻線形誘導電動機の二次側に外部抵抗を接続して、誘導電動機を運転することを考える。ただし、外部抵抗は誘導電動機内の二次回路にある抵抗に比べて十分大きく、誘導電動機内部の鉄損、銅損及び一次、二次のインダクタンスなどは無視できるものとする。

いま、回転子を拘束して、一次電圧 V_1 として 200 [V] を印加したときに二次側の外部抵抗を接続した端子に現れる電圧 V_{2s} は 140 [V] であった。拘束を外して始動した後に回転速度が上昇し、同期速度 1500 [min^{-1}] に対して 1200 [min^{-1}] に到達して、負荷と釣り合ったとする。

このときの一次電圧 V_1 は 200 [V] のままであると、二次側の端子に現れる電圧 V_2 は (ア) [V] となる。

また、機械負荷に P_m [W] が伝達されるとすると、一次側から供給する電力 P_1 [W]、外部抵抗で消費される電力 P_{2c} [W] との関係は次式となる。

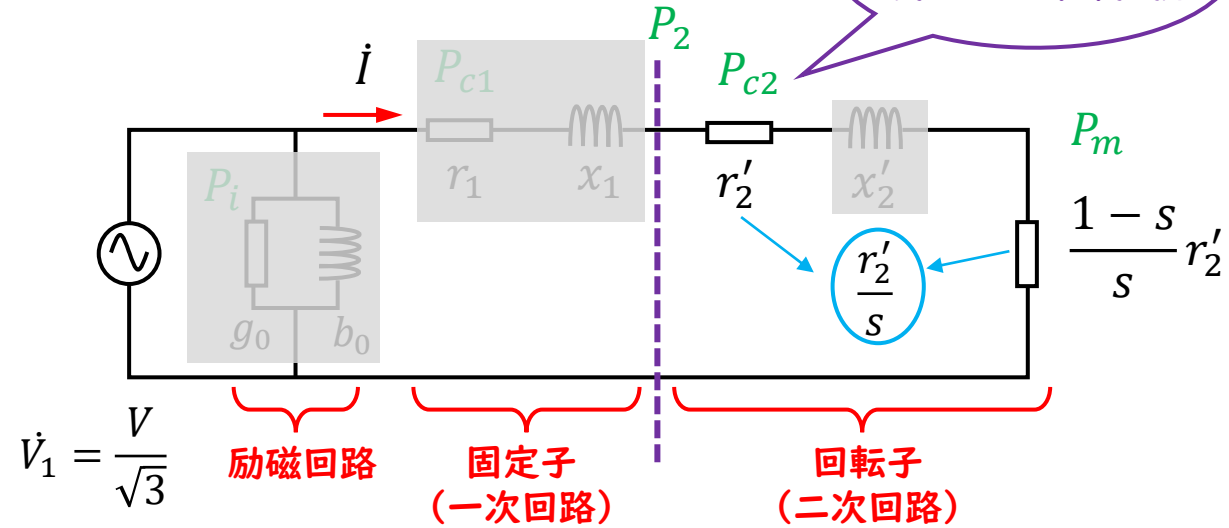
$$P_1 = P_m + \text{(イ)} \times P_{2c}$$

$$P_{2c} = \text{(ウ)} \times P_1$$

したがって、 P_{2c} と P_m の関係は次式となる。

$$P_{2c} = \text{(エ)} \times P_m$$

接続する外部抵抗には、このような運転に使える電圧・容量の抵抗器を選択しなければならない。



$$V_1 = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1500 - 1200}{1500} = 0.2$$

$$V_2 = sV_{2s} = 0.2 \times 140 = 28 \text{ V}$$

$$P_{20} : P_{2c} : P_m = 1 : s : 1 - s$$

内部損失は無視できるので
 $P_{20} = P_1$ より

$$P_1 = P_m + P_{2c}$$

$$P_{2c} = sP_1 = 0.2P_1$$

$$P_{2c} : P_m = s : 1 - s$$

$$sP_m = (1 - s)P_{2c}$$

$$P_{2c} = \frac{s}{1 - s} P_m = \frac{0.2}{0.8} P_m$$

$$= 0.25P_m$$

H23 問3

問3 次の文章は、巻線形誘導電動機に関する記述である。

三相巻線形誘導電動機の二次側に外部抵抗を接続して、誘導電動機を運転することを考える。ただし、外部抵抗は誘導電動機内の二次回路にある抵抗に比べて十分大きく、誘導電動機内部の鉄損、銅損及び一次、二次のインダクタンスなどは無視できるものとする。

いま、回転子を拘束して、一次電圧 V_1 として 200 [V] を印加したときに二次側の外部抵抗を接続した端子に現れる電圧 V_{2s} は 140 [V] であった。拘束を外して始動した後に回転速度が上昇し、同期速度 1500 [min^{-1}] に対して 1200 [min^{-1}] に到達して、負荷と釣り合ったとする。

このときの一次電圧 V_1 は 200 [V] のままであると、二次側の端子に現れる電圧 V_2 は 28 [V] となる。

また、機械負荷に P_m [W] が伝達されるとすると、一次側から供給する電力 P_1 [W]、外部抵抗で消費される電力 P_{2c} [W] との関係は次式となる。

$$P_1 = P_m + \text{1 } \times P_{2c}$$

$$P_{2c} = \text{0.2 } \times P_1$$

したがって、 P_{2c} と P_m の関係は次式となる。

$$P_{2c} = \text{0.25 } \times P_m$$

接続する外部抵抗には、このような運転に使える電圧・容量の抵抗器を選択しなければならない。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	112	0.8	0.8	0.25
(2)	28	1	0.2	4
(3)	28	1	0.2	0.25
(4)	112	0.8	0.8	4
(5)	112	1	0.2	0.25

RO1 問3



問3 4極の三相誘導電動機が60 Hzの電源に接続され、出力5.75 kW、回転速度 1656 min^{-1} で運転されている。このとき、一次銅損、二次銅損及び鉄損の三つの損失の値が等しかった。このときの誘導電動機の効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、その他の損失は無視できるものとする。

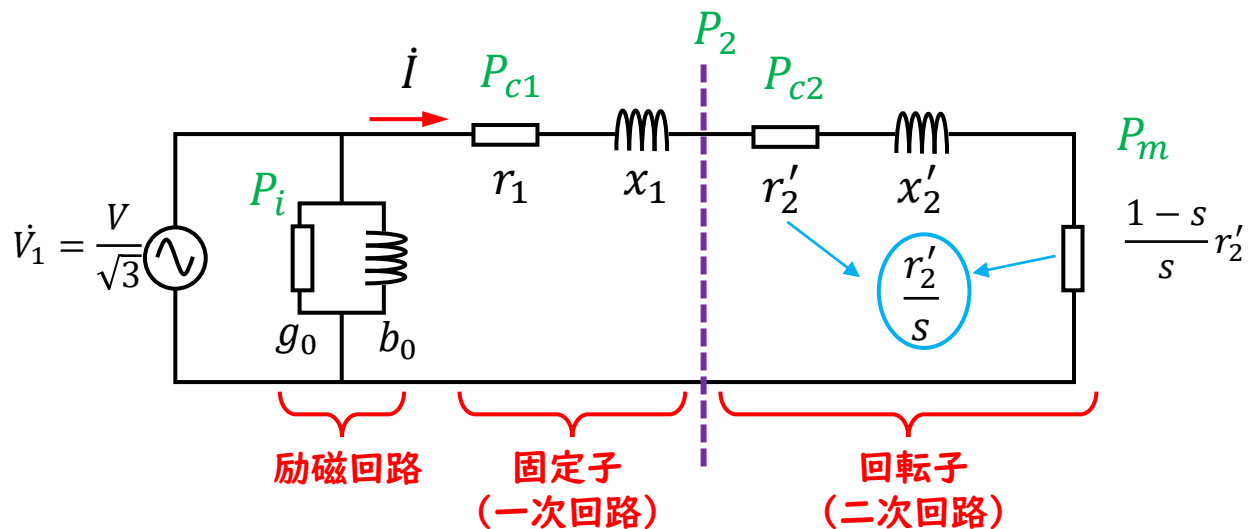
- (1) 76.0 (2) 77.8 (3) 79.3 (4) 80.6 (5) 88.5

ROI 問3

問3 4極の三相誘導電動機が60Hzの電源に接続され、出力5.75kW、回転速度1656min⁻¹で運転されている。このとき、一次銅損、二次銅損及び鉄損の三つの損失の値が等しかった。このときの誘導電動機の効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、その他の損失は無視できるものとする。

- (1) 76.0 (2) 77.8 (3) 79.3 (4) 80.6 (5) 88.5



P_1 : 一次入力

P_i : 入力鉄損

P_{c1} : 一次銅損

P_2 : 二次入力

P_{c2} : 二次銅損

P_m : 機械的出力

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

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

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

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

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

N : 回転子の速度 [min⁻¹]

N_s : 回転磁界の速度 (同期速度) [min⁻¹]

s : すべり

f : 電源周波数 [Hz]

p : 極数

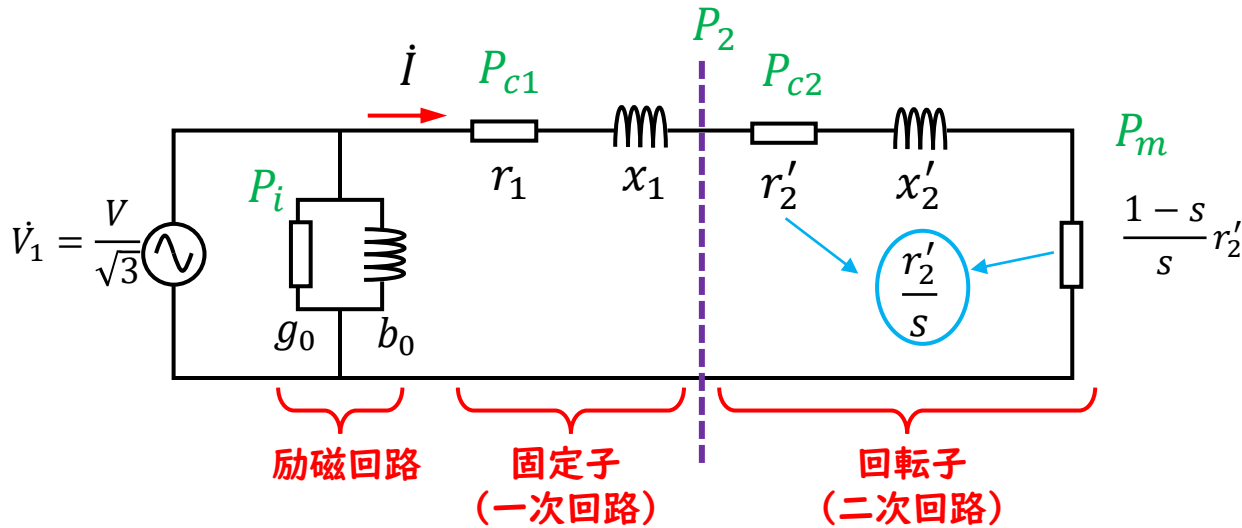
効率

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

ROI 問3

問3 4極の三相誘導電動機が 60 Hz の電源に接続され、出力 5.75 kW、回転速度 1656 min^{-1} で運転されている。このとき、一次銅損、二次銅損及び鉄損の三つの損失の値が等しかった。このときの誘導電動機の効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
ただし、その他の損失は無視できるものとする。

- (1) 76.0 (2) 77.8 (3) 79.3 (4) 80.6 (5) 88.5



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

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1800 - 1656}{1800} = 0.08$$

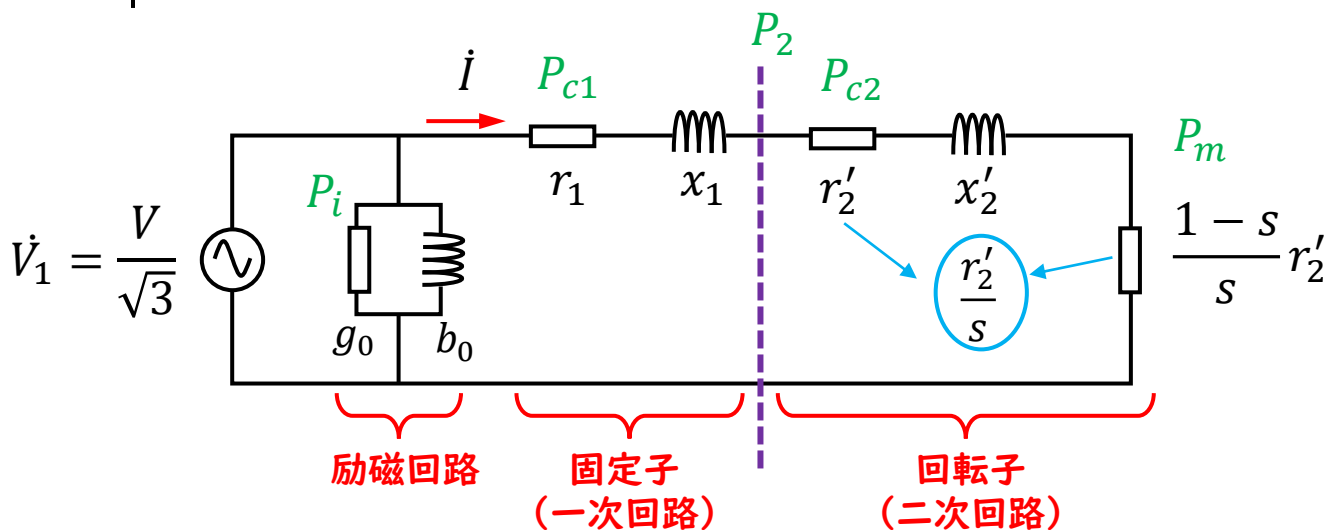
$$P_2 : P_{2c} : P_m = 1 : s : 1 - s$$

$$P_{2c} : P_m = s : 1 - s$$

$$P_{2c} = \frac{s}{1-s} P_m = \frac{0.08}{1-0.08} \times 5.75 = 0.5 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{5.75}{5.75 + 0.5 + 0.5 + 0.5} \times 100 = \frac{5.75}{7.25} \times 100 = 79.3 \%$$

誘導機の重要公式（出力とトルク）



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

N : 回転子の速度 [min⁻¹]

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

N_s : 回転磁界の速度（同期速度） [min⁻¹]

s : すべり

sN_s : 回転子からみた回転磁界の相対速度 [min⁻¹]

すべり $s = 1 \longrightarrow s = 0$

回転子の回転速度 $N = 0 \longrightarrow N = N_s$

回転磁界の相対速度 $sN_s = N_s \longrightarrow sN_s = 0$

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

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

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

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

T : 電動機のトルク [N·m]

N : 回転子の速度 [min⁻¹]

N_s : 回転磁界の速度（同期速度） [min⁻¹]

s : すべり

ω : 回転子の角周波数 [rad/s]

ω_s : 同期角周波数 [rad/s]

f : 電源周波数 [Hz]

p : 極数

$$P_2 = \omega_s T$$

この式を満たすことから二次入力のことを同期ワットともいう

H28 問4

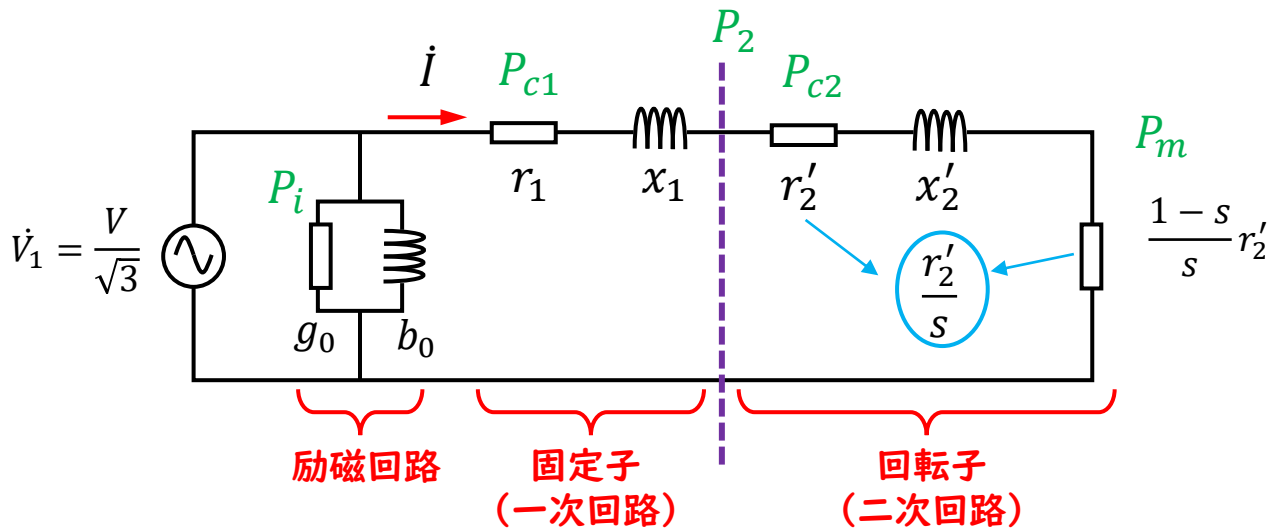
問4 定格周波数 50 Hz, 6極のかご形三相誘導電動機があり, トルク 200 N·m, 機械出力 20 kWで定格運転している。このときの二次入力(同期ワット)の値 [kW]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 19 (2) 20 (3) 21 (4) 25 (5) 27

H28 問4

問4 定格周波数 50 Hz, 6極のかご形三相誘導電動機があり, トルク 200 N・m, 機械出力 20 kWで定格運転している。このときの二次入力(同期ワット)の値 [kW]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 19 (2) 20 (3) 21 (4) 25 (5) 27



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

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

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

- T : 電動機のトルク [N・m]
- N : 回転子の速度 [min^{-1}]
- N_s : 回転磁界の速度 (同期速度) [min^{-1}]
- s : すべり
- ω : 回転子の角周波数 [rad/s]
- ω_s : 同期角周波数 [rad/s]
- f : 電源周波数 [Hz]
- p : 極数

H28 問4

問4 定格周波数 50 Hz, 6極のかご形三相誘導電動機があり, トルク 200 N・m, 機械出力 20 kWで定格運転している。このときの二次入力(同期ワット)の値 [kW]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 19 (2) 20 (3) 21 (4) 25 (5) 27

同期速度を求める

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ min}^{-1}$$

同期ワットを求める

$$P_2 = \omega_s T = 2\pi \times \frac{1000}{60} \times 200 = 20.9 \text{ kW}$$

R02 問15

問 15 定格出力 45 kW，定格周波数 60 Hz，極数 4，定格運転時の滑りが 0.02 である三相誘導電動機について，次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) この誘導電動機の定格運転時の二次入力(同期ワット)の値[kW]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 43 (2) 44 (3) 45 (4) 46 (5) 47

(b) この誘導電動機を，電源周波数 50 Hz において，60 Hz 運転時の定格出力トルクと同じ出力トルクで連続して運転する。この 50 Hz での運転において，滑りが 50 Hz を基準として 0.05 であるときの誘導電動機の出力の値[kW]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 36 (2) 38 (3) 45 (4) 54 (5) 56

R02 問15

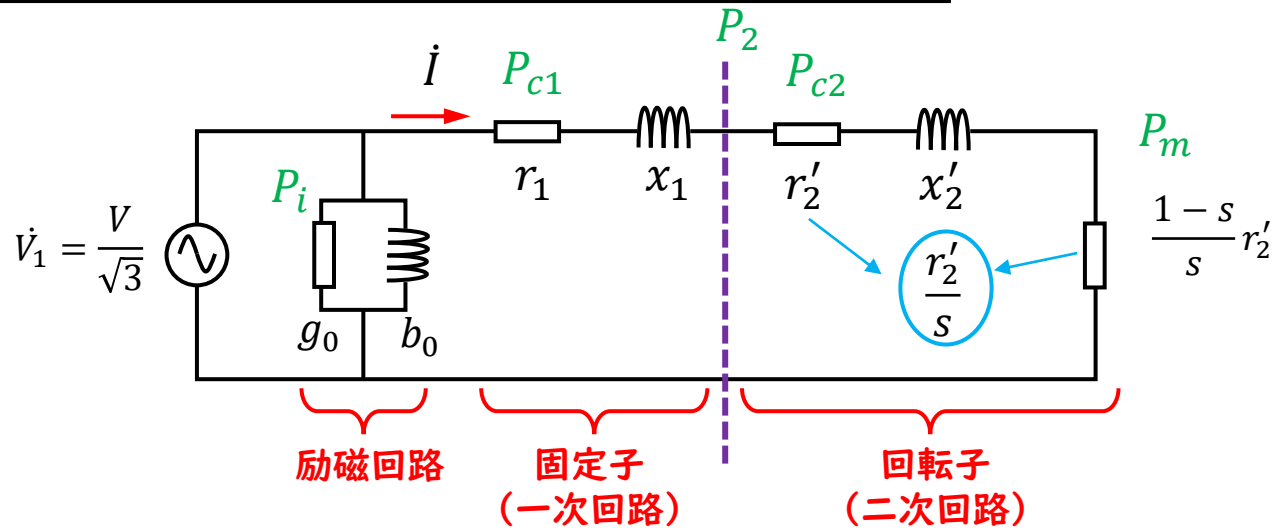
問 15 定格出力 45 kW, 定格周波数 60 Hz, 極数 4, 定格運転時の滑りが 0.02 である三相誘導電動機について, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この誘導電動機の定格運転時の二次入力(同期ワット)の値[kW]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 43 (2) 44 (3) 45 (4) 46 (5) 47

(b) この誘導電動機を, 電源周波数 50 Hz において, 60 Hz 運転時の定格出力トルクと同じ出力トルクで連続して運転する。この 50 Hz での運転において, 滑りが 50 Hz を基準として 0.05 であるときの誘導電動機の出力の値[kW]として,最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 36 (2) 38 (3) 45 (4) 54 (5) 56



P_1 : 一次入力

P_2 : 二次入力

P_i : 入力鉄損

P_{c2} : 二次銅損

P_{c1} : 一次銅損

P_m : 機械的出力

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

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

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

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

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

T : 電動機のトルク [N·m]

N : 回転子の速度 [min^{-1}]

N_s : 回転磁界の速度 (同期速度) [min^{-1}]

s : すべり

ω : 回転子の角周波数 [rad/s]

ω_s : 同期角周波数 [rad/s]

f : 電源周波数 [Hz]

p : 極数

R02 問15

問 15 定格出力 45 kW, 定格周波数 60 Hz, 極数 4, 定格運転時の滑りが 0.02 である三相誘導電動機について, 次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) この誘導電動機の定格運転時の二次入力(同期ワット)の値[kW]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 43 (2) 44 (3) 45 (4) 46 (5) 47

(b) この誘導電動機を, 電源周波数 50 Hz において, 60 Hz 運転時の定格出力トルクと同じ出力トルクで連続して運転する。この 50 Hz での運転において, 滑りが 50 Hz を基準として 0.05 であるときの誘導電動機の出力の値[kW]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 36 (2) 38 (3) 45 (4) 54 (5) 56

$$P_2 : P_{2c} : P_m = 1 : s : 1 - s$$

$$P_2 = \frac{P_m}{1 - s} = \frac{45}{1 - 0.02} = \frac{45}{0.98} = 45.9 \text{ kW}$$

$$T = \frac{P_m}{\omega} = \frac{P_m}{2\pi \frac{(1-s)N_s}{60}} = \frac{P_m}{2\pi(1-s) \frac{120f}{p} \frac{1}{60}} = \frac{p}{4\pi f(1-s)} P_m$$

$$\frac{p}{4\pi \times 60 \times (1-s)} P_m = \frac{p}{4\pi \times 50 \times (1-s')} P'_m$$

$$\frac{1}{60 \times (1-s)} P_m = \frac{1}{50 \times (1-s')} P'_m \rightarrow P'_m = \frac{50 \times (1-s')}{60 \times (1-s)} P_m$$

$$P'_m = \frac{50 \times (1 - 0.05)}{60 \times (1 - 0.02)} \times 45 = 36.4 \text{ kW}$$

ご聴講ありがとうございました
ございました!!