電験二種　オンライン講座

機械制御　誘導機

2025.9.28 Sun

R01 問1

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 1 440 $\mathrm{min^{-1}}$ 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 $\dfrac{r_1}{r_2'}=\dfrac{2}{5}$ 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[$\mathrm{min^{-1}}$]

(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[N·m]

(5)　全負荷時の効率[%]

R01　問1

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 1 440 $\mathrm{min^{-1}}$ 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 $\dfrac{r_1}{r_2'}=\dfrac{2}{5}$ 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[$\mathrm{min^{-1}}$]

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

(2) 全負荷時の滑り

$$s=\frac{N_s-N}{N_s}=\frac{1500-1440}{1500}=0.04\ \rightarrow 4\%$$

(3) 全負荷時の滑り周波数[Hz]

$$f'=sf=0.04\times 50=2\ \mathrm{Hz}$$

(4) 全負荷時のトルク[N·m]

$$T=\frac{P_m}{\omega}=\frac{P_m}{2\pi\frac{N}{60}}=\frac{5000}{2\pi\frac{1440}{60}}=33.174\sim 33.2\ \mathrm{N\cdot m}$$

(5) 全負荷時の効率[%]

$$P_{c2}:P_m=s:1-s\ \rightarrow P_{c2}=\frac{s}{1-s}P_m=\frac{0.04}{1-0.04}\times 5000$$

$$P_{c2}=208.33\ \mathrm{W}$$

$$\frac{r_1}{r_2'}=\frac{r_1I^2}{r_2'I^2}=\frac{P_{c1}}{P_{c2}}=\frac{2}{5}\ \rightarrow P_{c1}=\frac{2}{5}P_{c2}=\frac{2}{5}\times 208.33=83.332\ \mathrm{W}$$

$$\eta=\frac{P_m}{P_m+P_{c1}+P_{c2}+P_i}=\frac{5000}{5000+83.332+208.33+180}=0.91380\sim 91.4\ \%$$

R04 問2

問 2　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がある。この電動機の三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の定数を，励磁アドミタンス $\dot{y}_0 = 0.05 - \mathrm{j}0.1\,\mathrm{S}$，一次巻線抵抗 $r_1 = 0.1\,\Omega$，一次漏れリアクタンス $x_1 = 0.3\,\Omega$，二次抵抗の一次換算値 $r_2' = 0.15\,\Omega$，二次漏れリアクタンスの一次換算値 $x_2' = 0.5\,\Omega$ とする。この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て，運転している。そのときの回転速度が 1 455 min^{-1} である。この電動機について次の値を求めよ。

(1)　電動機の滑り s[%]

(2)　励磁電流 $\dot{I}_0$ [A]

(3)　二次電流の一次換算値 $\dot{I}_2'$ [A]

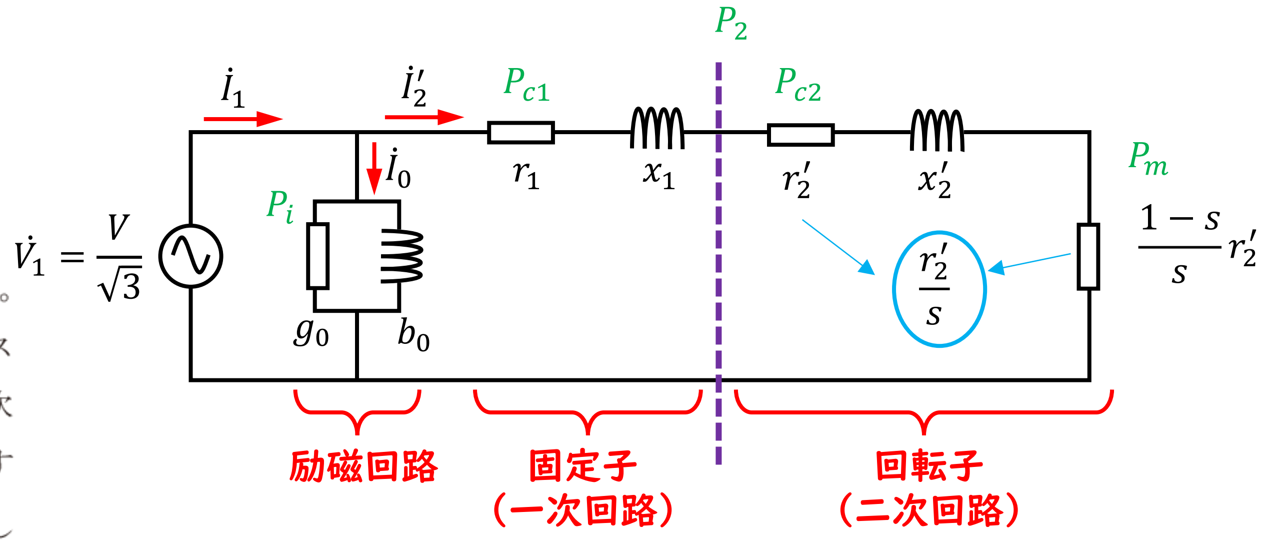
(4)　銅損[W]

(5)　電動機の入力電流 I_1 [A]

(6)　電動機の入力力率[%]

R04 問2

問２　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がある。この電動機の三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の定数を，励磁アドミタンス $\dot{y}_0 = 0.05 - \mathrm{j}0.1\,\mathrm{S}$，一次巻線抵抗 $r_1 = 0.1\,\Omega$，一次漏れリアクタンス $x_1 = 0.3\,\Omega$，二次抵抗の一次換算値 $r_2' = 0.15\,\Omega$，二次漏れリアクタンスの一次換算値 $x_2' = 0.5\,\Omega$ とする。この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て，運転している。そのときの回転速度が 1 455 min^{-1} である。この電動機について次の値を求めよ。



(1) 電動機の滑り s[%]

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

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1500 - 1455}{1500} = 0.03 \ \to 3\%$$

(2) 励磁電流 $\dot{I}_0$ [A]

$$\dot{I}_0 = \dot{y}_0 V_1 = (0.05 - j0.1) \cdot \frac{V}{\sqrt{3}} = (0.05 - j0.1) \cdot \frac{200}{\sqrt{3}}$$
$$= 5.7735 - j11.547 \sim 5.77 - j11.5\ \mathrm{A}$$

(3) 二次電流の一次換算値 $\dot{I}_2'$ [A]

$$\dot{I}_2' = \frac{1}{r_1 + \frac{r_2'}{s} + j(x_1 + x_2')} \cdot \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{1}{0.1 + \frac{0.15}{0.03} + j(0.3 + 0.5)} \cdot \frac{200}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{1}{5.1 + j0.8} \cdot \frac{200}{\sqrt{3}} = \frac{5.1 - j0.8}{5.1^2 + 0.8^2} \cdot \frac{200}{\sqrt{3}} = 22.097 - j3.4663$$
$$\sim 22.1 - j3.47\ \mathrm{A}$$

(4) 銅損[W]

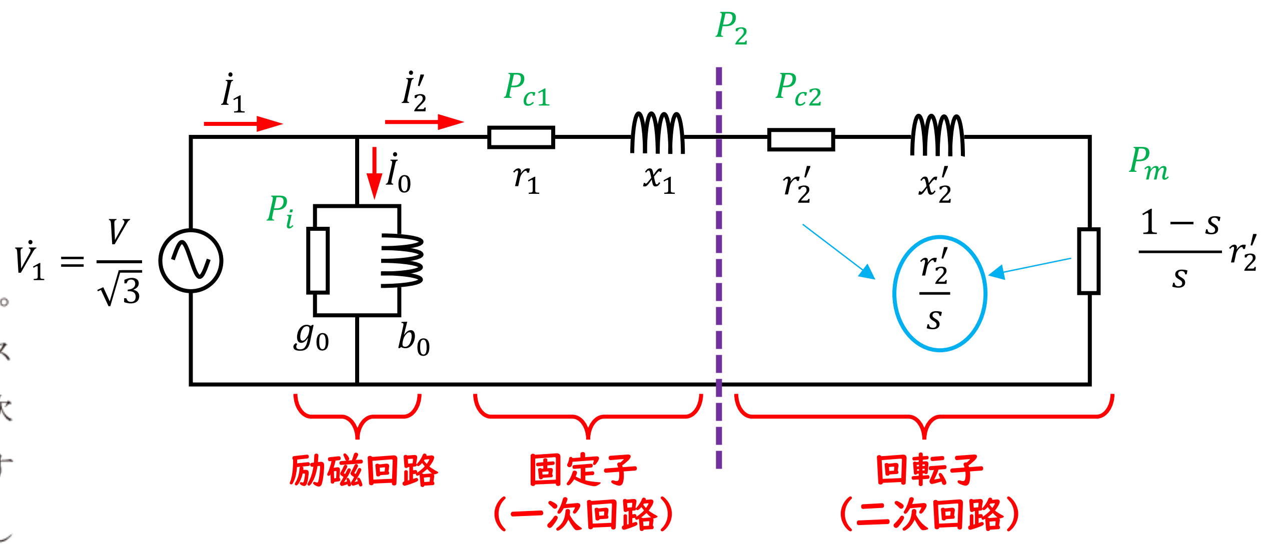
$$P_C = 3(r_1 + r_2')I_2^2 = 3(0.1 + 0.15)(22.1^2 + 3.47^2)$$
$$= 375.34 \sim 375\ \mathrm{W}$$

R04　問2

問 2　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がある。この電動機の三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の定数を，励磁アドミタンス $\dot{y}_0 = 0.05 - \mathrm{j}0.1\,\mathrm{S}$，一次巻線抵抗 $r_1 = 0.1\,\Omega$，一次漏れリアクタンス $x_1 = 0.3\,\Omega$，二次抵抗の一次換算値 $r_2' = 0.15\,\Omega$，二次漏れリアクタンスの一次換算値 $x_2' = 0.5\,\Omega$ とする。この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て，運転している。そのときの回転速度が 1 455 min^{-1} である。この電動機について次の値を求めよ。

(5)　電動機の入力電流 I_1 [A]

(6)　電動機の入力力率[%]

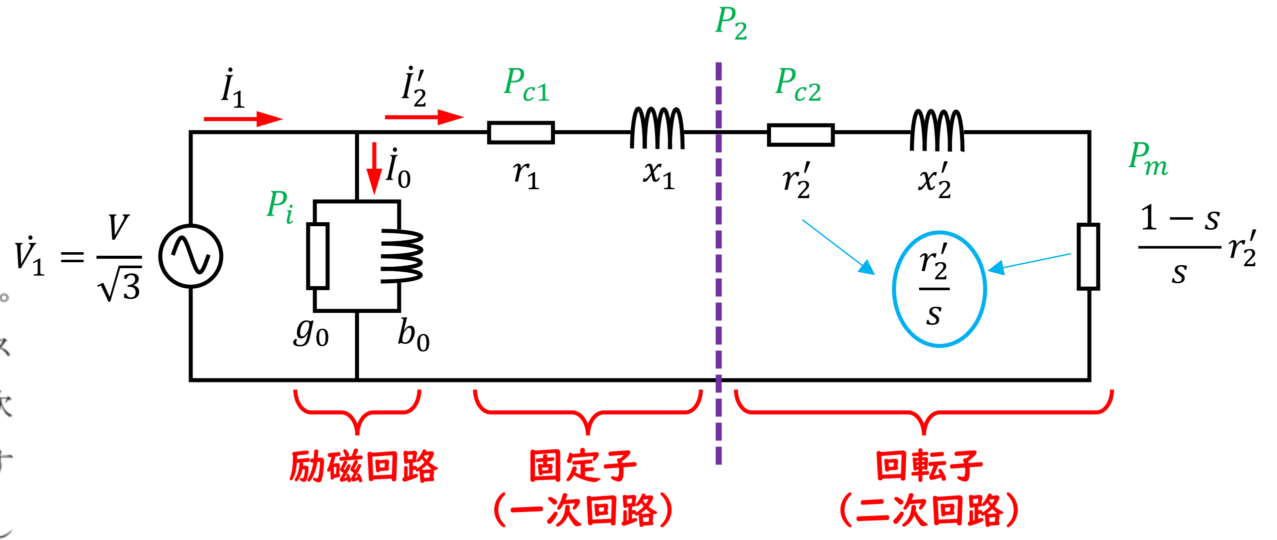


$N_s = 1500\ \mathrm{min}^{-1}$　　$s = 0.03$　　$\dot{I}_2' = 22.097 - j3.4663\ \mathrm{A}$

$P_C = 375.34\ \mathrm{W}$　　$\dot{I}_0 = 5.7735 - j11.547\ \mathrm{A}$

R04 問2

問 2　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がある。この電動機の三相星形結線 1 相分の L 形等価回路の定数を，励磁アドミタンス $\dot{y}_0 = 0.05 - \mathrm{j}0.1\,\mathrm{S}$，一次巻線抵抗 $r_1 = 0.1\,\Omega$，一次漏れリアクタンス $x_1 = 0.3\,\Omega$，二次抵抗の一次換算値 $r_2' = 0.15\,\Omega$，二次漏れリアクタンスの一次換算値 $x_2' = 0.5\,\Omega$ とする。この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て，運転している。そのときの回転速度が 1 455 min^{-1} である。この電動機について次の値を求めよ。



$N_s = 1500\ \mathrm{min}^{-1}$　　$s = 0.03$　　$\dot{I}_2' = 22.097 - j3.4663\ \mathrm{A}$

$P_C = 375.34\ \mathrm{W}$　　$\dot{I}_0 = 5.7735 - j11.547\ \mathrm{A}$

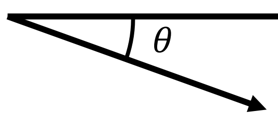
(5)　電動機の入力電流 I_1 [A]

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2' = 5.7735 - j11.547 + 22.097 - j3.4663$$
$$= 27.871 - j15.013\ \mathrm{A}$$

$$I_1 = \sqrt{27.871^2 + 15.013^2} = 31.657 \sim 31.7\ \mathrm{A}$$

(6)　電動機の入力力率[%]

入力電圧$\dot{V}_1$と入力電流$\dot{I}_1$の力率角θから$\cos\theta$を求めればよい



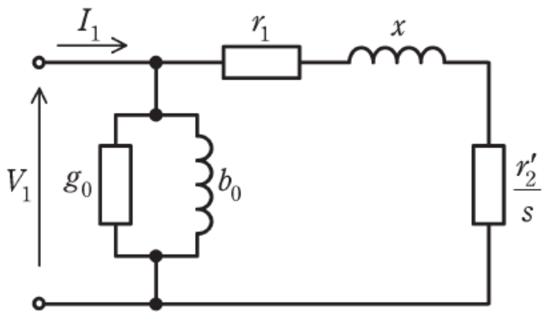
$$\dot{V}_1 = \frac{200}{\sqrt{3}}\ \mathrm{V}$$

$$\dot{I}_1 = 27.871 - j15.013\ \mathrm{A}$$

$$\cos\theta = \frac{Re\{\dot{I}_1\}}{I_1} = \frac{Re\{27.871 - j15.013\}}{\sqrt{27.871^2 + 15.013^2}} = \frac{27.871}{31.657} = 0.8804 \to 88.0\%$$

R03 問1

問１　滑り s で運転している三相誘導電動機の星形結線一相当たりのＬ形等価回路を下図に示す。回路定数はそれぞれ以下のとおりである。ただし，等価回路の端子電圧（相電圧）を V_1，入力電流を I_1，電源周波数を f，極対数を p とし，等価回路の励磁コンダクタンス g_0 及び励磁サセプタンス b_0 は無視できるものとする。



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

r_2' ：一次換算二次抵抗

x ：漏れリアクタンス

次の問については，図に記載されている記号を用いて答えよ。

（1）入力電流 I_1 の式を求めよ。

（2）機械的出力 P_o の式を求めよ。

（3）同期角速度 ω_s を電源周波数 f 及び極対数 p を用いて表せ。

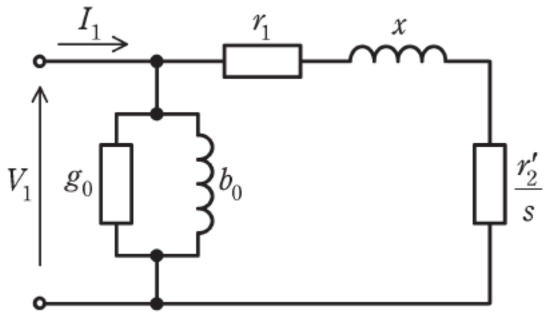
（4）この誘導電動機の発生トルク T の式を求めよ。

（5）最大トルクが得られる滑り s_m の式を求めよ。

（6）最大トルク T_m の式を求めよ。

R03 問1

問１　滑り s で運転している三相誘導電動機の星形結線一相当たりのL形等価回路を下図に示す。回路定数はそれぞれ以下のとおりである。ただし，等価回路の端子電圧（相電圧）を V_1，入力電流を I_1，電源周波数を f，極対数を p とし，等価回路の励磁コンダクタンス g_0 及び励磁サセプタンス b_0 は無視できるものとする。



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

r_2' ：一次換算二次抵抗

x ：漏れリアクタンス

次の問については，図に記載されている記号を用いて答えよ。

(1)　入力電流 I_1 の式を求めよ。

励磁コンダクタンスと励磁サセプタンスは無視できるので、

$$\dot{I}_1 = \frac{1}{r_1 + \frac{r_2'}{s} + jx} V_1 \rightarrow I_1 = \frac{1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + x^2}} V_1$$

(2)　機械的出力 P_0 の式を求めよ。

$$P_0 = 3\frac{1-s}{s} r_2' I_1^2 = 3\frac{1-s}{s} r_2' \left\{ \frac{1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + x^2}} V_1 \right\}^2$$

$$P_0 = 3\frac{1-s}{s} r_2' \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + x^2}$$

(3)　同期角速度 ω_s を電源周波数 f 及び極対数 p を用いて表せ。

$$N_s = \frac{120f}{p'} = \frac{120f}{2p} \qquad \omega_s = 2\pi\frac{N_s}{60} = 2\pi\frac{1}{60}\frac{120f}{2p} = \frac{2\pi f}{p}$$

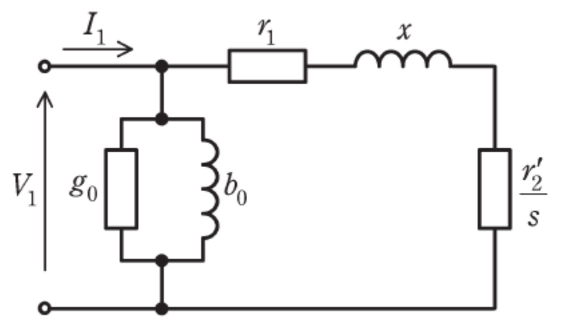
(4)　この誘導電動機の発生トルク T の式を求めよ。

$$P_2 = 3\frac{r_2'}{s} I_1^2 = 3\frac{r_2'}{s} \left\{ \frac{1}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + x^2}} V_1 \right\}^2 = 3\frac{r_2'}{s} \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + x^2}$$

$$T = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{1}{\frac{2\pi f}{p}} \cdot 3\frac{r_2'}{s} \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + x^2} = \frac{3p}{2\pi f} \cdot \frac{r_2'}{s} \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + x^2}$$

R03 問1

問1　滑り s で運転している三相誘導電動機の星形結線一相当たりのL形等価回路を下図に示す。回路定数はそれぞれ以下のとおりである。ただし，等価回路の端子電圧(相電圧)を V_1，入力電流を I_1，電源周波数を f，極対数を p とし，等価回路の励磁コンダクタンス g_0 及び励磁サセプタンス b_0 は無視できるものとする。



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

r_2' ：一次換算二次抵抗

x ：漏れリアクタンス

次の問については，図に記載されている記号を用いて答えよ。

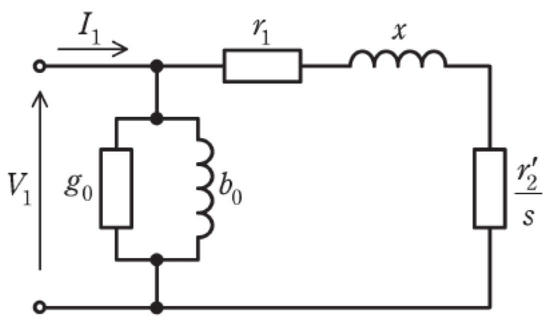
(5) 最大トルクが得られる滑り s_m の式を求めよ。

(6) 最大トルク T_m の式を求めよ。

$$T = \frac{3p}{2\pi f} \cdot \frac{r_2'}{s} \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + x^2}$$

R03 問1

問１　滑り s で運転している三相誘導電動機の星形結線一相当たりのL形等価回路を下図に示す。回路定数はそれぞれ以下のとおりである。ただし，等価回路の端子電圧(相電圧)を V_1，入力電流を I_1，電源周波数を f，極対数を p とし，等価回路の励磁コンダクタンス g_0 及び励磁サセプタンス b_0 は無視できるものとする。



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

r_2' ：一次換算二次抵抗

x ：漏れリアクタンス

次の問については，図に記載されている記号を用いて答えよ。

(5)　最大トルクが得られる滑り s_{m} の式を求めよ。

$$T = \frac{3p}{2\pi f}\cdot\frac{r_2'}{s}\frac{V_1^2}{\left(r_1+\frac{r_2'}{s}\right)^2+x^2} = \frac{3p}{2\pi f}\cdot\frac{r_2'V_1^2}{s}\frac{1}{r_1^2+2\frac{r_1r_2'}{s}+\frac{r_2'^2}{s^2}+x^2}$$

$$= \frac{3pr_2'V_1^2}{2\pi f}\frac{1}{(r_1^2+x^2)s+2r_1r_2'+\frac{r_2'^2}{s}}$$

分母が最小になるsが分かればいい
→分母の微分が0になるsを求める

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}s}\left\{(r_1^2+x^2)s+2r_1r_2'+\frac{r_2'^2}{s}\right\} = (r_1^2+x^2)-\frac{r_2'^2}{s^2} = 0$$

$$\rightarrow \frac{r_2'^2}{s^2} = r_1^2+x^2 \ \rightarrow s_m = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2+x^2}}$$

(6)　最大トルク T_{m} の式を求めよ。

$$T_m = \frac{3pr_2'V_1^2}{2\pi f}\frac{1}{(r_1^2+x^2)\frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2+x^2}}+2r_1r_2'+\frac{r_2'^2}{\frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2+x^2}}}}$$

$$= \frac{3pr_2'V_1^2}{2\pi f}\frac{1}{r_2'\sqrt{r_1^2+x^2}+2r_1r_2'+r_2'\sqrt{r_1^2+x^2}}$$

$$= \frac{3pV_1^2}{4\pi f}\frac{1}{r_1+\sqrt{r_1^2+x^2}}$$

ご聴講ありがとうございました!!