

教科書の問題アSEMBル

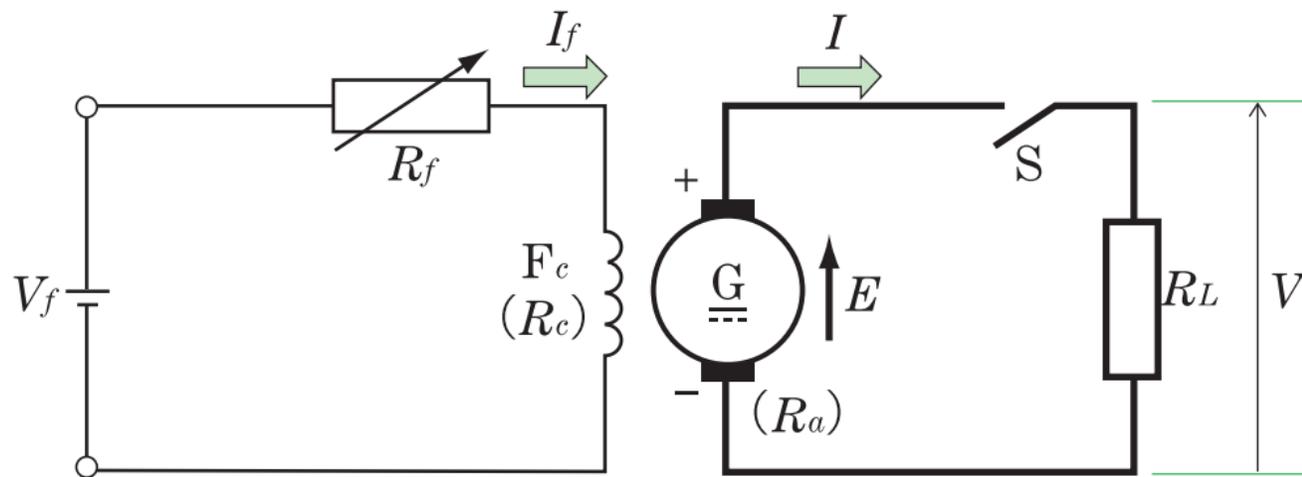
教科書 P33 問2

- 他励発電機に負荷をかけたところ、端子電圧 V は 200 V で負荷電流 I は 60 A であった。この発電機の誘導起電力 E [V] を求めよ。ただし、電機子巻線抵抗 R_a を $0.05\ \Omega$ 、電機子反作用による電圧降下 v_a を 2 V 、ブラシ接触電圧降下 v_b を 1 V とする。

電圧降下 $R_a I$ [V], 電機子反作用による電圧降下 v_a [V], ブラシの接触による電圧降下 v_b [V] があるためである。

端子電圧 V [V] と起電力 E [V] の関係は, 次式で表される。

$$V = E - (R_a I + v_a + v_b) \quad (5)$$



- R_a : 電機子抵抗
- R_c : 界磁巻線の抵抗
- E : 起電力 I : 負荷電流

他励發電機

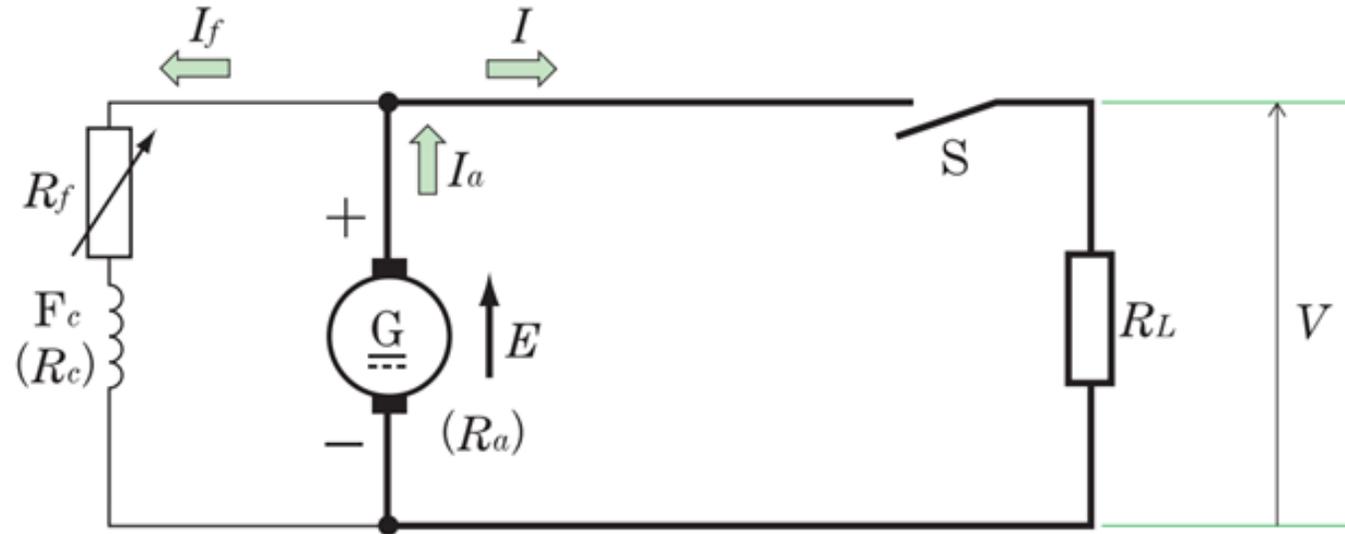
$$V = E - (R_a I + v_a + v_b)$$

$$\begin{aligned} E &= V + (R_a I + v_a + v_b) \\ &= 200 + (0.05 \times 60 + 2 + 1) \\ &= 206 \text{ (V)} \end{aligned}$$

例題 2 教科書 P35

分巻発電機に 8Ω の負荷抵抗 $R_L[\Omega]$ を接続し、定格回転速度で回転させている。端子電圧 V を 100 V にするために、界磁電流 I_f を 2.5 A にした。このときの負荷電流 $I[\text{A}]$ と誘導起電力 $E[\text{V}]$ を求めよ。ただし、電機子巻線抵抗 R_a を 0.4Ω 、電機子反作用による電圧降下 v_a を 2 V 、ブラシ接触電圧降下 v_b を 1 V とし、また、 I_f の減少による電圧降下 v_f は無視する。

分巻発電機



(b) 回路図

$$V = E - (R_a I_a + v_a + v_b + v_f) \quad \text{②}$$

ただし、 $I_a = I + I_f$ 、 $I_f = \frac{V}{R_f'}$ である。 $R_f' = R_f + R_c$

解答 負荷電流 I [A] は,

$$I = \frac{V}{R_L} = \frac{100}{8} = \mathbf{12.5 \text{ A}}$$

電機子電流 I_a [A] は,

$$I_a = I + I_f = 12.5 + 2.5 = 15 \text{ A}$$

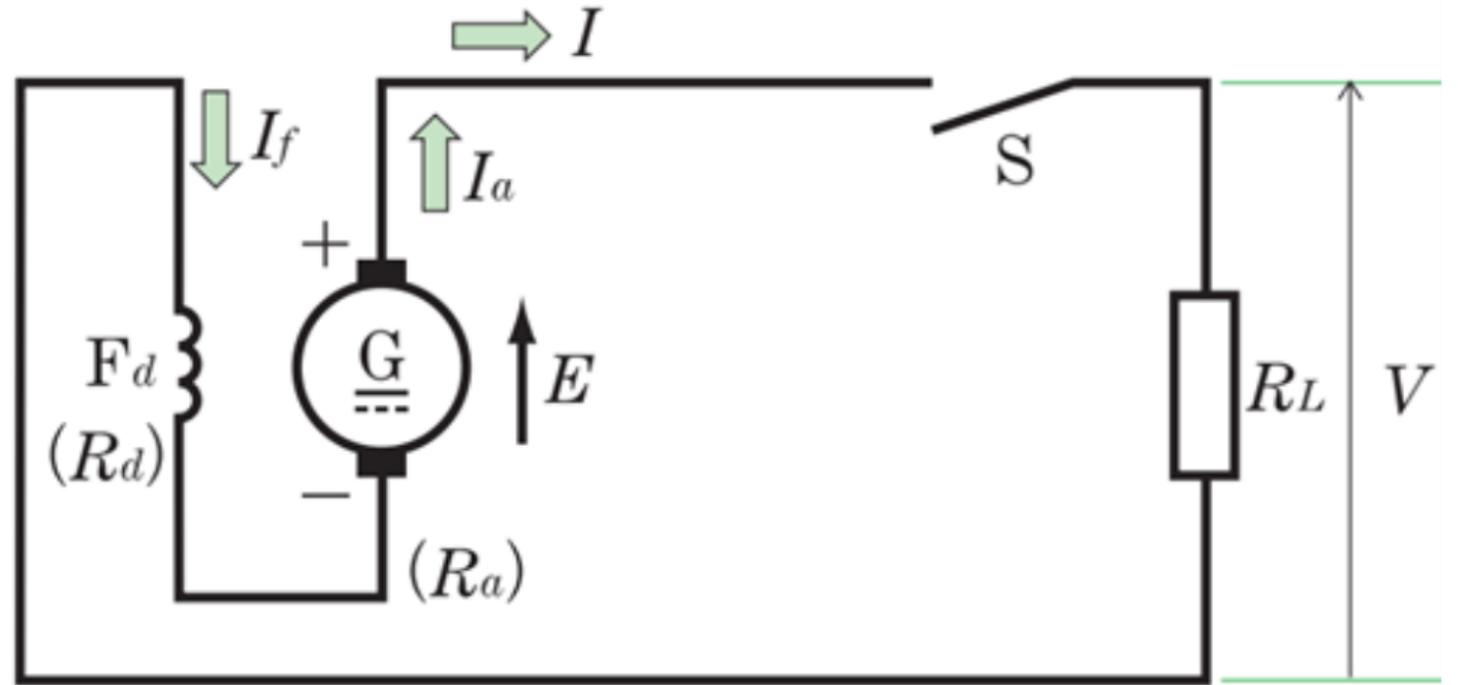
誘導起電力 E [V] は, 式(6)より次のようになる。

$$\begin{aligned} E &= V + I_a R_a + v_a + v_b \\ &= 100 + 15 \times 0.4 + 2 + 1 = \mathbf{109 \text{ V}} \end{aligned}$$

問題 3 教科書 P35

直巻発電機に負荷抵抗 R_L [Ω] を接続し，定格回転速度 n_n [/min] で回転するとき，誘導起電力 E が 202 V，電機子電流 I_a が 20 A であった。このときの負荷抵抗 R_L [Ω] と発電機の実出力 P [kW] を求めよ。ただし，電機子巻線抵抗 R_a [Ω] および直巻界磁巻線抵抗 R_d [Ω] は，いずれも 0.05 Ω とし，電機子反作用による電圧降下およびブラシ接触電圧降下は無視する。

直巻発電機



(b) 回路図

端子電圧 V (V) と誘導起電力 E (V) の関係は
(電機子反作用による電圧降下 v_a)
(ブラシ接触電圧降下 v_b)

$$V = E - \{(R_a + R_d)I + v_a + v_b\}$$

端子電圧 V を求める。

$$V = E - \{ (R_a + R_d) \times I_a \}$$

$$V = 202 - (0.05 \times 2) \times 20 = 200 [\text{V}]$$

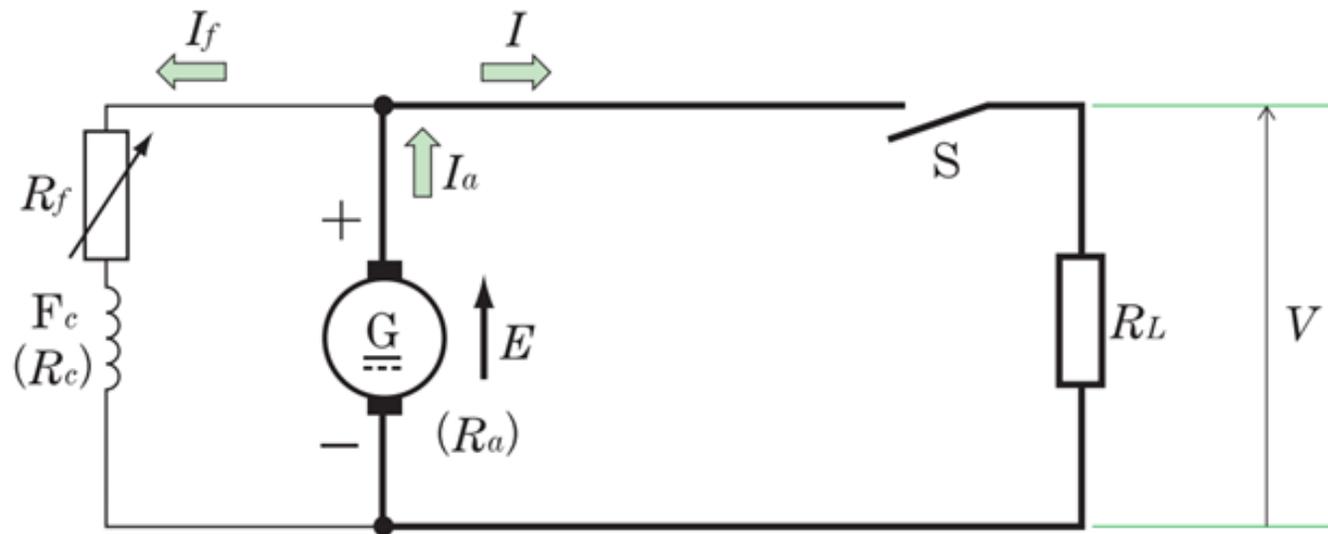
$$P = V \times I = 200 \times 20 = 4000 [\text{W}] = 4 [\text{kW}]$$

$$R = V / I = 200 / 20 = 10 [\Omega]$$

問題 5 教科書 P36

分巻発電機において，誘導起電力 E が 110 V，電機子巻線抵抗 R_a が 0.1Ω ，ブラシ接触電圧降下 v_b が 2 V，負荷電流 I が 50 A であるとき，発電機の端子電圧 V [V] と出力電力 P [kW] を求めよ。ただし，電機子反作用の影響と界磁電流 I_f [A] は無視する。

分巻発電機



(b) 回路図

- 端子電圧 V (V) と誘導起電力 E (V) の関係は
(電機子反作用による電圧降下 v_a)
(ブラシ接触電圧降下 v_b) (v_f は, I_f の減少による電圧降下)

$$V = E - (R_a I_a + v_a + v_b + v_f)$$

ただし, $I_a = I + I_f$, $I_f = \frac{V}{R_f'}$ である。 $R_f' = R_f + R_c$

端子電圧を求める。

$$V = E - (R_{axla} + V_b)$$

$$V = 110 - (0.1 \times 50 + 2) = 103 [V]$$

$$P = V \times I = 103 \times 50 = 5150 [W] = 5.15 [kW]$$

問題 6 教科書 P36

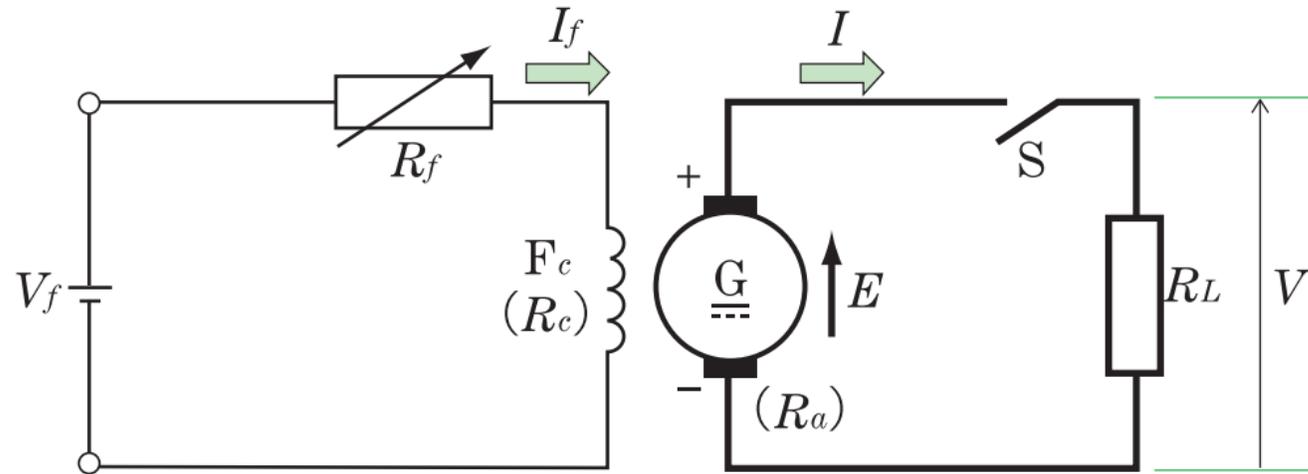
定格出力 P_n が 2 kW, 定格電圧 V_n が 100 V, 定格回転速度 n_n が 1500 [1/min] の他励発電機を定格状態で運転しているとき, 負荷抵抗および励磁電流を変化させないで回転速度 n を 1350 [1/min] にした。このときの発電機の端子電圧 V [V] を求めよ。ただし, 電機子巻線抵抗 R_a は 0.15Ω で, 電機子反作用の影響およびブラシ接触電圧降下は無視する。

他励発電機

電圧降下 $R_a I$ [V], 電機子反作用による電圧降下 v_a [V], ブラシの接触による電圧降下^③ v_b [V] があるためである。

端子電圧 V [V] と起電力 E [V] の関係は, 次式で表される。

$$V = E - (R_a I + v_a + v_b) \quad (5)$$



- R_a : 電機子抵抗
 R_c : 界磁巻線の抵抗
 E : 起電力 I : 負荷電流

負荷電流Iを求める。

$$P = V \times I \text{ より } I = P / V = 2000 / 100 = 20 [\text{A}]$$

$$R_L = V / I = 100 / 20 = 5 [\Omega]$$

起電力Eを求める。

$$E = V + R_a \times I = 100 + 0.15 \times 20 = 103 [\text{V}]$$

起電力は回転数の比例するので回転数の比

$$1350 / 1500 = 0.9 \quad E = 103 \times 0.9 = 92.7 [\text{V}]$$

負荷電流I =

$$E / (R_a + R_L) = 92.7 / (0.15 + 5) = 18 [\text{A}]$$

$$\text{端子電圧 } V = E - (R_a \times I) = 92.7 - (0.15 \times 18) = 90 [\text{V}]$$

節末問題 5 教科書 P36

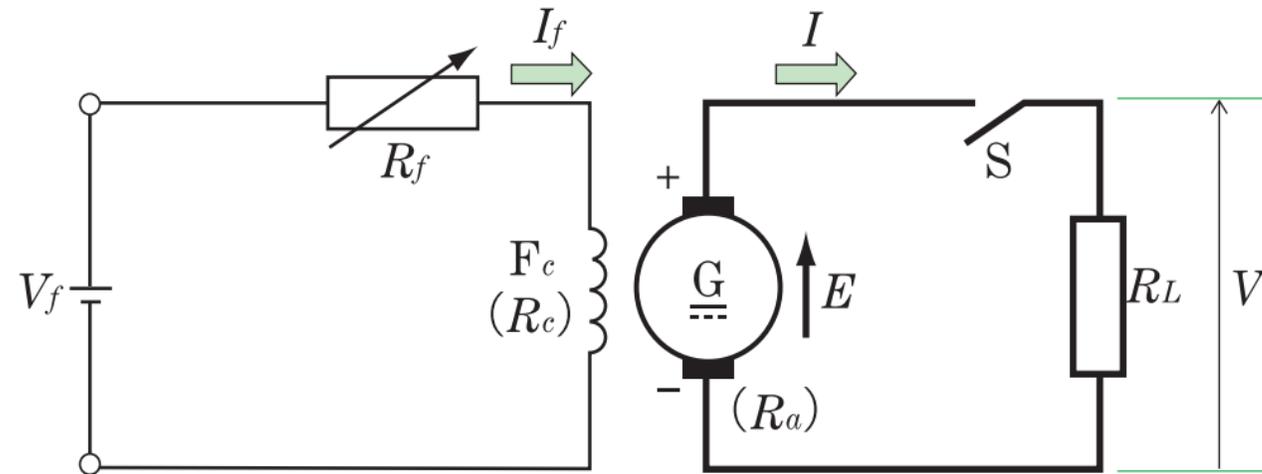
端子電圧 V が 200 V, 負荷電流 I が 100 A, 回転速度 n が 1200 [1/min] で運転している他励発電機がある。回転速度 n だけを 1000 [1/min] に下げたときの, 端子電圧 V [V] および負荷電流 I [A] を求めよ。ただし, 電機子回路の抵抗 R_a は 0.15Ω とし, 電機子反作用の影響およびブラシ接触電圧降下は無視する。

他励発電機

電圧降下 $R_a I$ [V], 電機子反作用による電圧降下 v_a [V], ブラシの接触による電圧降下^③ v_b [V] があるためである。

端子電圧 V [V] と起電力 E [V] の関係は, 次式で表される。

$$V = E - (R_a I + v_a + v_b) \quad (5)$$



- R_a : 電機子抵抗
 R_c : 界磁巻線の抵抗
 E : 起電力 I : 負荷電流

負荷抵抗 R_L を求める。

$$R_L = V/I = 200/100 = 2[\Omega]$$

起電力 E を求める。

$$E = V + R_a I = 200 + 0.15 \times 100 = 215[V]$$

起電力は回転数の比例するので回転数の比

$$1000/1200 = 0.833 \quad E = 215 \times 0.833 = 179.095[V]$$

負荷電流 $I =$

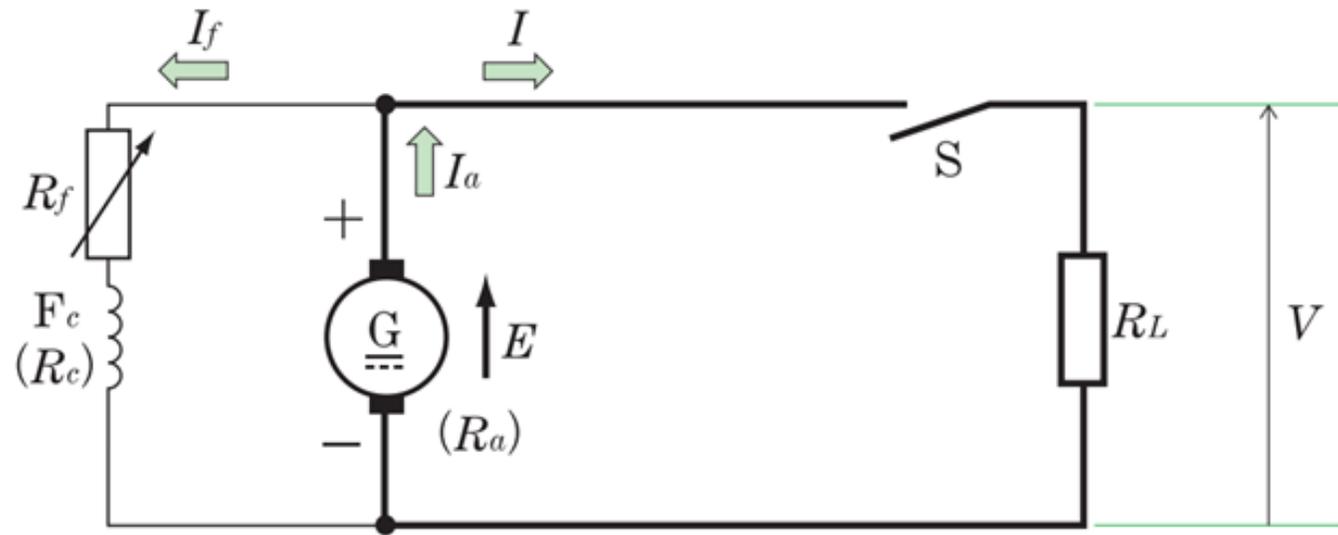
$$E / (R_a + R_L) = 179.095 / (0.15 + 2) = 83.3[A]$$

$$\text{端子電圧 } V = E - (R_a I) = 179.095 - (0.15 \times 83.3) = 166.6[V]$$

節末問題 6 教科書 P36

20 kW の負荷を接続した分巻発電機がある。端子電圧 V が 220 V, 界磁電流 I_f が 5 A のときの誘導起電力 E [V] を求めよ。ただし, 電機子回路の抵抗 R_a は 0.2Ω とし, 電機子反作用の影響およびブラシ接触電圧降下は無視する。

分巻発電機



(b) 回路図

- 端子電圧 V (V) と誘導起電力 E (V) の関係は
(電機子反作用による電圧降下 v_a)
(ブラシ接触電圧降下 v_b) (v_f は, I_f の減少による電圧降下)

$$V = E - (R_a I_a + v_a + v_b + v_f)^2$$

ただし, $I_a = I + I_f$, $I_f = \frac{V}{R_f'}$ である。 $R_f' = R_f + R_c$

負荷電流Iを求める。

$$P = V \times I \text{ より } I = P / V = 20000 / 220 = 90.91 \text{ [A]}$$

$$R_L = V / I = 220 / 90.91 = 2.42 \text{ [\Omega]}$$

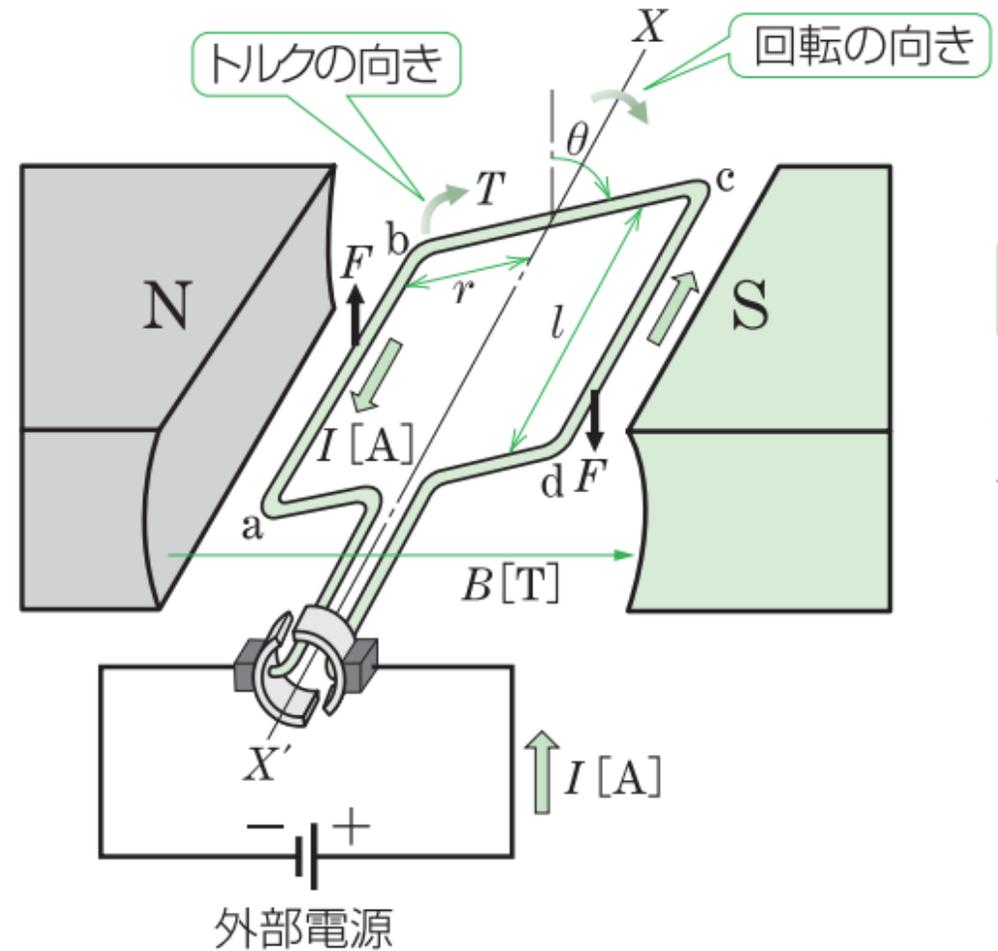
$$\text{電機子電流 } I_a = I + I_f = 90.91 + 5 = 95.91 \text{ [A]}$$

起電力E =

$$V + (R_a \times I_a) = 220 + (0.2 \times 95.91) = 239.182 \text{ [V]}$$

問1 教科書 P38

図 1 (a)において、磁束密度 B が 0.1 T 、コイル辺 ab 部分の長さ l が 0.4 m 、コイルの回転半径 r が 0.2 m 、コイルを流れる電流 I が 10 A 、コイルの位置を示す角度 θ が $(\pi/2) \text{ rad}$ のとき、コイルに働くトルク $T \text{ [N}\cdot\text{m]}$ を求めよ。



トルク T [N·m] は，次式で表される。

$$T = 2Fr \sin \theta = 2BIlr \sin \theta$$

$$\begin{aligned} T &= 2 \times 0.1 \times 10 \times 0.4 \times 0.2 \times \sin(\pi / 2) \\ &= 0.16 \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

問2 教科書 P39

極数 p が 4, 磁束 Φ が 0.025 Wb, 並列回路数 a が 4, 電機子電流 I_a が 50 A, 電機子の半径 r が 15 cm, 電機子の全導体数 Z が 160 本, 回転速度 n が 1500 [1/min] の直流電動機のトルク T [N·m] および出力 P_o [kW] を求めよ

トルク T [N·m] を求める式は

$$T = \frac{p\Phi}{2\pi} \times \frac{I_a}{a} \times Z = \frac{pZ}{2\pi a} \times \Phi I_a$$

$$T = \frac{p\Phi}{2\pi} \times \frac{I_a}{a} \times Z = \frac{4 \cdot 0.025}{2\pi} \times \frac{50}{4} \times 160 = 31.84 [Nm]$$

出力 P_0 [kW]は

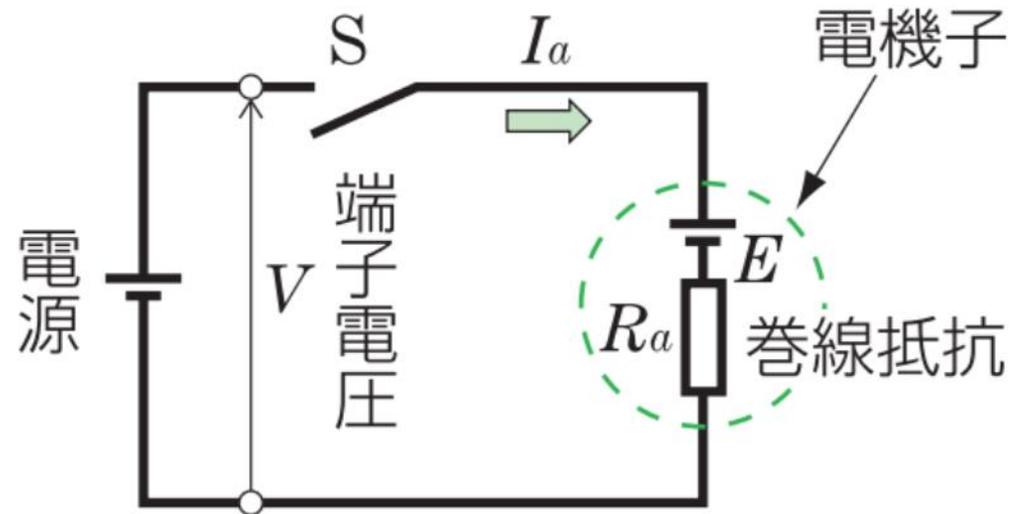
$$P_0 = 2\pi \frac{n}{60} T$$

$$P_0 = \omega T = 2\pi \left(\frac{n}{60}\right) T = 2\pi \left(\frac{1500}{60}\right) 31.84 = 5[\text{kW}]$$

$$\omega = 2\pi f \quad f = \frac{n}{60}$$

例題1 教科書P41

図5のように、端子電圧 V が 210 V、電機子電流 I_a が 110 A、回転速度 n が 1200 [1/min] で運転している直流電動機がある。この電動機の発生トルク T [N・m] を求めよ。ただし、電機子巻線抵抗 R_a は 0.2Ω であり、ブラシ接触電圧降下、電機子反作用は無視する。



$$P_o = 2\pi \frac{n}{60} T \quad (7)$$

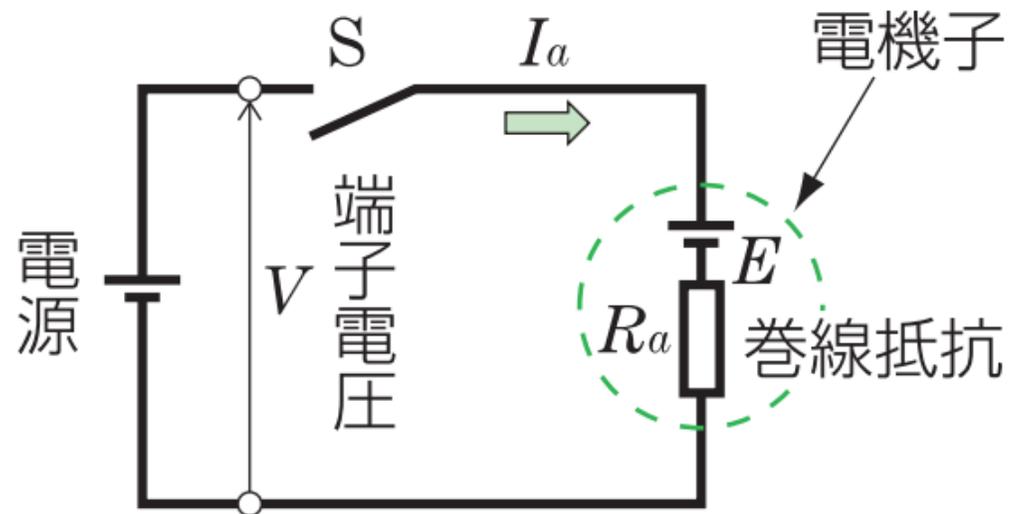
$$P_o = EI_a = VI_a - R_a I_a^2 \quad (10)$$

解答 発生トルク T [N·m] は，式(7)と式(10)より次式で表される。

$$\begin{aligned} T &= \frac{P_o}{2\pi n} \times 60 = \frac{VI_a - R_a I_a^2}{2\pi n} \times 60 \\ &= \frac{210 \times 110 - 0.2 \times 110^2}{2\pi \times 1200} \times 60 = 165 \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

問3 教科書P41

図のように直流電動機において、端子電圧 V が 210 V 、電機子電流 I_a が 50 A 、電機子巻線抵抗 R_a が $0.2\ \Omega$ 、回転速度 n が $1500\text{ [}/\text{min]}$ のとき、発生トルク $T\text{ [N}\cdot\text{m]}$ を求めよ。

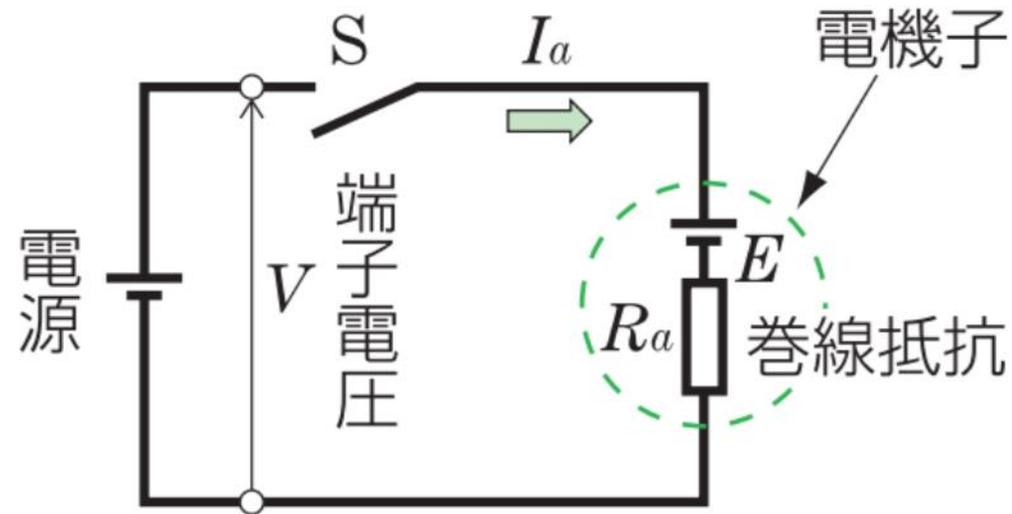


$$T = \frac{P_o}{2\pi\left(\frac{n}{60}\right)} = \frac{VI_a - R_a I_a^2}{2\pi\left(\frac{n}{60}\right)} = \frac{210 \cdot 50 - 0.2 \cdot 50^2}{2\pi\left(\frac{1500}{60}\right)}$$

$$T = \frac{10000}{50\pi} = 63.69 [Nm]$$

問4 教科書P 4 1

直流電動機の電機子に 100 V の電圧が加えられ、 20 A の電機子電流が流れているとき、電機子巻線の抵抗 R_a $[\Omega]$ を求めよ。ただし、電機子に発生している逆起電力 E は 94 V とする。



$$V - E = I_a R_a$$

$$100 - 94 = 20R_a$$

$$R_a = \frac{6}{20} = 0.3[\Omega]$$

問5 教科書P 42

分巻電動機で、端子電圧 V が 100 V 、電機子電流 I_a が 40 A 、電機子巻線抵抗 R_a が $0.2\ \Omega$ 、回転速度 n が $1500\text{ [}/\text{min]}$ のとき、これを無負荷にした場合の回転速度 $n\text{ [}/\text{min]}$ を求めよ。

$$n = \frac{V - R_a I_a}{K_1 \phi}$$

$K_1 \phi$ の値を求める。

$$K_1 \phi = \frac{V - R_a I_a}{n} = \frac{100 - 0.2 \cdot 40}{1500} = \frac{92}{1500}$$

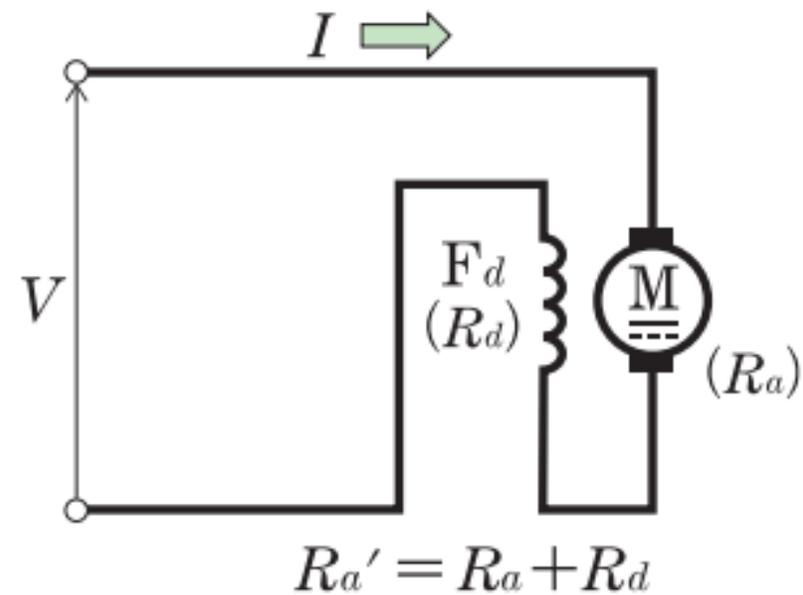
無負荷の時は I_a がゼロなので

$$n = \frac{V - R_a I_a}{K_1 \phi} = \frac{100 - 0.2 \cdot 0}{\frac{92}{1500}} = \frac{100}{\frac{92}{1500}} = \frac{100 \cdot 1500}{92} = 1630.43 [/min]$$

例題2 教科書P 4 3

直巻電動機の端子電圧 V が 400 V, 負荷電流 I が 40 A のとき, 回転速度 n_1 は 1200 [/min] であった。

端子電圧 V を 300 V にしたときの同じ負荷電流に対する回転速度 n_2 [/min] を求めよ。ただし, 直巻界磁巻線の抵抗を含む電機子回路の抵抗 R_a' を 0.4Ω とし, ブラシ接触電圧降下と電機子反作用による電圧降下は無視する。



解答

端子電圧 V が 400 V と 300 V のときの逆起電力 E_1 [V], E_2 [V] を式(8)から求めればよい。ただし, 設問は直巻電動機であるから, $I_a = I$ である。

$$E_1 = V_1 - I_a R_a' = 400 - 40 \times 0.4 = 384\text{ V}$$

$$E_2 = V_2 - I_a R_a' = 300 - 40 \times 0.4 = 284\text{ V}$$

負荷電流 I [A] が同じであるから, 磁束 Φ [Wb] は一定である。このとき, 回転速度 n [min^{-1}] は逆起電力 E [V] に比例するので, 次式で表される。

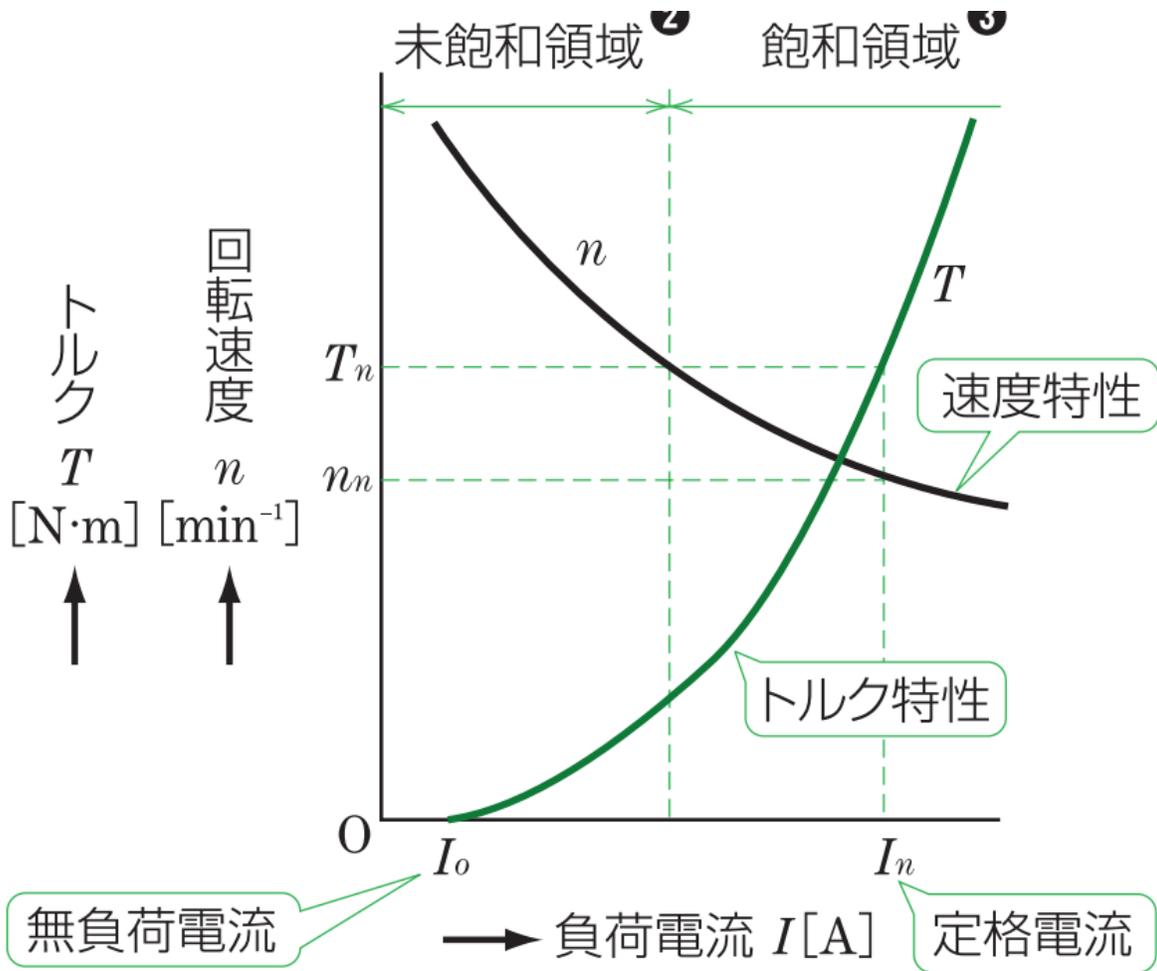
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{E_2}{E_1}$$

よって, 求める回転速度 n_2 [min^{-1}] は, 次式で表される。

$$n_2 = \frac{E_2}{E_1} n_1 = \frac{284}{384} \times 1200 = 888\text{ min}^{-1}$$

問6 教科書P 44

直巻電動機で、無負荷になると回転速度 n はどうなるか。



(b) 特性曲線

▲ 図 7 直巻電動機の回路と特性

- 直巻電動機で，無負荷になると回転速度 n はどうなるか。
- 無負荷で運転すると高速回転になり，危険である。

問7 教科書P 44

直巻電動機がある負荷を負って運転しているときの負荷電流 I が 50 A, 回転速度 n が 1000 [1/min] であった。

負荷トルクが半減したときの負荷電流 I' [A] および回転速度 n [1/min] を求めよ。ただし, 磁気飽和および電機子回路の抵抗は無視する。

• 直巻電動機の特性トルク特性

$$T = K_2 \Phi I = K_2' I^2$$

$$K_2' = \frac{T}{I^2}$$

考えやすいように $T=1$ と考える、トルクが半減の時は $T=1/2$ と考える。

$T=1$ の時の負荷電流 I は 50 A より

$$K_2' = \frac{1}{I^2} = \frac{1}{50^2} \quad T = K_2' \cdot I^2 = \frac{1}{50^2} \cdot I^2$$

$$T=1/2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{50^2} \cdot I^2$$

$$I^2 = \frac{1}{2} \cdot 50^2 \quad I = \sqrt{\frac{50^2}{2}} = \frac{50}{\sqrt{2}} = 35.36[A]$$

• 直巻電動機の特性 速度特性

$$n = \frac{V - R_a'I}{K_1\Phi} = \frac{V - R_a'I}{K_1'I} \doteq K_1'' \frac{V}{I}$$

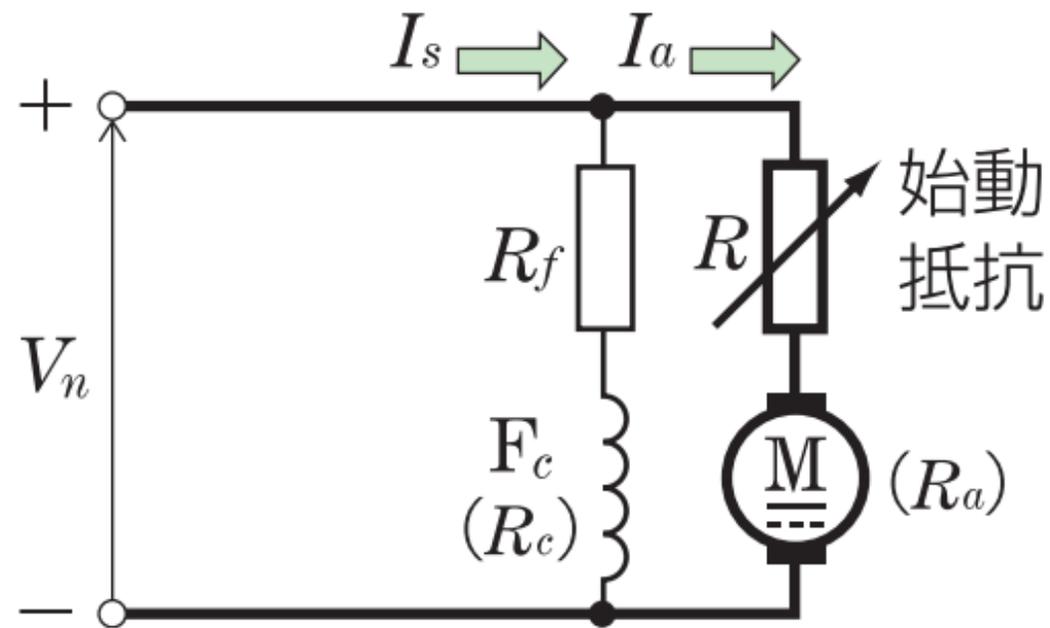
$$n \cdot I = K_1'' \cdot V$$

$$n=1000[/\text{min}] \quad I=50[\text{A}] \text{ より} \quad K_1'' \cdot V = 1000 \cdot 50 = 50000$$

$$I=35.36[\text{A}] \text{ より} \quad n = \frac{K_1''}{I} = \frac{50000}{35.36} = 1414.03[\text{min}^{-1}]$$

例題 3 教科書 P45

図のような，電機子巻線抵抗 R_a が 0.4Ω ，界磁回路の抵抗 R_f が 55Ω の分巻電動機がある。始動抵抗 R が 0Ω で， 110 V の定格電圧 V_n を加えたときの始動電流 I_s [A] を求めよ。



R_f' は界磁抵抗 R_f と界磁巻線の抵抗 R_c の和である。

解答

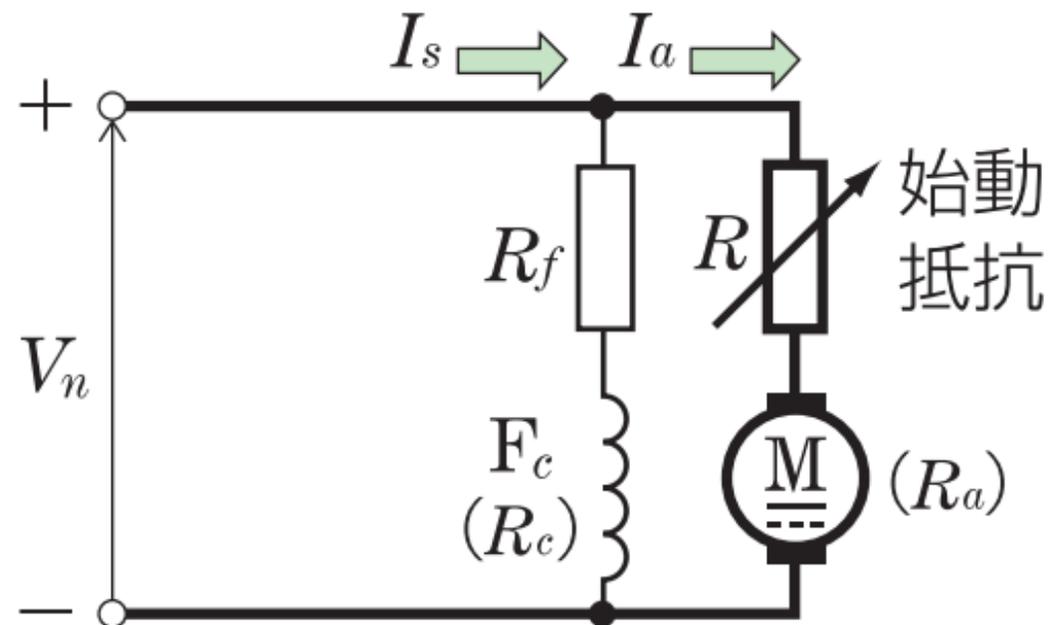
始動電流 I_s [A] は、次のようになる。

$$\begin{aligned} I_s &= I_a + I_f = \frac{V_n}{R_a} + \frac{V_n}{R_f'} = \frac{110}{0.4} + \frac{110}{55} \\ &= \mathbf{277 \text{ A}} \end{aligned}$$

問 8 教科書 P45

電機子抵抗 R_a が 0.4Ω ，界磁回路の抵抗 R_f' が 55Ω の分巻電動機がある。これに 110 V の定格電圧 V_n

を加えたとき，始動電流 I_s [A] を定格電流の 1.5 倍に制限するには，始動抵抗 R [Ω] をいくらにすればよいか。ただし，定格状態で運転しているときの逆起電力 E を 100 V とする。



R_f' は界磁抵抗 R_f と界磁巻線の抵抗 R_c の和である。

$$100 = 110 - R_a I_a \quad (E = V - R_a I_a)$$

$$R_a I_a = 10 \quad (\text{電機子抵抗 } R_a \text{ が } 0.4 \text{ } \Omega \text{ における電圧降下})$$

$$R_a = 0.4 \text{ } \Omega \quad \therefore I_a = 25 \text{ A}$$

$$I_f = 110 / 55 = 2 \text{ A} \quad (\text{界磁巻線に流れる電流})$$

$$I_s = 25 + 2 = 27 \text{ A}$$

$$I_s = 27 \times 1.5 = 40.5 \text{ A} \quad (\text{始動電流 } 1.5 \text{ 倍})$$

$$40.5 - 2 = 38.5 \quad (\text{電機子電流 } I_a = I_s - I_f)$$

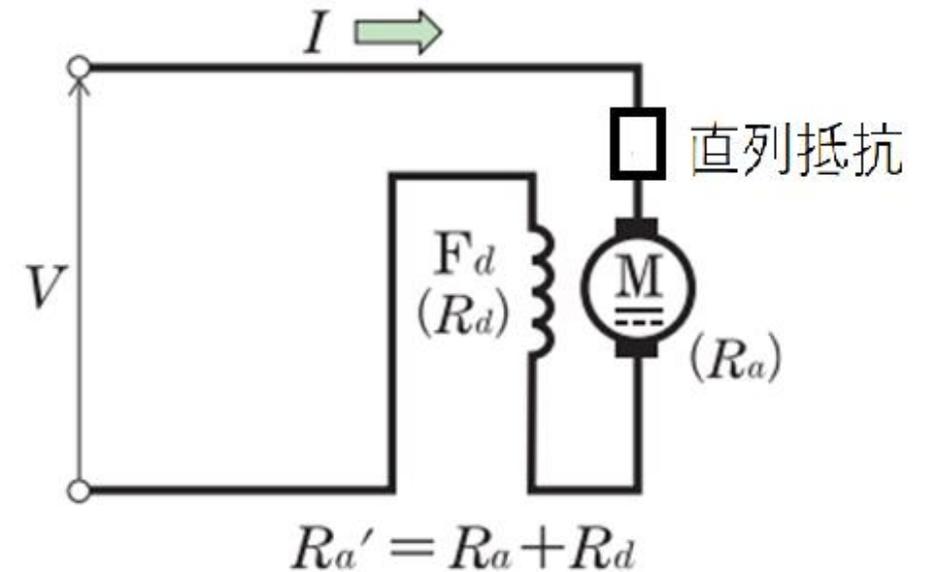
$$R + R_a = 110 / 38.5 = 2.86 \text{ } \Omega$$

$$R = 2.86 - 0.4 = 2.46 \text{ } \Omega$$

問 9 教科書 P47

端子電圧 V が 600 V, 直列抵抗が 1.5Ω , 負荷電流 I_1 が 50 A, 回転速度 n_1 が 1500 [/min] で運転している直巻電動機がある。

直列抵抗を 4Ω にするときの, 同じ電流に対する回転速度 n_2 [/min] を求めよ。ただし, 電機子巻線抵抗 (界磁巻線抵抗を含む) R_a は 0.5Ω とする。



$$E = V - (R_a + R) \cdot I$$

$$E = 600 - (0.5 + 1.5) \cdot 50$$

$$E = 500[V]$$

$$E = K\phi n \quad \text{よ} \text{り} \quad K\phi = \frac{E}{n} = \frac{500}{1500} = \frac{1}{3}$$

$$R = 4\Omega \quad \text{と} \text{す} \text{る} \text{と}$$

$$E = 600 - (0.5 + 4) \cdot 50$$

$$E = 375[V]$$

$$n' = \frac{E}{K\phi} = \frac{375}{\frac{1}{3}} = 375 \cdot 3 = 1125[\text{min}^{-1}]$$