

# 電 気 機 器

1 学期期末考査

電気科2年生

令和5年7月4日 火曜日

1 時限目

電卓使用可

No( )	氏名：	
-------	-----	--

答は番号で記入できるところは番号で記入しなさい。  
答えは、指示がなければ小数点第2位まで。

【知識・技能】50点 (番号で答えられるものは番号で答えなさい)

問題1 直流発電機に負荷をつないで電機子巻線に電流(電機子電流)を流すと、電機子電流によって電機子周辺に磁束が生じ、界磁電流による磁束、すなわち界磁磁束の分布が乱される。この電機子電流による界磁磁束への影響を何と言うか。

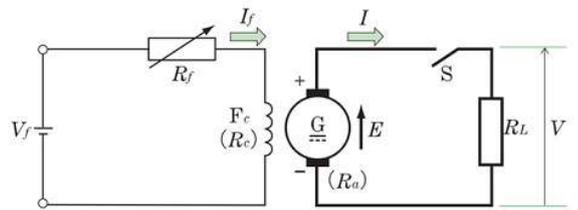
Ans ANS.[ **電機子反作用** ]

問題2 直流発電機の電機子反作用とは、発電機に負荷を接続したとき、(1)巻線に流れる電流によってつくられる磁束が、(2)巻線による磁束に影響を与える作用のことである。電機子反作用は、ギャップの主磁束を(3)させて発電機の端子電圧を低下させたり、ギャップの磁束分布にかたよりを生じさせて、ブラシの位置と電気的中性軸とのずれを生じさせる。このずれが、ブラシがある位置の導体に(4)を発生させ、ブラシによる短絡などの障害の要因となる。ブラシの位置と電気的中性軸とのずれを抑制する方法の一つとして、補極を設け、ギャップの磁束分布のかたよりを補正する方法が採用されている。

- ① ANS.[ **ア** ]
- ② ANS.[ **イ** ]
- ③ ANS.[ **ウ** ]
- ④ ANS.[ **カ** ]

語群 **ア. 電機子 イ. 界磁 ウ. 減少 エ. 増加**  
**オ. 接触抵抗 カ. 起電力**

問題3 次の図で示す直流発電機の種類を答えよ。また、端子電圧  $V$  (V) と起電力  $E$  (V) の関係式を記入せよ。ただし、電機子巻線抵抗  $R_a$  ( $\Omega$ ) による電圧降下、電機子反作用による電圧降下  $v_a$ 、ブラシの接触による電圧降下  $v_b$  があるとする。  $V =$  で示せ。



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

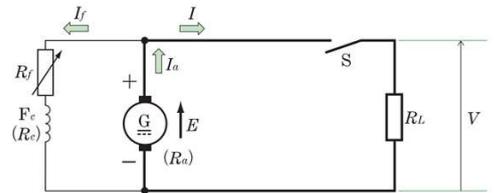
直流発電機の種類 ANS.[ **他励発電機** ]

端子電圧  $V$  (V) と起電力  $E$  (V) の関係式 ANS.[  **$V = E - (RaI + v_a + v_b)$**  ]

端子電圧  $V$  は 100 V で負荷電流  $I$  は 40 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。

誘導起電力  $E$  (V) ANS.[ **105V** ]

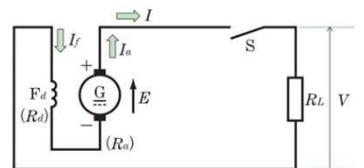
問題4 次の図で示す直流発電機の種類を答えよ。また、端子電圧  $V$  (V) と誘導起電力  $E$  (V) の関係式を求めよ。(電機子反作用による電圧降下  $v_a$ ) (ブラシ接触電圧降下  $v_b$ ) ( $I_f$  の減少による電圧降下  $v_f$ ) を考慮する。  $V =$  で示せ。



直流発電機の種類 ANS.[ **分巻発電機** ]

端子電圧  $V$  (V) と起電力  $E$  (V) の関係式 ANS.[  **$V = E - (RaI_a + v_a + v_b + v_f)$**  ]

問題5 次の図で示す直流発電機の種類を答えよ。また、端子電圧  $V$  (V) と誘導起電力  $E$  (V) の関係式を求めよ。(電機子反作用による電圧降下  $v_a$ ) (ブラシ接触電圧降下  $v_b$ ) を考慮する。  $V =$  で示せ。



(b) 回路図

直流発電機の種類 ANS.[ **直巻発電機** ]

端子電圧  $V$  (V) と起電力  $E$  (V) の関係式 ANS.[  **$V = E - ((Ra + R_d)I + v_a + v_b)$**  ]

問題6 分巻発電機に  $8 \Omega$  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  $100 \text{ V}$  にするために、界磁電流  $I_f$  を  $2.5 \text{ A}$  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  $0.4 \Omega$ 、電機子反作用による電圧降下  $v_a$  を  $2 \text{ V}$ 、ブラシ接触電圧降下  $v_b$  を  $1 \text{ V}$  とし、また、 $I_f$  の減少による電圧降下  $v_f$  は無視する。

負荷電流  $I [\text{A}]$  ANS. [  $100/8=12.5\text{A}$  ]

誘導起電力  $E [\text{V}]$  ANS. [  $100+(0.4*((100/8))+2.5)+2+1$   $109\text{V}$  ]

問題7 直巻発電機は、負荷を接続しなくても電圧の確立が出来る。正しいか？。電圧の確立とはきちんとした電圧が発生することを意味する。

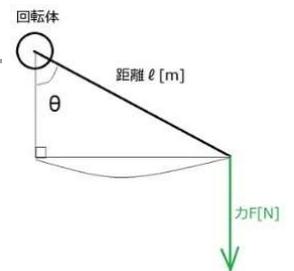
ANS. [ ② × ] ① ○ ② ×

問題8 分巻発電機は、残留磁気があれば分巻巻線の接続方法や電機子の回転方向に関係なく電圧の確立ができる。正しいか？

ANS. [ ② × ] ① ○ ② ×

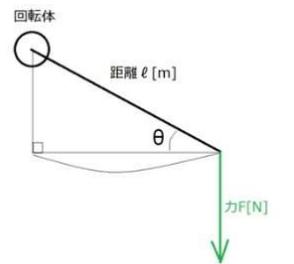
問題9 この場合のトルクは

ANS. [ ① ] ①  $F \times l \sin\theta$  ②  $F \times \sin\theta$  ③  $F \times l \cos\theta$  ④  $F \times \cos\theta$



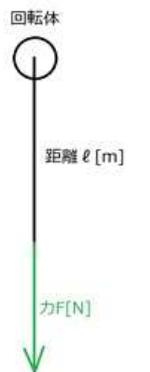
問題10 この場合のトルクは

ANS. [ ③ ] ①  $F \times l \sin\theta$  ②  $F \times \sin\theta$  ③  $F \times l \cos\theta$  ④  $F \times \cos\theta$



問題11 この場合のトルクは

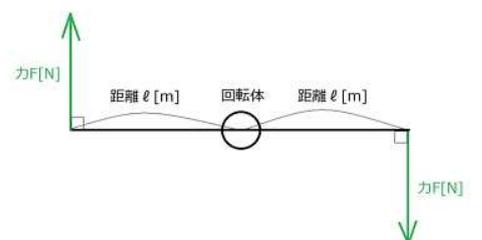
ANS. [ ④ ] ①  $F \times l \sin\theta$  ②  $F \times l \cos\theta$  ③  $F \times l$  ④ 0



問題12 この場合のトルクは

ANS. [ ④ ]

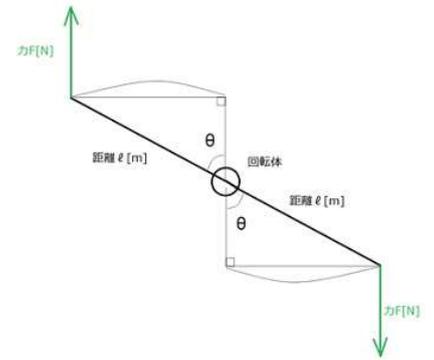
①  $F \times l \sin\theta$  ②  $2F \times l \sin\theta$  ③  $F \times l$  ④  $2F \times l$



問題 13 この場合のトルクは

ANS.[ ② ]

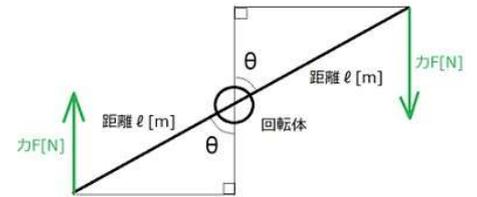
- ①  $F \times \ell \sin\theta$     ②  $2xF \times \ell \sin\theta$     ③  $F \times \ell \cos\theta$     ④  $2xF \times \ell \cos\theta$



問題 14 この場合のトルクは

ANS.[ ② ]

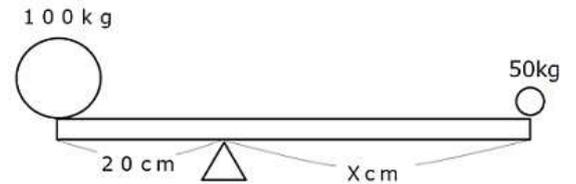
- ①  $F \times \ell \sin\theta$     ②  $2xF \times \ell \sin\theta$     ③  $F \times \ell \cos\theta$     ④  $2xF \times \ell \cos\theta$



問題 15 この場合の距離 X は

ANS.[ ② ]

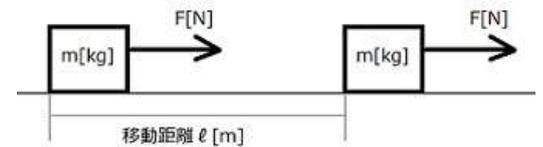
- ① 20    ② 40    ③ 400    ④ 4000



問題 16 この場合の仕事 W は

ANS.[ ④ ]

- ①  $mxF$     ②  $mx\ell$     ③  $Fxm$     ④  $Fx\ell$



問題 17 J (ジュール)と同じ単位量はどれか

ANS.[ ④ ]    ① w    ② kw    ③ w/s    ④ ws

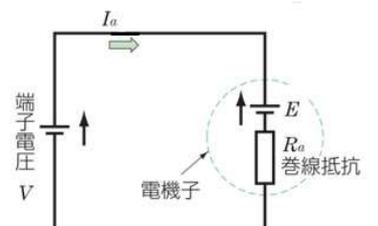
問題 18 J (ジュール)と同じ単位量はどれか

ANS.[ ② ]    ① N/m    ② N・m    ③ m・s    ④ kg・s

問題 19 図の回路においてキルヒホッフの第 2 法則を適用して式を立てた。正しいものはどれか

ANS.[ ③ ]

- ①  $E - V = RaIa$     ②  $RaIa + V = E$     ③  $V - E = RaIa$     ④  $RaIa = V + E$



問題 20 1J (ジュール)は何 cal か

ANS.[ ② ]    ① 0.1cal    ② 0.24cal    ③ 1cal    ④ 4.18cal

問題 21 この電動機の回転数の特性は負荷電流の増減によって回転速度が大きく変わるので、変速度電動機と呼ばれている。この電動機は

ANS.[ ② ] ① 分巻電動機 ② 直巻電動機

---

問題 22 直流電動機の始動方法として始動電流を制限する方法で使われる方法は。

ANS.[ ③ ] ① 界磁抵抗法 ② 電機子抵抗法 ③ 始動抵抗法 ④ 電圧制御法

---

問題 23 直流電動機の界磁磁束を強くした。回転数は？

ANS.[ ② ] ① 上昇する ② 下降する ③ 変わらない

---

問題 24 直流電動機の回転数を変える方法で、電機子の回路に直列に抵抗を入れて速度を制御する方法は？

ANS.[ ② ] ① 界磁制御法 ② 抵抗制御法 ③ 電圧制御法

---

問題 25 直流電動機の回転数を変える方法で、界磁回路に直列に抵抗を入れ界磁磁束の大きさを覚えて速度を制御する方法は？

ANS.[ ① ] ① 界磁制御法 ② 抵抗制御法 ③ 電圧制御法

---

問題 26 直流電動機の回転数を変える方法で、電機子巻線に加える電圧  $V$  [V]を変化させて速度制御をする方法は？

ANS.[ ③ ] ① 界磁制御法 ② 抵抗制御法 ③ 電圧制御法

---

問題 27 直流電動機の回転数を変える方法で、速度制御範囲が狭いものはどれか

ANS.[ ① ] ① 界磁制御法 ② 静止レオナード方式 ③ 電圧制御法

---

問題 28 直流電動機の回転数を変える方法で、静止レオナード方式とは、

ANS.[ ③ ] ① 界磁制御法 ② 抵抗制御法 ③ 電圧制御法

---

問題 29 直流電動機の回転数を変える方法で、直流チョッパ方式とは、

ANS.[ ③ ] ① 界磁制御法 ② 抵抗制御法 ③ 電圧制御法

---

問題 30 直流電動機の回転数を変える方法のワードレオナード方式と静止レオナード方式で発電機で発生する電圧で回転数を変えるものは

ANS.[ ① ] ① ワードレオナード方式 ② 静止レオナード方式

---

問題 31 分巻電動機を逆回転させるには+端子と一端子を逆にすると逆回転する。

ANS.[ ② No ] ① Yes ② No

---

問題 32 直巻電動機を逆回転させるには+端子と一端子を逆にすると逆回転する。

ANS.[ ② No ] ① Yes ② No

---

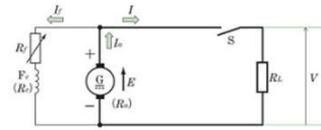
問題 33 電車が勾配を下るときなど、電動機を発電機として運転し、電車のもつ運動エネルギーを電力(電気エネルギー)に変えて電源に送り返すことを

ANS.[ ② ] ① 発電制動 ② 回生制動 ③ 逆転制動

---

【思考・判断】50点 計算式を残すこと。計算式も得点対象となる。

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



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

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

【解答】負荷電流I[A]は、

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

電機子電流Ia[A]は、

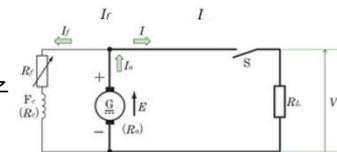
$$I_a = I + I_f = 12.5 + 2.5 = 15 \text{ A}$$

誘導起電力E[V]は、式(6)より次のようになる。

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

負荷電流 I [A]      ANS.[ 12.5 ]      誘導起電力 E [V]      ANS.[ 109 ]

問題2 分巻発電機において、誘導起電力Eが110V、電機子巻線抵抗Raが0.1Ω、ブラシ接触電圧降下vbが2V、負荷電流Iが50A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If[A]は無視する。



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

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

端子電圧を求める。

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

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

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

端子電圧 V [V]      ANS.[ 103 ]      出力電力 P [kW]      ANS.[ 5.15 ]

問題3 極数pが4、磁束Φが0.025Wb、並列回路数aが4、電機子電流Iaが50A、電機子の半径rが15cm、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Po[kW]を求めよ

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

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

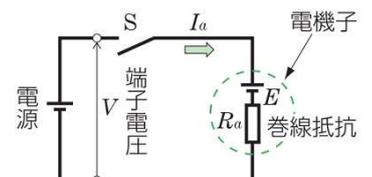
トルク T [N·m]      ANS.[ 31.84 ]      出力 Po [kW]      ANS.[ 5 ]

問題4 直流電動機の電機子に100Vの電圧が加えられ、20Aの電機子電流が流れているとき、電機子巻線の抵抗Ra[Ω]を求めよ。ただし、電機子に発生している逆起電力Eは94Vとする。

$$V - E = I_a R_a$$

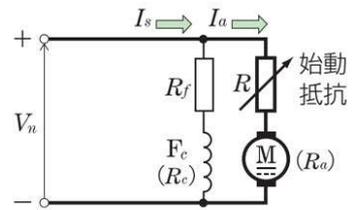
$$100 - 94 = 20 R_a$$

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



抵抗 Ra [Ω]      ANS.[ 0.3 ]

問題5 電機子抵抗  $R_a$  が  $0.4 \Omega$ , 界磁回路の抵抗  $R_f'$  が  $55 \Omega$  の分巻電動機がある。これに  $110 \text{ V}$  の定格電圧  $V$  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  $R$  [ $\Omega$ ]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  $100 \text{ V}$  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。

(電動機の逆起電力  $E$  と電機子電流  $I_a$  の関係式)

(始動時の電流を  $27 \cdot 1.5 = 40.5 \text{ A}$ )

$$E = V - R_a I_a$$

$$100 = 110 - 0.4 \cdot I_a \quad \therefore I_a = 25 \text{ A}$$

$$40.5 - 2 = 38.5 \text{ A}$$

$$I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{110}{55} = 2 \text{ A} \quad I = I_a + I_f = 27 \text{ A}$$

$$R + R_a = \frac{V}{I_a} = \frac{110}{38.5} = 2.86 \Omega$$

$$R = 2.86 - 0.4 = 2.46 \Omega$$

始動抵抗  $R$  [ $\Omega$ ] ANS.[ 2.46 ]

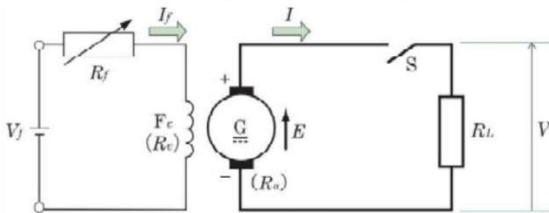
問題6 直流発電機において, 定格電圧  $V_n$  が  $100 \text{ V}$ , 無負荷電圧  $V_0$  が  $105 \text{ V}$  であるという。電圧変動率  $\epsilon$  [%]を求めよ。

$$\text{電圧変動率 } \epsilon = \frac{V_0 - V_n}{V_n} \times 100$$

$$\text{電圧変動率 } \epsilon [\%] = \frac{105 - 100}{100} \cdot 100 = 5\%$$

電圧変動率  $\epsilon$  [%] ANS.[ 5 ]

問題7 定格電圧  $V_n$  が  $100 \text{ V}$ , 定格出力  $P_n$  が  $15 \text{ kW}$ , 電機子回路の抵抗  $R_a$  が  $0.05 \Omega$  の他励発電機がある。電圧変動率  $\epsilon$  [%] を求めよ。ただし, 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 定格時の電流は  $P = VI$  より  $I = P/V = 15000/100 = 150 \text{ A}$

電機子巻線の電圧降下は  $150 \cdot 0.05 = 7.5 \text{ V}$

無負荷の時の出力電圧  $V_0$  は  $V_0 = 100 + 7.5 = 107.5$

$$\text{電圧変動率 } \epsilon [\%] = \frac{107.5 - 100}{100} \cdot 100 = 7.5\%$$

電圧変動率  $\epsilon$  [%] ANS.[ 7.5 ]

問題8 直流電動機において, 無負荷のときの回転速度  $n_0$  が  $1500$  [/min], 定格負荷のときの回転速度  $n_n$  が  $1450$  [/min]であるという。速度変動率  $v$  [%]を求めよ。

$$\text{速度変動率 } v = \frac{n_0 - n_n}{n_n} \times 100$$

$$\text{速度変動率 } v [\%] = \frac{1500 - 1450}{1450} \cdot 100 = 3.45\%$$

速度変動率  $v$  [%] ANS.[ 3.45 ]

問題9 分巻電動機がある。端子電圧  $V$  が  $200 \text{ V}$ , 無負荷電流  $I_0$  が  $8 \text{ A}$ , 電機子巻線抵抗  $R_a$  が  $0.1 \Omega$  とすれば, 負荷電流  $I$  が  $100 \text{ A}$  のとき, この電動機の効率  $\eta$  [%] を求めよ。ただし, 電機子反作用, ブラシ接触電圧降下および界磁電流は無視する。

無負荷時の損失電力は 鉄損  $200 \cdot 8 = 1600 \text{ W}$

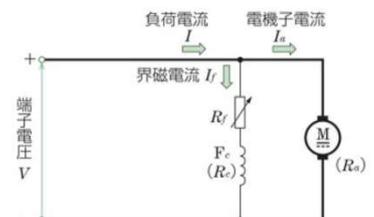
負荷時の銅損  $100 \cdot 100 \cdot 0.1 = 1000 \text{ W}$

逆起電力は  $E = 200 - 100 \cdot 0.1 = 190 \text{ V}$

効率  $\eta = \text{出力} / (\text{出力} + \text{鉄損} + \text{銅損}) \cdot 100$

$$= 190 \cdot 100 / (190 \cdot 100 + 2600) = 0.8796$$

効率  $\eta$  [%] ANS.[ 87.9 87.9% ]



次のページにも問題があります。

問題 10 分巻電動機がある。端子電圧  $V$  が  $210\text{ V}$ 、電機子電流  $I_a$  が  $30\text{ A}$ 、電機子巻線抵抗  $R_a$  が  $0.2\ \Omega$ 、回転速度  $n$  が  $1500\text{ [min]}$  のとき、発生トルク  $T\text{ [N}\cdot\text{m]}$  を求めよ。ただし、電機子反作用の影響、ブラシ接触電圧降下は無視する。

答

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

$$\text{トルク } T = (210 \cdot 30 - 0.2 \cdot 30^2) / (2 \cdot \pi \cdot (1500/60)) = 38.98\text{ [Nm]}$$

発生トルク  $T\text{ [N}\cdot\text{m]}$     ANS.[    **38.98**    ]

問題 11 定格出力  $P_n$  が  $10\text{ kW}$ 、電機子巻線抵抗  $R_a$  が  $0.12\ \Omega$  の他励発電機がある。全負荷で運転中の端子電圧  $V$  が  $200\text{ V}$  であるとき、無負荷時の端子電圧  $V_o\text{ [V]}$  を求めよ。ただし、電機子反作用による影響、ブラシ接触電圧降下は無視する

他励発電機 (左図)

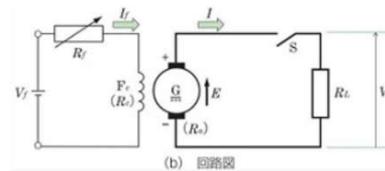
定格時の電流は  $P=VI$  より

$$I = P_n / V = 10000 / 200 = 50\text{ A}$$

電機子巻線の電圧降下は  $50 \cdot 0.12 = 6\text{ V}$

無負荷の時の出力電圧  $V_o$  は

$$V_o = 200 + 6 = 206\text{ V}$$



端子電圧  $V_o\text{ [V]}$     ANS.[    **206**    ]

問題 12 定格出力  $P_n$  が  $10\text{ kW}$ 、定格電流  $I_n$  が  $50\text{ A}$ 、電機子巻線抵抗  $R_a$  が  $0.4\ \Omega$  の他励電動機がある。始動電流  $I_s$  を  $75\text{ A}$  に制限するための始動抵抗  $R\text{ [}\Omega\text{]}$  を求めよ。

答

$$\text{定格出力 } P_n = VI_a - R_a I_a^2$$

$$10000 = V \cdot 50 - 0.4 \cdot 50^2 \quad V = 220\text{ V}$$

$$\text{始動電流 } I_s = 220 / (R + R_a) = 75\text{ A}$$

$$(R + R_a) = 220 / 75 = 2.933$$

$$R = 2.933 - 0.4 = 2.53\text{ [}\Omega\text{]}$$

始動抵抗  $R\text{ [}\Omega\text{]}$     ANS.[    **2.53**    ]

問題 13 定格電圧  $V_n$  が  $110\text{ V}$  の分巻電動機がある。回転速度  $n$  を  $1200\text{ [min]}$  で運転しているとき、負荷電流  $I$  が  $52\text{ A}$ 、界磁電流  $I_f$  が  $2\text{ A}$  であるという。このときの効率  $\eta\text{ [%]}$  および発生トルク  $T\text{ [N}\cdot\text{m]}$  を求めよ。ただし、電機子回路の抵抗  $R_a$  を  $0.2\ \Omega$  とし、鉄損と機械損は無視する

答 負荷電流  $I$  が  $52\text{ A}$ 、

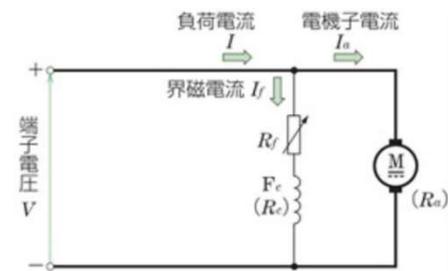
界磁電流  $I_f$  が  $2\text{ A}$  だから電機子電流は  $52 - 2 = 50\text{ A}$

電動機の実出力  $P_o = VI_a - R_a I_a^2 =$

$$110 \cdot 50 - 0.2 \cdot 50^2 = 5000\text{ W}$$

$$\text{トルク } T = P_o / (2 \cdot \pi \cdot (n/60)) = 39.808\text{ [Nm]}$$

$$\text{効率 } \eta = P_o / (110 \cdot 52) \cdot 100 = 87.41\text{ [%]}$$



効率  $\eta\text{ [%]}$     ANS.[    **87.41**    ]

発生トルク  $T\text{ [N}\cdot\text{m]}$     ANS.[    **39.81**    ]