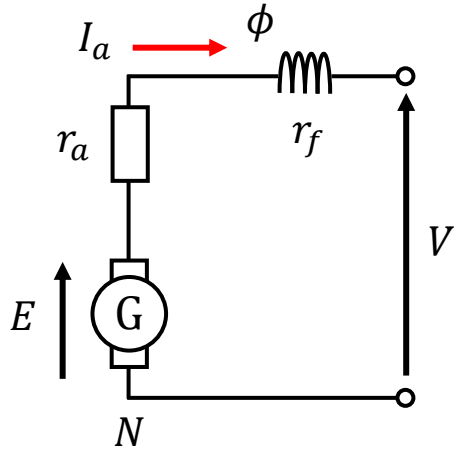


# 電験二種/三種 オンライン講座

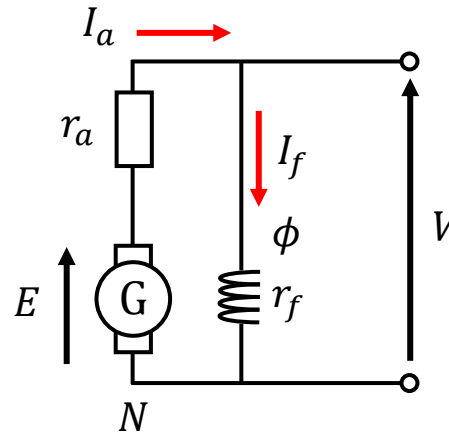
## 機械 直流機（４）

# 直流機の種類と等価回路

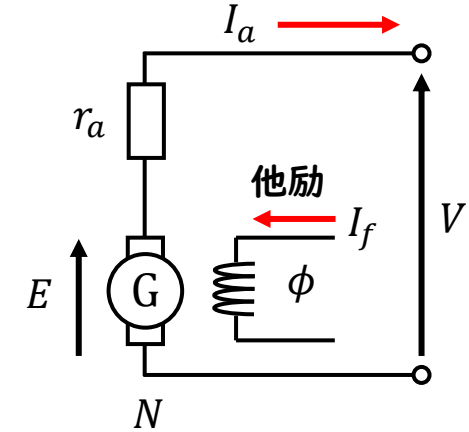
直巻発電機



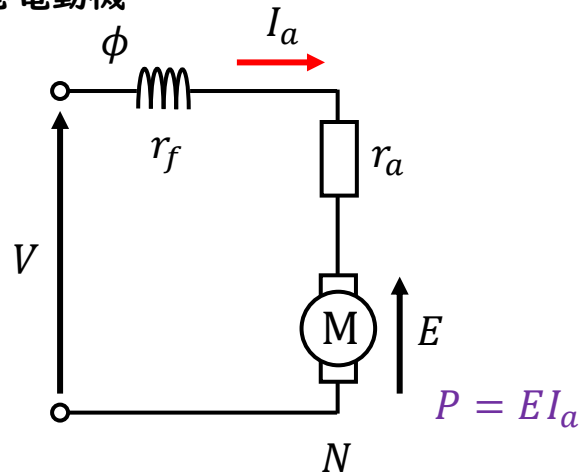
分巻発電機



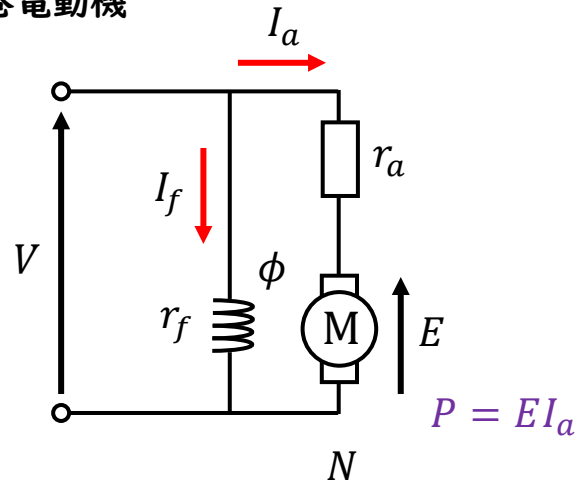
他励発電機



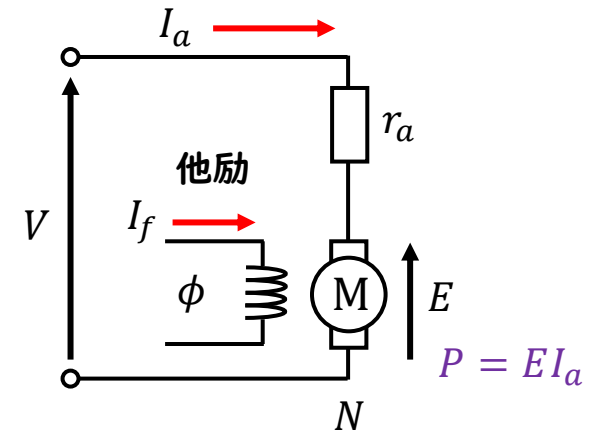
直巻電動機



分巻電動機



他励電動機



# 計算のための重要公式



## 誘導起電力に関する公式

$$E = \frac{Z p \phi N}{a 60} = \frac{pZ}{60a} \phi N = K_1 \phi N$$

$E = K_1 \phi N$  誘導起電力：  $E$  [V]  
回転速度：  $N$  [ $\text{min}^{-1}$ ]  
磁束：  $\phi$  [Wb]

## トルクに関する公式

$$P = \omega T \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{EI_a}{\omega}$$

$$T = \frac{EI_a}{\omega} = \frac{K_1 \phi N}{2\pi \frac{N}{60}} I_a = \frac{60K_1}{2\pi} \phi I_a = K_2 \phi I_a$$

$T = K_2 \phi I_a$  トルク：  $T$  [ $\text{N} \cdot \text{m}$ ]  
電機子電流：  $I_a$  [A]  
磁束：  $\phi$  [Wb]

## その他公式

### 電力とトルクの関係

$$P = \omega T$$

電力：  $P$  [W]  
トルク：  $T$  [ $\text{N} \cdot \text{m}$ ]  
角速度：  $\omega$  [rad/s]

### 角速度と回転速度の関係

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

回転速度：  $N$  [ $\text{min}^{-1}$ ]  
角速度：  $\omega$  [rad/s]

### 磁束と電流の関係

$$nI = R_m \phi \rightarrow \phi = \frac{n}{R_m} I \rightarrow \phi = K_f I_f$$

界磁電流：  $I_f$  [A]  
磁束：  $\phi$  [Wb]

# R03 問2

問2 ある直流分巻電動機を端子電圧 220 V, 電機子電流 100 A で運転したときの出力が 18.5 kW であった。

この電動機の端子電圧と界磁抵抗とを調節して, 端子電圧 200 V, 電機子電流 110 A, 回転速度  $720 \text{ min}^{-1}$  で運転する。このときの電動機の発生トルクの値 [N・m] 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, ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視でき, 電機子抵抗の値は上記の二つの運転において等しく, 一定であるものとする。

- (1) 212      (2) 236      (3) 245      (4) 260      (5) 270

# R03 問2

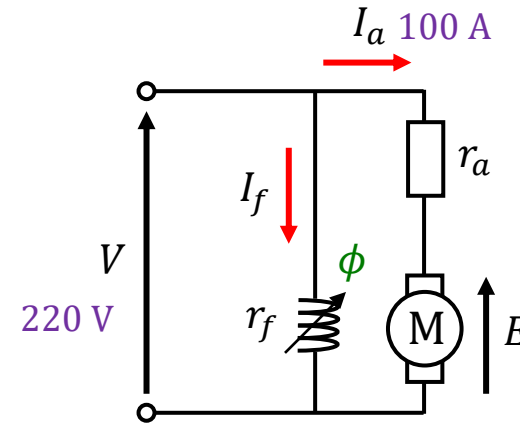
問2 ある直流分巻電動機を端子電圧 220 V、電機子電流 100 A で運転したときの出力が 18.5 kW であった。

この電動機の端子電圧と界磁抵抗とを調節して、端子電圧 200 V、電機子電流 110 A、回転速度  $720 \text{ min}^{-1}$  で運転する。このときの電動機の発生トルクの値 [N・m]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、ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視でき、電機子抵抗の値は上記の二つの運転において等しく、一定であるものとする。

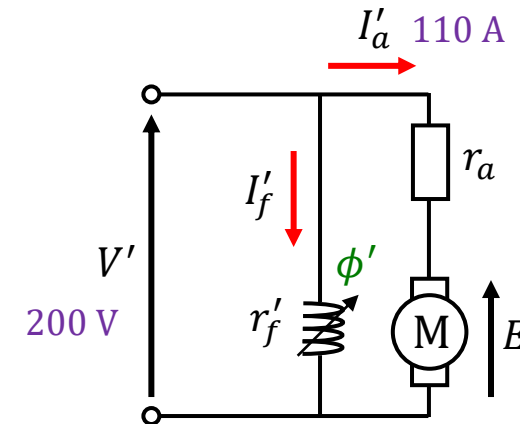
- (1) 212      (2) 236      (3) 245      (4) 260      (5) 270

分巻電動機



$$P = EI_a = 18.5 \text{ kW}$$

$N$  不明 (導出できない)



$$N' = 720 \text{ min}^{-1}$$

# R03 問2

問2 ある直流分巻電動機を端子電圧 220 V, 電機子電流 100 A で運転したときの出力が 18.5 kW であった。

この電動機の端子電圧と界磁抵抗とを調節して, 端子電圧 200 V, 電機子電流 110 A, 回転速度  $720 \text{ min}^{-1}$  で運転する。このときの電動機の発生トルクの値  $[\text{N}\cdot\text{m}]$  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, ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視でき, 電機子抵抗の値は上記の二つの運転において等しく, 一定であるものとする。

- (1) 212    (2) 236    (3) 245    (4) 260    (5) 270

$$P = EI_a \rightarrow E = \frac{P}{I_a} = \frac{18500}{100} = 185 \text{ V}$$

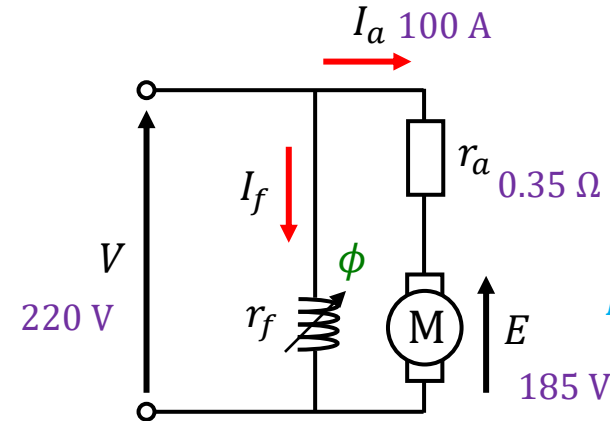
$$V = E + r_a I_a \rightarrow r_a = \frac{V - E}{I_a} = \frac{220 - 185}{100} = 0.35 \Omega$$

$$E' = V' - r_a I'_a = 200 - 0.35 \times 110 = 161.5 \text{ V}$$

$$P' = E' I'_a = 161.5 \times 110 = 17765 \text{ W}$$

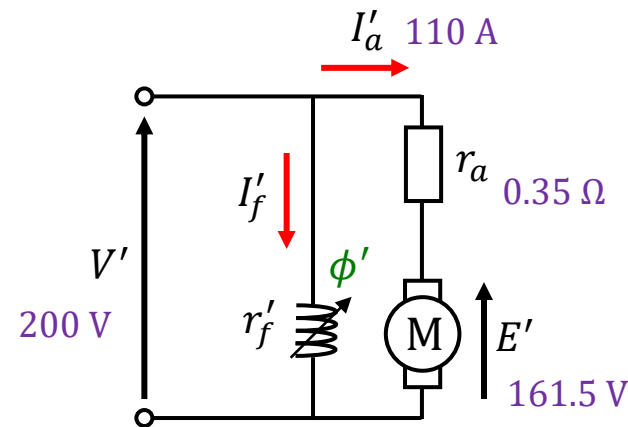
$$P' = \omega T \rightarrow T = \frac{P'}{\omega} = \frac{E' I'_a}{2\pi \times \frac{N'}{60}} = \frac{17765}{2\pi \times \frac{720}{60}} = 236 \text{ N}\cdot\text{m}$$

分巻電動機



$$P = EI_a = 18.5 \text{ kW}$$

$N$  不明 (導出できない)



$N'$   $720 \text{ min}^{-1}$

# H13 問12

電機子回路の抵抗が $0.1[\Omega]$ である直流分巻電動機が、電源電圧 $110[\text{V}]$ 、電機子電流 $20[\text{A}]$ 、回転速度 $1200[\text{min}^{-1}]$ で運転されている。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) このときのトルク $T[\text{N}\cdot\text{m}]$ の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 0.29    (2) 1.8    (3) 17    (4) 54    (5) 110

(b) 界磁抵抗を調整して界磁磁束を $5[\%]$ 増加させたところ、電機子電流が $50[\text{A}]$ となった。この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。

- (1) 1060    (2) 1110    (3) 1170    (4) 1230    (5) 1260

# H13 問12

電機子回路の抵抗が $0.1[\Omega]$ である直流分巻電動機が、電源電圧 $110[\text{V}]$ 、電機子電流 $20[\text{A}]$ 、回転速度 $1200[\text{min}^{-1}]$ で運転されている。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

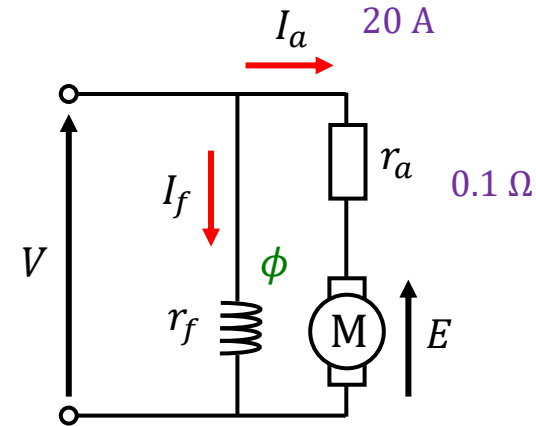
(a) このときのトルク $T[\text{N}\cdot\text{m}]$ の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 0.29    (2) 1.8    (3) 17    (4) 54    (5) 110

(b) 界磁抵抗を調整して界磁磁束を5[%]増加させたところ、電機子電流が $50[\text{A}]$ となった。この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。

- (1) 1060    (2) 1110    (3) 1170    (4) 1230    (5) 1260

分巻電動機



# H13 問12

電機子回路の抵抗が $0.1[\Omega]$ である直流分巻電動機が、電源電圧 $110[V]$ 、電機子電流 $20[A]$ 、回転速度 $1200[\text{min}^{-1}]$ で運転されている。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

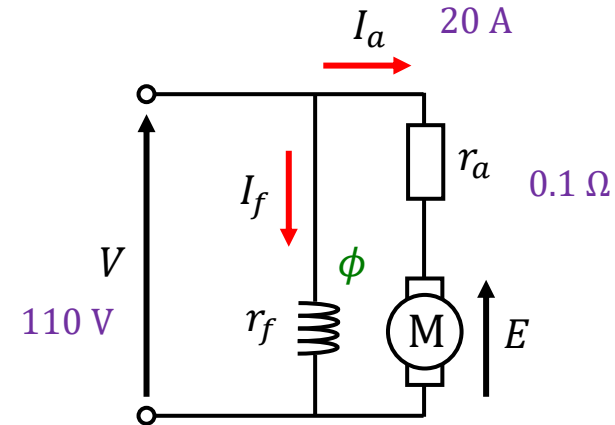
(a) このときのトルク $T[\text{N}\cdot\text{m}]$ の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 0.29    (2) 1.8    (3) 17    (4) 54    (5) 110

$$V = E + r_a I_a$$
$$\rightarrow E = V - r_a I_a = 110 - 0.1 \times 20 = 108 \text{ V}$$

$$P = \omega T \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{E I_a}{2\pi \times \frac{N}{60}} = \frac{108 \times 20}{2\pi \times \frac{1200}{60}} = 17.2 \text{ N}\cdot\text{m}$$

分巻電動機



$N \quad 1200 \text{ min}^{-1}$

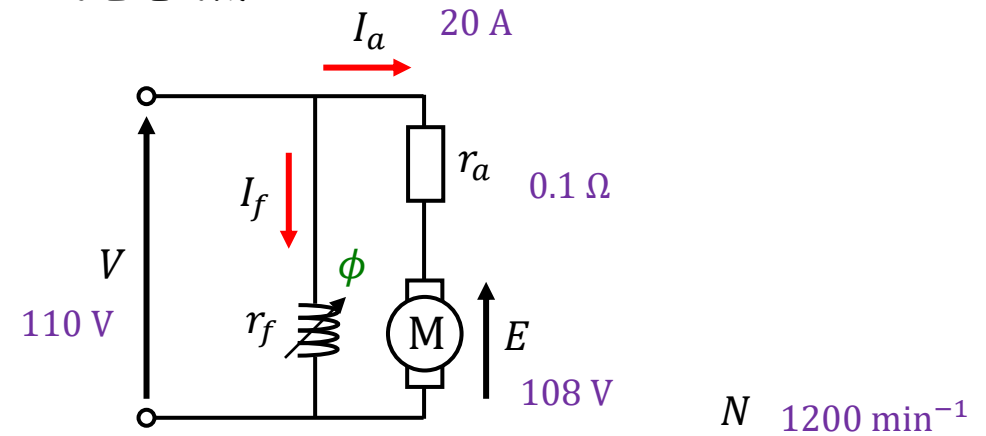
# H13 問12

電機子回路の抵抗が $0.1[\Omega]$ である直流分巻電動機が、電源電圧 $110[V]$ 、電機子電流 $20[A]$ 、回転速度 $1200[\text{min}^{-1}]$ で運転されている。この電動機について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(b) 界磁抵抗を調整して界磁磁束を $5[\%]$ 増加させたところ、電機子電流が $50[A]$ となった。この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。

- (1) 1060 (2) 1110 (3) 1170 (4) 1230 (5) 1260

分巻電動機



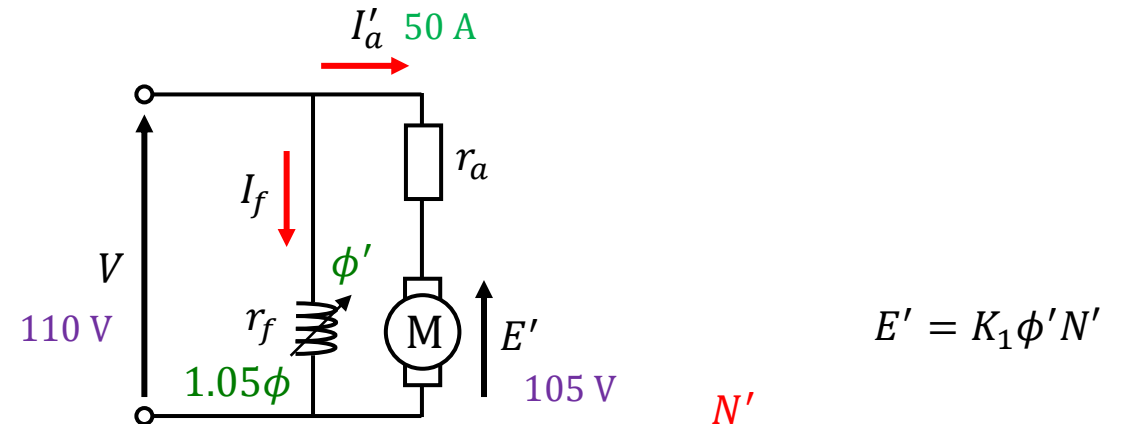
$$E = K_1 \phi N$$

$$V = E + r_a I_a$$

$$\rightarrow E = V - r_a I_a = 110 - 0.1 \times 20 = 108 \text{ V}$$

$$V = E' + r_a I'_a$$

$$\rightarrow E' = V - r_a I'_a = 110 - 0.1 \times 50 = 105 \text{ V}$$



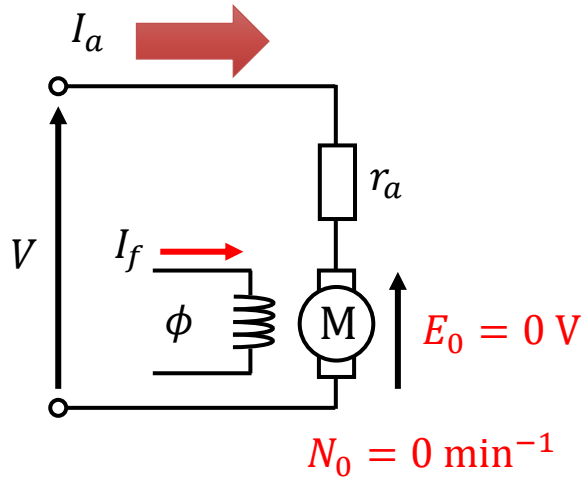
$$E' = K_1 \phi' N'$$

$$\frac{E'}{E} = \frac{K_1 \phi' N'}{K_1 \phi N} = \frac{\phi' N'}{\phi N} \rightarrow \frac{N'}{N} = \frac{\phi}{\phi'} \times \frac{E'}{E}$$

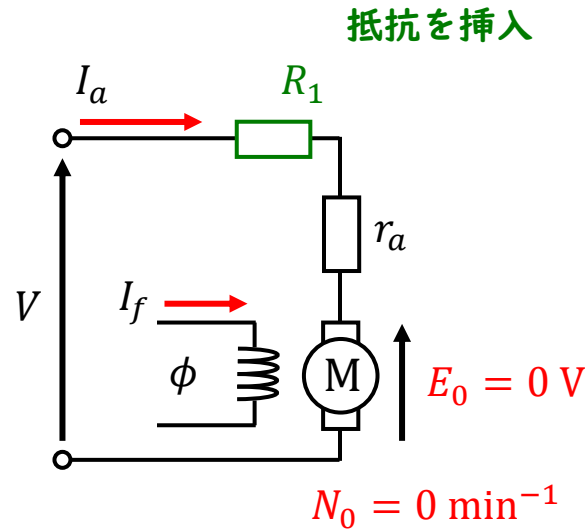
$$\rightarrow N' = \frac{\phi}{\phi'} \times \frac{E'}{E} \times N = \frac{\phi}{1.05\phi} \times \frac{105}{108} \times 1200 = 1111 \text{ min}^{-1}$$

# 電動機 の 速度 制御

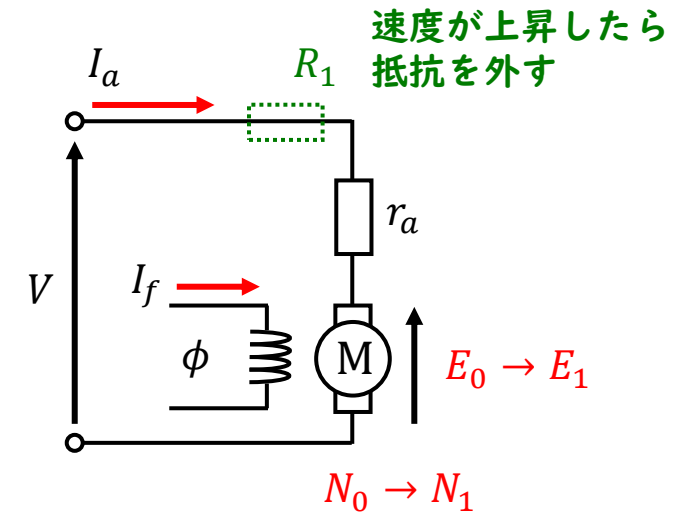
## < 始動時 >



電動機が回転していないと、誘導起電力が生じないため、始動時は電機子電流が増大する



電動機に直列に抵抗を挿入し、始動時の電機子電流を抑える



速度が上昇すると、誘導起電力により電機子電流が減少するので、抵抗を外す

# R02 問2

問2 界磁に永久磁石を用いた小形直流発電機がある。回転軸が回らないよう固定し、電機子に3Vの電圧を加えると、定格電流と同じ1Aの電機子電流が流れた。次に、電機子回路を開放した状態で、回転子を定格回転数で駆動すると、電機子に15Vの電圧が発生した。この小形直流発電機の定格運転時の効率の値[%]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、ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視できるものとし、損失は電機子巻線の銅損しか存在しないものとする。

- (1) 70      (2) 75      (3) 80      (4) 85      (5) 90

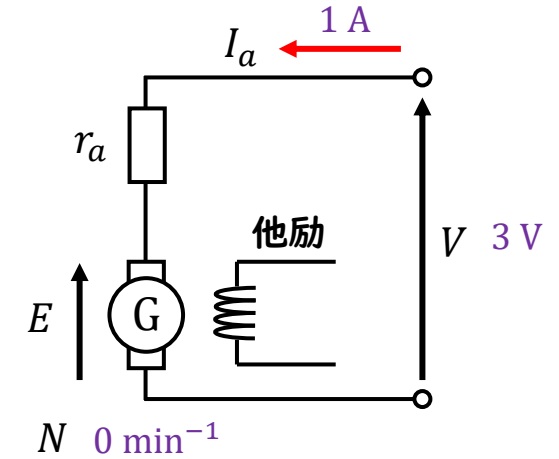
# R02 問2

問2 界磁に永久磁石を用いた小形直流発電機がある。回転軸が回らないよう固定し、電機子に3Vの電圧を加えると、定格電流と同じ1Aの電機子電流が流れた。次に、電機子回路を開放した状態で、回転子を定格回転数で駆動すると、電機子に15Vの電圧が発生した。この小形直流発電機の定格運転時の効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

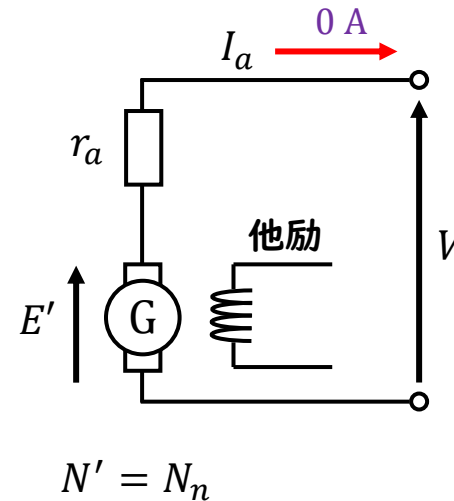
ただし、ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視できるものとし、損失は電機子巻線の銅損しか存在しないものとする。

- (1) 70      (2) 75      (3) 80      (4) 85      (5) 90

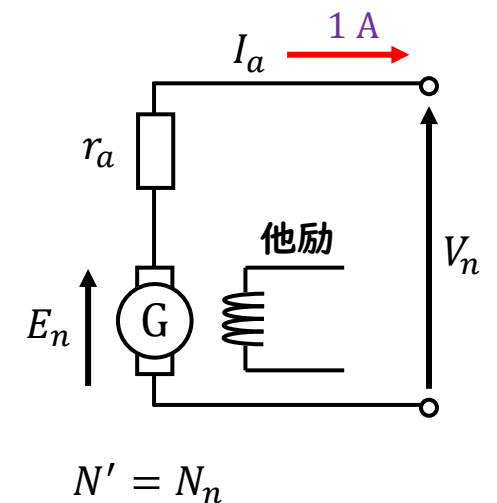
<始動時>



<無負荷運転時>



<定格運転時>



# R02 問2

問2 界磁に永久磁石を用いた小形直流発電機がある。回転軸が回らないよう固定し、電機子に3Vの電圧を加えると、定格電流と同じ1Aの電機子電流が流れた。次に、電機子回路を開放した状態で、回転子を定格回転数で駆動すると、電機子に15Vの電圧が発生した。この小形直流発電機の定格運転時の効率の値[%]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、ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視できるものとし、損失は電機子巻線の銅損しか存在しないものとする。

- (1) 70      (2) 75      (3) 80      (4) 85      (5) 90

$$V = E + r_a I_a = 0 + r_a \times 1 \text{ A} = 3 \text{ V} \rightarrow r_a = 3 \Omega$$

<定格運転時>

$$V_n = E_n - r_a I_a = 15 - 3 \times 1 = 12 \text{ V}$$

$$P_{out} = V_n I_a = 12 \times 1 = 12 \text{ W}$$

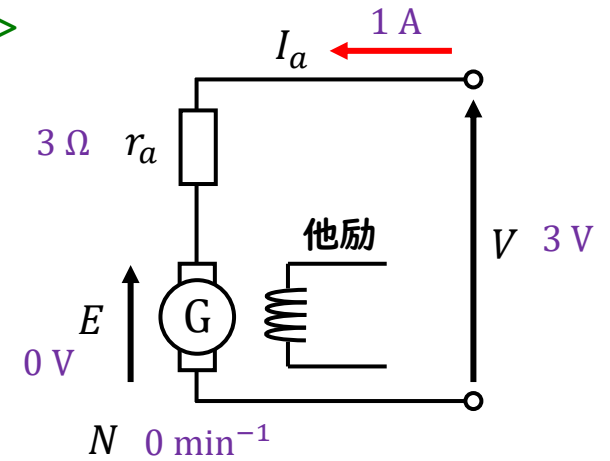
$$P_a = r_a I_a^2 = 3 \times 1^2 = 3 \text{ W}$$

$$\text{効率} \eta = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

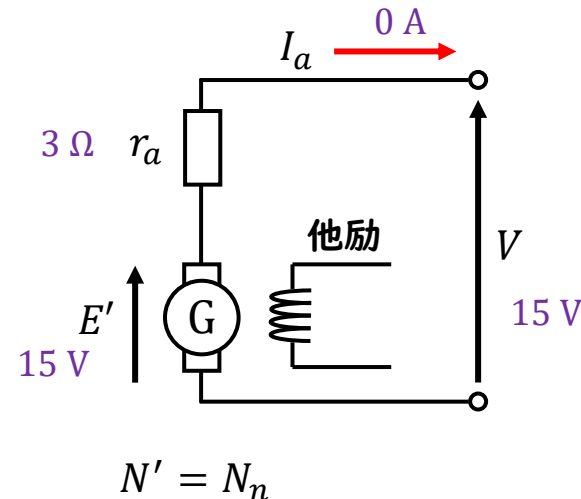
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_a} = \frac{12}{12 + 3} = 0.8 \rightarrow 80 \%$$

<始動時>

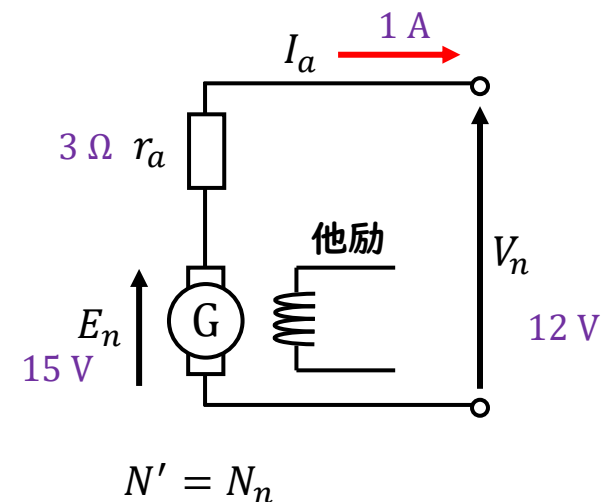
$E = K_1 \phi N$ より  
 $N = 0$ だと  
 $E = 0$ となる



<無負荷運転時>



<定格運転時>



# H30 問1

問1 界磁磁束を一定に保った直流電動機において、 $0.5\ \Omega$ の抵抗値をもつ電機子巻線と直列に始動抵抗(可変抵抗)が接続されている。この電動機を内部抵抗が無視できる電圧  $200\ \text{V}$  の直流電源に接続した。静止状態で電源に接続した直後の電機子電流は  $100\ \text{A}$  であった。

この電動機の始動後、徐々に回転速度が上昇し、電機子電流が  $50\ \text{A}$  まで減少した。トルクも半分に減少したので、電機子電流を  $100\ \text{A}$  に増やすため、直列可変抵抗の抵抗値を  $R_1[\Omega]$  から  $R_2[\Omega]$  に変化させた。 $R_1$  及び  $R_2$  の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、ブラシによる電圧降下、始動抵抗を調整する間の速度変化、電機子反作用及びインダクタンスの影響は無視できるものとする。

	$R_1$	$R_2$
(1)	2.0	1.0
(2)	4.0	2.0
(3)	1.5	1.0
(4)	1.5	0.5
(5)	3.5	1.5

# H30 問1

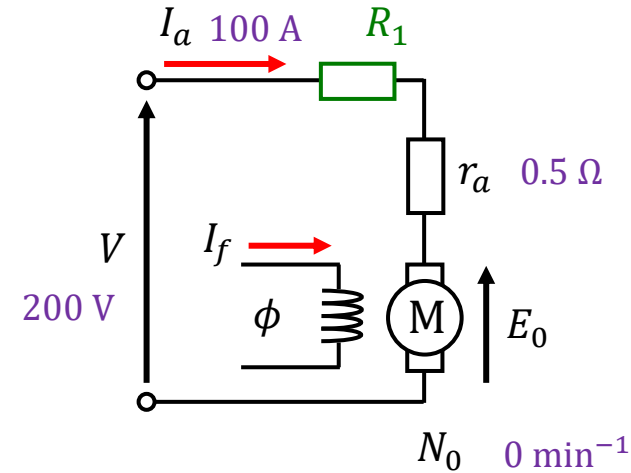
問1 界磁磁束を一定に保った直流電動機において、 $0.5\ \Omega$ の抵抗値をもつ電機子巻線と直列に始動抵抗(可変抵抗)が接続されている。この電動機を内部抵抗が無視できる電圧  $200\ \text{V}$  の直流電源に接続した。静止状態で電源に接続した直後の電機子電流は  $100\ \text{A}$  であった。

この電動機の始動後、徐々に回転速度が上昇し、電機子電流が  $50\ \text{A}$  まで減少した。トルクも半分に減少したので、電機子電流を  $100\ \text{A}$  に増やすため、直列可変抵抗の抵抗値を  $R_1[\Omega]$  から  $R_2[\Omega]$  に変化させた。 $R_1$  及び  $R_2$  の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

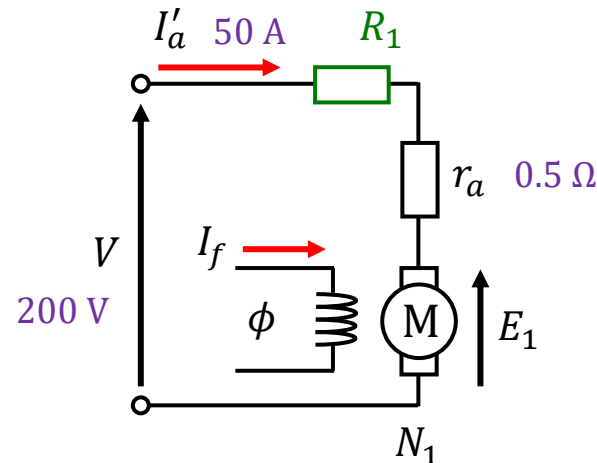
ただし、ブラシによる電圧降下、始動抵抗を調整する間の速度変化、電機子反作用及びインダクタンスの影響は無視できるものとする。

	$R_1$	$R_2$
(1)	2.0	1.0
(2)	4.0	2.0
(3)	1.5	1.0
(4)	1.5	0.5
(5)	3.5	1.5

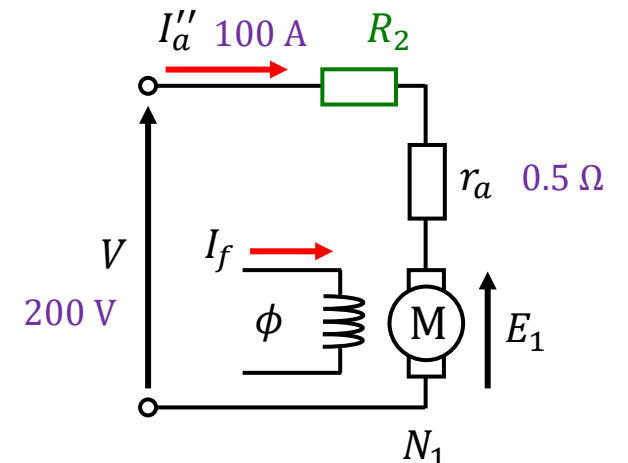
## <始動時>



## <速度上昇>



## <抵抗 ( $R_1 \rightarrow R_2$ ) 変更直後>



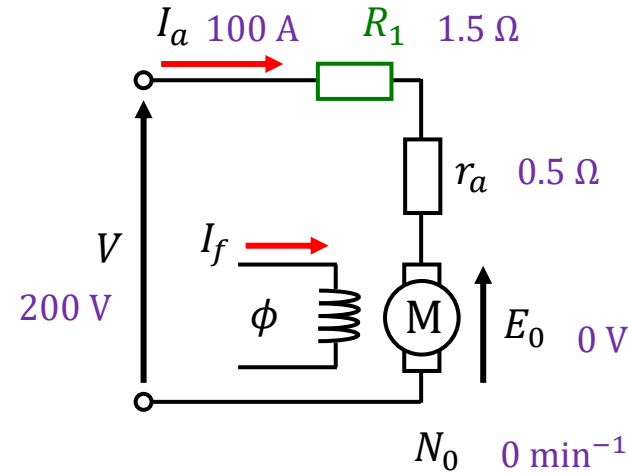
# H30 問1

問1 界磁磁束を一定に保った直流電動機において、 $0.5\ \Omega$ の抵抗値をもつ電機子巻線と直列に始動抵抗(可変抵抗)が接続されている。この電動機を内部抵抗が無視できる電圧  $200\ \text{V}$  の直流電源に接続した。静止状態で電源に接続した直後の電機子電流は  $100\ \text{A}$  であった。

この電動機の始動後、徐々に回転速度が上昇し、電機子電流が  $50\ \text{A}$  まで減少した。トルクも半分に減少したので、電機子電流を  $100\ \text{A}$  に増やすため、直列可変抵抗の抵抗値を  $R_1[\Omega]$  から  $R_2[\Omega]$  に変化させた。 $R_1$  及び  $R_2$  の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、ブラシによる電圧降下、始動抵抗を調整する間の速度変化、電機子反作用及びインダクタンスの影響は無視できるものとする。

## <始動時>



	$R_1$	$R_2$
(1)	2.0	1.0
(2)	4.0	2.0
(3)	1.5	1.0
(4)	1.5	0.5
(5)	3.5	1.5

$E = K_1 \phi N$  より  
 $N = 0$  だと  
 $E = 0$  となる

## <始動時>

$$V = E_0 + (r_a + R_1)I_a \rightarrow r_a + R_1 = \frac{V - E_0}{I_a}$$

$$r_a + R_1 = \frac{V - E_0}{I_a} = \frac{200 - 0}{100} = 2\ \Omega \rightarrow R_1 = 2 - 0.5 = 1.5\ \Omega$$

## <速度上昇>

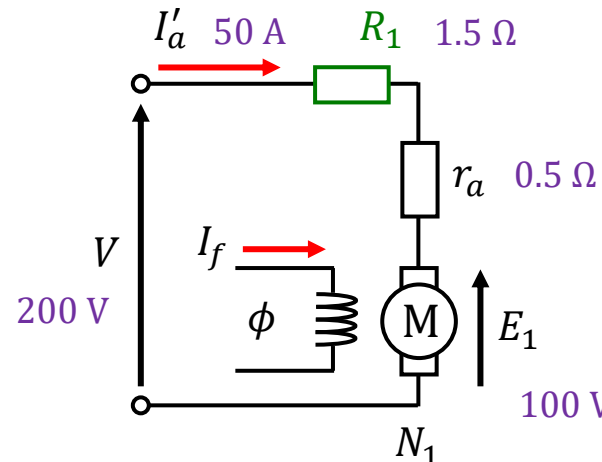
$$E_1 = V - (r_a + R_1)I'_a = 200 - 2 \times 50 = 100\ \text{V}$$

## <抵抗 ( $R_1 \rightarrow R_2$ ) 変更直後>

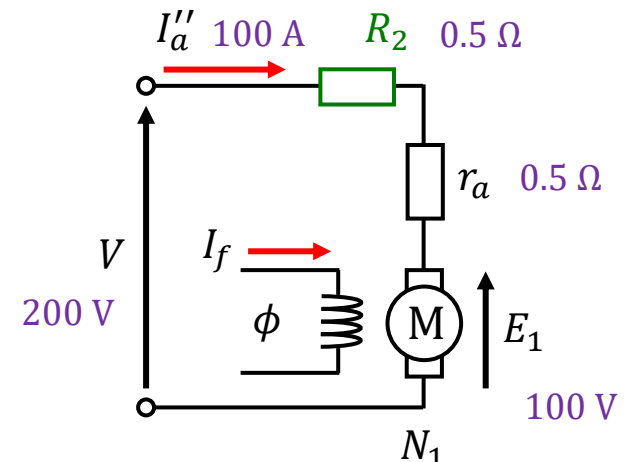
$$E_1 = V - (r_a + R_2)I''_a \rightarrow r_a + R_2 = \frac{V - E_1}{I''_a} = \frac{200 - 100}{100} = 1\ \Omega$$

$$R_2 = 1 - 0.5 = 0.5\ \Omega$$

## <速度上昇>



## <抵抗 ( $R_1 \rightarrow R_2$ ) 変更直後>



# H24 問2

問2 直流他励電動機の電機子回路に直列抵抗  $0.8 [\Omega]$  を接続して電圧  $120 [V]$  の直流電源で始動したところ、始動直後の電機子電流は  $120 [A]$  であった。電機子電流が  $40 [A]$  になったところで直列抵抗を  $0.3 [\Omega]$  に切り換えた。インダクタンスが無視でき、電流が瞬時に変化するものとして、切り換え直後の電機子電流  $[A]$  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、切り換え時に電動機の回転速度は変化しないものとする。また、ブラシによる電圧降下及び電機子反作用はないものとし、電源電圧及び界磁電流は一定とする。

- (1) 60      (2) 80      (3) 107      (4) 133      (5) 240

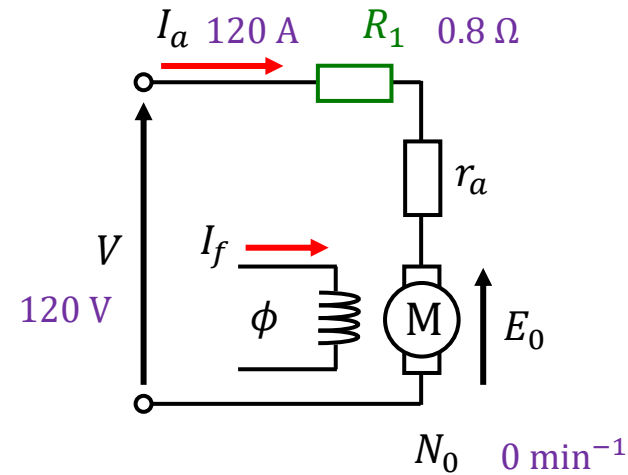
# H24 問2

問2 直流他励電動機の電機子回路に直列抵抗  $0.8 [\Omega]$  を接続して電圧  $120 [V]$  の直流電源で始動したところ、始動直後の電機子電流は  $120 [A]$  であった。電機子電流が  $40 [A]$  になったところで直列抵抗を  $0.3 [\Omega]$  に切り換えた。インダクタンスが無視でき、電流が瞬時に変化するものとして、切り換え直後の電機子電流  $[A]$  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。

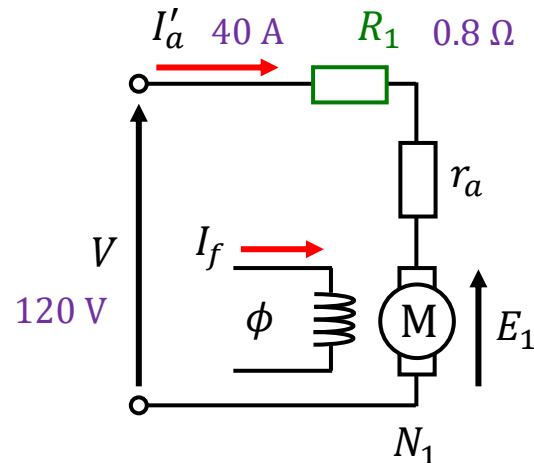
ただし、切り換え時に電動機の回転速度は変化しないものとする。また、ブラシによる電圧降下及び電機子反作用はないものとし、電源電圧及び界磁電流は一定とする。

- (1) 60      (2) 80      (3) 107      (4) 133      (5) 240

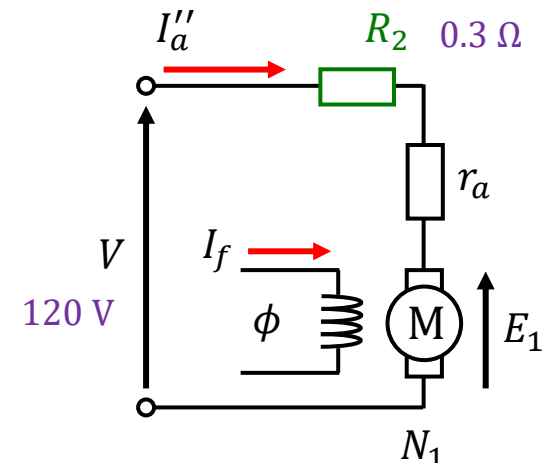
<始動時>



<速度上昇>



<抵抗 ( $R_1 \rightarrow R_2$ ) 変更直後>



# H24 問2

問2 直流他励電動機の電機子回路に直列抵抗  $0.8 [\Omega]$  を接続して電圧  $120 [\text{V}]$  の直流電源で始動したところ、始動直後の電機子電流は  $120 [\text{A}]$  であった。電機子電流が  $40 [\text{A}]$  になったところで直列抵抗を  $0.3 [\Omega]$  に切り換えた。インダクタンスが無視でき、電流が瞬時に変化するものとして、切り換え直後の電機子電流  $[\text{A}]$  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、切り換え時に電動機の回転速度は変化しないものとする。また、ブラシによる電圧降下及び電機子反作用はないものとし、電源電圧及び界磁電流は一定とする。

- (1) 60    (2) 80    (3) 107    (4) 133    (5) 240

<始動時>

$$V = E_0 + (r_a + R_1)I_a \rightarrow r_a + R_1 = \frac{V - E_0}{I_a}$$

$$r_a + R_1 = \frac{120 - 0}{120} = 1 \Omega \rightarrow r_a = 1 - 0.8 = 0.2 \Omega$$

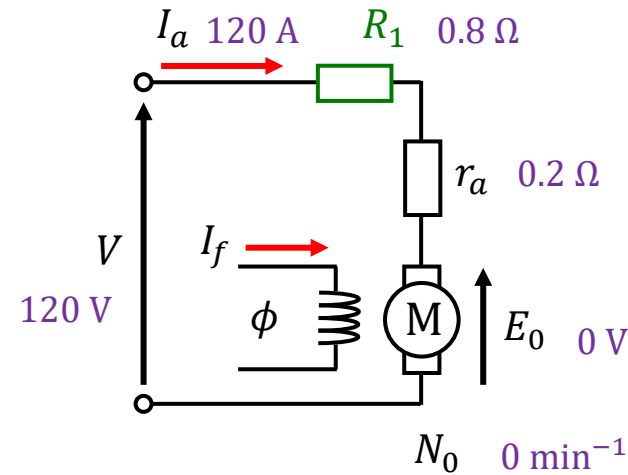
<速度上昇>

$$E_1 = V - (r_a + R_1)I'_a = 120 - 1 \times 40 = 80 \text{ V}$$

<抵抗 ( $R_1 \rightarrow R_2$ ) 変更直後>

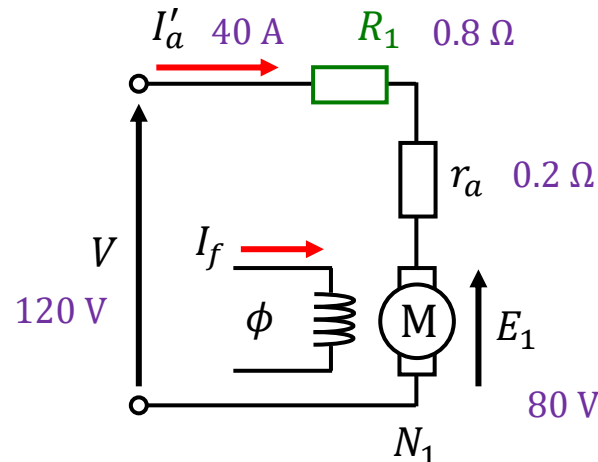
$$E_1 = V - (r_a + R_2)I''_a \rightarrow I''_a = \frac{V - E_1}{r_a + R_2} = \frac{120 - 80}{0.2 + 0.3} = \frac{40}{0.5} = 80 \text{ A}$$

<始動時>

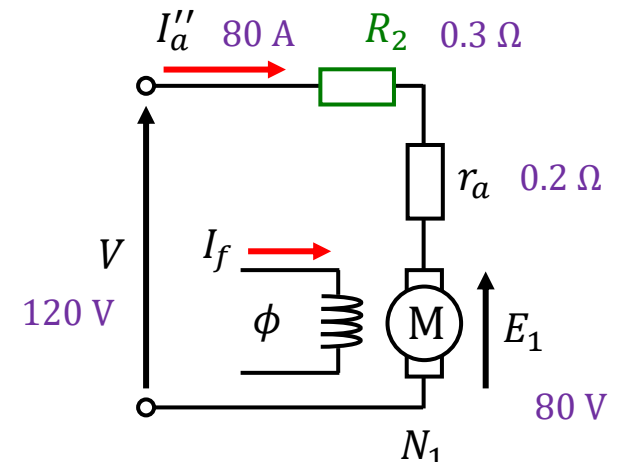


$E = K_1 \phi N$  より  
 $N = 0$  だと  
 $E = 0$  となる

<速度上昇>



<抵抗 ( $R_1 \rightarrow R_2$ ) 変更直後>



# H16 問1

定格出力2.2[kW]、定格回転速度1500[ $\text{min}^{-1}$ ]、定格電圧100[V]の直  
流分巻電動機がある。始動時の電機子電流を全負荷時の1.5倍に抑える  
ため電機子巻線に直列に挿入すべき抵抗[ $\Omega$ ]の値として、最も近いのは  
次のうちどれか。

ただし、全負荷時の効率は85[%]、電機子回路の抵抗は0.15[ $\Omega$ ]、界  
磁電流は2[A]とする。

- (1) 2.43    (2) 2.58    (3) 2.64    (4) 2.79    (5) 3.18

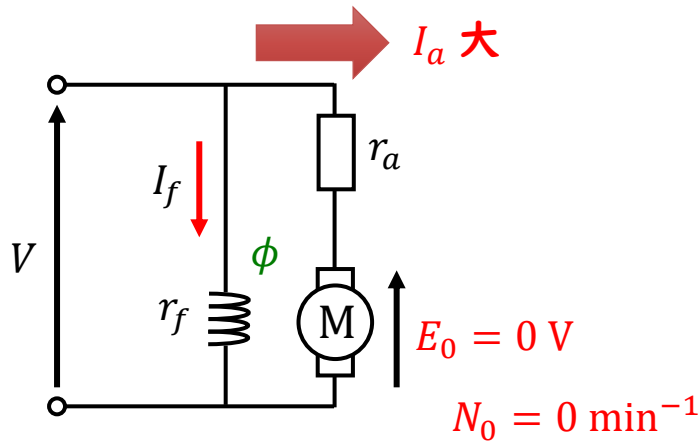
# H16 問1

定格出力2.2[kW]、定格回転速度1500[ $\text{min}^{-1}$ ]、定格電圧100[V]の直流分巻電動機がある。始動時の電機子電流を全負荷時の1.5倍に抑えるため電機子巻線に直列に挿入すべき抵抗[ $\Omega$ ]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

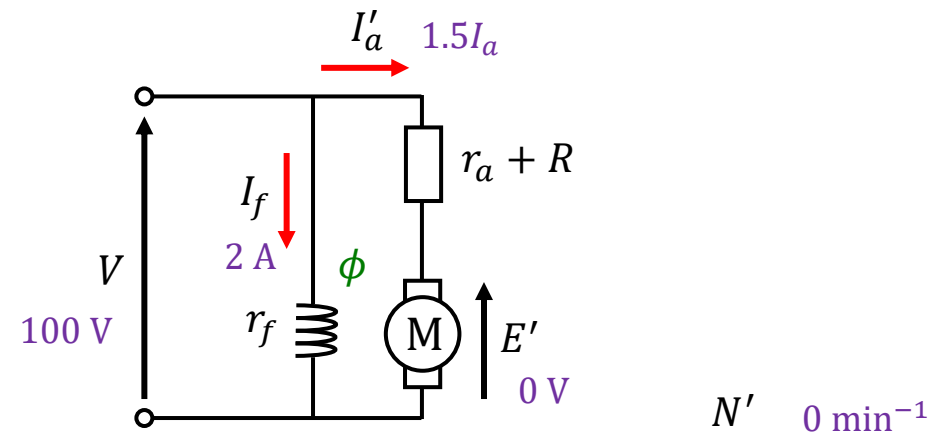
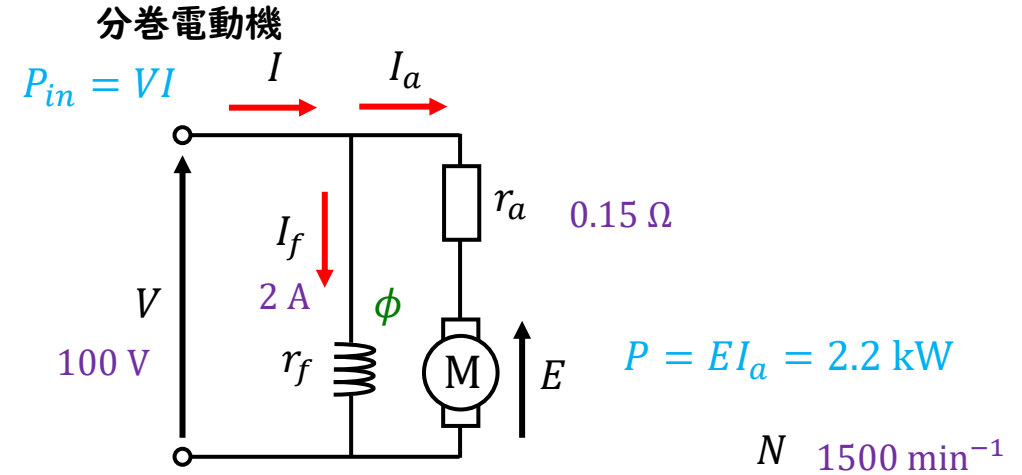
ただし、全負荷時の効率は85[%]、電機子回路の抵抗は0.15[ $\Omega$ ]、界磁電流は2[A]とする。

- (1) 2.43    (2) 2.58    (3) 2.64    (4) 2.79    (5) 3.18

<始動時>



電動機が回転していないと、誘導起電力が生じないため、始動時は電機子電流が増大する



# H16 問1

定格出力2.2[kW]、定格回転速度1500[ $\text{min}^{-1}$ ]、定格電圧100[V]の直流分巻電動機がある。始動時の電機子電流を全負荷時の1.5倍に抑えるため電機子巻線に直列に挿入すべき抵抗[ $\Omega$ ]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

ただし、全負荷時の効率は85[%]、電機子回路の抵抗は0.15[ $\Omega$ ]、界磁電流は2[A]とする。

- (1) 2.43    (2) 2.58    (3) 2.64    (4) 2.79    (5) 3.18

$$\eta = \frac{P}{P_{in}} = \frac{P}{VI} \rightarrow I = \frac{P}{\eta V} = \frac{2200}{0.85 \times 100} = 25.88 \text{ A}$$

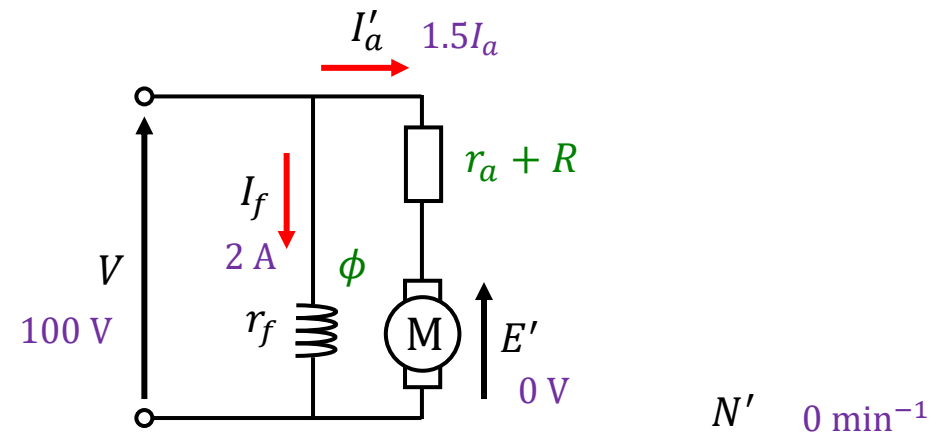
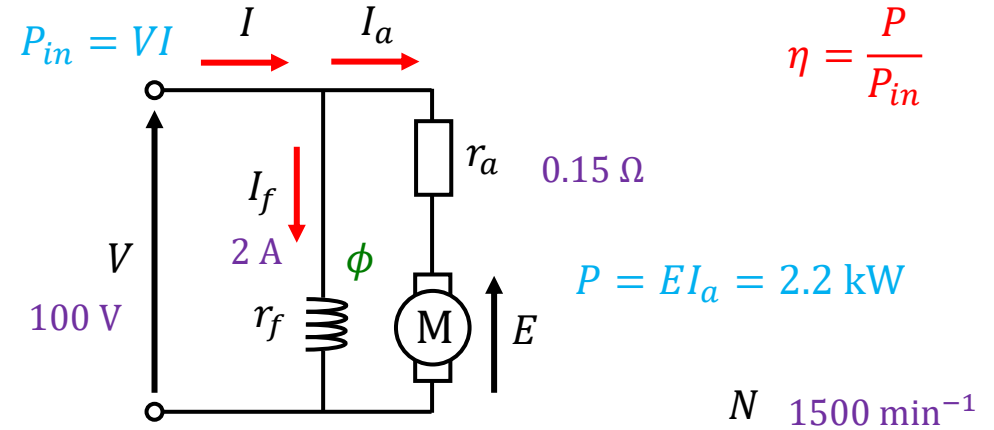
$$I = I_a + I_f \rightarrow I_a = I - I_f = 25.88 - 2 = 23.88 \text{ A}$$

$$V = E' + (r_a + R)I'_a = 0 + (r_a + R) \times 1.5I_a \rightarrow r_a + R = \frac{V}{1.5I_a}$$

$$r_a + R = \frac{100}{1.5 \times 23.88} = 2.79 \Omega$$

$$R = 2.79 - r_a = 2.79 - 0.15 = 2.64 \Omega$$

分巻電動機





ご聴講ありがとうございました!!