

電験二種/三種 オンライン講座

機械 直流機（Ⅰ）

R06下 問1

問1 長さ l [m]の導体を磁束密度 B [T]の磁束の方向と直角に置き、速度 v [m/s]で導体及び磁束に直角な方向に移動すると、導体にはフレミングの の法則により、 $e =$ [V]の誘導起電力が発生する。

1 極当たりの磁束が Φ [Wb]、磁極数が p 、電機子総導体数が Z 、巻線の並列回路数が a 、電機子の直径が D [m]なる直流機が回転速度 n [min⁻¹]で回転しているとき、周辺速度は $v = \pi D \frac{n}{60}$ [m/s]となり、直流機の正負のブラシ間には 本の導体が に接続されるので、電機子の誘導起電力 E は、 $E =$ [V]となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)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。

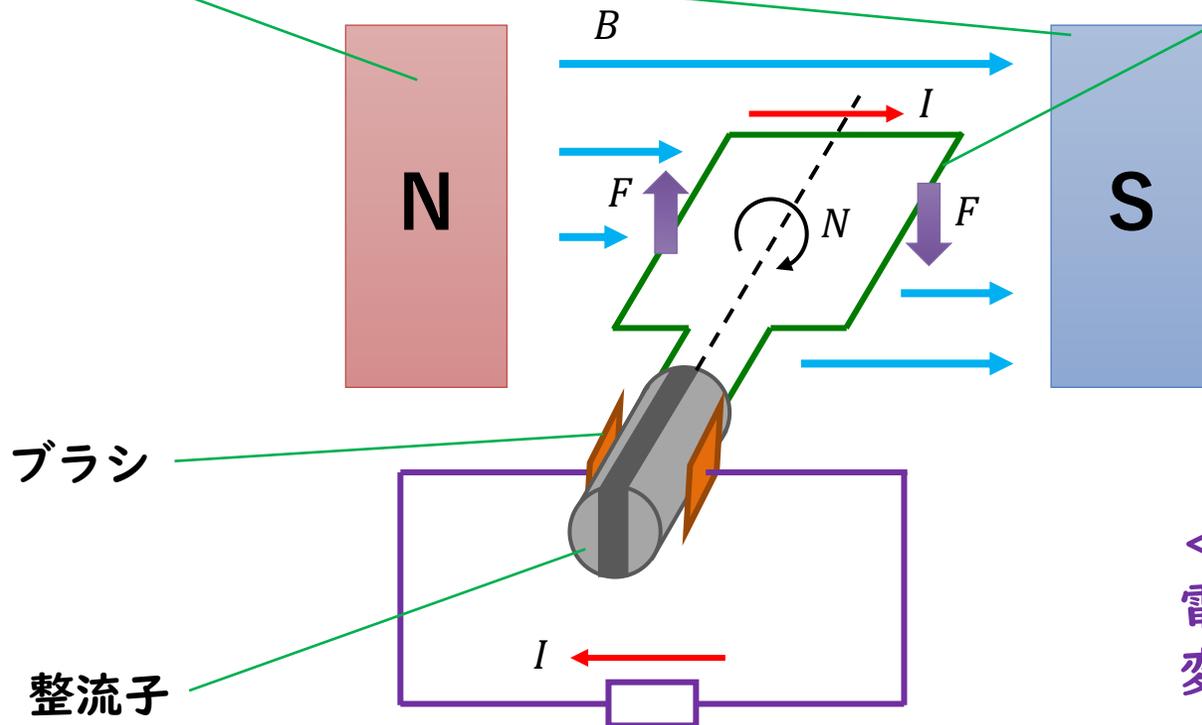
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	左手	$\frac{Bv}{l}$	$\frac{Z}{a}$	直列	$\frac{Z}{60pa} \Phi n$
(2)	左手	Blv	Za	直列	$\frac{pZa}{60} \Phi n$
(3)	右手	$\frac{Bv}{l}$	Za	並列	$\frac{pZa}{60} \Phi n$
(4)	右手	Blv	$\frac{a}{Z}$	並列	$\frac{pZ}{60a} \Phi n$
(5)	右手	Blv	$\frac{Z}{a}$	直列	$\frac{pZ}{60a} \Phi n$

直流機の構造

直流発電機

固定子
(界磁)

回転子
(電機子)



<直流発電機>

電機子の回転エネルギーを電気エネルギーに変える

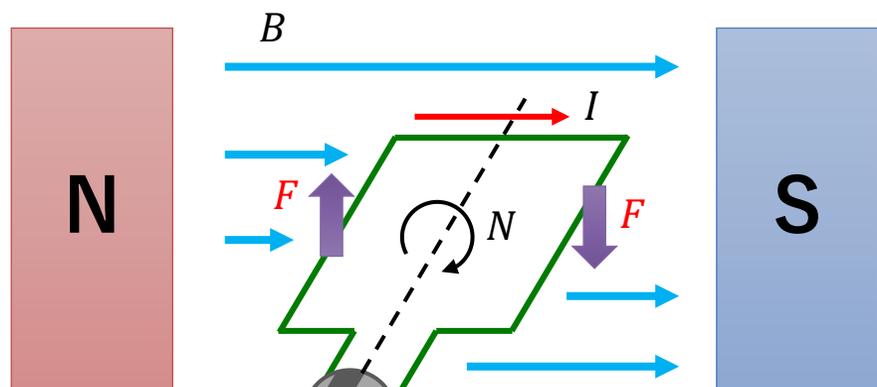
<直流電動機>

電機子に電気エネルギーを与え、回転させる

直流発電機と直流電動機



直流発電機 (力→電気)

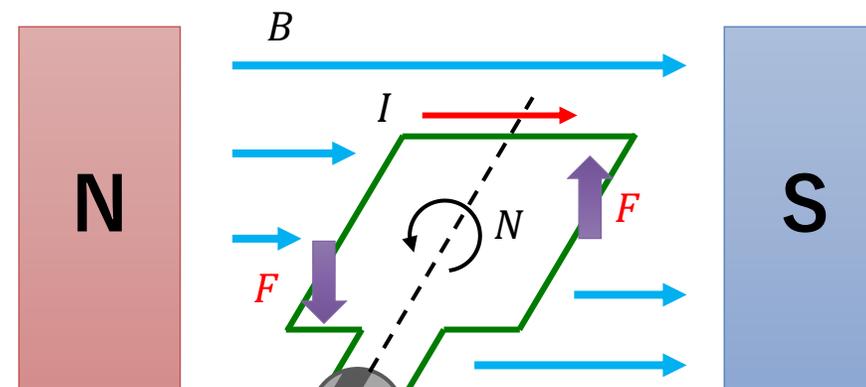


$$e = vBl$$

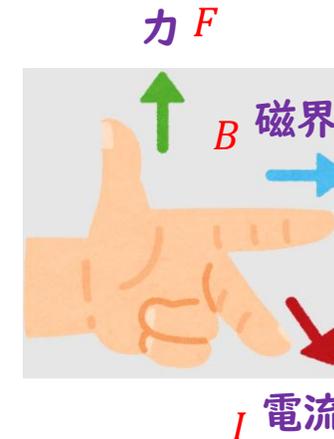


力による電流の向き：フレミングの右手則
 親指→力の向き
 人差し指→磁界の向き
 中指→電流の向き

直流電動機 (電気→力)



$$F = BIl$$

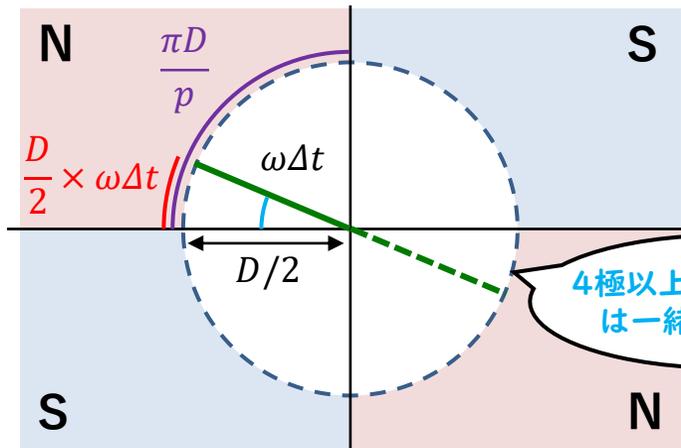


電流による力の向き：フレミングの左手則
 親指→力の向き
 人差し指→磁界の向き
 中指→電流の向き

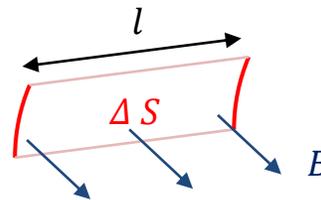
電機子の構造と誘導起電力



極数 $p = 4$

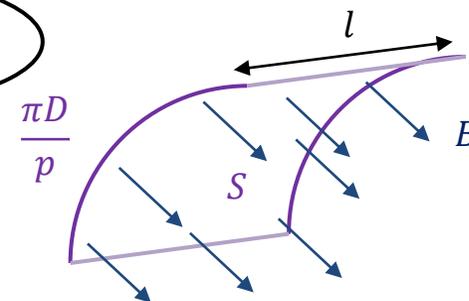


$$\frac{D}{2} \times \omega \Delta t$$



$$\Delta \phi = B \Delta S = Bl \times \frac{D}{2} \times \omega \Delta t$$

4極以上では向かい側は一緒に考えない

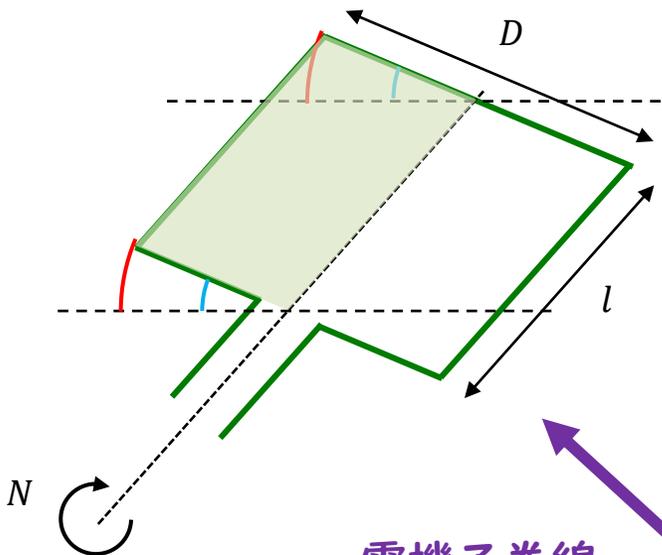


$$\phi = BS = \frac{\pi D l}{p} B \rightarrow B = \frac{p \phi}{\pi D l}$$

$$e = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{Bl \times \frac{D}{2} \times \omega \Delta t}{\Delta t} = \frac{BlD}{2} \omega = BlD \times \pi \frac{N}{60}$$

$$e = \frac{p \phi}{\pi D l} \times l D \times \pi \frac{N}{60} = \frac{p \phi N}{60} \quad \omega = 2\pi f = 2\pi \frac{N}{60}$$

$$\therefore e = \frac{p \phi N}{60}$$



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

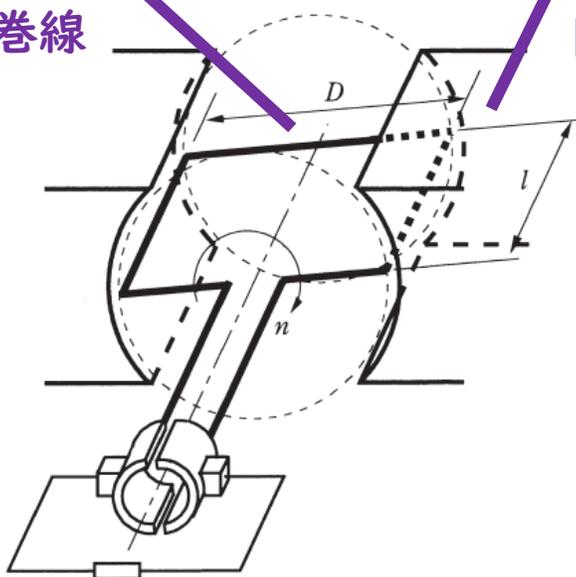
電機子の直径: D [m]
電機子の長さ: l [m]

回転速度: N [min^{-1}]
角速度: ω [rad/s]

磁束密度: B [Wb/m^2]
磁束: ϕ [Wb]

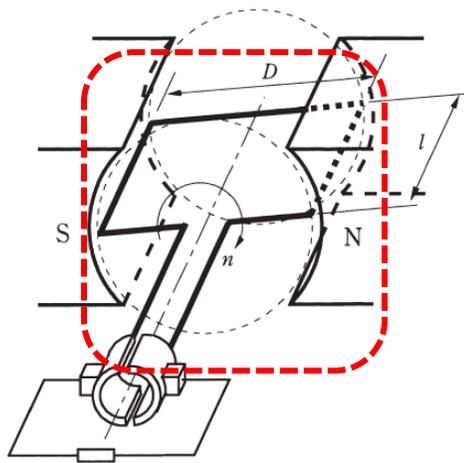
電機子巻線

固定子 (磁極)

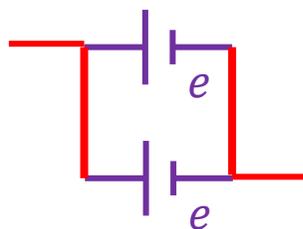
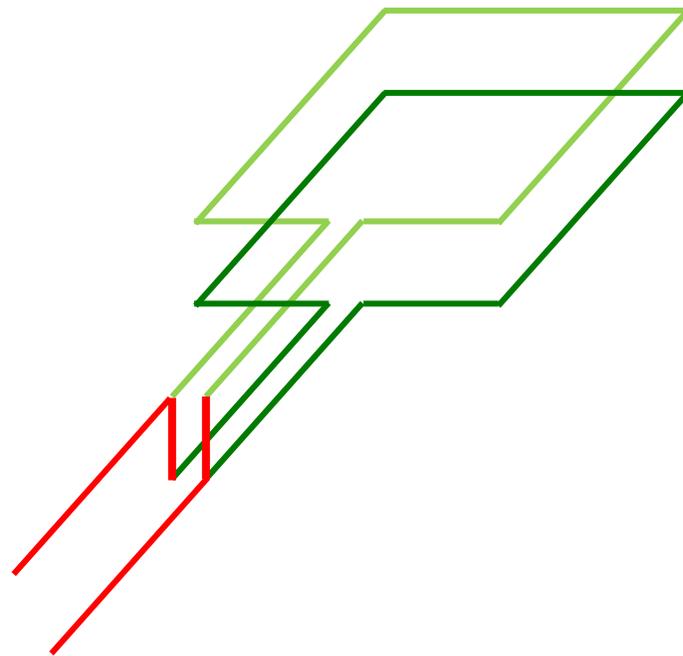
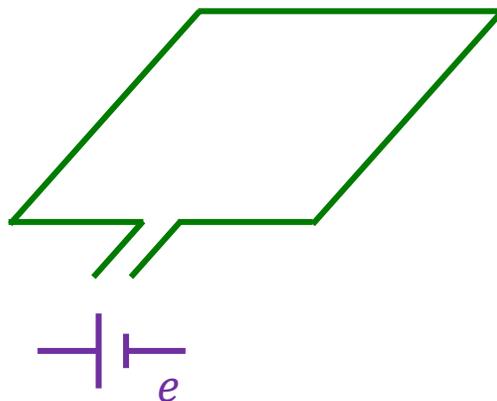


巻線と接続

電機子巻線の巻数を増やす場合、巻線同士の接続方法で発生する電圧が変化する

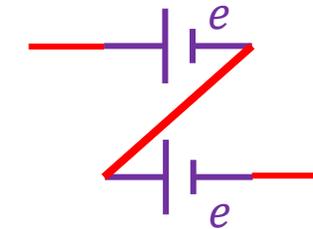
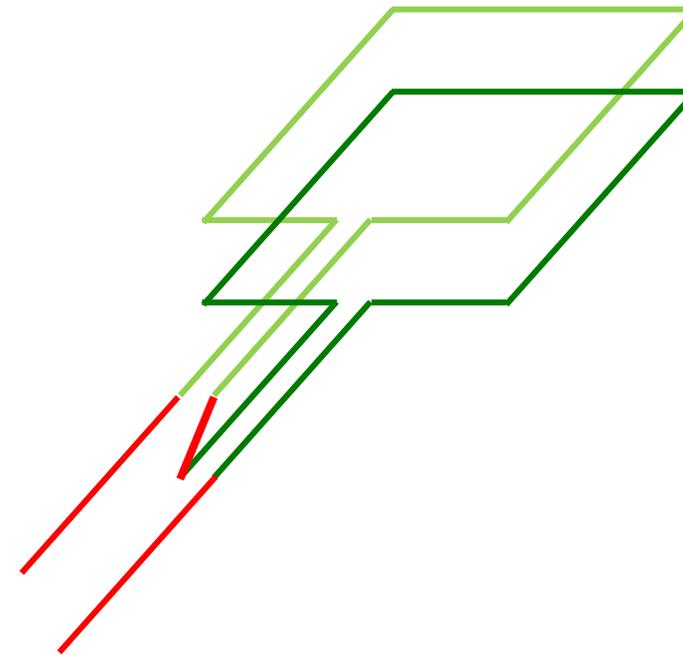


電機子巻線1つで
誘導起電力 e [V]が発生



並列接続

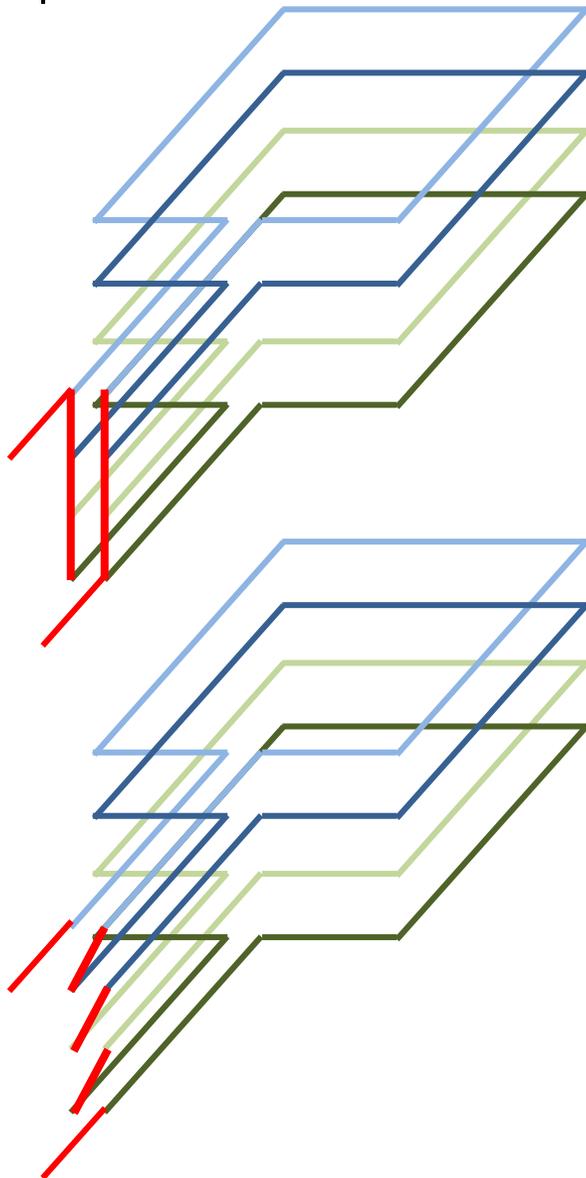
$$E = e \text{ [V]}$$



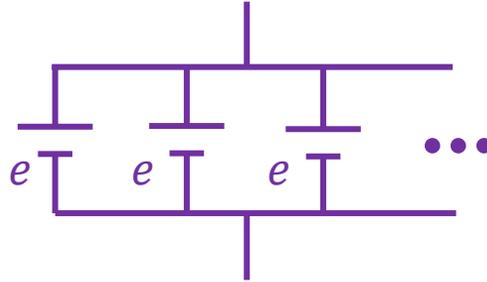
直列接続

$$E = 2e \text{ [V]}$$

重ね巻と波巻



並列接続



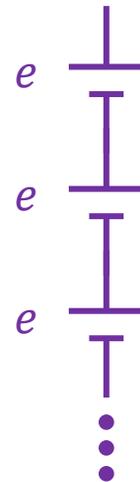
電機子巻線の巻数を Z としたとき
発生する誘導起電力 E は

$$e = \frac{p\phi N}{60} \rightarrow E = \frac{Z}{a} e$$

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

回転速度： N [min^{-1}]
極数： p
磁束： ϕ [Wb]
巻数（回路数）： Z
並列数： a

直列接続



<重ね巻>

- ・並列数を極数と同じ($a = p$)にしたもの
- ・並列数が多いので大きな電流が得られる

<波巻>

- ・並列数を2($a = 2$)としたもの
- ・直列数が多いので大きな電圧が得られる

R06下 問1

問1 長さ l [m] の導体を磁束密度 B [T] の磁束の方向と直角に置き、速度 v [m/s] で導体及び磁束に直角な方向に移動すると、導体にはフレミングの の法則により、 $e =$ [V] の誘導起電力が発生する。

1 極当たりの磁束が Φ [Wb]、磁極数が p 、電機子総導体数が Z 、巻線の並列回路数が a 、電機子の直径が D [m] なる直流機が回転速度 n [min^{-1}] で回転しているとき、周辺速度は $v = \pi D \frac{n}{60}$ [m/s] となり、直流機の正負のブラシ間には 本の導体が に接続されるので、電機子の誘導起電力 E は、 $E =$ [V] となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)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)	(オ)
(1)	左手	$\frac{Bv}{l}$	$\frac{Z}{a}$	直列	$\frac{Z}{60pa} \Phi n$
(2)	左手	Blv	Za	直列	$\frac{pZa}{60} \Phi n$
(3)	右手	$\frac{Bv}{l}$	Za	並列	$\frac{pZa}{60} \Phi n$
(4)	右手	Blv	$\frac{a}{Z}$	並列	$\frac{pZ}{60a} \Phi n$
(5)	右手	Blv	$\frac{Z}{a}$	直列	$\frac{pZ}{60a} \Phi n$

R06下 問1



力による電流の向き：フレミングの**右手則**
電流による力の向き：フレミングの**左手則**

この場合は導体に速度を与えるので力により電流（誘導起電力）が生じるので『**右手**』

電池を並列につないでも電圧は増えないのと同じ、直列接続で電圧は変化する

問1 長さ l [m]の導体を磁束密度 B [T]の磁束の方向と直角に置き、速度 v [m/s]で導体及び磁束に直角な方向に移動すると、導体にはフレミングの (ア) **右手** の法則により、 $e =$ (イ) Blv の誘導起電力が発生する。

1 極当たりの磁束が Φ [Wb]、磁極数が p 、電機子総導体数が Z 、巻線の並列回路数が a 、電機子の直径が D [m]なる直流機が回転速度 n [min⁻¹]で回転していると

き、周辺速度は $v = \pi D \frac{n}{60}$ [m/s]となり、直流機の正負のブラシ間には (ウ) Z/a

本の導体が (エ) **直列** に接続されるので、電機子の誘導起電力 E は、 $E =$ (オ) $\frac{pZ}{60a} \Phi n$ [V]となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)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)	(オ)
(1)	左 手	$\frac{Bv}{l}$	$\frac{Z}{a}$	直 列	$\frac{Z}{60pa} \Phi n$
(2)	左 手	Blv	Za	直 列	$\frac{pZa}{60} \Phi n$
(3)	右 手	$\frac{Bv}{l}$	Za	並 列	$\frac{pZa}{60} \Phi n$
(4)	右 手	Blv	$\frac{a}{Z}$	並 列	$\frac{pZ}{60a} \Phi n$
(5)	右 手	Blv	$\frac{Z}{a}$	直 列	$\frac{pZ}{60a} \Phi n$

R05上 問1 (H24 問1)



問1 次の文章は、直流機の構造に関する記述である。

直流機の構造は、固定子と回転子とからなる。固定子は、，継鉄などによって、また、回転子は、，整流子などによって構成されている。

電機子鉄心は、 磁束が通るため、 が用いられている。また、電機子巻線を収めるための多数のスロットが設けられている。

六角形(亀甲形)の形状の電機子巻線は、そのコイル辺を電機子鉄心のスロットに挿入する。各コイル相互のつなぎ方には、 と波巻とがある。直流機では、同じスロットにコイル辺を上下に重ねて2個ずつ入れた二層巻としている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)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)	(オ)
(1)	界磁	電機子	交番	積層鉄心	重ね巻
(2)	界磁	電機子	交番	鑄鉄	直列巻
(3)	界磁	電機子	一定の	積層鉄心	直列巻
(4)	電機子	界磁	交番	鑄鉄	重ね巻
(5)	電機子	界磁	一定の	積層鉄心	直列巻

R05上 問1

問1 次の文章は、直流機の構造に関する記述である。

直流機の構造は、固定子と回転子とからなる。固定子は、(ア) ^{界磁}、継鉄などによって、また、回転子は、(イ) ^{電機子}、整流子などによって構成されている。

電機子鉄心は、(ウ) ^{交番} 磁束が通るため、(エ) ^{積層鉄心} が用いられている。また、電機子巻線を収めるための多数のスロットが設けられている。

六角形(亀甲形)の形状の電機子巻線は、そのコイル辺を電機子鉄心のスロットに挿入する。各コイル相互のつなぎ方には、(オ) ^{重ね巻} と波巻とがある。直流機では、同じスロットにコイル辺を上下に重ねて2個ずつ入れた二層巻としている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)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)	(オ)
(1)	界 磁	電機子	交 番	積層鉄心	重ね巻
(2)	界 磁	電機子	交 番	鑄 鉄	直列巻
(3)	界 磁	電機子	一定の	積層鉄心	直列巻
(4)	電機子	界 磁	交 番	鑄 鉄	重ね巻
(5)	電機子	界 磁	一定の	積層鉄心	直列巻

<覚えておくべきポイント>

(直流機) 固定子：界磁 回転子：電機子

(同期機) 固定子：電機子 回転子：界磁

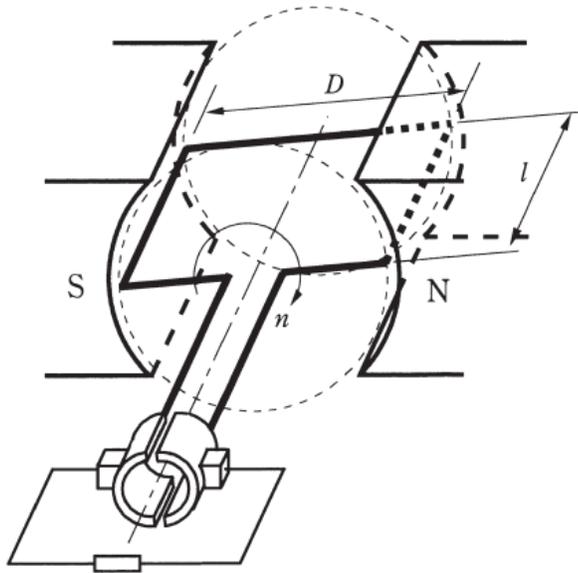
(ブラシレスDCモータ) 固定子：電機子 回転子：界磁

時間的に変化する磁界だから電流が起電力が発生する
一定の磁界(磁束)では起電力は発生しない

重ね巻と波巻 2つセットで覚える!

H25 問2

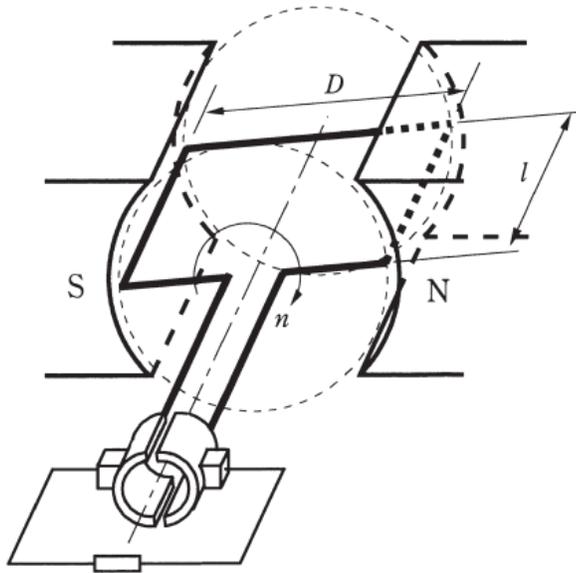
問2 図は、磁極数が2の直流発電機を模式的に表したものである。電機子巻線については、1巻き分のコイルを示している。電機子の直径 D は 0.5 [m]、電機子導体の有効長 l は 0.3 [m]、ギャップの磁束密度 B は、図の状態のように電機子導体が磁極の中心付近にあるとき一定で 0.4 [T]、回転速度 n は 1200 [min^{-1}] である。図の状態におけるこの1巻きのコイルに誘導される起電力 e [V] の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 2.40 (2) 3.77 (3) 7.54 (4) 15.1 (5) 452

H25 問2

問2 図は、磁極数が2の直流発電機を模式的に表したものである。電機子巻線については、1巻き分のコイルを示している。電機子の直径 D は 0.5 [m]、電機子導体の有効長 l は 0.3 [m]、ギャップの磁束密度 B は、図の状態のように電機子導体が磁極の中心付近にあるとき一定で 0.4 [T]、回転速度 n は 1200 [min^{-1}] である。図の状態におけるこの1巻きのコイルに誘導される起電力 e [V] 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。



$e = \frac{p\phi N}{60}$ を用いる

$$\phi = BS = B \times \frac{1}{p} \times \pi \times D \times l = \frac{\pi BDl}{p}$$

電機子巻線の軌道が作る円筒の表面積

磁束を考慮する範囲は極数で割る

$$e = \frac{p\phi N}{60} = \frac{pN}{60} \times \frac{\pi BDl}{p} \times 2 = BDl \times \pi \times \frac{N}{60} \times 2$$

S側の辺とN側の辺が磁束を切るの2倍

$$e = 0.4 \times 0.5 \times 0.3 \times 2\pi \times \frac{1200}{60} = 7.536 \text{ V}$$

- (1) 2.40 (2) 3.77 (3) 7.54 (4) 15.1 (5) 452

H27 問1

問1 4極の直流電動機が電機子電流 250 A、回転速度 1200 min^{-1} で一定の出力で運転されている。電機子導体は波巻であり、全導体数が 258、1極当たりの磁束が 0.020 Wb であるとき、この電動機の出力の値 [kW] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、波巻の並列回路数は 2 である。また、ブラシによる電圧降下は無視できるものとする。

- (1) 8.21 (2) 12.9 (3) 27.5 (4) 51.6 (5) 55.0

H27 問1

問1 4極の直流電動機が電機子電流 250 A、回転速度 1200 min^{-1} で一定の出力で運転されている。電機子導体は波巻であり、全導体数が 258、1極当たりの磁束が 0.020 Wb であるとき、この電動機の出力の値 [kW] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、波巻の並列回路数は 2 である。また、ブラシによる電圧降下は無視できるものとする。

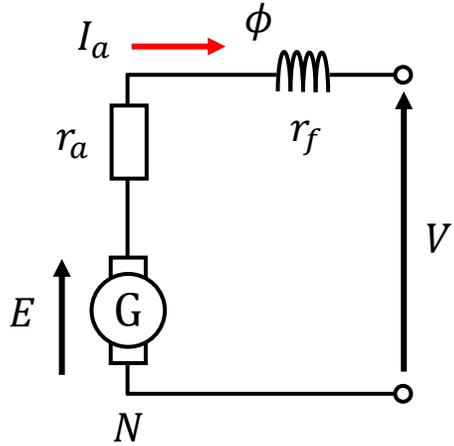
- (1) 8.21 (2) 12.9 (3) 27.5 (4) 51.6 (5) 55.0

$$E = \frac{z p \phi N}{a 60} = \frac{258}{2} \times \frac{4 \times 0.020 \times 1200}{60} = 206.4 \text{ V}$$

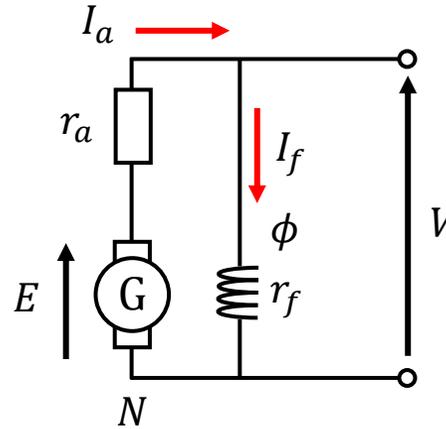
$$P = EI = 206.4 \times 250 = 51600 \text{ W} = 51.6 \text{ kW}$$

直流機の種類と等価回路

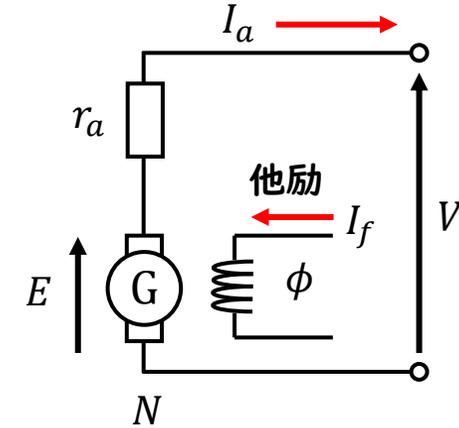
直巻発電機



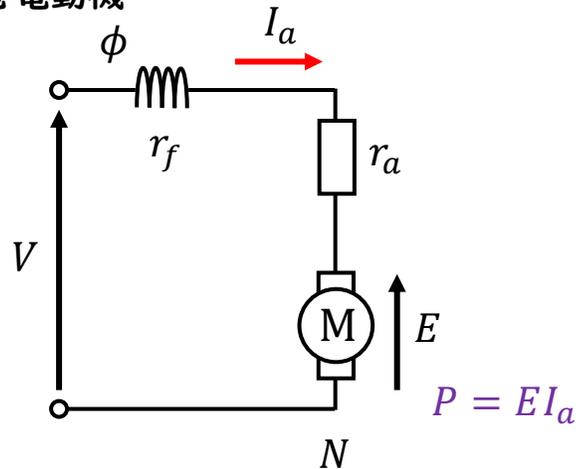
分巻発電機



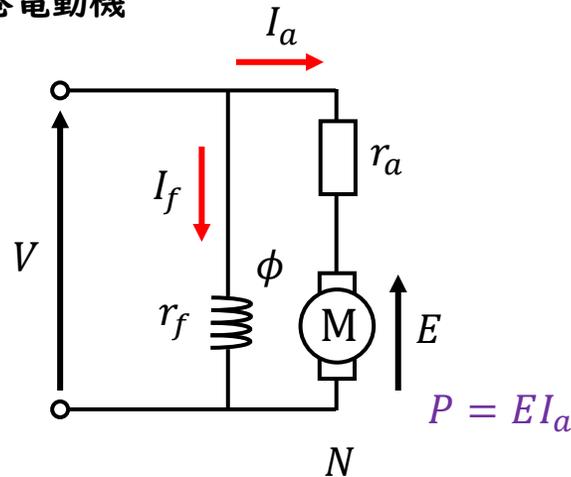
他励発電機



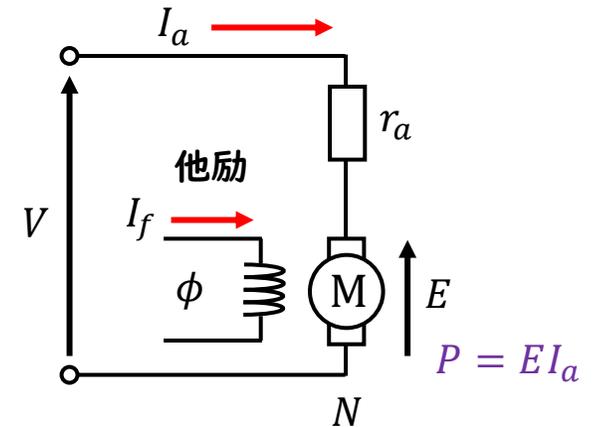
直巻電動機



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 [min^{-1}]
磁束： ϕ [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： ϕ [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： ω [rad/s]

角速度と回転速度の関係

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

回転速度： N [min^{-1}]
角速度： ω [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： ϕ [Wb]

R06下 問2

問2 界磁磁束を一定に保った直流電動機が、電機子電圧 24 V、電機子電流 3.0 A で一定速で駆動されている。このときの直流電動機の回転数は 1500 min^{-1} 、出力トルクは $0.4 \text{ N}\cdot\text{m}$ であった。この直流電動機の電機子巻線の抵抗値 $[\Omega]$ 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、考慮すべき損失は電機子巻線の銅損のみとする。

- (1) 1.0 (2) 2.3 (3) 3.1 (4) 4.5 (5) 6.9

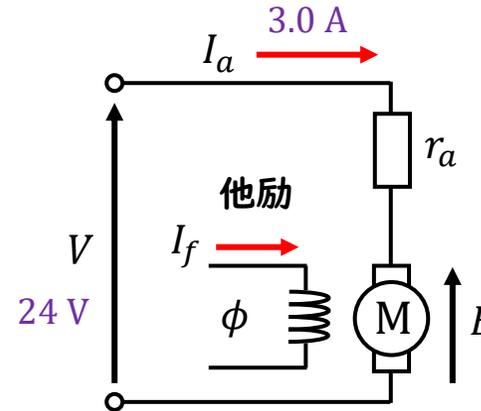
R06下 問2

問2 界磁磁束を一定に保った直流電動機が、電機子電圧 24 V、電機子電流 3.0 A で一定速で駆動されている。このときの直流電動機の回転数は 1500 min^{-1} 、出力トルクは $0.4 \text{ N}\cdot\text{m}$ であった。この直流電動機の電機子巻線の抵抗値 $[\Omega]$ 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、考慮すべき損失は電機子巻線の銅損のみとする。

- (1) 1.0 (2) 2.3 (3) 3.1 (4) 4.5 (5) 6.9

他励電動機



$$T = 0.4 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$N = 1500 \text{ min}^{-1}$$

$$P = EI_a$$

$$\omega T = P \rightarrow 2\pi \frac{N}{60} T = EI_a$$

$$\rightarrow E = 2\pi \frac{N}{60} \frac{T}{I_a} = 2\pi \frac{1500}{60} \times \frac{0.4}{3} = 20.93 \text{ V}$$

$$V = E + r_a I_a \rightarrow r_a = \frac{V - E}{I_a} = \frac{24 - 20.93}{3} = 1.02 \Omega$$

ご聴講ありがとうございました!!