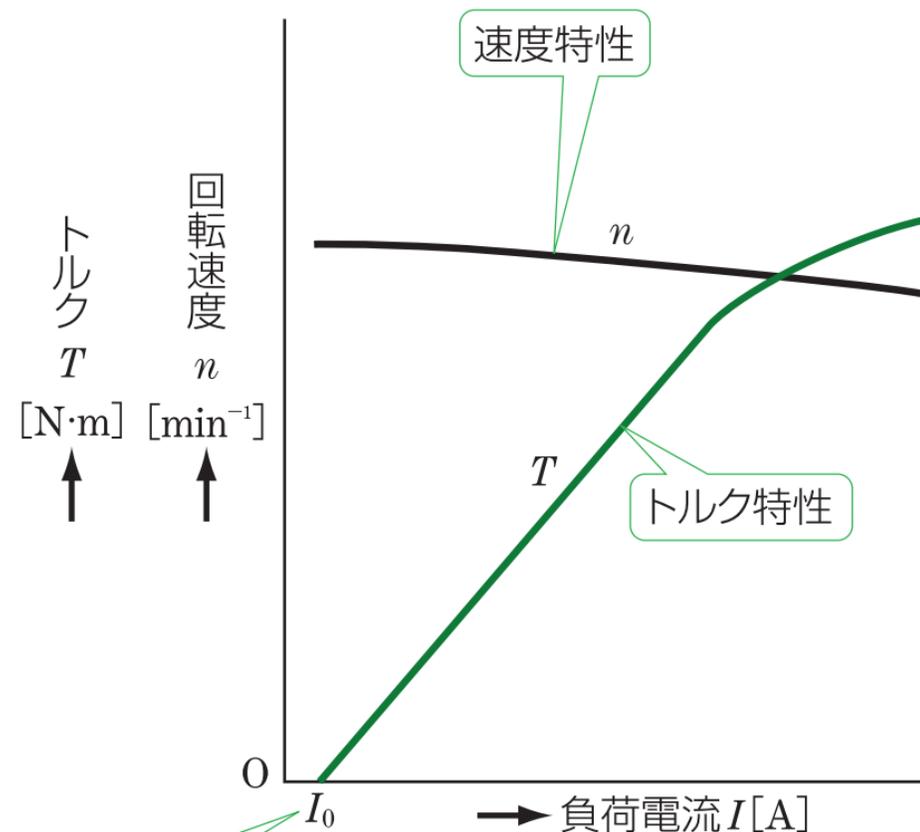
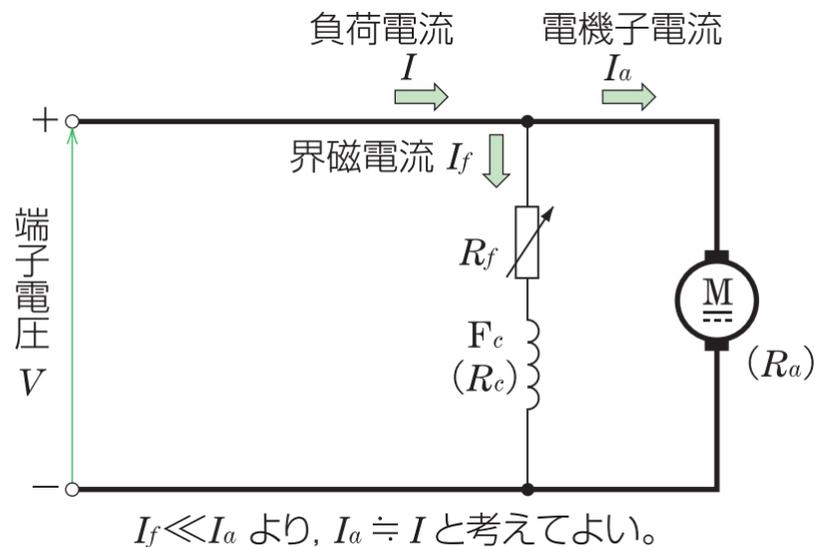


6月8日

1

分巻電動機の特⺗性

回⺗速度が一定な電動機は、定速度電動機とよばれる



(b) 特性曲線

▲ 図 6 分巻電動機の回路と特性

分巻電動機の特徴

$$E = \frac{Z}{a} p \Phi \frac{n}{60} = K_1 \Phi n$$

$$E = V - R_a I_a$$

電機子の回転速度 n [/min] は $n = \frac{V - R_a I_a}{K_1 \Phi}$

$R_a I_a$ [V] は端子電圧 V [V] に比べてかなり小さいので、図 6 (b) に示す n のように、ほぼ一定である。

このため、分巻電動機は定速度電動機と呼ばれる。

界磁磁束 ϕ を大きくすると回転数は、下がる。これは、トルクが大きくなる。

出力 = 回転数 \times トルクで、回転数もトルクも両方上げることはできない

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。

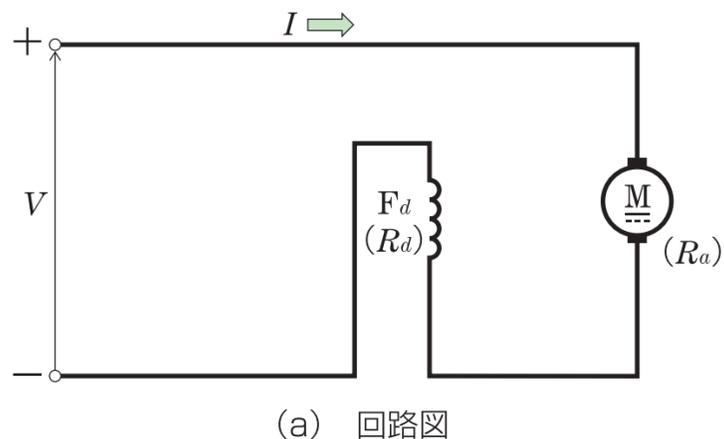
$$K_1 \phi = \frac{V - R_a I_a}{n} = \frac{100 - 0.2 \cdot 40}{1500} = \frac{92}{1500}$$

無負荷の時は I_a がゼロなので

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

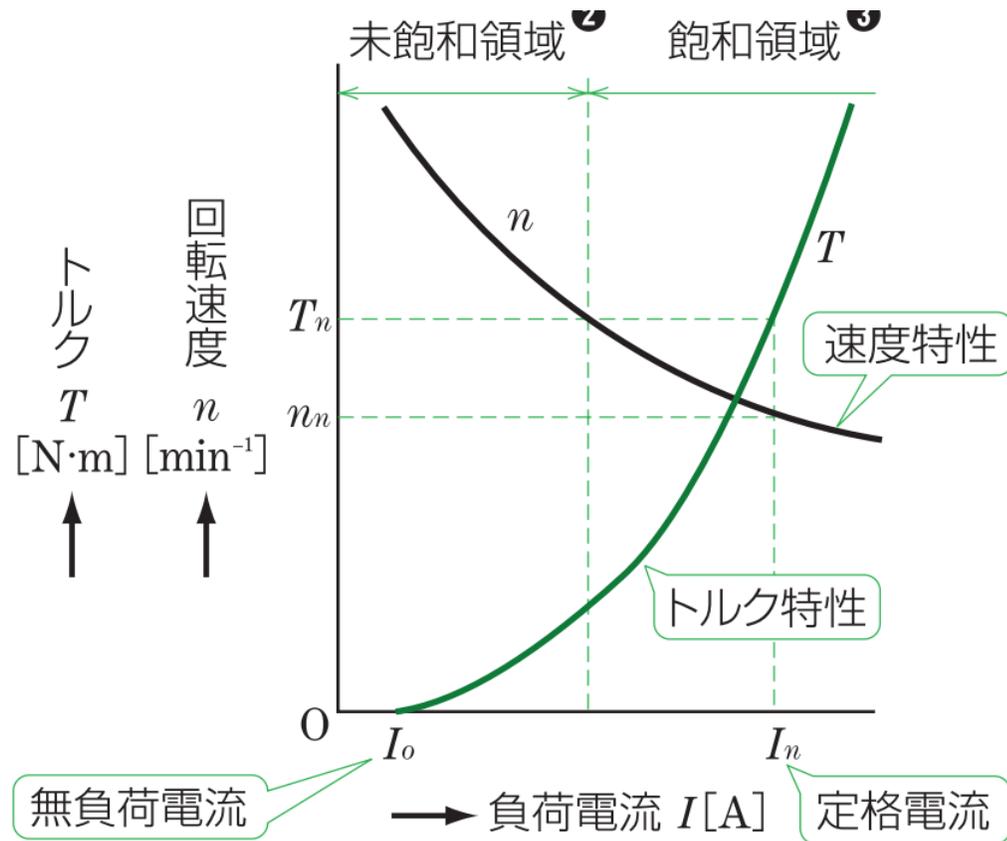
2

直巻電動機の特⺗



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

無負荷で運転すると高速回転になり、
危険である。



(b) 特性曲線

▲ 図 7 直巻電動機の回路と特性

直巻電動機の特徴

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

回転速度 n [/min]は、図 7 (b)に示すように、負荷電流 I [A]の増加に反比例して減少する。

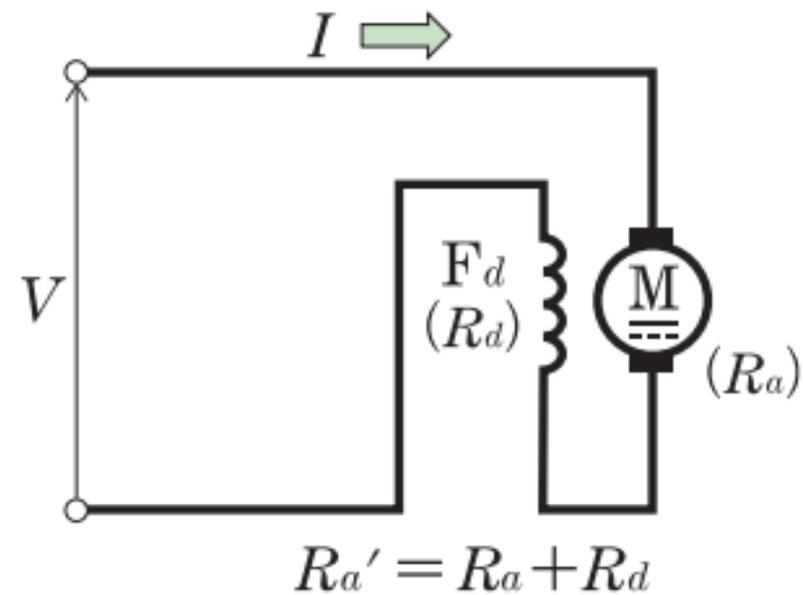
トルク特性
$$T = K_2 \Phi I = K_2' I^2$$

トルク T [N・m]は、負荷電流 I [A]の 2 乗に比例し、図 7 (b)に示すようになる。なお、飽和領域では界磁磁束 Φ [Wb]がほぼ一定であるので、トルク T [N・m]は、負荷電流 I [A] に比例する。直巻電動機は、始動時のトルクが大きいという特徴がある

例題2 教科書P 43

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 [1/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 [1/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。

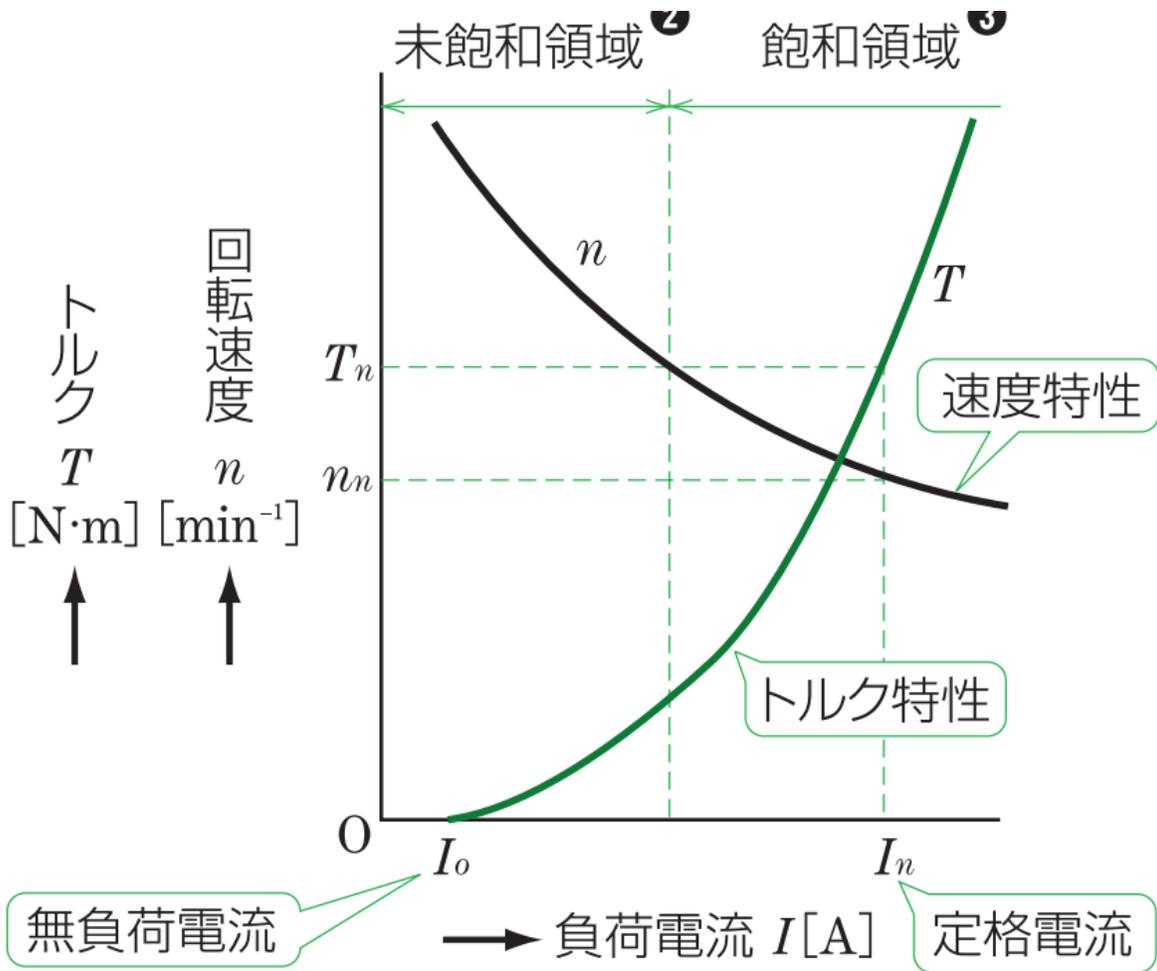
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{E_2}{E_1}$$

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

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

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

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

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

3

直流電動機の始動と速度制御

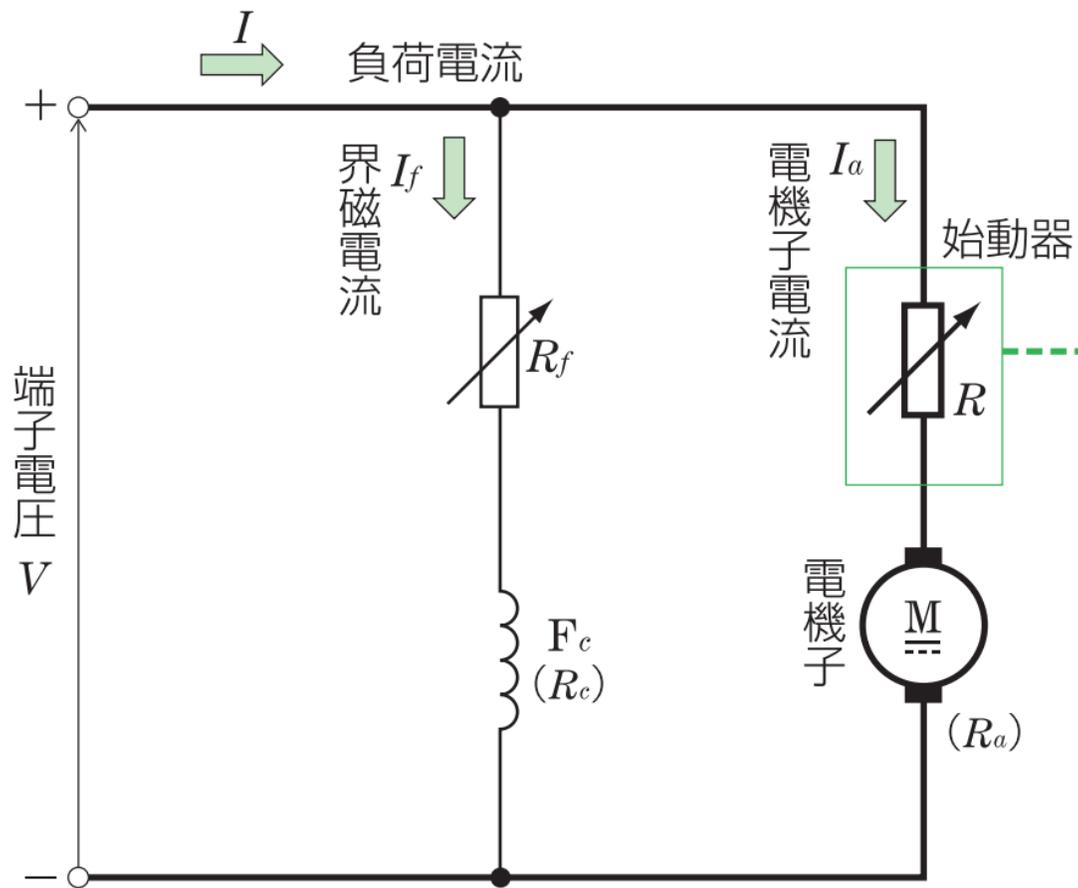
$$I_a = \frac{V - K_1 \Phi n}{R_a}$$

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

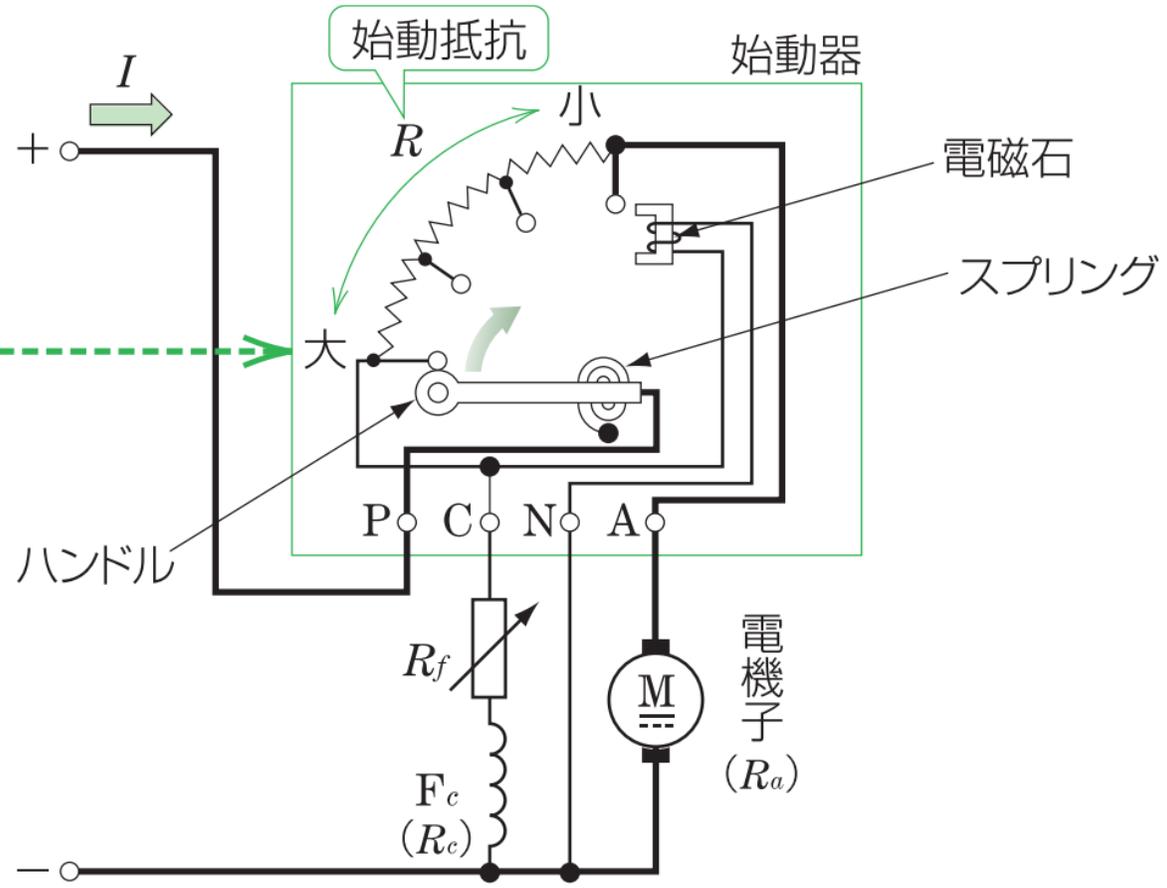
実際の電動機の電機子巻線抵抗 R_a [Ω] はきわめて小さいので、過大な電流が流れ、電機子巻線を焼損するおそれがあるので

始動時の電流を制限する

この抵抗 R を 始動抵抗 その装置を 始動器



(a) 回路図

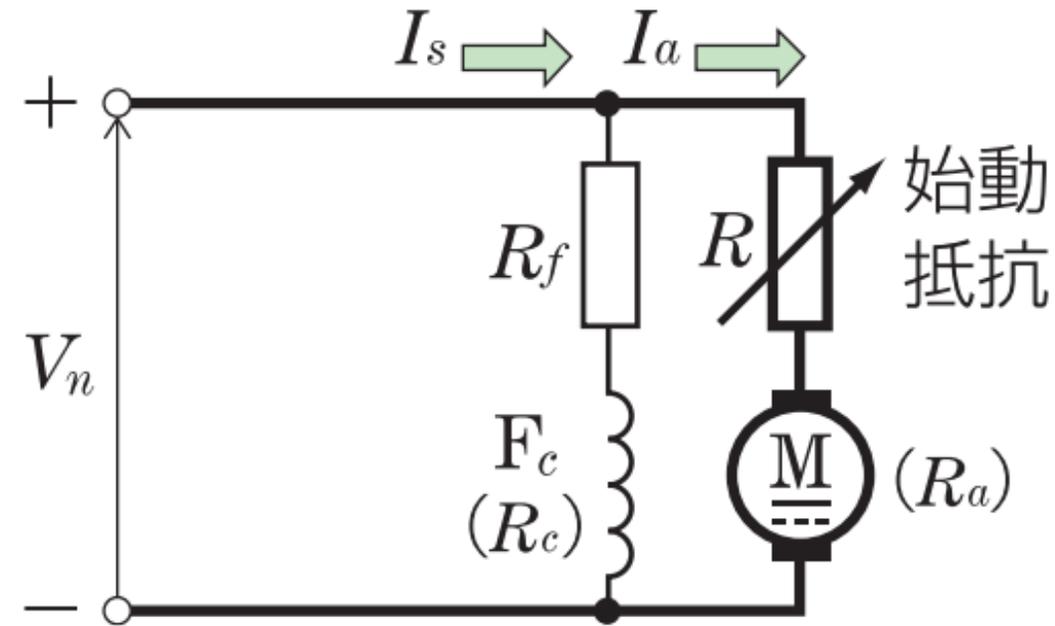


(b) 始動器の接続図

- http://energychord.com/children/energy/motor/dc/contents/dc_vcont.html

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。

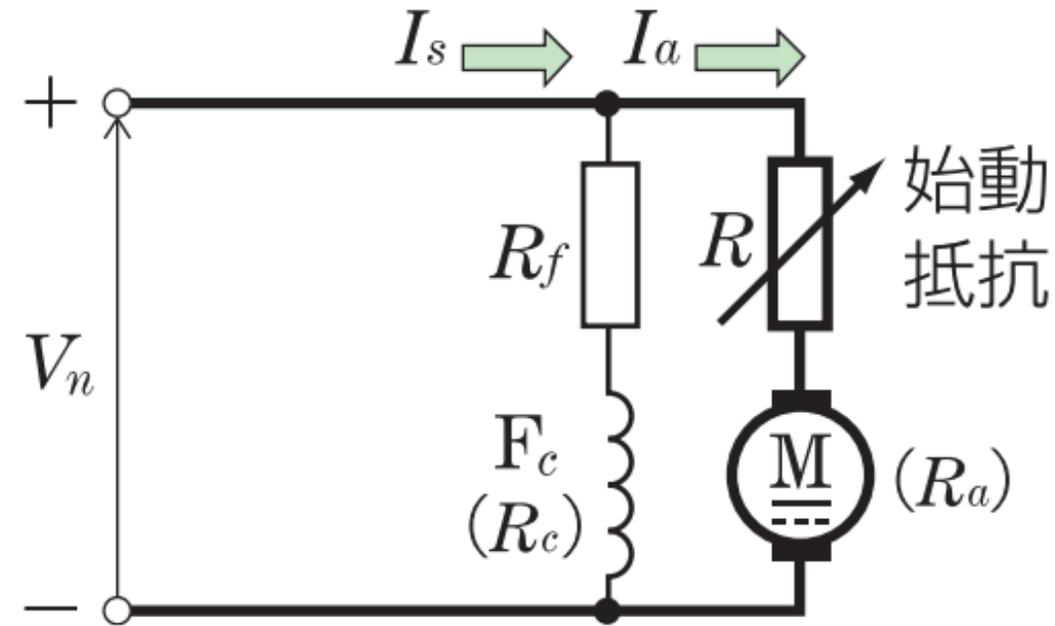
解答

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 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。

$$100 = 110 - R_a I_a$$

$$R_a I_a = 10$$

$$R_a = 0.4 \text{ } \Omega$$

$$I_a = 25 \text{ A}$$

$$I_f = 110 / 55 = 2 \text{ A}$$

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

$$27 \times 1.5 = 40.5 \text{ A}$$

$$40.5 - 2 = 38.5$$

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

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

2

電動機速度制御

製鉄工業における圧延機ロールの駆動では、精密に回転速度を制御することが必要であり、電車で用いる電動機では、広範囲に回転速度を変える必要がある。

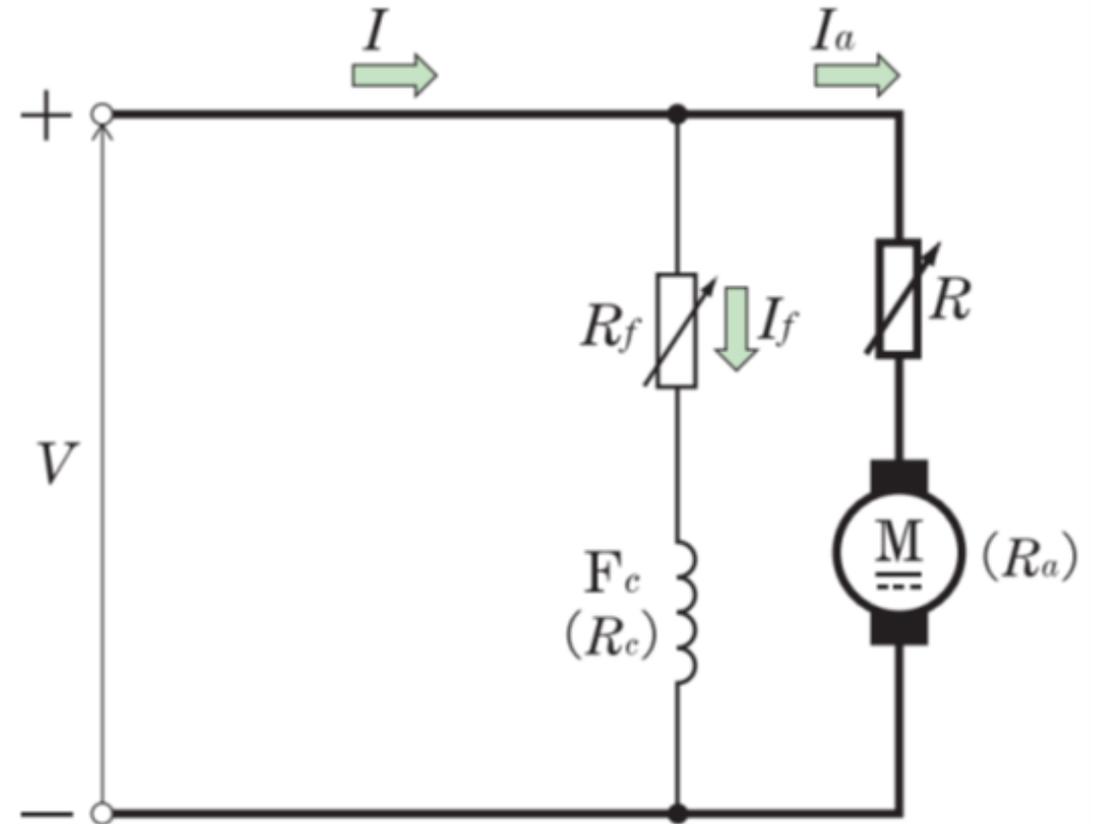
電機子の回路に直列抵抗 R [Ω] を挿入したときの直流電動機の回転速度 n は

$$n = \frac{V - I_a(R_a + R)}{K_1\Phi}$$

界磁磁束 Φ [Wb]、直列抵抗 R [Ω]、端子電圧 V [V] のいずれかを変えればよい

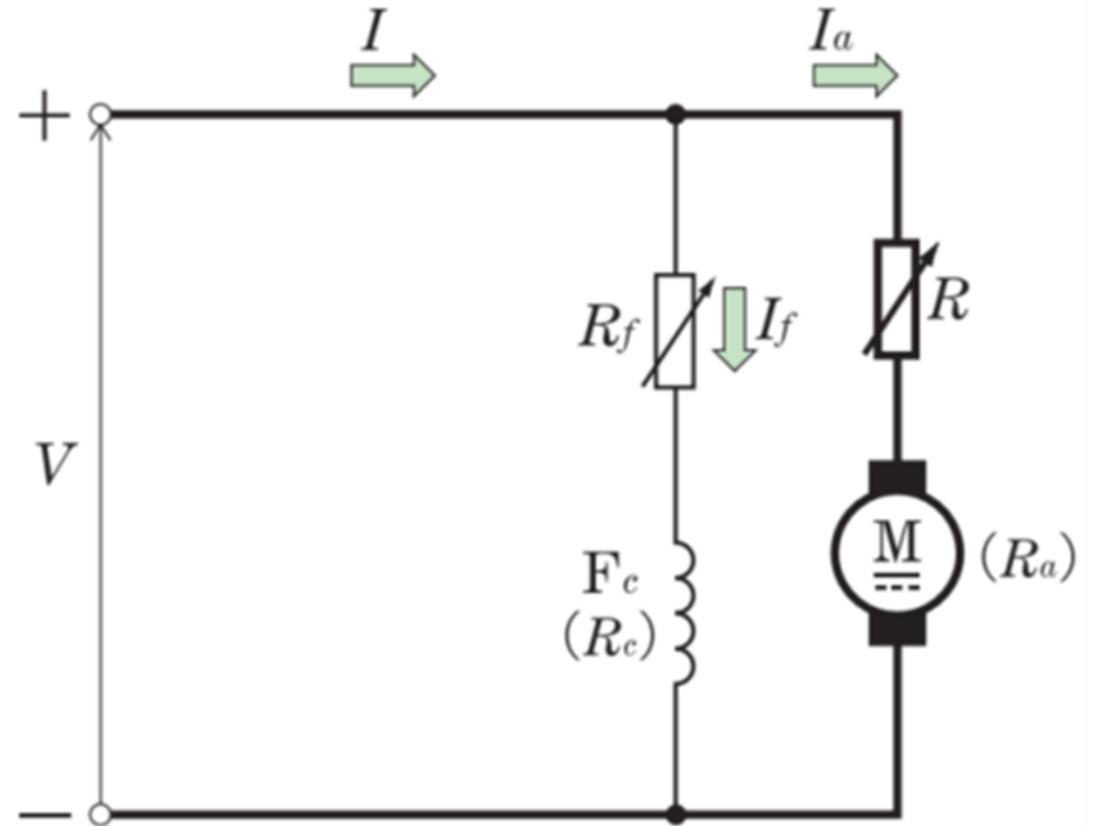
○界磁制御法

界磁調整器を加減し，界磁磁束の大きさを覚えて速度を制御することを，界磁制御法という。分巻電動機では，図 11 の界磁調整器の抵抗値 R_f [Ω] を覚えて，回転速度を制御する。ただし，この方式は，速度制御範囲が狭い



○抵抗制御法

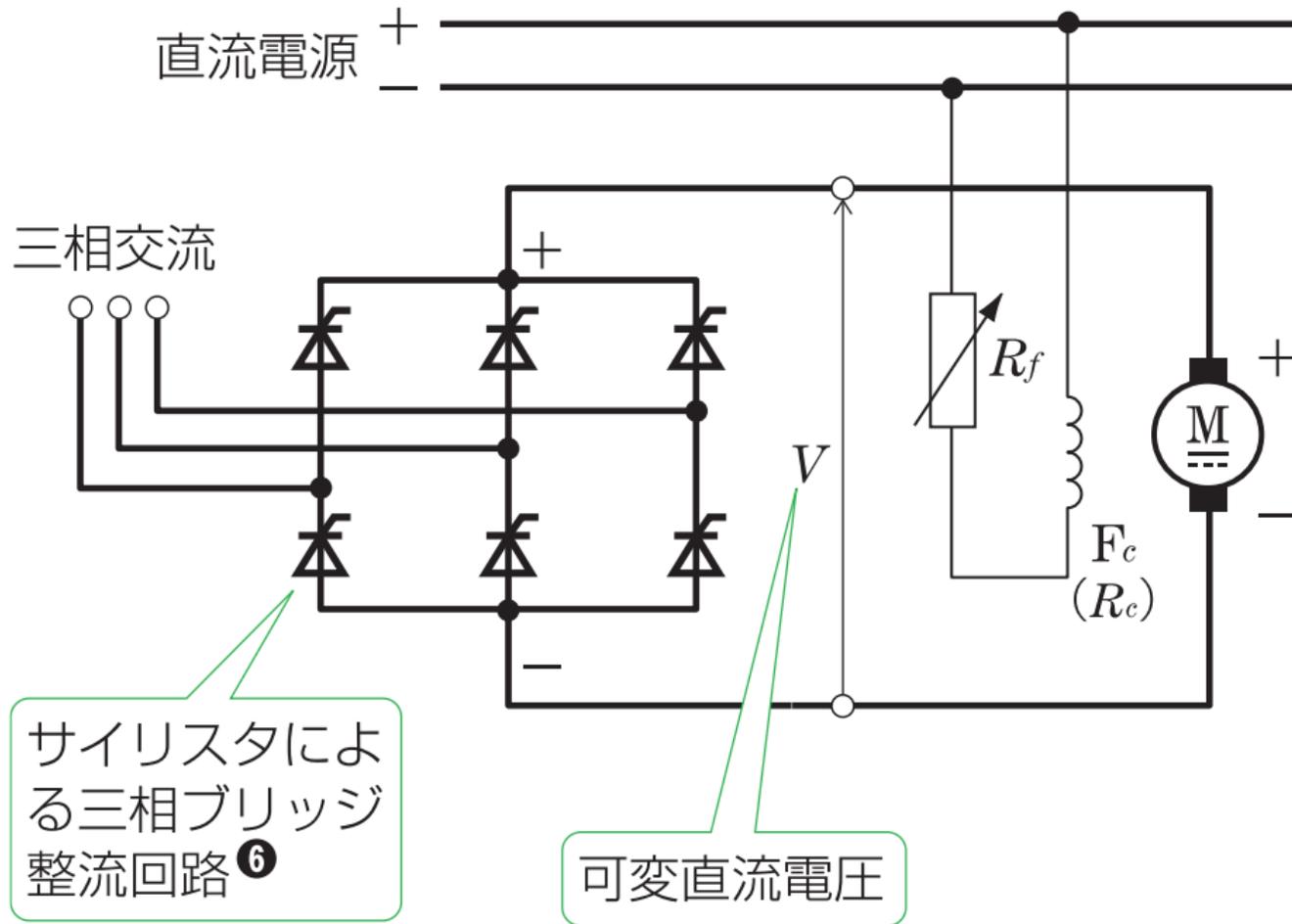
図 11 のように，電機子の回路に直列に抵抗 R を挿入して速度制御をすることを，抵抗制御法という。ただし，この方式は，抵抗 R の電力損失が大きく，速度制御範囲が狭い



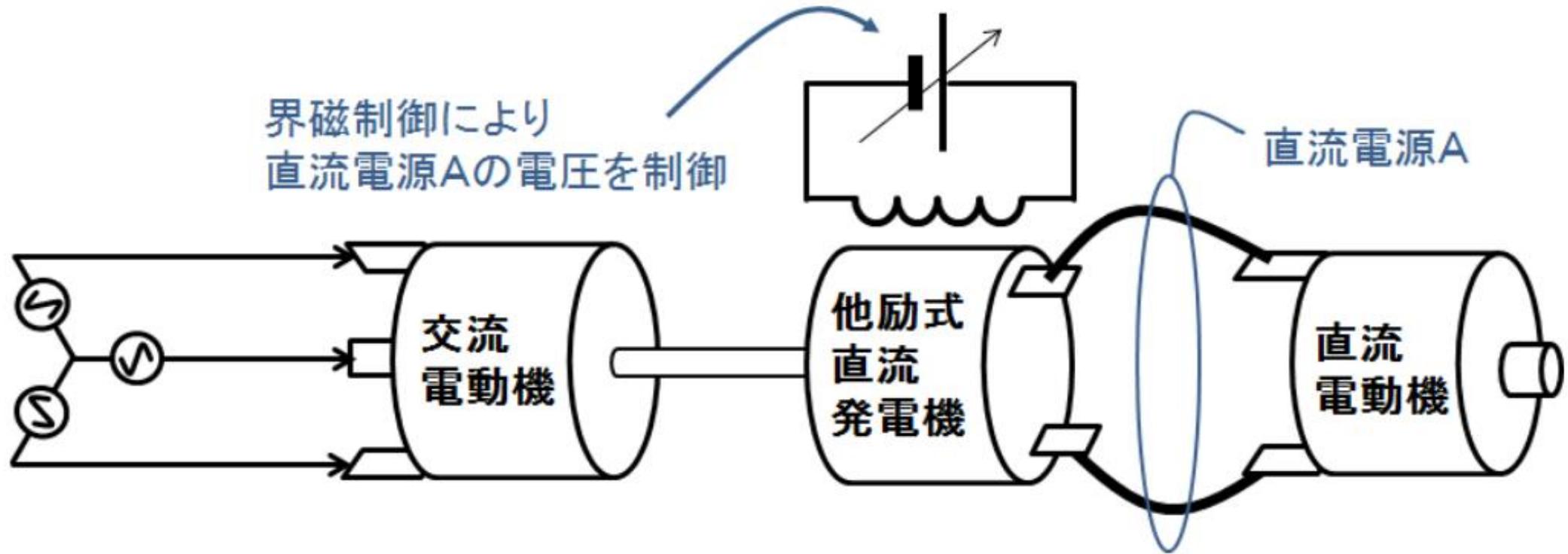
○電圧制御法

界磁磁束が一定で図 12 のように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こと

サイリスタを用いて，三相交流電圧を可変電圧の直流に変換し，電機子電圧を制御する方式を示す。この方式を **静止レオナード方式** といい，電力損失が少なく，広範囲の速度制御ができる



ワードレオナード方式



交流電動機で直流発電機を駆動し，直流電源を作っているのである直流発電機を他励式として界磁制御することで，一定の回転速度でありながら直流電圧を調整可能にしている。

直流チョップ方式

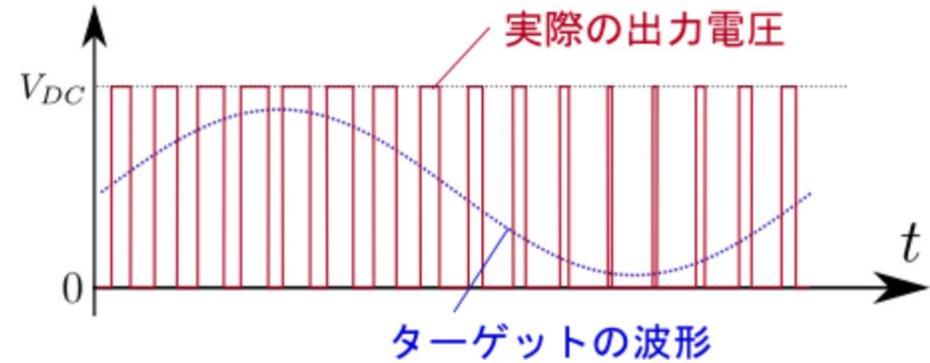
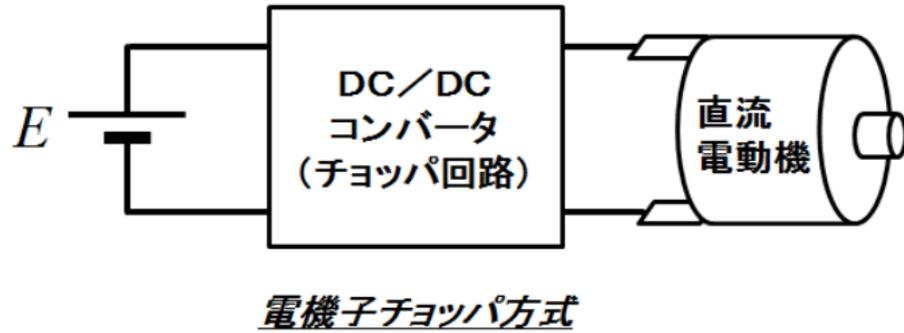
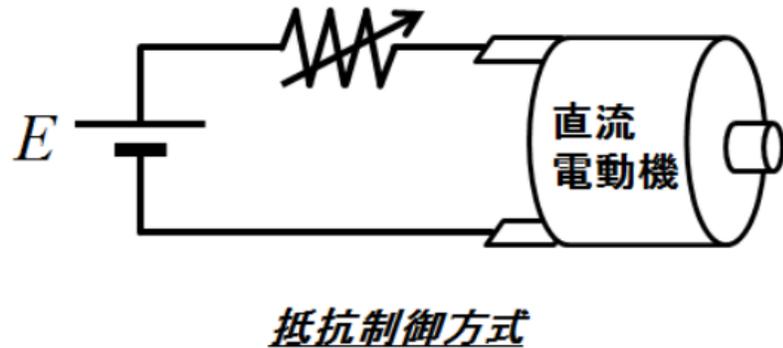


図3.電圧形インバータの電圧出力例 (PWM制御の場合)



抵抗 R の電力損失が大きい

静止レオナード方式

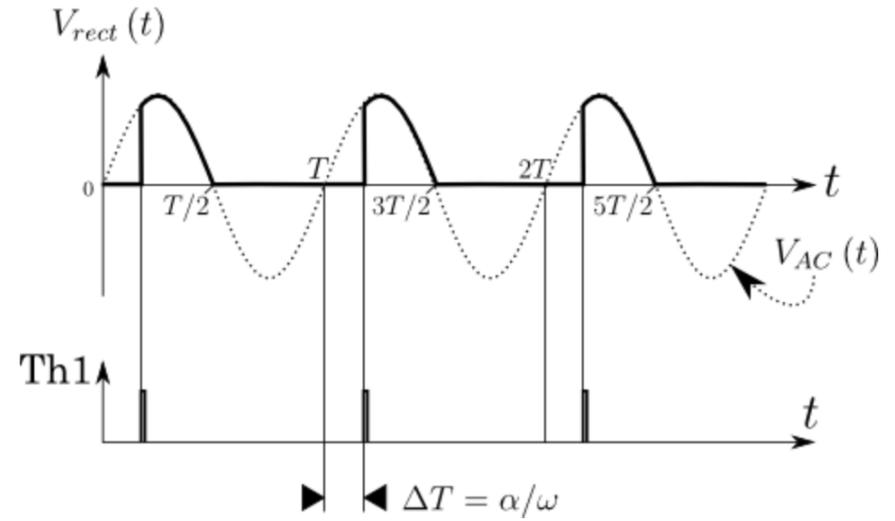
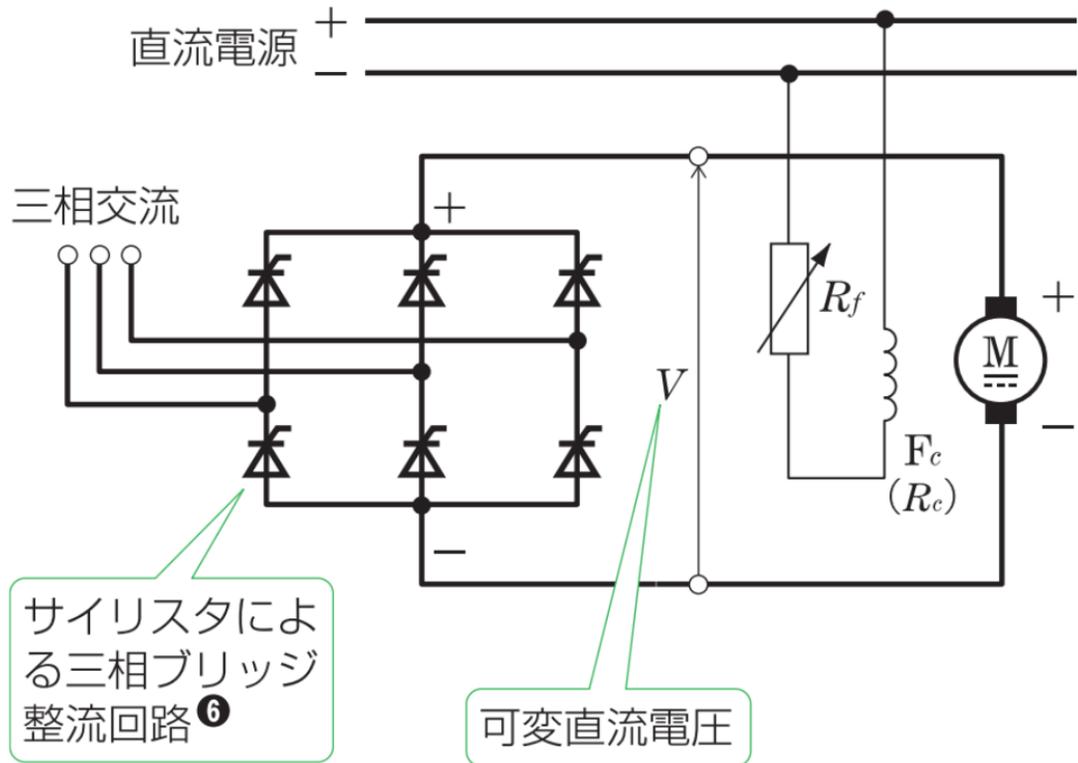
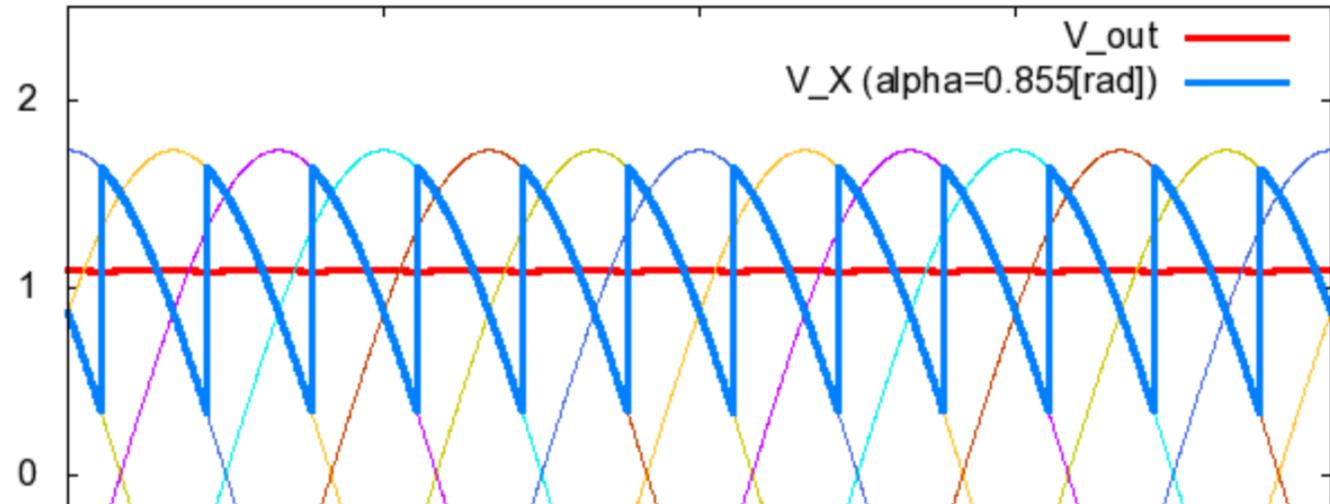


図3.図2のサイリスタTh1に入力するトリガ電流と $V_{rect}(t)$ との関係



3

電動機の逆転と 制動

直流電動機を逆転させるには、原理的には、電機子電流と界磁電流のうち、どちらかの電流の向きを変えればよい。

一般的には、電機子電流の向きを変える方法が用いられている

b 制動

運転中の電動機を減速・停止させることを制動という

◆発電制動◆

電機子回路から直流電源を切り離し，かわりに抵抗器を接続して他励発電機とし，回転エネルギーから生じた電気エネルギーを抵抗器で熱として消費させて制御することを発電制御という。

◆回生制動◆

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、**回生制動**という。

◆逆転制動◆ 電動機を電源に接続したまま電機子の接続を逆に切り換え、回転方向とは逆方向のトルクを発生させて、制動することを逆転制動という。逆転制動では、急速な制動をかけることができる。

