

電験三種 GOLD

機械テキスト 1

株式会社 メディアファイブ

目次

電験三種 GOLD

[機械テキスト 1]

1 直流機

1. 直流機の種類 4
2. 直流機の誘導起電力 8
3. 直流機の特性曲線・出力とトルク・電機子反作用 29
4. 直流電動機の世界制御 49
5. 整流、補極、補償巻線および直流電動機と直流発電機との関係 59

2 誘導機

1. 誘導電動機の種類・誘導電動機の同期速度・すべり、同期角度速度 80
2. 誘導電動機の簡易L形等価回路と二次入力、出力、二次銅損 104
3. 誘導電動機の円線図や比例推移 130
4. 誘導電動機の世界制御および始動法 146

3 同期機

1. 同期機の運転（同期発電機、同期電動機、同期調相機） 166
2. 同期機の無負荷飽和曲線と三相短絡曲線、短絡比・電機子反作用・誘導起電力 181
3. その他の問題 205

4 変圧器

1. 単相変圧器、三相変圧器、その他の変圧器、巻数比と誘導起電力 222
2. 変圧器の等価回路、百分率抵抗降下・リアクタンス降下・インピーダンス降下、電圧変動率 255
3. 変圧器の並行運転、銅損、鉄損と効率 278

5 半導体機器

電力用半導体素子、交直変換回路など 316

1 直流機

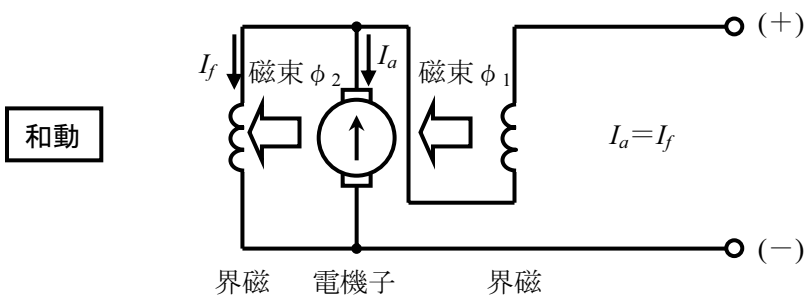
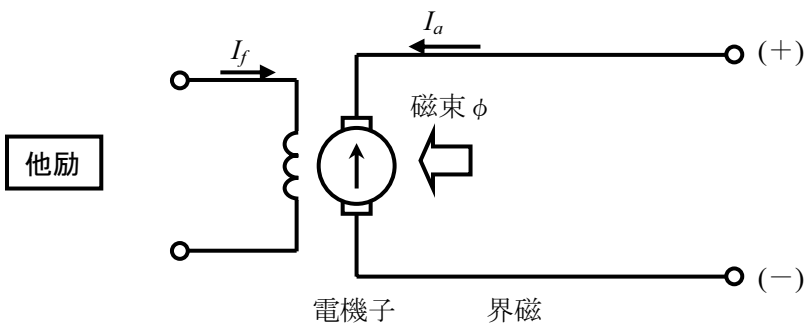
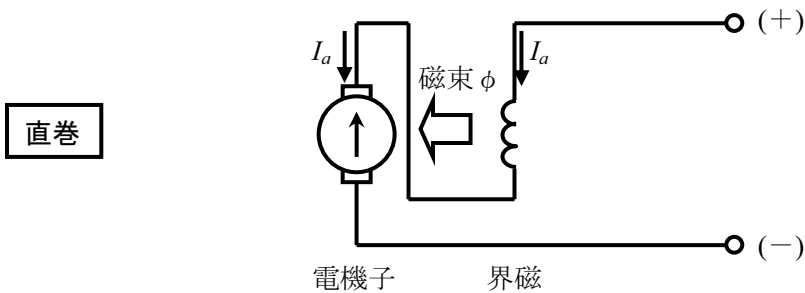
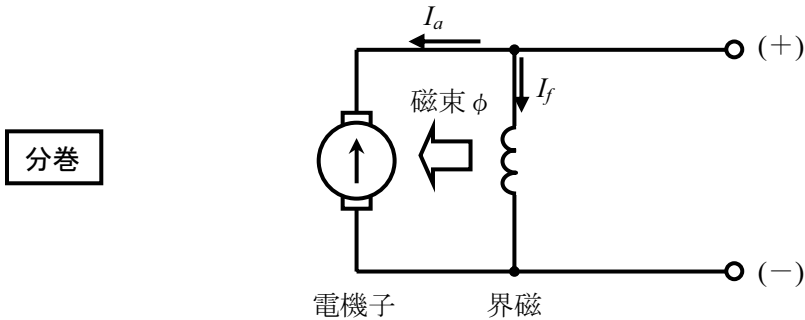
1 直流機

1. 直流機の種類

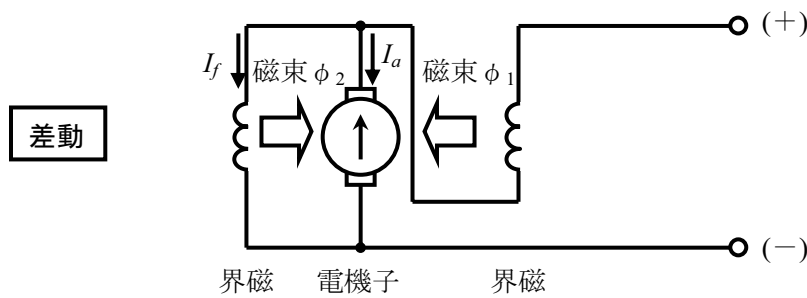
学習の目的：直流機にどのような種類があるかを学ぶ。

(1) 直流機の励磁方式

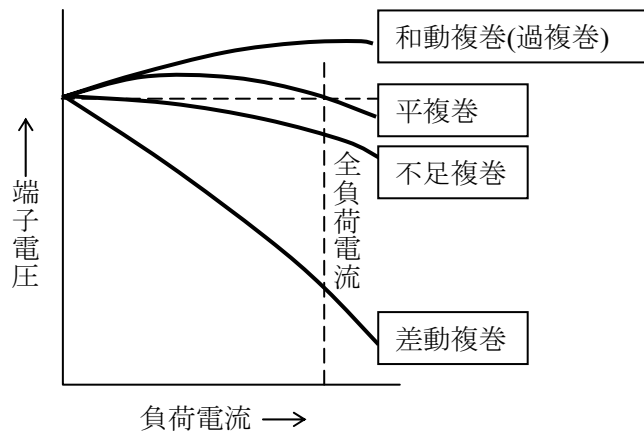
直流機の励磁方式は、界磁巻線の接続によって、次の種類があります。



1. 直流機の種類



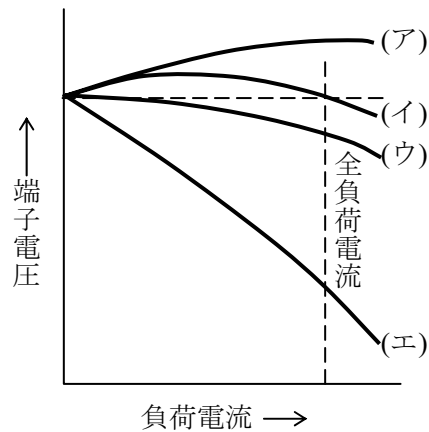
また、複巻は、下記のように特性を自由に調整することができます。



では、例題で学習してみましょう。

例題 1

図に示す直流複巻発電機の外部特性曲線において、(ア)、(イ)、(ウ) および (エ) のそれぞれについて正しい名称が与えられているのは次のうちどれか。



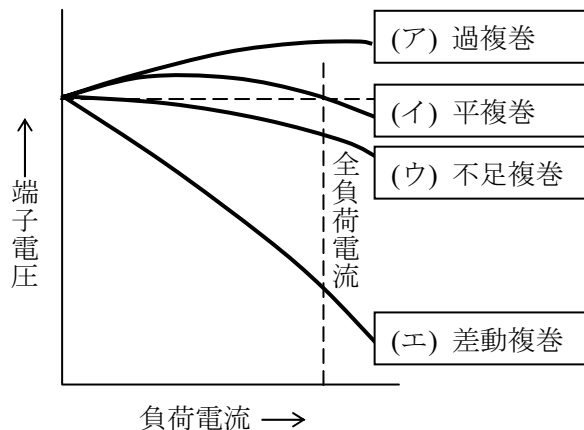
- | | | | |
|--------------|----------|----------|----------|
| (1) (ア) 差動複巻 | (イ) 平複巻 | (ウ) 不足複巻 | (エ) 過複巻 |
| (2) (ア) 不足複巻 | (イ) 平複巻 | (ウ) 差動複巻 | (エ) 過複巻 |
| (3) (ア) 過複巻 | (イ) 不足複巻 | (ウ) 平複巻 | (エ) 差動複巻 |
| (4) (ア) 差動複巻 | (イ) 過複巻 | (ウ) 平複巻 | (エ) 不足複巻 |
| (5) (ア) 過複巻 | (イ) 平複巻 | (ウ) 不足複巻 | (エ) 差動複巻 |

★解答は7ページ

【解説】

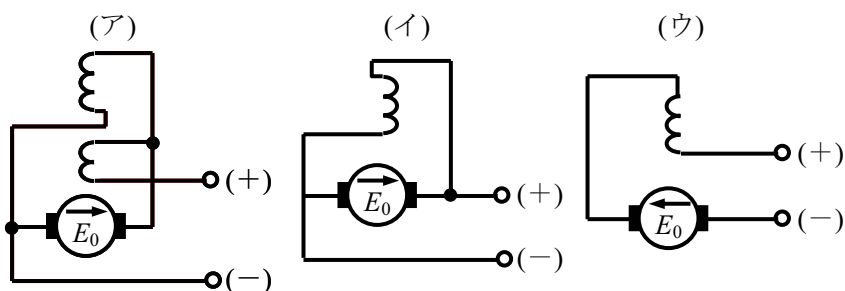
各特性曲線は、右図となります。

ゆえに、選択肢は、(5) となります。



例題 2

次に示す直流発電機の励磁方式において、(ア)、(イ) および (ウ) のそれぞれについての正しい名称を組み合わせるのは、次のうちどれか。



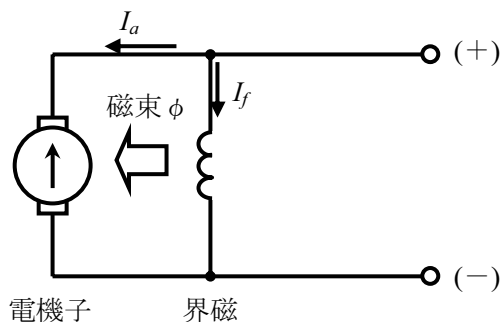
- | | | |
|------------|--------|--------|
| (1) (ア) 分巻 | (イ) 直巻 | (ウ) 複巻 |
| (2) (ア) 分巻 | (イ) 複巻 | (ウ) 直巻 |
| (3) (ア) 他励 | (イ) 分巻 | (ウ) 和動 |
| (4) (ア) 複巻 | (イ) 差動 | (ウ) 他励 |
| (5) (ア) 複巻 | (イ) 分巻 | (ウ) 直巻 |

★解答は7ページ

【解説】

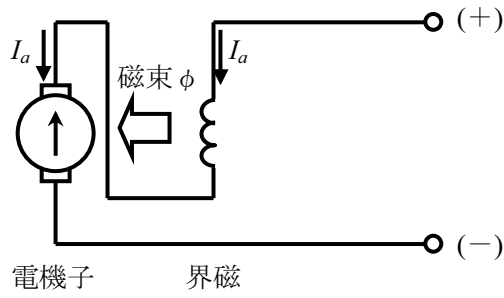
界磁巻線には、次の種類があります。

分巻

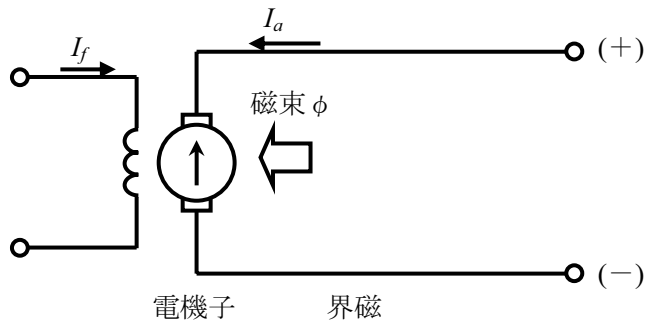


1. 直流機の種類

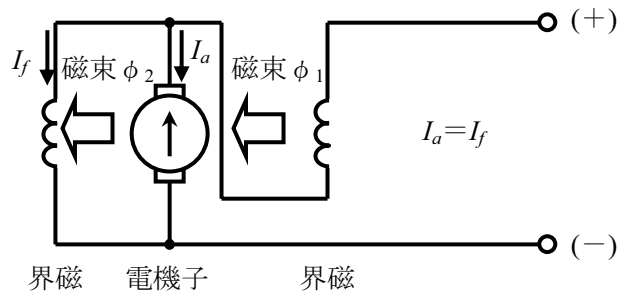
直巻



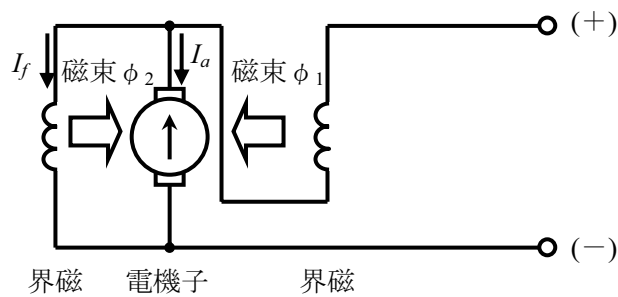
他励



和動



差動



ゆえに、選択肢は、(5) となります。

【解答】

例題 1 (5)

例題 2 (5)

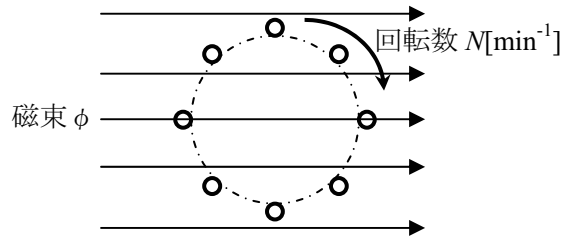
1 直流機

2. 直流機の誘導起電力

学習の目的：直流機の動作原理について学ぶ。

(1) 直流電動機の内部誘導起電力

直流電動機の誘導起電力は、界磁磁束が一定であれば、電機子の回転数に比例します。



なぜならば、直流電動機の電機子が回転して励磁機による磁束 ϕ を切ることで内部誘導起電力が発生します。上図です。

式で表すと、内部誘導起電力は、

$$E = Ke = K \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

の式で決まる電圧が発生します。ここで、 K は、導体数です。

もう少し具体的に説明すれば、他励式の場合、磁束 ϕ 一定として、誘導起電力 E [V] と回転速度 N [min^{-1}] の関係は、 k を比例定数とすると、

$$E = k \phi N \quad [\text{V}]$$

となり回転速度 N に比例します。

<参考>

1 極の磁束 ϕ [Wb]、磁極数 p 、回転速度 n [min^{-1}]、とすると、1 本の導体が、毎秒切る磁束数は、 $p \phi \frac{n}{60}$ [Wb] となります。また、電機子導体数の総数 Z 、並列回路数 a

とすると、直列回路数が、 $\frac{Z}{a}$ となるので、誘導起電力 E [V] は、

$$E = Ke = K \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = K p \phi \frac{n}{60} = \frac{Z}{a} p \phi \frac{n}{60} \quad [\text{V}]$$

となります。

よって、誘導起電力が E_1 [V] から E_2 [V] に変化した場合の回転速度 N_1 [min^{-1}] から N_2 [min^{-1}] への変化は、

2. 直流機の誘導起電力

$$N_2 = \frac{E_2}{E_1} \times N_1 \quad [\text{min}^{-1}]$$

となります。

または、

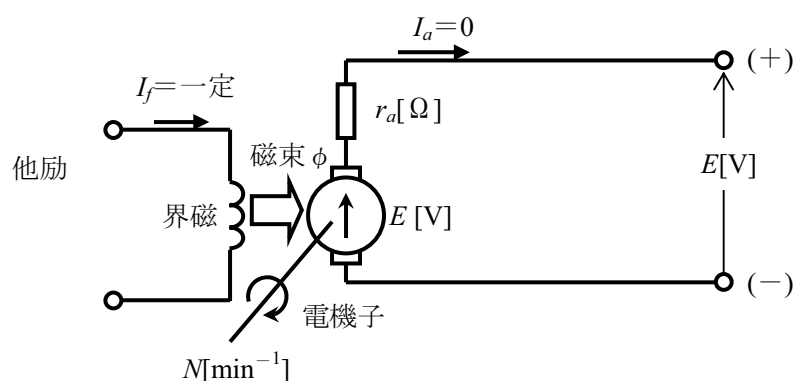
$$E_2 = \frac{N_2}{N_1} \times E_1 \quad [\text{V}]$$

となります。

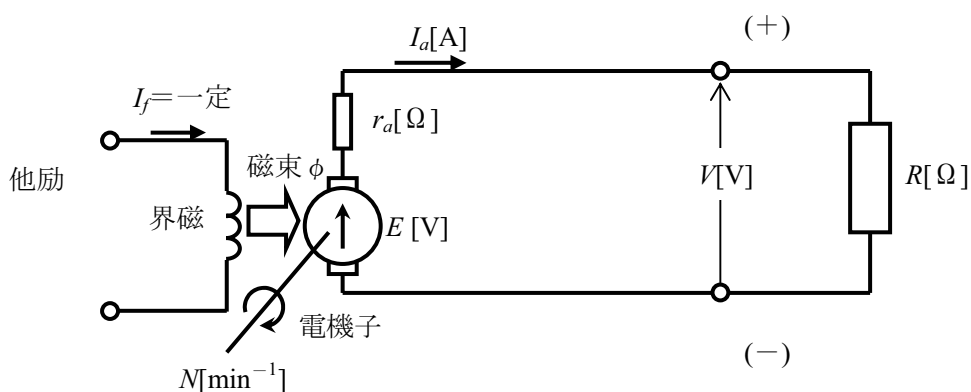
また、この起電力の向きは、フレミングの右手の法則によって定まり、外部から加えられる直流電圧とは逆向き、すなわち電機子電流を減少させる向きとなります。このため、この誘導起電力は逆起電力とも呼ばれています（あるいは、内部で起きる起電力なので、内部起電力とも呼ばれています）。

直流電動機の機械的負荷が増加して回転速度が低下すると、逆起電力は減少します。これにより、電機子電流が増加するので電動機の入力も増加し、機械的負荷の変化に対応するようになります。

すなわちもし、下図で、回転数が2倍になれば、2倍の内部誘導起電力 E [V] を発生します。



また、外部負荷 R [Ω] を接続した場合は、電機子電流 I_a [A] が流れ、電機子抵抗 r_a [Ω] で電圧降下した分を差し引いた電圧が、端子電圧 V [V] として、現れます。

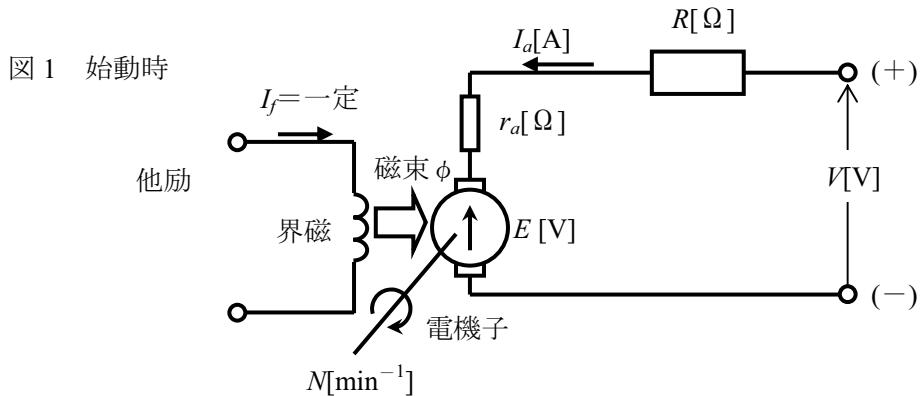


(2) 直流電動機の始動抵抗

内部誘導起電力は、電機子が回転して初めて発生します。そのため、直流電動機で停

止状態から始動する場合、内部誘導起電力 $E=0[V]$ であるため直流電動機は、大きな始動電流 $I_a[A]$ を流します。この始動電流 $I_a[A]$ の値は、定格電流の十数倍～数十倍になります。

よって、この始動電流 $I_a[A]$ を制限するために始動抵抗 $R[\Omega]$ を接続します。



始動抵抗 $R[\Omega]$ を接続すると電機子が、停止状態で流れる始動電流 $I_a[A]$ は、

$$I_a = \frac{E_2}{r_a + R} \quad [A]$$

となります。

(3) 重巻直流発電機の特徴

重巻直流発電機の特徴は、次のようになります。

- 1) 重巻なので電機子巻線の並列回路数は、磁極数と同じになります。
- 2) 電機子電流の最大値 $I_a[A]$ は、並列回路数が L で、各コイルの最大電流が $I[A]$ のとき、

$$\text{電機子電流の最大値 } I_a = L \times I \quad [A]$$

となります。

- 3) 磁極数が p のとき、ブラシ数も p 、となります。
- 4) コイル数が N 、並列回路数が L 、平均誘導起電力が $e[V]$ のとき、電機子電圧は、

$$\text{電機子電圧} = e \times \frac{N}{L} \quad [V]$$

となります。

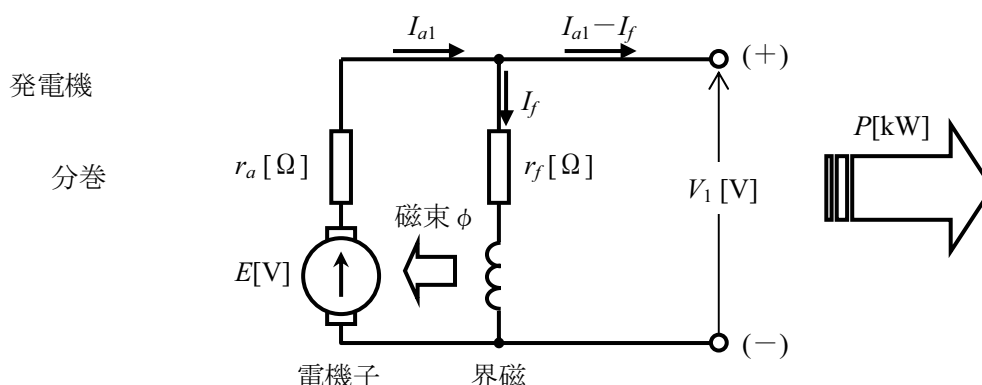
- 5) 重巻は、各回路の誘導起電力に差があるので、均等結線が必要です。

(4) 直流分巻発電機の電流の流れと誘導起電力

定格出力 $P[kW]$ 、定格電圧 $V[V]$ の直流分巻発電機の誘導起電力を求める方法を説明します。まず、界磁回路の抵抗は $r_f[\Omega]$ 、電機子回路の抵抗は $r_a[\Omega]$ とします。

2. 直流機の誘導起電力

この場合を回路図にすると、下図となります。



定格出力 $P[kW]$ 、定格電圧 $V_1[V]$ より出力電流 $I_{a1}-I_f[A]$ を求めると、

$$I_{a1}-I_f=\frac{P}{V} \quad [A]$$

となります。

また、界磁電流 $I_f[A]$ は、

$$I_f=\frac{V_1}{r_f} \quad [A]$$

となります。

よって、電機子電流 $I_{a1}[A]$ は、

$$I_{a1}=\frac{P}{V_1}+I_f \quad [A]$$

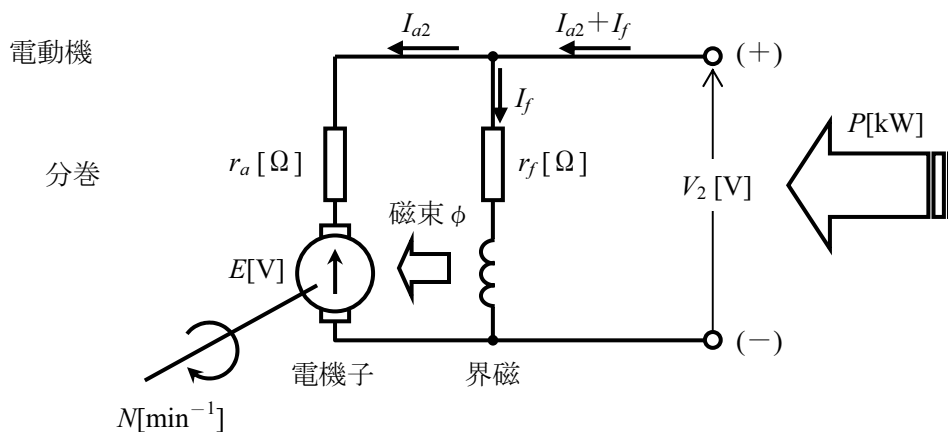
となります。

以上から、全負荷時の誘導起電力 $E[V]$ は、

$$E_1=V_1+r_a I_{a1} \quad [V]$$

として求めることができます。

また、電動機でも同様の計算ができます。



ただし、電流の向きが反対になります。