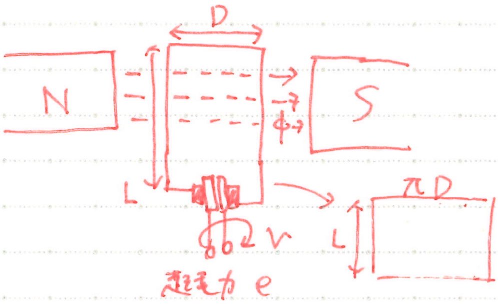
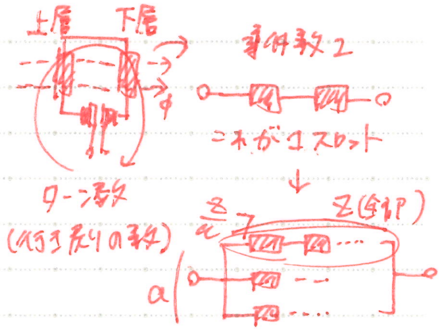
直流機

直流電動機





導体数 Z = [スロット数] × [コイル辺数(1スロット)] × [巻線のターン数]

$e = vBL$ (起電力の式 1導体分)

- $B = \dfrac{p\phi}{S} = \dfrac{p\phi}{\pi D \cdot L}$ — ①
- $v = \dfrac{N}{60} \times \pi D = \dfrac{\pi D N}{60}$ — ②

$$e = \frac{\pi D N}{60} \times \frac{p\phi}{\pi D \cdot L} \times L = \frac{p\phi N}{60}$$

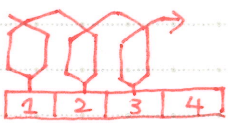
1回路分は

$$E = \frac{Z}{a} \times \frac{p\phi N}{60} = \frac{pZ}{60a}\phi N = K\phi N$$ (けっこう使う 比例りで)

出力 $P_a = E I_a$

発生トルク $T = \dfrac{P_a}{\omega} = \dfrac{P_a}{2\pi \times \frac{N}{60}} = \dfrac{60P_a}{2\pi N}$

重ね巻 $a = P$　　　波巻 $a = 2$



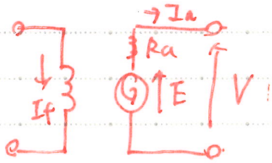
NO.

DATE

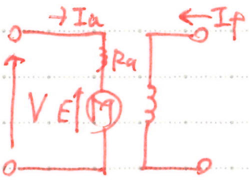
直流機の分類

他励

(発)



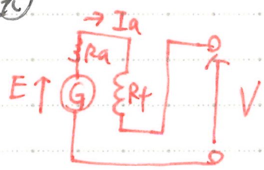
(電)



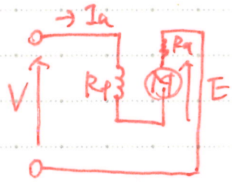
$E = V + R_a I + V_{ab}$ $\quad$ $E = V - R_a I - V_{ab}$

直巻

(発)

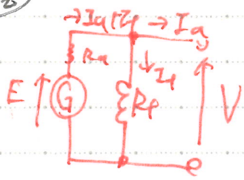


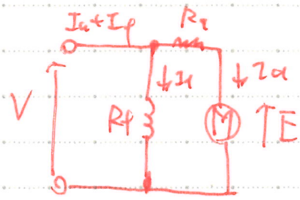
(電)



$E = V + (R_a + R_f) I_a + V_{ab}$ $\quad$ $E = V - (R_a + R_f) I_a - V_{ab}$

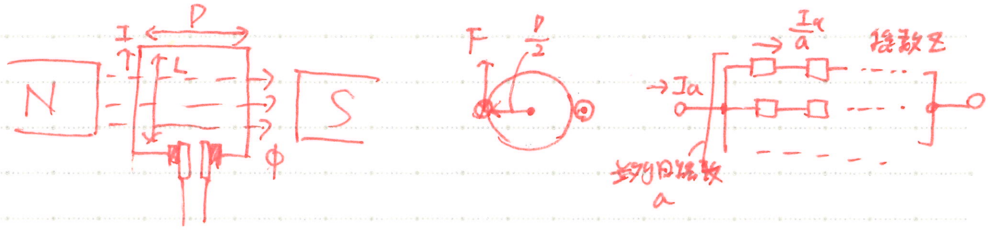
分巻





$E = V + R_a (I_a + I_f) + V_{ab}$ $\quad$ $E = V - R_a (I_a + I_f) - V_{ab}$

直流電動機のトルク



$F = IBL$ （電磁力の式　1導体分）

・$B = \dfrac{p\phi}{S} = \dfrac{p\phi}{\pi D L}$

$F = I \cdot \dfrac{p\phi}{\pi D L} \times L = \dfrac{p\phi}{\pi D} I = \dfrac{p\phi}{\pi D} \cdot \dfrac{I_a}{a}$

トルクは

$T = F \cdot \dfrac{D}{2} \cdot Z = \dfrac{p\phi}{\pi D} \dfrac{I_a}{a} \cdot \dfrac{D}{2} \cdot Z = \dfrac{pZ}{2\pi a} \phi I_a$

$\fallingdotseq k\phi I_a$

出力 P

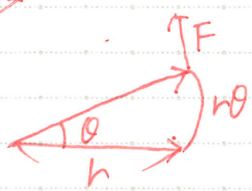
$P = E I_a = \dfrac{pZ}{60a} \phi N \times \dfrac{2\pi a}{pZ\phi} T = 2\pi \left(\dfrac{N}{60}\right) T$

$\left(T = \dfrac{pZ}{2\pi a} \phi I_a \Rightarrow I_a = \dfrac{2\pi a}{pZ\phi} T \right)$

トルクT （Pより求める）

$T = \dfrac{60P}{2\pi N}$

余談



$P = F \cdot r\theta \times \dfrac{1}{t}$

$= F \cdot r \cdot \dfrac{\theta}{t}$

$= \omega T$

$= 2\pi \left(\dfrac{N}{60}\right) T \Rightarrow T = \dfrac{60P}{2\pi N}$

$\left(\omega = 2\pi \times \dfrac{N}{60} \right)$ （2π：1周分、$\dfrac{N}{60}$：1秒間の回転数）

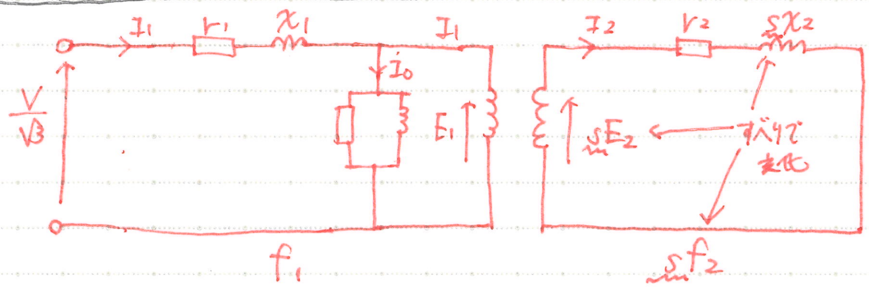
NO.

DATE

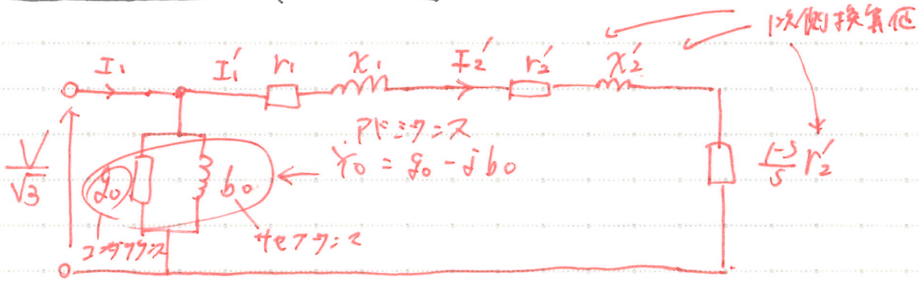
誘導機

誘導電動機

等圧変圧器回路（一相分）



L形等価回路（一相分）



$$P_2 : P_{2c} : P_m = 1 : s : 1-s$$

$$I_2' = \frac{\frac{V}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$s = \frac{N_s - N}{N_s}$$

$$P_2 = 3 \times \frac{r_2'}{s} \times I_1'^2$$

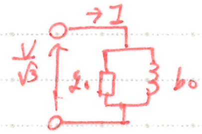
$$P_{c2} = 3 \times r_2' \times I_1'^2$$

$$P_m = 3 \times \frac{1-s}{s} r_2' \times I_1'^2$$

$$P_i = 3 \times g_0 \cdot \left(\frac{V}{\sqrt{3}}\right)^2$$

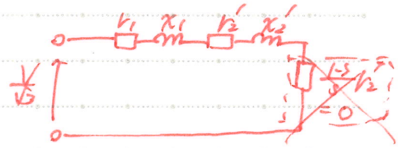
無負荷試験

無負荷で行う試験で、$s \fallingdotseq 0$と考える。そのため右の図のような回路図として考える。これにより鉄損、および機械損が求められる。



拘束試験

回転子を固定するため、$s = 1$として考える。そのため右の図のような回路図となる。



効率

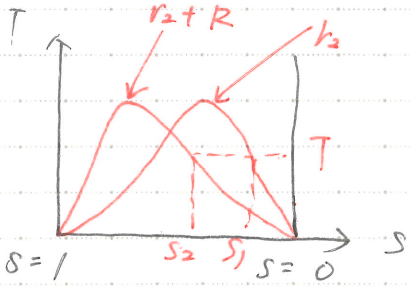
$$\eta = \frac{P_0}{P_1} \times 100 = \frac{P_0}{P_i + P_{c1} + P_{c2} + P_0}$$

巻線形誘導電動機

比例推移

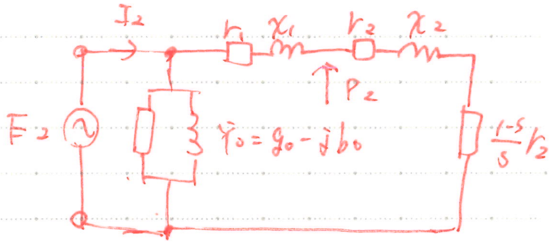
$$\frac{r_2}{s_1} = \frac{r_2+R}{s_2}$$

- 外部抵抗が大きい
  ⇒ 始動トルク大きくなる



トルクと電圧の関係式

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{r_2}{s}\right)^2 + x_2^2}}$$



$$P_{20} = 3\times\frac{1-s}{s}r_2\times I_2^2$$

$$= \frac{3r_2E_2^2(1-s)}{\frac{r_2^2}{s} + sx_2^2}$$

$$P_{20} = \omega T$$

$$T = \frac{60P_2}{2\pi N} = \frac{60P_2}{2\pi(1-s)N_s}$$

$$= \frac{90r_2}{2\pi N_s}\cdot\frac{E_2^2}{\frac{r_2^2}{s}+sx_2^2}$$

同期速度付近は $\frac{r_2^2}{s} \gg sx_2^2$ となるため

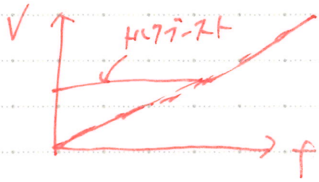
$$T = \frac{90r_2}{2\pi N_s}\cdot\frac{sE_2^2}{r_2}$$

$$= \frac{90sE_2^2}{2\pi N_s}$$

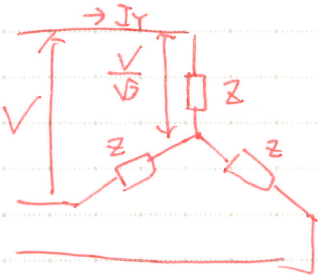
始動時は $\frac{r_2^2}{s} \ll sx_2^2$ となるため

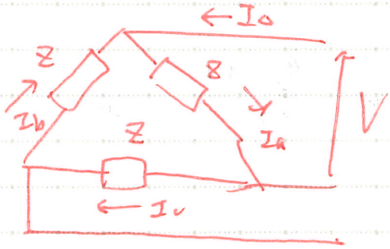
$$T = \frac{90r_2}{2\pi N_s}\cdot\frac{E_2^2}{sx_2^2}$$

V/f制御



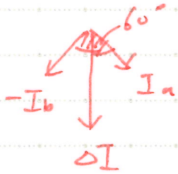
Δ−Y始動





$$I_Y = \frac{V}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{Z} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{V}{Z}$$

$$I_\Delta = \frac{\sqrt{3}}{2} I_a \times 2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{V}{Z} \times 2 = \sqrt{3} \cdot \frac{V}{Z}$$



よって I_Y は I_Δ の $\frac{1}{3}$ 倍 となる

最大トルク条件

$$T = \frac{60 P_{2o}}{2\pi N} = \frac{60}{2\pi(1-s)N_s} \times \frac{1-s}{s} r_2' \cdot I_1^2 \times 3$$

$$= \frac{60 r_2}{2\pi N_s \cdot s} \cdot \frac{3V^2}{(r_1+\frac{r_2}{s})^2 + (x_1+x_2)^2}$$

T最大とは、分母が最小となればよいため

$$A = s\left[(r_1+\frac{r_2}{s})^2 + (x_1+x_2)^2\right]$$ が最小になればよい

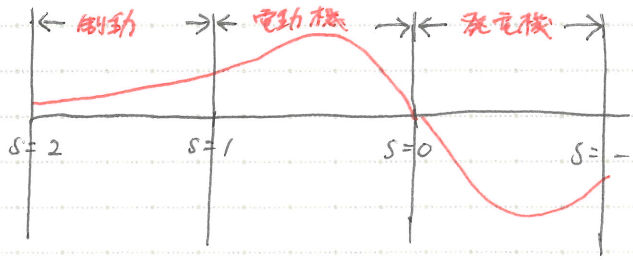
$$= s r_1^2 + 2r_1 r_2 + \frac{r_2^2}{s} + (x_1+x_2)^2 s$$

$$\frac{dA}{ds} = r_1^2 - \frac{r_2^2}{s^2} + (x_1+x_2)^2 = 0$$

$$s^2\left[r_1^2 + (x_1+x_2)^2\right] = r_2^2$$

$$s = \frac{r_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1+x_2)^2}}$$

すべりとトルクの関係



トルクと慣性モーメント

$$T = F \cdot r$$
$$= ma \cdot r$$
$$= mr \cdot \frac{dv}{dt}$$
$$= mr \cdot r \cdot \frac{d\omega}{dt}$$
$$= mr^2 \cdot \frac{d\omega}{dt}$$
$$\Rightarrow T = J\frac{d\omega}{dt}$$

$$W = \frac{1}{2}mv^2$$
$$= \frac{1}{2}m \cdot (r\omega)^2$$
$$= \frac{1}{2}mr^2 \cdot \omega^2$$
$$\Rightarrow W = \frac{1}{2}J\omega^2$$

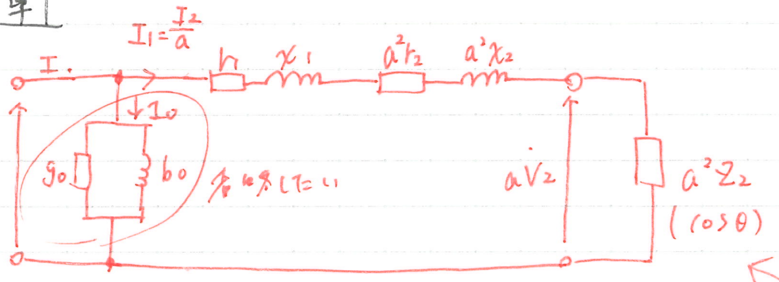
3相分は $\frac{3}{2}J\omega^2$

$J = mr^2$

(回転数に影響しない要素)

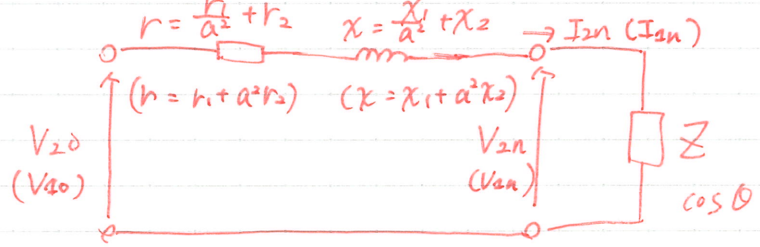
変圧器

電圧変動率



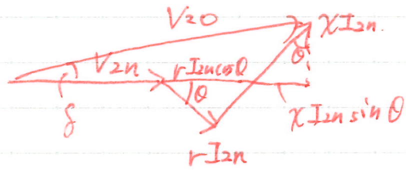
$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$ ⇒ 2次側を1次側に換算する

↓ 1次側を2次側に換算 ( )は1次換算



よって

ベクトル図



$$V_{20} = \sqrt{(V_{2n} + rI_{2n}\cos\theta + xI_{2n}\sin\theta)^2 + (xI_{2n}\cos\theta - rI_{2n}\sin\theta)^2}$$

$$= V_{2n}\sqrt{(1 + p\cos\theta + q\sin\theta)^2 + (q\cos\theta - p\sin\theta)^2}$$

$$\frac{V_{20}}{V_{2n}} = (1 + p\cos\theta + q\sin\theta)\sqrt{1 + \left(\frac{q\cos\theta - p\sin\theta}{1 + p\cos\theta + q\sin\theta}\right)^2}$$

$(1+x)^{\frac{1}{2}} \simeq 1 + \frac{x}{2}$

$$\simeq (1 + p\cos\theta + q\sin\theta)\left\{1 + \frac{1}{2}\left(\frac{q\cos\theta - p\sin\theta}{1 + p\cos\theta - q\sin\theta}\right)^2\right\}$$

$$= (1 + p\cos\theta + q\sin\theta) + \frac{1}{2}\cdot\frac{(q\cos\theta - p\sin\theta)^2}{1 + p\cos\theta - q\sin\theta}$$

← ほぼ0になる

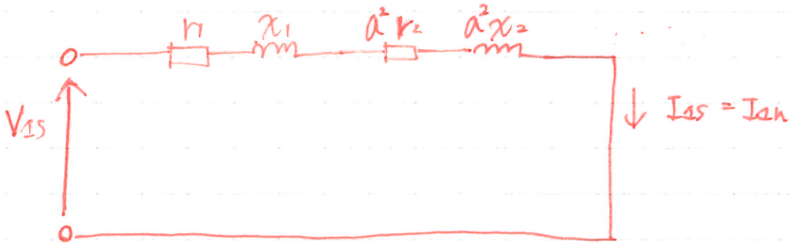
$$\simeq (1 + p\cos\theta + q\sin\theta) + \frac{(q\cos\theta - p\sin\theta)^2}{2}$$

$$\left(\frac{V_{20}}{V_{2n}} - 1\right) \times 100 = \frac{V_{20} - V_{2n}}{V_{2n}} \times 100$$

$$= p\cos\theta + q\sin\theta + \frac{(q\cos\theta - p\sin\theta)^2}{200}$$

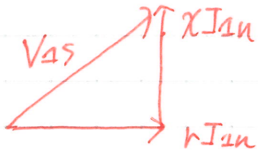
δが小さいときは無視する

インピーダンス電圧



$r = r_1 + a^2 r_2$

$x = x_1 + a^2 x_2$ とする



ここで

$$\frac{V_{1s}}{V_{1n}} = \frac{\sqrt{(rI_{1n})^2 + (xI_{1n})^2}}{V_{1n}}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{rI_{1n}}{V_{1n}}\right)^2 + \left(\frac{xI_{1n}}{V_{1n}}\right)^2}$$

$$\frac{V_{1s}}{V_{1n}} \times 100 = \sqrt{p^2 + q^2} = z$$

同じ → というか

$$\left(\%Z = \frac{Z_s I_s}{V_n} \times 100 = \frac{V_s}{V_n} \times 100 \right)$$

コレ

効率

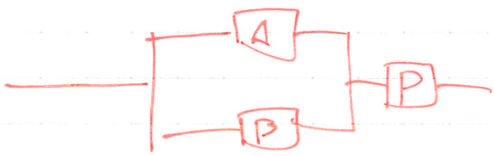
$$\eta = \frac{\alpha P_n \cos\theta}{\alpha P_n \cos\theta + P_i + \alpha^2 P_c} \times 100$$

- 変圧器の損失
  - 無負荷損 ― 鉄損 P_i
  - 負荷損（インピーダンスワット）
    - 抵抗損（銅損 P_c）
    - 漂遊負荷損
      問題文に与えられない限り無視する

並行運転

$$P_A = \frac{\%Z_B}{\%Z_A + \%Z_B} P$$

$$P_B = \frac{\%Z_A}{\%Z_A + \%Z_B} P$$

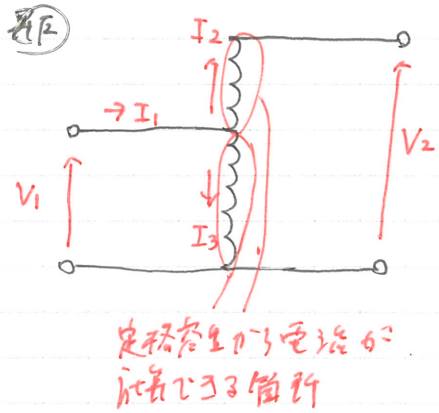


単巻変圧器

巻数比 $= a = \dfrac{V_1}{V_2} = \dfrac{N_1}{N_2} = \dfrac{I_2}{I_1}$

電流 $I_1 = I_2 + I_3$

自己容量 $P_s = V_1 I_3 = (V_2 - V_1) I_2$



降圧・考え方