

1月31日

短絡インピーダンス復習

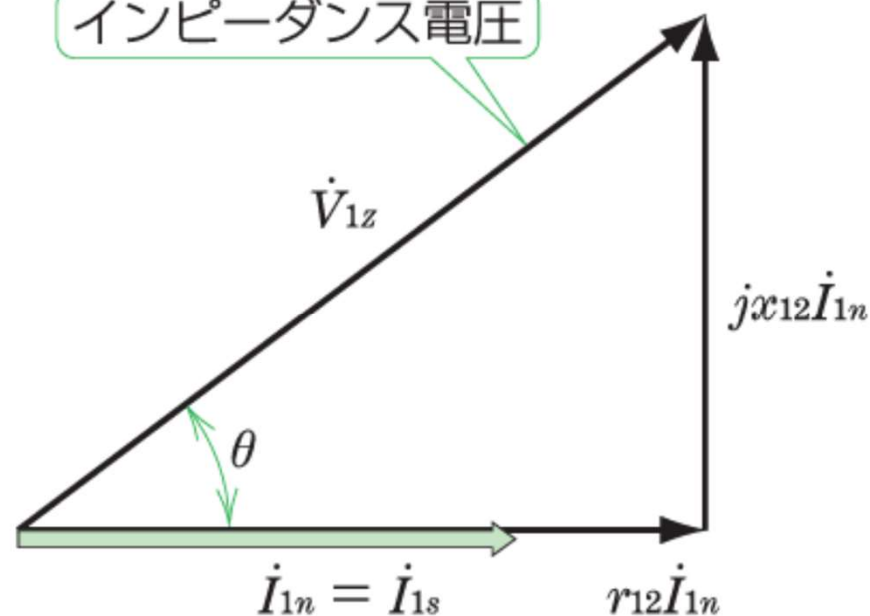
損失
効率

%Z は次のようにも表される。

$$\begin{aligned}
 \%Z &= \frac{V_{1Z}}{V_{1n}} \times 100 = \frac{I_{1n}Z_{12}}{V_{1n}} \times 100 \\
 &= \sqrt{\left(\frac{r_{12}I_{1n}}{V_{1n}} \times 100\right)^2 + \left(\frac{x_{12}I_{1n}}{V_{1n}} \times 100\right)^2} \quad (13) \\
 &= \sqrt{p^2 + q^2}
 \end{aligned}$$

$$\dot{V}_{1Z} = r_{12}I_{1n} + jx_{12}I_{1n}$$

インピーダンス電圧





短絡インピーダンス %Z [%] の式のまとめ

$$\%Z = \frac{Z_{12}}{Z_n} \times 100$$

$$\%Z = \frac{Z_{12} \cdot P_n}{V_{1n}^2} \times 100$$

$$\%Z = \frac{Z_{12} \cdot I_{1n}}{V_{1n}} \times 100$$

$$\%Z = \frac{V_{1Z}}{V_{1n}} \times 100$$

$$\%Z = \sqrt{p^2 + q^2}$$

a 短絡電流

定格一次電圧 V_{1n} [V] の変圧器の短絡インピーダンスが $\%Z$ [%] であるとき、定格一次電流を I_{1n} [A]、定格容量を P_n [kV・A] とすると、短絡電流（一次側） I_s [A] は、 $I_s = \frac{V_{1n}}{Z_{12}}$ と、式(13)から導かれる $Z_{12} = \frac{\%Z V_{1n}}{100 I_{1n}}$ により、次式で表される。^①

$$I_s = \frac{100 I_{1n}}{\%Z} = \frac{P_n [\text{kV} \cdot \text{A}]}{\%Z V_{1n} [\text{V}]} \times 10^5 \quad (14)$$

$$\%Z = \frac{100 I_{1n}}{I_s}$$

$$100 * 1000 = 100000 = 10E5$$

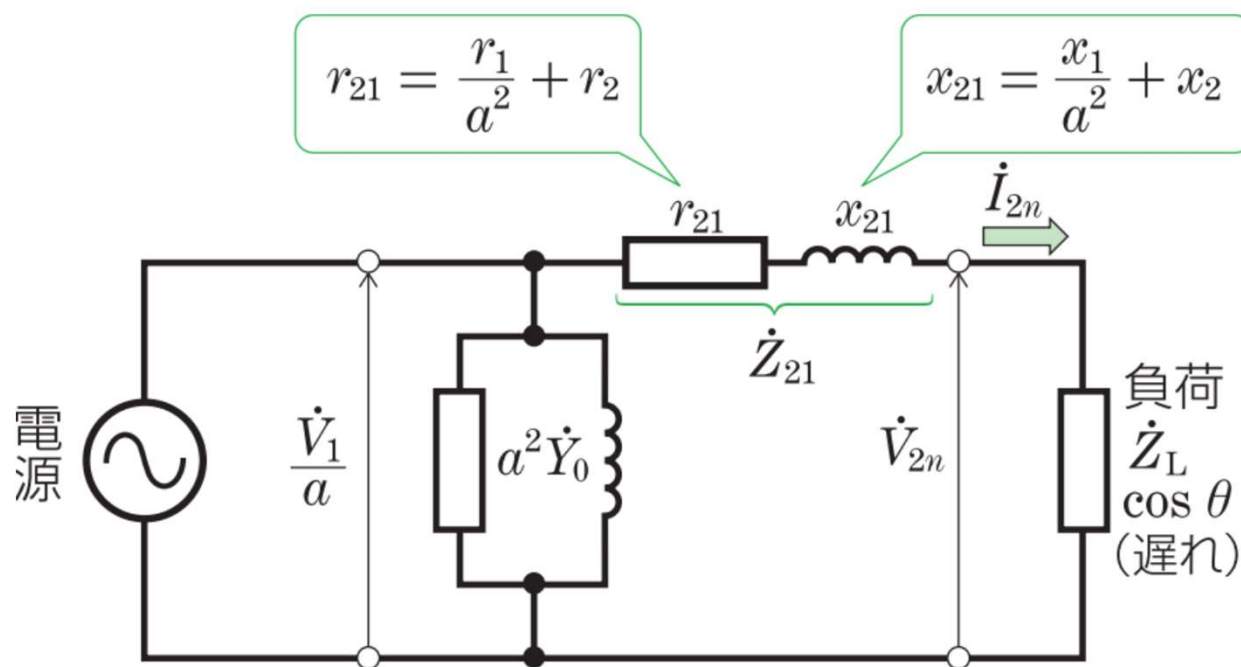
b 短絡容量 電力の送電のさいには，系統の短絡電流とともに短絡容量の算出が重要となる。定格容量を P_n [kV・A]，短絡電流を I_s [A] とすると，式(14)より短絡容量 P_s [kV・A] は，次式で表される。

$$P_s = V_{1n} I_s = V_{1n} \cdot \frac{100 I_{1n}}{\%Z} = \frac{100}{\%Z} P_n = \frac{I_s}{I_{1n}} P_n \quad (15)$$

この短絡容量の値は，電力系統に施設する遮断器などの容量を決めるときに利用される。

$$\%Z = \frac{100 P_n}{P_s}$$

問 4 図2において，定格二次電流 I_{2n} が 20 A，二次側に換算した抵抗 r_{21} が 0.1Ω ，二次側に換算したリアクタンス x_{21} が 0.2Ω ，定格二次電圧 V_{2n} が 200 V であるという。 p ， q ， $\%Z [\%]$ を求めよ。



%Z は次のようにも表される。

$$\begin{aligned}\%Z &= \frac{V_{1Z}}{V_{1n}} \times 100 = \frac{I_{1n}Z_{12}}{V_{1n}} \times 100 \\ &= \sqrt{\left(\frac{r_{12}I_{1n}}{V_{1n}} \times 100\right)^2 + \left(\frac{x_{12}I_{1n}}{V_{1n}} \times 100\right)^2} \quad (13)^{\textcircled{2}} \\ &= \sqrt{p^2 + q^2}\end{aligned}$$

$$p = \frac{r \cdot I}{V} \times 100 = \frac{0.1 \cdot 20}{200} \times 100 = 1[\%]$$

$$q = \frac{x \cdot I}{V} \times 100 = \frac{0.2 \cdot 20}{200} \times 100 = 2[\%]$$

$$\%Z = \sqrt{p^2 + q^2} = \sqrt{1 + 4} = \sqrt{5} = 2.236920 = 2.24[\%]$$

問 5 百分率抵抗降下 p が 0.58 %, 百分率リアクタンス降下 q が 9.30 % の変圧器がある。短絡インピーダンス $\%Z$ [%] と, 力率 80 % の場合の電圧変動率 ε [%] を求めよ。

$$\%Z = \sqrt{p^2 + q^2} = \sqrt{0.58^2 + 9.3^2} = 9.32[\%]$$

$$\varepsilon = p \cdot \cos\theta + q \cdot \sin\theta \text{ より}$$

$$\cos\theta = 0.8 \text{ のとき} \quad \sin\theta = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$$

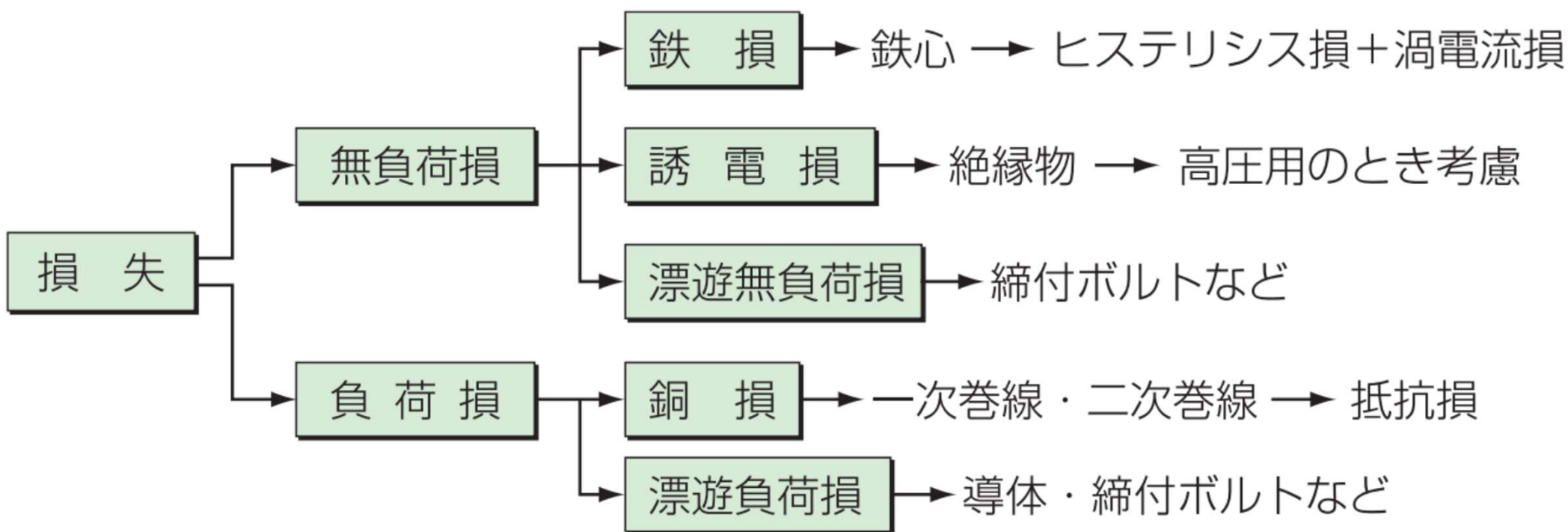
$$\varepsilon = 0.58 \cdot 0.8 + 9.3 \cdot 0.6 = 6.04[\%]$$

問 6 定格一次電圧 V_{1n} が 6 600 V, 定格容量が 50 kV・A の変圧器がある。短絡インピーダンス $\%Z$ は 4 % である。一次短絡電流 I_s [A] を求めよ。

$$I_s = \frac{100I_n}{\%Z} = \frac{100 \cdot \frac{50000}{6600}}{4} = 189.34[A]$$

2

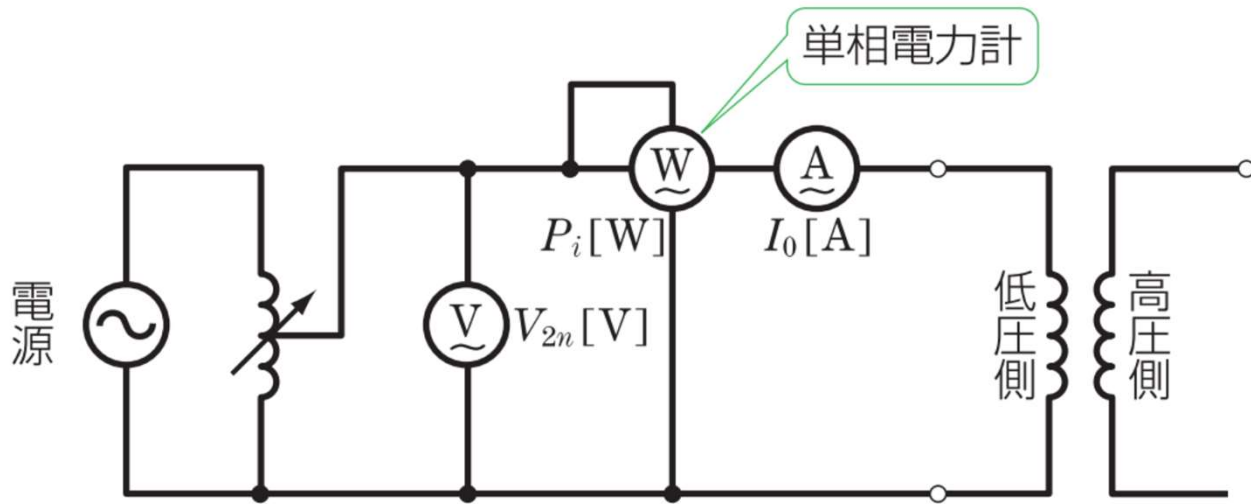
変圧器の損失と効率



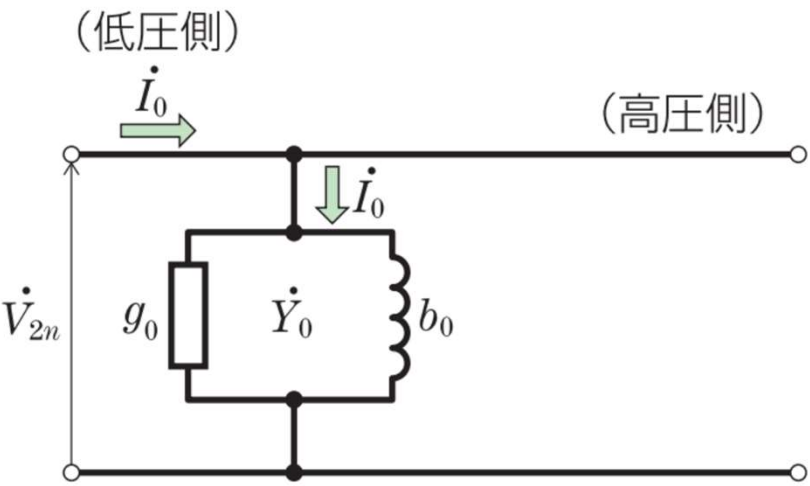
変圧器の巻線に定格電圧が加わっている場合、
負荷が接続されていないときでも、
励磁電流による損失分がつねに電力として供給されており、この損失は
無負荷損とよばれる。
大部分は鉄損

（漂遊（ひょうゆう）無負荷損）

無負荷試験



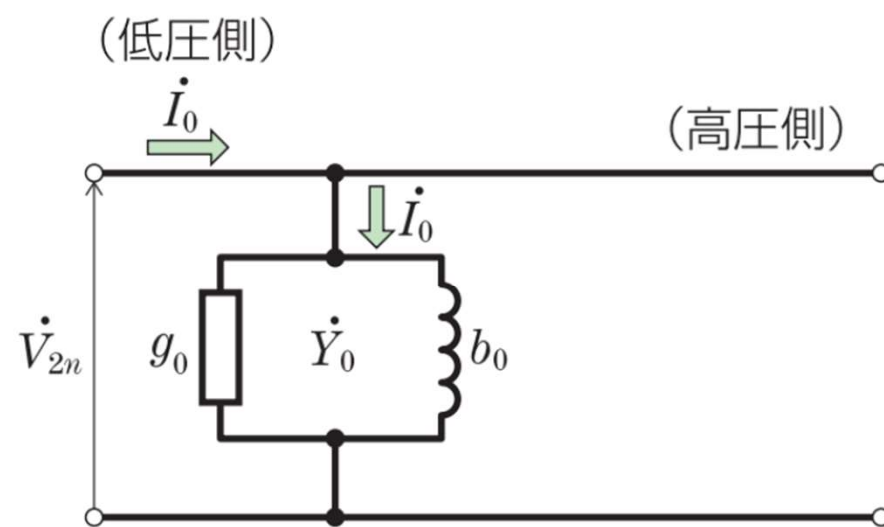
(a) 無負荷損の測定回路



(b) 等価回路

$$g_0 = \frac{P_i}{V_{2n}^2}, \quad b_0 = \sqrt{\left(\frac{I_0}{V_{2n}}\right)^2 - \left(\frac{P_i}{V_{2n}^2}\right)^2}$$

$$\cos \theta_0 = \frac{P_i}{V_{2n} I_0}$$

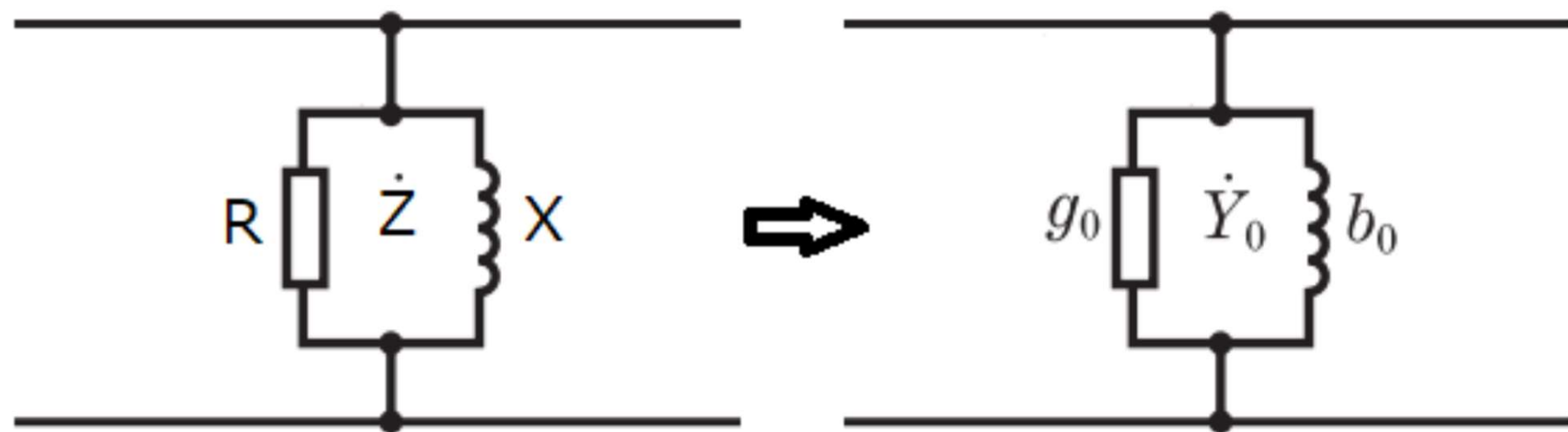


(b) 等価回路

コンダクタンス と サセプタンス

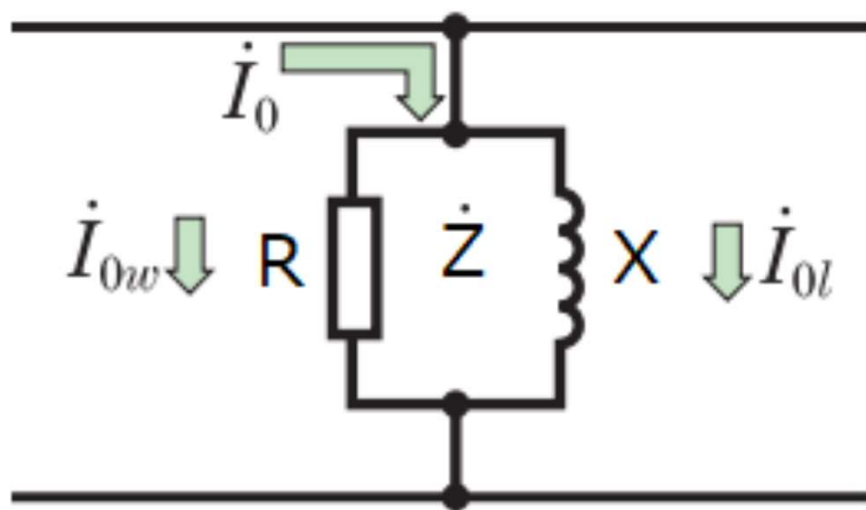
コンダクタンス： $G = 1 / R$

サセプタンス： $b = 1 / X$



$$\dot{Z} = \frac{R(jX)}{R + jX}$$

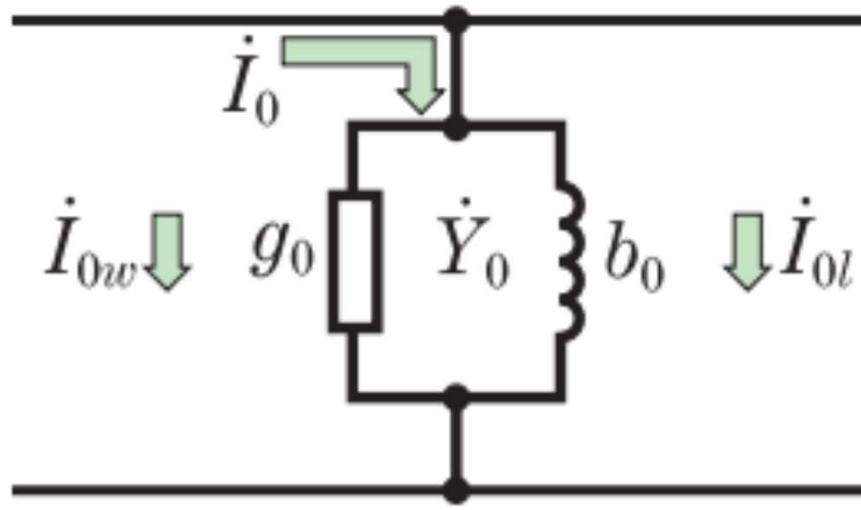
$$\begin{aligned} \dot{Y} &= \frac{1}{\dot{Z}} = \frac{R + jX}{jRX} = \frac{R}{jRX} + \frac{jX}{jRX} = \frac{1}{jX} + \frac{1}{R} \\ &= \frac{1}{R} + \frac{j}{jjX} = \frac{1}{R} - j\frac{1}{X} = g_0 - jb_0 \end{aligned}$$



$$I_{0w} = \frac{\dot{V}_1}{R}$$

$$I_{0l} = \frac{\dot{V}_1}{jX} = \frac{j\dot{V}_1}{jjX} = -j \frac{\dot{V}_1}{X}$$

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_{0w} + \dot{I}_{0l}$$



$$I_{0w} = \dot{V}_1 g_0$$

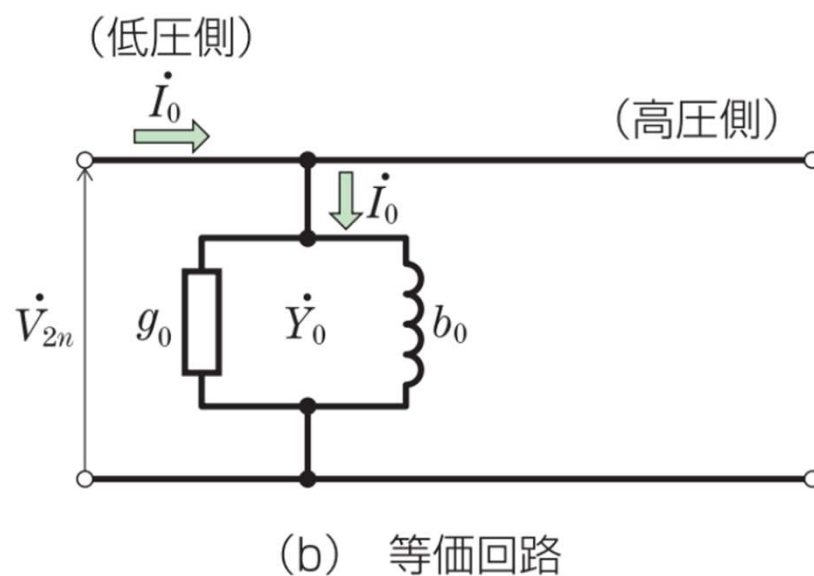
$$I_{0l} = -j \dot{V}_1 b_0$$

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_{0w} + \dot{I}_{0l}$$

例題

4

図7の変圧器において、定格二次電圧 V_{2n} が 100 V，無負荷損 P_i が 180 W，励磁電流 I_0 が 10 A であるという。この変圧器の g_0 [S]， b_0 [S]，および無負荷時の力率 $\cos \theta_0$ を求めよ。



解答

$$g_0 = \frac{P_i}{V_{2n}^2} = \frac{180}{100^2} = \mathbf{0.018 \text{ S}}$$

$$b_0 = \sqrt{\left(\frac{10}{100}\right)^2 - \left(\frac{180}{100^2}\right)^2} = \mathbf{0.098 \text{ S}}$$

$$\cos \theta_0 = \frac{180}{100 \times 10} = \mathbf{0.18}$$

例題

2

変圧器の一次電圧 V_1 が 2000 V で，励磁コンダクタンス g_0 が 0.00018 S，励磁サセプタンス b_0 が 0.00091 S であるという。鉄損電流 I_{0w} [A]，磁化電流 I_{0l} [A]，励磁電流 I_0 [A]，および $\cos \theta_0$ を求めよ。

解答

$$I_{0w} = g_0 V_1 = 0.00018 \times 2000 = 0.36 \text{ A}$$

$$I_{0l} = b_0 V_1 = 0.00091 \times 2000 = 1.82 \text{ A}$$

$$I_0 = \sqrt{I_{0w}^2 + I_{0l}^2} = \sqrt{0.36^2 + 1.82^2} = \sqrt{3.442} = 1.86 \text{ A}$$

$$\cos \theta_0 = \frac{I_{0w}}{I_0} = \frac{0.36}{1.86} = 0.194$$

問 8 ある変圧器の無負荷試験において、定格二次電圧 V_{2n} が 100 V、励磁電流 I_0 が 1.5 A、無負荷時の力率 $\cos \theta_0$ が 0.267 であった。この変圧器の P_i [W]、 g_0 [S]、 b_0 [S] を求めよ。

