

2月1日

損失

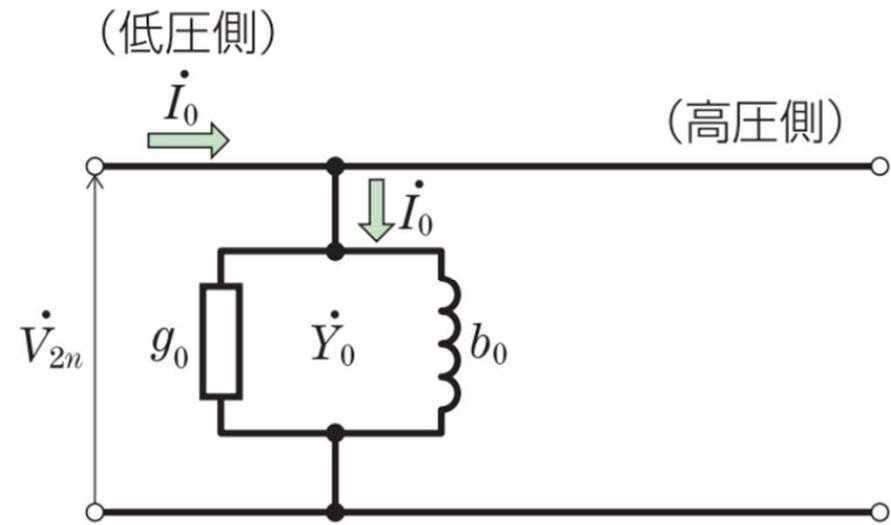
効率

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100V，励磁電流 I_0 が1.5A，無負荷時の力率 $\cos \theta$ 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。

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

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



(b) 等価回路

$$P_i = V \cdot I \cdot \cos\theta = 100 \cdot 1.5 \cdot 0.267 = 40.05[W]$$

$$g_0 = \frac{P_i}{V^2} = \frac{40.05}{100 \cdot 100} = 0.004[S]$$

$$\sin\theta = \sqrt{1 - 0.267^2} = 0.96 \text{ より}$$

$$\text{無効電力 : } Q = V \cdot I \cdot \sin\theta = 100 \cdot 1.5 \cdot 0.96 = 144[\text{var}]$$

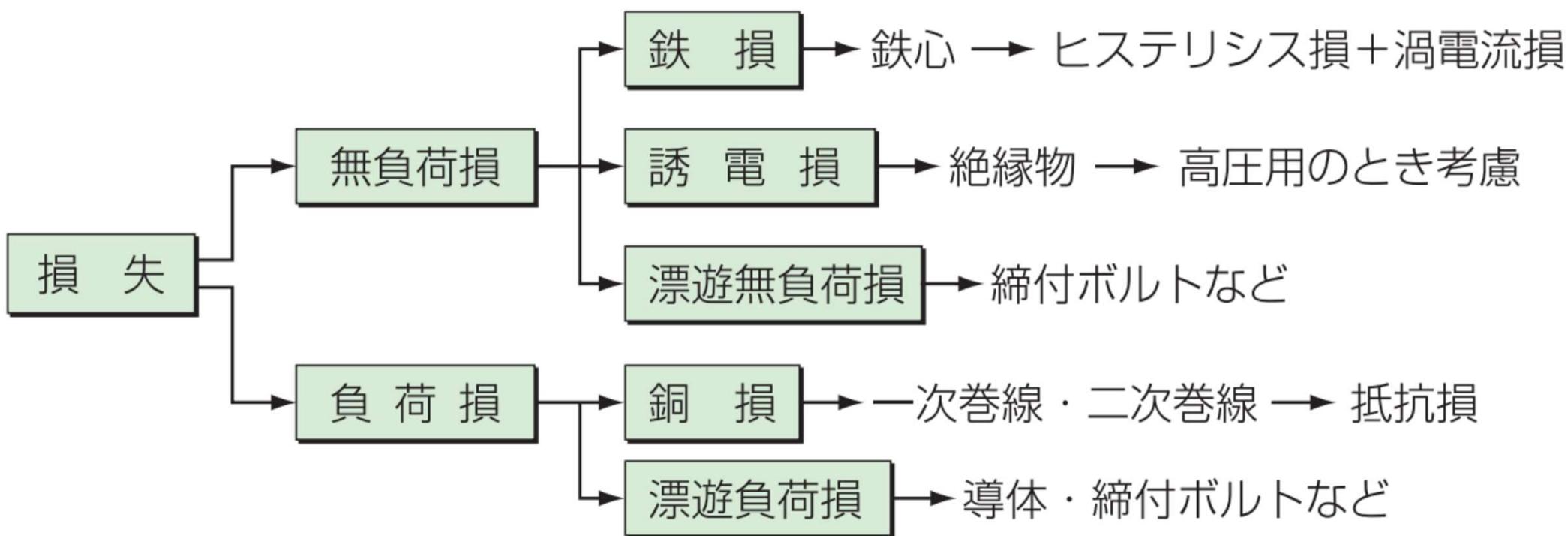
$$b_0 = \frac{Q}{V^2} = \frac{144}{100 \cdot 100} = 0.0144[S]$$

$$\text{アドミタンス : } Y_0 = \frac{I}{V} = \frac{1.5}{100} = 0.015[S]$$

$$Y_0 = \sqrt{g_0^2 + b_0^2} = \sqrt{0.004^2 + 0.0144^2} = 0.015[S]$$

2

変圧器の損失と効率



一般に，負荷電流が流れることによって
生じる損失を負荷損

銅損 と

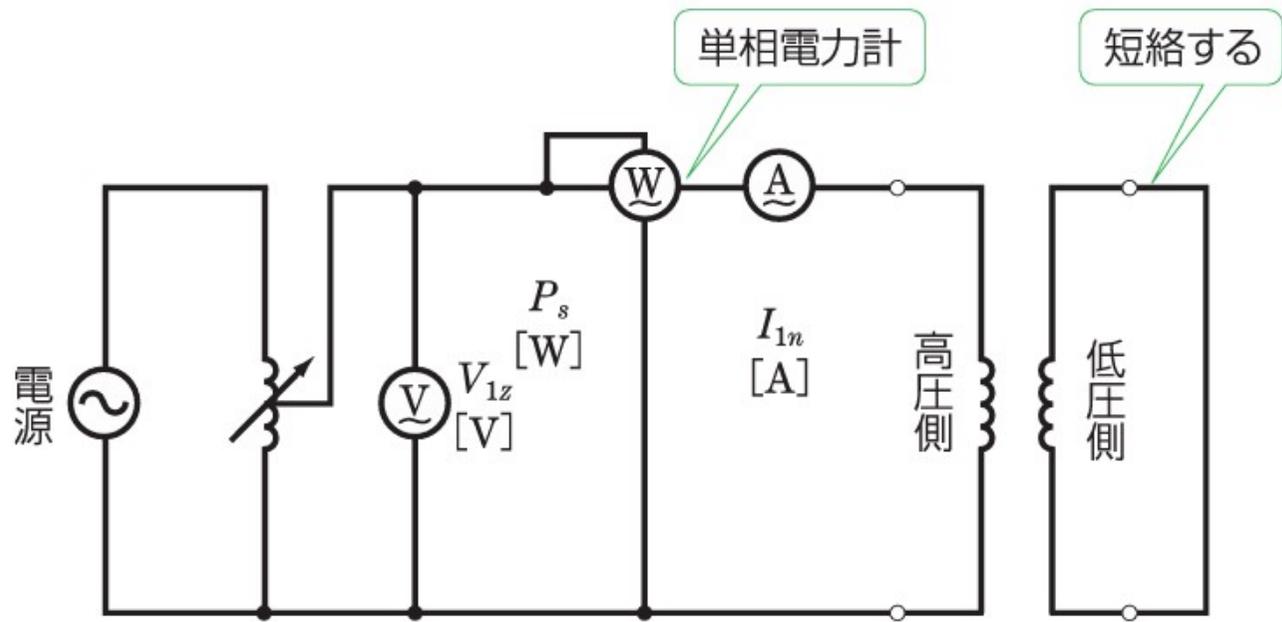
漂遊負荷損からなる

負荷損を測定するには，図8(a)に示すように，低圧側の回路を短絡して，定格周波数の低電圧 V_{1z} [V]を加え

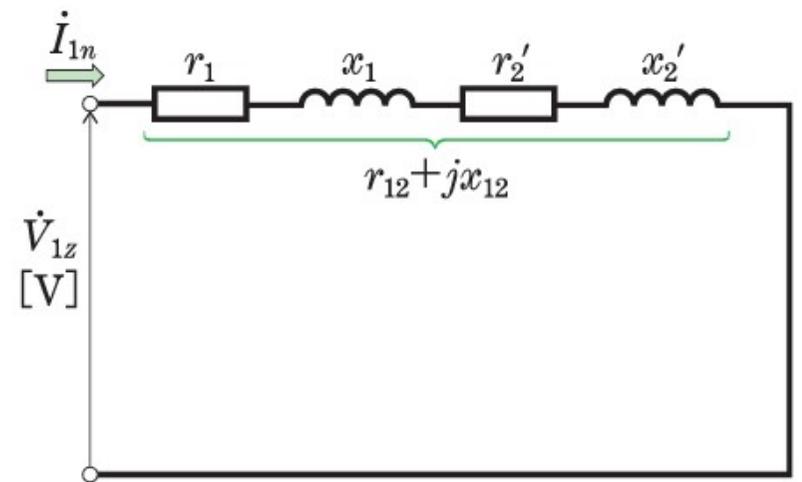
定格一次電流 I_{1n} [A]の電流を流し，電力計 W の読み P_s [W]によって求める。このときの P_s [W]はインピーダンスワットとよばれ，巻線の銅損に漂遊負荷損を含めた値を示している。このように，低圧側を短絡して行う試験を短絡インピーダンス試験という

短絡インピーダンス試験において負荷損測定を行うと，インピーダンスワット P_s [W]とインピーダンス電圧 V_{1z} [V]がわかる。したがって，図8(b)の等価回路で示される抵抗 r_{12} [Ω]，リアクタンス x_{12} [Ω]を求めることができる。

$$r_{12} = \frac{P_s}{I_{1n}^2}, \quad x_{12} = \sqrt{\left(\frac{V_{1z}}{I_{1n}}\right)^2 - \left(\frac{P_s}{I_{1n}^2}\right)^2}$$



(a) 負荷損の測定回路



$$r_{12} = r_1 + r_2'$$

$$x_{12} = x_1 + x_2'$$

(b) インピーダンス等価回路

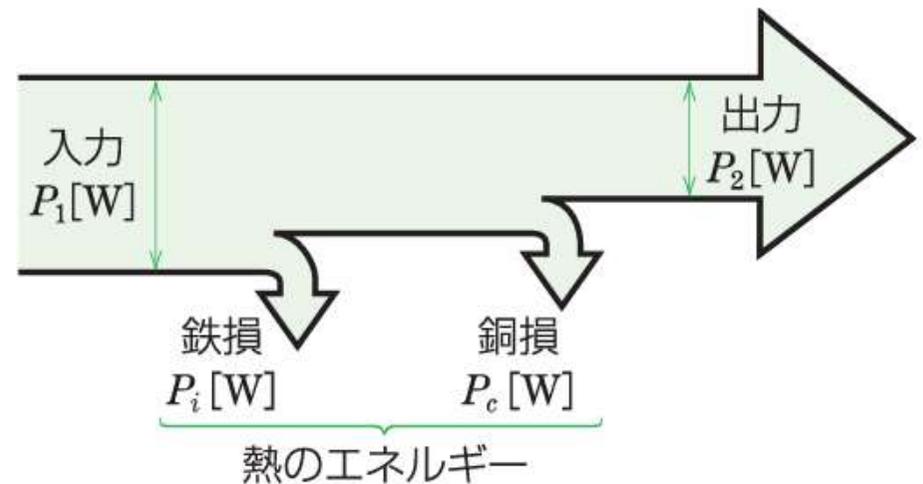
なお、一般に無負荷損は、ほとんどが鉄損であり、温度による変化は少ないが、負荷損は、温度によってある程度変化する。電気機器の試験ではふつう75°Cを基準温度としているので、負荷損測定で得た P_s [W] や r_{12} [Ω] は温度補正を行う必要がある。すなわち、測定したときの温度における値を75°Cの値に換算する必要がある。

4

変圧器の効率と
全日効率

変圧器の出力と入力との
比を **変圧器の効率** とい

う。変圧器では、鉄損・銅損などの損失があるため、
入力のすべてが出力とはならない。また、損失が大き
くなると変圧器の効率は低下する。入力から出力に至
るエネルギーの出入りを図9に示す。



▲ 図9 入出力と損失

効率

$$\text{実測効率} = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} \times 100 \quad (20)$$

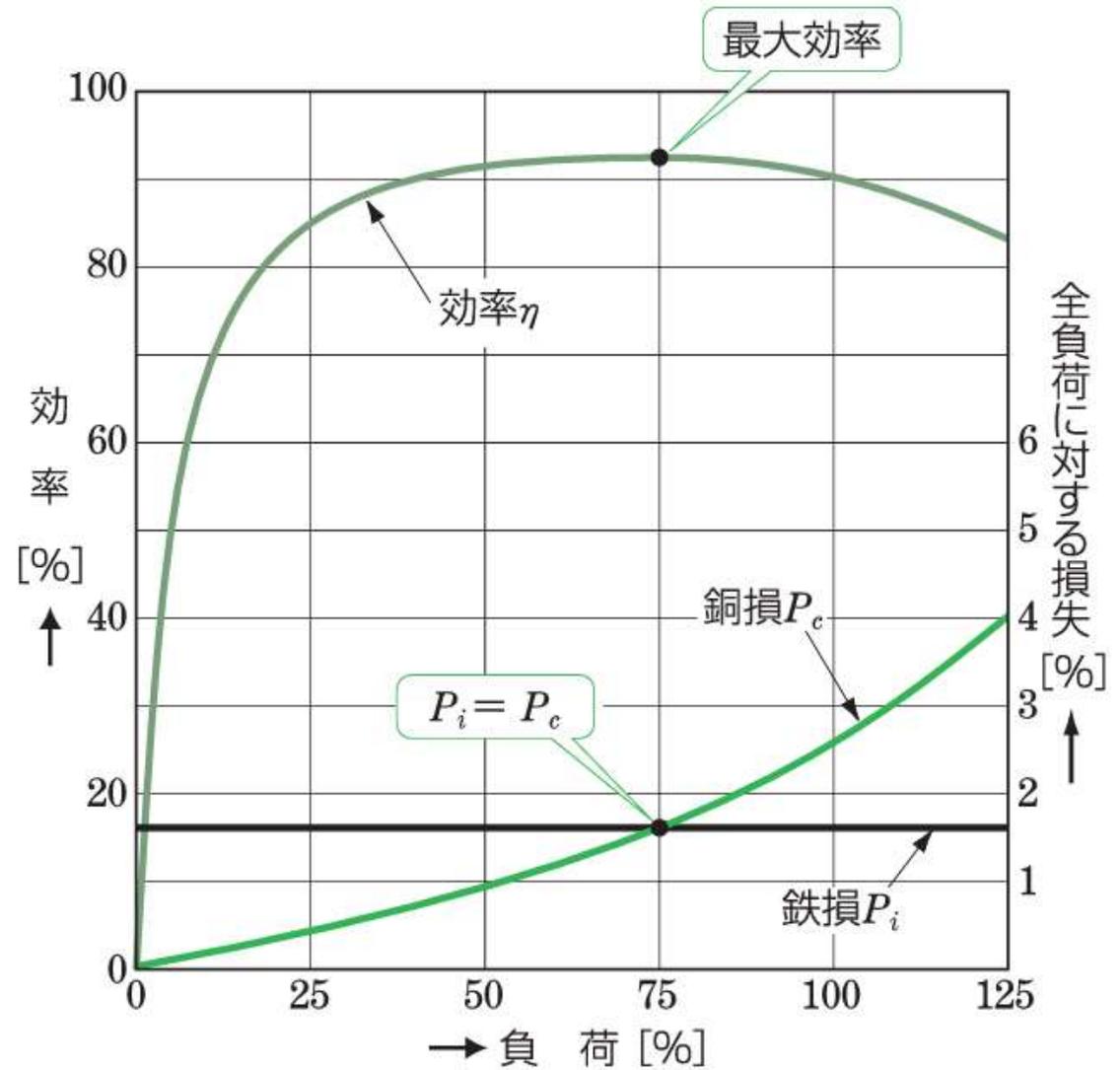
$$\left. \begin{aligned} \text{規約効率} &= \frac{\text{出力}}{\text{出力} + \text{無負荷損} + \text{負荷損}} \times 100 \\ &= \frac{P_2}{P_2 + P_i + P_c} \times 100 \end{aligned} \right\} (21)$$

ここで、 P_2 [W] は二次出力、 P_i [W] は鉄損、 P_c [W] は銅損である

b 最大効率 $P_2 = V_{2n}I_2$, $P_c = r_{21}I_2^2$ であるから、負荷力率を $\cos \theta$ とすると、式(21)は次式で表される。

$$\eta = \frac{V_{2n}I_2 \cos \theta}{V_{2n}I_2 \cos \theta + P_i + r_{21}I_2^2} \times 100 \quad (22)$$

最大効率



▲ 図 10 負荷に対する効率と損失

例題5

変圧器の容量が $30000\text{kV}\cdot\text{A}$ ，無負荷損 P_i が 50kW ，負荷損が 200kW である。負荷力率が 80% のとき，全負荷効率 η [%]，および $1/2$ 負荷効率 $\eta_{1/2}$ [%]を求めよ

$$\text{実測効率} = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{規約効率} &= \frac{\text{出力}}{\text{出力} + \text{無負荷損} + \text{負荷損}} \times 100 \\ &= \frac{P_2}{P_2 + P_i + P_c} \times 100 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{V_{2n} I_2 \cos \theta}{V_{2n} I_2 \cos \theta + P_i + r_{21} I_2^2} \times 100 ;$$

解答

$$\eta = \frac{30\,000 \times 0.8}{30\,000 \times 0.8 + 50 + 200} \times 100 = 99.0\%$$

$$\eta_{\frac{1}{2}} = \frac{0.5 \times 30\,000 \times 0.8}{0.5 \times 30\,000 \times 0.8 + 50 + 0.5^2 \times 200} \times 100 = 99.2\%$$

このときの鉄損と銅損は等しくなり、効率は最大となる。^③

負荷が1/2になるということとは銅損は電流の2乗に比例するので2乗を掛けて銅損を求める。

$$\text{③ } P_i = 50 \text{ kW}$$

$$P_c = 0.5^2 \times 200 = 50 \text{ kW}$$

問 8

変圧器の容量が $30000\text{kV}\cdot\text{A}$ ，無負荷損 P_i が 50kW ，負荷損が 200kW である。負荷力率が 100% のとき，全負荷効率 η [%]，および $3/4$ 負荷効率 $\eta_{3/4}$ [%]を求めよ

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{30000 \times 1}{30000 \times 1 + 50 + 200} \times 100 \\ &= \frac{3000000}{30250} = 99.17[\%]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{\frac{3}{4}} &= \frac{\frac{3}{4} \times 30000 \times 1}{\frac{3}{4} \times 30000 \times 1 + 50 + \left(\frac{3}{4}\right)^2 200} \times 100 \\ &= \frac{22500}{30162.5} = 99.28[\%]\end{aligned}$$

問 9

変圧器の全負荷時の出力 P が15000kW, 無負荷損 P_i が57000 W, 銅損 P_c が57000W, 漂遊負荷損 P_c' が12200Wである。この変圧器の全負荷効率 η [%]を求めよ。

$$\eta = \frac{15000}{15000 + 57 + 57 + 12.2} \times 100$$
$$= \frac{1500000}{15126.2} = 99.17 [\%]$$

全日効率

変圧器の二次側の負荷は時間とともに変動するが、一次側ではつねに電圧が加わっているので、負荷の大小に関係なく、鉄損が生じている。

全日効率の η_d [%]

$$\eta_d = \frac{Pt}{Pt + 24P_i + P_{ct}} \times 100$$

例題 6

変圧器の全負荷時の出力 P が15000kW、無負荷損 P_i が57kW、負荷損 P_c が101.3kWである。この変圧器が1日のうち8時間は全負荷、8時間は1/2負荷、8時間は無負荷で運転される。全日効率 η_d [%]を求めよ。ただし、力率はいずれの場合も100%とする。

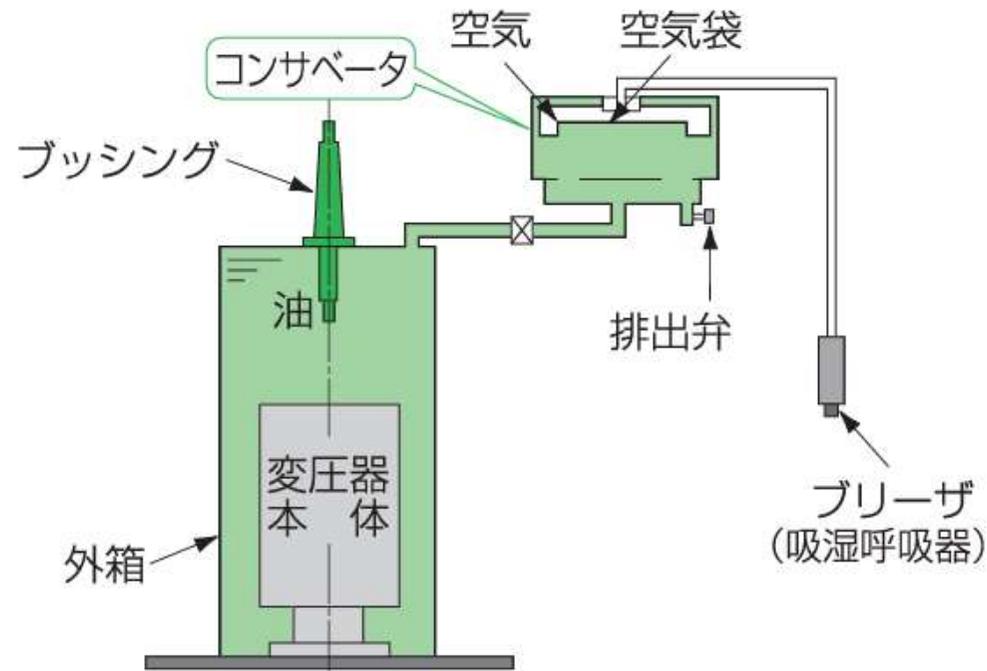
解答 1日の出力電力量 = $15000 \times 8 + \frac{1}{2} \times 15000 \times 8 = 180000 \text{ kW}\cdot\text{h}$

1日の無負荷損電力量 = $57 \times 24 = 1368 \text{ kW}\cdot\text{h}$

1日の負荷損電力量 = $101.3 \times 8 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 101.3 \times 8$
= $1013 \text{ kW}\cdot\text{h}$

$$\eta_d = \frac{180000}{180000 + 1368 + 1013} \times 100 = 98.7 \%$$

変圧器油の劣化防止法



(b) コンサベータ(別置形)

C 油の劣化防止 油入変圧器では、負荷の変動により油の温度が上下し、油は膨張・収縮を繰り返す。これにともない、外気は変圧器内部に出入りを繰り返す。これを変圧器の**呼吸作用**という。このとき、大気中の湿気が油の中に侵入するので、絶縁耐力が低下するだけでなく、油面に接する空気中の酸素によって、油が酸化され、有害な赤褐色の不溶解性の沈殿物（**スラッジ**^①）ができる。

油の劣化防止のために、図 15 (a), (b)のような**コンサベータ**^②や図 15 (c)の**ブリーザ**^③が用いられる。

コンサベータは、図 15 (b)に示すような、変圧器本体の外に設けたタンクである。油の体積が変化しても、空気袋内の空気が出入りするだ



(a) 自冷式



(b) 風冷式

- Conservator=コンサベータ (油の保守)
- Conservative=保守的な

