第 114 講 変圧器と電力輸送

この講でできるようになること

- 理想変圧器の一次・二次の関係を巻数比から判断し、電圧と電流を求めることができる。
- 変化する磁束による誘導と、一定磁束の状態とを区別できる。
- 同じ送電端電力・同じ線路抵抗という条件で、送電電圧と線路損失の関係を説明できる。
- 理想変圧器の電力保存と、実際の変圧器・送電線に生じる損失を分けて計算できる。

1. 導線でつながらなくても電圧を変えられる

発電所から遠くへ電気を運ぶとき、電圧を高くして送電し、利用する場所で電圧を下げる。この電圧の変換に使われる装置が**変圧器**である。変圧器の働きと、送電線で発生する熱を同時に考えると、高い電圧を使う理由が見えてくる。

変圧器の基本的な模型では、電源につながる**一次巻線**と、負荷につながる**二次巻線**が、共通の**鉄心**にそれぞれ巻かれている。一次巻線と二次巻線の導線は電気的に接続されず、両巻線とも鉄心と電気的に接続されていない。

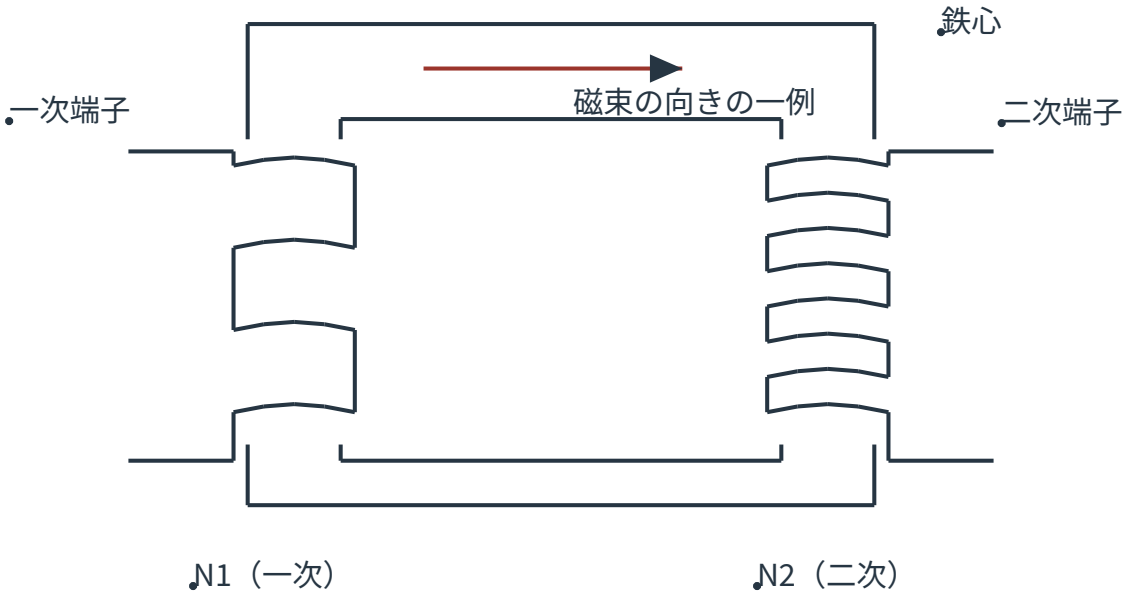


図 1　一次と二次は導線でつながらない。鉄心を通る変化する磁束が両巻線を鎖交する模式図。

鉄心は一続きの部材であり、この模式図では巻線の背後に隠れる区間だけ輪郭を省略した。左側の巻線と右側の巻線を結ぶ導線はない。描かれた巻きの数は模式的なものであり、実際の巻数を表さない。矢印はある瞬間の磁束の向きを示し、交流では時間とともに向きが反転する。

一次巻線に交流が流れると、鉄心を通って両巻線に鎖交する**磁束**が時間とともに変化する。磁束とは磁場がある面をどれだけ貫くかを表す量であり、これが変化すると巻線に誘導電圧が生じる。一次巻線から二次巻線へ、導線を通じて直接電流が流れているわけではない。これは相互誘導を利用した仕組みである。

理想変圧器の電圧と巻数の関係

一次側の巻数を N_1、二次側の巻数を N_2 とする。N_1, N_2 は正の整数であり、一次・二次の交流電圧の**実効値**を V_1, V_2 とする。実効値は、抵抗に同じ平均電力を与える直流の電圧・電流に対応する交流の大きさである。

両巻線の 1 巻あたりに共通の時間変化する磁束が鎖交し、磁束の漏れ、巻線の抵抗、鉄心の損失を無視できる**理想変圧器**では、

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

が成り立つ。これは電圧の大きさの関係であり、瞬間的な電圧の符号や巻線の向きをこの比だけで決める式ではない。

二次巻線の巻数が一次巻線より多いときは**昇圧**、少ないときは**降圧**となる。ただし、電圧が何倍になるかだけでは、取り出せる電力まで増えるとはいえない。

理想変圧器の入力と出力

一次側が受け取る電力を入力電力 P_1、二次側が負荷へ渡す電力を出力電力 P_2 とする。理想変圧器に純抵抗負荷をつないだ交流の定常状態を考え、一次・二次の電流の実効値をそれぞれ I_1, I_2 とすれば、損失がないため次の関係となる。

$$P_1 = P_2, \qquad V_1 I_1 = V_2 I_2$$

したがって、二次側へ電力を渡しているとき、電流の大きさの比は電圧の比と逆向きである。

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

電圧が大きくなっても、電力が理想的に保存されるなら電流は小さくなる。ここで比較する電圧・電流は実効値であり、VI をそのまま電力とできるのは、このように力率が 1 になる条件を置いたときである。

例題 1：巻数を変えたときの電圧

一次側の巻数が $N_1 = 200$、二次側の巻数が $N_2 = 800$ の理想変圧器に、一次電圧の実効値 $V_1 = 50\,\mathrm{V}$ を与える。

例題 1(1) この変圧器は昇圧と降圧のどちらを行うか。電圧の倍率とともに答えよ。

例題 1(2) 二次電圧の実効値 V_2 を求めよ。

例題 1(1) 解説 $\frac{N_2}{N_1} = \frac{800}{200} = 4$ であり、二次側の巻数が多い。したがって、**電圧を 4 倍にする昇圧**である。

例題 1(2) 解説 巻数と電圧の比を対応させる。

$$V_2 = V_1 \frac{N_2}{N_1} = 50 \times \frac{800}{200} = 200\,\mathrm{V}$$

よって、$V_2 = 200\,\mathrm{V}$ である。

例題 2：降圧すると電流はどうなるか

理想変圧器の一次側は $V_1 = 240\,\mathrm{V}$、$N_1 = 1200$、二次側は $V_2 = 60\,\mathrm{V}$ である。二次側の負荷は純抵抗であり、二次電流の実効値は $I_2 = 4.0\,\mathrm{A}$ とする。

例題 2(1) 二次側の巻数 N_2 を求めよ。

例題 2(2) 出力電力 P_2 と、理想変圧器の入力電力 P_1 を求めよ。

例題 2(3) 一次電流の実効値 I_1 を求め、降圧と電流の関係を説明せよ。

例題 2(1) 解説 電圧の比は $\frac{60}{240} = \frac{1}{4}$ である。巻数の比も同じなので、

$$N_2 = N_1 \frac{V_2}{V_1} = 1200 \times \frac{60}{240} = 300$$

となる。二次側は 300 **巻き**である。

例題 2(2) 解説 純抵抗の負荷であるから、出力電力は

$$P_2 = V_2 I_2 = 60 \times 4.0 = 240\,\mathrm{W}$$

である。理想変圧器では損失がないため、$P_1 = P_2 = 240\,\mathrm{W}$ となる。

例題 2(3) 解説 一次側では $P_1 = V_1 I_1$ である。

$$I_1 = \frac{P_1}{V_1} = \frac{240}{240} = 1.0\,\mathrm{A}$$

$I_1 = 1.0\,\mathrm{A}$ である。二次側の電圧は一次側の $\frac{1}{4}$ になったが、同じ電力を渡すために電流は 4 倍となる。降圧を「電力も $\frac{1}{4}$ になること」と取り違えてはならない。

一定の磁束では二次側に誘導電圧は生じない

変圧器の二次巻線に電圧が生じる条件は、磁束が**時間とともに変化すること**である。一次巻線に電流が存在することだけでは、二次側へ誘導電圧が生じ続けるとは限らない。

例題 3：一定の直流電流と誘導電圧

一次巻線に**一定の直流電流**が流れ、鉄心を通る磁束が時間とともに変化しない定常状態を考える。これは、抵抗が全くない理想一次巻線に一定の直流電圧をかけるという条件ではない。

例題 3(1) この定常状態で二次巻線に誘導される電圧はいくらか。

例題 3(2) 交流で用いる変圧比の式を、この定常状態にそのまま適用して二次電圧を求められるか。理由とともに答えよ。

例題 3(1) 解説 磁束の時間変化がないので、二次巻線に生じる**誘導電圧は** $0\,\mathrm{V}$ である。

例題 3(2) 解説 そのまま適用できない。 変圧比の式は共通の時間変化する磁束を前提とする交流の関係である。一定直流電流による不変の磁束は、この条件を満たさない。投入直後などの過渡現象と定常状態は別であり、実機では発熱や鉄心の飽和も問題になる。

高電圧と直流についての安全

高電圧の送電設備・変圧器は感電などの重大な危険がある。設備へ近づいたり、商用変圧器へ直流をつないだりして確かめてはならない。本講はモデルによる計算と判断だけを扱う。

2. なぜ送電前に昇圧するのか

変圧器は発電所側で電圧を上げ、送電線を通した後に利用側で電圧を下げるために使われる。ここでは全体の流れをまず捉える。

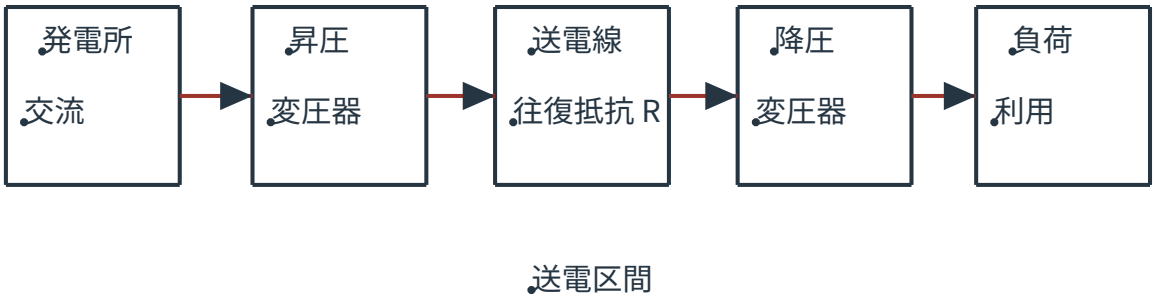


図 2　電力輸送の流れ。高い電圧で送電し、使う側で降圧する。

図の矢印は**電力が届く順序**であり、交流電流の瞬間的な向きを示さない。ここで R と呼ぶ線路の抵抗は、送電線の往路と復路を合わせた**往復抵抗**である。図の点やラベル位置は測定端子を指定していない。

送電線を一つの抵抗として扱う

以下は送電の理由を調べるための単純化したモデルである。**単相交流、送電線と負荷は純抵抗、力率は 1、線路の抵抗以外の要素は無視**する。電圧 $V_{送}$ と電流 I は送電端の実効値、$R_{往復}$ は往路と復路の抵抗の合計である。

送電端が線路へ送り出す電力を $P_{送}$、線路で熱に変わる電力を $P_{損}$、線路の受電端に届く電力を $P_{受}$ とする。変圧器自身の損失は、この線路モデルに**含めない**。

送電端電力・線路損失・受電電力

純抵抗、力率 1 の送電モデルでは、

$$P_{送} = V_{送} I$$

$$P_{損} = I^2 R_{往復}$$

$$P_{受} = P_{送} - P_{損}$$

が成り立つ。単位は電力が W、電圧が V、電流が A、抵抗が Ω である。

ここでは送電端電力 $P_{送}$ と往復抵抗 $R_{往復}$ を**両方とも同じ**にして電圧だけを比較する。このとき電流は $I = \frac{P_{送}}{V_{送}}$ だから、線路損失は

$$P_{損} = \left(\frac{P_{送}}{V_{送}}\right)^2 R_{往復} = \frac{P_{送}^2 R_{往復}}{V_{送}^2}$$

となる。**同じ電力を同じ線路で送るなら、送電電圧を高くするほど電流が減り、抵抗による損失が小さくなる。** これは固定した条件付きの関係であり、電圧を上げるだけでいかなる状況でも損失が減るという法則ではない。

比較で何を固定するか

送電電圧を変えて損失を比べるとき、同じとするのは**送電端電力と線路の往復抵抗**である。この比較では、受電端で得られる電力や負荷抵抗まで同じ値に固定しない。異なる電圧で同じ純抵抗負荷をつないだままなら、送電端電力が変化し得るため、別の比較になる。

例題 4：電圧を上げたときの線路損失

送電端電力をどちらの場合も $P_{送}=100\,\mathrm{kW}$、線路の往復抵抗をどちらの場合も $R_{往復}=5.0\,\Omega$ とする。単相交流で、線路と負荷は純抵抗、力率は 1 とし、変圧器の損失は考えない。送電端の実効電圧を A の場合は 1.0 kV、B の場合は 10 kV とする。受電端電力や負荷抵抗を同じにする条件は置かない。

例題 4(1) A、B それぞれの線路電流の実効値を求めよ。

例題 4(2) A、B それぞれの線路損失を求め、B の損失は A の何倍か答えよ。

例題 4(3) A、B それぞれの受電電力を求めよ。

例題 4(1) 解説 $100\,\mathrm{kW}=100000\,\mathrm{W}$ である。$P_{送}=V_{送}I$ から、

$$I_{\mathrm{A}}=\frac{100000}{1000}=100\,\mathrm{A},\qquad I_{\mathrm{B}}=\frac{100000}{10000}=10\,\mathrm{A}$$

となる。送電電圧が 10 倍になると、電流は $\frac{1}{10}$ になる。

例題 4(2) 解説 往復抵抗はどちらも $5.0\,\Omega$ である。電流の二乗に比例して線路損失が決まる。

$$P_{損,\mathrm{A}}=100^2\times 5.0=50000\,\mathrm{W}=50\,\mathrm{kW}$$

$$P_{損,\mathrm{B}}=10^2\times 5.0=500\,\mathrm{W}=0.50\,\mathrm{kW}$$

よって B の損失は A の $\frac{0.50}{50}=\frac{1}{100}$ **倍**である。

例題 4(3) 解説 送電端電力から線路で失われた電力を引く。

$$P_{受,\mathrm{A}}=100-50=50\,\mathrm{kW}$$

$$P_{受,\mathrm{B}}=100-0.50=99.5\,\mathrm{kW}$$

したがって、受電電力は A が 50 kW、B が 99.5 kW である。同じ送電端電力でも、受電端で使える電力は異なる。

計算した結果を、同じ送電端電力・同じ線路抵抗という条件とともに図にまとめる。以下は**例題 4 の解説図**であり、設問の条件図ではない。

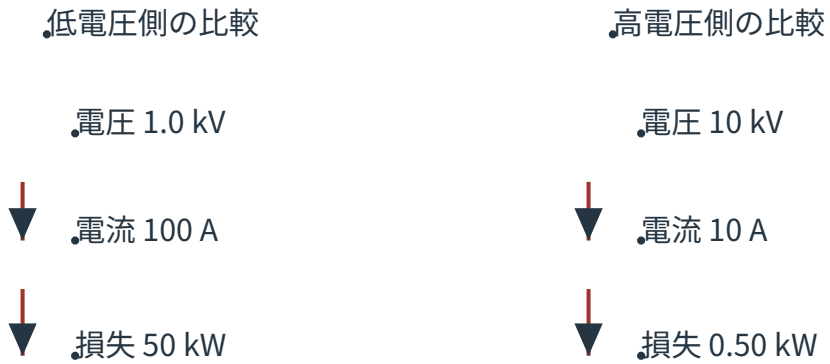


図 3　同じ送電端電力、同じ線路。送電端電圧を 10 倍にすると線路電流は 1/10、損失は 1/100。

電圧と損失の間には、電流という量が入る。送電電圧を 10 倍にして電流が 10 分の 1 になれば、損失はその二**乗**に応じて 100 分の 1 になる。

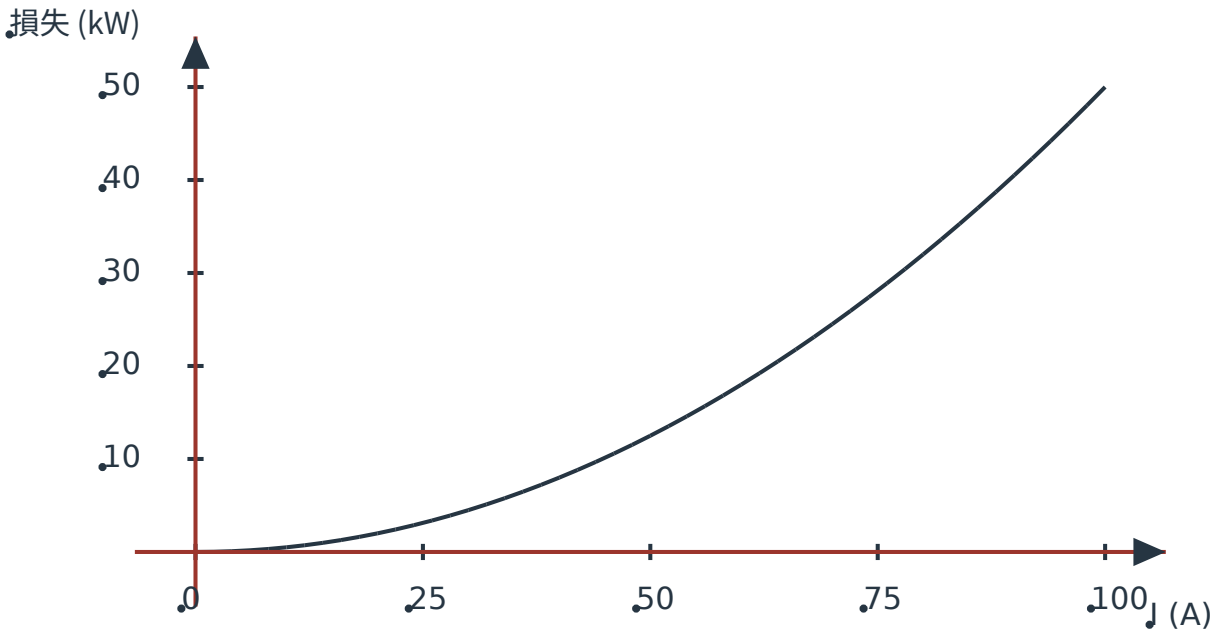


図 4　送電端電力 100 kW・線路往復 5.0 Ω。損失は電流の二乗に比例する。

この曲線は往復抵抗を $5.0\,\Omega$ に固定したときの $P_{\text{損}} = I^2 R_{\text{往復}}$ を表す。横軸は線路電流の実効値であり、**電圧のグラフではない**。曲線の右端 100 A では 50 kW の損失となる。電流を半分にすると、同じ抵抗での線路損失は $\frac{1}{4}$ になる。

3. 線路の電圧降下と実際の変圧器

送電線の往路にも復路にも抵抗がある。抵抗を通る電流が同じで、線路を純抵抗とみなすなら、往復の抵抗を足して $R_{\text{往復}}$ としてよい。送電区間全体に生じる**実効電圧の降下**の大きさは

$$\Delta V = I R_{\text{往復}}$$

である。I^2R は失われる**電力**であって、電圧降下とは区別する。

一方、実際の変圧器は巻線の抵抗による発熱や鉄心での損失などをもつ。実変圧器に対しては、入力電力 $P_{\text{入}}$、出力電力 $P_{\text{出}}$ を別々に扱う。出力電力の入力電力に対する割合を**効率** η と呼ぶ。

$$P_{\text{変圧器損}} = P_{\text{入}} - P_{\text{出}}, \qquad \eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{入}}} \times 100\,\%$$

ここでの変圧器損失は、送電線の $I^2R_{\text{往復}}$ とは別の場所で生じる。理想変圧器の $P_1 = P_2$ を、損失のある実機へそのまま当てはめてはならない。

電力と電力量は別の量

電力は単位時間あたりに使う、または失われるエネルギーで、単位は W や kW である。一定の電力が時間 t 続くと、その間の**電力量**は「電力×時間」となる。たとえば 1.0 kW の損失が 2.0 h 続くと失われる電力量は 2.0 kWh であり、2.0 kW ではない。

演習問題

演習 1：巻数比と電力

一次巻数 $N_1 = 450$、二次巻数 $N_2 = 150$ の理想変圧器で、一次電圧の実効値が 180 V である。二次側の負荷は純抵抗で、二次電流の実効値は 3.0 A とする。

演習 1(1) 昇圧と降圧のどちらか答え、二次電圧の実効値を求めよ。

演習 1(2) 二次側の出力電力と一次側の入力電力を求めよ。

演習 1(3) 一次電流の実効値を求め、なぜ二次側の電流の方が大きいか説明せよ。

解答・解説は巻末「演習 1 の解答・解説」を参照。

演習 2：変わらない磁束

一次巻線に一定の直流電流が流れ、鉄心を通る磁束が時間変化しない定常状態を考える。一定の直流電圧を理想無抵抗巻線へ加える設定ではない。

演習 2(1) この状態で二次巻線に誘導される電圧の大きさを答えよ。

演習 2(2) 一次電流がゼロでなくても演習 2(1)の答えになる理由を説明せよ。

解答・解説は巻末「演習 2 の解答・解説」を参照。

©ミライコーチング

演習 3：送電電圧を 3 倍にする

単相交流・純抵抗・力率 1 の送電モデルで、送電端電力と線路の往復抵抗をともに一定に保つ。受電電力と負荷抵抗を同じに固定する条件は置かない。送電端電圧の実効値だけを元の 3 倍にする。

演習 3(1) 線路電流の実効値は元の何倍になるか。

演習 3(2) 線路のジュール熱による損失電力は元の何倍になるか。

演習 3(3) 「電圧さえ上げれば、どのような条件でも損失は必ず小さくなる」という説明が不適切な理由を述べよ。

解答・解説は巻末「演習 3 の解答・解説」を参照。

演習 4：往路と復路を合わせる

単相交流で、線路を純抵抗とみなす。送電線の往路の抵抗は 1.5 Ω、復路の抵抗も 1.5 Ω である。線路電流の実効値を 20 A とする。

演習 4(1) 線路の往復抵抗を求めよ。

演習 4(2) 線路全体で失われる電力を kW で求めよ。

演習 4(3) 往復の線路区間全体に生じる実効電圧降下の大きさを求めよ。

解答・解説は巻末「演習 4 の解答・解説」を参照。

演習 5：実変圧器の損失と効率

ある実変圧器の入力電力が 2.00 kW、出力電力が 1.90 kW である。

演習 5(1) 変圧器内部で失われる電力を kW で求めよ。

演習 5(2) この変圧器の効率を百分率で求めよ。

演習 5(3) 理想変圧器との違いを、損失が生じる場所の例とともに説明せよ。

解答・解説は巻末「演習 5 の解答・解説」を参照。

演習 6：別の送電条件で比べる

送電端電力をいずれも 80 kW、線路の往復抵抗をいずれも 4.0 Ω に固定する。単相交流で線路と負荷は純抵抗、力率 1 であり、変圧器の損失は考えない。送電端電圧の実効値を C の場合は 2.0 kV、D の場合は 8.0 kV とする。受電電力や負荷抵抗は同一に固定しない。

演習 6(1) C と D の線路電流の実効値をそれぞれ求めよ。

演習 6(2) C と D の線路損失をそれぞれ kW で求めよ。

演習 6(3) C と D の受電電力をそれぞれ kW で求めよ。

解答・解説は巻末「演習 6 の解答・解説」を参照。

©ミライコーチング

演習 7：電力と電力量を区別する

ある送電線で生じる線路損失の電力が、一定の 1.20 kW で 2.0 h 続くとする。

演習 7(1) 失われる電力量を kWh で求めよ。

演習 7(2) 演習 7(1)の電力量を J に換算せよ。ただし 1 h = 3600 s とする。

解答・解説は巻末「演習 7 の解答・解説」を参照。

演習 8：比較条件を見抜く

送電線を単相交流・純抵抗・力率 1 のモデルで考える。ある説明は「高電圧送電による損失の減少を調べるため、送電端電力、線路の往復抵抗、受電電力、負荷抵抗のすべてを同じに固定し、送電電圧だけを変える」としている。

演習 8(1) この講の送電電圧比較で固定すべき二つの量を答えよ。

演習 8(2) 上の説明で、受電電力と負荷抵抗も同じに固定することが不適切な理由を、線路損失の式に関連づけて説明せよ。

解答・解説は巻末「演習 8 の解答・解説」を参照。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

演習 1 の解答・解説

演習 1(1) 解説 $\frac{N_2}{N_1} = \frac{150}{450} = \frac{1}{3}$ である。二次巻数の方が少ないので**降圧**となる。

$$V_2 = V_1 \frac{N_2}{N_1} = 180 \times \frac{150}{450} = 60\,\mathrm{V}$$

よって二次電圧の実効値は 60 V である。

演習 1(2) 解説 二次負荷が純抵抗なので $P_2 = V_2 I_2$ であり、

$$P_2 = 60 \times 3.0 = 180\,\mathrm{W}$$

となる。理想変圧器の入力電力も同じであるから、$P_2 = 180\,\mathrm{W}$、$P_1 = 180\,\mathrm{W}$ である。

演習 1(3) 解説 入力側も力率 1 なので、

$$I_1 = \frac{P_1}{V_1} = \frac{180}{180} = 1.0\,\mathrm{A}$$

となる。$I_1 = 1.0\,\mathrm{A}$。電圧を $\frac{1}{3}$ に下げても電力は保存されるため、二次側の電流は一次側の 3 倍となる。

演習 2 の解答・解説

演習 2(1) 解説 磁束が時間変化しないため、二次側の誘導電圧の大きさは 0 V である。

演習 2(2) 解説 二次側の誘導電圧を決めるのは一次側の電流の有無そのものではなく、両巻線を鎖交する磁束の時間変化である。一定の直流電流がつくる磁束が定常的であれば、変化がないので誘導電圧は生じない。投入直後の変化や実機の発熱・鉄心の飽和はこの定常条件と別である。

演習 3 の解答・解説

演習 3(1) 解説 $P_{\text{送}} = V_{\text{送}} I$ が一定であるから、電圧を 3 倍にすると線路電流は $\frac{1}{3}$ **倍**となる。

$$\frac{I_{\text{後}}}{I_{\text{前}}} = \frac{1}{3}$$

演習 3(2) 解説 $P_{\text{損}} = I^2 R_{\text{往復}}$ で抵抗も一定である。

$$\frac{P_{\text{損,後}}}{P_{\text{損,前}}} = \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{1}{9}$$

よって損失は $\frac{1}{9}$ **倍**である。

演習 3(3) 解説 電流が減るという判断は、送電端電力を同じにした条件から導いたものである。送電端電力や抵抗、負荷の条件が変わるなら電流も別の値になり得る。したがって、電圧だけで無条件に損失の増減を断定することはできない。

©ミライコーチング

演習 4 の解答・解説

演習 4(1) 解説 往路と復路の抵抗を合計する。

$$R_{\text{往復}} = 1.5 + 1.5 = 3.0\,\Omega$$

よって 3.0 Ω である。

演習 4(2) 解説 電流の実効値を用いて、

$$P_{\text{損}} = I^2 R_{\text{往復}} = 20^2 \times 3.0 = 1200\,\text{W} = 1.20\,\text{kW}$$

となる。線路全体の損失は 1.20 kW である。

演習 4(3) 解説 純抵抗での電圧降下は IR である。

$$\Delta V = 20 \times 3.0 = 60\,\text{V}$$

したがって、往復線路区間全体の実効電圧降下の大きさは 60 V である。電力の単位 W と混同しない。

演習 5 の解答・解説

演習 5(1) 解説 入力と出力の差が変圧器内部の損失である。

$$P_{\text{変圧器損}} = 2.00 - 1.90 = 0.10\,\text{kW}$$

よって 0.10 kW である。

演習 5(2) 解説 効率は出力と入力の比である。

$$\eta = \frac{1.90}{2.00} \times 100\,\% = 95\,\%$$

よって 95 % である。

演習 5(3) 解説 理想変圧器は損失を無視するため入力電力と出力電力が等しい。しかし実際には巻線の抵抗による発熱や鉄心の損失があり、出力は入力より小さくなる。これは送電線で発生する線路損失とは区別する。

演習 6 の解答・解説

演習 6(1) 解説 $80\,\mathrm{kW} = 80000\,\mathrm{W}$ を用いて、

$$I_{\mathrm{C}} = \frac{80000}{2000} = 40\,\mathrm{A}, \qquad I_{\mathrm{D}} = \frac{80000}{8000} = 10\,\mathrm{A}$$

である。**C は** $40\,\mathrm{A}$、**D は** $10\,\mathrm{A}$ となる。

演習 6(2) 解説 同じ往復抵抗 $4.0\,\Omega$ を用いる。

$$P_{\text{損,C}} = 40^2 \times 4.0 = 6400\,\mathrm{W} = 6.4\,\mathrm{kW}$$

$$P_{\text{損,D}} = 10^2 \times 4.0 = 400\,\mathrm{W} = 0.40\,\mathrm{kW}$$

よって **C は** $6.4\,\mathrm{kW}$、**D は** $0.40\,\mathrm{kW}$ である。

演習 6(3) 解説 送電端電力から線路損失を引く。

$$P_{\text{受,C}} = 80 - 6.4 = 73.6\,\mathrm{kW}$$

$$P_{\text{受,D}} = 80 - 0.40 = 79.6\,\mathrm{kW}$$

したがって **C は** $73.6\,\mathrm{kW}$、**D は** $79.6\,\mathrm{kW}$。受電電力は両ケースで異なり、同じ値に固定した比較ではない。

演習 7 の解答・解説

演習 7(1) 解説 損失の電力が一定なので、電力に時間を掛ける。

$$E = 1.20\,\mathrm{kW} \times 2.0\,\mathrm{h} = 2.4\,\mathrm{kWh}$$

よって失われる電力量は $2.4\,\mathrm{kWh}$ である。

演習 7(2) 解説 $1\,\mathrm{kW} = 1000\,\mathrm{W}$、$1\,\mathrm{h} = 3600\,\mathrm{s}$ だから、

$$E = 2.4 \times 1000 \times 3600\,\mathrm{J} = 8.64 \times 10^6\,\mathrm{J}$$

となる。$8.64 \times 10^6\,\mathrm{J}$ である。これは時間全体で失われたエネルギーであり、損失電力そのものではない。

演習 8 の解答・解説

演習 8(1) 解説 この講の比較では、**送電端電力 $P_{\text{送}}$ と線路の往復抵抗 $R_{\text{往復}}$** を一定にする。

演習 8(2) 解説 電圧を変えると $I = \frac{P_{\text{送}}}{V_{\text{送}}}$ によって電流が変わり、$P_{\text{損}} = I^2 R_{\text{往復}}$ によって損失も変わる。したがって $P_{\text{受}} = P_{\text{送}} - P_{\text{損}}$ で受電電力は一般に変わる。

また、線路と負荷が純抵抗のモデルでは、送電端から見た全抵抗は $\frac{V_{\text{送}}}{I}$ であり、送電電圧を変えて送電端電力も同じにすると、負荷に対応する抵抗値も一般に変わる。受電電力と負荷抵抗まで同じとするのは、この比較と両立しない過剰な固定条件である。