

パーセントインピーダンス計算法(基礎編 その2)

前回では、パーセントインピーダンス計算の初歩的な解説と基礎を記載しました。
 今回はこれらが理解できているかの検証です。
 読者のご高覧を賜れば幸いです。

平成 鹿年 骨月 吉日
 貧電工附属 サイタマ・ドズニールランド・大学 学長 鹿の骨

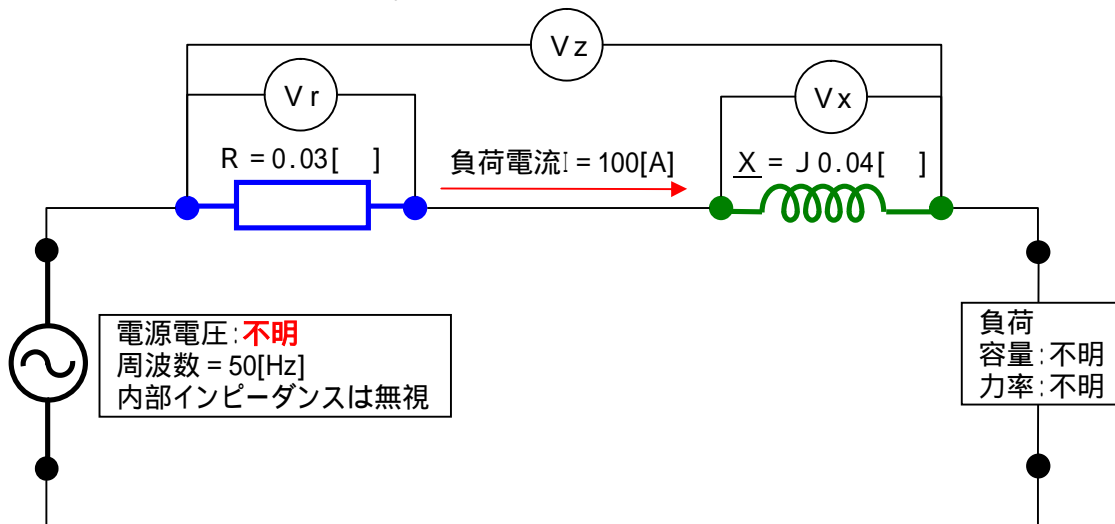
ここで前もってお断りを入れます。
 X(エックス)とx(かけ算記号)ですが、非常に紛らわしく、事実上区別して記載出来ません。
 従って次の様に入ります。
 X(エックス)の場合 : \underline{X} < == 字の下に_を付ける。
 x(かけ算記号)の場合 : X < == そのまま。

早速ですが下記の問題を考えてください。

問題 2 1

下記回路の電圧計の指示値を求めなさい。

図 2 1



解答 2 1

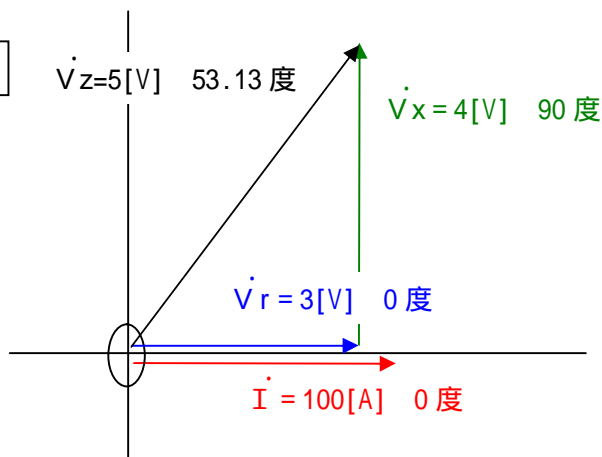
かなり変な問題ですが、算出は可能です。
 電源電圧は解らない。負荷の中身も解らない。周波数は50Hzと書いてあるけど、計算には無関係。
 線路インピーダンスと電流の大きさだけが解っている。これで、計算できるのか？

電流の位相が全く解りませんが、この電流を基準ベクトルとすると、 $\dot{I} = 100[A]$ 0度と書けます。
 すると各々の電圧計が示す電圧ベクトルは下記のように計算出来ます。

$$\begin{aligned} \dot{V}_r &= \dot{I} \times R = 100 \angle 0^\circ \times 0.03 \angle 0^\circ = 3[V] \angle 0^\circ \\ \dot{V}_x &= \dot{I} \times jX = 100 \angle 0^\circ \times 0.04 \angle 90^\circ = 4[V] \angle 90^\circ \\ \dot{V}_z &= \dot{V}_r + \dot{V}_x = 3[V] \angle 0^\circ + 4[V] \angle 90^\circ = 5[V] \angle 53.13^\circ \end{aligned}$$

これをベクトルに表すと下図になります。

図 2 1 - 1



今度は下記の問題を考えてください。電源電圧の値が与えられています。

問題 2 2

下記二種類の回路の%Z、%R、%Xの値を求めなさい。
 又、負荷端で短絡事故が発生した時の短絡電流を%Zを使って求めなさい。
 又、短絡電流計算を行った時の基準容量を示しなさい。

負荷電流 $I = 100[A]$

図 2 2 - A

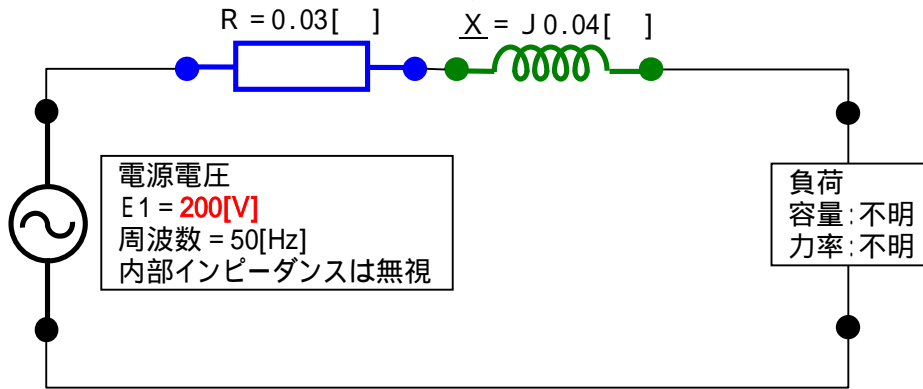
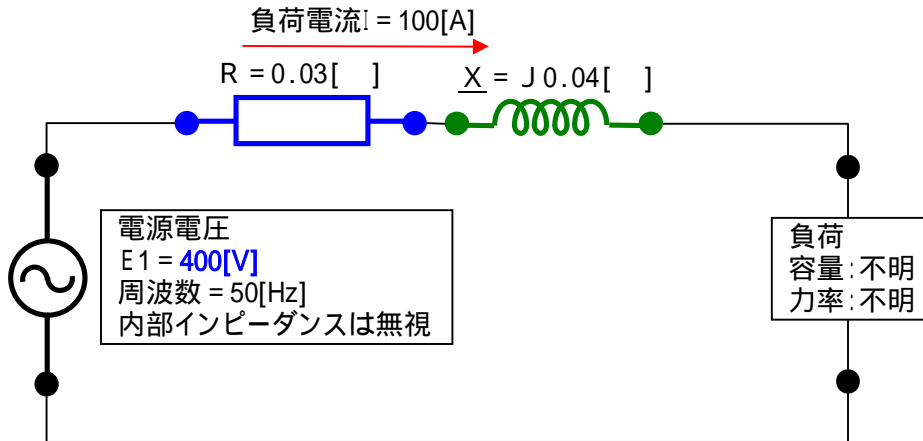


図 2 2 - B



解答 2 2

定義に従って計算します。

Aの場合

$$\begin{aligned} \%R &= I [A] \times R [] \div E [V] 1 \times 100 [\%] \\ &= \text{問題 2 1 の } V_r \text{ の値} \div E [V] 1 \times 100 [\%] \\ &= 3.00 [V] \div 200 [V] \times 100 [\%] \\ &= 1.50 [\%] \end{aligned}$$

同様に

$$\begin{aligned} \%X &= \text{問題 2 1 の } V_x \text{ の値} \div E [V] 1 \times 100 [\%] \\ &= 4.00 [V] \div 200 [V] \times 100 [\%] \\ &= 2.00 [\%] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%Z &= \text{問題 2 1 の } V_z \text{ の値} \div E [V] 1 \times 100 [\%] \\ &= 5.00 [V] \div 200 [V] \times 100 [\%] \\ &= 2.50 [\%] \end{aligned}$$

{ (%R² + %X²)の計算をしても解ける。}

$$\begin{aligned} I_s &= \%Z \text{ を定義した時の電流} \div \%Z \times 100 \text{ 倍} \\ &= 100 [A] \div 2.50 [\%] \times 100 \text{ 倍} \\ &= 4,000 [A] \end{aligned}$$

Bの場合

$$\begin{aligned} \%R &= I [A] \times R [] \div E [V] 1 \times 100 [\%] \\ &= \text{問題 2 1 の } V_r \text{ の値} \div E [V] 1 \times 100 [\%] \\ &= 100 [A] \times 0.03 [] \div 400 [V] \times 100 [\%] \\ &= 0.75 [\%] \end{aligned}$$

同様に

$$\begin{aligned} \%X &= \text{問題 2 1 の } V_x \text{ の値} \div E [V] 1 \times 100 [\%] \\ &= 4.00 [V] \div 400 [V] \times 100 [\%] \\ &= 1.00 [\%] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%Z &= \text{問題 2 1 の } V_z \text{ の値} \div E [V] 1 \times 100 [\%] \\ &= 5.00 [V] \div 400 [V] \times 100 [\%] \\ &= 1.25 [\%] \end{aligned}$$

{ (%R² + %X²)の計算をしても解ける。}

$$\begin{aligned} I_s &= \%Z \text{ を定義した時の電流} \div \%Z \times 100 \text{ 倍} \\ &= 100 [A] \div 1.25 [\%] \times 100 \text{ 倍} \\ &= 8,000 [A] \end{aligned}$$

R[]やjX[]を線路定数と言いますが、線路定数が同じでも、電源電圧の違いにより回路の%Zは変わる事をご理解下さい。

この場合の基準容量は

Aの場合

$$\begin{aligned} \text{基準容量} &= \%Z \text{ を定義した時の電流} \times \text{電圧} \\ &= 100 [A] \times 200 [V] = 20 [kVA] \end{aligned}$$

と成ります。

Bの場合

$$\begin{aligned} \text{基準容量} &= \%Z \text{ を定義した時の電流} \times \text{電圧} \\ &= 100 [A] \times 400 [V] = 40 [kVA] \end{aligned}$$

3つ目の問題です。(理想)トランスが絡んでいます。

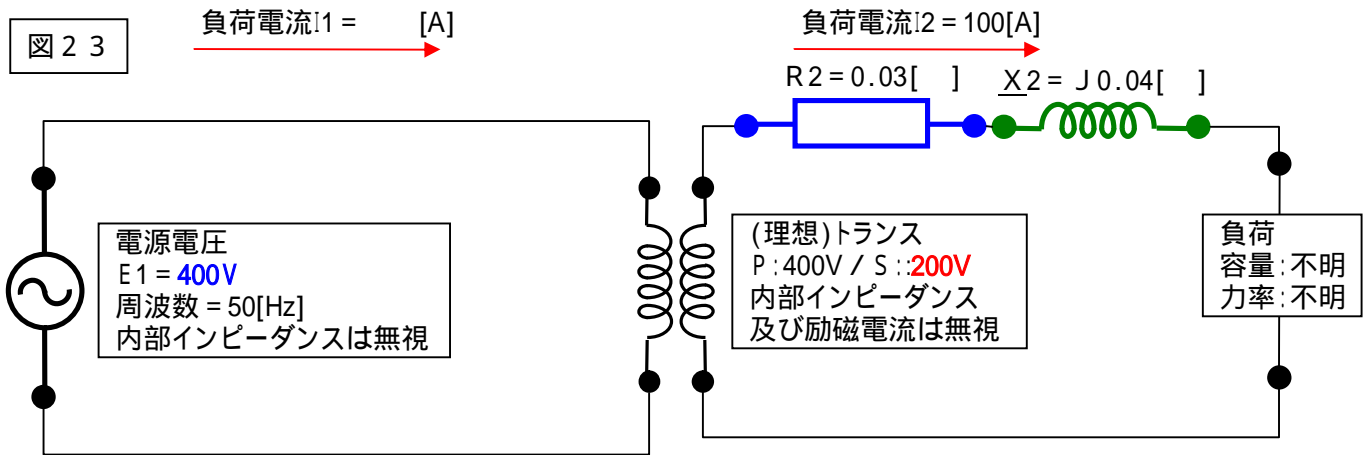
問題 2 3

下記回路のトランス一次側の負荷電流 I_1 を求めなさい。

% Z、% R、% X の値を求めなさい。

又、負荷端で短絡事故が発生した時の短絡電流を % Z を使って求めなさい。

尚、400V の配線部分ではインピーダンスは無いものとし、トランスのインピーダンスも全て無視する。



解答 2 3

何か **ヘン** な問題です。

トランス一次側の負荷電流 I_1 を聞いていますのでこれを計算します。

$I_1 =$ 暗算で 50[A] です。(幾ら何でもこれがワカランとは言わないよ。)

さて % R の計算から始めますが。分子の $I R [V]$ の計算はすぐに出来ます。

$I R = 100[A] \times 0.03[] = 3.00[V]$ です。

分母は **200V**? **400V** どちらだ?

取り敢えず **200[V]** で計算して見ましょう。

% R = $100[A] \times 0.03[] \div 200[V] \times 100[\%] = 1.5[\%]$

同等に、**% X = 2.00[]**、**% Z = 2.50[]**

問題 2 2 の A の場合の結果と全く同じです。

二次側の短絡電流 I_{s2} を計算すると

$I_{s2} = \text{基準電流} \div \% Z \times 100 \text{倍} = 100[A] \div 2.50[\%] \times 100 \text{倍} = 4,000[A]$

これも同じ答えになります。(当たり前じゃん!!)

トランス一次側は、電圧が 2 倍ですから、一次側短絡電流 I_{s1} は I_{s2} の半分です。

$I_{s1} = I_{s2} \times (200[V]/400[V]) = 4,000[A] \times 0.5 = 2,000[A]$ となります。ウン正解だぁ ~ !!

これで解けたから OK ではありません。

400[V] で計算したらどうなるかをやってみましょう。

% R = $100[A] \times 0.03[] \div 400[V] \times 100[\%] = 0.75[\%]$

同等に、**% X = 1.00[]**、**% Z = 1.25[]**

この値を使って I_{s1} を求めます。

(基準電圧にトランスの一次側の電圧を使っているから、一次側の電流が先に算出出来ると思いこんで計算する。)

$I_{s1} = \text{基準電流} \div \% Z \times 100 \text{倍} = 100[A] \div 1.25[\%] \times 100[\text{倍}] = 8,000[A]$

あれまぁ ~ . . . **値が 4 倍狂っています。**

何でこんな結果になるのか?

ここで基準容量を思い出してください。

この問題の基準容量は 20,000[VA] です。

二次側 $200[V] \times 100[A] = \text{基準容量 } 20,000[VA] = \text{一次側 } 400[V] \times 50[A]$

上の式で 400V を元に計算したものはこの基準容量を無視しておかしの計算をした結果です。

基準容量を元に計算した場合、**400[V]** の場合基準電流は **50[A]** でなければイケナイ事になります。

この値を使って計算した結果を次ページに示します。

解答 2 3 の続き

%Z の値はトランスの一次側でも二次側でも同じですから、短絡電流の計算には好都合な訳です。二次側で計算した %Z は 2.50[%] でした。

この値を算出した時の電流は 100[A] で、電圧は 200[V] でした。

従って、基準電流 = 100[A]、基準電圧 = 200[V] となり、基準容量 = 20[kVA] となります。

一次側の計算をする時に、この基準容量を変えてはイケマセン。

一次側も二次側も基準容量 = 基準容量 = 20[kVA] で同じです。

一次側の基準容量を 20[kVA] とすると、自動的に基準電圧は 400[V]、基準電流は 50[A] となります。

短絡電流 = 基準電流 ÷ %Z の計算を一次側の数値で計算すると下記になります。

$I_s = 50[A] \div 2.50[\%] = 2000[A]$ という結果が得られます。

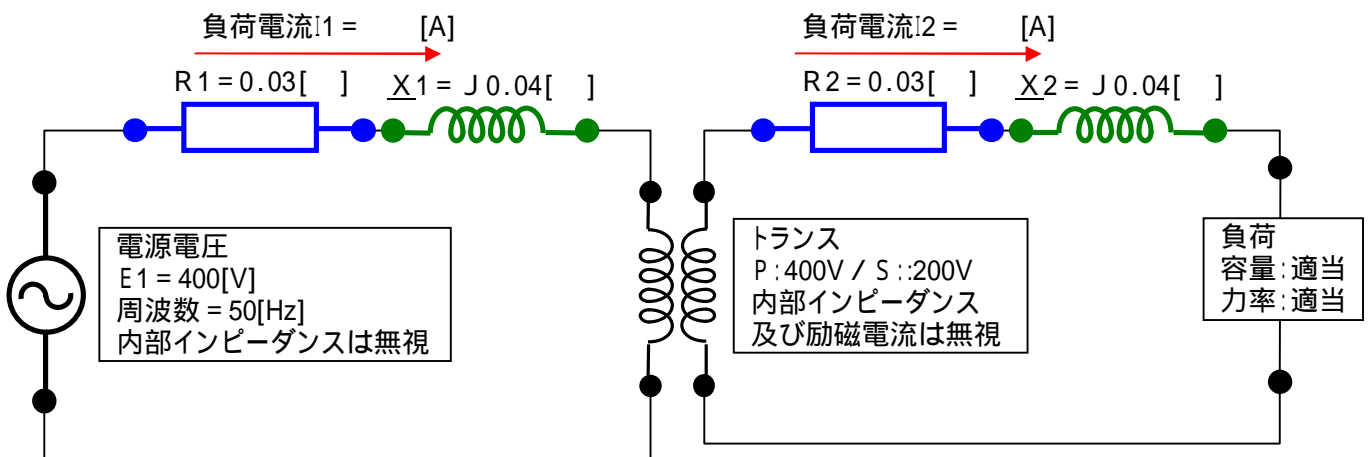
わかったあ～・・・かな？

さて、理解を確実にするために次の問題を解いて下さい。
これがスラスラ解ければ OK です。

宿題

下記の回路の %R、%X、%Z 及び負荷端で短絡した時の短絡電流を求めなさい。
尚、基準容量は自分で設定し、その値に対する %Z 値を示しなさい。

宿題図



宿題の解答

まず、基準容量を決めます。

今までの問題は全て負荷電流の値が与えられたものでした。

今回は自分で決めます。基準容量は100[kVA]とします。(この値は任意の値で結構です。)

基準電圧、基準電流は下記のようになります。

一次側

基準電圧：400[V]

基準電流：100[kVA] ÷ 400[V] = 250[A]

二次側

基準電圧：200[V]

基準電流：100[kVA] ÷ 200[V] = 500[A]

一次側の計算

% R1 = 抵抗値 × 基準電流 ÷ 基準電圧 × 100[%]

= 0.03 × 250 ÷ 400 × 100[%]

= 1.875[%]

同様に

% X1 = 0.04 × 250 ÷ 400 × 100[%]

= 2.500[%]

% Z1 = 0.05 × 250 ÷ 400 × 100[%]

= 3.125[%]

二次側の計算

% R2 = 抵抗値 × 基準電流 ÷ 基準電圧 × 100[%]

= 0.03 × 500 ÷ 200 × 100[%]

= 7.500[%]

同様に

% X2 = 0.04 × 500 ÷ 200 × 100[%]

= 10.000[%]

% Z2 = 0.05 × 500 ÷ 200 × 100[%]

= 12.500[%]

回路全体の% Zは・・・(ベクトル演算になる事に注意してください。)

% Z = % Z1 + % Z2

= 1.875[%] + J 2.500[%] + 7.500[%] + J 10.000[%]

= 9.375[%] + J 12.500[%]

|% Z| = % Z = 15.625[%]

従って一次側及び二次側の短絡電流は

一次側の計算

I s1 = 基準電流 ÷ % Z × 100 倍

= 250[A] ÷ 15.625[%] × 100 倍

= 1600[A]

となります。

二次側の計算

I s2 = 基準電流 ÷ % Z × 100 倍

= 500[A] ÷ 15.625[%] × 100 倍

= 3200[A]

試しに基準容量を10倍の1000[kVA]で計算して見ましょう。

一次側の計算

% R1 = 抵抗値 × 基準電流 ÷ 基準電圧 × 100[%]

= 0.03 × 2500 ÷ 400 × 100[%]

= 18.75[%]

同様に

% X1 = 0.04 × 2500 ÷ 400 × 100[%]

= 25.00[%]

% Z1 = 0.05 × 2500 ÷ 400 × 100[%]

= 31.25[%]

二次側の計算

% R2 = 抵抗値 × 基準電流 ÷ 基準電圧 × 100[%]

= 0.03 × 5000 ÷ 200 × 100[%]

= 75.00[%]

同様に

% X2 = 0.04 × 5000 ÷ 200 × 100[%]

= 100.00[%]

% Z2 = 0.05 × 500 ÷ 200 × 100[%]

= 125.00[%]

回路全体の% Zは

|% Z| = % Z = 156.25[%] (計算経過は省略)

一次側の短絡電流計算

I s1 = 基準電流 ÷ % Z × 100 倍

= 2500[A] ÷ 156.25[%] × 100 倍

= 1600[A]

二次側の短絡電流計算

I s2 = 基準電流 ÷ % Z × 100 倍

= 5000[A] ÷ 156.25[%] × 100 倍

= 3200[A]

となりますので、短絡電流の計算結果は同じ結果が得られます。

途中式で、% Zの値が100[%]を超えますが、この様な場合もあります。

計算間違いではありません。

検算は各自オームインピーダンス法を用いて試みてください。

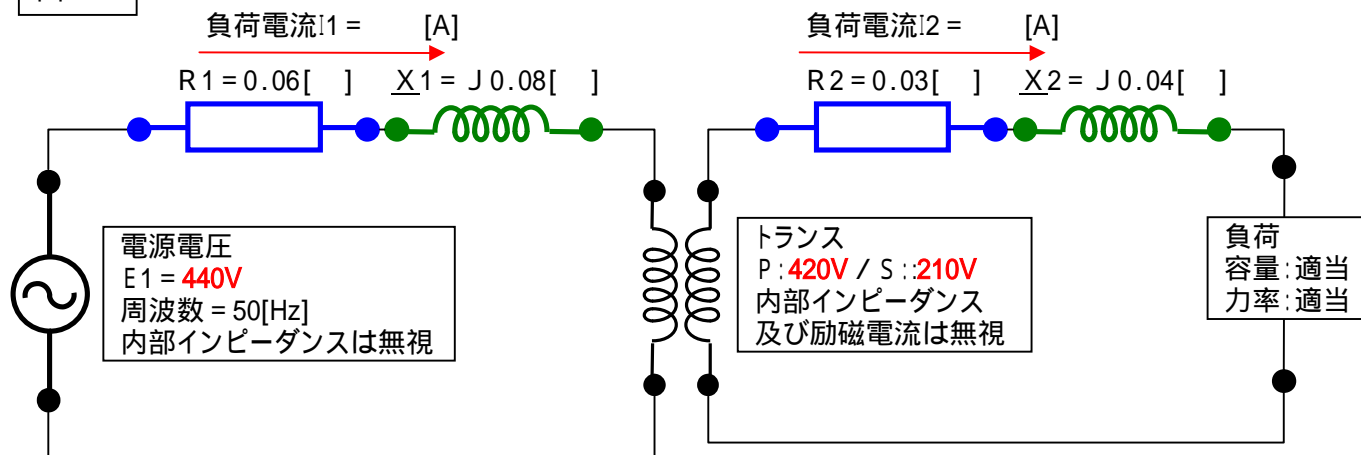
最後に次の問題を考えてください。
相当に厄介な問題です。

問題 2 4

下記の回路負荷端で短絡した時の短絡電流を%Zを使って求めなさい。
尚、基準容量は 100[kVA]とします。

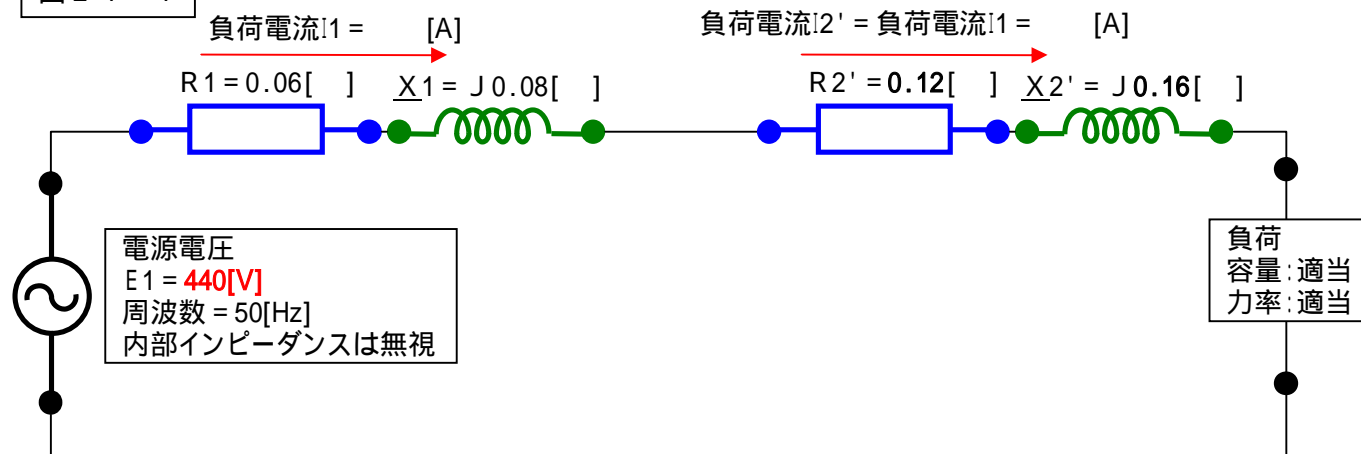
(電圧値、インピーダンスの値が前の問題とは違うので注意する事。)

図 2 4



計算を始める前にオームインピーダンス法を使って、正解の値を先に求めておきます。
上記図を下図のように変換します。(一次側に変換する。)

図 2 4 - 1



解答 2 4

トランスの巻数比は 2 : 1 ですから、二次側のインピーダンスを一次側に変換すると値は 4 倍になります。
この回路の線路インピーダンスの値は

$$\begin{aligned} Z &= Z_1 + Z_2' \\ &= 0.06 + j0.08 + 0.12 + j0.16 \\ &= 0.18 + j0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |Z| &= \sqrt{0.18^2 + 0.24^2} \\ &= 0.300 \end{aligned}$$

従って一次側の短絡電流 I_{s1} は

$$I_{s1} = 440[V] \div 0.300[\Omega] = 1466.66...[A]$$

I_{s2} は I_{s1} の 2 倍ですから、 $I_{s2} = 2933.33...[A]$ となります。

オームインピーダンス法で計算しましたから、これは間違いのない値です。

ではパーセントインピーダンス法でやってみましょう。

まず、基準容量を決めます。基準容量は 100[kVA] とします。
 基準電圧、基準電流は下記のようになります。
 下記の計算は間違っています。何処が間違っているのか考えてください。

一次側
 基準電圧：440[V]
 基準電流：100[kVA] ÷ 440[V] = 227.2727... [A]

二次側
 基準電圧：210[V]
 基準電流：100[kVA] ÷ 210[V] = 476.190 [A]

一次側の計算
 $\% R1 = \text{抵抗値} \times \text{基準電流} \div \text{基準電圧} \times 100[\%]$
 $= 0.06 \times 227.2727 \div 440 \times 100[\%]$
 $= 3.09917[\%]$

二次側の計算
 $\% R2 = \text{抵抗値} \times \text{基準電流} \div \text{基準電圧} \times 100[\%]$
 $= 0.03 \times 476.190 \div 210 \times 100[\%]$
 $= 6.8027[\%]$

同様に
 $\% X1 = 0.08 \times 227.2727 \div 440 \times 100[\%]$
 $= 4.13223[\%]$
 $\% Z1 = 0.10 \times 227.2727 \div 440 \times 100[\%]$
 $= 5.16529[\%]$

同様に
 $\% X2 = 0.04 \times 476.190 \div 210 \times 100[\%]$
 $= 9.0703[\%]$
 $\% Z2 = 0.05 \times 476.190 \div 210 \times 100[\%]$
 $= 11.3379[\%]$

回路全体の%Zは
 $\% Z = \% Z1 + \% Z2$
 $= 3.09917[\%] + J 4.13223[\%] + 6.8027[\%] + J 9.0703[\%]$
 $= 9.90187[\%] + J 13.20253[\%]$
 $|\% Z| = \% Z = 16.5032[\%]$

従って一次側及び二次側の短絡電流は
 一次側の計算
 $I_{s1} = \text{基準電流} \div \% Z \times 100 \text{ 倍}$
 $= 227.2727[A] \div 16.5032[\%] \times 100 \text{ 倍}$
 $= 1377.14[A]$
 となります??

二次側の計算
 $I_{s2} = \text{基準電流} \div \% Z \times 100 \text{ 倍}$
 $= 476.190[A] \div 16.5032[\%] \times 100 \text{ 倍}$
 $= 2885.44[A]$

オイ！答えが合わないじゃん?? ?何で？ どうして？

オームインピーダンス法で解いた答えは、 $I_{s1} = 1466.6...[A]$ 、 $I_{s2} = 2933.33...[A]$ です。
 微妙に違う値が算出されました。
 ちなみに、オームインピーダンス法で算出した短絡電流から%Zの値を逆算すると下記になります。
 (この計算も間違っています。)

一次側で計算した場合
 $\% Z = \text{基準電流} \div \text{短絡電流} \times 100[\%]$
 $= 227.2727 \div 1466.6 \times 100[\%]$
 $= 15.4959[\%]$

二次側で計算した場合
 $\% Z = \text{基準電流} \div \text{短絡電流} \times 100[\%]$
 $= 476.190 \div 2933.33 \times 100[\%]$
 $= 16.2338[\%]$

オイ！オカシイじゃないかい！！

一次側で計算しても二次側で計算しても%Zの値は同じにならなきゃヘンだよ！
 試しに、今度は二次側の基準電圧を 220[V] に変えてもう一度計算します。
 二次側の基準電流は 100[kVA] ÷ 220[V] = 454.5454 [A]

一次側で計算した場合
 $\% Z = \text{基準電流} \div \text{短絡電流} \times 100[\%]$
 $= 227.2727 \div 1466.6 \times 100[\%]$
 $= 15.4959[\%]$

二次側で計算した場合
 $\% Z = \text{基準電流} \div \text{短絡電流} \times 100[\%]$
 $= 454.5454 \div 2933.33 \times 100[\%]$
 $= 15.4959[\%]$

今度は同じ結果になりました。何でこうなるの?? ? ? ?

理由はとにかく、どうやら二次側の基準電圧の取り方がおかしかったようです。

気を取り直してもう一度トライします。

基本的な疑問として **220[V]って何処の値だ?** という疑問が残ります。

実はこの値は、この回路の**無負荷時のトランス二次端子電圧**です。

今度は二次側の基準電圧を **220[V]** で計算してみましょう。

一次側

基準電圧：**440[V]**

基準電流： $100[\text{kVA}] \div 440[\text{V}] = 227.2727\dots [\text{A}]$

一次側の計算

$\% R 1 = \text{抵抗値} \times \text{基準電流} \div \text{基準電圧} \times 100[\%]$
 $= 0.06 \times 227.2727 \div 440 \times 100[\%]$
 $= 3.09917[\%]$

同様に

$\% X 1 = 0.08 \times 227.2727 \div 440 \times 100[\%]$
 $= 4.13223[\%]$

$\% Z 1 = 0.10 \times 227.2727 \div 440 \times 100[\%]$
 $= 5.16529[\%]$

二次側

基準電圧：**220[V]**

基準電流： $100[\text{kVA}] \div 220[\text{V}] = 454.5454\dots [\text{A}]$

二次側の計算

$\% R 2 = \text{抵抗値} \times \text{基準電流} \div \text{基準電圧} \times 100[\%]$
 $= 0.03 \times 454.5454 \div 220 \times 100[\%]$
 $= 6.19834[\%]$

同様に

$\% X 2 = 0.04 \times 454.5454 \div 220 \times 100[\%]$
 $= 8.26446[\%]$

$\% Z 2 = 0.05 \times 454.5454 \div 220 \times 100[\%]$
 $= 10.33057[\%]$

回路全体の% Z は

$\% Z = \% Z 1 + \% Z 2$
 $= 3.09917[\%] + j 4.13223[\%] + 6.19834[\%] + j 8.26446[\%]$
 $= 9.29751[\%] + j 12.39669[\%]$

$|\% Z| = \% Z = 15.4959[\%]$

従って一次側及び二次側の短絡電流は

一次側の計算

$I_{s1} = 440\text{V の基準電流} \div \% Z \times 100 \text{ 倍}$
 $= 227.2727[\text{A}] \div 15.4959[\%] \times 100 \text{ 倍}$
 $= 1466.66[\text{A}]$

二次側の計算

$I_{s2} = 220\text{V の基準電流} \div \% Z \times 100 \text{ 倍}$
 $= 454.5454[\text{A}] \div 15.4959[\%] \times 100 \text{ 倍}$
 $= 2933.33[\text{A}]$

めでたく正解にたどり着きました。(フウ～ヤレヤレ・・・)

ところでこれで理解できましたか？

多分・・・「ワケガワカラン」という事だと思います。

こうやってシャーシャーと書いている当の本人も、計算が合わなくて何回も計算を行いました。

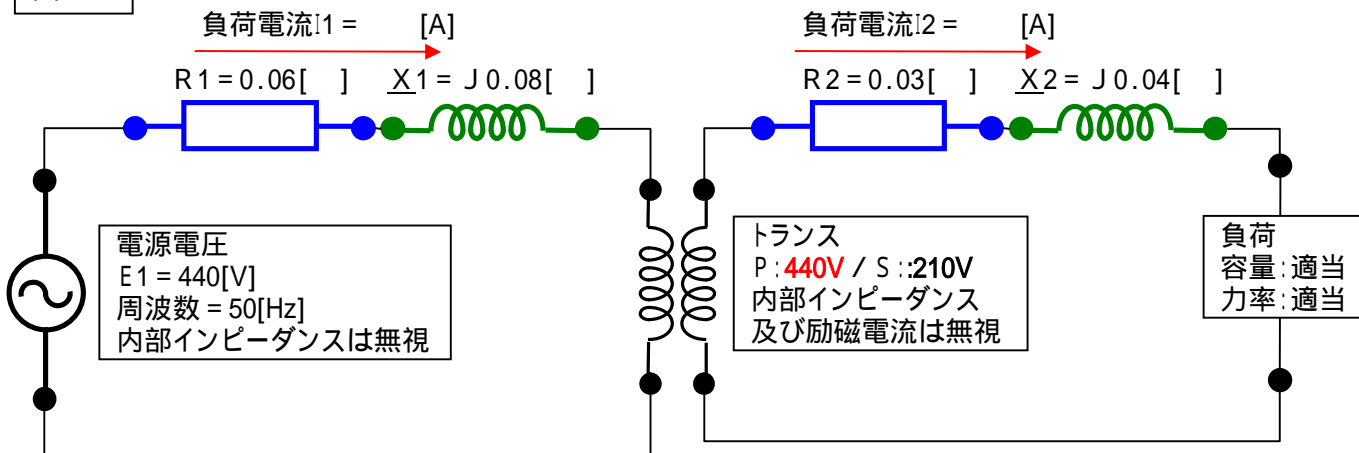
間違った計算を行った場合の等価回路を次ページに幾つか示します。

これで理解を得られれば幸いです。

間違い計算例 その1

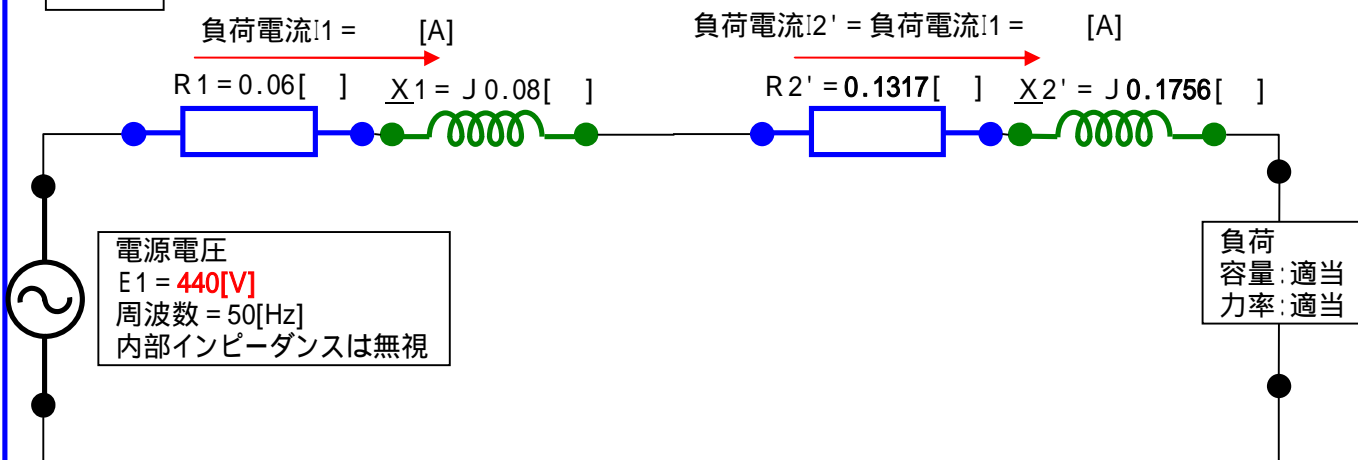
一次側の基準電圧を 440[V]、二次側の基準電圧を 210[V]として計算した場合は、下図の回路の計算をした事になります。

図 2 5



これはトランスの変圧比を間違えて計算した事になってしまいます。
 上記の回路の短絡電流をオームインピーダンス法で解いてみましょう。
 変圧比は 440:210 ですから、44/21 : 1 です。
 この回路図を一次側に換算すると下図のようになります。

図 2 6



トランスの巻数比は 44/21 : 1 ですから、二次側のインピーダンスを一次側に変換すると値は(44/21)の 2 乗倍になります。

この回路の線路インピーダンスの値は

$$\begin{aligned} Z &= Z_1 + Z_2' \\ &= 0.06 + j 0.08 + 0.1317 + j 0.1756 \\ &= 0.1917 + j 0.256 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |Z| &= \sqrt{(0.1917^2 + 0.2556^2)} \\ &= 0.3195 [\Omega] \end{aligned}$$

従って一次側の短絡電流 I_{s1} は

$$I_{s1} = 440[V] \div 0.3195 [\Omega] = 1377[A]$$

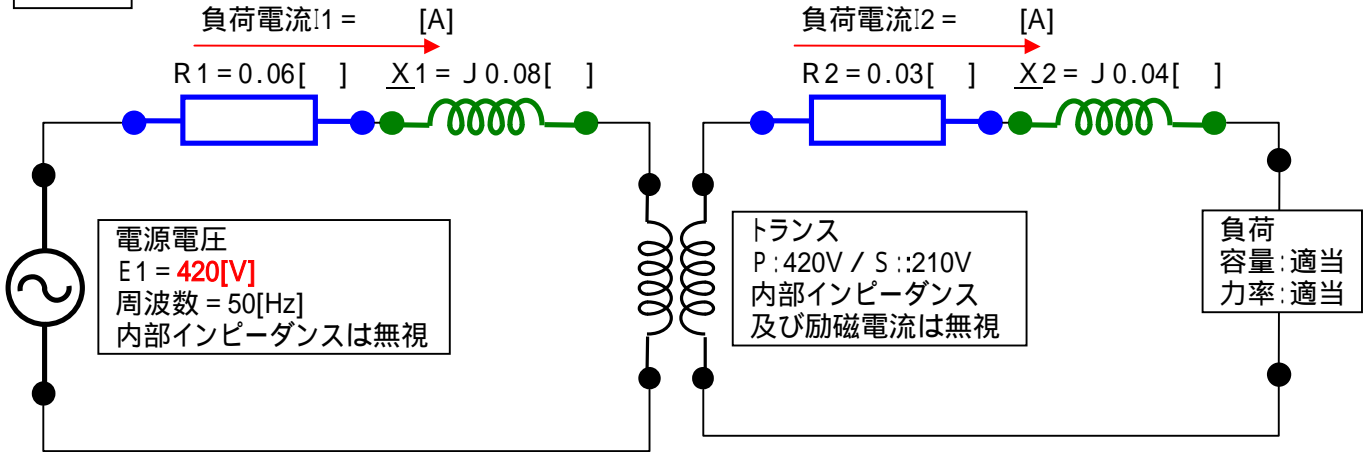
I_{s2} は I_{s1} の 44/21 倍ですから、 $I_{s2} = 2885[A]$ となります。

7 ページで最初に算出されたおかしな値と符合します。

間違い計算例 その2

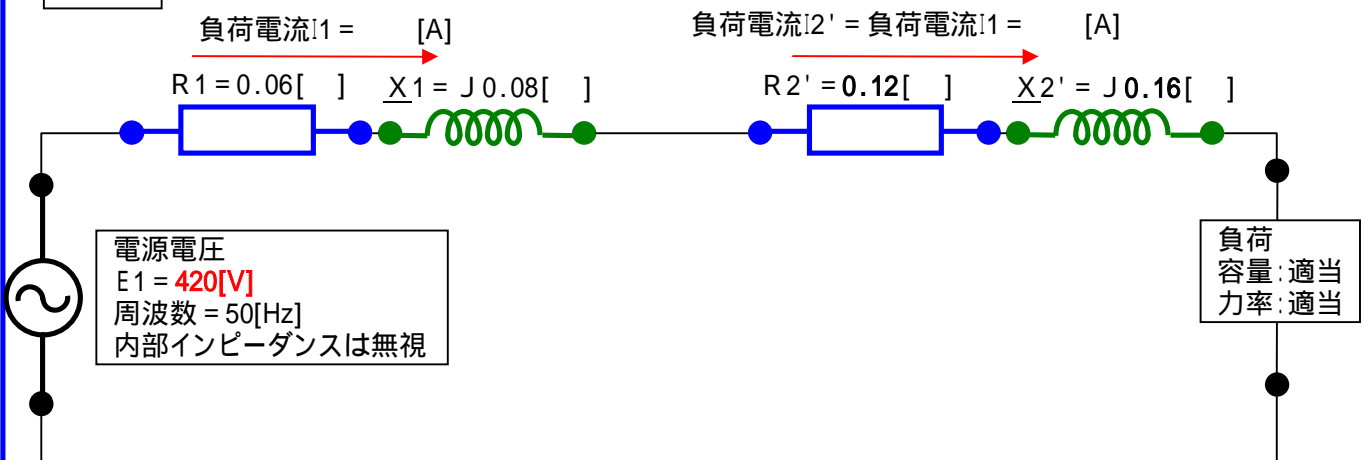
一次側の基準電圧を 420[V]、二次側の基準電圧を 210[V]として計算した場合は、下図の回路の計算をした事になります。

図 2 7



これは電源電圧を間違えて計算した事になってしまいます。同様に上記の回路の短絡電流をオームインピーダンス法で解いてみましょう。変圧比は 420:210 ですから、2:1 です。この回路図を一次側に換算すると下図のようになります。

図 2 8



トランスの巻数比は 2:1 ですから、二次側のインピーダンスを一次側に変換すると値は 2 の 2 乗倍になります。

この回路の線路インピーダンスの値は

$$\begin{aligned} Z &= Z_1 + Z_2' \\ &= 0.06 + j0.08 + 0.12 + j0.16 \\ &= 0.18 + j0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |Z| &= \sqrt{0.18^2 + 0.24^2} \\ &= 0.300[] \end{aligned}$$

従って一次側の短絡電流 I_{s1} は

$$I_{s1} = 420[V] \div 0.300[] = 1400.00[A]$$

I_{s2} は I_{s1} の 2 倍ですから、 $I_{s2} = 2800.00[A]$ となります。

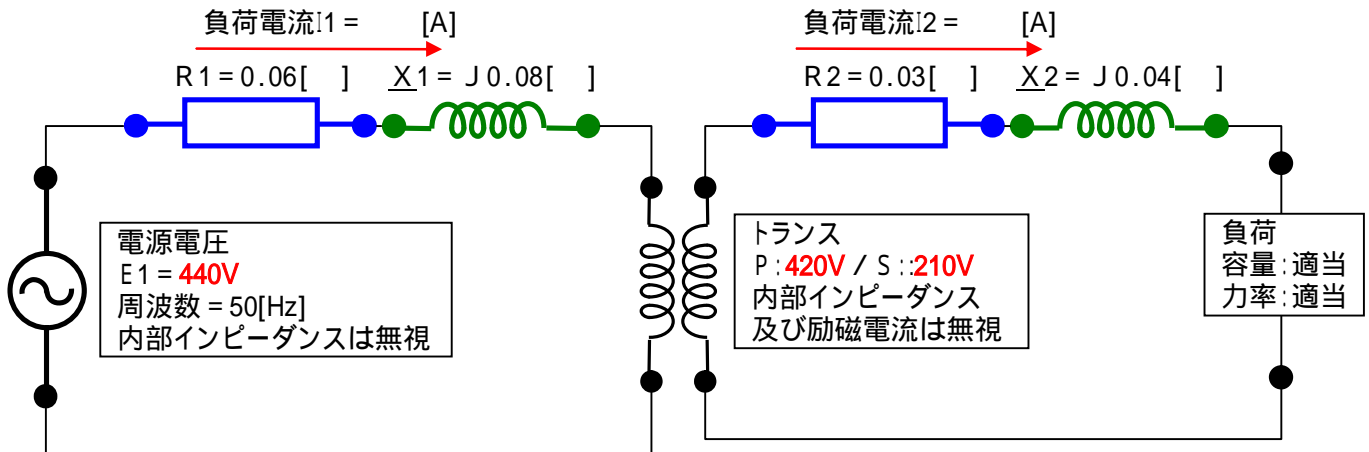
やはりおかしい値が算出されます。

わかったあ～・・・かな？ 多分、未だモヤッとしているのでは？

駄目押しで下記の説明をご覧ください。

下図は図24のままです。

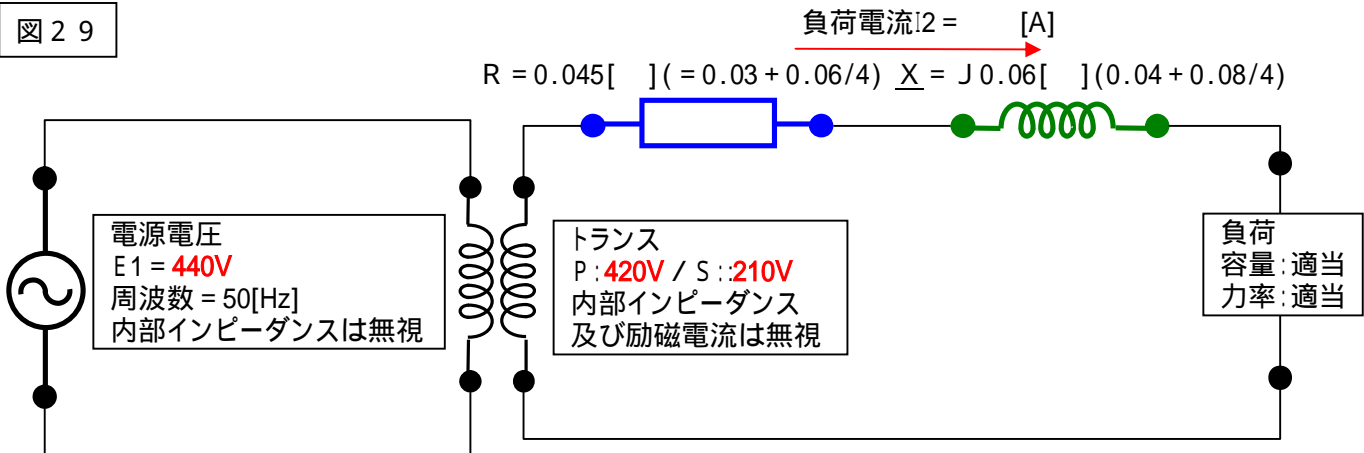
図24 再度掲載



一次側回路定数を二次側に変換します。

トランスの巻数比は2 : 1ですから、一次側の値は二次側に変換すると1/4になります。下図参照。

図29



この時にトランスに加えられる一次電圧は幾つか？

420V?・・・NO!! 440Vです。

トランスの巻数比は2 : 1ですから、二次側の電圧は210Vではなく220Vになります。

このことから、二次側の基準電圧は210Vではなく、220Vとしなければならない事が解ります。

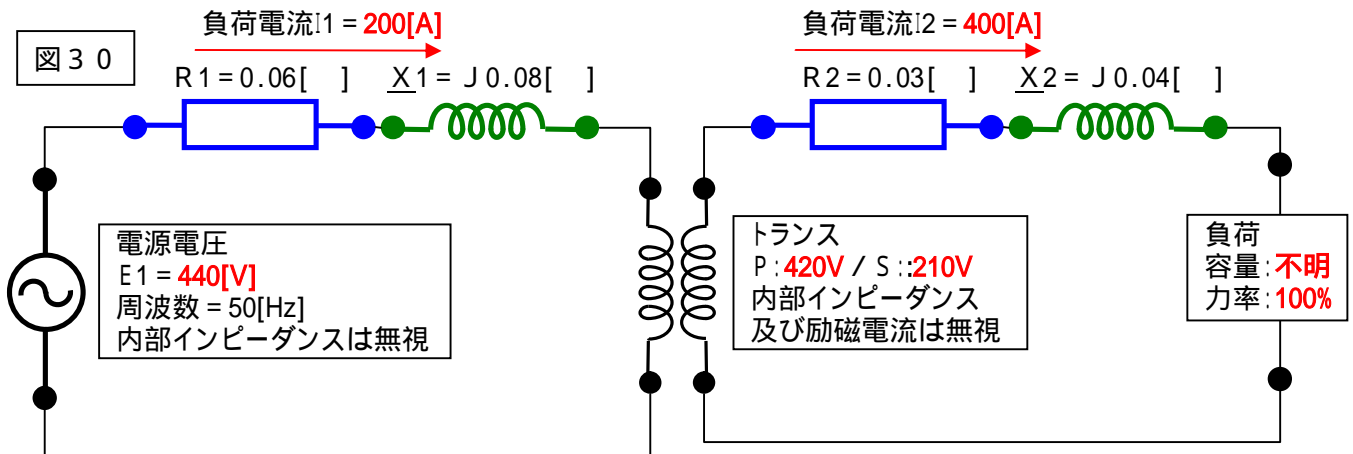
トランスの変圧比はP: 420V / S: 210V で与えられますが、この値をそのまま基準電圧として計算するのではなく、220Vの値を算出するための手段として用います。

多分、アタマの中はグルングルンだと思います。

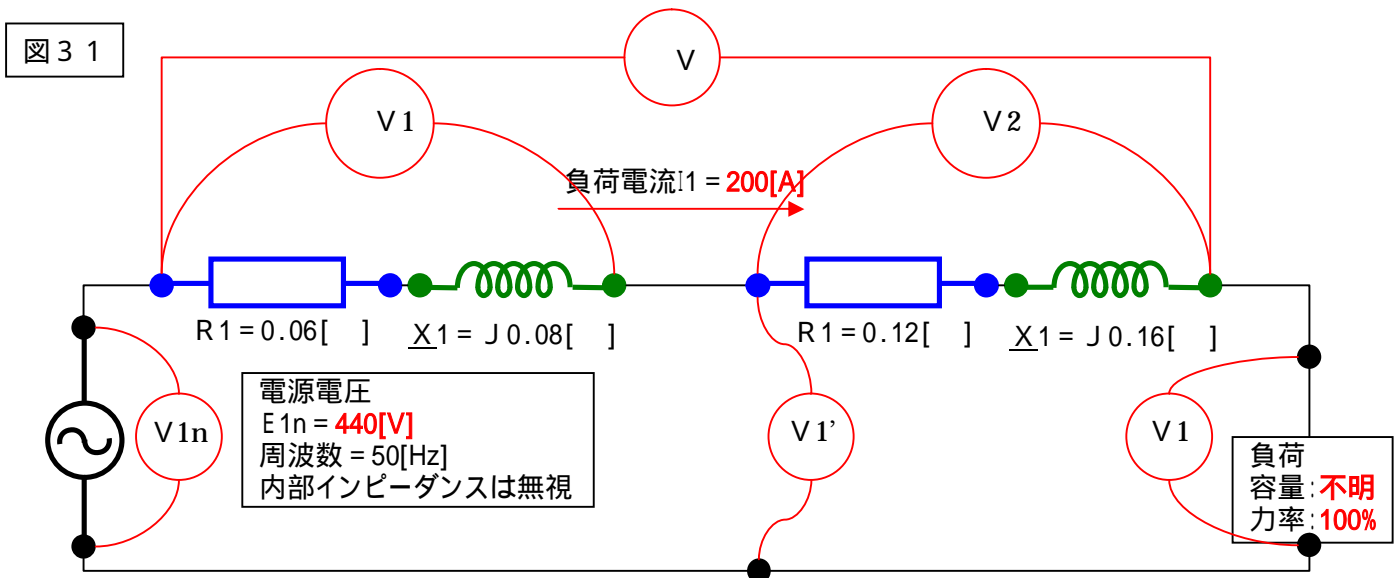
じっくり考えて、確実に理解してください。

次ページはおまけです。

この様に途中でトランスが入った場合、変圧比を注意深く見ないと計算違いをしでかす事になります。この例題で示した様な、一次側電源電圧とトランスの一次電圧が異なる場合は、日常的にあり得る事です。下記のような電流が流れた場合を解析してみましょう。(結構難しいですよ。)



解りやすいようにオームインピーダンス法で解いてみましょう。この回路図を一次側に換算すると下図のようになります。



取り敢えず上の図の各電圧計が示す値を計算してみましょう。あまり正確ではありませんが下記の簡略式を使います。

$$V = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

$I = 200[A]$, $R = 0.18[\]$, $X = 0.24[\]$, $\theta = 0$ 度を代入します。

$$V = 200 \cdot (0.18 \cdot 1.00 + 0.24 \cdot 0.00)$$

$$= 36[V]$$

$V_{1n} - V_1 = V$ ですから

$$440 - V_1 = 36$$

$V_1 = 440 - 36 = 404[V]$ となりますので、負荷にかかる電圧は $404[V]$ である事が解ります。

V_1 が求まりましたので、 V_2 を求め V_1' を求めます。

$$V_2 = 200 \cdot (0.12 \cdot 1.00 + 0.16 \cdot 0.00)$$

$$= 24[V]$$

$V_1' = V_1 + V_2$ ですから

$$= 404[V] + 24[V] = 428[V]$$

$V_1 = V_{1n} - V_2 - V_1 = 440 - 24 - 404 = 12[V]$ となります。

トランスの一次側に加わる電圧は $V_1' = 428[V]$ となりますので、トランスの一次電圧の選定 = $420[V]$ は大きく間違っていない事が解ります。

実際にはこのトランスで電圧は半分になりますので、負荷に加わる電圧は $404 \div 2 = 202V$ となります。

もう少し詳しく見ると、値は書きませんでしたでしたがトランスにもインピーダンスがあります。

従って、負荷には概ね $200[V]$ 程度の電圧が届く事が解ります。