

電験二種/三種 オンライン講座

機械 変圧器 (2)



特殊な変圧器

H25 問8

問8 次の文章は、単相単巻変圧器に関する記述である。

巻線の一部が一次と二次との回路に共通になっている変圧器を単巻変圧器という。巻線の共通部分を ，共通でない部分を という。

単巻変圧器では、 の端子を一次側に接続し、 の端子を二次側に接続して使用すると通常の変圧器と同じように動作する。単巻変圧器の は、二次端子電圧と二次電流との積である。

単巻変圧器は、巻線の一部が共通であるため、漏れ磁束が ，電圧変動率が 。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	分路巻線	直列巻線	負荷容量	多く	小さい
(2)	直列巻線	分路巻線	自己容量	少なく	小さい
(3)	分路巻線	直列巻線	定格容量	多く	大きい
(4)	分路巻線	直列巻線	負荷容量	少なく	小さい
(5)	直列巻線	分路巻線	定格容量	多く	大きい

H25 問8

問8 次の文章は、単相単巻変圧器に関する記述である。

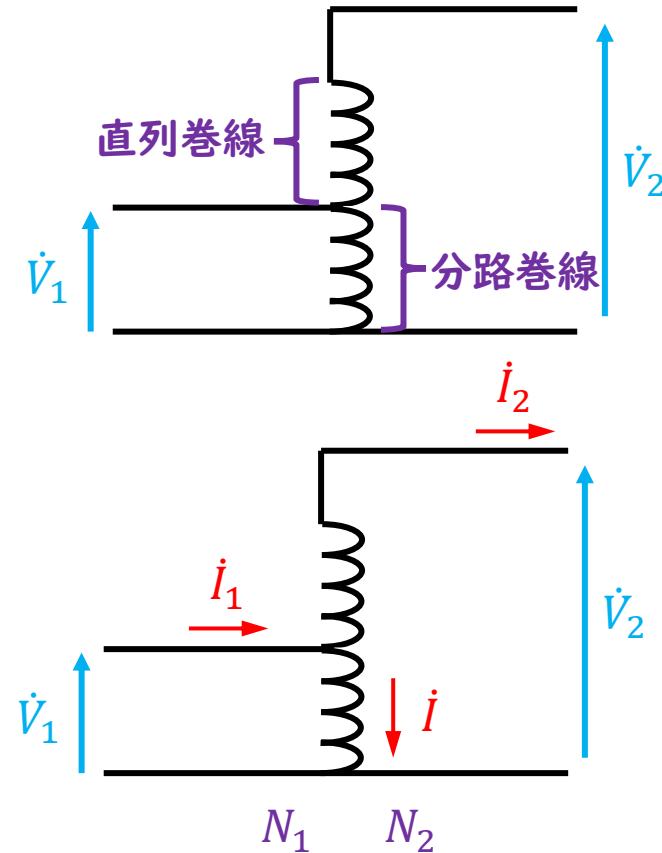
巻線の一部が一次と二次との回路に共通になっている変圧器を単巻変圧器という。巻線の共通部分を (ア) ，共通でない部分を (イ) という。

単巻変圧器では、(ア) の端子を一次側に接続し、(イ) の端子を二次側に接続して使用すると通常の変圧器と同じように動作する。単巻変圧器の (ウ) は、二次端子電圧と二次電流との積である。

単巻変圧器は、巻線の一部が共通であるため、漏れ磁束が (エ) ，電圧変動率が (オ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア) ，(イ) ，(ウ) ，(エ) 及び(オ) に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	分路巻線	直列巻線	負荷容量	多く	小さい
(2)	直列巻線	分路巻線	自己容量	少なく	小さい
(3)	分路巻線	直列巻線	定格容量	多く	大きい
(4)	分路巻線	直列巻線	負荷容量	少なく	小さい
(5)	直列巻線	分路巻線	定格容量	多く	大きい



$$\text{自己容量} = \text{直列巻線の容量} = \text{分路巻線の容量} \\ = (V_2 - V_1)I_2 = V_1(I_1 - I_2)$$

$$\text{負荷容量} = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

R04上 問9

問9 いろいろな変圧器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

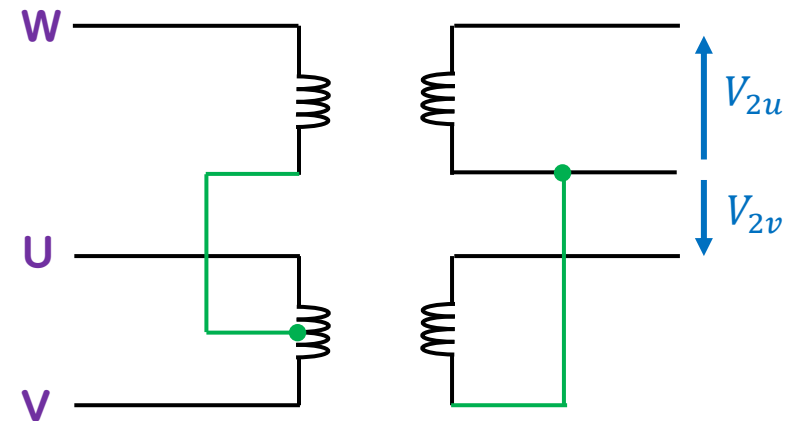
- (1) 単巻変圧器は、一つの巻線の一部から端子が出ており、巻線の共通部分を分路巻線、共通でない部分を直列巻線という。三相結線にして電力系統の電圧変成などに用いられる。
- (2) 単相変圧器3台を Δ - Δ 結線として三相給電しているとき、故障等により1台を取り除いて残りの2台で同じ電圧のまま給電する方式をV結線方式という。V結線にすると変圧器の利用率はおよそ0.866倍に減少する。
- (3) スコット結線変圧器は、M変圧器、T変圧器と呼ばれる単相変圧器2台を用いる。M変圧器の中央タップに片端子を接続したT変圧器の途中の端子とM変圧器の両端の端子を三相電源の一次側入力端子とする。二次側端子からは位相差180度の二つの単相電源が得られる。この変圧器は、電気鉄道の給電などに用いられる。
- (4) 計器用変成器は、送配電系統等の高電圧・大電流を低電圧・小電流に変成して指示計器にて計測するためなどに用いられる。このうち、計器用変圧器は、変圧比が1より大きく、定格二次電圧は一般に、110V又は $\frac{110}{\sqrt{3}}$ Vに統一されている。
- (5) 計器用変成器のうち、変流器は、一次巻線の巻数が少なく、1本の導体を鉄心に貫通させた貫通形と呼ばれるものがある。二次側を開放したままで一次電流を流すと一次電流が全て励磁電流となり、二次端子には高電圧が発生するので、電流計を接続するなど短絡状態で使用する必要がある。

R04上 問9

問9 いろいろな変圧器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 単巻変圧器は、一つの巻線の一部から端子が出ており、巻線の共通部分を分路巻線、共通でない部分を直列巻線という。三相結線にして電力系統の電圧変成などに用いられる。
- (2) 単相変圧器3台を Δ - Δ 結線として三相給電しているとき、故障等により1台を取り除いて残りの2台で同じ電圧のまま給電する方式をV結線方式という。V結線にすると変圧器の利用率はおよそ0.866倍に減少する。
- (3) スコット結線変圧器は、M変圧器、T変圧器と呼ばれる単相変圧器2台を用いる。M変圧器の中央タップに片端子を接続したT変圧器の途中の端子とM変圧器の両端の端子を三相電源の一次側入力端子とする。二次側端子からは位相差180度の二つの単相電源が得られる。この変圧器は、電気鉄道の給電などに用いられる。
- (4) 計器用変成器は、送配電系統等の高電圧・大電流を低電圧・小電流に変成して指示計器にて計測するためなどに用いられる。このうち、計器用変圧器は、変圧比が1より大きく、定格二次電圧は一般に、110V又は $\frac{110}{\sqrt{3}}$ Vに統一されている。
- (5) 計器用変成器のうち、変流器は、一次巻線の巻数が少なく、1本の導体を鉄心に貫通させた貫通形と呼ばれるものがある。二次側を開放したままで一次電流を流すと一次電流が全て励磁電流となり、二次端子には高電圧が発生するので、電流計を接続するなど短絡状態で使用する必要がある。

スコット結線変圧器の二次側は位相差 90° の2つの単相電源となる



1次側：三相

2次側：単相（2つ）

H28 問7

問7 各種変圧器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 単巻変圧器は、一次巻線と二次巻線とが一部分共通になっている。そのため、一次巻線と二次巻線との間が絶縁されていない。変圧器自身の自己容量は、負荷に供給する負荷容量に比べて小さい。
- (2) 三巻線変圧器は、一つの変圧器に三組の巻線を設ける。これを3台用いて三相Y-Y結線を行う場合、一組目の巻線をY結線の一次、二組目の巻線をY結線の二次、三組目の巻線を Δ 結線の第3調波回路とする。
- (3) 磁気漏れ変圧器は、磁路の一部にギャップがある鉄心に、一次巻線及び二次巻線を巻く。負荷のインピーダンスが変化しても、変圧器内の漏れ磁束が変化することで、負荷電圧を一定に保つ作用がある。
- (4) 計器用変成器には、変流器(CT)と計器用変圧器(VT)がある。これらを用いると、大電流又は高電圧の測定において、例えば最大目盛りが5A, 150Vという通常の電流計又は電圧計を用いることができる。
- (5) 変流器(CT)では、電流計が二次側の閉回路を構成し、そこに流れる電流が一次側に流れる被測定電流の起磁力を打ち消している。通電中に誤って二次側を開放すると、被測定電流が全て励磁電流となるので、鉄心の磁束密度が著しく大きくなり、焼損するおそれがある。

H28 問7

問7 各種変圧器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 単巻変圧器は、一次巻線と二次巻線とが一部分共通になっている。そのため、一次巻線と二次巻線との間が絶縁されていない。変圧器自身の自己容量は、負荷に供給する負荷容量に比べて小さい。
- (2) 三巻線変圧器は、一つの変圧器に三組の巻線を設ける。これを3台用いて三相Y-Y結線を行う場合、一組目の巻線をY結線の一次、二組目の巻線をY結線の二次、三組目の巻線を Δ 結線の第3調波回路とする。
- (3)** 磁気漏れ変圧器は、磁路の一部にギャップがある鉄心に、一次巻線及び二次巻線を巻く。負荷のインピーダンスが変化しても、変圧器内の漏れ磁束が変化することで、負荷電圧を一定に保つ作用がある。
- (4) 計器用変成器には、変流器(CT)と計器用変圧器(VT)がある。これらを用いると、大電流又は高電圧の測定において、例えば最大目盛りが5A, 150Vという通常の電流計又は電圧計を用いることができる。
- (5) 変流器(CT)では、電流計が二次側の閉回路を構成し、そこに流れる電流が一次側に流れる被測定電流の起磁力を打ち消している。通電中に誤って二次側を開放すると、被測定電流が全て励磁電流となるので、鉄心の磁束密度が著しく大きくなり、焼損するおそれがある。

電圧が一定になるためには鉄心中の磁束が一定になる必要がある

負荷によって磁束が変化するので、負荷電流が一定になる

二種R03 問4



【イーデン】



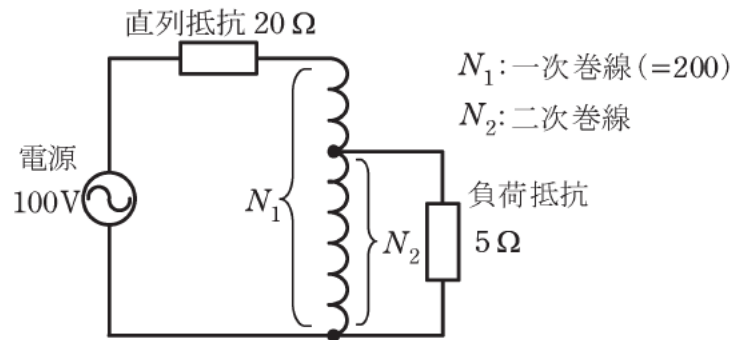
[問4の解答群]

- | | | | |
|----------|-----------|-----------|----------|
| (イ) 線路巻線 | (ロ) 直巻変圧器 | (ハ) 1280 | (ニ) 三次巻線 |
| (ホ) 100 | (ヘ) 分路巻線 | (ト) 50 | (チ) 低圧巻線 |
| (リ) 高圧巻線 | (ヌ) 単巻変圧器 | (ル) 差動変圧器 | (ク) 80 |
| (リ) 125 | (カ) 直列巻線 | (コ) 160 | |

問4 次の文章は、変圧器に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

変圧器の一次巻線と二次巻線とを別々の巻線にしないで、一次巻線と二次巻線の一部を共用して使用する変圧器を (1) といい、この変圧器の一次、二次に共通した巻線を (2) ，共通でない部分を (3) という。

図に示すように (1) の一次側に 20Ω の直列抵抗、二次側に 5Ω の負荷抵抗を接続し、電源電圧を 100V とする。一次巻線の巻数を $N_1 = 200$ とした場合に、 5Ω の負荷抵抗で消費される電力が最大となる二次巻数は $N_2 =$ (4) となり、このときの負荷抵抗の消費電力は (5) W となる。なお変圧器は理想変圧器として考える。



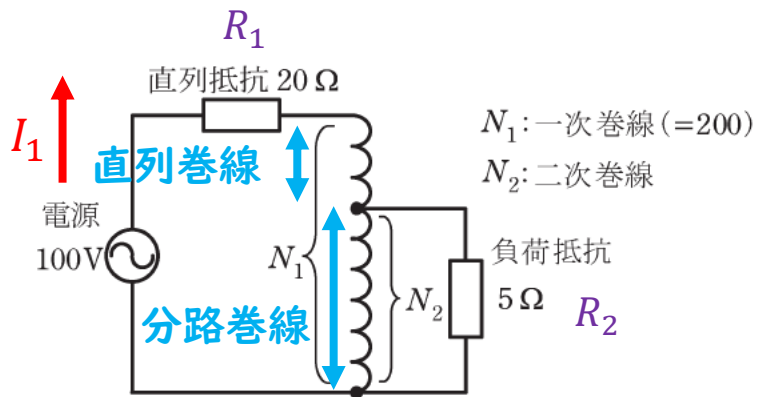
二種R03 問4



問4 次の文章は、変圧器に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

変圧器の一次巻線と二次巻線とを別々の巻線にしないで、一次巻線と二次巻線の一部を共用して使用する変圧器を (1) **単巻変圧器**、変圧器の一次、二次に共通した巻線を (2) **分路巻線**、ない部分を (3) **直列巻線**

図に示すように (1) の一次側に 20Ω の直列抵抗、二次側に 5Ω の負荷抵抗を接続し、電源電圧を 100V とする。一次巻線の巻数を $N_1 = 200$ とした場合に、 5Ω の負荷抵抗で消費される電力が最大となる二次巻数は $N_2 =$ (4) **100** であり、このときの負荷抵抗の消費電力は (5) **125** W となる。なお変圧器は理想変圧器として考える。



[問4の解答群]

- | | | | |
|-------------|---------------|-----------|----------|
| (イ) 線路巻線 | (ロ) 直巻変圧器 | (ハ) 1280 | (ニ) 三次巻線 |
| (ホ) 100 (4) | (ヘ) 分路巻線 (2) | (ト) 50 | (チ) 低圧巻線 |
| (リ) 高圧巻線 | (ヌ) 単巻変圧器 (1) | (ル) 差動変圧器 | (7) 80 |
| (リ) 125 (5) | (カ) 直列巻線 (3) | (コ) 160 | |

負荷抵抗で消費される電力が最大となる条件は (内部抵抗) = (負荷抵抗)

$$R_1 = a^2 R_2 \rightarrow a = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{20}{5}} = 2$$

$$a = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow N_2 = \frac{N_1}{a} = \frac{200}{2} = 100$$

電源から流れる電流 I_1 は、

$$I_1 = \frac{100}{R_1 + R_2'} = \frac{100}{R_1 + a^2 R_2} = \frac{100}{20 + 20} = 2.5 \text{ A}$$

変圧器の1次側電圧 E_1 は、

$$E_1 = 100 - R_1 I_1 = 100 - 20 \times 2.5 = 50 \text{ V}$$

変圧器の2次側電圧 E_2 より、

$$E_2 = \frac{1}{a} E_1 = \frac{1}{2} \times 50 = 25 \text{ V} \quad P_2 = \frac{E_2^2}{R_2} = \frac{25^2}{5} = 125 \text{ W}$$



変圧器の構造

R05下 問8

問8 変圧器の一次側(巻数 N_1)の諸量を二次側(巻数 N_2)に換算した場合の簡易等価回路の換算係数に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、この変圧器の巻数比 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)$ を a とする。

- (1) 一次側の電圧は $\frac{1}{a}$ 倍
- (2) 一次側の電流は a 倍
- (3) 励磁電流は a 倍
- (4) 一次側のインピーダンスは $\frac{1}{a^2}$ 倍
- (5) 励磁アドミタンスは $\frac{1}{a^2}$ 倍

R05下 問8

問8 変圧器の一次側(巻数 N_1)の諸量を二次側(巻数 N_2)に換算した場合の簡易等価回路の換算係数に関する記述として、誤っているものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし、この変圧器の巻数比 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)$ を a とする。

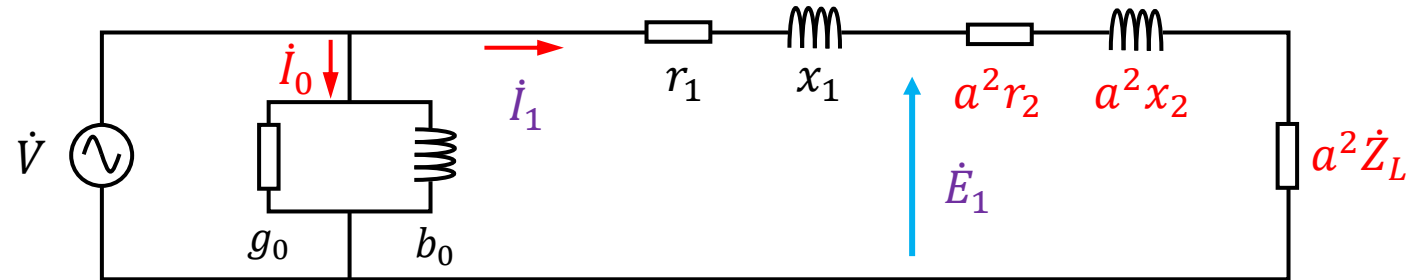
電気回路の要素	一次側	二次側
電力	1	1
電圧	a	1
電流	$1/a$	1
一次側からみた二次側負荷	a^2	1

- (1) 一次側の電圧は $\frac{1}{a}$ 倍
- (2) 一次側の電流は a 倍
- (3) 励磁電流は a 倍
- (4) 一次側のインピーダンスは $\frac{1}{a^2}$ 倍
- (5) 励磁アドミタンスは $\frac{1}{a^2}$ 倍

<一次側に換算した回路>

$$\dot{I}_1 = \frac{1}{a} \dot{I}_2$$

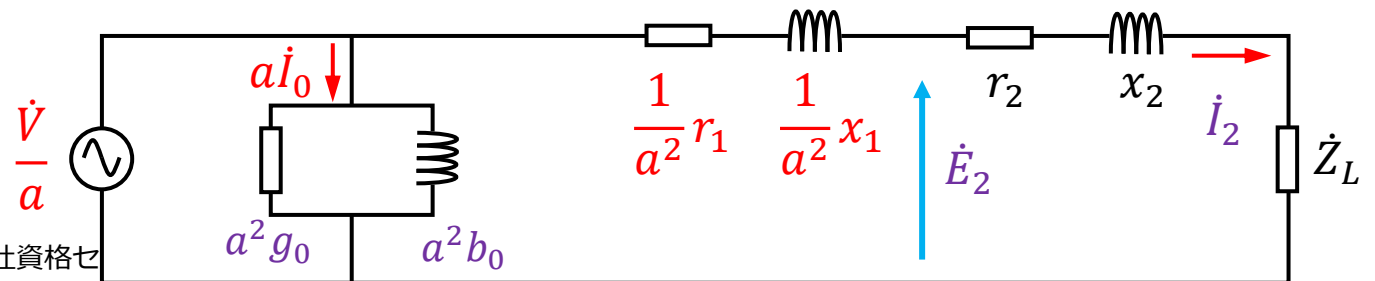
$$\dot{E}_1 = a \dot{E}_2$$



<二次側に換算した回路>

$$\dot{I}_2 = a \dot{I}_1$$

$$\dot{E}_2 = \frac{1}{a} \dot{E}_1$$



R02 問8

問8 変圧器の構造に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 変圧器の巻線には軟銅線が用いられる。巻線の方法としては、鉄心に絶縁を施し、その上に巻線を直接巻きつける方法、円筒巻線や板状巻線としてこれを鉄心にはめ込む方法などがある。
- (2) 変圧器の鉄心には、飽和磁束密度と比透磁率が大きい電磁鋼板が用いられる。この鋼板は、渦電流損を低減するためケイ素が数%含有され、さらにヒステリシス損を低減するために表面が絶縁皮膜で覆われている。
- (3) 変圧器の冷却方式には用いる冷媒によって、絶縁油を使用する油入式と空気を使用する乾式、さらにガス冷却式などがある。
- (4) 変圧器油は、変圧器本体を浸し、巻線の絶縁耐力を高めるとともに、冷却によって本体の温度上昇を防ぐために用いられる。また、化学的に安定で、引火点が高く、流動性に富み比熱が大きくて冷却効果が大きいなどの性質を備えることが必要となる。
- (5) 大型の油入変圧器では、負荷変動に伴い油の温度が変動し、油が膨張・収縮を繰り返すため、外気が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い、油の劣化の原因となる。この劣化を防止するため、本体の外にコンサベータやブリーザを設ける。

R02 問8

問8 変圧器の構造に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 変圧器の巻線には軟銅線が用いられる。巻線の方法としては、鉄心に絶縁を施し、その上に巻線を直接巻きつける方法、円筒巻線や板状巻線としてこれを鉄心にはめ込む方法などがある。
- (2) 変圧器の鉄心には、飽和磁束密度と比透磁率が大きい電磁鋼板が用いられる。この鋼板は、渦電流損を低減するためケイ素が数%含有され、さらにヒステリシス損を低減するために表面が絶縁皮膜で覆われている。
- (3) 変圧器の冷却方式には用いる冷媒によって、絶縁油を使用する油入式と空気を使用する乾式、さらにガス冷却式などがある。
- (4) 変圧器油は、変圧器本体を浸し、巻線の絶縁耐力を高めるとともに、冷却によって本体の温度上昇を防ぐために用いられる。また、化学的に安定で、引火点が高く、流動性に富み比熱が大きくて冷却効果が大いなどの性質を備えることが必要となる。
- (5) 大型の油入変圧器では、負荷変動に伴い油の温度が変動し、油が膨張・収縮を繰り返すため、外気が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い、油の劣化の原因となる。この劣化を防止するため、本体の外にコンサベータやブリーザを設ける。

ヒステリシス損：材質で決まる（ケイ素で低減）
→ヒステリシスはB-H曲線で決まるため

渦電流損：構造で決まる（表面を絶縁被覆で覆う）
→渦電流は周辺の金属との磁気結合で決まるため

R04下 問9

問9 変圧器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

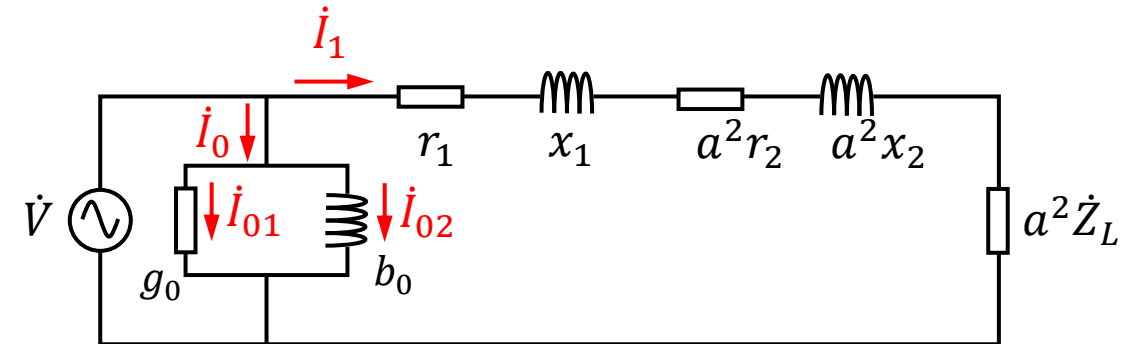
- (1) 無負荷の変圧器の一次巻線に正弦波交流電圧を加えると、鉄心には磁気飽和現象やヒステリシス現象が生じるので電流は非正弦波電流となる。この電流を励磁電流といい、第3次をはじめとする多くの次数の高調波を含む。
- (2) 変圧器の励磁電流のうち、一次電圧と同相成分を鉄損電流、 $\frac{\pi}{2}$ [rad] 遅れた成分を磁化電流という。
- (3) 変圧器の鉄損には主にヒステリシス損と渦電流損がある。電源の周波数を f 、鉄心に用いる電磁鋼板の厚さを t とすると、ヒステリシス損は f に比例し、渦電流損は $(f \times t)$ の2乗に比例する。ただし、鉄心の磁束密度を同一とする。
- (4) 変圧器の損失には主に鉄損と銅損があり、両者が等しくなったときに最大効率となる。無負荷損の主なものは鉄損で、電圧と周波数が一定であれば負荷に関係なく一定である。また、負荷損の主なものは銅損で、負荷電流の2乗に比例する。
- (5) 変圧器の等価回路において、励磁回路は励磁コンダクタンスと励磁サセプタンスで構成される。両者を合わせて励磁アドミタンスという。励磁コンダクタンスに流れる電流は磁化電流に対応し、励磁サセプタンスで発生する損失は鉄損に対応している。

R04下 問9

問9 変圧器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 無負荷の変圧器の一次巻線に正弦波交流電圧を加えると、鉄心には磁気飽和現象やヒステリシス現象が生じるので電流は非正弦波電流となる。この電流を励磁電流といい、第3次をはじめとする多くの次数の高調波を含む。
- (2) 変圧器の励磁電流のうち、一次電圧と同相成分を鉄損電流、 $\frac{\pi}{2}$ [rad]遅れた成分を磁化電流という。
- (3) 変圧器の鉄損には主にヒステリシス損と渦電流損がある。電源の周波数を f 、鉄心に用いる電磁鋼板の厚さを t とすると、ヒステリシス損は f に比例し、渦電流損は $(f \times t)$ の2乗に比例する。ただし、鉄心の磁束密度を同一とする。
- (4) 変圧器の損失には主に鉄損と銅損があり、両者が等しくなったときに最大効率となる。無負荷損の主なものは鉄損で、電圧と周波数が一定であれば負荷に関係なく一定である。また、負荷損の主なものは銅損で、負荷電流の2乗に比例する。
- (5) 変圧器の等価回路において、励磁回路は励磁コンダクタンスと励磁サセプタンスで構成される。両者を合わせて励磁アドミタンスという。励磁コンダクタンスに流れる電流は磁化電流に対応し、励磁サセプタンスで発生する損失は鉄損に対応している。**鉄損電流** **コンダクタンス**

<変圧器の簡易等価回路>



負荷を接続すると、一次側に以下の電流が流れる

- ・一次電流 i_1 : 負荷に電力を供給するため
- ・励磁電流 i_0 : 鉄心に磁気エネルギーを蓄えるため

励磁電流は

- ・鉄損電流 i_{01} : 電気から磁気の変換で熱 (鉄損) になる電流

$$i_{01} = g_0 \dot{V}$$

g_0 : 励磁コンダクタンス

- ・磁化電流 i_{02} : 磁束を作るための電流

$$i_{02} = -jb_0 \dot{V}$$

b_0 : 励磁サセプタンス

H15 問7

問7 電力用単相二巻線変圧器に関する記述として、誤っているのは次のうちどれか。

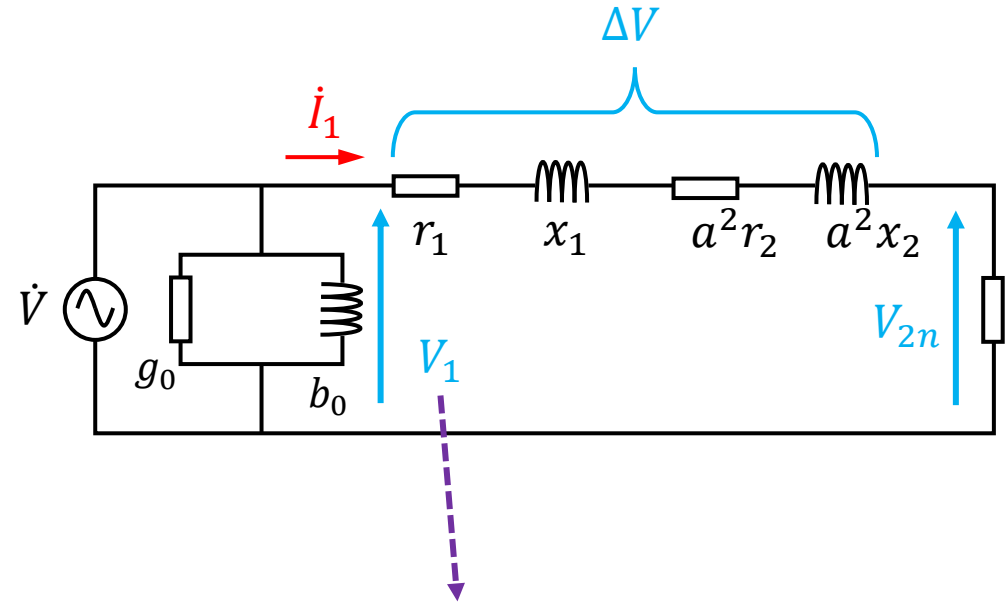
- (1) 定格容量とは、定格二次電圧、定格周波数及び定格力率において、指定された温度上昇の限度を超えることなく、二次端子間に得られる皮相電力である。
- (2) 定格負荷状態において、二次端子電圧が定格二次電圧になるように一次端子に加える電圧は、定格一次電圧に等しい。
- (3) 変圧比とは、二次巻線を基準とした、二つの巻線の無負荷時における電圧の比である。
- (4) 全損失は、無負荷損と負荷損の和である。
- (5) 巻数比が等しく定格容量の異なる2台の変圧器を並行運転する場合、2台の百分率短絡インピーダンスが等しければ、負荷はそれぞれの変圧器の定格容量の比で配分される。

H15 問7

問7 電力用単相二巻線変圧器に関する記述として、誤っているのは次のうちどれか。

- (1) 定格容量とは、定格二次電圧、定格周波数及び定格力率において、指定された温度上昇の限度を超えることなく、二次端子間に得られる皮相電力である。
- (2) 定格負荷状態において、二次端子電圧が定格二次電圧になるように一次端子に加える電圧は、定格一次電圧に等しい。
- (3) 変圧比とは、二次巻線を基準とした、二つの巻線の無負荷時における電圧の比である。
- (4) 全損失は、無負荷損と負荷損の和である。
- (5) 巻数比が等しく定格容量の異なる2台の変圧器を並行運転する場合、2台の百分率短絡インピーダンスが等しければ、負荷はそれぞれの変圧器の定格容量の比で配分される。

<変圧器の簡易等価回路>



定格電流を流すと、巻線抵抗や漏れリアクタンスで生じる電圧降下 ΔV が大きくなる。

二次端子電圧を定格電圧に保つためには、一次端子の電圧は定格電圧よりも大きくする必要がある

二種RO2 問5

問5 次の文章は、変圧器における誘導起電力と磁束に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

一次及び二次巻線を施した環状鉄心において、一次巻線の巻数を N_1 とする。二次巻線を開放したまま、一次巻線に供給電圧として角周波数 ω 、実効値 V_1 の交流電圧 $v_1(t) = \sqrt{2}V_1 \sin \omega t$ を加えると、この巻線に流れる (1) 電流 i_0 は、巻線の抵抗及び鉄損を無視すれば、次式で表される。

$$i_0(t) = \frac{\sqrt{2}V_1}{Z} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで、 Z は一次巻線のインピーダンスである。

磁気回路の長さを l 、断面積を A 、透磁率を μ (一定) と仮定すれば、この電流 i_0 によって鉄心中に生じる交番磁界による ϕ は (2) を磁気抵抗で除すことで求められる、

$$\phi(t) = \frac{N_1 \mu A}{l} i_0(t) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

①及び②式から、

$$\phi(t) = \Phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

ここで、 Φ_m は $\phi(t)$ の最大値であり、 $\Phi_m = \text{input type="text" value="(3)"}$ である。

その結果、一次巻線に誘導起電力 e_1 が発生するが、 e_1 は ϕ の変化を妨げる方向に誘導されたとすると、次の関係式が成り立つ。

$$v_1(t) = -e_1(t) = N_1 \frac{d\phi(t)}{dt} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

③及び④式から、 $e_1(t)$ は次式となる。

$$e_1(t) = \sqrt{2}E_1 \sin \omega t$$

ただし、 E_1 は $e_1(t)$ の実効値であり、周波数を f とすると次式となる。

$$E_1 = \text{input type="text" value="(4)"} f N_1 \Phi_m$$

実際の電力用変圧器においては、鉄心の (5) 特性とヒステリシス特性が含まれるため、鉄心の磁気特性は非直線性になり、巻線に正弦波電圧を加えたとしても電流 i_0 は高調波成分を含んだひずみ波となる。

[問5の解答群]

- | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| (イ) 起磁力 | (ロ) $\frac{\sqrt{2}}{\pi}$ | (ハ) $\frac{\sqrt{2}N_1}{\omega V_1}$ | (ニ) 磁区 |
| (ホ) $\frac{\sqrt{2}V_1}{\omega N_1}$ | (ヘ) 磁化力 | (ト) $\frac{\omega N_1}{\sqrt{2}V_1}$ | (チ) 誘導 |
| (リ) 励磁 | (ヌ) 渦電流 | (ル) 飽和 | (テ) $\sqrt{2}\pi$ |
| (ワ) 2π | (カ) 負荷 | (コ) 鎖交磁束 | |

※ 下線部追記

二種RO2 問5

問5 次の文章は、変圧器における誘導起電力と磁束に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

一次及び二次巻線を施した環状鉄心において、一次巻線の巻数を N_1 とする。二次巻線を開放したまま、一次巻線に供給電圧として角周波数 ω 、実効値 V_1 の交流電圧 $v_1(t) = \sqrt{2}V_1 \sin \omega t$ を加えると、この巻線に流れる (1) 電流 i_0 は、巻線の抵抗及び鉄損を無視すれば、次式で表される。

$$i_0(t) = \frac{\sqrt{2}V_1}{Z} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで、 Z は一次巻線のインピーダンスである。磁気回路の長さを l 、断面積を A 、透磁率を μ (一定) と仮定すれば、この電流 i_0 によって鉄心中に生じる交番磁界による ϕ は (2) を磁気抵抗で除すことで求められる。

$$\phi(t) = \frac{N_1 \mu A}{l} i_0(t) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

①及び②式から、

$$\phi(t) = \Phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

ここで、 Φ_m は $\phi(t)$ の最大値であり、 $\Phi_m = \frac{\sqrt{2}V_1}{\omega N_1}$ である。

その結果、一次巻線に誘導起電力 e_1 が発生するが、 e_1 は ϕ の変化を妨げる方向に誘導されたとすると、次の関係式が成り立つ。

$Z \sim \omega L$ とすると、

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \frac{N_1 \mu A}{l} i_0(t) = \frac{N_1 \mu A}{l} \frac{\sqrt{2}V_1}{Z} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \\ &= \frac{N_1 \mu A}{l} \frac{\sqrt{2}V_1}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

磁気抵抗とインダクタンスの関係より、

$$L = \frac{N_1^2}{R_m} = \frac{N_1^2}{l} = \frac{N_1^2 \mu A}{l}$$

$$\phi(t) = \frac{N_1 \mu A}{l} \frac{\sqrt{2}V_1}{\omega \frac{N_1^2 \mu A}{l}} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = \frac{\sqrt{2}V_1}{\omega N_1} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\rightarrow \Phi_m = \frac{\sqrt{2}V_1}{\omega N_1}$$

二種R02 問5

問5 次の文章は、変圧器における誘導起電力と磁束に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

一次及び二次巻線を施した環状鉄心において、一次巻線の巻数を N_1 とする。二次巻線を開放したまま、一次巻線に供給電圧として角周波数 ω 、実効値 V_1 の交流電圧 $v_1(t) = \sqrt{2}V_1 \sin \omega t$ を加えると、この巻線に流れる (1) 電流 i_0 は、巻線の抵抗及び鉄損を無視すれば、次式で表される。

$$i_0(t) = \frac{\sqrt{2}V_1}{Z} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで、 Z は一次巻線のインピーダンスである。

磁気回路の長さを l 、断面積を A 、透磁率を μ (一定) と仮定すれば、この電流 i_0 によって鉄心中に生じる交番磁界による ϕ は (2) を磁気抵抗で除すことで求められる。

$$\phi(t) = \frac{N_1 \mu A}{l} i_0(t) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

①及び②式から、

$$\phi(t) = \Phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

ここで、 Φ_m は $\phi(t)$ の最大値であり、 $\Phi_m = \frac{\sqrt{2}V_1}{\omega N_1}$ である。

その結果、一次巻線に誘導起電力 e_1 が発生するが、 e_1 は ϕ の変化を妨げる方向に誘導されたとすると、次の関係式が成り立つ。

$$v_1(t) = -e_1(t) = N_1 \frac{d\phi(t)}{dt} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

③及び④式から、 $e_1(t)$ は次式となる。

$$e_1(t) = \sqrt{2}E_1 \sin \omega t$$

ただし、 E_1 は $e_1(t)$ の実効値であり、周波数を f とすると次式となる。

$$E_1 = \frac{\textcircled{4}}{\sqrt{2}\pi} f N_1 \Phi_m$$

飽和

実際の電力用変圧器においては、鉄心の (5) 特性とヒステリシス特性が含まれるため、鉄心の磁気特性は非直線性になり、巻線に正弦波電圧を加えたとしても電流 i_0 は高調波成分を含んだひずみ波となる。

$$\phi(t) = \phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\begin{aligned} e_1(t) &= -N_1 \frac{d\phi(t)}{dt} = -N_1 \frac{d}{dt} \left\{ \phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \right\} \\ &= -\omega N_1 \phi_m \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \\ &= -\omega N_1 \phi_m \left(\cos \omega t \cos \frac{\pi}{2} + \sin \omega t \sin \frac{\pi}{2} \right) \\ &= -\omega N_1 \phi_m \sin \omega t \\ &= -2\pi f N_1 \phi_m \sin \omega t = -\sqrt{2} \cdot \underbrace{\sqrt{2}\pi f N_1 \phi_m}_{E_1} \sin \omega t \end{aligned}$$

二種RO2 問5

問5 次の文章は、変圧器における誘導起電力と磁束に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

一次及び二次巻線を施した環状鉄心において、一次巻線の巻数を N_1 とする。二次巻線を開放したまま、一次巻線に供給電圧として角周波数 ω 、実効値 V_1 の交流電圧 $v_1(t) = \sqrt{2}V_1 \sin \omega t$ を加えると、この巻線に流れる (1) 電流 i_0 は、巻線の抵抗及び鉄損を無視すれば、次式で表される。

$$i_0(t) = \frac{\sqrt{2}V_1}{Z} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで、 Z は一次巻線のインピーダンスである。

磁気回路の長さを l 、断面積を A 、透磁率を μ (一定) と仮定すれば、この電流 i_0 によって鉄心中に生じる交番磁界による ϕ は (2) を磁気抵抗で除すことで求められる。

$$\phi(t) = \frac{N_1 \mu A}{l} i_0(t) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

①及び②式から、

$$\phi(t) = \Phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

ここで、 Φ_m は $\phi(t)$ の最大値であり、 $\Phi_m = \textcircled{3} \frac{\sqrt{2}V_1}{\omega N_1}$ である。

その結果、一次巻線に誘導起電力 e_1 が発生するが、 e_1 は ϕ の変化を妨げる方向に誘導されたとすると、次の関係式が成り立つ。

$$v_1(t) = -e_1(t) = N_1 \frac{d\phi(t)}{dt} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

③及び④式から、 $e_1(t)$ は次式となる。

$$e_1(t) = \sqrt{2}E_1 \sin \omega t$$

ただし、 E_1 は $e_1(t)$ の実効値であり、周波数を f とすると次式となる。

$$E_1 = \frac{\textcircled{4}}{\sqrt{2}\pi} f N_1 \Phi_m$$

飽和

実際の電力用変圧器においては、鉄心の (5) 特性とヒステリシス特性が含まれるため、鉄心の磁気特性は非直線性になり、巻線に正弦波電圧を加えたとしても電流 i_0 は高調波成分を含んだひずみ波となる。

[問5の解答群]

- | | | | |
|--|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| (イ) 起磁力 (2) | (ロ) $\frac{\sqrt{2}}{\pi}$ | (ハ) $\frac{\sqrt{2}N_1}{\omega V_1}$ | (ニ) 磁区 |
| (ホ) $\frac{\sqrt{2}V_1}{\omega N_1}$ (3) | (ヘ) 磁化力 | (ト) $\frac{\omega N_1}{\sqrt{2}V_1}$ | (チ) 誘導 |
| (リ) 励磁 (1) | (ヌ) 渦電流 | (ル) 飽和 (5) | (テ) $\sqrt{2}\pi$ (4) |
| (ワ) 2π | (カ) 負荷 | (コ) 鎖交磁束 | |

※ 下線部追記



ご聴講ありがとうございました!!