

電験どうでしょう管理人  
*KWG presents*

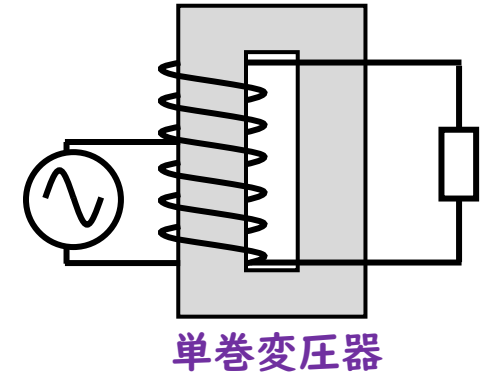
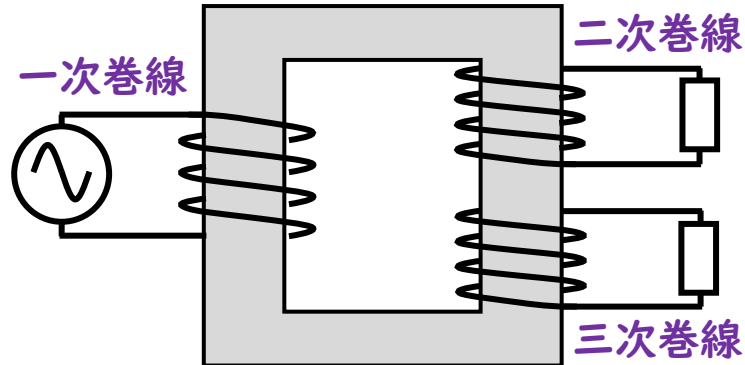
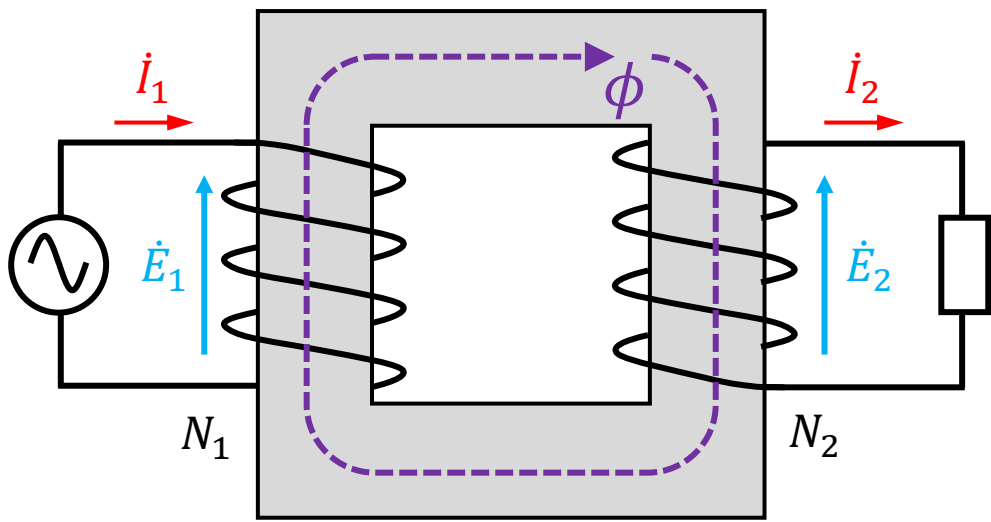
# 電験オンライン塾

## 第3回 変圧器の結線Ⅰ

~Y- $\Delta$ 、 $\Delta$ -Y、単巻~

2022.01.29 Sat

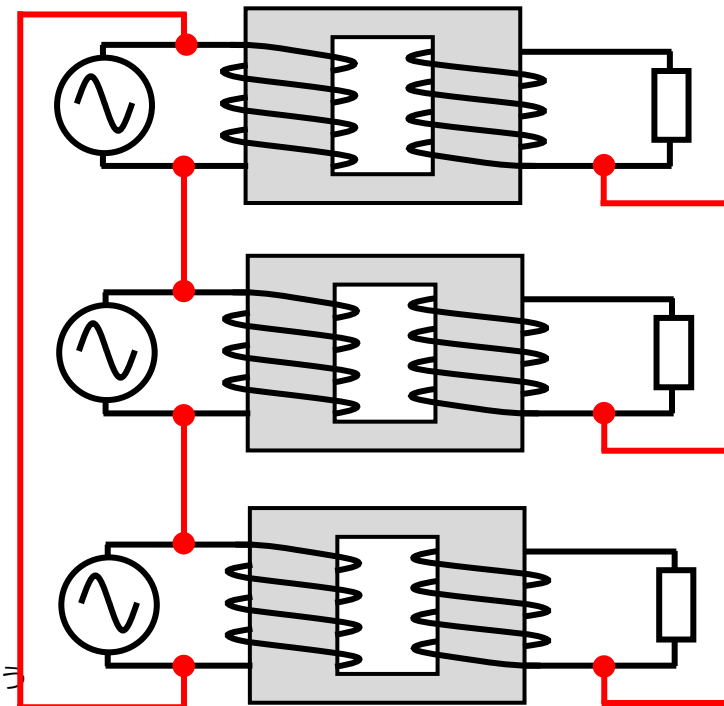
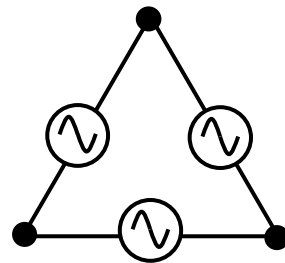
# 変圧器の巻き線



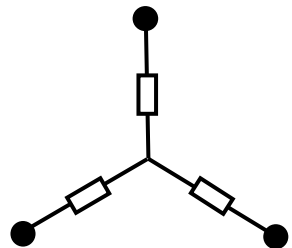
変圧器は一次側巻線（電源）、二次側巻線（負荷）という関係でなくても、

鉄心を介して磁気エネルギーを伝搬するという特性を用いて、様々な接続で使用ができる

△結線



Y結線



# 機械 H27 問8

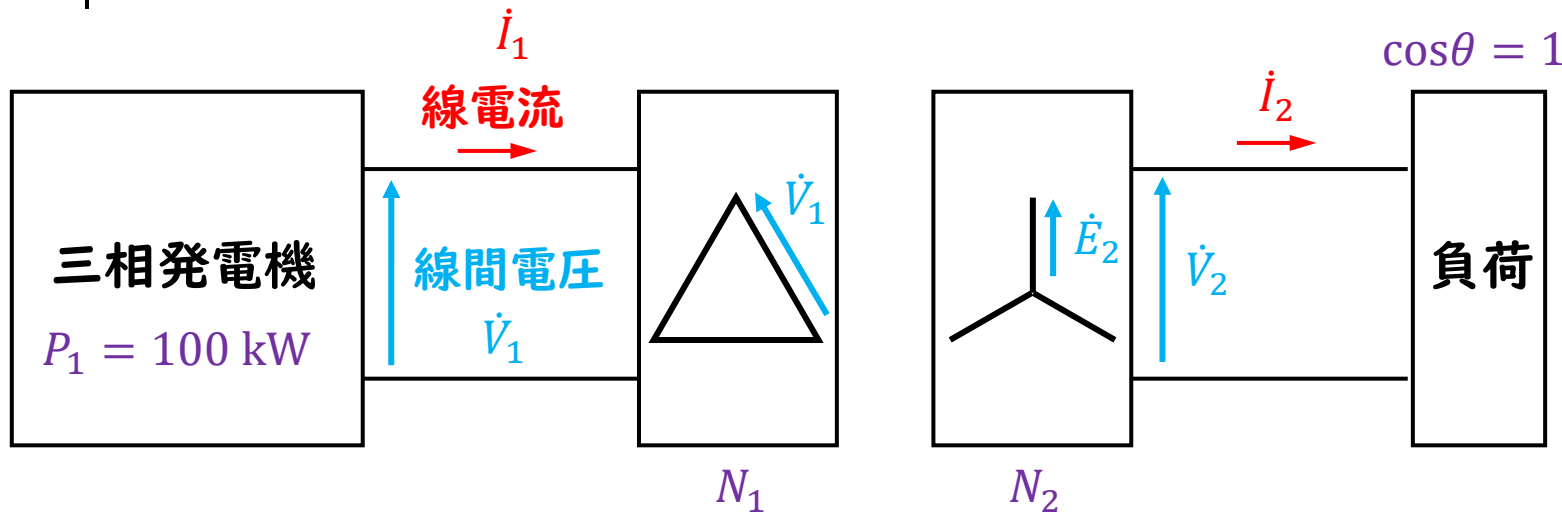


問8 一次側の巻数が  $N_1$ 、二次側の巻数が  $N_2$  で製作された、同一仕様3台の単相変圧器がある。これらを用いて一次側を  $\Delta$  結線、二次側を Y 結線として抵抗負荷、一次側に三相発電機を接続した。発電機を電圧 440 V、出力 100 kW、力率 1.0 で運転したところ、二次電流は三相平衡の 17.5 A であった。この単相変圧器の巻数比  $\frac{N_1}{N_2}$  の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、変圧器の励磁電流、インピーダンス及び損失は無視するものとする。

- (1) 0.13      (2) 0.23      (3) 0.40      (4) 4.3      (5) 7.5

# 導出のポイント



**三相交流の電力**

$\sqrt{3} \times (\text{線間電圧}) \times (\text{線電流})$

$S = \sqrt{3}V_{ab}I_a$

$P = \sqrt{3}V_{ab}I_a \cos\theta = \sqrt{S^2 - Q^2}$

$Q = \sqrt{3}V_{ab}I_a \sin\theta = \sqrt{S^2 - P^2}$

$V_1 = 440 \text{ V}$   
 $I_2 = 17.5 \text{ A}$

巻線と電圧の関係

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} E_2$$

電力相電圧と線間電圧の関係

$$E_2 = \frac{V_2}{\sqrt{3}} = \frac{3300}{\sqrt{3}} = 1905 \text{ V}$$

負荷の電力

$$P_1 = P_2 = \sqrt{3}V_2 I_2 \cos\theta$$

$$V_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3}I_2} = \frac{100,000}{\sqrt{3} \times 17.5} = 3300 \text{ V}$$

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} E_2 \rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{E_2} = \frac{440}{1905} = 0.23$$

# 機械 H27 問8

問8 一次側の巻数が  $N_1$ 、二次側の巻数が  $N_2$  で製作された、同一仕様3台の単相変圧器がある。これらを用いて一次側を  $\Delta$  結線、二次側を Y 結線として抵抗負荷、一次側に三相発電機を接続した。発電機を電圧 440 V、出力 100 kW、力率 1.0 で運転したところ、二次電流は三相平衡の 17.5 A であった。この単相変圧器の巻数比  $\frac{N_1}{N_2}$  の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、変圧器の励磁電流、インピーダンス及び損失は無視するものとする。

- (1) 0.13    (2) 0.23    (3) 0.40    (4) 4.3    (5) 7.5

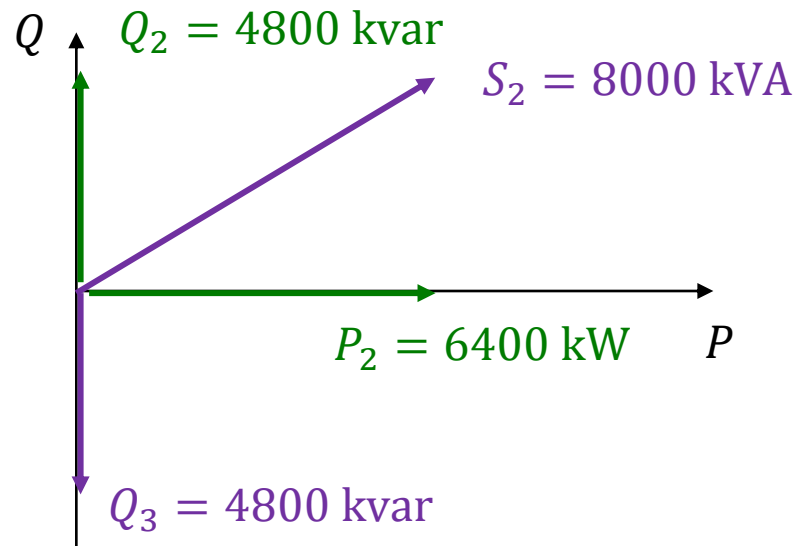
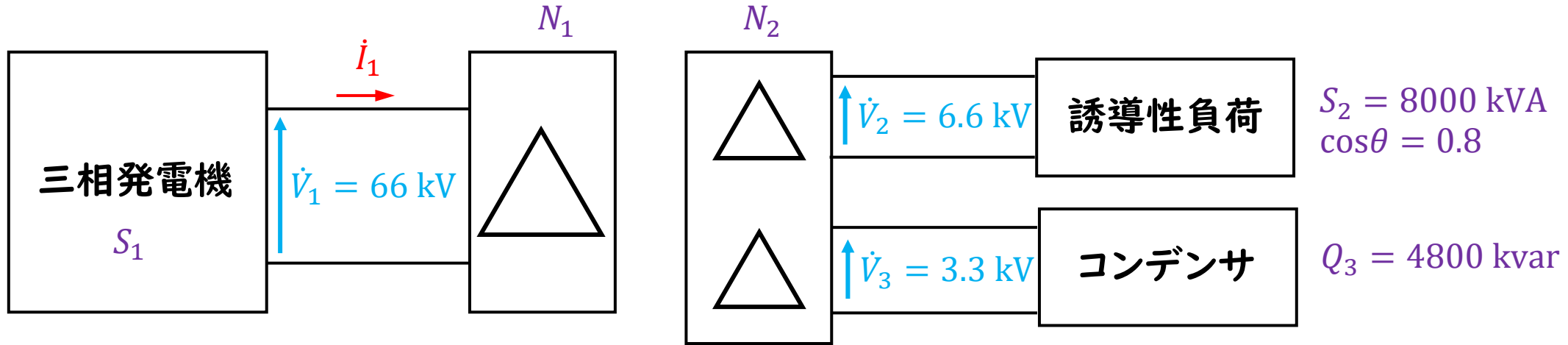
# 機械 R02 問9



問9 一次線間電圧が 66 kV，二次線間電圧が 6.6 kV，三次線間電圧が 3.3 kV の三相三巻線変圧器がある。一次巻線には線間電圧 66 kV の三相交流電源が接続されている。二次巻線に力率 0.8，8 000 kV・A の三相誘導性負荷を接続し，三次巻線に 4 800 kV・A の三相コンデンサを接続した。一次電流の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，変圧器の漏れインピーダンス，励磁電流及び損失は無視できるほど小さいものとする。

- (1) 42.0      (2) 56.0      (3) 70.0      (4) 700.0      (5) 840.0

# 導出のポイント



## 電源出力

$$S_1 = P_2 = 6400 \text{ kW}$$

$$S_1 = \sqrt{3}V_1I_1$$

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3}V_1} = \frac{6400}{\sqrt{3} \times 66} = 56.0 \text{ A}$$

# 機械 R02 問9



問9 一次線間電圧が 66 kV，二次線間電圧が 6.6 kV，三次線間電圧が 3.3 kV の三相三巻線変圧器がある。一次巻線には線間電圧 66 kV の三相交流電源が接続されている。二次巻線に力率 0.8，8 000 kV・A の三相誘導性負荷を接続し，三次巻線に 4 800 kV・A の三相コンデンサを接続した。一次電流の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，変圧器の漏れインピーダンス，励磁電流及び損失は無視できるほど小さいものとする。

- (1) 42.0    (2) 56.0    (3) 70.0    (4) 700.0    (5) 840.0



# 三相変圧器の結線

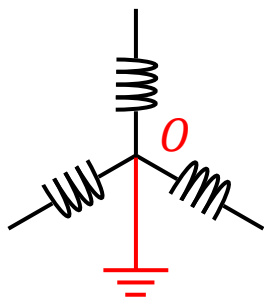
	一次巻線	二次巻線	一次巻線	二次巻線	線間電圧の 位相差と大きさ
Y-Y結線					$\dot{V}_{11}, \dot{V}_{12}, \dot{V}_{13}$ に比べて $\dot{V}_{21}, \dot{V}_{22}, \dot{V}_{23}$ は同相 で1/a倍
Y-Δ結線					$\dot{V}_{11}, \dot{V}_{12}, \dot{V}_{13}$ に比べて $\dot{V}_{21}, \dot{V}_{22}, \dot{V}_{23}$ は30°遅れ で1/√3a倍
Δ-Y結線					$\dot{V}_{11}, \dot{V}_{12}, \dot{V}_{13}$ に比べて $\dot{V}_{21}, \dot{V}_{22}, \dot{V}_{23}$ は30°進み で√3/a倍
Δ-Δ結線					$\dot{V}_{11}, \dot{V}_{12}, \dot{V}_{13}$ に比べて $\dot{V}_{21}, \dot{V}_{22}, \dot{V}_{23}$ は同相 で1/a倍

# 三相変圧器の結線

	一次巻線	二次巻線	一次巻線	二次巻線	線電流の 位相差と大きさ
Y-Y結線					$i_{11}, i_{12}, i_{13}$ に比べて $i_{21}, i_{22}, i_{23}$ は同相 でa倍
Y-Δ結線					$i_{11}, i_{12}, i_{13}$ に比べて $i_{21}, i_{22}, i_{23}$ は 30° 遅れ で $\sqrt{3}a$ 倍
Δ-Y結線					$i_{11}, i_{12}, i_{13}$ に比べて $i_{21}, i_{22}, i_{23}$ は 30° 進み で $a/\sqrt{3}$ 倍
Δ-Δ結線					$i_{11}, i_{12}, i_{13}$ に比べて $i_{21}, i_{22}, i_{23}$ は同相 でa倍

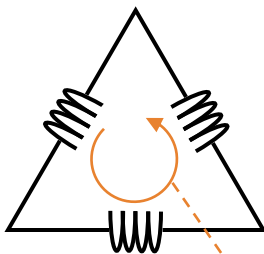
# Y結線とΔ結線の特徴

## Y結線



- 中性点Oを接地することで故障検出が容易になる。
- 巻線に発生する電圧（相電圧）が線間電圧の  $1/\sqrt{3}$  なので巻線の絶縁が容易になる。

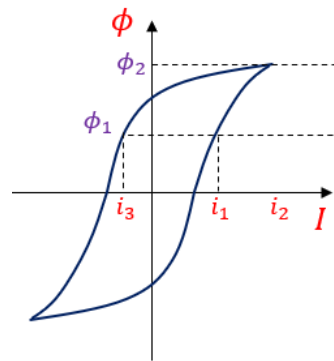
## Δ結線



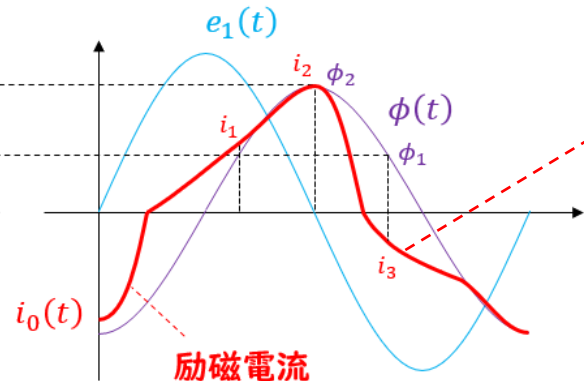
励磁電流（第3調波）

- 1相故障してもV結線で利用できる
- 励磁電流の第3調波成分を循環することができ、外部に漏れださない（外部に第3調波成分が漏れだすと、通信線に誘導障害が発生する）

<磁束と電流の関係>



<変圧器の電圧と磁束の関係>



正弦波からずれた歪な形の部分が第3調波成分

# 変圧器の結線まとめ

	一次巻線	二次巻線	特徴
Y-Y結線			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Y-Y-Δの形で用いられる (励磁電流の第3調波の漏れを抑制するため)</li> <li>• 中性点Oを接地できる</li> <li>• 巻線に発生する電圧 (相電圧) が線間電圧の<math>1/\sqrt{3}</math>なので巻線の絶縁が容易</li> <li>• 一次側、二次側の線間電圧が同相</li> </ul>
Y-Δ結線			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高電圧受電変圧器に用いられる</li> <li>• 中性点Oを接地できる</li> <li>• 励磁電流の第3調波をΔ回路で循環できる</li> <li>• 一次側に比べて二次側の線間電圧が<math>30^\circ</math>遅れる</li> </ul>
Δ-Y結線			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 発電所変圧器に用いられる</li> <li>• 中性点Oを接地できる</li> <li>• 励磁電流の第3調波をΔ回路で循環できる</li> <li>• 一次側に比べて二次側の線間電圧が<math>30^\circ</math>進む</li> </ul>
Δ-Δ結線			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 配電用変圧器に用いられる</li> <li>• 1相故障時V-V結線で運転できる</li> <li>• 励磁電流の第3調波をΔ回路で循環できる</li> <li>• 一次側、二次側の線間電圧が同相</li> </ul>

# 機械 H23 問8

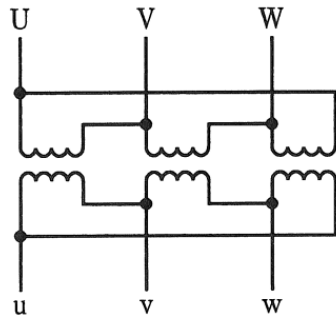
問8 下図は、三相変圧器の結線図である。

一次電圧に対して二次電圧の位相が  $30 [^\circ]$  遅れとなる結線を次の(1)～(5)

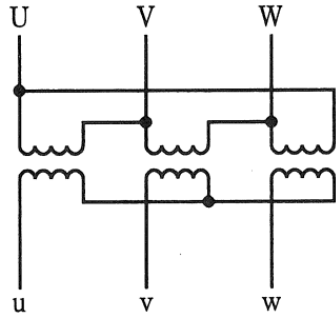
のうちから一つ選べ。

ただし、各一次・二次巻線間の極性は減極性であり、一次電圧の相順は U, V, W  
とする。

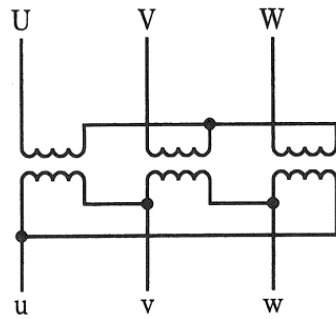
(1)



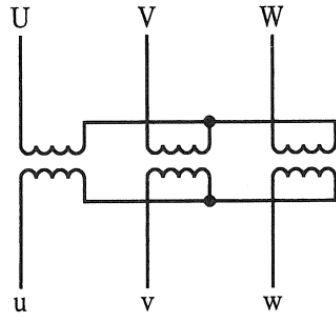
(2)



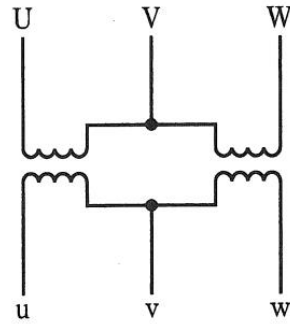
(3)



(4)



(5)



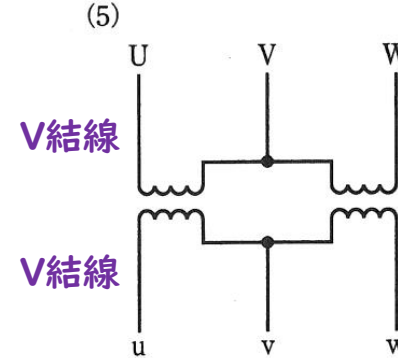
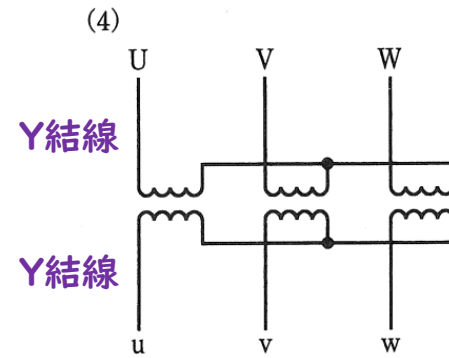
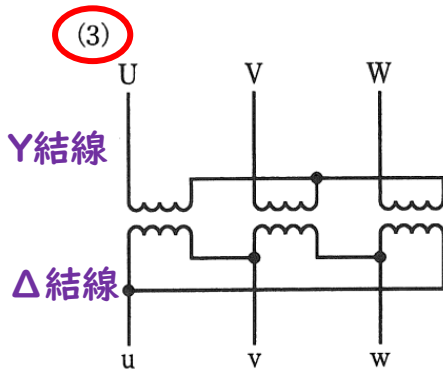
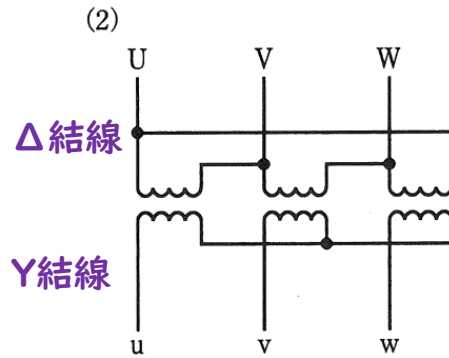
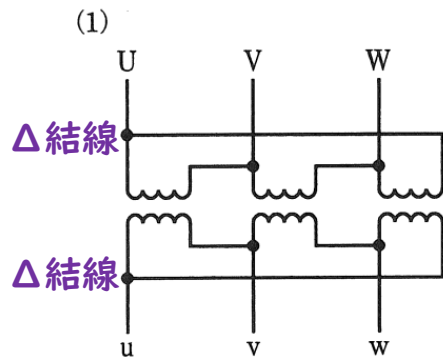
# 機械 H23 問8

問8 下図は、三相変圧器の結線図である。

一次電圧に対して二次電圧の位相が  $30^\circ$  遅れとなる結線を次の(1)～(5)

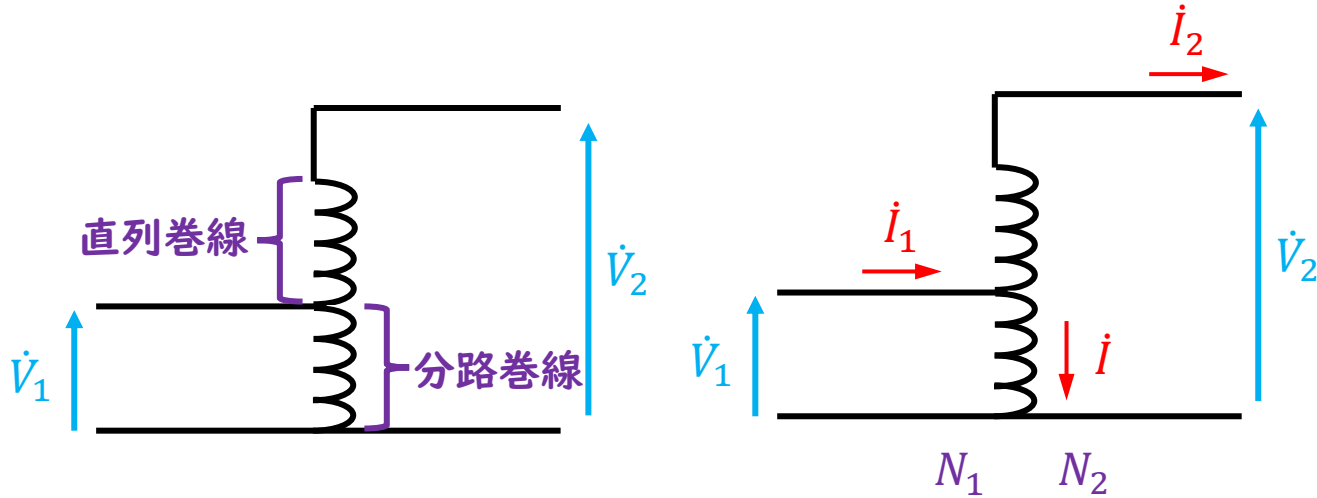
のうちから一つ選べ。

ただし、各一次・二次巻線間の極性は減極性であり、一次電圧の相順は U, V, W とする。



Y-Δ結線：二次側 $30^\circ$ 遅れ  
Δ-Y結線：二次側 $30^\circ$ 進み

# 単巻変圧器



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \rightarrow V_1 = aV_2$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \rightarrow I_1 = \frac{V_2}{V_1} I_2 \rightarrow I_1 = \frac{1}{a} I_2$$

$$I = I_1 - I_2$$

直列巻線の容量 =  $(V_2 - V_1)I_2$

分路巻線の容量 =  $V_1 I = V_1(I_1 - I_2)$

自己容量 = 直列巻線の容量 = 分路巻線の容量

$$= (V_2 - V_1)I_2 = V_1(I_1 - I_2)$$

負荷容量 =  $V_1 I_1 = V_2 I_2$

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

# 機械 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



# 機械 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。

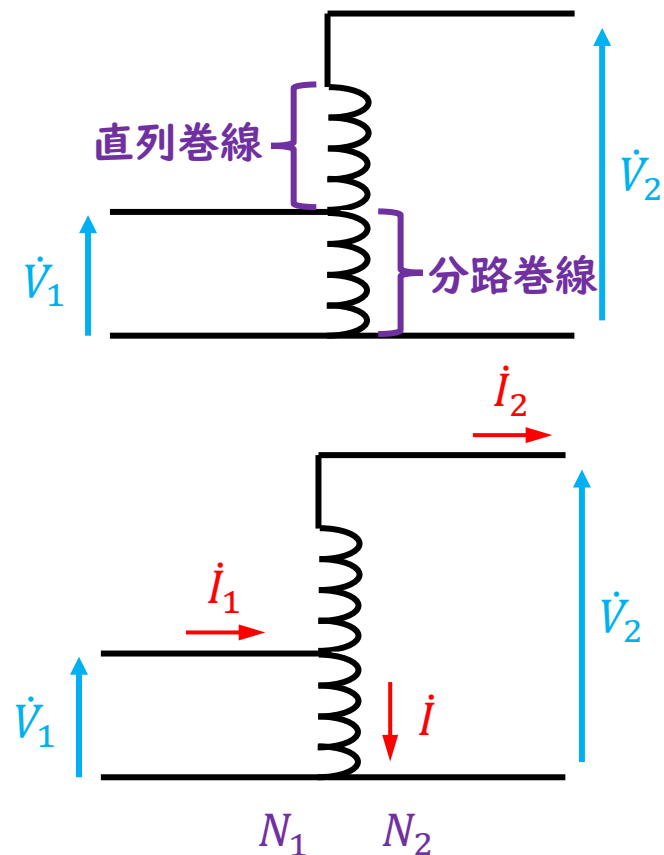
巻線の一部が一次と二次との回路に共通になっている変圧器を単巻変圧器という。巻線の共通部分を (ア) ，共通でない部分を (イ) という。

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



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

$$\text{負荷容量} = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

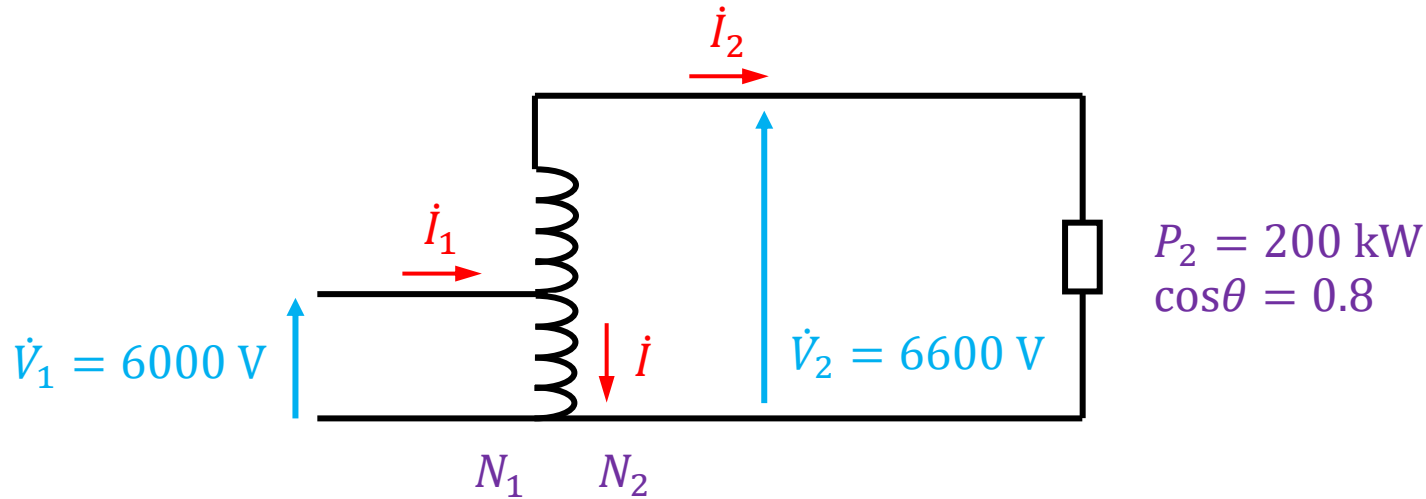
# 機械 H30 問9

問9 定格一次電圧 6 000 V，定格二次電圧 6 600 V の単相単巻変圧器がある。消費電力 200 kW，力率 0.8(遅れ)の単相負荷に定格電圧で電力を供給する。単巻変圧器として必要な自己容量の値[kV・A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，巻線のインピーダンス，鉄心の励磁電流及び鉄心の磁気飽和は無視できる。

- (1) 22.7      (2) 25.0      (3) 160      (4) 200      (5) 250

# 導出のポイント

問9 定格一次電圧 6000 V， 定格二次電圧 6600 V の単相単巻変圧器がある。消費電力 200 kW， 力率 0.8(遅れ)の単相負荷に定格電圧で電力を供給する。単巻変圧器として必要な自己容量の値[kV・A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，巻線のインピーダンス，鉄心の励磁電流及び鉄心の磁気飽和は無視できる。



$$S_2 = \frac{P_2}{\cos\theta} = \frac{200}{0.8} = 250 \text{ kVA}$$

$$S_2 = V_2 I_2$$

$$\rightarrow I_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{250,000}{6600} = 37.9 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{自己容量} &= (V_2 - V_1) I_2 \\ &= (6600 - 6000) \times 37.9 \\ &= 22700 \text{ W} = 22.7 \text{ kW} \end{aligned}$$

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

$$\text{負荷容量} = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

# 機械 H30 問9

問9 定格一次電圧 6 000 V，定格二次電圧 6 600 V の単相単巻変圧器がある。消費電力 200 kW，力率 0.8(遅れ)の単相負荷に定格電圧で電力を供給する。単巻変圧器として必要な自己容量の値[kV・A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，巻線のインピーダンス，鉄心の励磁電流及び鉄心の磁気飽和は無視できる。

- (1) 22.7      (2) 25.0      (3) 160      (4) 200      (5) 250

ご聴講ありがとうございました  
ございました!!