

電験どうでしょう管理人
KWG presents

令和五年度上期 三種機械 解説

2023.09.03 Sun

R05上 問1

問1 次の文章は、直流機の構造に関する記述である。

直流機の構造は、固定子と回転子とからなる。固定子は、，継鉄などによって、また、回転子は、，整流子などによって構成されている。

電機子鉄心は、 磁束が通るため、 が用いられている。また、電機子巻線を収めるための多数のスロットが設けられている。

六角形(亀甲形)の形状の電機子巻線は、そのコイル辺を電機子鉄心のスロットに挿入する。各コイル相互のつなぎ方には、 と波巻とがある。直流機では、同じスロットにコイル辺を上下に重ねて2個ずつ入れた二層巻としている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	界磁	電機子	交番	積層鉄心	重ね巻
(2)	界磁	電機子	交番	鑄鉄	直列巻
(3)	界磁	電機子	一定の	積層鉄心	直列巻
(4)	電機子	界磁	交番	鑄鉄	重ね巻
(5)	電機子	界磁	一定の	積層鉄心	直列巻

R05上 問1

問1 次の文章は、直流機の構造に関する記述である。

直流機の構造は、固定子と回転子とからなる。固定子は、(ア) ^{界磁}，継鉄などによって、また、回転子は、(イ) ^{電機子}，整流子などによって構成されている。

電機子鉄心は、(ウ) ^{交番} 磁束が通るため、(エ) ^{積層鉄心} が用いられている。また、電機子巻線を収めるための多数のスロットが設けられている。

六角形(亀甲形)の形状の電機子巻線は、そのコイル辺を電機子鉄心のスロットに挿入する。各コイル相互のつなぎ方には、(オ) ^{重ね巻} と波巻とがある。直流機では、同じスロットにコイル辺を上下に重ねて2個ずつ入れた二層巻としている。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	界 磁	電機子	交 番	積層鉄心	重ね巻
(2)	界 磁	電機子	交 番	鑄 鉄	直列巻
(3)	界 磁	電機子	一定の	積層鉄心	直列巻
(4)	電機子	界 磁	交 番	鑄 鉄	重ね巻
(5)	電機子	界 磁	一定の	積層鉄心	直列巻

<覚えておくべきポイント>

(直流機) 固定子：界磁 回転子：電機子

(同期機) 固定子：電機子 回転子：界磁

(ブラシレスDCモータ) 固定子：電機子 回転子：界磁

時間的に変化する磁界だから電流が起電力が発生する
一定の磁界(磁束)では起電力は発生しない

重ね巻と波巻 2つセットで覚える!

R05上 問2

問2 界磁に永久磁石を用いた小形直流電動機があり、電源電圧は定格の12V、回転を始める前の静止状態における始動電流は4A、定格回転数における定格電流は1Aである。定格運転時の効率の値[%]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、ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視できるものとし、損失は電機子巻線による銅損しか存在しないものとする。

- (1) 60 (2) 65 (3) 70 (4) 75 (5) 80

R05上 問2

問2 界磁に永久磁石を用いた小形直流電動機があり、電源電圧は定格の12V、回転を始める前の静止状態における始動電流は4A、定格回転数における定格電流は1Aである。定格運転時の効率の値[%]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、ブラシの接触による電圧降下及び電機子反作用は無視できるものとし、損失は電機子巻線による銅損しか存在しないものとする。

- (1) 60 (2) 65 (3) 70 (4) 75 (5) 80

$$V = E + r_a I_a = 0 + r_a I_a \rightarrow r_a = \frac{V}{I_a} = \frac{12}{4} = 3 \Omega$$

$$V = E' + r_a I'_a \rightarrow E' = V - r_a I'_a = 12 - 3 \times 1 = 9 \text{ V}$$

$$P_{in} = V I'_a = 12 \times 1 = 12 \text{ W}$$

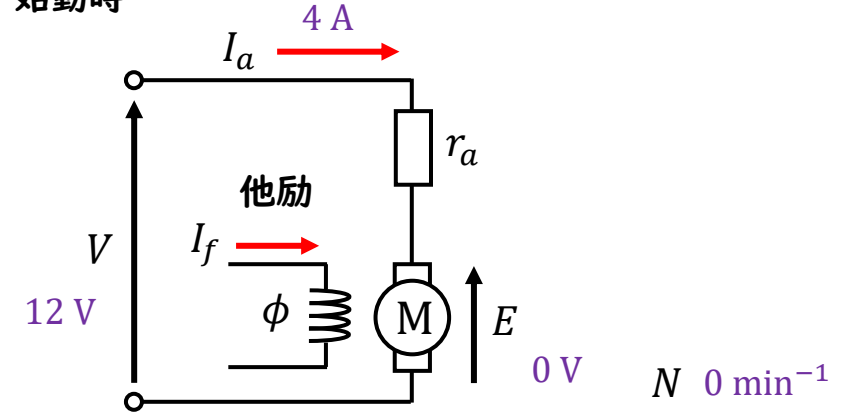
$$P_m = E' I'_a = 9 \times 1 = 9 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} \times 100 = \frac{9}{12} \times 100 = 75 \%$$

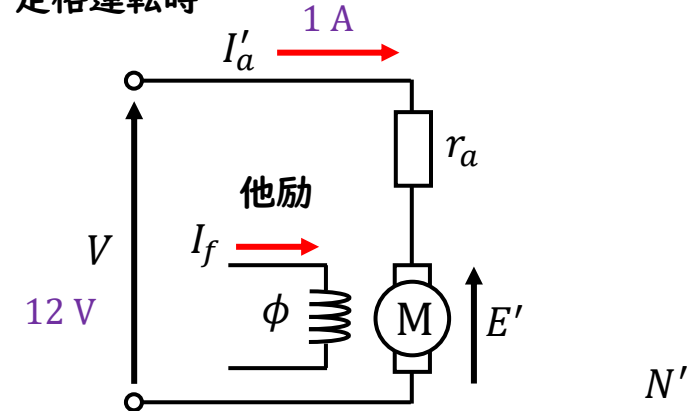
<覚えておくべきポイント>

- ・永久磁石の場合は『他励』と考える
- ・始動時の誘導起電力は0V

始動時



定格運転時



R05上 問3

問3 次の文章は、三相誘導電動機の誘導起電力に関する記述である。

三相誘導電動機で固定子巻線に電流が流れると (ア) が生じ、これが回転子巻線を切るので回転子巻線に起電力が誘導され、この起電力によって回転子巻線に電流が流れることでトルクが生じる。この回転子巻線の電流によって生じる起磁力を (イ) ように固定子巻線に電流が流れる。

回転子が停止しているときは、固定子巻線に流れる電流によって生じる (ア) は、固定子巻線を切るのと同じ速さで回転子巻線を切る。このことは原理的に変圧器と同じであり、固定子巻線は変圧器の (ウ) 巻線に相当し、回転子巻線は (エ) 巻線に相当する。回転子巻線の各相には変圧器と同様に (エ) 誘導起電力を生じる。

回転子が回転しているときは、電動機の滑りを s とすると、(エ) 誘導起電力の大きさは、回転子が停止しているときの (オ) 倍となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	交番磁界	打ち消す	二次	一次	$1-s$
(2)	回転磁界	打ち消す	一次	二次	$\frac{1}{s}$
(3)	回転磁界	増加させる	二次	一次	s
(4)	交番磁界	増加させる	二次	一次	$\frac{1}{s}$
(5)	回転磁界	打ち消す	一次	二次	s

R05上 問3

問3 次の文章は、三相誘導電動機の誘導起電力に関する記述である。

三相誘導電動機で固定子巻線に電流が流れると **回転磁界** (ア) が生じ、これが回転子巻線を切ることで回転子巻線に起電力が誘導され、この起電力によって回転子巻線に電流が流れることでトルクが生じる。この回転子巻線の電流によって生じる起電力を **打ち消す** (イ) ように固定子巻線に電流が流れる。

回転子が停止しているときは、固定子巻線に流れる電流によって生じる **回転磁界** (ア) は、固定子巻線を切るのと同じ速さで回転子巻線を切る。このことは原理的に変圧器と同じであり、固定子巻線は変圧器の **一次** (ウ) 巻線に相当し、回転子巻線は **二次** (エ) 巻線に相当する。回転子巻線の各相には変圧器と同様に **二次** (エ) 誘導起電力を生じる。

回転子が回転しているときは、電動機の滑りを s とすると、 **二次** (エ) 誘導起電力の大きさは、回転子が停止しているときの **(オ)** 倍となる。
 s

**二次誘導起電力は回転速度が大きくなると小さくなる
 (回転磁界に対する回転子の相対速度が小さくなるため)**

**停止時 ($s = 1$) の誘導起電力を E_2 とすると、
 回転時 ($s \neq 1$) の誘導起電力 E'_2 は $E'_2 = sE_2$ となる**

<覚えておくべきポイント>

三相交流 → 回転磁界
 単相交流 → 交番磁界

<変圧器と誘導機の対応>

変圧器の一次巻線 (電源側) → 誘導機の固定子巻線
 変圧器の二次巻線 (負荷側) → 誘導機の回転子巻線

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	交番磁界	打ち消す	二次	一次	$1-s$
(2)	回転磁界	打ち消す	一次	二次	$\frac{1}{s}$
(3)	回転磁界	増加させる	二次	一次	s
(4)	交番磁界	増加させる	二次	一次	$\frac{1}{s}$
(5)	回転磁界	打ち消す	一次	二次	s

R05上 問4

問4 定格出力 36 kW，定格周波数 60 Hz，8 極のかご形三相誘導電動機があり，滑り 4 %で定格運転している。このとき，電動機のトルク [N・m] 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，機械損は無視できるものとする。

- (1) 382 (2) 398 (3) 428 (4) 458 (5) 478

R05上 問4

問4 定格出力 36 kW, 定格周波数 60 Hz, 8 極のかご形三相誘導電動機があり, 滑り 4 %で定格運転している。このとき, 電動機のトルク [N・m] 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, 機械損は無視できるものとする。

- (1) 382 (2) 398 (3) 428 (4) 458 (5) 478

$$N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 60}{8} = 900 \text{ min}^{-1}$$

$$N = (1 - s)N_s = 0.96 \times 900 = 864 \text{ min}^{-1}$$

$$T = \frac{P_m}{\omega} = \frac{P_m}{2\pi \frac{N}{60}} = \frac{36000}{2\pi \times \frac{864}{60}} = 398 \text{ N} \cdot \text{m}$$

R05上 問5

問5 三相同期発電機の短絡比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) 短絡比を小さくすると、発電機の外形寸法が小さくなる。
- (2) 短絡比を小さくすると、発電機の安定度が悪くなる。
- (3) 短絡比を小さくすると、電圧変動率が小さくなる。
- (4) 短絡比が小さい発電機は、銅機械と呼ばれる。
- (5) 短絡比が小さい発電機は、同期インピーダンスが大きい。

R05上 問5

問5 三相同期発電機の短絡比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) 短絡比を小さくすると、発電機の外形寸法が小さくなる。
- (2) 短絡比を小さくすると、発電機の安定度が悪くなる。
- (3)** 短絡比を小さくすると、電圧変動率が小さくなる。
- (4) 短絡比が小さい発電機は、銅機械と呼ばれる。
- (5) 短絡比が小さい発電機は、同期インピーダンスが大きい。

<重要なポイント>

短絡比が小さい→同期インピーダンスが大きい

$$K_s = \frac{100}{\%Z}$$

銅機械：電機子巻線が多い同期発電機→同期インピーダンスが大きい

鉄機械：鉄心が大きい（界磁が強い）→同期インピーダンスが小さい

**同期インピーダンスが大きい発電機は回転速度を稼ぐため、外形寸法が小さい。
（回転しやすいように）**

同期インピーダンスが大きいと

- ・電圧が変動しやすい
- ・安定度が悪い

R05上 問6

問6 次のような三相同期発電機がある。

1 極当たりの磁束 0.10 Wb

極数 12

1 分間の回転速度 600 min^{-1}

1 相の直列巻数 250

巻線係数 0.95

結線 Y (1 相のコイルは全部直列)

この発電機の無負荷誘導起電力(線間値)の値[kV]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、エアギャップにおける磁束分布は正弦波であるものとする。

- (1) 2.09 (2) 3.65 (3) 6.33 (4) 11.0 (5) 19.0

R05上 問6

問6 次のような三相同期発電機がある。

1 極当たりの磁束	0.10 Wb
極数	12
1 分間の回転速度	600 min ⁻¹
1 相の直列巻数	250
巻線係数	0.95
結線	Y(1 相のコイルは全部直列)

回転速度と周波数の関係は

$$N_s = \frac{120f}{p} \rightarrow f = \frac{pN_s}{120}$$

ファラデーの法則より1巻で発生する誘導起電力(最大値) e_m は

$$e_m = (\text{角周波数}) \times (\text{磁束}) = 2\pi f \times \Phi = \frac{pN_s}{120} \times 2\pi\Phi$$

$$e_m = \frac{12 \times 600}{120} \times 2\pi \times 0.10 = 37.68 \text{ V}$$

誘導起電力(実効値) e は

$$e = \frac{e_m}{\sqrt{2}} = \frac{37.68}{\sqrt{2}} = 26.64 \text{ V}$$

相電圧 E は

$$E = (\text{巻線係数}) \times (\text{巻数}) \times e = 0.95 \times 250 \times 26.64 = 6328 \text{ V}$$

線間電圧 V は

$$V = \sqrt{3}E = \sqrt{3} \times 6328 = 10960 \sim 11.0 \text{ kV}$$

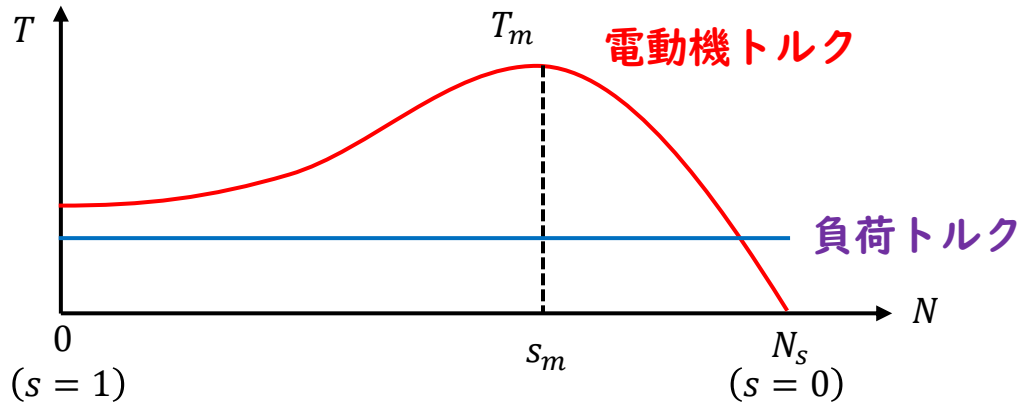
- (1) 2.09 (2) 3.65 (3) 6.33 (4) 11.0 (5) 19.0

R05上 問7

問7 電動機と負荷の特性を，回転速度を横軸，トルクを縦軸に描く，トルク対速度曲線で考える。電動機と負荷の二つの曲線がどのように交わるかを見ると，その回転数における運転が安定か不安定かを判定することができる。誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 負荷トルクよりも電動機トルクが大きいと回転は加速し，反対に電動機トルクよりも負荷トルクが大きいと回転は減速する。回転速度一定の運転を続けるには，負荷と電動機のトルクが一致する安定な動作点が必要である。
- (2) 巻線形誘導電動機では，回転速度の上昇とともにトルクが減少するように，二次抵抗を大きくし，大きな始動トルクを発生させることができる。この電動機に回転速度の上昇とともにトルクが増える負荷を接続すると，両曲線の交点が安定な動作点となる。
- (3) 電源電圧を一定に保った直流分巻電動機は，回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方，送風機のトルクは，回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって，直流分巻電動機は，安定に送風機を駆動することができる。
- (4) かご形誘導電動機は，回転トルクが小さい時点から回転速度を上昇させるとともにトルクが増大，最大トルクを超えるとトルクが減少する。この電動機に回転速度でトルクが変化しない定トルク負荷を接続すると，電動機と負荷のトルク曲線が2点で交わる場合がある。この場合，加速時と減速時によって安定な動作点が変わる。
- (5) かご形誘導電動機は，最大トルクより高速な領域では回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方，送風機のトルクは，回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって，かご形誘導電動機は，安定に送風機を駆動することができる。

電動機トルクと負荷トルク

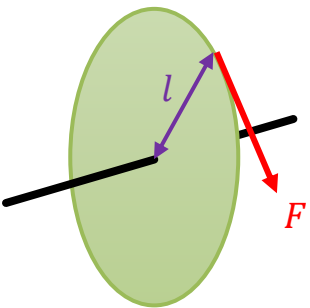


電動機トルク > 負荷トルク
→ 負荷が軽いため、回転速度が上昇する

電動機トルク < 負荷トルク
→ 負荷が重いため、回転速度が減少する
(始動時であれば、回転しない)

電動機トルク = 負荷トルク
→ 定速で回転する

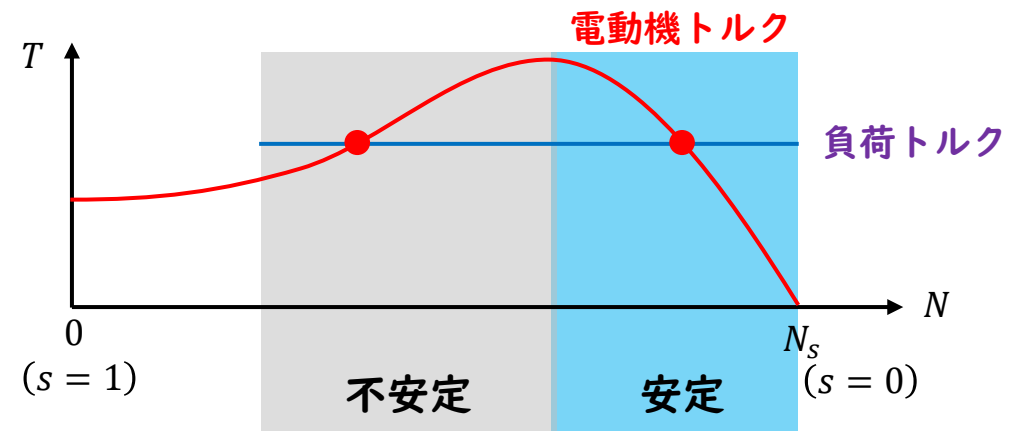
トルクとは『回転に必要な力』



$$T = F \cdot l \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

力と回転対象の回転軸から長さでトルク (回転に必要な力) が決まる

電動機トルク：回転子を回そうとする力
負荷トルク：回転時に電動機が感じる重さ
(電験三種では回転速度によらず一定)



回転速度が上がる
電動機トルク > 負荷トルクとなり
速度が上昇し続ける (暴走)

回転速度が上がる
電動機トルク < 負荷トルクとなり
速度が下がる (元に戻る)

回転速度が下がる
電動機トルク < 負荷トルクとなり
速度が減少し続ける (停止)

回転速度が下がる
電動機トルク > 負荷トルクとなり
速度が上がる (元に戻る)

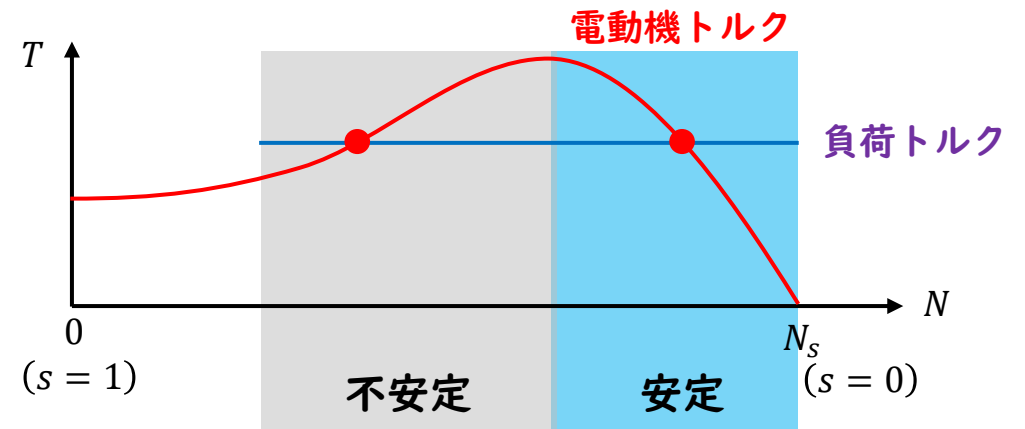
R05上 問7

- (1) 負荷トルクよりも電動機トルクが大きいと回転は加速し、反対に電動機トルクよりも負荷トルクが大きいと回転は減速する。回転速度一定の運転を続けるには、負荷と電動機のトルクが一致する安定な動作点が必要である。
- (2) 巻線形誘導電動機では、回転速度の上昇とともにトルクが減少するように、二次抵抗を大きくし、大きな始動トルクを発生させることができる。この電動機に回転速度の上昇とともにトルクが増える負荷を接続すると、両曲線の交点が安定な動作点となる。
- (3) 電源電圧を一定に保った直流分巻電動機は、回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方、送風機のトルクは、回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって、直流分巻電動機は、安定に送風機を駆動することができる。
- (4) 籠形誘導電動機は、回転トルクが小さい時点から回転速度を上昇させるとともにトルクが増大、最大トルクを超えるとトルクが減少する。この電動機に回転速度でトルクが変化しない定トルク負荷を接続すると、電動機と負荷のトルク曲線が2点で交わる場合がある。この場合、加速時と減速時によって安定な動作点が変わる。 **加速、減速で安定な動作点は変わらない**
- (5) 籠形誘導電動機は、最大トルクより高速な領域では回転速度の上昇とともにトルクが減少する。一方、送風機のトルクは、回転速度の上昇とともにトルクが増大する。したがって、籠形誘導電動機は、安定に送風機を駆動することができる。

電動機トルク > 負荷トルク
→負荷が軽いため、回転速度が上昇する

電動機トルク < 負荷トルク
→負荷が重いため、回転速度が減少する
(始動時であれば、回転しない)

電動機トルク = 負荷トルク
→定速で回転する



回転速度が上がる
電動機トルク > 負荷トルクとなり
速度が上昇し続ける (暴走)

回転速度が上がる
電動機トルク < 負荷トルクとなり
速度が下がる (元に戻る)

回転速度が下がる
電動機トルク < 負荷トルクとなり
速度が減少し続ける (停止)

回転速度が下がる
電動機トルク > 負荷トルクとなり
速度が上がる (元に戻る)

R05上 問8

問8 三相変圧器の並行運転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) 各変圧器の極性が一致していないと、大きな循環電流が流れて巻線の焼損を引き起こす。
- (2) 各変圧器の変圧比が一致していないと、負荷の有無にかかわらず循環電流が流れて巻線の過熱を引き起こす。
- (3) 一次側と二次側との誘導起電力の位相変位(角変位)が各変圧器で等しくないと、その程度によっては、大きな循環電流が流れて巻線の焼損を引き起こす。
したがって、 Δ -Y と Y-Y との並行運転はできるが、 Δ - Δ と Δ -Y との並行運転はできない。
- (4) 各変圧器の巻線抵抗と漏れリアクタンスとの比が等しくないと、各変圧器の二次側に流れる電流に位相差が生じ取り出せる電力は各変圧器の出力の和より小さくなり、出力に対する銅損の割合が大きくなって利用率が悪くなる。
- (5) 各変圧器の百分率インピーダンス降下が等しくないと、各変圧器が定格容量に応じた負荷を分担することができない。

R05上 問8

問8 三相変圧器の並行運転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) 各変圧器の極性が一致していないと、大きな循環電流が流れて巻線の焼損を引き起こす。
- (2) 各変圧器の変圧比が一致していないと、負荷の有無にかかわらず循環電流が流れて巻線の過熱を引き起こす。
- (3) 一次側と二次側との誘導起電力の位相変位(角変位)が各変圧器で等しくないと、その程度によっては、大きな循環電流が流れて巻線の焼損を引き起こす。
したがって、 Δ -Y と Y-Y との並行運転はできるが、 Δ - Δ と Δ -Y との並行運転はできない。
- (4) 各変圧器の巻線抵抗と漏れリアクタンスとの比が等しくないと、各変圧器の二次側に流れる電流に位相差が生じ取り出せる電力は各変圧器の出力の和より小さくなり、出力に対する銅損の割合が大きくなって利用率が悪くなる。
- (5) 各変圧器の百分率インピーダンス降下が等しくないと、各変圧器が定格容量に応じた負荷を分担することができない。

<変圧器の並列運転のポイント>

- ・極性が一致していること
- ・巻数比が等しく、一次及び二次の定格電圧が等しいこと
- ・内部の抵抗とリアクタンスの比が等しいこと
- ・三相の場合、相回転の方向および各変位が等しいこと

Y- Δ 結線は1次側に比べて2次側が 30° 遅れる
 Δ -Y結線は1次側に比べて2次側が 30° 進む

R05上 問9

問9 定格容量 $50 \text{ kV}\cdot\text{A}$ の単相変圧器において、力率 1 の負荷で全負荷運転したときに、銅損が 1000 W 、鉄損が 250 W となった。力率 1 を維持したまま負荷を調整し、最大効率となる条件で運転した。銅損と鉄損以外の損失は無視できるものとし、この最大効率となる条件での効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 95.2 (2) 96.0 (3) 97.6 (4) 98.0 (5) 99.0

R05上 問9

問9 定格容量 50 kV・A の単相変圧器において、力率 1 の負荷で全負荷運転したときに、銅損が 1000 W、鉄損が 250 W となった。力率 1 を維持したまま負荷を調整し、最大効率となる条件で運転した。銅損と鉄損以外の損失は無視できるものとし、この最大効率となる条件での効率の値[%]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 95.2 (2) 96.0 (3) 97.6 (4) 98.0 (5) 99.0

最大効率となる負荷率 α は

$$P_c = P_i \rightarrow \alpha^2 P_{cn} = P_i \rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{P_i}{P_{cn}}} = \sqrt{\frac{250}{1000}} = \frac{1}{2} = 0.5$$

最大効率は

$$\eta = \frac{\alpha P_o}{\alpha P_o + P_i + P_c} \times 100 = \frac{\alpha P_o}{\alpha P_o + 2P_i} \times 100 = \frac{0.5 \times 50000}{0.5 \times 50000 + 2 \times 250} \times 100$$

$$\eta = 98.0 \%$$

R05上 問10

問 10 パワー半導体スイッチングデバイスとしては近年、主に IGBT とパワー MOSFET が用いられている。通常動作における両者の特性を比較した記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) IGBT は、オンのゲート電圧が与えられなくても逆電圧が印加されれば逆方向の電流が流れる。
- (2) パワーMOSFET は電圧駆動形であり、ゲート・ソース間に正の電圧をかけることによりターンオンする。
- (3) パワーMOSFET はユニポーラデバイスであり、一般的にバイポーラ形の IGBT と比べてターンオン時間が短い一方、流せる電流は小さい。
- (4) IGBT はキャリアの蓄積作用のためターンオフ時にテイル電流が流れ、パワーMOSFET と比べてオフ時間が長くなる。
- (5) パワーMOSFET ではシリコンのかわりに SiC を用いることで、高耐圧化と高耐熱化が可能になる。

R05上 問10

問 10 パワー半導体スイッチングデバイスとしては近年、主に IGBT とパワー MOSFET が用いられている。通常動作における両者の特性を比較した記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

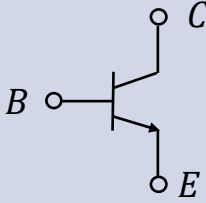
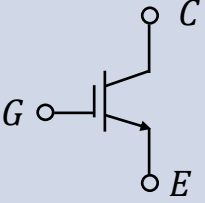
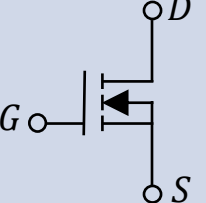
- (1) IGBT は、オンのゲート電圧が与えられなくても逆電圧が印加されれば逆方向の電流が流れる。
- (2) パワーMOSFET は電圧駆動形であり、ゲート・ソース間に正の電圧をかけることによりターンオンする。
- (3) パワーMOSFET はユニポーラデバイスであり、一般的にバイポーラ形の IGBT と比べてターンオン時間が短い一方、流せる電流は小さい。
- (4) IGBT はキャリアの蓄積作用のためターンオフ時にテイル電流が流れ、パワーMOSFET と比べてオフ時間が長くなる。
- (5) パワーMOSFET ではシリコンのかわりに SiC を用いることで、高耐圧化と高耐熱化が可能になる。

材料

Si (シリコン) : 一般に普及しているもの

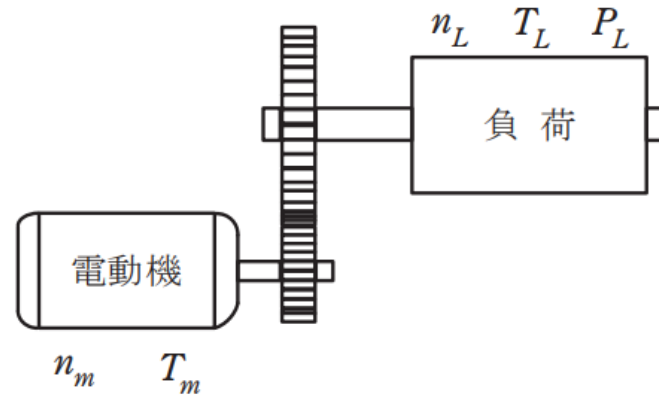
SiC : 高耐圧、低損失、大電力用途

GaN : 高速動作 (無線通信の送受信用途)

	バイポーラ トランジスタ	IGBT	MOSFET
シンボル			
制御方式	電流駆動	電圧駆動	電圧駆動
損失	$V_{CEsat}I_C$ 電流に比例	$V_{CEsat}I_C$ 電流に比例	$R_{on}I_{DS}^2$ 電流の二乗 に比例
入力 インピーダンス	—	高い	高い
動作帯域	低域	中域 ~ 20kHz	高域 ~ 100kHz, 1 MHz

R05上 問11

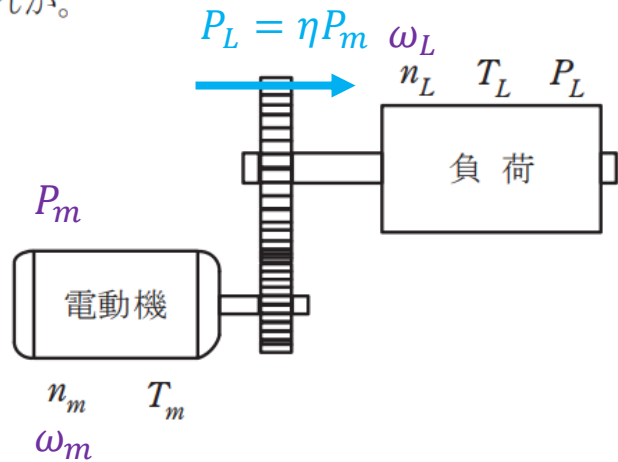
問 11 図に示すように、電動機が減速機と組み合わされて負荷を駆動している。このときの電動機の回転速度 n_m が 1150 min^{-1} 、トルク T_m が $100 \text{ N}\cdot\text{m}$ であった。減速機の減速比が 8、効率が 0.95 のとき、負荷の回転速度 n_L [min^{-1}]、軸トルク T_L [$\text{N}\cdot\text{m}$] 及び軸入力 P_L [kW] の値として、最も近いものを組み合わせたのは次のうちどれか。



	n_L [min^{-1}]	T_L [$\text{N}\cdot\text{m}$]	P_L [kW]
(1)	136.6	11.9	11.4
(2)	143.8	760	11.4
(3)	9200	760	6992
(4)	143.8	11.9	11.4
(5)	9200	11.9	6992

R05上 問11

問 11 図に示すように、電動機が減速機と組み合わされて負荷を駆動している。このときの電動機の回転速度 n_m が 1150 min^{-1} 、トルク T_m が $100 \text{ N}\cdot\text{m}$ であった。減速機の減速比が 8、効率が 0.95 のとき、負荷の回転速度 n_L [min^{-1}]、軸トルク T_L [$\text{N}\cdot\text{m}$] 及び軸入力 P_L [kW] の値として、最も近いものを組み合わせたのは次のうちどれか。



ギア比より

$$\frac{1}{8} = \frac{n_L}{n_m} \rightarrow n_L = \frac{1}{8} n_m = \frac{1}{8} \times 1150 = 143.75 \text{ min}^{-1}$$

$$P_L = \eta P_m \rightarrow \omega_L T_L = \eta \omega_m T_m \rightarrow 2\pi \frac{n_L}{60} T_L = \eta \times 2\pi \frac{n_m}{60} T_m$$

$$T_L = \eta \times \frac{n_m}{n_L} T_m = 0.95 \times 8 \times 100 = 760 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$P_L = 2\pi \frac{n_L}{60} T_L = 2\pi \times \frac{143.75}{60} \times 760 = 11435 = 11.4 \text{ kW}$$

	n_L [min^{-1}]	T_L [$\text{N}\cdot\text{m}$]	P_L [kW]
(1)	136.6	11.9	11.4
(2)	143.8	760	11.4
(3)	9200	760	6992
(4)	143.8	11.9	11.4
(5)	9200	11.9	6992

R05上 問12

問12 次の文章は、光の基本量に関する記述である。

光源の放射束のうち人の目に光として感じるエネルギーを光束といい単位には を用いる。

照度は、光を受ける面の明るさの程度を示し、1 とは被照射面積 1m^2 に光束1 が入射しているときの、その面の照度である。

光源の各方向に出ている光の強さを示すものが光度である。光度 I は、立体角 $\omega[\text{sr}]$ から出る光束を F とすると $I = \frac{F}{\omega}$ で示される。

物体の単位面積から発散する光束の大きさを光束発散度 M といい、ある面から発散する光束を F 、その面積を $A[\text{m}^2]$ とすると $M = \frac{F}{A}$ で示される。

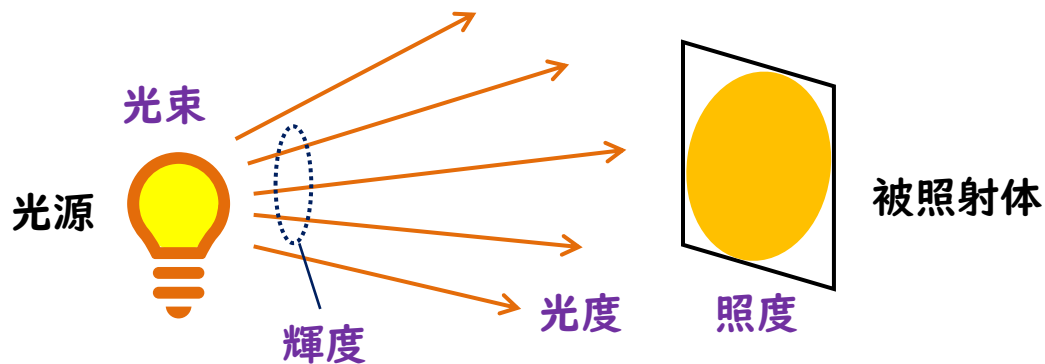
光源の発光面及び反射面の輝きの程度を示すのが輝度であり、単位には を用いる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	[lx]	[lm]	[cd]	[lx/m ²]	[lx/sr]
(2)	[lm]	[lx]	[lm/sr]	[lm/m ²]	[cd]
(3)	[lm]	[lx]	[cd]	[lm/m ²]	[cd/m ²]
(4)	[cd]	[lx]	[lm]	[cd/m ²]	[lm/m ²]
(5)	[cd]	[lm]	[cd/sr]	[cd/m ²]	[lx]

照明に関する必要な公式

物理量	量記号	単位	意味	公式 (点光源の場合)	対称
光束	F	lm (ルーメン)	ある面を通過する光の明るさ	$F = 4\pi I$	光源
光度	I	cd (カンデラ)	光束の単位立体角あたりの密度	$I = \frac{F}{\omega}$ ω : 立体角	光源
輝度	L	cd/m ²	見かけの面積当たりの光度	$L = \frac{I}{A}$ A : 見かけの面積	光源
照度	E	lx (ルクス)	単位面積あたりに入射する光束	$E = \frac{F}{S}$ S : 被照射体の面積	被照射体



距離の逆2乗の法則

$$E = \frac{I}{l^2} \text{ [lx]}$$

入射角余弦の法則

$$E = E' \cos \theta$$

E' : 法線照度

R05上 問12

問12 次の文章は、光の基本量に関する記述である。

光源の放射束のうち人の目に光として感じるエネルギーを光束といい単位には $\boxed{\text{lm}}$ を用いる。

照度は、光を受ける面の明るさの程度を示し、1 $\boxed{\text{lx}}$ とは被照射面積 1m^2 に光束1 $\boxed{\text{lm}}$ が入射しているときの、その面の照度である。

光源の各方向に出ている光の強さを示すものが光度である。光度 I $\boxed{\text{cd}}$ は、立体角 ω [sr] から出る光束を F $\boxed{\text{lm}}$ とすると $I = \frac{F}{\omega}$ で示される。

物体の単位面積から発散する光束の大きさを光束発散度 M $\boxed{\text{lm/m}^2}$ といい、ある面から発散する光束を F 、その面積を A [m^2] とすると $M = \frac{F}{A}$ で示される。

光源の発光面及び反射面の輝きの程度を示すのが輝度であり、単位には $\boxed{\text{cd/m}^2}$ を用いる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	[lx]	[lm]	[cd]	[lx/m ²]	[lx/sr]
(2)	[lm]	[lx]	[lm/sr]	[lm/m ²]	[cd]
(3)	[lm]	[lx]	[cd]	[lm/m ²]	[cd/m ²]
(4)	[cd]	[lx]	[lm]	[cd/m ²]	[lm/m ²]
(5)	[cd]	[lm]	[cd/sr]	[cd/m ²]	[lx]

R05上 問13

問 13 図 1 に示す R-L 回路において、端子 a, a' 間に単位階段状のステップ電圧 $v(t)$ [V] を加えたとき、抵抗 R [Ω] に流れる電流を $i(t)$ [A] とすると、 $i(t)$ は図 2 のようになった。この回路の R [Ω]、 L [H] の値及び入力を a, a' 間の電圧とし、出力を R [Ω] に流れる電流としたときの周波数伝達関数 $G(j\omega)$ の式として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

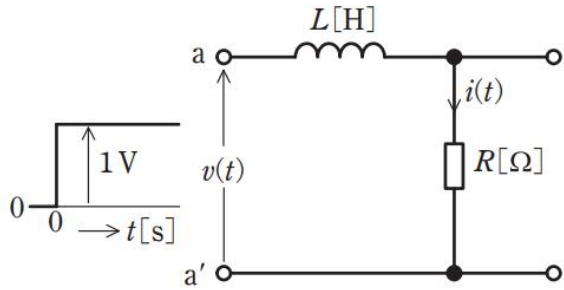


図1

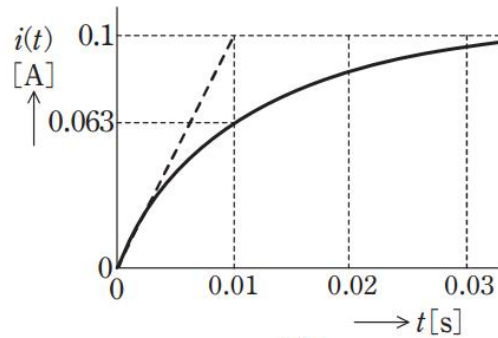
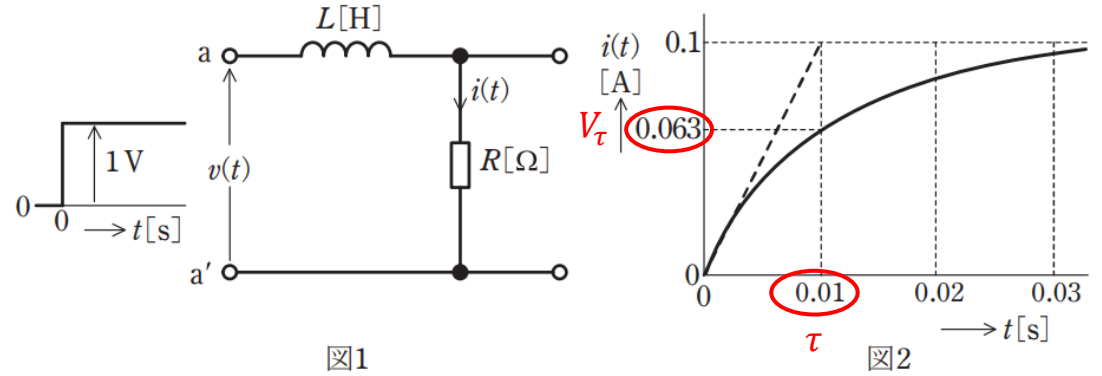


図2

	R [Ω]	L [H]	$G(j\omega)$
(1)	10	0.1	$\frac{0.1}{1 + j0.01\omega}$
(2)	10	1	$\frac{0.1}{1 + j0.1\omega}$
(3)	100	0.01	$\frac{1}{10 + j0.01\omega}$
(4)	10	0.1	$\frac{1}{10 + j0.01\omega}$
(5)	100	0.01	$\frac{1}{100 + j0.01\omega}$

R05上 問13

問 13 図 1 に示す R-L 回路において、端子 a, a' 間に単位階段状のステップ電圧 $v(t)$ [V] を加えたとき、抵抗 $R[\Omega]$ に流れる電流を $i(t)$ [A] とすると、 $i(t)$ は図 2 のようになった。この回路の $R[\Omega]$, $L[\text{H}]$ の値及び入力を a, a' 間の電圧とし、出力を $R[\Omega]$ に流れる電流としたときの周波数伝達関数 $G(j\omega)$ の式として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。



グラフから時定数 τ を読み取る

→ 波形の最大値 (最終値) I_{sat} の 0.63 倍になる時刻

$$I_{sat} = 0.1 \text{ A} \rightarrow I_{\tau} = 0.63 \times I_{sat} = 0.063 \text{ A}$$

$$\therefore \tau = 0.01 \text{ s}$$

LR 回路の時定数は $\tau = \frac{L}{R} = 0.01 \text{ s}$

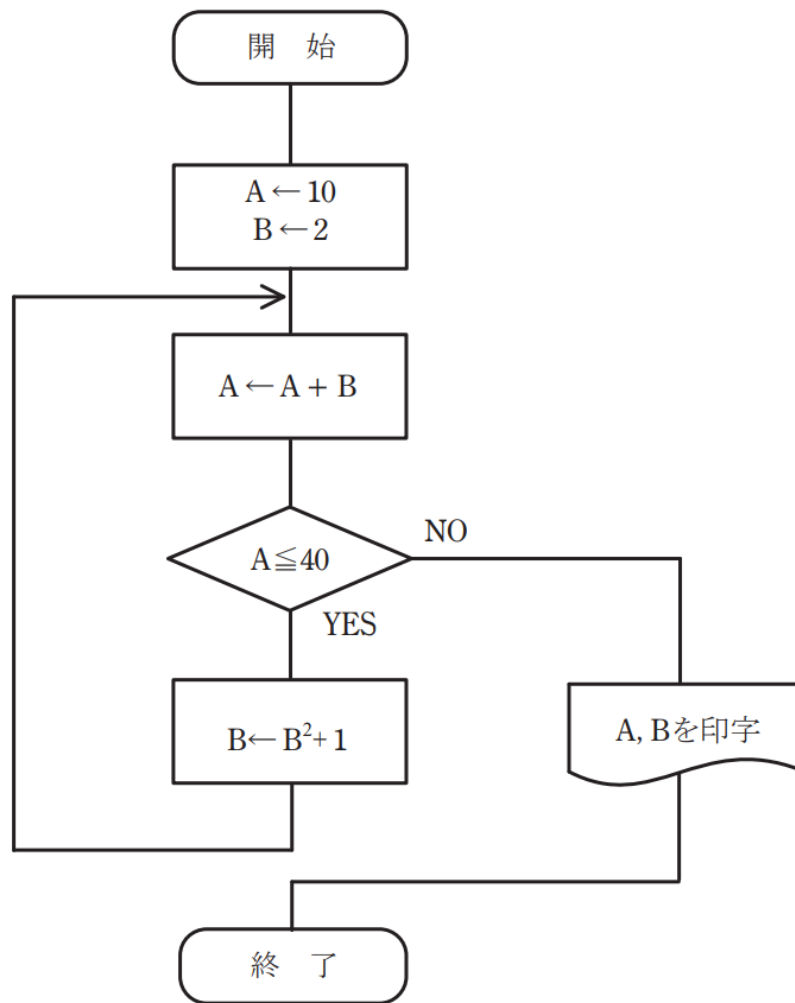
伝達関数 $G(j\omega)$ を求める

$$i = \frac{R}{R + j\omega L} v \rightarrow G(j\omega) = \frac{i}{v} = \frac{R}{R + j\omega L} = \frac{1}{1 + j\omega \frac{L}{R}} = \frac{1}{1 + j0.01\omega}$$

	$R [\Omega]$	$L [\text{H}]$	$G(j\omega)$
(1)	10	0.1	$\frac{0.1}{1 + j0.01\omega}$
(2)	10	1	$\frac{0.1}{1 + j0.1\omega}$
(3)	100	0.01	$\frac{1}{10 + j0.01\omega}$
(4)	10	0.1	$\frac{1}{10 + j0.01\omega}$
(5)	100	0.01	$\frac{1}{100 + j0.01\omega}$

R05上 問14

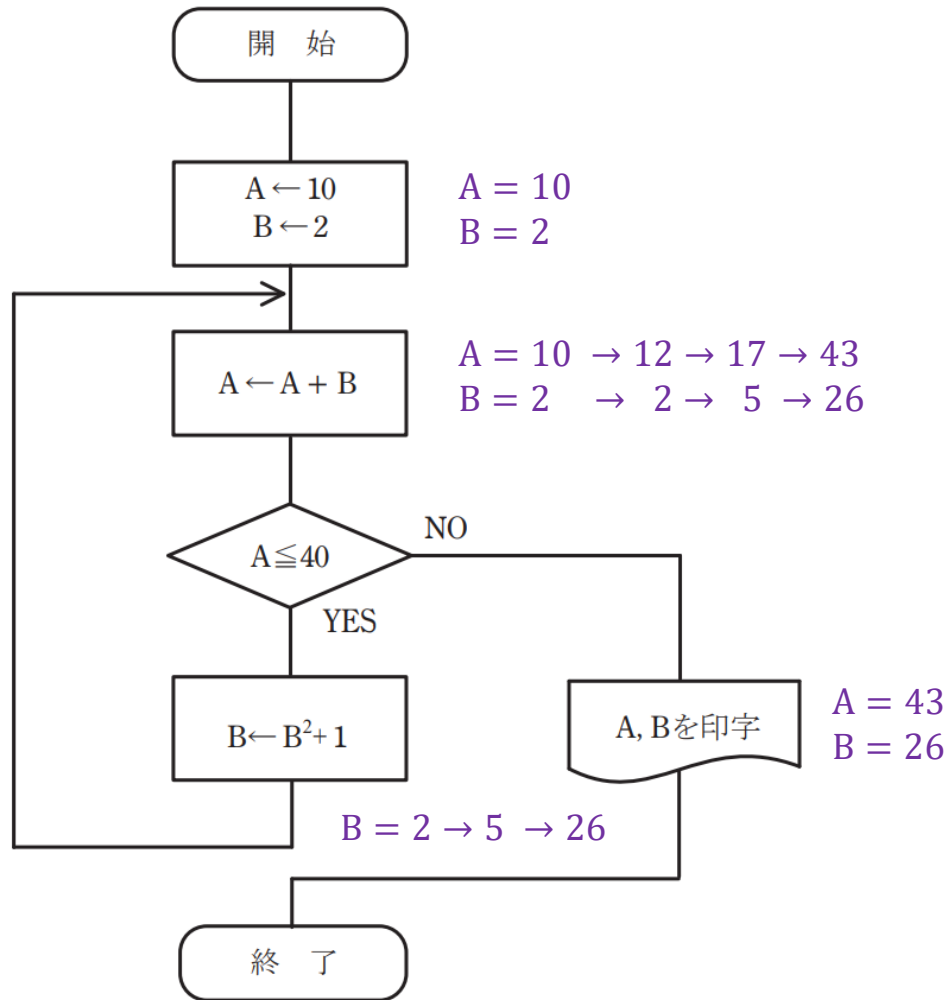
問14 次のフローチャートに従って作成したプログラムを実行したとき、印字されるA, Bの値として、正しい組合せを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



	A	B
(1)	43	288
(2)	43	677
(3)	43	26
(4)	720	26
(5)	720	677

R05上 問14

問14 次のフローチャートに従って作成したプログラムを実行したとき、印字されるA, Bの値として、正しい組合せを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



	A	B
(1)	43	288
(2)	43	677
(3)	43	26
(4)	720	26
(5)	720	677

R05上 問15

問 15 定格一次電圧 3 000 V，定格二次電圧が 3 300 V の単相単巻変圧器について，次の (a) 及び (b) の間に答えよ。なお，巻線のインピーダンス，鉄損は無視できるものとする。

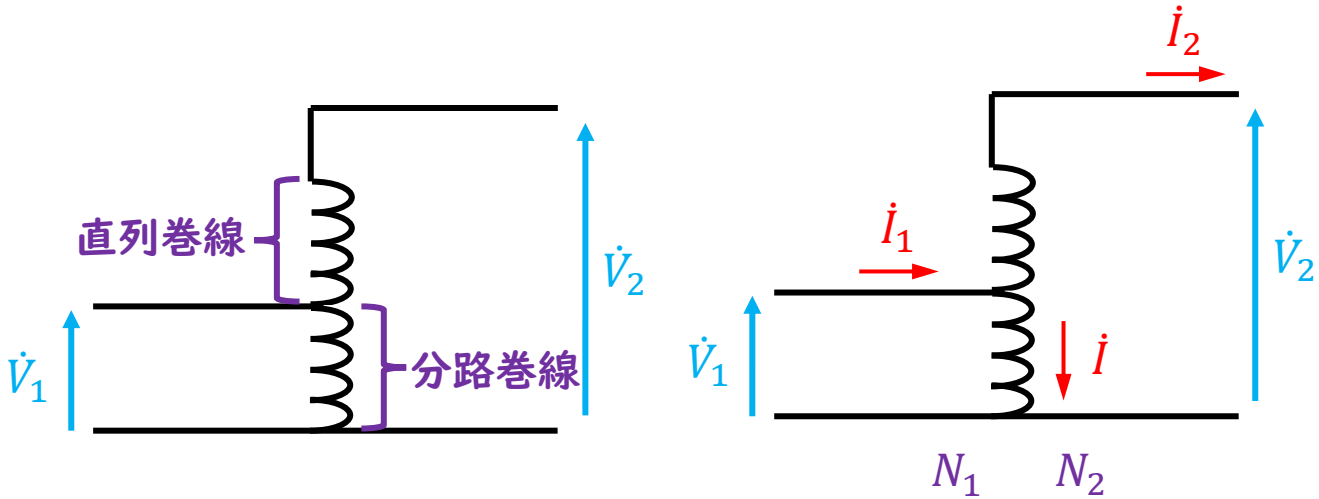
(a) この単相単巻変圧器の二次側に負荷を接続したところ，一次電圧は 3 000 V，一次電流は 100 A であった。この変圧器の直列巻線に流れる電流値 [A] として，最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 9.09 (2) 10.0 (3) 30.9 (4) 90.9 (5) 110

(b) この変圧器の自己容量 [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。

- (1) 15.8 (2) 27.3 (3) 30.0 (4) 47.3 (5) 81.9

単巻変圧器



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

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

$$I = I_1 - I_2$$

$$\text{直列巻線の容量} = (V_2 - V_1)I_2$$

$$\text{分路巻線の容量} = V_1 I = V_1(I_1 - I_2)$$

$$\text{自己容量} = \text{直列巻線の容量} = \text{分路巻線の容量}$$

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

$$\text{負荷容量} = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

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

R05上 問15

問15 定格一次電圧3000V、定格二次電圧が3300Vの単相単巻変圧器について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。なお、巻線のインピーダンス、鉄損は無視できるものとする。

(a) この単相単巻変圧器の二次側に負荷を接続したところ、一次電圧は3000V、一次電流は100Aであった。この変圧器の直列巻線に流れる電流値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

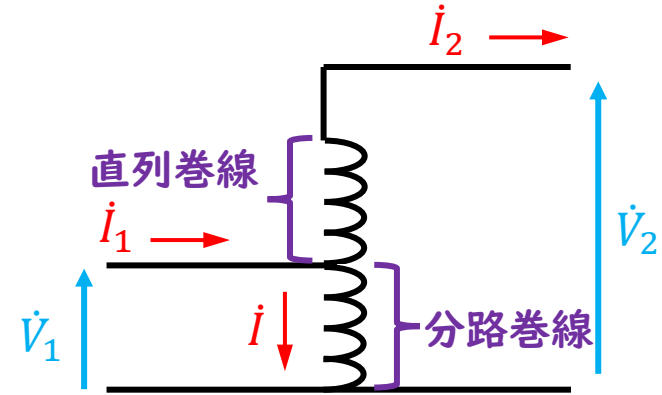
- (1) 9.09 (2) 10.0 (3) 30.9 (4) 90.9 (5) 110

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \rightarrow I_2 = \frac{V_1 I_1}{V_2} = \frac{3000 \times 100}{3300} = 90.9 \text{ A}$$

(b) この変圧器の自己容量[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。

- (1) 15.8 (2) 27.3 (3) 30.0 (4) 47.3 (5) 81.9

$$V_1 I = V_1 (I_1 - I_2) = 3000 \times (100 - 90.9) = 27273 \sim 27.3 \text{ kV} \cdot \text{A}$$



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

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

$$\text{負荷容量} = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

R05上 問16

問16 図1は、単相インバータで誘導性負荷に給電する基本回路を示す。負荷電流 i_o と直流電流 i_d は図示する矢印の向きを正の方向として、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

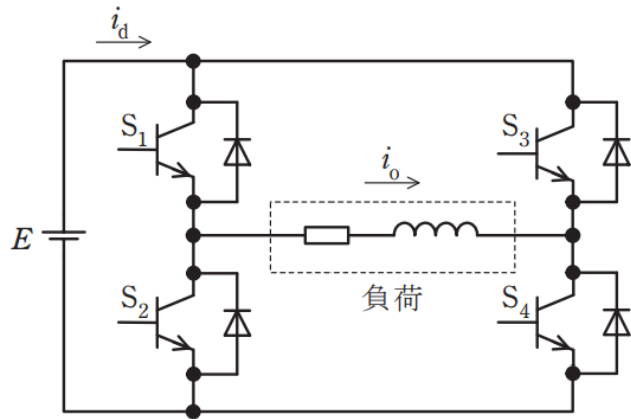


図 1

(a) 出力交流電圧の1周期に各パワートランジスタが1回オンオフする運転において、図2に示すように、パワートランジスタ $S_1 \sim S_4$ のオンオフ信号波形に対して、負荷電流 i_o の正しい波形が(ア)～(ウ)、直流電流 i_d の正しい波形が(エ)、(オ)のいずれかに示されている。その正しい波形の組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) (ア)と(エ) (2) (イ)と(エ) (3) (ウ)と(オ) (4) (ア)と(オ) (5) (イ)と(オ)

S_1, S_4 の
オンオフ信号
 S_2, S_3 の
オンオフ信号

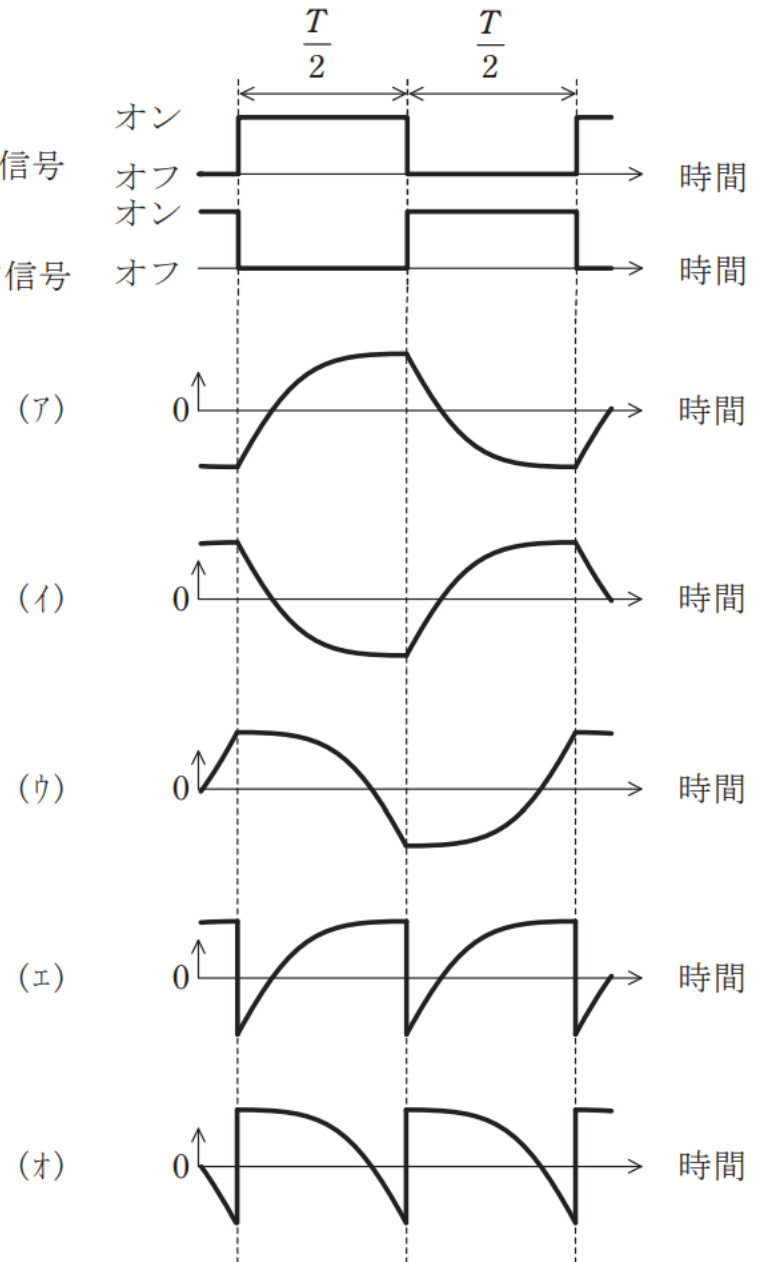


図 2

R05上 問16

(a) 出力交流電圧の1周期に各パワートランジスタが1回オンオフする運転において、図2に示すように、パワートランジスタ $S_1 \sim S_4$ のオンオフ信号波形に対して、負荷電流 i_o の正しい波形が(ア)～(ウ)、直流電流 i_d の正しい波形が(エ)、(オ)のいずれかに示されている。その正しい波形の組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

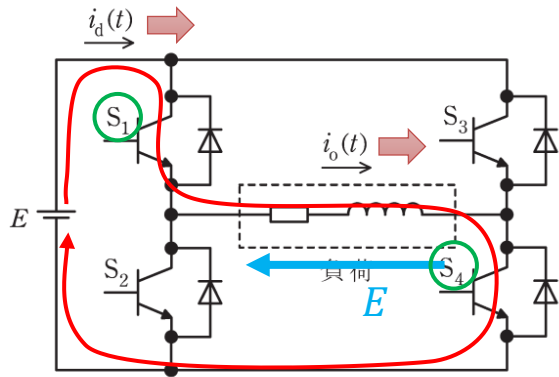


図1

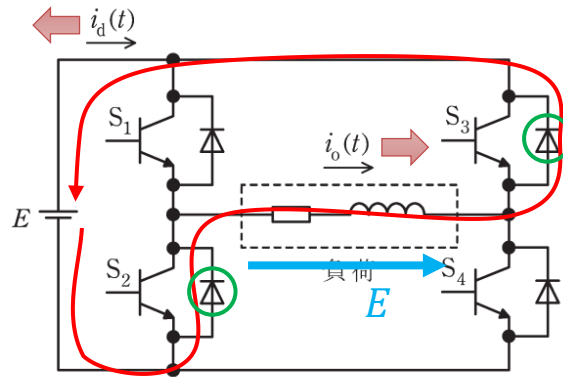


図1

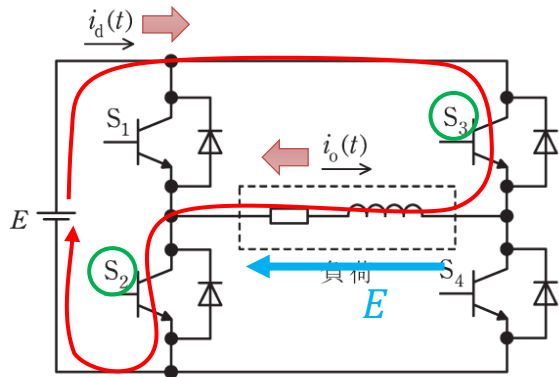


図1

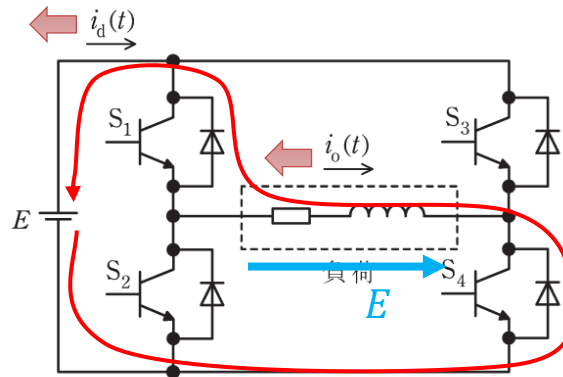
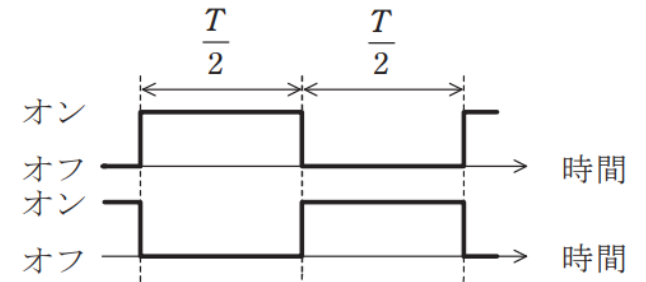
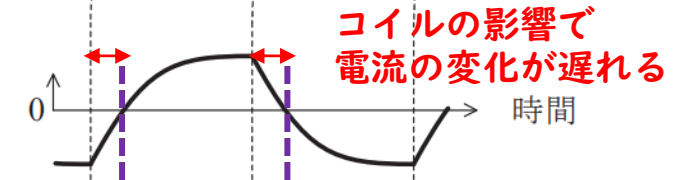


図1

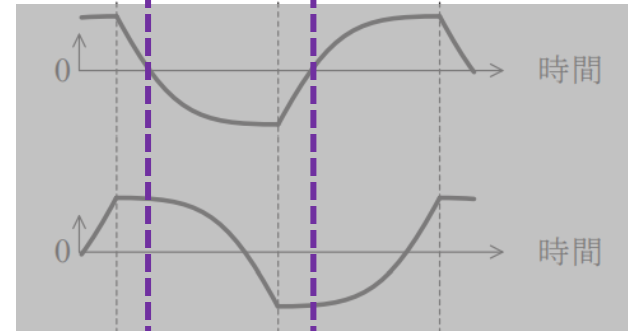
S_1, S_4 の
オンオフ信号
 S_2, S_3 の
オンオフ信号



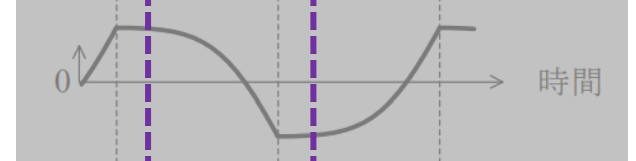
i_o (ア)



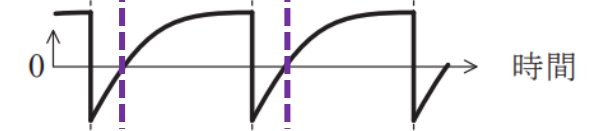
(イ)



(ウ)



i_d (エ)



(オ)

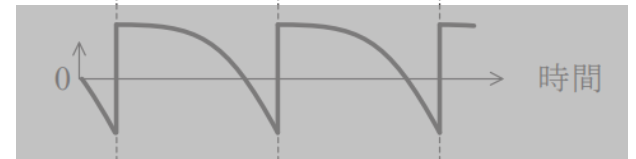


図2

- (1) (ア) と (エ) (2) (イ) と (エ) (3) (ウ) と (オ) (4) (ア) と (オ) (5) (イ) と (オ)

R05上 問16

問16 図1は、単相インバータで誘導性負荷に給電する基本回路を示す。負荷電流 i_o と直流電流 i_d は図示する矢印の向きを正の方向として、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

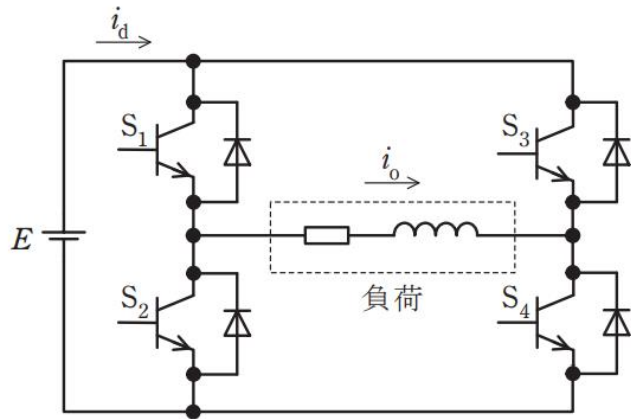
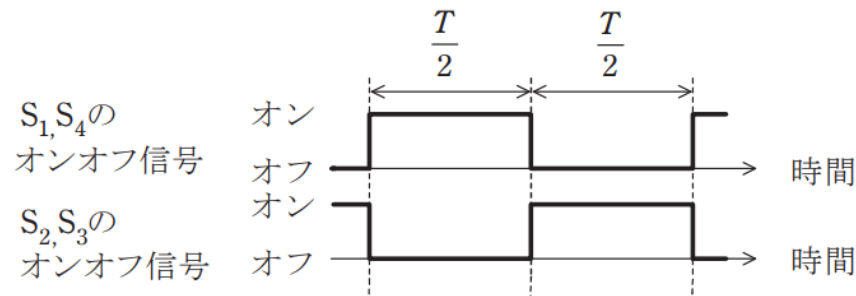


図 1



(b) 単相インバータの特徴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) 図1は電圧形インバータであり、直流電源 E の高周波インピーダンスが低いことが要求される。
- (2) 交流出力の調整は、 $S_1 \sim S_4$ に与えるオンオフ信号の幅 $\frac{T}{2}$ を短くすることによって交流周波数を高くすることができる。又は、 E の直流電圧を高くすることによって交流電圧を高くすることができる。
- (3) 図1に示されたパワートランジスタを、IGBT 又はパワーMOSFET に置換えてもインバータを実現できる。
- (4) ダイオードが接続されているのは負荷のインダクタンスに蓄えられたエネルギーを直流電源に戻すためであり、さらにダイオードが導通することによって得られる逆電圧でパワートランジスタを転流させている。
- (5) インダクタンスを含む負荷としては誘導電動機も駆動できる。運転中に負荷の力率が低くなると、電流がダイオードに流れる時間が長くなる。

R05上 問16

問 16 図 1 は、単相インバータで誘導性負荷に給電する基本回路を示す。負荷電流 i_o と直流電流 i_d は図示する矢印の向きを正の方向として、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

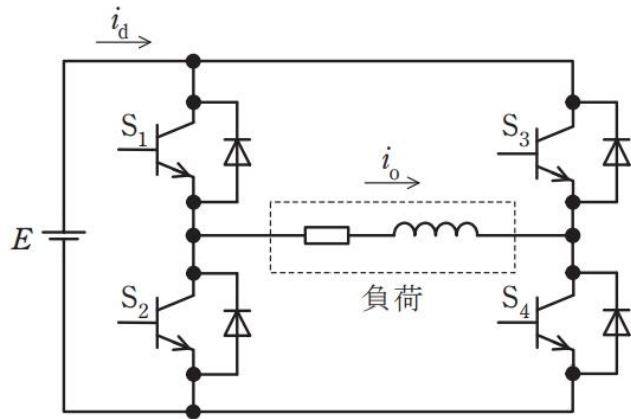
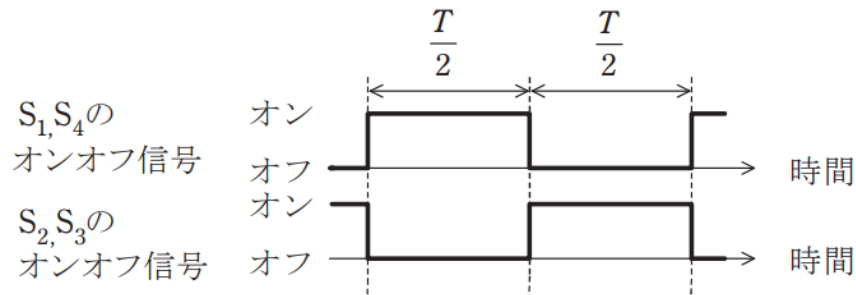


図 1

ゲート信号のON/OFFでトランジスタはOFFになる
 転流はダイオードとサイリスタ



(b) 単相インバータの特徴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) 図 1 は電圧形インバータであり、直流電源 E の高周波インピーダンスが低いことが要求される。
- (2) 交流出力の調整は、 $S_1 \sim S_4$ に与えるオンオフ信号の幅 $\frac{T}{2}$ を短くすることによって交流周波数を高くすることができる。又は、 E の直流電圧を高くすることによって交流電圧を高くすることができる。
- (3) 図 1 に示されたパワートランジスタを、IGBT 又はパワーMOSFET に置換えてもインバータを実現できる。
- (4) ダイオードが接続されているのは負荷のインダクタンスに蓄えられたエネルギーを直流電源に戻すためであり、さらにダイオードが導通することによって得られる逆電圧でパワートランジスタを転流させている。
- (5) インダクタンスを含む負荷としては誘導電動機も駆動できる。運転中に負荷の力率が低くなると、電流がダイオードに流れる時間が長くなる。

R05上 問17

問17 熱伝導について、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

断面積が 2 m^2 、厚さが 30 cm 、熱伝導率が $1.6\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の両表面間に温度差がある壁がある。ただし、熱流は厚さ方向のみの一次元とする。

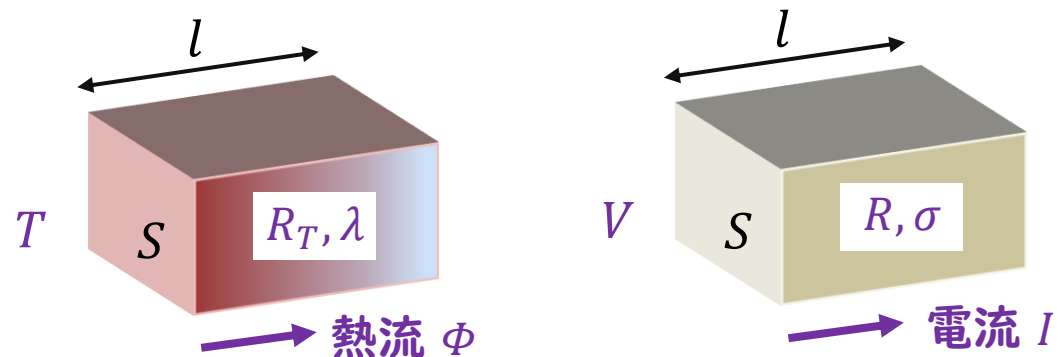
(a) この壁の厚さ方向の熱抵抗 R の値 $[\text{K}/\text{W}]$ に最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.0417 (2) 0.0938 (3) 0.267 (4) 2.67 (5) 4.17

(b) この壁の低温側の温度 t_2 が $20\text{ }^\circ\text{C}$ のとき、この壁の熱流 ϕ が 100 W であった。このとき、この壁の高温側の温度 t_1 の値 $[\text{ }^\circ\text{C}]$ に最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 21.0 (2) 22.1 (3) 24.2 (4) 29.4 (5) 46.7

熱回路と電気回路 まとめ



熱回路		電気回路	
物理量	単位	物理量	単位
温度差 T	K	電位差 V	V
熱流 ϕ	W	電流 I	A
熱抵抗 R_T	K/W	抵抗 R	Ω
熱容量 C	J/K	静電容量 C	F
熱量 Q	J	電荷量 Q	C
熱伝導率 λ	W/(m·K)	導電率 σ	S/m

熱回路	電気回路
$Q = CT$ $Q = cmT$	$Q = CV$
$T = R_T \Phi$	$V = RI$
$R_T = \frac{1}{\lambda} \frac{l}{S}$	$R = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S}$

R05上 問17

問17 熱伝導について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

断面積が 2 m^2 、厚さが 30 cm 、熱伝導率が $1.6\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の両表面間に温度差がある壁がある。ただし、熱流は厚さ方向のみの一次元とする。

(a) この壁の厚さ方向の熱抵抗 R の値 $[\text{K}/\text{W}]$ に最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

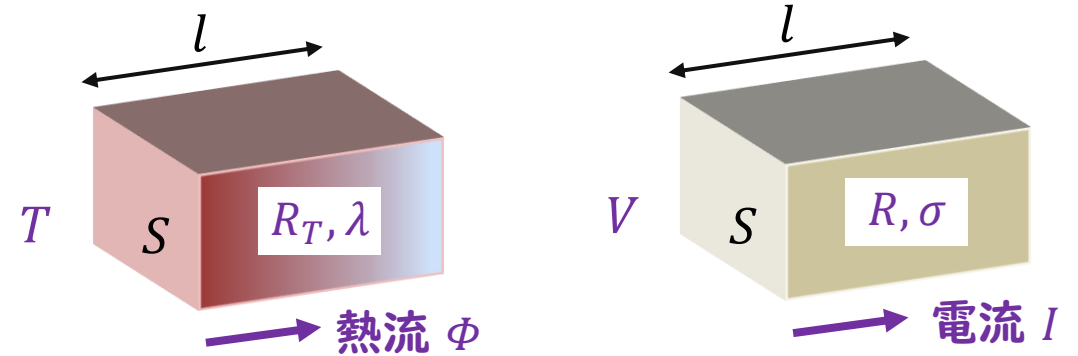
- (1) 0.0417 (2) 0.0938 (3) 0.267 (4) 2.67 (5) 4.17

$$R = \frac{l}{\lambda S} = \frac{0.3}{1.6 \times 2} = 0.09375\text{ K/W}$$

(b) この壁の低温側の温度 t_2 が $20\text{ }^\circ\text{C}$ のとき、この壁の熱流 Φ が 100 W であった。このとき、この壁の高温側の温度 t_1 の値 $[\text{ }^\circ\text{C}]$ に最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 21.0 (2) 22.1 (3) 24.2 (4) 29.4 (5) 46.7

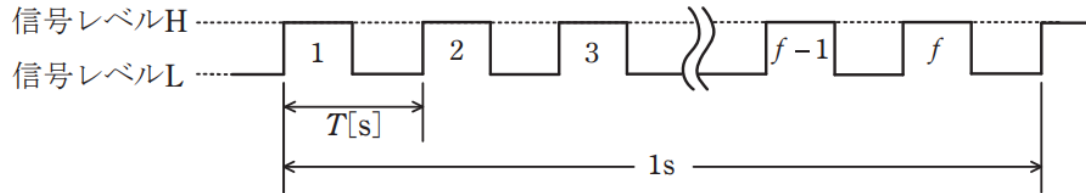
$$t_1 - t_2 = R\Phi \rightarrow t_1 = t_2 + R\Phi = 20 + 0.09375 \times 100 = 29.375\text{ }^\circ\text{C}$$



熱回路		電気回路	
物理量	単位	物理量	単位
温度差 T	K	電位差 V	V
熱流 Φ	W	電流 I	A
熱抵抗 R_T	K/W	抵抗 R	Ω
熱容量 C	J/K	静電容量 C	F
熱量 Q	J	電荷量 Q	C
熱伝導率 λ	W/(m·K)	導電率 σ	S/m

R05上 問18

問18 図は、マイクロプロセッサの動作クロックを示す。マイクロプロセッサは動作クロックと呼ばれるパルス信号に同期して処理を行う。また、マイクロプロセッサが1命令あたりに使用する平均クロック数をCPIと呼ぶ。1クロックの周期 $T[s]$ をサイクルタイム、1秒当たりの動作クロック数 f を動作周波数と呼ぶ。



次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 2.5 GHz の動作クロックを使用するマイクロプロセッサのサイクルタイムの値[ns]として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

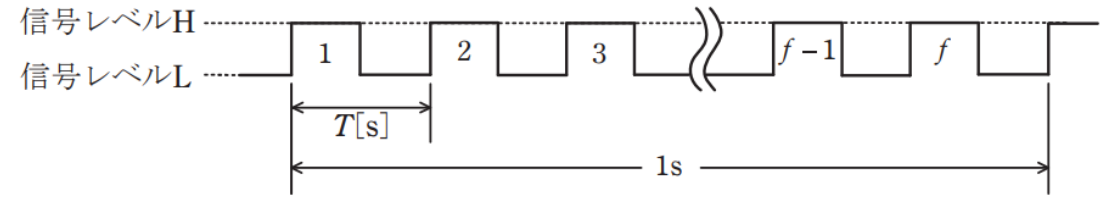
- (1) 0.000 4 (2) 0.25 (3) 0.4 (4) 250 (5) 400

(b) CPI=4 のマイクロプロセッサにおいて、1命令当たりの平均実行時間が 0.02 μs であった。このマイクロプロセッサの動作周波数の値[MHz]として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.012 5 (2) 0.2 (3) 12.5 (4) 200 (5) 12 500

R05上 問18

問18 図は、マイクロプロセッサの動作クロックを示す。マイクロプロセッサは動作クロックと呼ばれるパルス信号に同期して処理を行う。また、マイクロプロセッサが1命令あたりに使用する平均クロック数をCPIと呼ぶ。1クロックの周期 $T[s]$ をサイクルタイム、1秒当たりの動作クロック数 f を動作周波数と呼ぶ。



(a) 2.5 GHz の動作クロックを使用するマイクロプロセッサのサイクルタイムの値[ns]として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.0004 (2) 0.25 (3) 0.4 (4) 250 (5) 400

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2.5 \times 10^9} = \frac{1}{2.5} \times 10^{-9} = 0.4 \times 10^{-9} \\ = 0.4 \text{ ns}$$

(b) CPI=4 のマイクロプロセッサにおいて、1命令当たりの平均実行時間が0.02 μs であった。このマイクロプロセッサの動作周波数の値[MHz]として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.0125 (2) 0.2 (3) 12.5 (4) 200 (5) 12500

1命令に必要な時間 T_{op}

$$T_{op} = 4T' = 0.02 \mu\text{s} \rightarrow T' = \frac{0.02}{4} = 0.005 \mu\text{s} = 5 \text{ ns}$$

$$f' = \frac{1}{5 \text{ ns}} = \frac{1}{5 \times 10^{-9}} = \frac{1}{5} \times 10^9 = 200 \times 10^6 = 200 \text{ MHz}$$

ご聴講ありがとうございました
ございました!!