

電験三種 オンライン講座

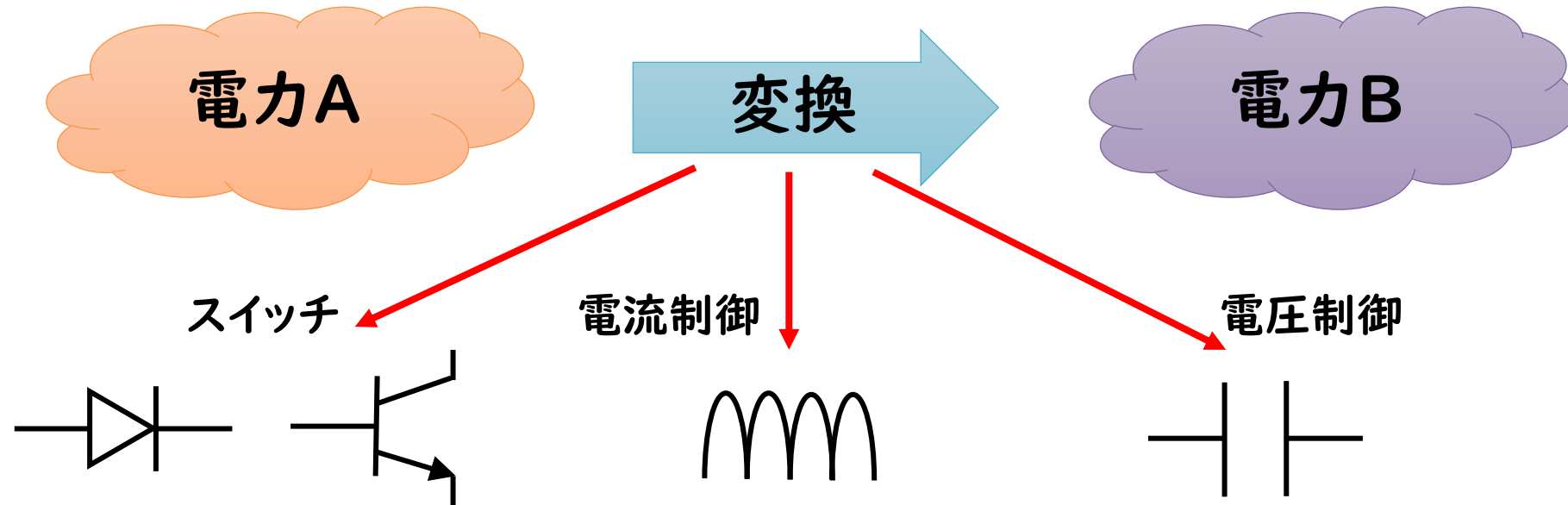
機械 過去問解説(6) パワエレ

パワーエレとは

パワーエレクトロニクス

電力用半導体スイッチング素子を利用して電力の変換や制御とそれらの応用を取り扱う技術分野

ダイオード、トランジスタなど → “スイッチ”として使用する

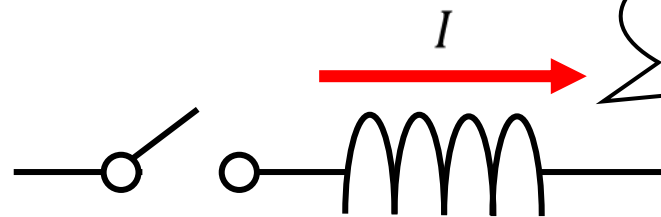
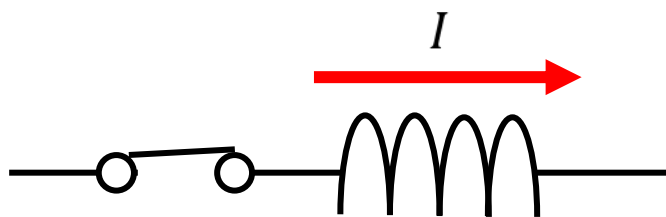


パワエレの分類

		出力	
		直流 (DC)	交流 (AC)
入力	直流 (DC)	コンバータ ・ 降圧チョッパ ・ 昇圧チョッパ ・ 昇降圧チョッパ	インバータ ・ 太陽光発電用電力変換器 ・ 単相インバータ ・ 三相インバータ
	交流 (AC)	コンバータ ・ 半波整流回路 ・ 全波整流回路	インバータ ・ 三相サイリスタ変換装置 ・ サイクロコンバータ ・ 無効電力補償装置 (SVC)

パワエレの勘所

1. 電流の流れを意識する（電圧に惑わされないこと）
2. コイルの役割を意識する（コイルは電流を維持する）



スイッチが開いても
電流は流れ続ける

3. 過渡応答を意識する

直流回路や交流回路の考え方とパワエレの回路の動きは全く別物

H2I 問16

図1は、IGBTを用いた单相ブリッジ接続の電圧型インバータを示す。直流電圧 E_d は、一定値とみなせる。出力端子には、インダクタンス L で抵抗値 R の誘導性負荷が接続されている。

図2は、このインバータの動作波形である。時刻 $t = 0$ でIGBT Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオフにするとともに Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオンにすると、出力電圧 v_a は E_d となる。 $t = T/2$ で Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするとともに Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにすると、 v_a は $-E_d$ となる。これを周期 T で繰り返して方形波電圧を出力する。

出力電流 i_a は、 $t = 0$ で $-I_p$ になっているものとする。負荷の時定数は $\tau = L/R$ である。 $t = 0 \sim T/2$ では、時間の関数 $i_a(t)$ は次式となる。

$$i_a(t) = -I_p e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E_d}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

定常的に動作しているときには、周期条件から $t = T/2$ で出力電流は I_p となり、次式が成り立つ。

$$i_a\left(\frac{T}{2}\right) = -I_p e^{-\frac{T}{2\tau}} + \frac{E_d}{R} \left(1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}\right) = I_p$$

このとき、次の(a)及び(b)に答えよ。
ただし、バルブデバイス (IGBT及びダイオード) での電圧降下は無視するものとする

(a) 時刻 $t = T/2$ の直前では Q_1 および Q_2 がオンしており、出力電流は直流電源から $Q_1 \rightarrow$ 負荷 $\rightarrow Q_2$ の経路で流れている。 $t = T/2$ でIGBT Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするとともに Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにした。その直後 (図2で、 $t = T/2$ から、出力電流が0 Aになるまでの期間)、出力電流が流れるバルブデバイスとして、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

- (1) Q_1, Q_2 (2) Q_3, Q_4 (3) D_1, D_2 (4) D_3, D_4 (5) Q_3, Q_4, D_1, D_2

(b) $E_d = 200 \text{ V}$ 、 $L = 10 \text{ mH}$ 、 $R = 2.0 \Omega$ 、 $T = 10 \text{ ms}$ としたとき、 I_p の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、 $e = 2.718$ とする。

- (1) 32 (2) 46 (3) 63 (4) 76 (5) 92

図1

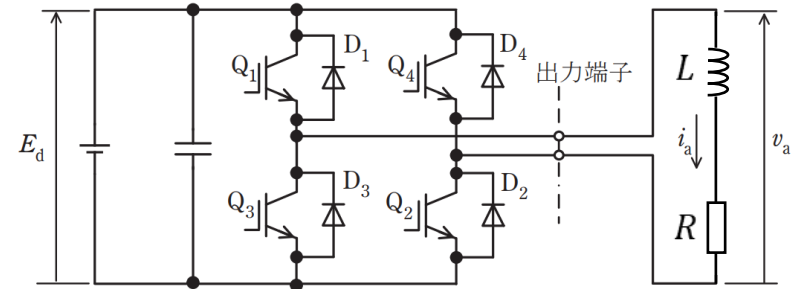
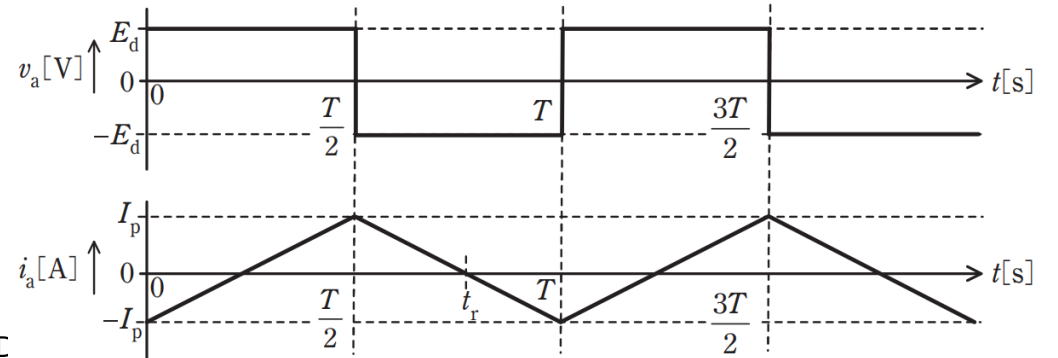


図2



導出のポイント

(a) 時刻 $t = T/2$ の直前では Q_1 および Q_2 がオンしており、出力電流は直流電源から $Q_1 \rightarrow$ 負荷 $\rightarrow Q_2$ の経路で流れている。 $t = T/2$ で IGBT Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするとともに Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにした。その直後 (図2で、 $t = T/2$ から、出力電流が 0A になるまでの期間)、出力電流が流れるバルブデバイスとして、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

- (1) Q_1, Q_2 (2) Q_3, Q_4 (3) D_1, D_2 (4) D_3, D_4 (5) Q_3, Q_4, D_1, D_2

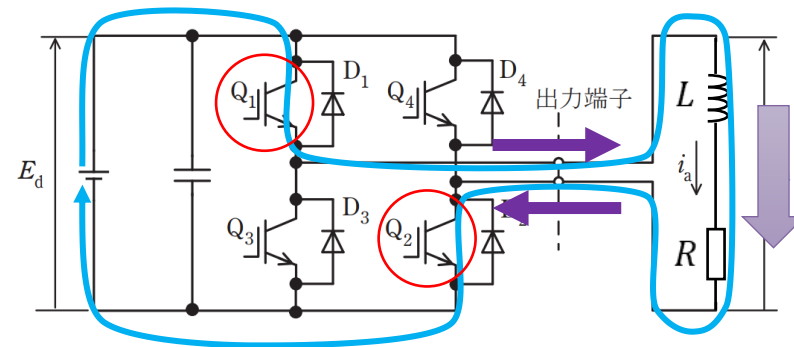
コイルは一度電流が流れると、その電流を維持しようとする。
電流を維持するために、自分で電圧を発生する (誘導起電力)。

その電圧をコイルに蓄えられたエネルギー ($W = \frac{1}{2}LI^2$) で賄うため、
エネルギーが減少していくにつれて、電圧は小さくなり、電流も減少していく。

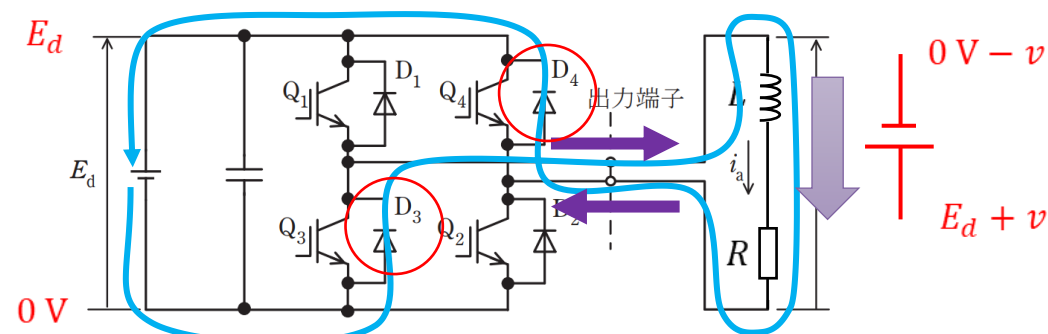
時刻Aから時刻Bで電流の流れを維持するためコイルが誘導起電力を発生し、負荷 $\rightarrow D_4 \rightarrow$ 電源 $E_d \rightarrow D_3$ という経路電流が流れる。

コイルは電源の電圧 E_d よりも少し大きい電圧を出力することで、電流を維持している。

時刻A



時刻B



時刻A 時刻B

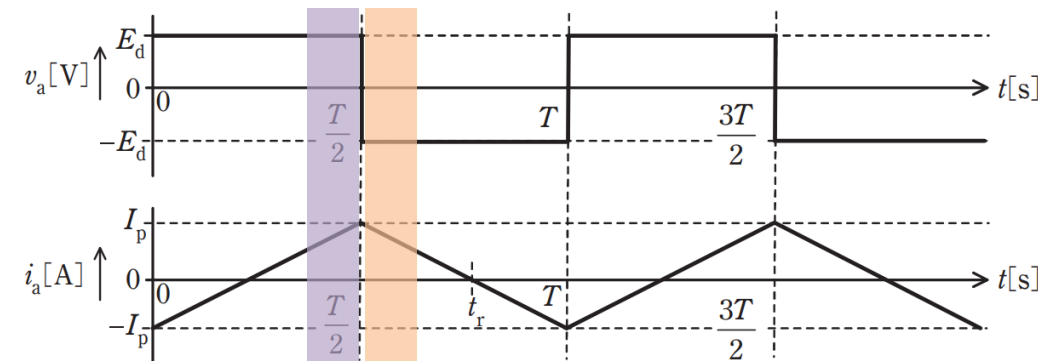


図2

導出のポイント

図1は、IGBTを用いた単相ブリッジ接続の電圧型インバータを示す。直流電圧 E_d は、一定値とみなせる。出力端子には、インダクタンス L で抵抗値 R の誘導性負荷が接続されている。

図2は、このインバータの動作波形である。時刻 $t = 0$ でIGBT Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオフにするとともに Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオンにすると、出力電圧 v_a は E_d となる。 $t = T/2$ で Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするとともに Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにすると、 v_a は $-E_d$ となる。これを周期 T で繰り返して方形波電圧を出力する。

出力電流 i_a は、 $t = 0$ で $-I_p$ になっているものとする。負荷の時定数は $\tau = L/R$ である。 $t = 0 \sim T/2$ では、時間の関数 $i_a(t)$ は次式となる。

$$i_a(t) = -I_p e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E_d}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

定常的に動作しているときには、周期条件から $t = T/2$ で出力電流は I_p となり、次式が成り立つ。

$$i_a\left(\frac{T}{2}\right) = -I_p e^{-\frac{T}{2\tau}} + \frac{E_d}{R} \left(1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}\right) = I_p$$

このとき、次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、バルブデバイス (IGBT及びダイオード) での電圧降下は無視するものとする

(b) $E_d = 200 \text{ V}$ 、 $L = 10 \text{ mH}$ 、 $R = 2.0 \Omega$ 、 $T = 10 \text{ ms}$ としたとき、 I_p の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、 $e = 2.718$ とする。

- (1) 32 (2) 46 (3) 63 (4) 76 (5) 92

時定数を求める

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{10 \times 10^{-3}}{2} = 5 \times 10^{-3} = 5 \text{ ms}$$

電流 I_p の値を求める

$$\begin{aligned} I_p &= -I_p e^{-\frac{T}{2\tau}} + \frac{E_d}{R} \left(1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}\right) \\ &= -I_p e^{-\frac{10 \text{ m}}{2 \times 5 \text{ m}}} + \frac{200}{2} \left(1 - e^{-\frac{10 \text{ m}}{2 \times 5 \text{ m}}}\right) = -I_p e^{-1} + 100 \times (1 - e^{-1}) \\ &= -I_p \times \frac{1}{e} + 100 \times \left(1 - \frac{1}{e}\right) \end{aligned}$$

$$I_p + I_p \times \frac{1}{e} = 100 \times \left(1 - \frac{1}{e}\right) \rightarrow I_p \times \left(1 + \frac{1}{e}\right) = 100 \times \left(1 - \frac{1}{e}\right)$$

$$I_p = 100 \times \frac{1 - \frac{1}{e}}{1 + \frac{1}{e}} = 100 \times \frac{e - 1}{e + 1} = 100 \times \frac{2.718 - 1}{2.718 + 1} = 46.2 \text{ A}$$

H2I 問16

図1は、IGBTを用いた单相ブリッジ接続の電圧型インバータを示す。直流電圧 E_d は、一定値とみなせる。出力端子には、インダクタンス L で抵抗値 R の誘導性負荷が接続されている。

図2は、このインバータの動作波形である。時刻 $t = 0$ でIGBT Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオフにするとともに Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオンにすると、出力電圧 v_a は E_d となる。 $t = T/2$ で Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするとともに Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにすると、 v_a は $-E_d$ となる。これを周期 T で繰り返して方形波電圧を出力する。

出力電流 i_a は、 $t = 0$ で $-I_p$ になっているものとする。負荷の時定数は $\tau = L/R$ である。 $t = 0 \sim T/2$ では、時間の関数 $i_a(t)$ は次式となる。

$$i_a(t) = -I_p e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E_d}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

定常的に動作しているときには、周期条件から $t = T/2$ で出力電流は I_p となり、次式が成り立つ。

$$i_a\left(\frac{T}{2}\right) = -I_p e^{-\frac{T}{2\tau}} + \frac{E_d}{R} \left(1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}\right) = I_p$$

このとき、次の(a)及び(b)に答えよ。
ただし、バルブデバイス (IGBT及びダイオード) での電圧降下は無視するものとする

(a) 時刻 $t = T/2$ の直前では Q_1 および Q_2 がオンしており、出力電流は直流電源から $Q_1 \rightarrow$ 負荷 $\rightarrow Q_2$ の経路で流れている。 $t = T/2$ でIGBT Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするとともに Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにした。その直後 (図2で、 $t = T/2$ から、出力電流が0 Aになるまでの期間)、出力電流が流れるバルブデバイスとして、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

- (1) Q_1, Q_2 (2) Q_3, Q_4 (3) D_1, D_2 (4) D_3, D_4 (5) Q_3, Q_4, D_1, D_2

(b) $E_d = 200 \text{ V}$ 、 $L = 10 \text{ mH}$ 、 $R = 2.0 \Omega$ 、 $T = 10 \text{ ms}$ としたとき、 I_p の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、 $e = 2.718$ とする。

- (1) 32 (2) 46 (3) 63 (4) 76 (5) 92

図1

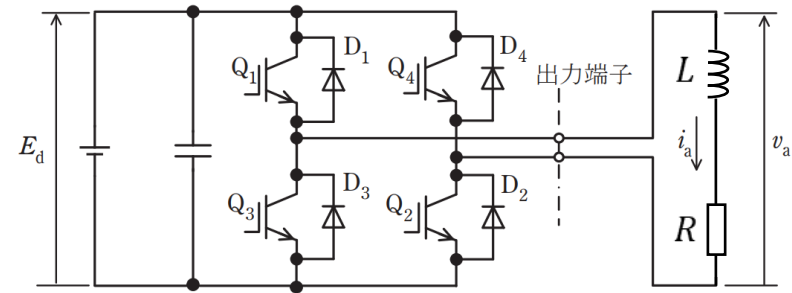
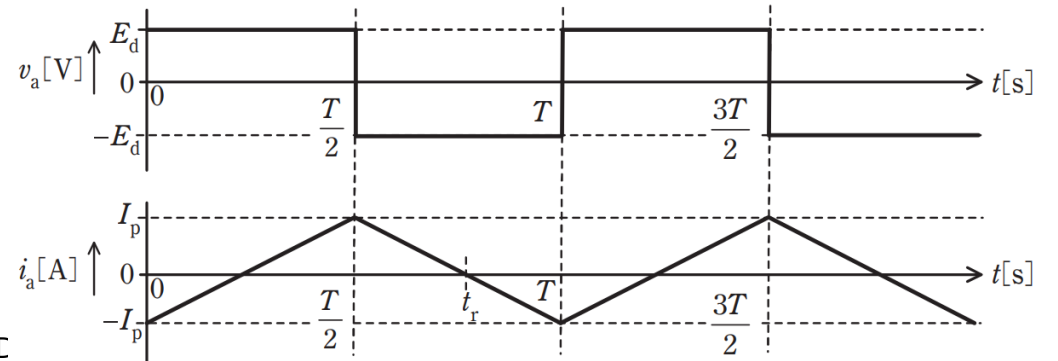


図2



H14 問6

図1は誘導性負荷が接続されたトランジスタインバータの基本回路である。この回路を構成するバルブデバイスは、トランジスタ Tr_1, Tr_2, Tr_3 及び Tr_4 とダイオード D_1, D_2, D_3 及び D_4 である。図2は、この回路が方形波インバータとして定常動作をしているときの図1中の出力電圧 v 及び負荷電流 i の波形を示す。

下表は、図2の t_0 、 t_1 、 t_2 及び t_3 の各期間にベース電流が与えられているトランジスタと通電状態になるバルブデバイスの関係を示したものである。

バルブデバイスの状態	t_0	t_1	t_2	t_3
ベース電流が与えられているトランジスタ	Tr_1, Tr_4		Tr_2, Tr_3	
通電状態にあるバルブデバイス	(ア)	Tr_1, Tr_4	(イ)	Tr_2, Tr_3

上記の記述中の空白箇所(ア)および(イ)に記入するバルブデバイスとして、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

- | | | |
|-----|--------------|--------------|
| | (ア) | (イ) |
| (1) | D_1, D_4 | D_2, D_3 |
| (2) | D_2, D_3 | D_1, D_4 |
| (3) | Tr_1, D_4 | Tr_2, D_3 |
| (4) | Tr_1, D_1 | Tr_2, D_2 |
| (5) | Tr_1, Tr_4 | Tr_2, Tr_3 |

図1

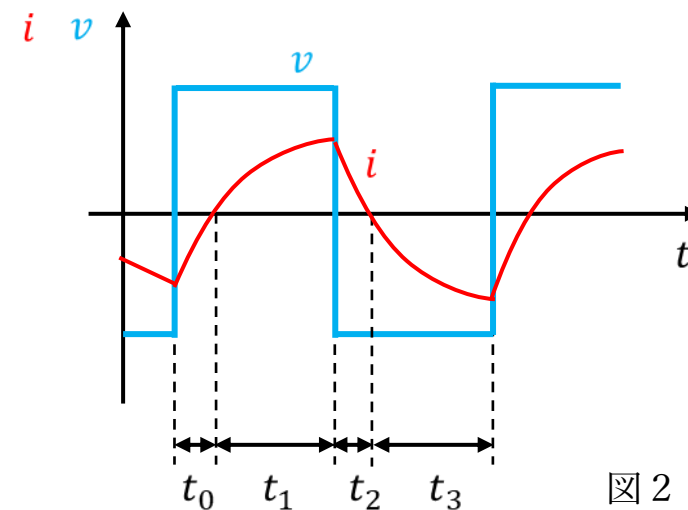
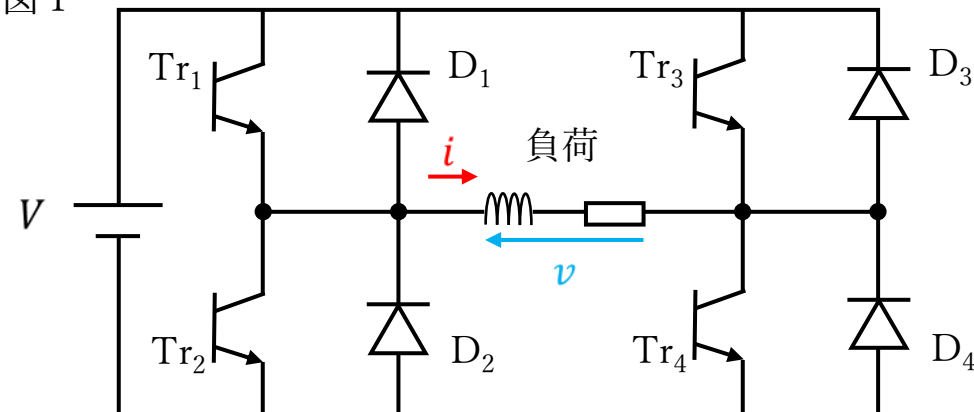
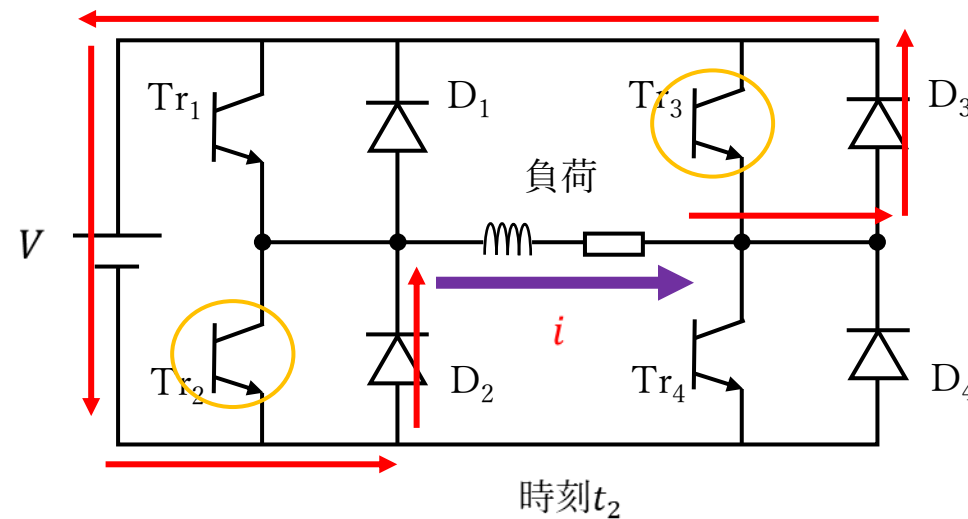
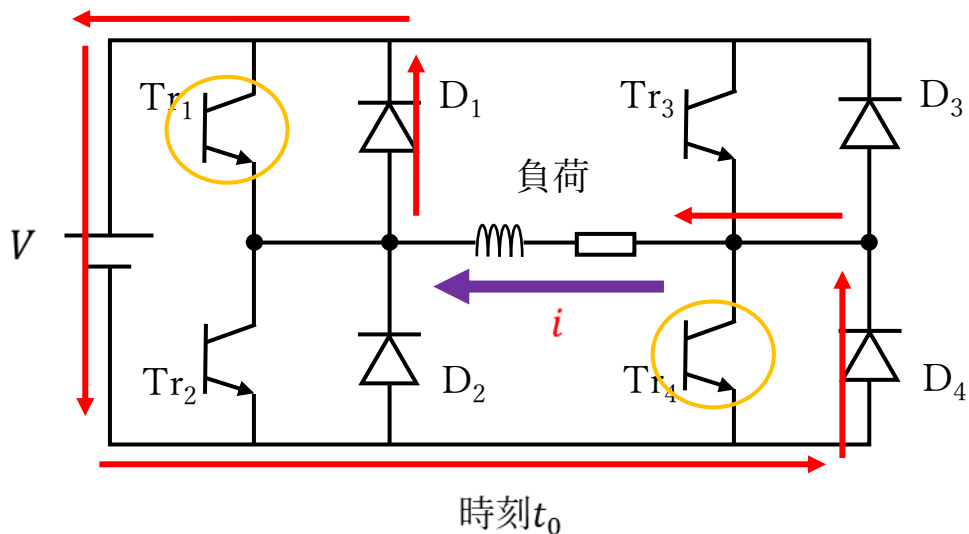
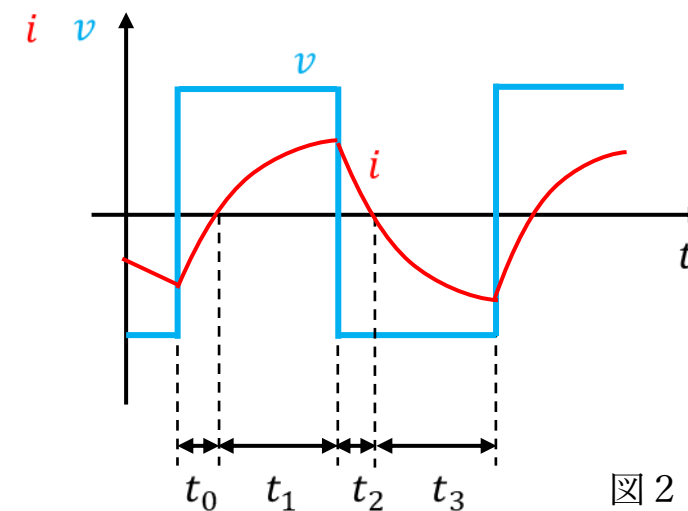


図2

導出のポイント



バルブデバイスの状態	t_0	t_1	t_2	t_3
ベース電流が与えられている トランジスタ	Tr ₁ 、Tr ₄		Tr ₂ 、Tr ₃	
通電状態にあるバルブデバイス	(ア)	Tr ₁ 、Tr ₄	(イ)	Tr ₂ 、Tr ₃



H14 問6

図1は誘導性負荷が接続されたトランジスタインバータの基本回路である。この回路を構成するバルブデバイスは、トランジスタ Tr_1, Tr_2, Tr_3 及び Tr_4 とダイオード D_1, D_2, D_3 及び D_4 である。図2は、この回路が方形波インバータとして定常動作をしているときの図1中の出力電圧 v 及び負荷電流 i の波形を示す。

下表は、図2の t_0 、 t_1 、 t_2 及び t_3 の各期間にベース電流が与えられているトランジスタと通電状態になるバルブデバイスの関係を示したものである。

バルブデバイスの状態	t_0	t_1	t_2	t_3
ベース電流が与えられているトランジスタ	Tr_1, Tr_4		Tr_2, Tr_3	
通電状態にあるバルブデバイス	(ア) D_1, D_4	Tr_1, Tr_4	(イ) D_2, D_3	Tr_2, Tr_3

上記の記述中の空白箇所(ア)および(イ)に記入するバルブデバイスとして、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

- | | | |
|-----|----------------|----------------|
| (1) | (ア) D_1, D_4 | (イ) D_2, D_3 |
| (2) | D_2, D_3 | D_1, D_4 |
| (3) | Tr_1, D_4 | Tr_2, D_3 |
| (4) | Tr_1, D_1 | Tr_2, D_2 |
| (5) | Tr_1, Tr_4 | Tr_2, Tr_3 |

図1

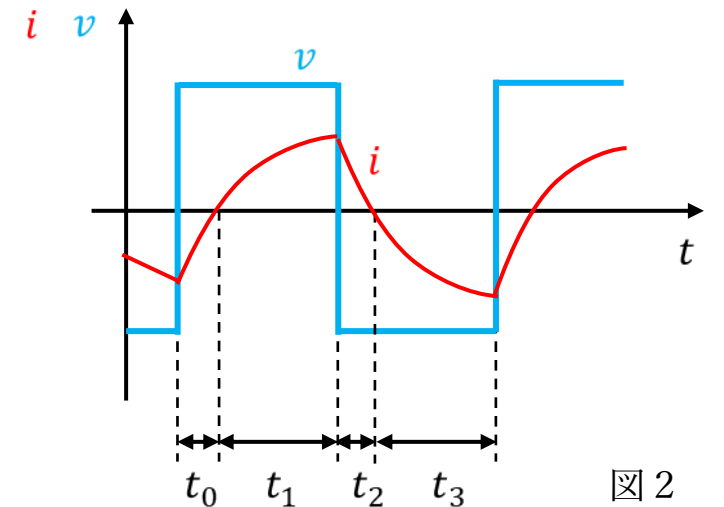
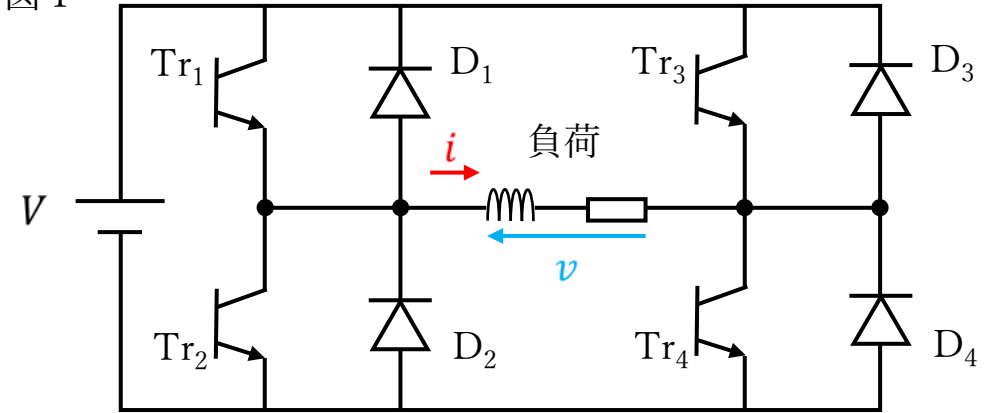
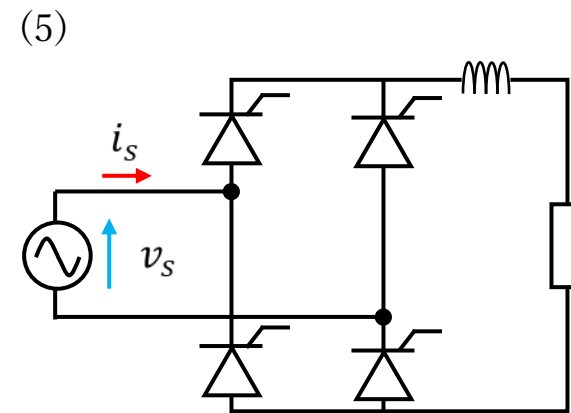
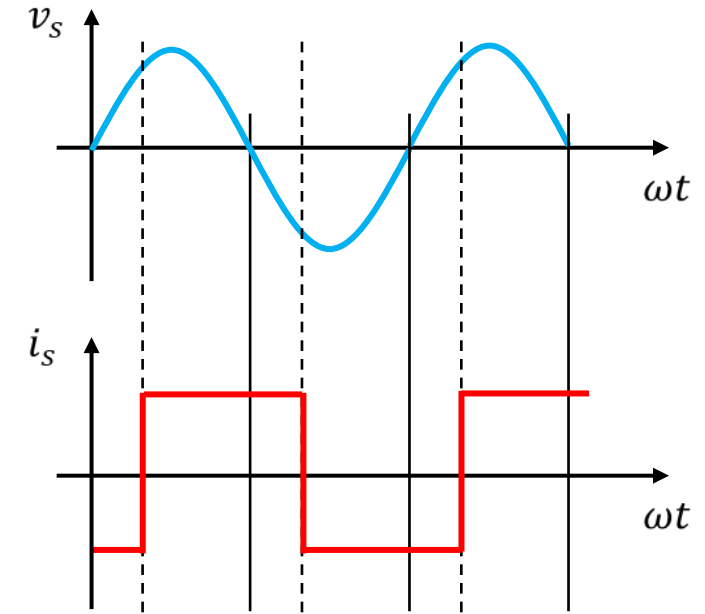
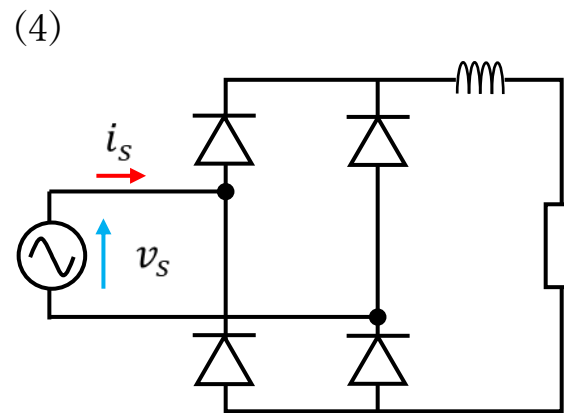
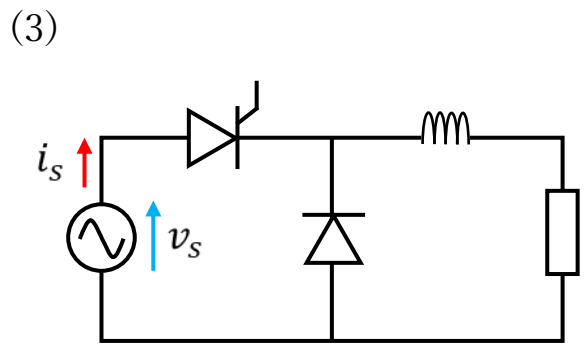
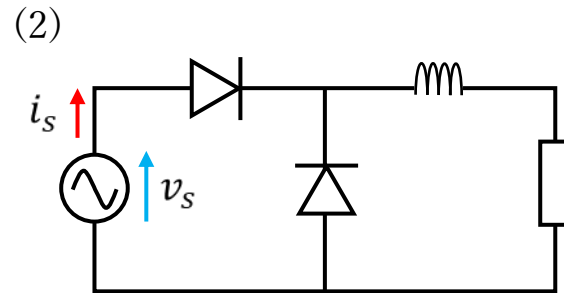
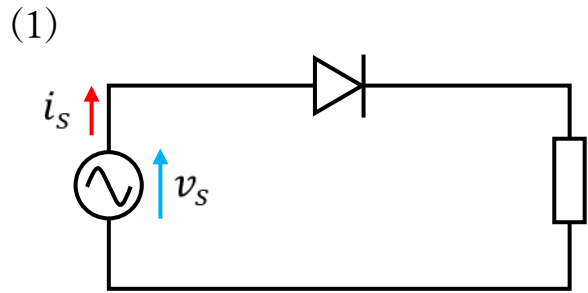


図2

H19 問9

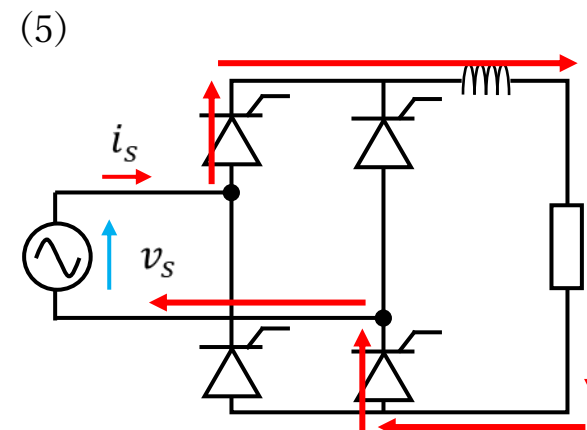
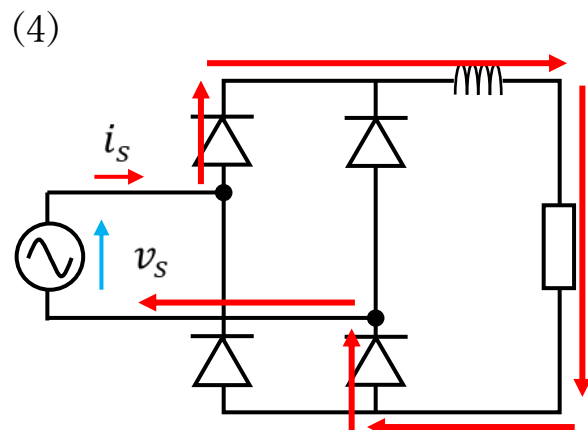
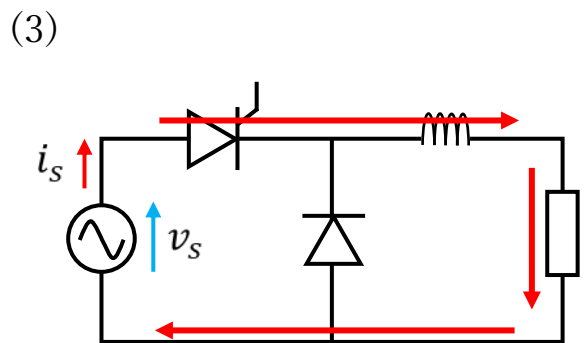
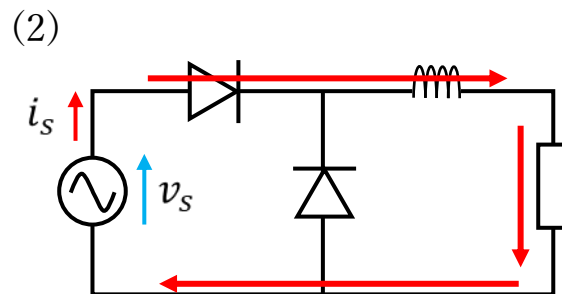
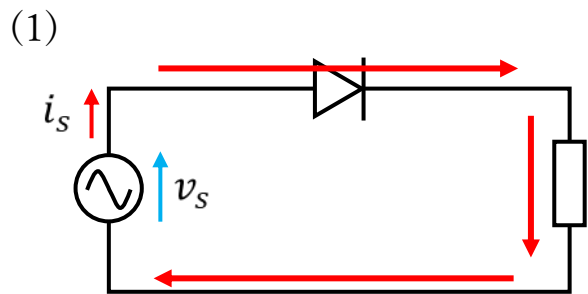
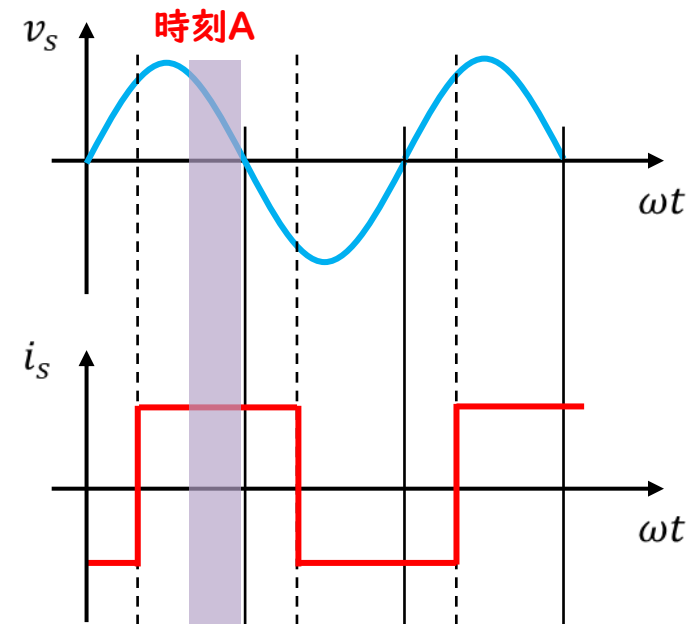
入力交流電圧波形 v_s に対して、図のようにな入力電流波形 i_s となる電力変換回路として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、交流電源のインピーダンスは無視できるものとし、電力変換回路における平滑リアクトルは十分に大きなインダクタンスをもっているものとする。



導出のポイント

時刻Aの電流の流れ
→どの選択枝も電源電圧の+側の向きに電流 i_s が流れる



導出のポイント

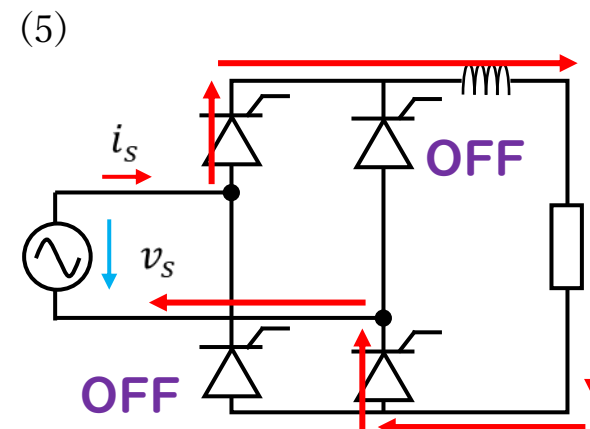
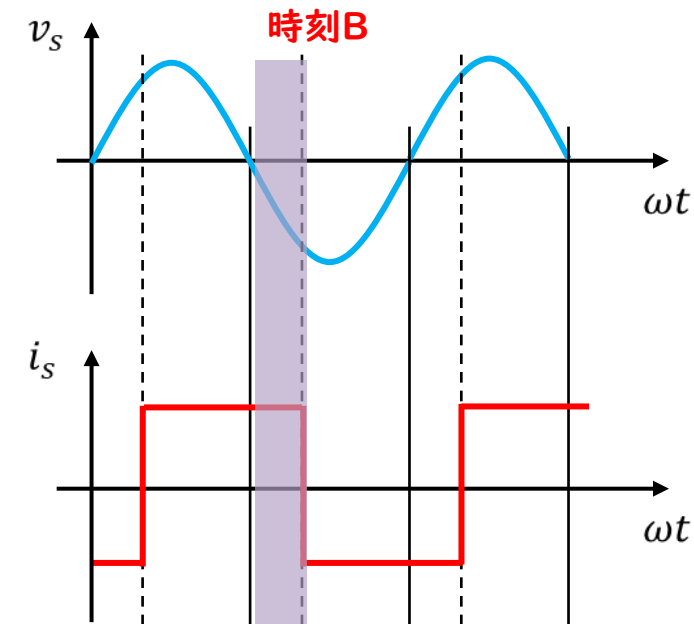
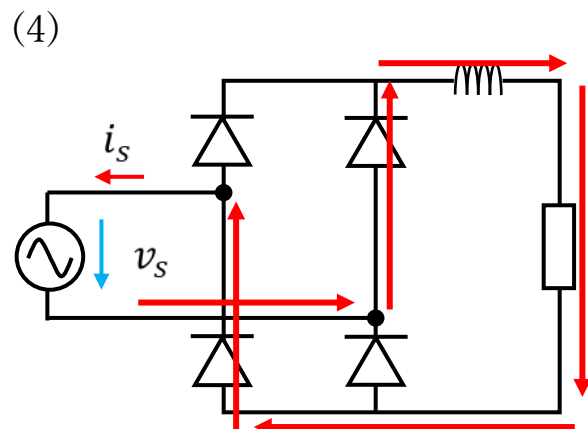
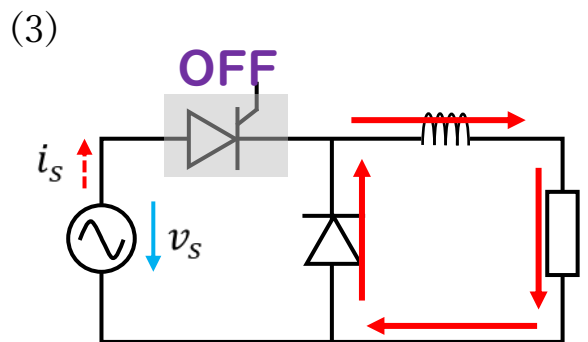
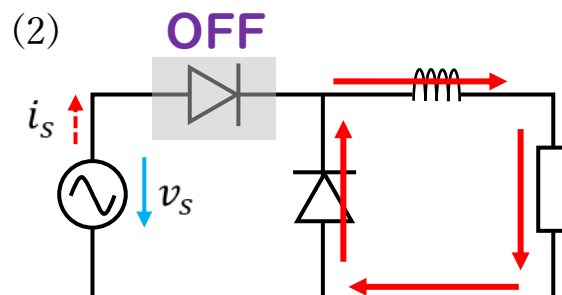
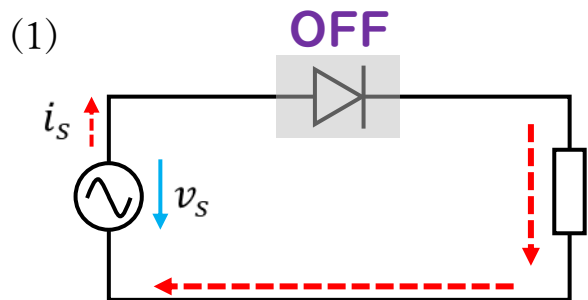
時刻Bの電流の流れ

1、2 → 電源近くのダイオードをONできず、 i_s はゼロになる

3 → 電源近くのサイリスタをONできず、 i_s はゼロになる

4 → ONするダイオードが変わり、 i_s は逆向きになる

5 → 時刻Aで非導通だったサイリスタがON（ゲート信号がまだ入っていない）にならないため、時刻Aで導通していたサイリスタにそのまま電流が流れる



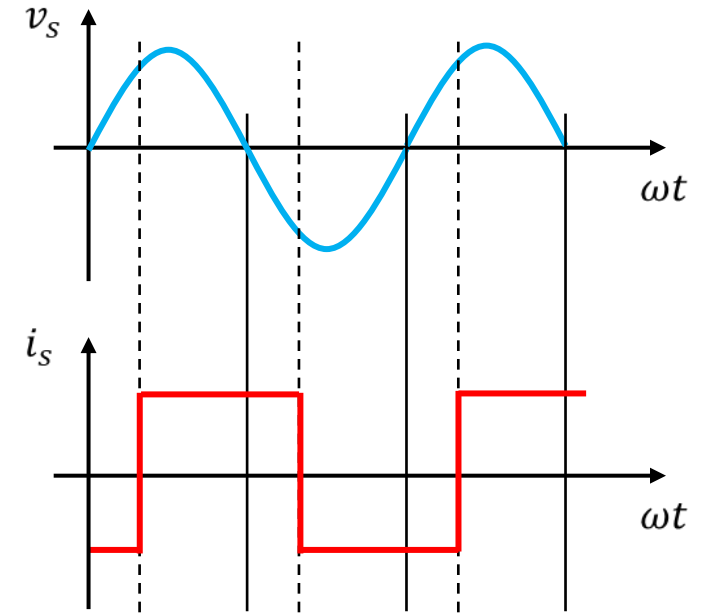
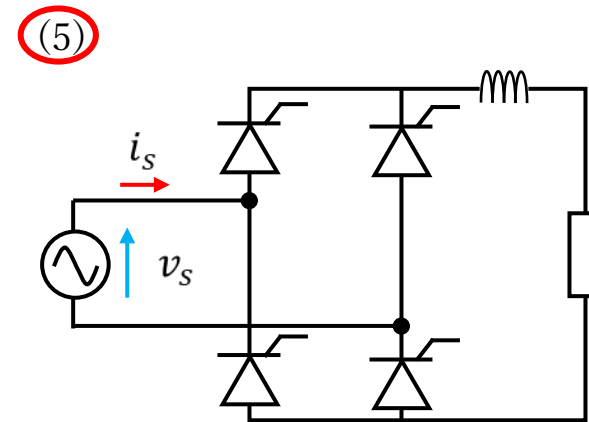
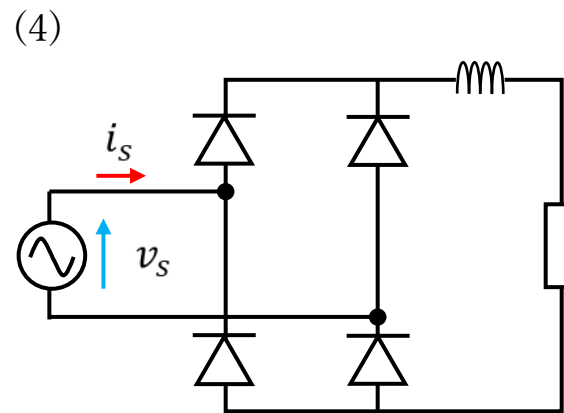
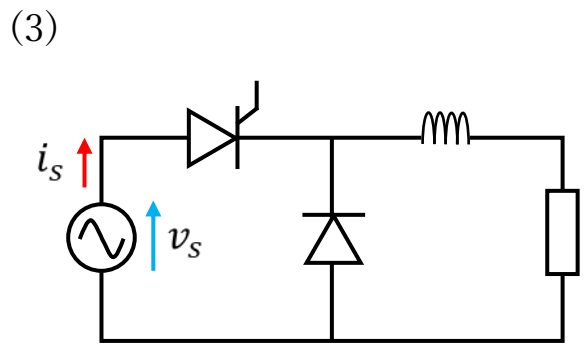
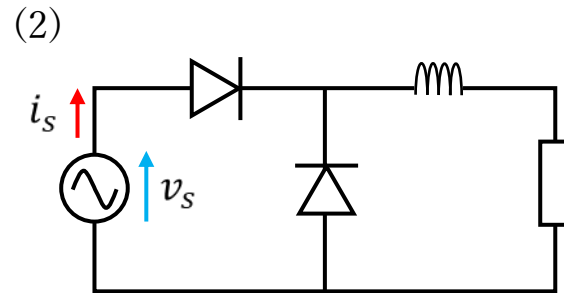
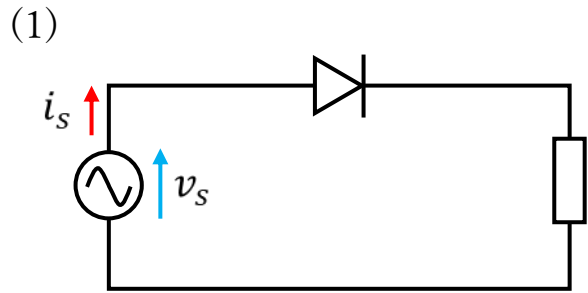
サイリスタ
ONはゲート信号
で決まる

OFFは電流で決まる

H19 問9

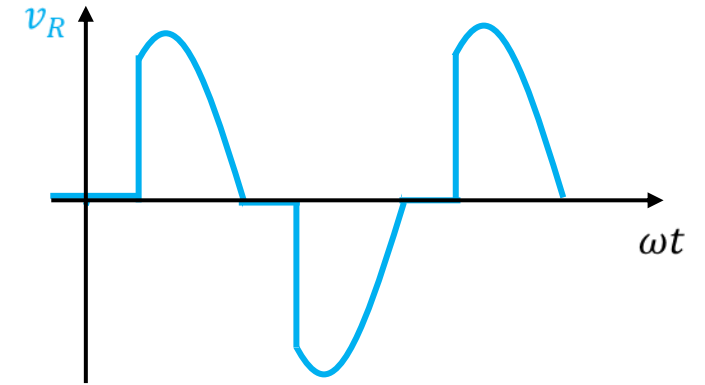
入力交流電圧波形 v_s に対して、図のようにな入力電流波形 i_s となる電力変換回路として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、交流電源のインピーダンスは無視できるものとし、電力変換回路における平滑リアクトルは十分に大きなインダクタンスをもっているものとする。

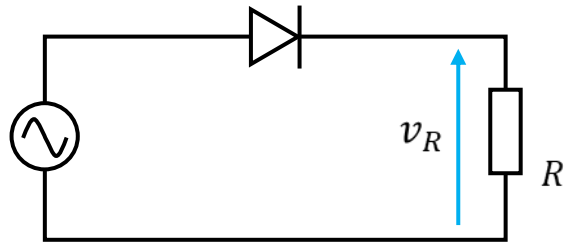


H18 問9

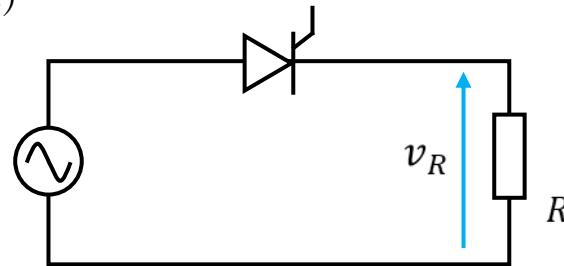
図に示す出力電圧波形を得ることができる電力変換回路として、正しいのは次のうちどれか。ただし、回路中の交流電源は正弦波交流電圧源とする。



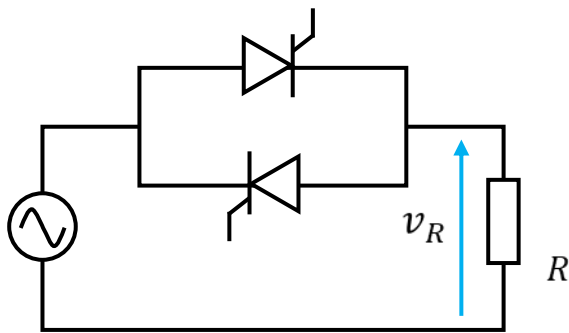
(1)



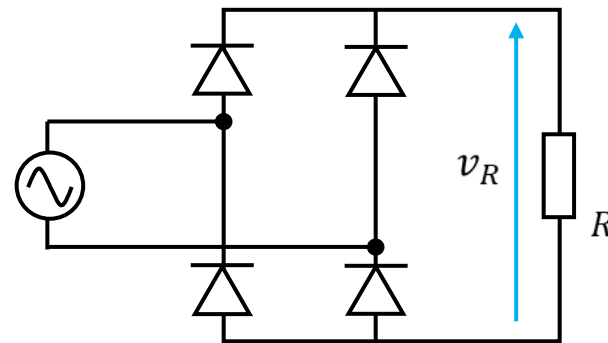
(2)



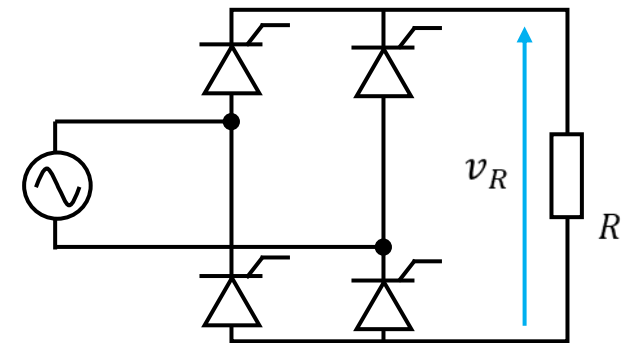
(3)



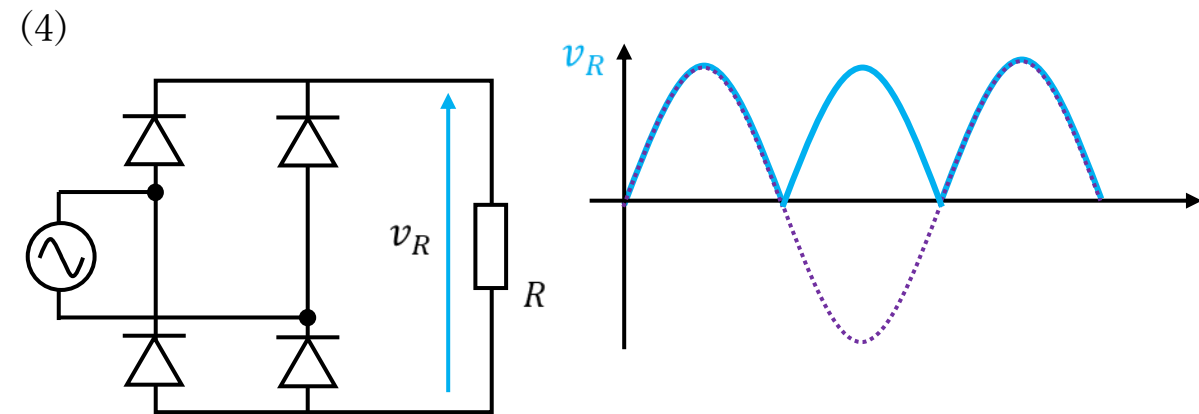
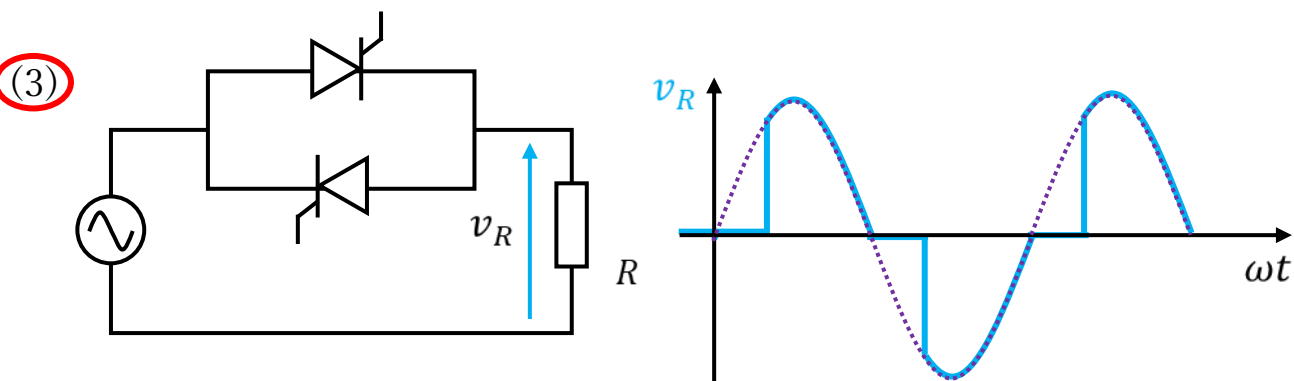
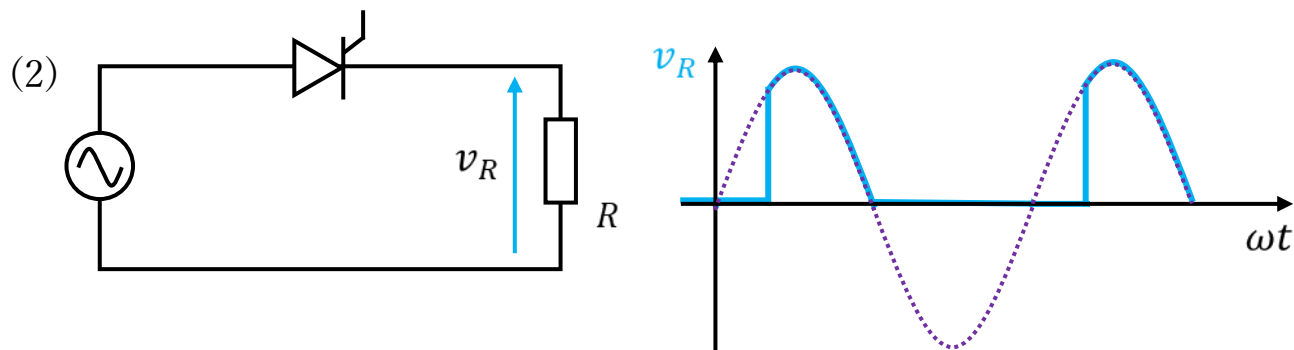
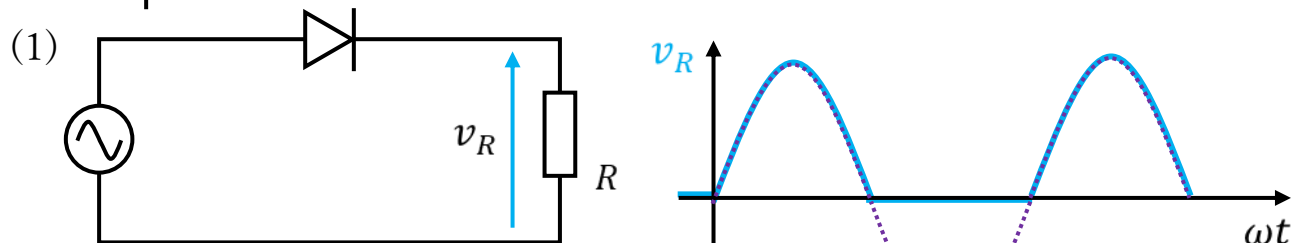
(4)



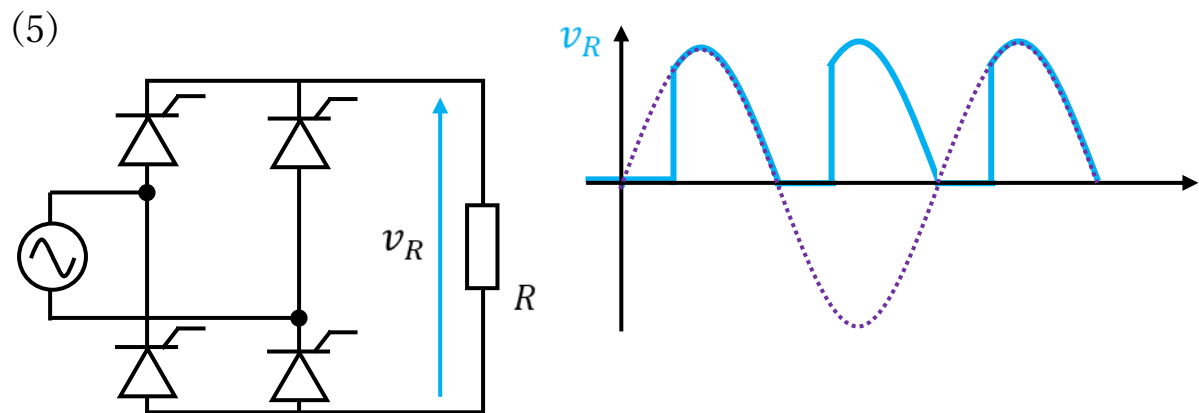
(5)



導出のポイント



<ポイント>
負荷が抵抗のときは電流と電圧は同じ形の波形になる
(位相差はない)



H17 問9

図1は整流素子としてサイリスタを使用した単相半波整流回路で、図2は、図1において負荷が (ア) の場合の電圧と電流の関係を示す。電源電圧 v が $\sqrt{2}V \sin \omega t$ であるとき、 ωt が0から π の間においてサイリスタを制御角 α でターンオンさせると、電流 i_d が流れる。このとき、負荷電圧 v_d の平均値 V_d は次式で示される。ただし、サイリスタの順方向電圧降下は無視できるものとする。

$$V_d = 0.450V \times \text{(イ)}$$

したがって、この制御角 α が (ウ) のときに V_d は最大となる。

上記の記述中の空白箇所(ア),(イ)及び(ウ)に記入する語句、式又は数値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	抵抗	$\frac{(1+\cos \alpha)}{2}$	0
(2)	誘導性	$(1 + \cos \alpha)$	$\pi/2$
(3)	抵抗	$(1 - \cos \alpha)$	0
(4)	抵抗	$\frac{(1-\cos \alpha)}{2}$	$\pi/2$
(5)	誘導性	$(1 + \cos \alpha)$	0

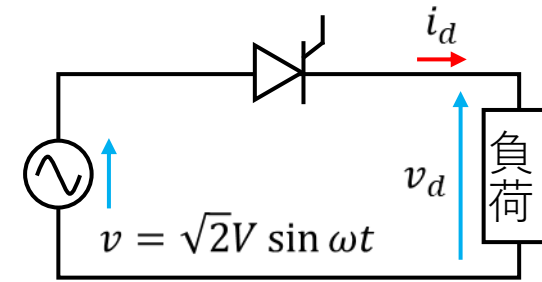


図1

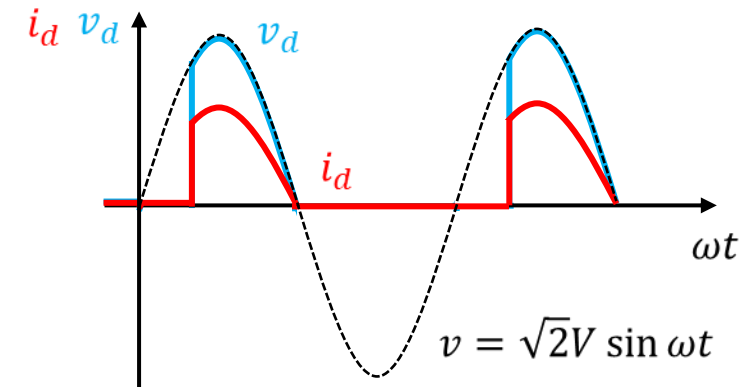


図2

導出のポイント

図1は整流素子としてサイリスタを使用した単相半波整流回路で、図2は、図1において負荷が (ア) の場合の電圧と電流の関係を示す。電源電圧 v が $\sqrt{2}V \sin \omega t$ であるとき、 ωt が0から π の間においてサイリスタを制御角 α でターンオンさせると、電流 i_d が流れる。このとき、負荷電圧 v_d の平均値 V_d は次式で示される。ただし、サイリスタの順方向電圧降下は無視できるものとする。

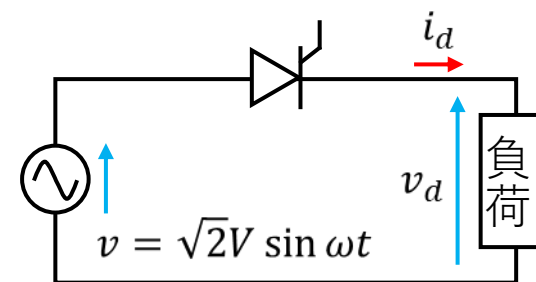


図1

$$V_d = 0.450V \times \text{(イ)}$$

したがって、この制御角 α が (ウ) のときに V_d は最大となる。

上記の記述中の空白箇所(ア),(イ)及び(ウ)に記入する語句、式又は数値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

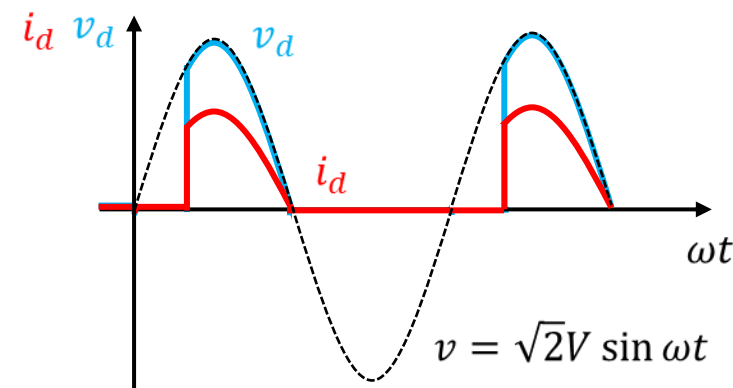


図2

(ア) 図2の電圧 v_d と電流 i_d の波形に位相差がないので、負荷は抵抗

(イ)

$$\begin{aligned} V_d &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} v(t) d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2}V \sin \omega t d\omega t = \frac{\sqrt{2}V}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sin \omega t d\omega t \\ &= \frac{\sqrt{2}V}{2\pi} [-\cos \omega t]_{\alpha}^{\pi} = \frac{\sqrt{2}V}{2\pi} (\cos \alpha - \cos \pi) = \frac{\sqrt{2}V}{\pi} \frac{(\cos \alpha - (-1))}{2} = 0.450V \frac{\cos \alpha + 1}{2} \end{aligned}$$

(ウ) $\cos \alpha = 1$ ($\alpha = 0^\circ$) のとき $V_d = 0.450V$ で最大となる

H17 問9

図1は整流素子としてサイリスタを使用した単相半波整流回路で、図2は、図1において負荷が (ア) 抵抗 の場合の電圧と電流の関係を示す。電源電圧 v が $\sqrt{2}V \sin \omega t$ であるとき、 ωt が0から π の間においてサイリスタを制御角 α でターンオンさせると、電流 i_d が流れる。このとき、負荷電圧 v_d の平均値 V_d は次式で示される。ただし、サイリスタの順方向電圧降下は無視できるものとする。

$$V_d = 0.450V \times \text{(イ)} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

したがって、この制御角 α が (ウ) 0 のときに V_d は最大となる。

上記の記述中の空白箇所(ア),(イ)及び(ウ)に記入する語句、式又は数値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	抵抗	$\frac{(1+\cos \alpha)}{2}$	0
(2)	誘導性	$(1 + \cos \alpha)$	$\pi/2$
(3)	抵抗	$(1 - \cos \alpha)$	0
(4)	抵抗	$\frac{(1-\cos \alpha)}{2}$	$\pi/2$
(5)	誘導性	$(1 + \cos \alpha)$	0

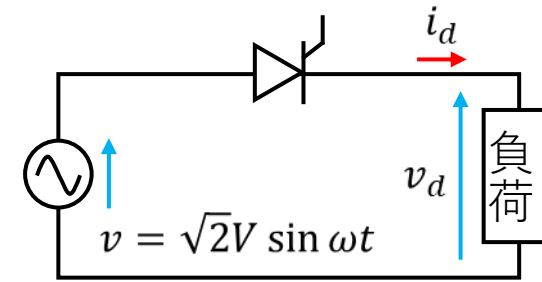


図1

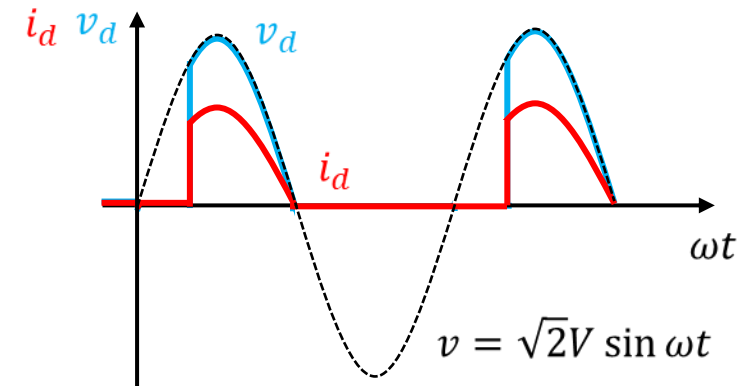


図2



ご聴講ありがとうございました!!