電験どうでしょう管理人 <u>KWG presents</u>

短期集中講座

第8回パワエレ

パワエレで登場する半導体デバイス



素子	シンボル	PN接合の構造	特性	電圧/電流波形
ダイオード	$A \longrightarrow K$	A — P N — K	・整流作用 (順方向電圧で電流が流れる 逆方向電圧では流れない)	電流
サイリスタ	$A \longrightarrow G$	$A - \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	・整流作用 ・ゲート信号でON	電流
トライアック	T1 $T2$		ゲート信号でON (双方向サイリスタのため 整流作用はない)	電流電流
GTOサイリスタ (ゲートターンオフ)	$A \longrightarrow G$		・整流作用 ・ゲート信号でON ・ゲート信号でOFF	電流電流
トランジスタ (MOS)FET IGBT	C O	E NPN C	・制御信号により ・電流ON/OFF可能	

|H23 問 I O



問10 半導体電力変換装置では、整流ダイオード、サイリスタ、パワートランジスタ(バイポーラパワートランジスタ)、パワー MOSFET、IGBT などのパワー 半導体デバイスがバルブデバイスとして用いられている。

バルブデバイス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。

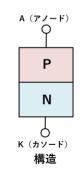
- (1) 整流ダイオードは, n 形半導体と p 形半導体とによる pn 接合で整流を行う。
- (2) 逆阻止三端子サイリスタは、ターンオンだけが制御可能なバルブデバイスである。
- (3) パワートランジスタは、遮断領域と能動領域とを切り換えて電力スイッチとして使用する。
- (4) パワー MOSFET は、主に電圧が低い変換装置において高い周波数でスイッチングする用途に用いられる。
- (5) IGBT は、バイポーラと MOSFET との複合機能デバイスであり、それぞれ の長所を併せもつ。

導出のポイント



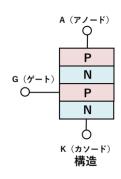
(1) 整流ダイオードは, n 形半導体と p 形半導体とによる pn 接合で整流を行う。

ダイオード アノードからカソードに電流を流す。 逆方向には電流を流さない整流作用を持つ。

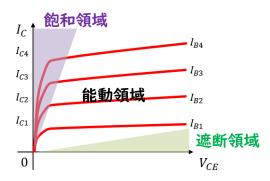


(2) 逆阻止三端子サイリスタは、ターンオンだけが制御可能なバルブデバイスである。

サイリスタ ゲート端子に電圧をかけることでONの タイミングを制御できる。 一度ONになると、ダイオードと同じ動作を する。



(3) パワートランジスタは、遮断領域と能動領域とを切り換えて電力スイッチとして使用する。



電力スイッチでは、 $V_{CE}-I_{C}$ 特性の 遮断領域と飽和領域を用いる。

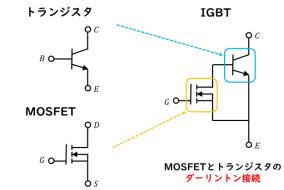
(4) パワー MOSFET は、主に電圧が低い変換装置において高い周波数でスイッチングする用途に用いられる。

バイポーラトランジスタ:低い周波数

IGBT:中域の周波数。MOSFETに比べて大電流が得意パワーMOSFET:高い周波数。IGBTに比べて大電圧が得意

(5) IGBT は、バイポーラと MOSFET との複合機能デバイスであり、それぞれ

の長所を併せもつ。



|H23 問 I O



問10 半導体電力変換装置では、整流ダイオード、サイリスタ、パワートランジスタ(バイポーラパワートランジスタ)、パワー MOSFET、IGBT などのパワー 半導体デバイスがバルブデバイスとして用いられている。

バルブデバイス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) 整流ダイオードは, n 形半導体と p 形半導体とによる pn 接合で整流を行う。
- (2) 逆阻止三端子サイリスタは、ターンオンだけが制御可能なバルブデバイスである。
- (3)パワートランジスタは、遮断領域と能動領域とを切り換えて電力スイッチとして使用する。
- (4) パワー MOSFET は、主に電圧が低い変換装置において高い周波数でスイッチングする用途に用いられる。
- (5) IGBT は、バイポーラと MOSFET との複合機能デバイスであり、それぞれ の長所を併せもつ。

R02 問 I O



- 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。両者を比較した記述として,誤っているものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。
 - (1) **IGBT** は電圧駆動形であり、ゲート・エミッタ間の電圧によってオン・オフを制御する。
 - (2) パワーMOSFET は電流駆動形であり、キャリア蓄積効果があることからスイッチング損失が大きい。
 - (3) パワーMOSFET はユニポーラデバイスであり, バイポーラ形のデバイスと比べてオン状態の抵抗が高い。
 - (4) IGBT はバイポーラトランジスタにパワーMOSFET の特徴を組み合わせることにより、スイッチング特性を改善している。
 - (5) パワーMOSFET ではシリコンのかわりに SiC を用いることで, 高耐圧化をしつつオン状態の抵抗を低くすることが可能になる。

導出のポイント



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。両者を比較した記述として,誤っているものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

(1) **IGBT** は電圧駆動形であり、ゲート・エミッタ間の電圧によってオン・オフを制御する。

(2) パワーMOSFET は電流駆動形であり、キャリア蓄積効果があることからスイッチング損失が大きい。

(3) パワーMOSFET はユニポーラデバイスであり, バイポーラ形のデバイスと比べてオン状態の抵抗が高い。

(4) IGBT はバイポーラトランジスタにパワーMOSFET の特徴を組み合わせることにより、スイッチング特性を改善している。

(5) パワーMOSFET ではシリコンのかわりに SiC を用いることで, 高耐圧化をしつつオン状態の抵抗を低くすることが可能になる。

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: 高速動作用 (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	$B \circ \bigcup_{E}^{C}$	$G \circ \bigcup_{E}^{C}$	$G \circ \bigcup_{S}^{D}$
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

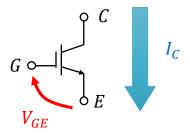


- 問 10 パワー半導体スイッチングデバイスとしては近年、主に IGBT とパワー MOSFET が用いられている。通常動作における両者の特性を比較した記述として、誤っているものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) IGBT は、オンのゲート電圧が与えられなくても逆電圧が印加されれば逆方 向の電流が流れる。
 - (2) パワーMOSFET は電圧駆動形であり、ゲート・ソース間に正の電圧をかける ことによりターンオンする。
 - (3) パワーMOSFET はユニポーラデバイスであり、一般的にバイポーラ形の IGBT と比べてターンオン時間が短い一方、流せる電流は小さい。
 - (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 IGBTは逆電圧では電流は流れない 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。

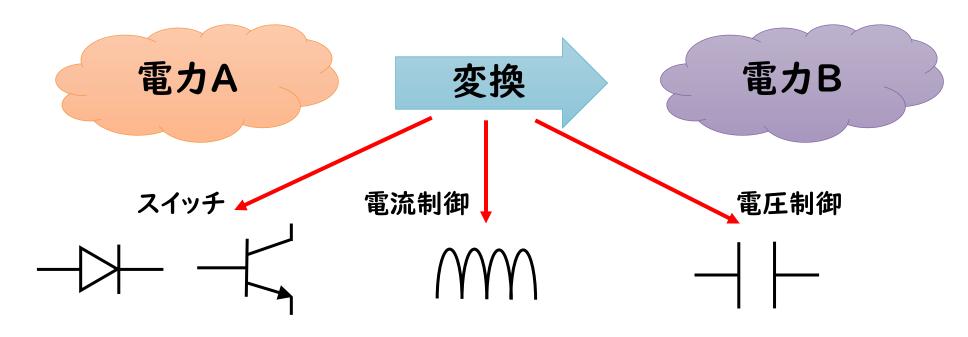


パワエレとは



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

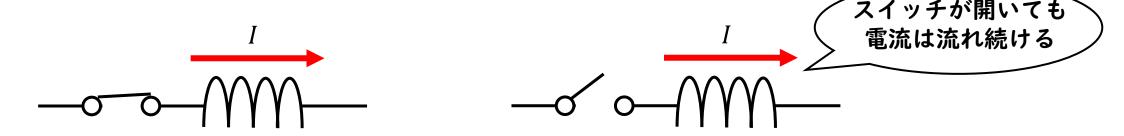
ダイオード、トランジスタなど → "スイッチ"として使用する



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)



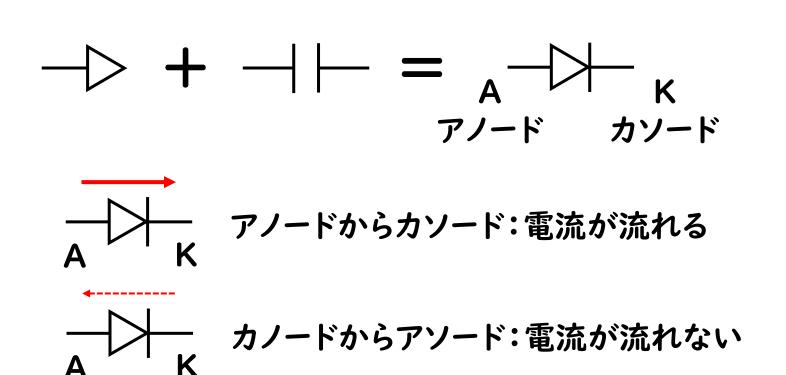
3. 過渡応答を意識する

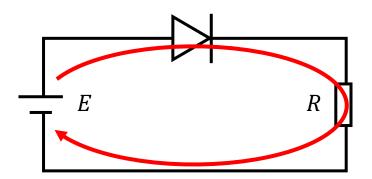
直流回路や交流回路の考え方とパワエレの回路の動きは全く別物

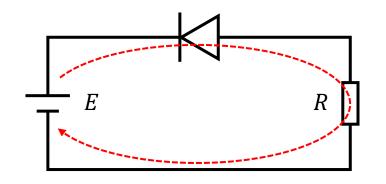
ダイオードとは



- ・半導体で作られた電気素子
- ・整流作用(電流が一方向だけ流れる)

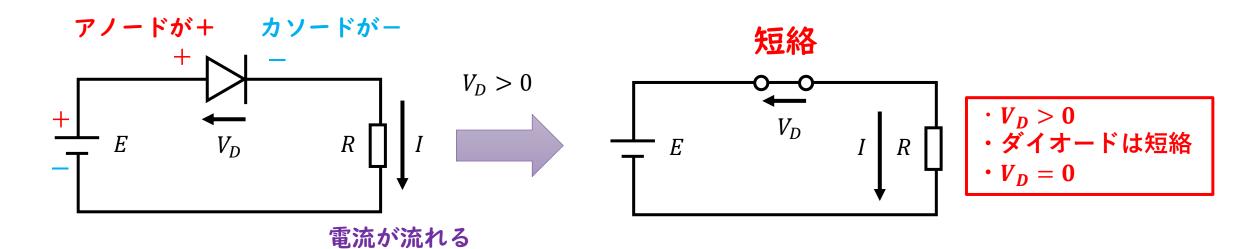


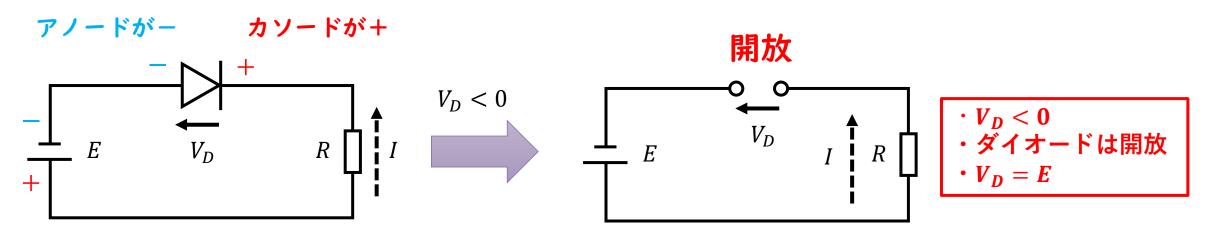




ダイオードと電圧



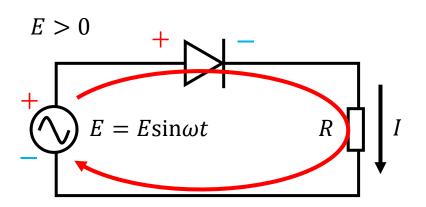


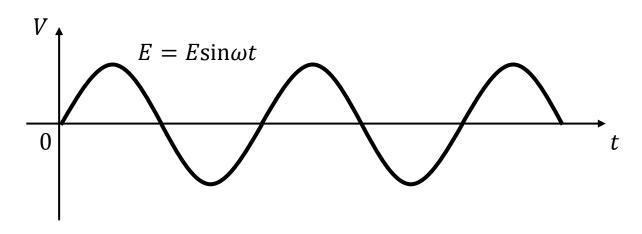


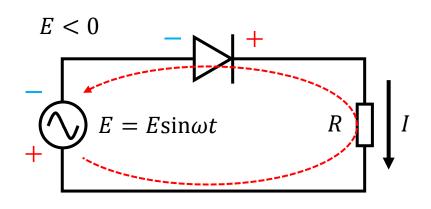
電流が流れない

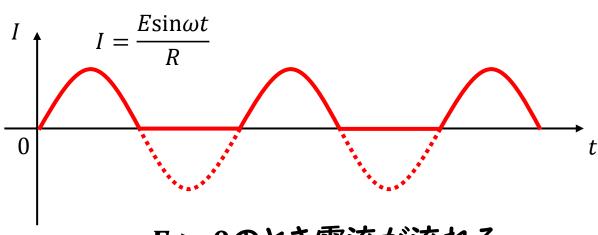
交流回路とダイオード





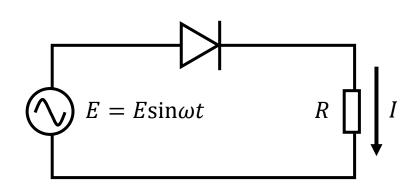






半波整流回路



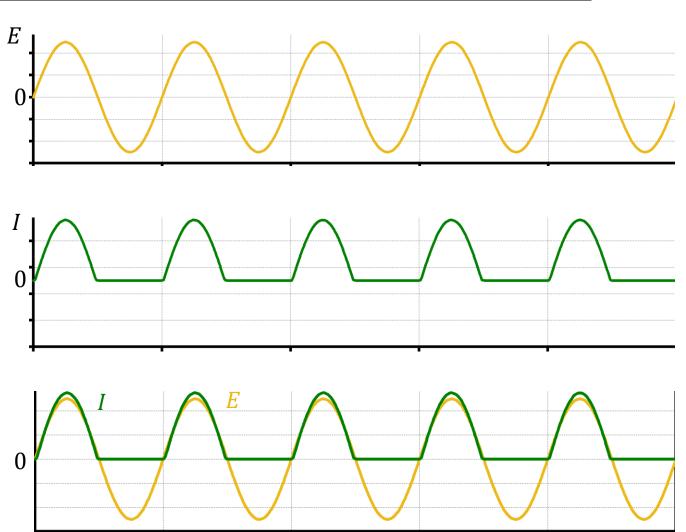


電源:交流電圧なので

正負に変化

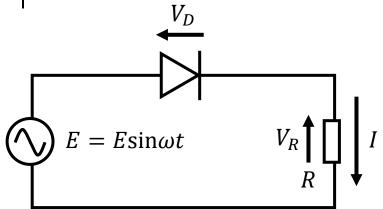
電流:+側のみ

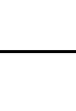
→整流回路



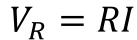
半波整流回路



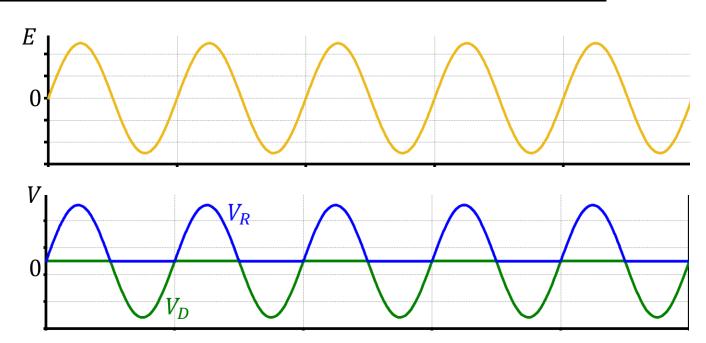


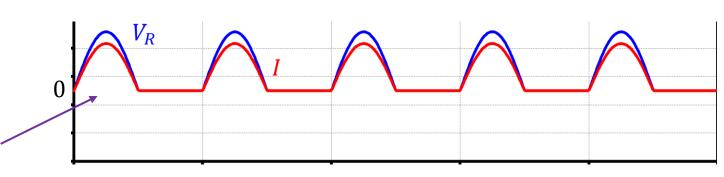


$$E = V_R + V_D$$



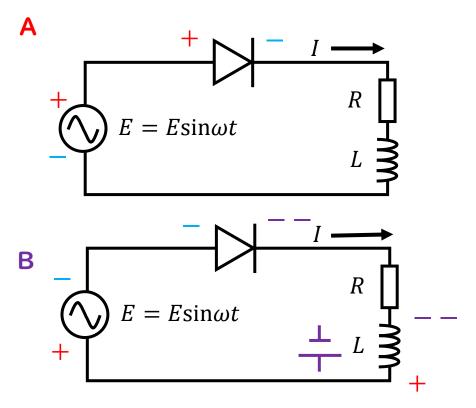




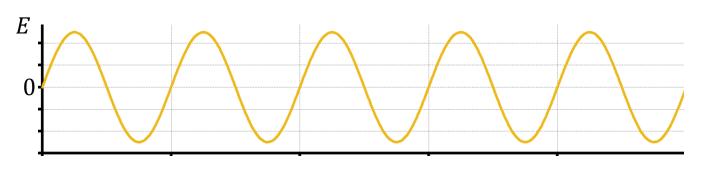


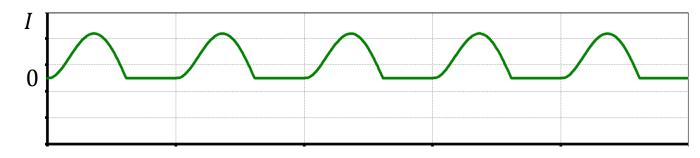
半波整流回路(抵抗とコイル)

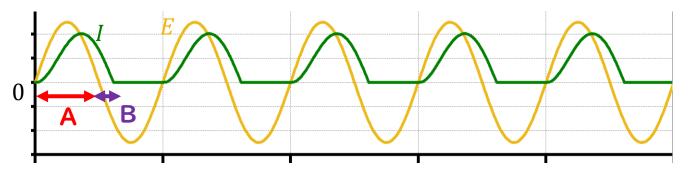




電源電圧が減少していくとき、 コイルが誘導起電力を発生させて 電流を維持する



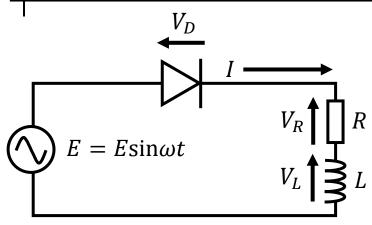




負荷にコイルLが接続されると電流の位相がずれる

半波整流回路(抵抗とコイル)

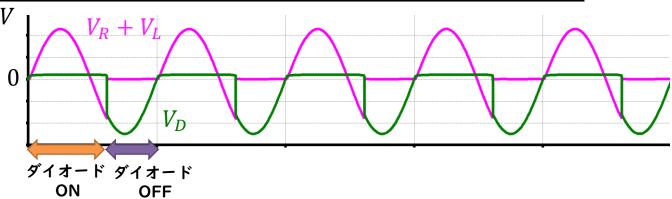


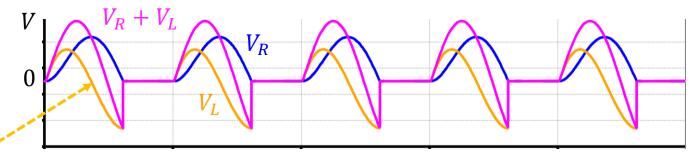


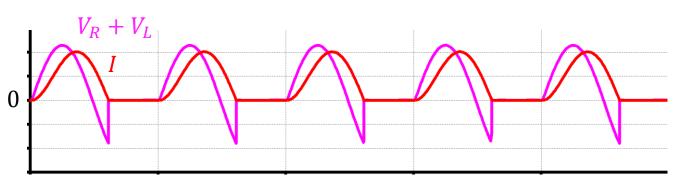
$$E = V_R + V_L + V_D$$

$$V_R = RI$$

 $ダイオードがONするように <math>E > V_L$ となるような誘導起電力を コイルは発生している

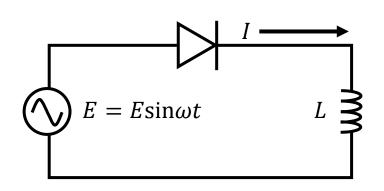






半波整流回路(コイル)



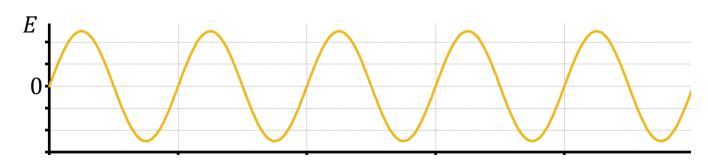


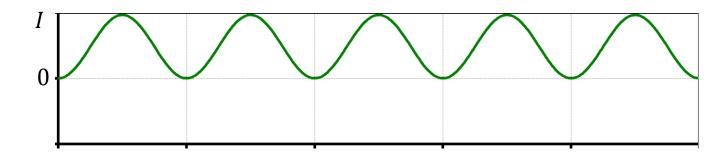
負荷がLだけだと ダイオードはOFFしない

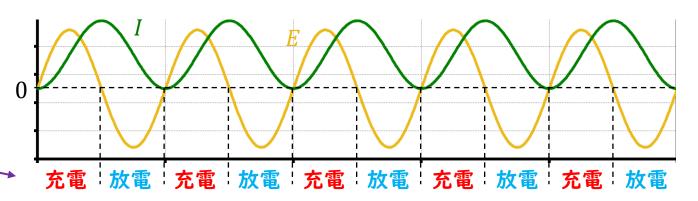
コイルが電流としてエネルギーを 蓄えて充放電する

$$W_L = \frac{1}{2}LI^2$$

コイルの蓄えられたエネルギーの 充電と放電を繰り返して、電流が 流れ続ける

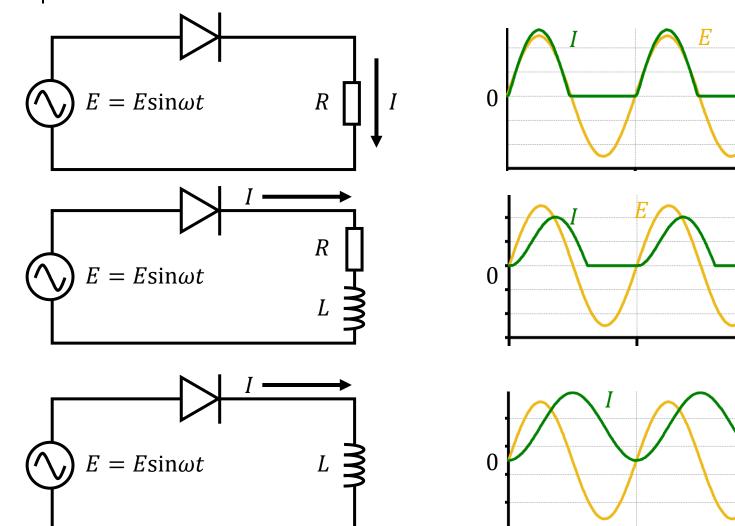


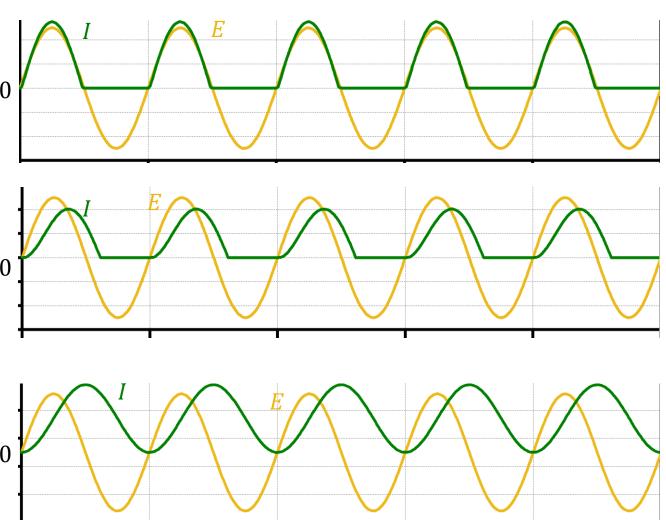




半波整流回路(RとLの関係)

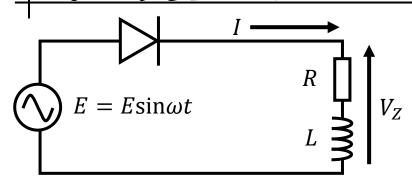


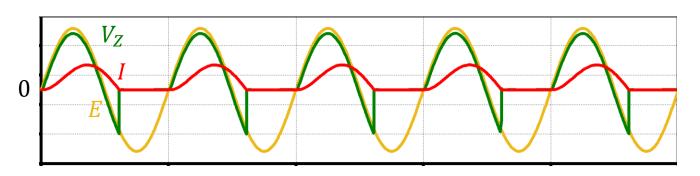


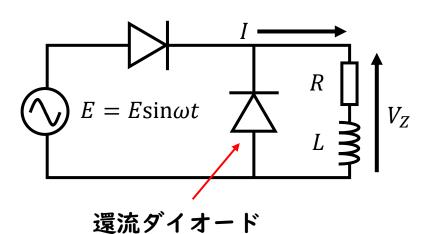


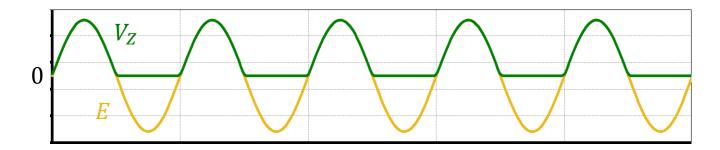
半波整流回路と還流ダイオード









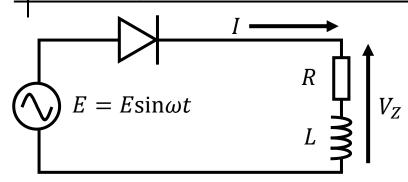


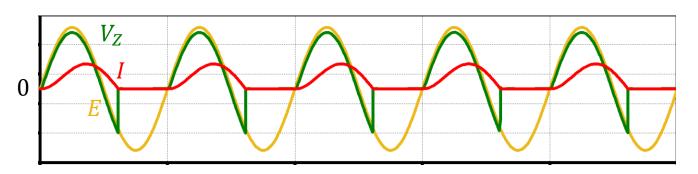
 V_Z とIの波形が変化する

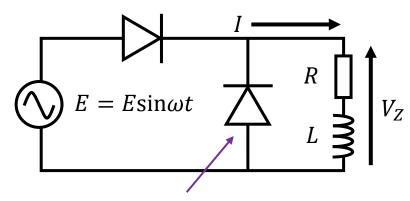


半波整流回路と還流ダイオード





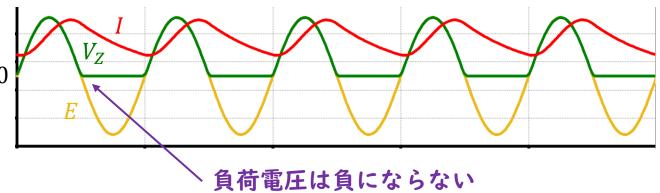






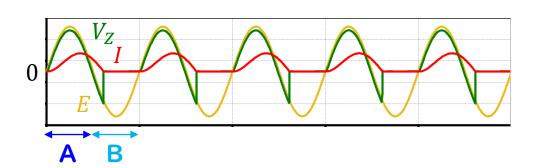
還流ダイオード

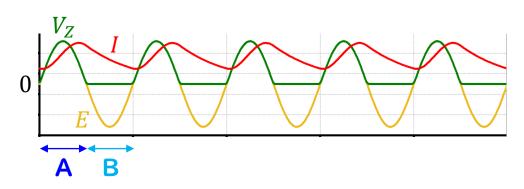
 V_Z とIの波形が変化する

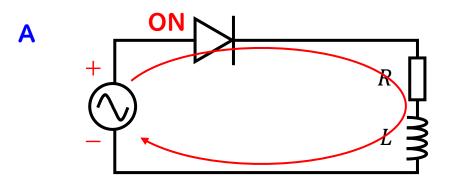


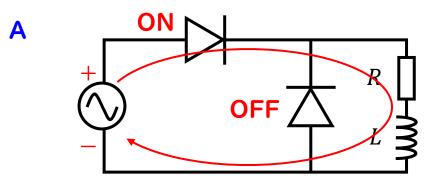
半波整流回路と還流ダイオード

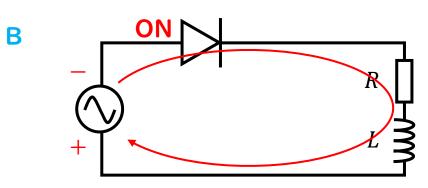




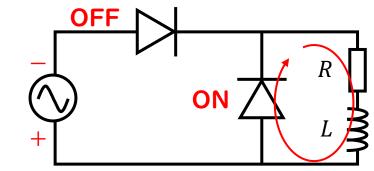








電源電圧を相殺するようにコイルが電圧を発生



電源を通らない のでコイルは 負の電圧を発生 しない

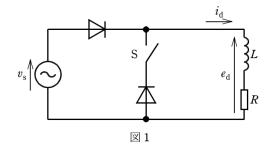
H26 問 I O



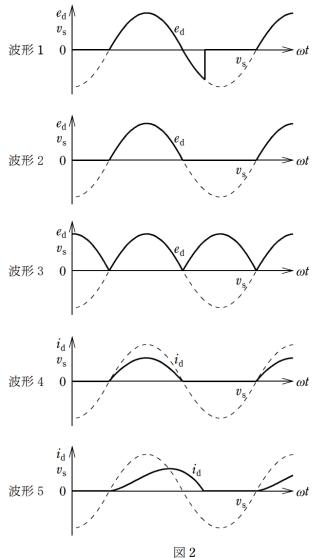
問10 次の文章は、単相半波ダイオード整流回路に関する記述である。

抵抗とリアクトルとを直列接続した負荷に電力を供給する単相半波ダイオード整流回路を図 1 に示す。スイッチ S を開いて運転したときに,負荷力率に応じて負荷電圧 e_d の波形は図 2 の (7) となり,負荷電流 i_d の波形は図 2 の (4) となった。次にスイッチ S を閉じ,環流ダイオードを接続して運転したときには,負荷電圧 e_d の波形は図 2 の (6) となり,負荷電流の流れる期間は,スイッチ S を開いて運転したときよりも (x) 。

上記の記述中の空白箇所(7),(4),(6)及び(x)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。

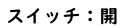


	(7)	(1)	(ウ)	(1)
(1)	波形 2	波形 4	波形3	長くなる
(2)	波形 1	波形 5	波形 2	長くなる
(3)	波形 1	波形 5	波形3	短くなる
(4)	波形 1	波形 4	波形 2	長くなる
(5)	波形 2	波形 5	波形3	短くなる

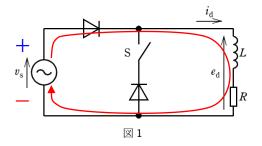


導出のポイント



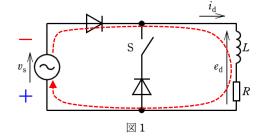


 $v_s > 0$



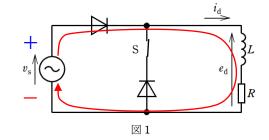
スイッチ:開

 $v_s < 0$



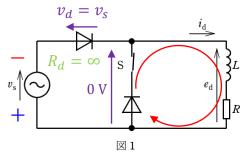
スイッチ:閉

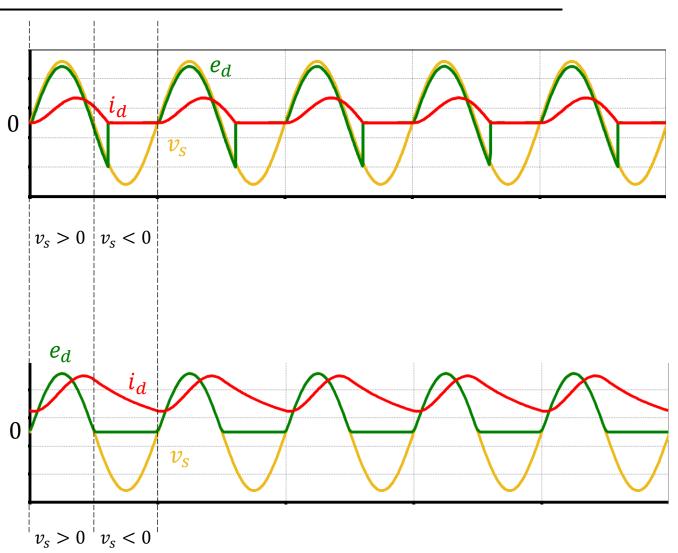
 $v_s > 0$



スイッチ:閉

 $v_s < 0$





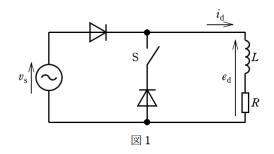
H26 問 I O



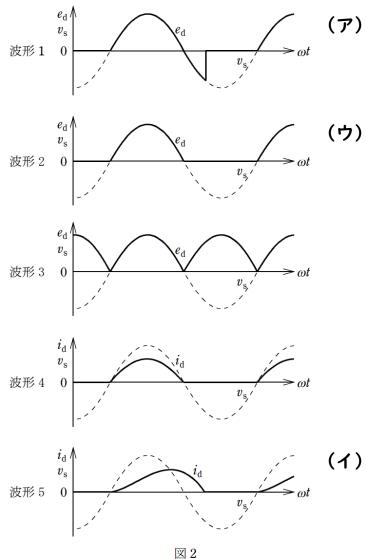
問10 次の文章は、単相半波ダイオード整流回路に関する記述である。

抵抗とリアクトルとを直列接続した負荷に電力を供給する単相半波ダイオード整流回路を図 1 に示す。スイッチ S を開いて運転したときに,負荷力率に応じて負荷電圧 e_d の波形は図 2 の (7) となり,負荷電流 i_d の波形は図 2 の (4) となった。次にスイッチ S を閉じ,環流ダイオードを接続して運転したときには,負荷電圧 e_d の波形は図 2 の (6) となり,負荷電流の流れる期間は,スイッチ S を開いて運転したときよりも (x) 。

上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ)及び(エ)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。

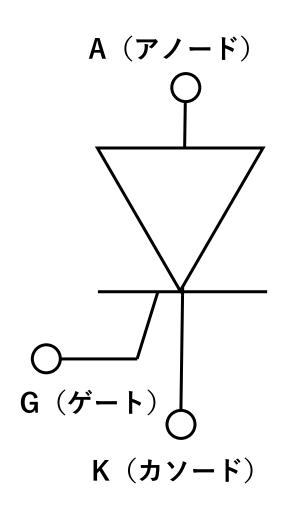


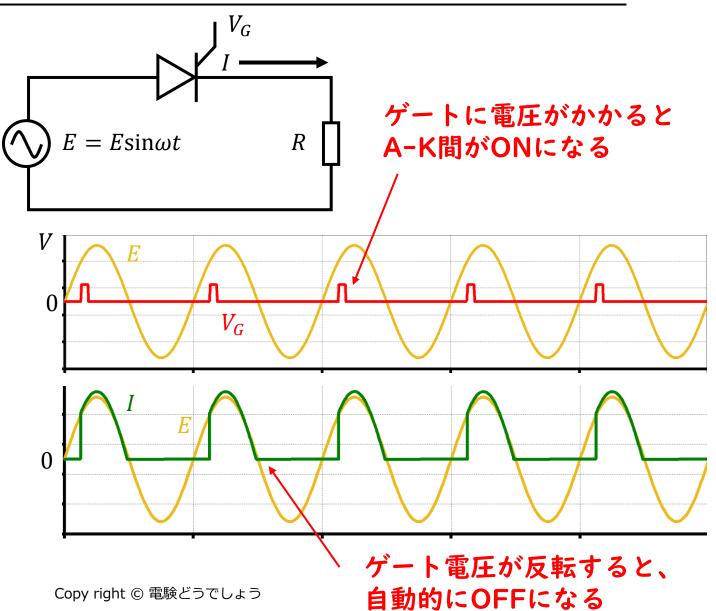
(7)	(1)	(ウ)	(1)
波形 2	波形 4	波形3	長くなる
波形 1	波形 5	波形 2	長くなる
波形 1	波形 5	波形3	短くなる
波形 1	波形 4	波形 2	長くなる
波形 2	波形 5	波形3	短くなる
	波形 2 波形 1 波形 1 波形 1	波形 2 波形 4 波形 1 波形 5 波形 1 波形 5 波形 1 波形 4	波形 2 波形 4 波形 3 波形 1 波形 5 波形 2 波形 1 波形 5 波形 3 波形 1 波形 4 波形 2

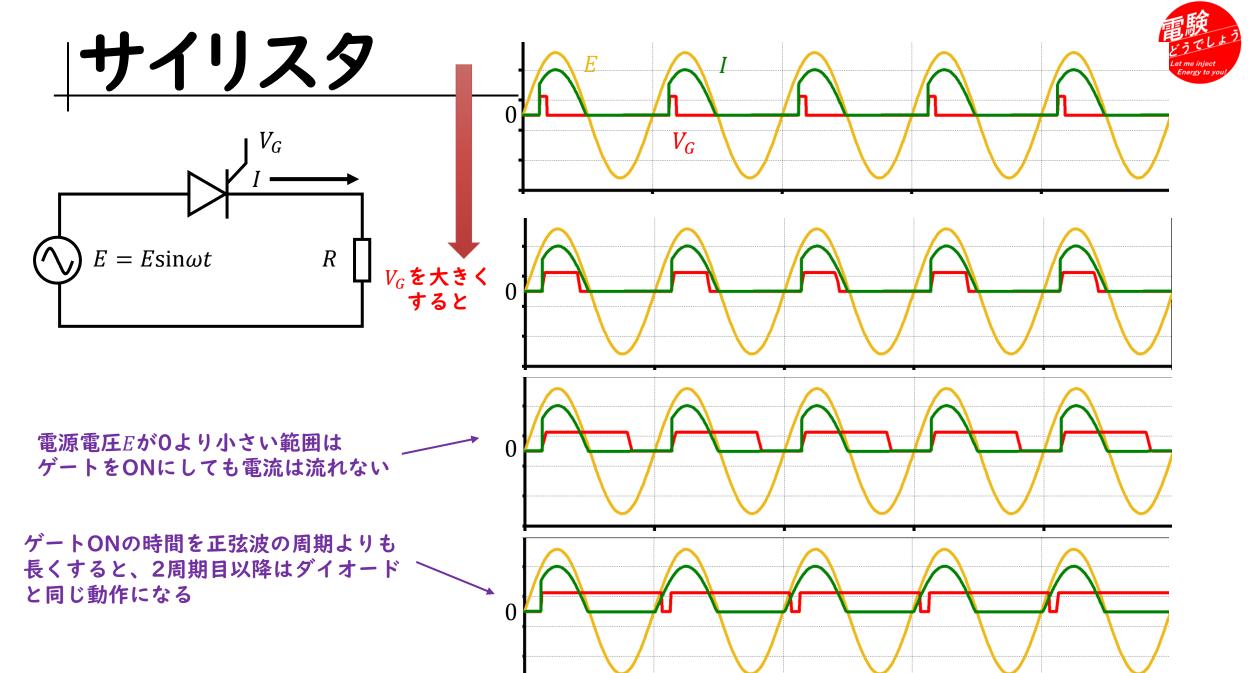


サイリスタ



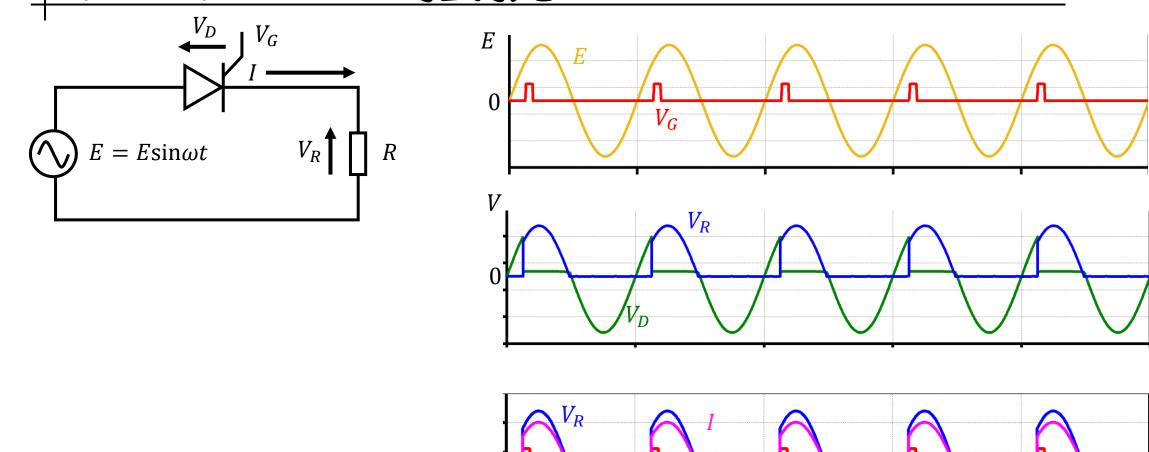






サイリスタと抵抗

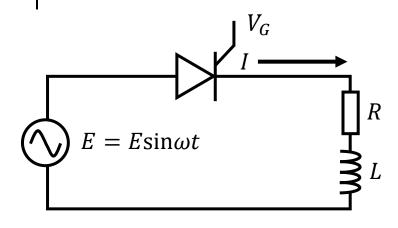


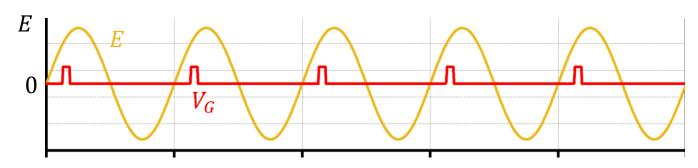


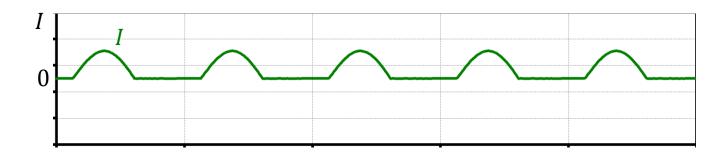
抵抗で発生する電圧は 電流と同じ波形になる

抵抗とコイル (サイリスタ)



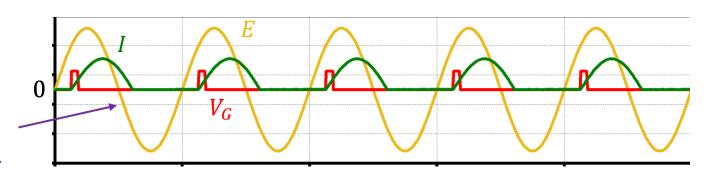






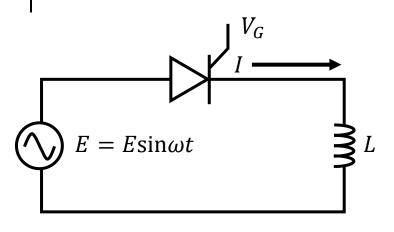


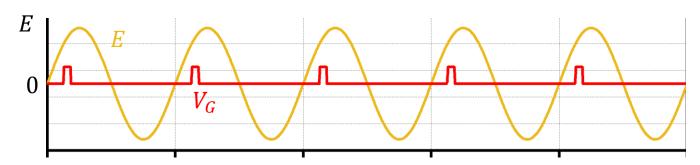
(ダイオードと同じ。サイリスタのゲート電圧 は関係なし)

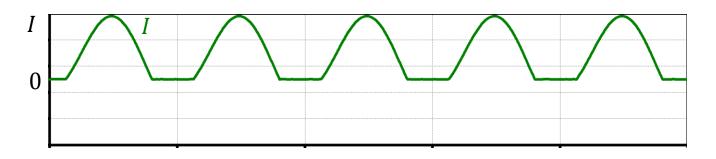


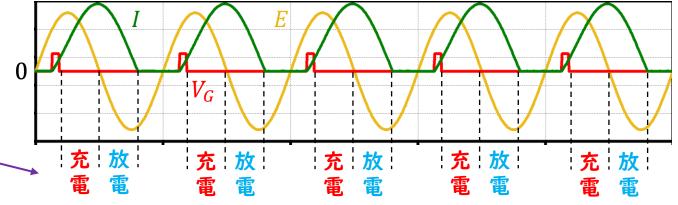
負荷がコイル (サイリスタ)







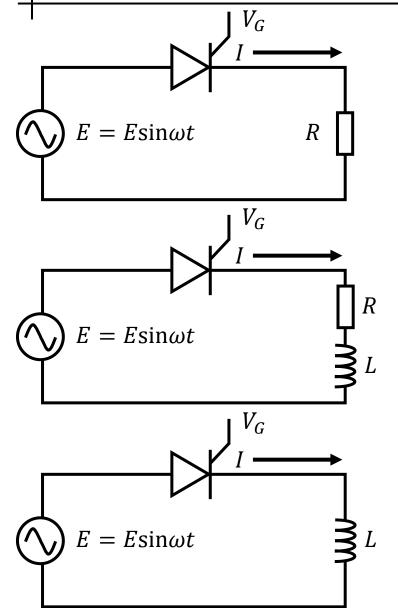


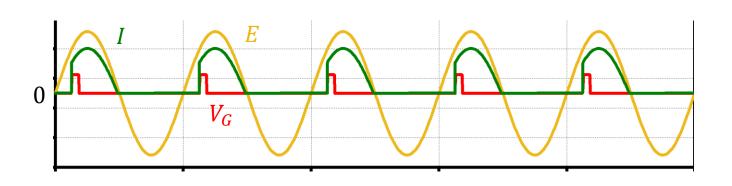


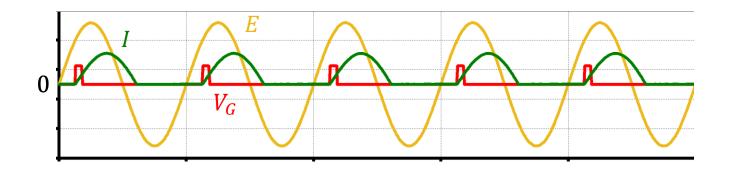
コイルの蓄えられたエネルギーにより、 充電時間=放電時間の期間だけ、 電流が流れる

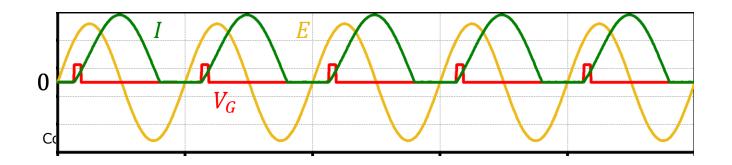
サイリスタまとめ





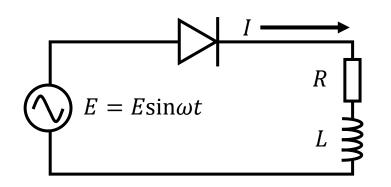


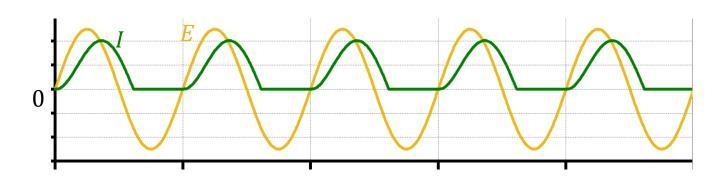


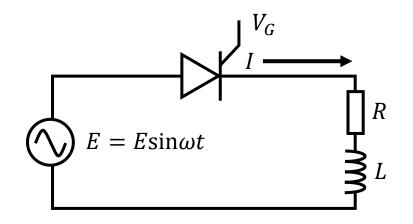


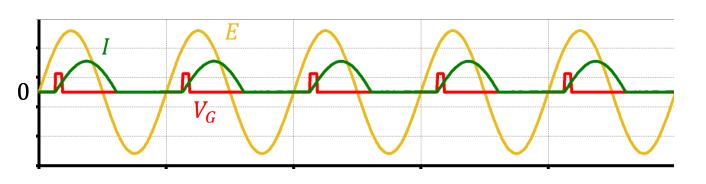
サイリスタとダイオードの比較









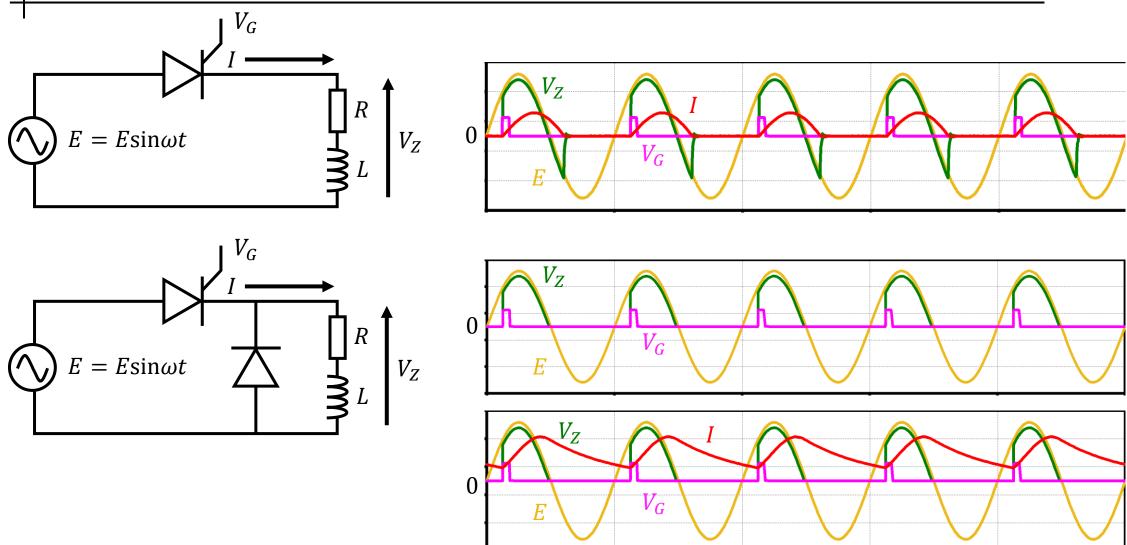


負荷が抵抗とコイルの場合、OFFになるタイミングはダイオード、サイリスタも同じ ONは、ダイオードは電源電圧E > 0のタイミング、サイリスタはゲートがONになるタイミング

いずれの場合もOFFはコイルが電圧を決めて電流を持続している

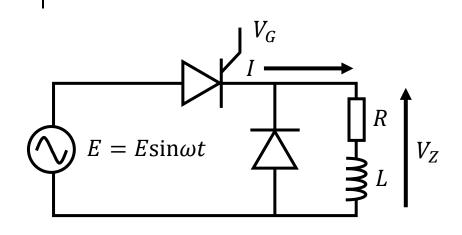
半波整流回路(サイリスタ)と還流ダイオード





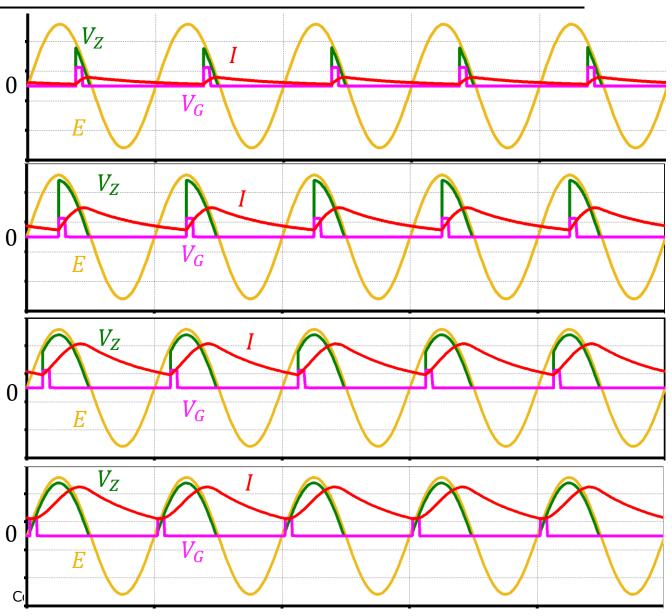
半波整流回路(サイリスタ)と還流ダイオード





ゲートのタイミングを制御することで 電流の大きさを制御することができる

サイリスタ+還流ダイオード+コイル →DC電流の制御



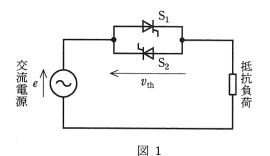
H23 問9



問9 次の文章は、単相双方向サイリスタスイッチに関する記述である。

図 1 は,交流電源と抵抗負荷との間にサイリスタ S_1 , S_2 で構成された単相 双方向スイッチを挿入した回路を示す。図示する電圧の方向を正とし,サイリスタの両端にかかる電圧 v_{th} が図 $2(\Gamma)$ の波形であった。

サイリスタ S_1 , S_2 の運転として、このような波形となりえるものを次の(1) $\sim(5)$ のうちから一つ選べ。



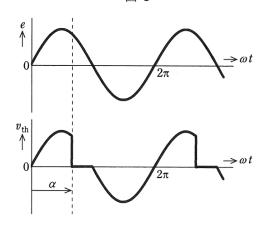


図 2 (上)交流電源電圧波形 (下)サイリスタ S_1 , S_2 の両端電圧 v_{th} の波形

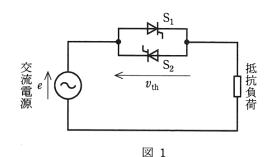
(1) S₁, S₂とも制御遅れ角 αで運転
 (2) S₁は制御遅れ角 α, S₂は制御遅れ角 0 で運転
 (3) S₁は制御遅れ角 α, S₂はサイリスタをトリガ(点弧)しないで運転
 (4) S₁は制御遅れ角 0, S₂は制御遅れ角 αで運転
 (5) S₁はサイリスタをトリガ(点弧)しないで, S₂は制御遅れ角 αで運転



問9 次の文章は、単相双方向サイリスタスイッチに関する記述である。

図 1 は,交流電源と抵抗負荷との間にサイリスタ S_1 , S_2 で構成された単相 双方向スイッチを挿入した回路を示す。図示する電圧の方向を正とし,サイリスタの両端にかかる電圧 v_{th} が図 2(下) の波形であった。

サイリスタ S_1 , S_2 の運転として、このような波形となりえるものを次の(1) $\sim (5)$ のうちから一つ選べ。

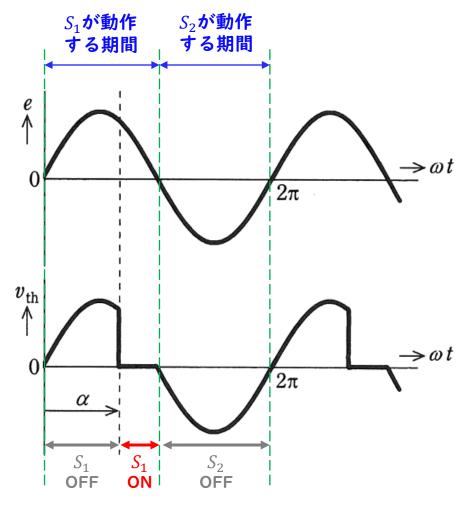


 $\begin{array}{c|c}
e \\
\uparrow \\
0 \\
\hline
v_{th} \\
\downarrow 0 \\
\hline
\alpha \\
\hline
\end{array}$ $\begin{array}{c}
-\infty t \\
2\pi \\
\hline
\end{array}$ $\begin{array}{c}
-\infty t \\
\end{array}$

図 2 (上)交流電源電圧波形 (下)サイリスタ S_1 , S_2 の両端電圧 v_{th} の波形

サイリスタの電圧=電源電圧 →サイリスタ OFF

サイリスタの電圧 ~ 0 V →サイリスタ ON



 S_1 の制御角 α S_2 トリガなし

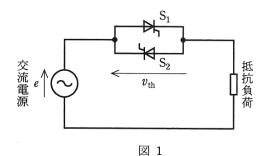
H23 問9



問9 次の文章は、単相双方向サイリスタスイッチに関する記述である。

図 1 は,交流電源と抵抗負荷との間にサイリスタ S_1 , S_2 で構成された単相 双方向スイッチを挿入した回路を示す。図示する電圧の方向を正とし,サイリスタの両端にかかる電圧 v_{th} が図 2(下) の波形であった。

サイリスタ S_1 , S_2 の運転として、このような波形となりえるものを次の(1) $\sim (5)$ のうちから一つ選べ。



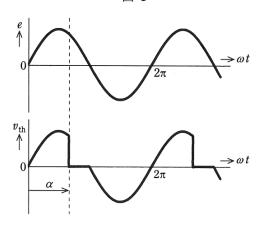


図 2 (上)交流電源電圧波形 (下)サイリスタ S_1 , S_2 の両端電圧 v_{th} の波形

- (1) S_1 , S_2 とも制御遅れ角 α で運転
- (2) S_1 は制御遅れ角 α , S_2 は制御遅れ角 0 で運転
- (3) S_1 は制御遅れ角 α , S_2 はサイリスタをトリガ(点弧)しないで運転
- (4) S_1 は制御遅れ角 0, S_2 は制御遅れ角 lpha で運転
- (5) S_1 はサイリスタをトリガ(点弧)しないで、 S_2 は制御遅れ角 lphaで運転

|H29 問 I 6



問 16 図 1 に示す単相交流電力調整回路が制御遅れ角 α [rad] で運転しているときの動作を考える。

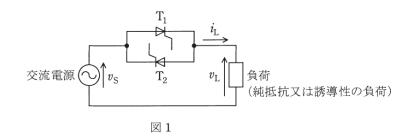
正弦波の交流電源電圧は v_s , 負荷は純抵抗負荷又は誘導性負荷であり、負荷電圧を v_L , 負荷電流を i_L とする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

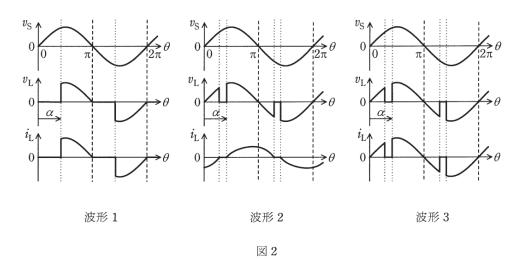
(a) 図 2 の波形 $1\sim3$ のうち, 純抵抗負荷の場合と誘導性負荷の場合とで発生する 波形の組合せとして、正しいものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

	純抵抗負荷	誘導性負荷
(1)	波形1	波形 2
(2)	波形 1	波形3
(3)	波形 2	波形 1
(4)	波形 2	波形 3
(5)	波形3	波形 2

(b) 交流電源電圧 $v_{\rm S}$ の実効値を $V_{\rm S}$ として、純抵抗負荷の場合の負荷電圧 $v_{\rm L}$ の実 効値 $V_{\rm L}$ は、 $V_{\rm L}=V_{\rm S}\sqrt{1-\frac{\alpha}{\pi}+\frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$ で表される。制御遅れ角を $\alpha_1=\frac{\pi}{2}$ [rad] から $\alpha_2=\frac{\pi}{4}$ [rad] に変えたときに、負荷の抵抗で消費される交流電力は何倍となるか、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.550
- (2) 0.742
- (3) 1.35
- (4) 1.82
- (5) 2.00





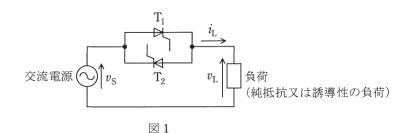


問 16 図 1 に示す単相交流電力調整回路が制御遅れ角 α [rad] で運転しているときの動作を考える。

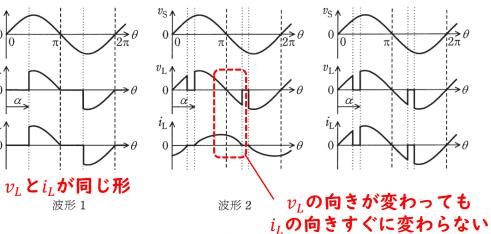
正弦波の交流電源電圧は v_s , 負荷は純抵抗負荷又は誘導性負荷であり、負荷電圧を v_L , 負荷電流を i_L とする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 図 2 の波形 $1\sim3$ のうち, 純抵抗負荷の場合と誘導性負荷の場合とで発生する 波形の組合せとして, 正しいものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

	純抵抗負荷	誘導性負荷
(1)	波形1	波形 2
(2)	波形 1	波形 3
(3)	波形 2	波形 1
(4)	波形 2	波形 3
(5)	波形3	波形 2







 $v_{\rm L}$ \uparrow



問 16 図 1 に示す単相交流電力調整回路が制御遅れ角 α [rad] で運転しているときの動作を考える。

正弦波の交流電源電圧は v_S , 負荷は純抵抗負荷又は誘導性負荷であり、負荷電圧を v_L , 負荷電流を i_L とする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

- (b) 交流電源電圧 $v_{\rm S}$ の実効値を $V_{\rm S}$ として、純抵抗負荷の場合の負荷電圧 $v_{\rm L}$ の実 効値 $V_{\rm L}$ は、 $V_{\rm L}=V_{\rm S}\sqrt{1-\frac{\alpha}{\pi}+\frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$ で表される。制御遅れ角を $\alpha_1=\frac{\pi}{2}$ [rad] から $\alpha_2=\frac{\pi}{4}$ [rad] に変えたときに、負荷の抵抗で消費される交流電力は何倍となるか、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 0.550
- (2) 0.742
- (3) 1.35
- (4) 1.82
- (5) 2.00

$$V_{L1} = V_S \sqrt{1 - \frac{\alpha_1}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha_1}{2\pi}} = V_S \sqrt{1 - \frac{\pi/2}{\pi} + \frac{\sin 2 \times \pi/2}{2\pi}} = V_S \sqrt{1 - \frac{1}{2} + \frac{0}{2\pi}} = V_S \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$V_{L2} = V_S \sqrt{1 - \frac{\alpha_2}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha_2}{2\pi}} = V_S \sqrt{1 - \frac{\pi/4}{\pi} + \frac{\sin 2 \times \pi/4}{2\pi}} = V_S \sqrt{1 - \frac{1}{4} + \frac{1}{2\pi}} = V_S \sqrt{\frac{3}{4} + \frac{1}{2\pi}}$$

$$v_{\rm S}$$
 $v_{\rm L}$ 負荷 $v_{\rm L}$ (純抵抗又は誘導性の負荷)

$$\frac{P_{L2}}{P_{L1}} = \frac{\frac{V_{L2}^2}{R}}{\frac{V_{L1}^2}{R}} = \frac{V_{L2}^2}{V_{L1}^2} = \frac{V_s^2 \times \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{2\pi}\right)}{V_s^2 \times \frac{1}{2}} = \frac{\frac{3}{4} + \frac{1}{2\pi}}{\frac{1}{2}} = 1.82$$

H29 問 16



問 16 図 1 に示す単相交流電力調整回路が制御遅れ角 α [rad] で運転しているときの動作を考える。

正弦波の交流電源電圧は $v_{\rm S}$, 負荷は純抵抗負荷又は誘導性負荷であり、負荷電圧を $v_{\rm L}$, 負荷電流を $i_{\rm L}$ とする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 図 2 の波形 $1\sim3$ のうち, 純抵抗負荷の場合と誘導性負荷の場合とで発生する 波形の組合せとして、正しいものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

	純抵抗負荷	誘導性負荷
(1)	波形1	波形 2
(2)	波形 1	波形 3
(3)	波形 2	波形1
(4)	波形 2	波形 3
(5)	波形3	波形 2

(b) 交流電源電圧 $v_{\rm S}$ の実効値を $V_{\rm S}$ として、純抵抗負荷の場合の負荷電圧 $v_{\rm L}$ の実 効値 $V_{\rm L}$ は、 $V_{\rm L}=V_{\rm S}\sqrt{1-\frac{\alpha}{\pi}+\frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$ で表される。制御遅れ角を $\alpha_1=\frac{\pi}{2}$ [rad] から $\alpha_2=\frac{\pi}{4}$ [rad] に変えたときに、負荷の抵抗で消費される交流電力は何倍となるか、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

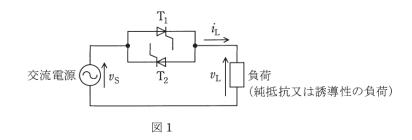


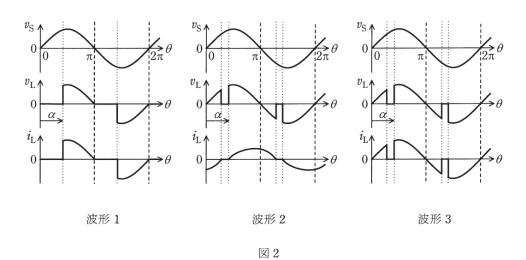
(2) 0.742

(3) 1.35

(4) 1.82

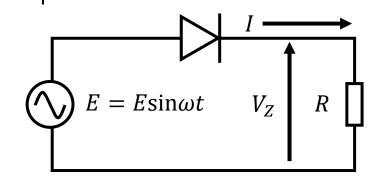
(5) 2.00

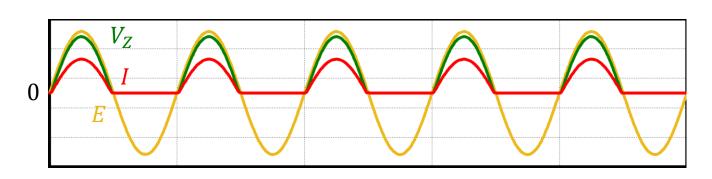


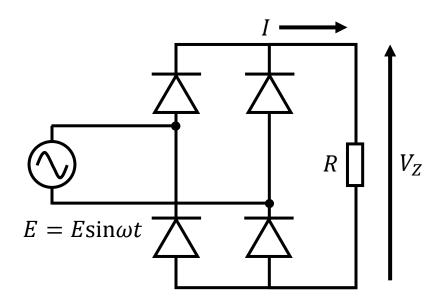


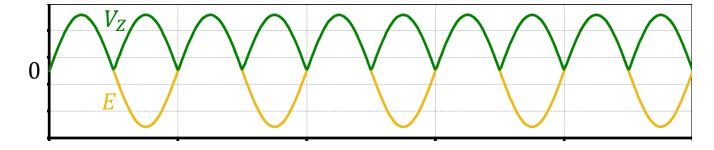
全波整流回路

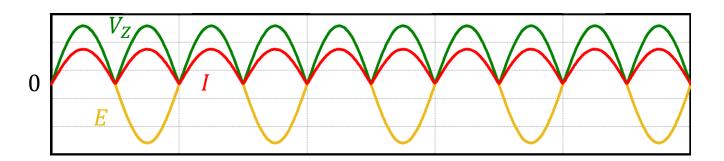






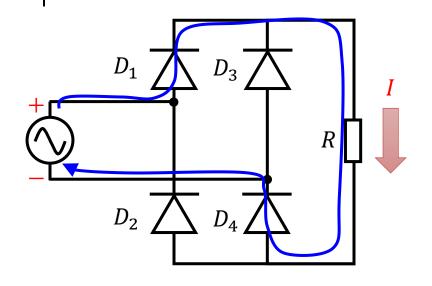


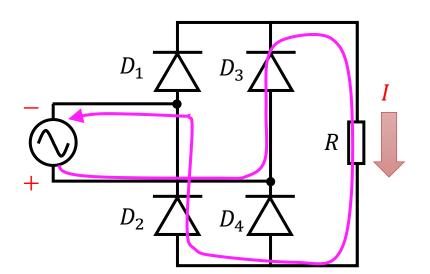


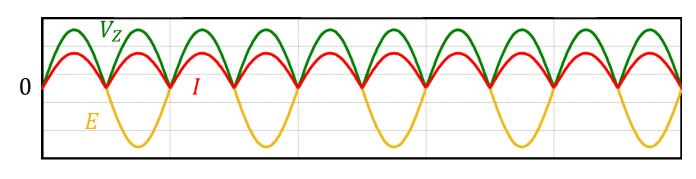


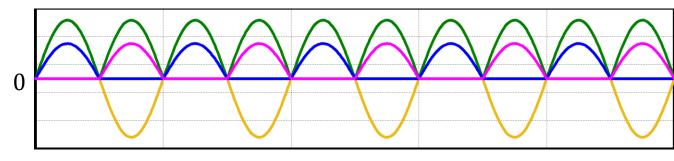
全波整流回路











 $I_{D1}, I_{D4} I_{D2}, I_{D3}$

電源電圧の向きに応じて D_1 , D_4 または D_2 , D_3 がONとなる。 電圧の向きによらず、負荷には同じ向きの電流が流れ続ける。

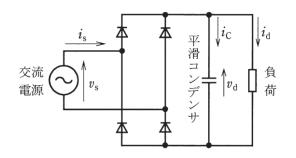
H25 問9



問9 次の文章は、下図に示すような平滑コンデンサをもつ単相ダイオード ブリッジ整流回路に関する記述である。

図の回路において、平滑コンデンサの電流 $i_{\rm C}$ は、交流電流 $i_{\rm S}$ を整流した電流 と負荷に供給する電流 $i_{\rm d}$ との差となり、電圧 $v_{\rm d}$ は (7) 波形となる。この 平滑コンデンサをもつ整流回路は、負荷側からみると直流の (4) として 動作する。

交流電源は、負荷インピーダンスに比べ電源インピーダンスが非常に小さいことが一般的であるので、通常の用途では交流の() として扱われる。この回路の交流電流 i_s は、正負の(x) 波形となる。これに対して、図には示していないが、リアクトルを交流電源と整流回路との間に挿入するなどして、波形を改善することが多い。



上記の記述中の空白箇所(r), (1), (2) 及び(x) に当てはまる組合せとして, 正しいものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

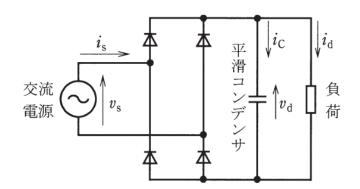
	(7)	(1)	(ウ)	(I)
(1)	脈動する	電圧源	電圧源	パルス状の
(2)	正負に反転する	電流源	電圧源	パルス状の
(3)	脈動する	電圧源	電圧源	ほぼ方形波の
(4)	正負に反転する	電圧源	電流源	パルス状の
(5)	正負に反転する	電流源	電流源	ほぼ方形波の

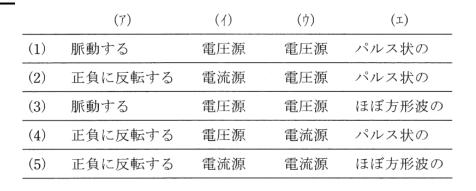


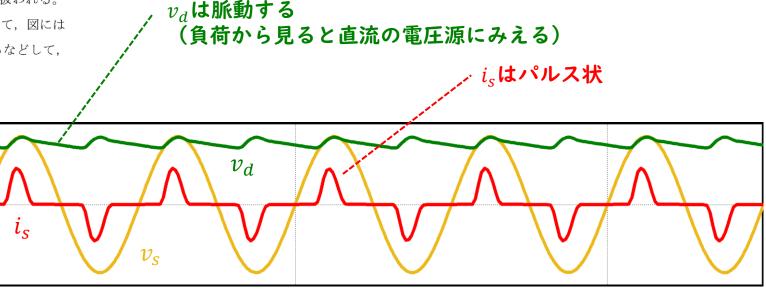
問9 次の文章は、下図に示すような平滑コンデンサをもつ単相ダイオード ブリッジ整流回路に関する記述である。

図の回路において、平滑コンデンサの電流 $i_{\rm C}$ は、交流電流 $i_{\rm S}$ を整流した電流 と負荷に供給する電流 $i_{\rm d}$ との差となり、電圧 $v_{\rm d}$ は (r) 波形となる。この 平滑コンデンサをもつ整流回路は、負荷側からみると直流の (4) として 動作する。

交流電源は、負荷インピーダンスに比べ電源インピーダンスが非常に小さいことが一般的であるので、通常の用途では交流の(0) として扱われる。この回路の交流電流 i_s は、正負の(x) 波形となる。これに対して、図には示していないが、リアクトルを交流電源と整流回路との間に挿入するなどして、波形を改善することが多い。







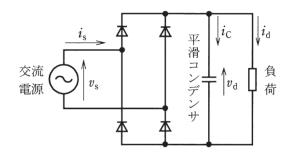
H25 問9



問9 次の文章は、下図に示すような平滑コンデンサをもつ単相ダイオード ブリッジ整流回路に関する記述である。

図の回路において、平滑コンデンサの電流 $i_{\rm C}$ は、交流電流 $i_{\rm S}$ を整流した電流 と負荷に供給する電流 $i_{\rm d}$ との差となり、電圧 $v_{\rm d}$ は (7) 波形となる。この 平滑コンデンサをもつ整流回路は、負荷側からみると直流の (4) として 動作する。

交流電源は、負荷インピーダンスに比べ電源インピーダンスが非常に小さいことが一般的であるので、通常の用途では交流の() として扱われる。この回路の交流電流 i_s は、正負の(x) 波形となる。これに対して、図には示していないが、リアクトルを交流電源と整流回路との間に挿入するなどして、波形を改善することが多い。



上記の記述中の空白箇所(r), (1), (2) 及び(x) に当てはまる組合せとして, 正しいものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

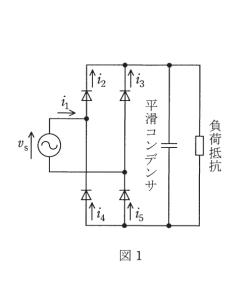
	(7)	(1)	(ウ)	(I)
(1)	脈動する	電圧源	電圧源	パルス状の
(2)	正負に反転する	電流源	電圧源	パルス状の
(3)	脈動する	電圧源	電圧源	ほぼ方形波の
(4)	正負に反転する	電圧源	電流源	パルス状の
(5)	正負に反転する	電流源	電流源	ほぼ方形波の

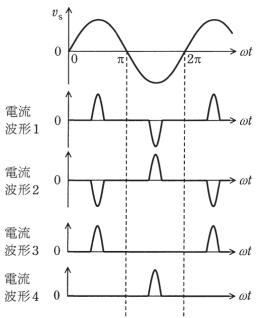
|H29 問 | I



問 11 図 1 は、平滑コンデンサをもつ単相ダイオードブリッジ整流器の基本回路である。なお、この回路のままでは電流波形に高調波が多く含まれるので、実用化に当たっては注意が必要である。

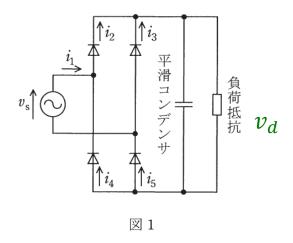
図 1 の基本回路において,一定の角周波数 ω の交流電源電圧を v_s ,電源電流を i_1 ,図中のダイオードの電流を i_2 , i_3 , i_4 , i_5 とする。平滑コンデンサの静電容量は,負荷抵抗の値とで決まる時定数が電源の1 周期に対して十分に大きくなるように選ばれている。図 2 は交流電源電圧 v_s に対する各部の電流波形の候補を示している。図 1 の電流 i_1 , i_2 , i_3 , i_4 , i_5 の波形として正しい組合せを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

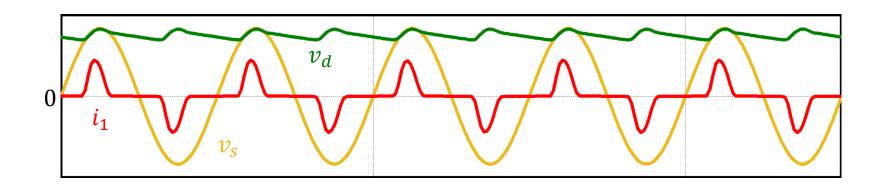


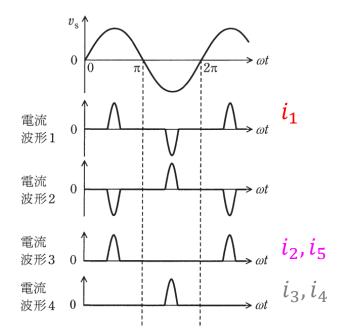


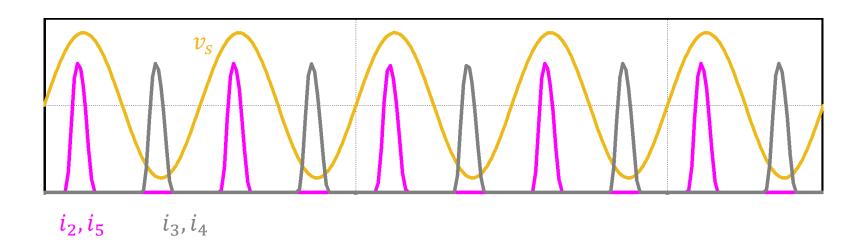
	i_1	i_2	i_3	i_4	i_5
(1)	電流波形1	電流波形 4	電流波形3	電流波形3	電流波形 4
(2)	電流波形 2	電流波形3	電流波形 4	電流波形 4	電流波形3
(3)	電流波形1	電流波形 4	電流波形3	電流波形 4	電流波形 3
(4)	電流波形 2	電流波形 4	電流波形3	電流波形3	電流波形 4
(5)	電流波形1	電流波形3	電流波形 4	電流波形 4	電流波形 3









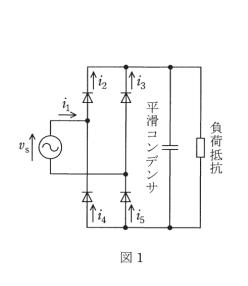


H29 問 I I



問11 図1は、平滑コンデンサをもつ単相ダイオードブリッジ整流器の基本回路である。なお、この回路のままでは電流波形に高調波が多く含まれるので、実用化に当たっては注意が必要である。

図 1 の基本回路において,一定の角周波数 ω の交流電源電圧を v_s ,電源電流を i_1 ,図中のダイオードの電流を i_2 , i_3 , i_4 , i_5 とする。平滑コンデンサの静電容量は,負荷抵抗の値とで決まる時定数が電源の1 周期に対して十分に大きくなるように選ばれている。図 2 は交流電源電圧 v_s に対する各部の電流波形の候補を示している。図 1 の電流 i_1 , i_2 , i_3 , i_4 , i_5 の波形として正しい組合せを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。



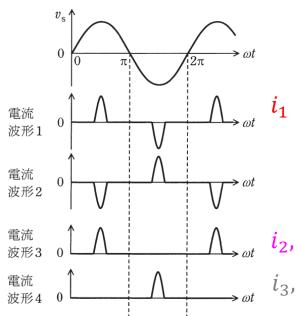


図 2

	i_1	$oldsymbol{i}_2$	i_3	i_4	i_5
(1)	電流波形1	電流波形 4	電流波形3	電流波形3	電流波形 4
(2)	電流波形 2	電流波形3	電流波形 4	電流波形 4	電流波形3
(3)	電流波形1	電流波形 4	電流波形3	電流波形 4	電流波形 3
(4)	電流波形 2	電流波形 4	電流波形3	電流波形3	電流波形 4
(5)	電流波形1	電流波形3	電流波形 4	電流波形 4	電流波形 3

ROI問IO



問10 次の文章は、単相サイリスタ整流回路に関する記述である。

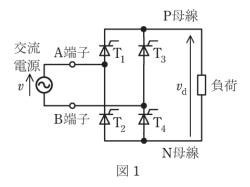
図1には純抵抗負荷に接続された単相サイリスタ整流回路を示し、 $T_1 \sim T_4$ のサイリスタはオン電圧降下を無視できるものとする。また、図1中の矢印の方向を正とした交流電源の電圧 $v = V \sin \omega t$ [V]及び直流側電圧 v_d の波形をそれぞれ破線及び実線で図2に示す。

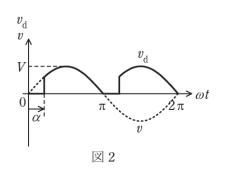
図 2 に示した交流電圧の位相において、 $\pi < \omega t < 2\pi$ の位相で同時にオン信号を与えるサイリスタは (r) である。

交流電圧 1 サイクルの中で,例えばサイリスタ T_4 から T_2 へ導通するサイリスタが換わる動作を考える。 T_4 がオンしている状態から位相 π で電流が零になると, T_4 はオフ状態となる。その後,制御遅れ角 α を経て T_2 にオン信号を与えると,電流が T_2 に流れる。このとき既に電流が零になった T_4 には,交流電圧v が (1) として印加される。すなわち, (1) であるサイリスタは,極性が変わる交流電圧を利用してターンオフすることができる。

次に交流電圧と直流側電圧の関係について考える。サイリスタ T_2 と T_3 がオンしている期間は交流電源の ($_{1}$ と直流回路のN 母線が同じ電位になるので、このときの直流側電圧 v_d t (t t t と等しくなる。

上記の記述中の空白箇所(7),(4),(9),(x)及び(4)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。





	(7)	(1)	(ウ)	(1)	(1/2)
(1)	T 1. T	临春亡	オン制御	√ 7H →	交流電圧の
(1)	$T_2 \succeq T_3$	順電圧	デバイス	A 端子	逆方向電圧 -v
(2)	$T_1 \succeq T_4$	逆電圧	オン制御	D 地 Z	大法意口
(2)	$\mathbf{I}_1 \subset \mathbf{I}_4$	 电压	デバイス	B端子	交流電圧 v
(2)	тът	逆電圧	オン制御	A 본크	交流電圧の
(3)	$T_2 \succeq T_3$	皮电圧	デバイス	A 端子	逆方向電圧 -v
(4)	т 1. т	順電圧	オンオフ制御	D 把フ	交流電圧の
(4)	$T_1 \succeq T_4$	順电圧	デバイス	B端子	逆方向電圧 -v
(E)	тьт	逆電圧	オンオフ制御	D 地 7	大体重压
(5)	$T_2 \succeq T_3$	世 电	デバイス	B端子	交流電圧 <i>v</i>



問10 次の文章は、単相サイリスタ整流回路に関する記述である。

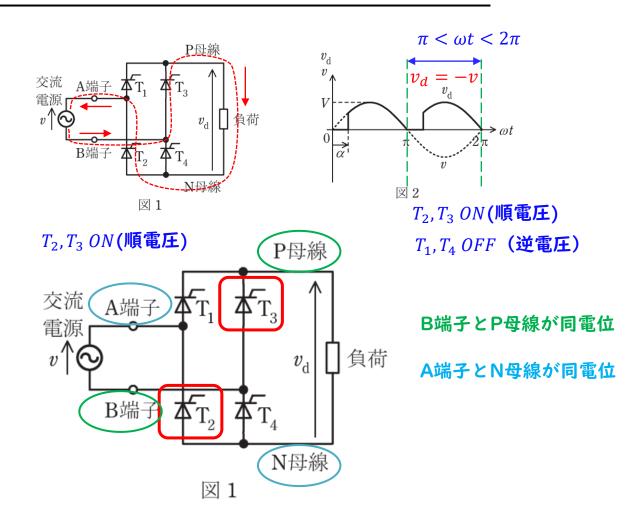
図1には純抵抗負荷に接続された単相サイリスタ整流回路を示し、 $T_1 \sim T_4$ のサイリスタはオン電圧降下を無視できるものとする。また、図1中の矢印の方向を正とした交流電源の電圧 $v = V \sin \omega t$ [V]及び直流側電圧 v_d の波形をそれぞれ破線及び実線で図2に示す。

図 2 に示した交流電圧の位相において、 $\pi < \omega t < 2\pi$ の位相で同時にオン信号を与えるサイリスタは (r) である。

交流電圧 1 サイクルの中で,例えばサイリスタ T_4 から T_2 へ導通するサイリスタが換わる動作を考える。 T_4 がオンしている状態から位相 π で電流が零になると, T_4 はオフ状態となる。その後,制御遅れ角 α を経て T_2 にオン信号を与えると,電流が T_2 に流れる。このとき既に電流が零になった T_4 には,交流電圧 v が ((1)として印加される。すなわち,(v であるサイリスタは,極性が変わる交流電圧を利用してターンオフすることができる。

次に交流電圧と直流側電圧の関係について考える。サイリスタ T_2 と T_3 がオンしている期間は交流電源の (x) と直流回路のN 母線が同じ電位になるので、このときの直流側電圧 v_d は (t) と等しくなる。

上記の記述中の空白箇所(7),(4),(9),(x)及び(4)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。



ROI問IO



問10 次の文章は、単相サイリスタ整流回路に関する記述である。

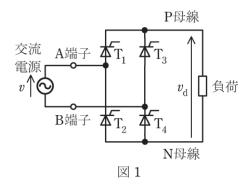
図1には純抵抗負荷に接続された単相サイリスタ整流回路を示し、 $T_1 \sim T_4$ のサイリスタはオン電圧降下を無視できるものとする。また、図1中の矢印の方向を正とした交流電源の電圧 $v = V \sin \omega t$ [V]及び直流側電圧 v_d の波形をそれぞれ破線及び実線で図2に示す。

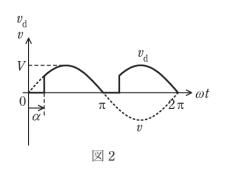
図 2 に示した交流電圧の位相において、 $\pi < \omega t < 2\pi$ の位相で同時にオン信号を与えるサイリスタは (r) である。

交流電圧 1 サイクルの中で,例えばサイリスタ T_4 から T_2 へ導通するサイリスタが換わる動作を考える。 T_4 がオンしている状態から位相 π で電流が零になると, T_4 はオフ状態となる。その後,制御遅れ角 α を経て T_2 にオン信号を与えると,電流が T_2 に流れる。このとき既に電流が零になった T_4 には,交流電圧 v が ((1)として印加される。すなわち,(v であるサイリスタは,極性が変わる交流電圧を利用してターンオフすることができる。

次に交流電圧と直流側電圧の関係について考える。サイリスタ T_2 と T_3 がオンしている期間は交流電源の ($_{1}$ と直流回路のN 母線が同じ電位になるので、このときの直流側電圧 v_d t (t t t と等しくなる。

上記の記述中の空白箇所(7),(4),(9),(x)及び(4)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。





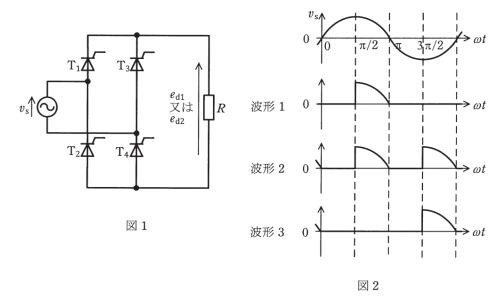
	(7)	(1)	(ウ)	(I)	(1)
(1)	T 1. T	順電圧	オン制御	л 44 – 2	交流電圧の
(1)	$T_2 \succeq T_3$	順电圧	デバイス	A 端子	逆方向電圧 -v
(0)	T. 1. T.	光香口	オン制御	D 神 フ	大法委厅
(2)	$T_1 \succeq T_4$	逆電圧	デバイス	B端子	交流電圧 v
(2)	$T_2 \succeq T_3$	逆電圧	オン制御	л <u>н</u> ц - 7.	交流電圧の
(3)	$1_2 \subset 1_3$	皮电圧	デバイス	A 端子	逆方向電圧 -v
(4)	$T_1 \succeq T_4$	順電圧	オンオフ制御	D. 拱フ	交流電圧の
(4)	$I_1 \subset I_4$	順电圧	デバイス	B端子	逆方向電圧 -v
(5)	$T_2 \succeq T_3$	逆電圧	オンオフ制御	D 地 7	
(5)	1 ₂ < 1 ₃	皮电压	デバイス	B端子	父侃电圧 ₹

H28 問 I 6



問16 純抵抗を負荷とした単相サイリスタ全波整流回路の動作について, 次の(a) 及び(b)の問に答えよ。

(a) 図1に単相サイリスタ全波整流回路を示す。サイリスタ $T_1 \sim T_4$ に制御遅れ角 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ [rad] でゲート信号を与えて運転しようとしている。 T_2 及び T_3 のゲート信 号は正しく与えられたが、 T_1 及び T_4 のゲート信号が全く与えられなかった場合 の出力電圧波形を e_{d1} とし、正しく $T_1 \sim T_4$ にゲート信号が与えられた場合の出力 電圧波形を e_{d2} とする。図2の波形1~波形3から, e_{d1} と e_{d2} の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。



	電圧波形 $e_{\rm d1}$	電圧波形 e_{d2}
(1)	波形1	波形2
(2)	波形 2	波形1
(3)	波形2	波形3
(4)	波形3	波形1
(5)	波形3	波形2

(b) 単相交流電源電圧 v_s の実効値をV[V]とする。ゲート信号が正しく与えられ た場合の出力電圧波形 e_{α} について, 制御遅れ角 α [rad] と出力電圧の平均値 $E_d[V]$ との関係を表す式として、正しいものに最も近いものを次の(1)~(5)の うちから一つ選べ。

(1)
$$E_{\rm d} = 0.45V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

(2)
$$E_{\rm d} = 0.9V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$
 (3) $E_{\rm d} = V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$

$$(3) \quad E_{\rm d} = V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

(4)
$$E_d = 0.45V \cos \alpha$$

$$(5) \quad E_{\rm d} = 0.9V \cos \alpha$$



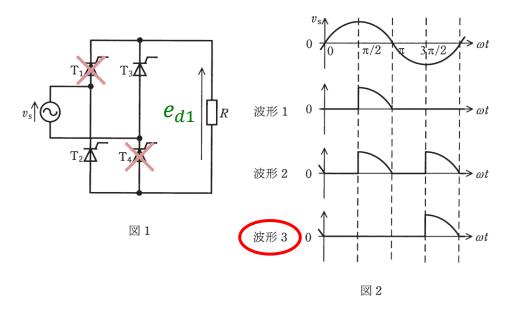
問16 純抵抗を負荷とした単相サイリスタ全波整流回路の動作について,次の(a) 及び(b)の問に答えよ。

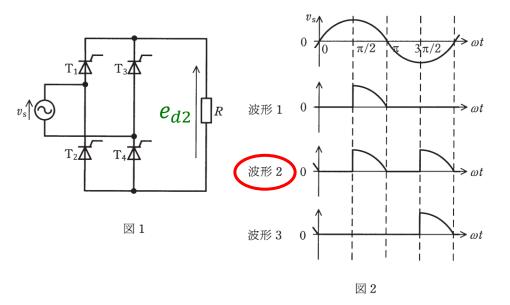
(a) 図1に単相サイリスタ全波整流回路を示す。サイリスタ T_1 ~ T_4 に制御遅れ角 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ [rad]でゲート信号を与えて運転しようとしている。 T_2 及び T_3 のゲート信号は正しく与えられたが, T_1 及び T_4 のゲート信号が全く与えられなかった場合の出力電圧波形を e_{d1} とし,正しく T_1 ~ T_4 にゲート信号が与えられた場合の出力電圧波形を e_{d2} とする。図2の波形1~波形3から, e_{d1} と e_{d2} の組合せとして正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

(b) 単相交流電源電圧 v_s の実効値をV[V]とする。ゲート信号が正しく与えられた場合の出力電圧波形 e_{dz} について,制御遅れ角 $\alpha[rad]$ と出力電圧の平均値 $E_d[V]$ との関係を表す式として,正しいものに最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

$$E_d = \sqrt{2}V \frac{-\cos \pi + \cos \alpha}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi}V(1 + \cos \alpha)$$

= 0.45V(1 + \cos \alpha) = 0.9V\frac{1 + \cos \alpha}{2}



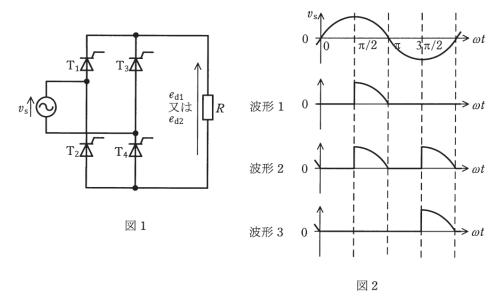


H28 問 I 6



問16 純抵抗を負荷とした単相サイリスタ全波整流回路の動作について, 次の(a) 及び(b)の問に答えよ。

(a) 図1に単相サイリスタ全波整流回路を示す。サイリスタ $T_1 \sim T_4$ に制御遅れ角 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ [rad] でゲート信号を与えて運転しようとしている。 T_2 及び T_3 のゲート信 号は正しく与えられたが、 T_1 及び T_4 のゲート信号が全く与えられなかった場合 の出力電圧波形を e_{d1} とし、正しく $T_1 \sim T_4$ にゲート信号が与えられた場合の出力 電圧波形を e_{d2} とする。図2の波形1~波形3から, e_{d1} と e_{d2} の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。



	電圧波形 $e_{\rm d1}$	電圧波形 $e_{ m d2}$
(1)	波形1	波形2
(2)	波形 2	波形1
(3)	波形2	波形3
(4)	波形3	波形1
(5)	波形3	波形2

(b) 単相交流電源電圧 v_s の実効値をV[V]とする。ゲート信号が正しく与えられ た場合の出力電圧波形 e_{α} について,制御遅れ角 α [rad] と出力電圧の平均値 $E_d[V]$ との関係を表す式として、正しいものに最も近いものを次の(1)~(5)の うちから一つ選べ。

(1)
$$E_{\rm d} = 0.45V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

(2)
$$E_{\rm d} = 0.9V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$
 (3) $E_{\rm d} = V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$

$$(3) \quad E_{\rm d} = V \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

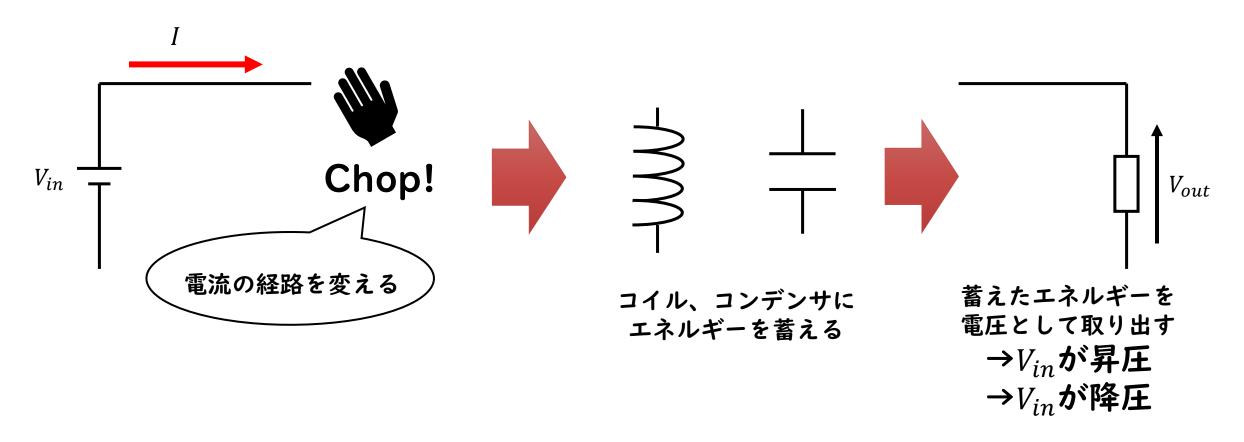
(4)
$$E_d = 0.45V \cos \alpha$$

$$(5) \quad E_{\rm d} = 0.9V \cos \alpha$$

チョッパ回路

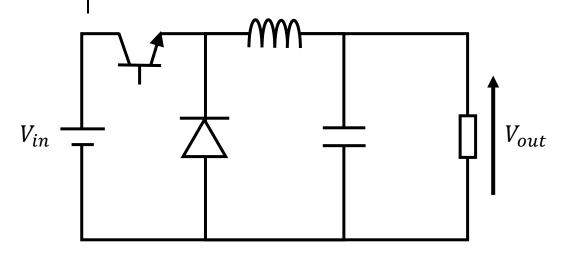


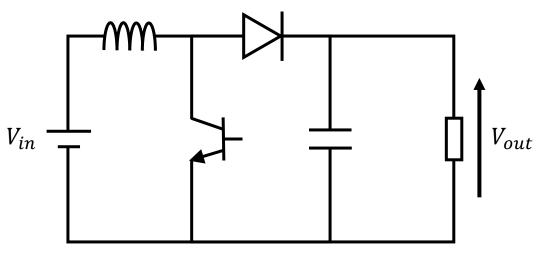
半導体スイッチ素子を使い、電圧のレベルを変換する回路



チョッパ回路



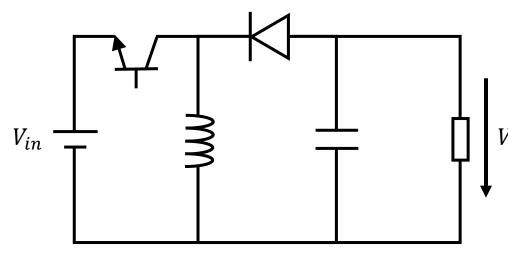




降圧チョッパ回路

$$V_{out} = dV_{in}$$

昇圧チョッパ回路
$$V_{out} = \frac{1}{1-d} V_{in}$$



昇降圧チョッパ回路

$$V_{out} \qquad V_{out} = \frac{d}{d-1} \ V_{in}$$

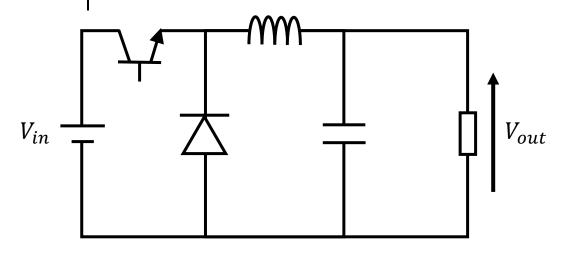
$$d$$
:通流率 $d = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{T_{on}}{T}$

 T_{ON} :トランジスタON時間 T_{OFF} :トランジスタOFF時間

T:スイッチング周期

降圧チョッパ回路



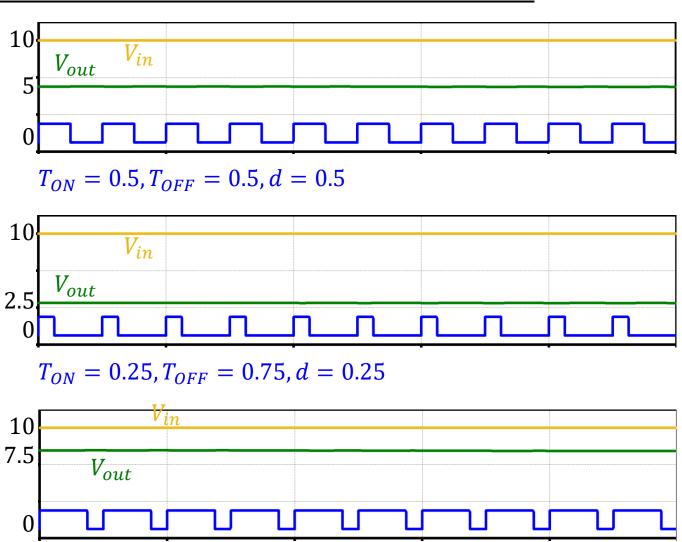


$$V_{out} = dV_{in}$$

$$d = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

 T_{ON} :トランジスタON時間

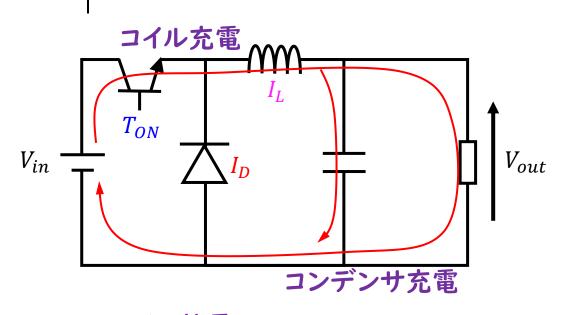
 T_{OFF} :トランジスタOFF時間

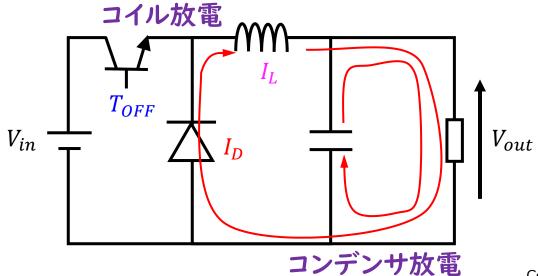


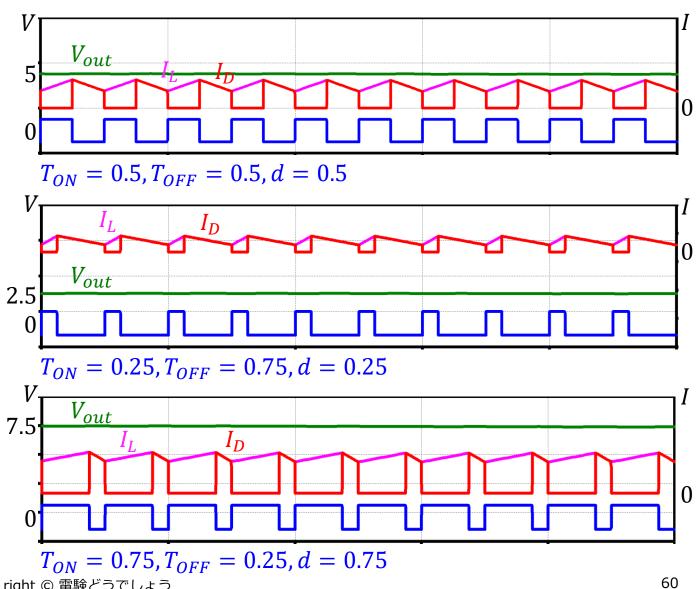
$$T_{ON} = 0.75, T_{OFF} = 0.25, d = 0.75$$

降圧チョッパ回路



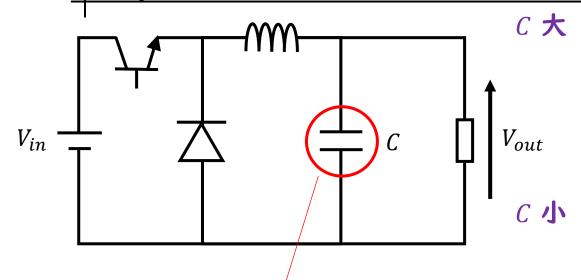






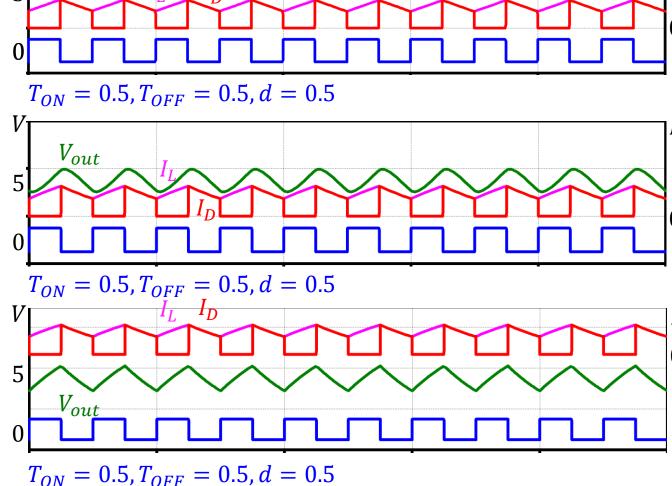
降圧チョッパ回路





コンデンサの必要性

コンデンサは出力電圧の変動 (リップル)を抑える効果がある



C無

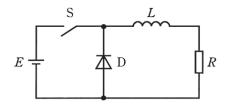
 V_{out}

|H27 問 I O



問10 図のような直流チョッパがある。

直流電源電圧 $E=400\,\mathrm{V}$ 、平滑リアクトル $L=1\,\mathrm{mH}$ 、負荷抵抗 $R=10\,\Omega$ 、スイッチ S の動作周波数 $f=10\,\mathrm{kHz}$ 、通流率 d=0.6 で回路が定常状態になっている。D はダイオードである。このとき負荷抵抗に流れる電流の平均値 [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) 2.5

(2) 3.8

(3) 16.0

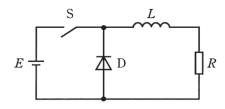
(4) 24.0

(5) 40.0



問10 図のような直流チョッパがある。

直流電源電圧 $E=400\,\mathrm{V}$ 、平滑リアクトル $L=1\,\mathrm{mH}$ 、負荷抵抗 $R=10\,\Omega$ 、スイッチ S の動作周波数 $f=10\,\mathrm{kHz}$ 、通流率 d=0.6 で回路が定常状態になっている。D はダイオードである。このとき負荷抵抗に流れる電流の平均値 [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) 2.5

(2) 3.8

(3) 16.0



(5) 40.0

降圧チョッパ
$$V_{out} = dV_{in}$$

$$V_{out} = dV_{in} = 0.6 \times 400 = 240 \text{ V}$$

$$I_{out} = \frac{V_{out}}{R} = \frac{240}{10} = 24 \text{ A}$$

H30 問 16



- 問16 図1に示す降圧チョッパの回路は、電圧Eの直流電源、スイッチングする半 導体バルブデバイスS, ダイオードD, リアクトルL, 及び抵抗Rの負荷から構 成されている。また、図 2 には、図 1 の回路に示すダイオード D の電圧 v_D と負 荷の電流 i_{R} の波形を示す。次の(a)及び(b)の問に答えよ。
 - (a) 降圧チョッパの回路動作に関し、図3~図5に、実線で示した回路に流れる 電流のループと方向を示した三つの電流経路を考える。図2の時刻t,及び時刻 t_2 において、それぞれどの電流経路となるか。正しい組合せを次の(1) \sim (5) の うちから一つ選べ。

	時刻 t_1	時刻 t_2
(1)	電流経路(A)	電流経路(B)
(2)	電流経路(A)	電流経路(C)
(3)	電流経路(B)	電流経路(A)
(4)	電流経路(B)	電流経路(C)
(5)	電流経路(C)	電流経路(B)

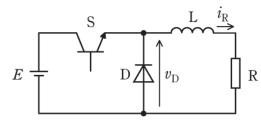


図1 降圧チョッパ

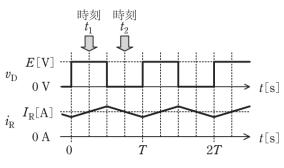
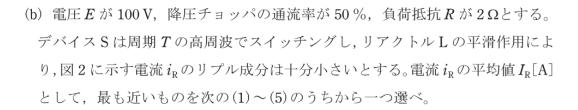


図2 動作波形

_ ノ じしょ ノ



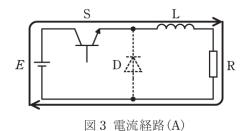


(2) 25.0

(3) 35.4

(4) 50.1

(5) 70.7



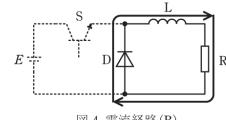
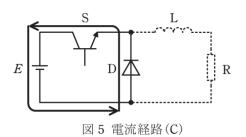


図4 電流経路(B)

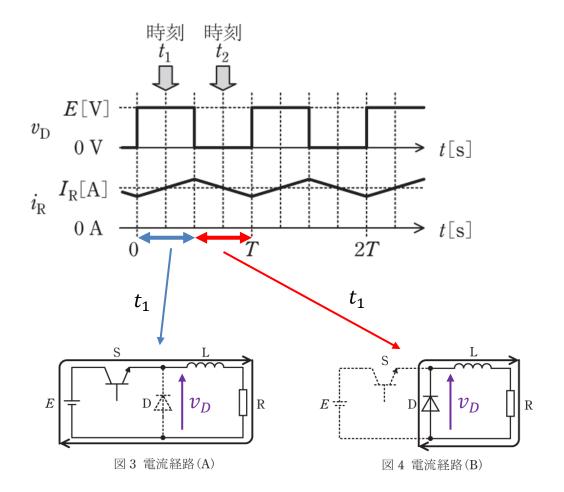






- 問 16 図 1 に示す降圧チョッパの回路は、電圧 E の直流電源、スイッチングする半導体バルブデバイス S、ダイオード D、リアクトル L、及び抵抗 R の負荷から構成されている。また、図 2 には、図 1 の回路に示すダイオード D の電圧 v_D と負荷の電流 i_R の波形を示す。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。
 - (a) 降圧チョッパの回路動作に関し、図 $3\sim$ 図 5 に、実線で示した回路に流れる電流のループと方向を示した三つの電流経路を考える。図 2 の時刻 t_1 及び時刻 t_2 において、それぞれどの電流経路となるか。正しい組合せを次の $(1)\sim(5)$ の 5 ちから一つ選べ。

	時刻 t_1	時刻 t_2
(1)	電流経路(A)	電流経路(B)
(2)	電流経路(A)	電流経路(C)
(3)	電流経路(B)	電流経路(A)
(4)	電流経路(B)	電流経路(C)
(5)	電流経路(C)	電流経路(B)





問 16 図 1 に示す降圧チョッパの回路は、電圧 E の直流電源、スイッチングする半導体バルブデバイス S、ダイオード D、リアクトル L、及び抵抗 R の負荷から構成されている。また、図 2 には、図 1 の回路に示すダイオード D の電圧 v_D と負荷の電流 i_R の波形を示す。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

- (b) 電圧 E が 100 V,降圧チョッパの通流率が 50 %,負荷抵抗 R が 2Ω とする。 デバイス S は周期 T の高周波でスイッチングし,リアクトル L の平滑作用により,図 2 に示す電流 i_R のリプル成分は十分小さいとする。電流 i_R の平均値 I_R [A] として,最も近いものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 17.7



(3) 35.4

(4) 50.1

(5) 70.7

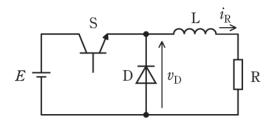


図1 降圧チョッパ

降圧チョッパ
$$V_{out} = dV_{in}$$

$$V_{out} = dV_{in} = 0.5 \times 100 = 50 \text{ V}$$

$$I_{out} = \frac{V_{out}}{R} = \frac{50}{2} = 25 \text{ A}$$

H30 問 16



- 問16 図1に示す降圧チョッパの回路は、電圧Eの直流電源、スイッチングする半 導体バルブデバイスS, ダイオードD, リアクトルL, 及び抵抗Rの負荷から構 成されている。また、図 2 には、図 1 の回路に示すダイオード D の電圧 v_D と負 荷の電流 i_{R} の波形を示す。次の(a)及び(b)の問に答えよ。
 - (a) 降圧チョッパの回路動作に関し、図3~図5に、実線で示した回路に流れる 電流のループと方向を示した三つの電流経路を考える。図2の時刻t,及び時刻 t_2 において、それぞれどの電流経路となるか。正しい組合せを次の(1) \sim (5) の うちから一つ選べ。

	時刻 t_1	時刻 t_2
(1)	電流経路(A)	電流経路(B)
(2)	電流経路(A)	電流経路(C)
(3)	電流経路(B)	電流経路(A)
(4)	電流経路(B)	電流経路(C)
(5)	電流経路(C)	電流経路(B)

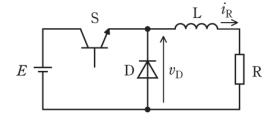


図1 降圧チョッパ

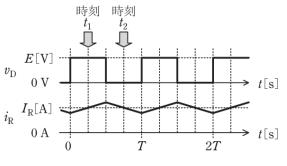


図2 動作波形

(b) 電圧E が 100 V, 降圧チョッパの通流率が 50 %, 負荷抵抗R が 2Ω とする。 デバイスSは周期Tの高周波でスイッチングし、リアクトルLの平滑作用によ り,図2に示す電流 i_R のリプル成分は十分小さいとする。電流 i_R の平均値 I_R [A] として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

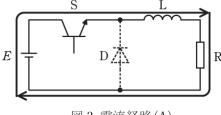
(1) 17.7

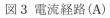


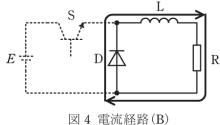
(3) 35.4

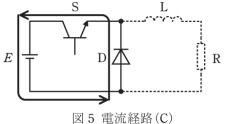
(4) 50.1

(5) 70.7



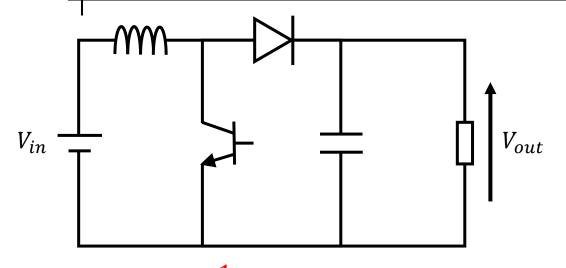






昇圧チョッパ回路



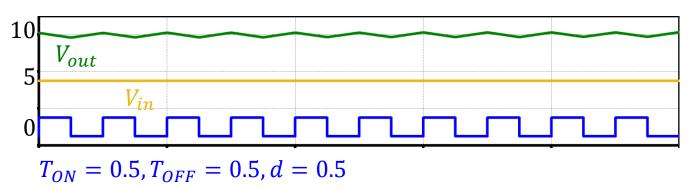


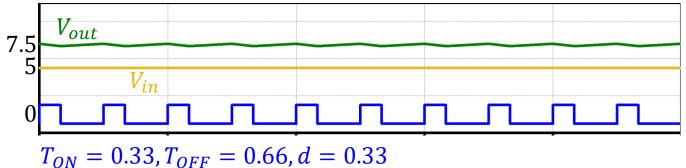
$$V_{out} = \frac{1}{1 - d} V_{in}$$

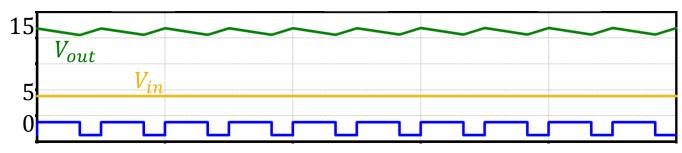
$$d = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

 T_{ON} :トランジスタON時間

 T_{OFF} :トランジスタOFF時間



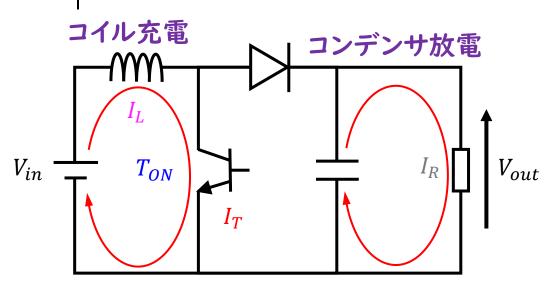


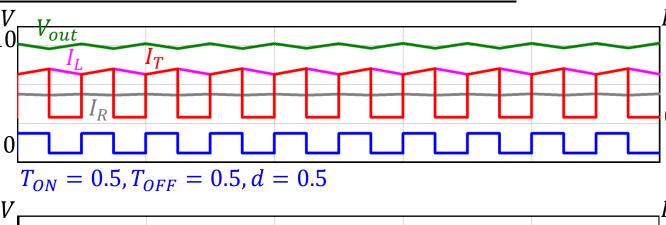


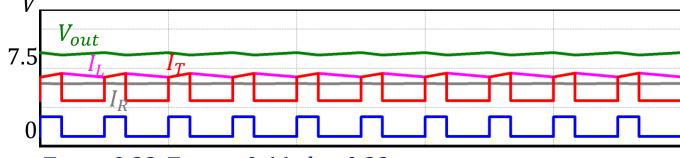
$$T_{ON} = 0.66, T_{OFF} = 0.33, d = 0.66$$

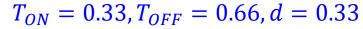
昇圧チョッパ回路

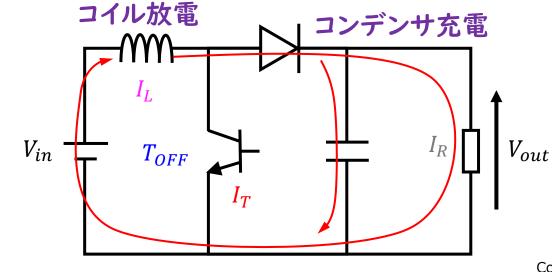


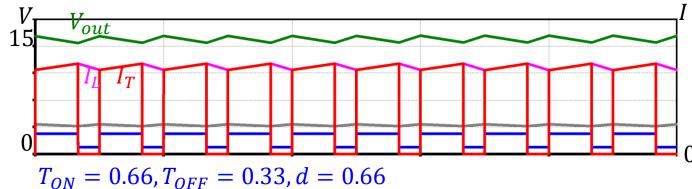








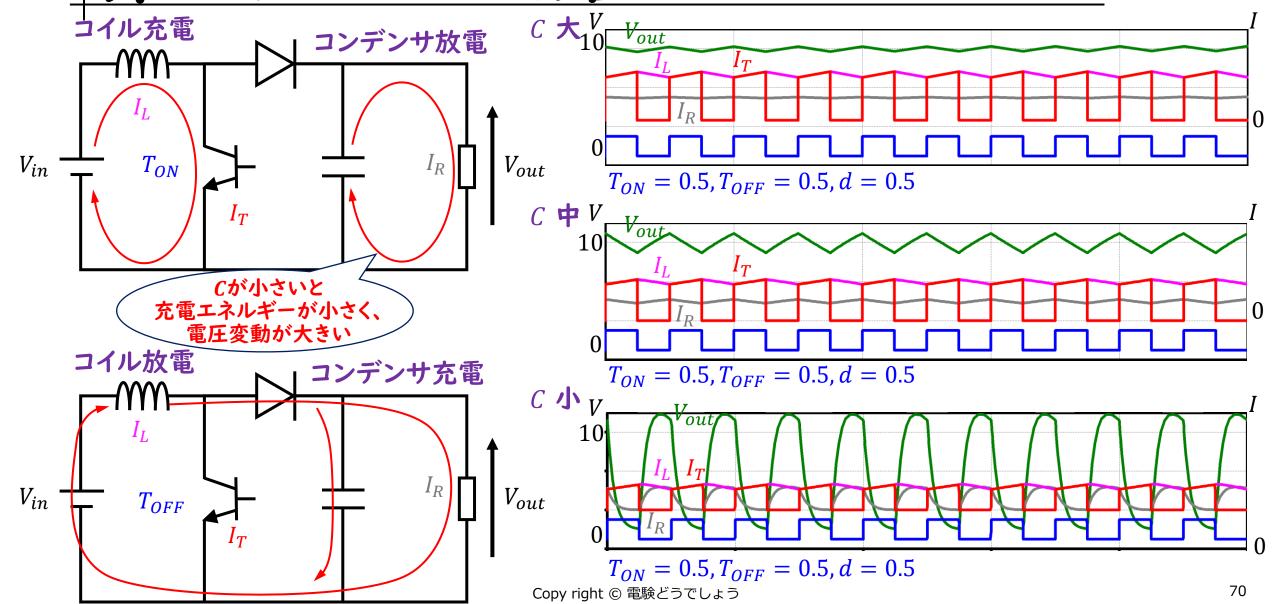




Copy right © 電験どうでしょう

昇圧チョッパ回路



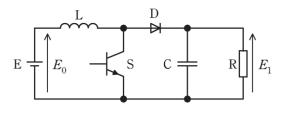


ROI 問16



問 16 図は直流昇圧チョッパ回路であり、スイッチングの周期を T[s]とし、その中での動作を考える。ただし、直流電源 E の電圧を $E_0[V]$ とし、コンデンサ C の容量は十分に大きく出力電圧 $E_1[V]$ は一定とみなせるものとする。

半導体スイッチ S がオンの期間 T_{on} [s] では,E- リアクトル L-S-E の経路 と C- 負荷 R-C の経路の二つで電流が流れ,このときに L に蓄えられるエネル ギーが増加する。S がオフの期間 T_{off} [s] では,E-L- ダイオード D- (C と R の 並列回路) -E の経路で電流が流れ,L に蓄えられたエネルギーが出力側に放出される。次の(a) 及び(b) の間に答えよ。



昇圧チョッパ回路

(a) この動作において、Lの磁束を増加させる電圧時間積は (7) であり、磁束を減少させる電圧時間積は (4) である。定常状態では、増加する磁束と減少する磁束が等しいとおけるので、入力電圧と出力電圧の関係を求めることができる。

上記の記述中の空白箇所(r)及び(1)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。

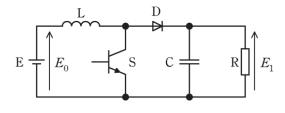
	(7)	(1)
(1)	$E_0 \cdot T_{ m on}$	$(E_1-E_0)\cdot T_{\rm off}$
(2)	$E_0 \cdot T_{ m on}$	$E_1 \cdot T_{\rm off}$
(3)	$E_0 \cdot T$	$E_1 \cdot T_{\rm off}$
(4)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{\text{on}}$	$(E_1-E_0)\cdot T_{\rm off}$
(5)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{\text{on}}$	$(E_1-E_0)\cdot T$

- (b) 入力電圧 $E_0 = 100 \, \mathrm{V}$, 通流率 $\alpha = 0.2 \, \text{のときに}$, 出力電圧 $E_1 \, \text{の値}[\mathrm{V}]$ として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 80
- (2) 125
- (3) 200
- (4) 400
- (5) 500



問 16 図は直流昇圧チョッパ回路であり、スイッチングの周期を T[s]とし、その中での動作を考える。ただし、直流電源 E の電圧を $E_0[V]$ とし、コンデンサ C の容量は十分に大きく出力電圧 $E_1[V]$ は一定とみなせるものとする。

半導体スイッチ S がオンの期間 T_{on} [s]では,E- リアクトル L-S-E の経路 と C- 負荷 R-C の経路の二つで電流が流れ,このときに L に蓄えられるエネル ギーが増加する。S がオフの期間 T_{off} [s]では,E-L- ダイオード D- (C と R の 並列回路) -E の経路で電流が流れ,L に蓄えられたエネルギーが出力側に放出される。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。



昇圧チョッパ回路

	(7)	(1)
(1)	$E_0 \cdot T_{ m on}$	$(E_1-E_0)\cdot T_{\rm off}$
(2)	$E_0 \cdot T_{\mathrm{on}}$	$E_1 \cdot T_{\rm off}$
(3)	$\boldsymbol{E}_0 \cdot \boldsymbol{T}$	$E_1 \cdot T_{ ext{off}}$
(4)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{\text{on}}$	$(E_1-E_0)\cdot T_{\rm off}$
(5)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{\text{on}}$	$(E_1-E_0)\cdot T$

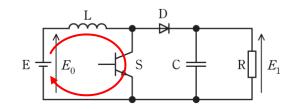
(a) この動作において、Lの磁束を増加させる電圧時間積は (7) であり、磁束を減少させる電圧時間積は (4) である。定常状態では、増加する磁束と減少する磁束が等しいとおけるので、入力電圧と出力電圧の関係を求めることができる。

コイルの電圧と磁束の関係

$$V_L = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \rightarrow \Delta \Phi = V_L \Delta t$$

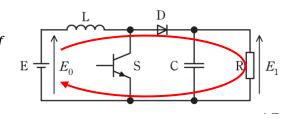
磁束増加→Sが閉じているとき (電源とコイルのみなので充電)

$$\Delta \Phi_{up} = V_L \Delta t = E_0 \cdot T_{on}$$



磁束減少→Sが開いているとき (電源と負荷が接続され放電)

$$\Delta \Phi_{down} = V_L \Delta t = (E_1 - E_0) \cdot T_{off}$$

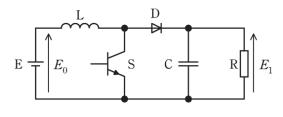


導出のポイント



問 16 図は直流昇圧チョッパ回路であり、スイッチングの周期を T[s]とし、その 中での動作を考える。ただし、直流電源 E の電圧を E_0 [V] とし、コンデンサ C の 容量は十分に大きく出力電圧 $E_1[V]$ は一定とみなせるものとする。

半導体スイッチ S がオンの期間 T_{on} [s]では,E-リアクトル L-S-E の経路 E C - 負荷 R - C の経路の二つで電流が流れ、このときに E に蓄えられるエネル ギーが増加する。S がオフの期間 T_{off} [s] では,E -L -ダイオード D - (C \ge R σ 並列回路)-E の経路で電流が流れ、L に蓄えられたエネルギーが出力側に放出さ れる。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



昇圧チョッパ回路

(b) 入力電圧 $E_0 = 100 \, \text{V}$, 通流率 $\alpha = 0.2 \, \text{のときに}$, 出力電圧 $E_1 \, \text{の値}[\text{V}] \, \text{として}$, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

(1) 80



(3) 200

(4) 400

(5) 500

昇圧チョッパ
$$V_{out} = \frac{1}{1-d}V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{1}{1 - d} V_{in} = \frac{1}{1 - 0.2} \times 100 = \frac{100}{0.8} = 125 \text{ V}$$

<参考>

$$\Delta \Phi_{up} = V_L \Delta t = E_0 \cdot T_{on}$$
 $\Delta \Phi_{down} = V_L \Delta t = (E_1 - E_0) \cdot T_{off}$

$$\Delta \Phi_{up} = \Delta \Phi_{down}$$
を満たすように周期変化するので

$$E_{0} \cdot T_{on} = (E_{1} - E_{0}) \cdot T_{off} \rightarrow E_{0} \frac{T_{on}}{T_{off}} = E_{1} - E_{0}$$

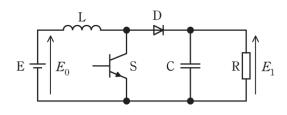
$$E_{1} = \left(1 + \frac{T_{on}}{T_{off}}\right) E_{0} = \frac{T_{on} + T_{off}}{T_{off}} E_{0} = \frac{1}{1 - d} E_{0} \qquad d = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}$$

ROI 問16



問 16 図は直流昇圧チョッパ回路であり、スイッチングの周期を T[s]とし、その中での動作を考える。ただし、直流電源 E の電圧を $E_0[V]$ とし、コンデンサ C の容量は十分に大きく出力電圧 $E_1[V]$ は一定とみなせるものとする。

半導体スイッチ S がオンの期間 T_{on} [s]では,E-リアクトル L-S-E の経路 と C-負荷 R-C の経路の二つで電流が流れ,このときに L に蓄えられるエネル ギーが増加する。S がオフの期間 T_{off} [s]では,E-L-ダイオード D-(C と R の 並列回路) -E の経路で電流が流れ,L に蓄えられたエネルギーが出力側に放出される。次の(a) 及び(b) の間に答えよ。



昇圧チョッパ回路

(a) この動作において、Lの磁束を増加させる電圧時間積は (7) であり、磁束を減少させる電圧時間積は (4) である。定常状態では、増加する磁束と減少する磁束が等しいとおけるので、入力電圧と出力電圧の関係を求めることができる。

上記の記述中の空白箇所(r)及び(1)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。

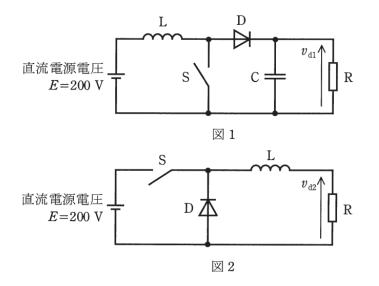
	(7)	(1)
(1)	$E_0 \cdot T_{ m on}$	$(E_1-E_0)\cdot T_{\rm off}$
(2)	$E_0 \cdot T_{ m on}$	$E_1 \cdot T_{\rm off}$
(3)	$E_0 \cdot T$	$E_1 \cdot T_{\rm off}$
(4)	$(E_0-E_1)\cdot T_{\rm on}$	$(E_1-E_0)\cdot T_{\rm off}$
(5)	$(E_0-E_1)\cdot T_{\rm on}$	$(E_1-E_0)\cdot T$

- (b) 入力電圧 $E_0 = 100 \, \mathrm{V}$, 通流率 $\alpha = 0.2 \, \text{のときに}$, 出力電圧 $E_1 \, \text{の値}[\mathrm{V}]$ として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 80
- (2) 12
- (3) 200
- (4) 400
- (5) 500

H28 問9



問9 図は、2種類の直流チョッパを示している。いずれの回路もスイッチ S、ダイオード D、リアクトル L、コンデンサ C(図 1のみに使用されている。)を用いて、直流電源電圧 E=200 V を変換し、負荷抵抗 Rの電圧 $v_{\rm dl}$ 、 $v_{\rm d2}$ を制御するためのものである。これらの回路で、直流電源電圧は E=200 V 一定とする。また、負荷抵抗 Rの抵抗値とリアクトル Lのインダクタンス又はコンデンサ Cの静電容量の値とで決まる時定数が、スイッチ Sの動作周期に対して十分に大きいものとする。各回路のスイッチ Sの通流率を 0.7 とした場合、負荷抵抗 Rの電圧 $v_{\rm d1}$ 、 $v_{\rm d2}$ の平均値 $V_{\rm d1}$ 、 $V_{\rm d2}$ の値 [V]の組合せとして、最も近いものを次の (1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

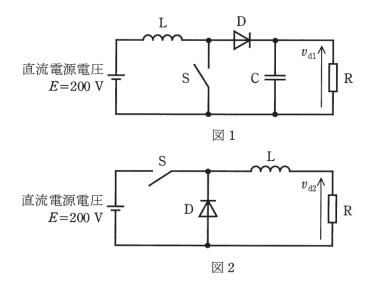


	$V_{ m d1}$	$V_{ m d2}$
(1)	667	140
(2)	467	60
(3)	667	86
(4)	467	140
(5)	286	60





問9 図は、2種類の直流チョッパを示している。いずれの回路もスイッチ S、ダイオード D、リアクトル L、コンデンサ C(図 1のみに使用されている。)を用いて、直流電源電圧 E=200 V を変換し、負荷抵抗 Rの電圧 $v_{\rm dl}$ 、 $v_{\rm d2}$ を制御するためのものである。これらの回路で、直流電源電圧は E=200 V 一定とする。また、負荷抵抗 Rの抵抗値とリアクトル Lのインダクタンス又はコンデンサ Cの静電容量の値とで決まる時定数が、スイッチ Sの動作周期に対して十分に大きいものとする。各回路のスイッチ Sの通流率を 0.7 とした場合、負荷抵抗 Rの電圧 $v_{\rm d1}$ 、 $v_{\rm d2}$ の平均値 $V_{\rm d1}$ 、 $V_{\rm d2}$ の値 [V]の組合せとして、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。



	$V_{ m d1}$	$V_{ m d2}$
(1)	667	140
(2)	467	60
(3)	667	86
(4)	467	140
(5)	286	60

昇圧チョッパ
$$V_{out} = \frac{1}{1-d}V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{1}{1 - d} V_{in} = \frac{1}{1 - 0.7} \times 200 = \frac{200}{0.3} = 667 \text{ V}$$

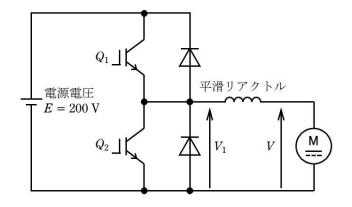
降圧チョッパ
$$V_{out} = dV_{in}$$

$$V_{out} = dV_{in} = 0.7 \times 200 = 140 \text{ V}$$

|H26 問 I 6



問16 図のように他励直流機を直流チョッパで駆動する。電源電圧は $E=200\,\mathrm{V}$ で一定とし、直流機の電機子電圧をVとする。 $IGBT\ Q_1$ 及び Q_2 をオンオフ動作させるときのスイッチング周波数は $500\,\mathrm{Hz}$ であるとする。なお、本問では直流機の定常状態だけを扱うものとする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

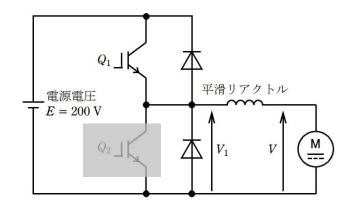


- (a) この直流機を電動機として駆動する場合, Q_2 をオフとし, Q_1 をオンオフ制御することで,Vを調整することができる。電圧 V_1 の平均値が 150 Vのとき,1 周期の中で Q_1 がオンになっている時間の値 [ms] として,最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。
 - (1) 0.75
- (2) 1.00
- (3) 1.25
- (4) 1.50
- (5) 1.75
- (b) Q_1 をオフして Q_2 をオンオフ制御することで、電機子電流の向きを (a) の場合と反対にし、直流機に発電動作(回生制動)をさせることができる。この制御において、スイッチングの 1 周期の間で Q_2 がオンになっている時間が 0.4 ms のとき、この直流機の電機子電圧 V [V] として、最も近い V の値を次の (1) \sim (5) のうちから一つ選べ。
- (1) 40
- (2) 160
- (3) 200
- (4) 250
- (5) 1000

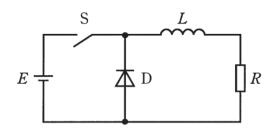
導出のポイント



問16 図のように他励直流機を直流チョッパで駆動する。電源電圧は $E=200\,\mathrm{V}$ で一定とし、直流機の電機子電圧をVとする。 $IGBT\ Q_1$ 及び Q_2 をオンオフ動作させるときのスイッチング周波数は $500\,\mathrm{Hz}$ であるとする。なお、本問では直流機の定常状態だけを扱うものとする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



Q_2 をオフしつづけると 降圧チョッパとして動作する



(a) この直流機を電動機として駆動する場合, Q_2 をオフとし, Q_1 をオンオフ制御することで,Vを調整することができる。電圧 V_1 の平均値が 150 V のとき,1 周期の中で Q_1 がオンになっている時間の値 [ms] として,最も近いものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

(1) 0.75

(2) 1.00

(3) 1.25

(4) 1.50

(5) 1.75

降圧チョッパ
$$V_{out} = dV_{in}$$

$$V_{out} = dV_{in} = d \times 200 = 150$$

$$d = \frac{150}{200} = 0.75$$

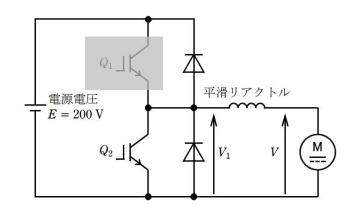
$$T_{on} + T_{off} = T = \frac{1}{f} = \frac{1}{500} = 2 \text{ ms}$$

$$d = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = \frac{T_{on}}{2 \text{ ms}} = 0.75 \rightarrow T_{on} = 0.75 \times 2 = 1.5 \text{ ms}$$

導出のポイント

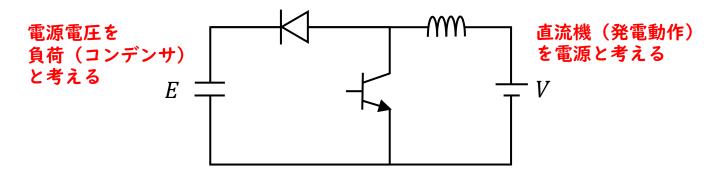


問16 図のように他励直流機を直流チョッパで駆動する。電源電圧は $E=200\,\mathrm{V}$ で一定とし、直流機の電機子電圧をVとする。 $IGBT\ Q_1$ 及び Q_2 をオンオフ動作させるときのスイッチング周波数は $500\,\mathrm{Hz}$ であるとする。なお、本間では直流機の定常状態だけを扱うものとする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



 Q_1 をオフしつづけると 昇圧チョッパとして動作する

(b) Q_1 をオフして Q_2 をオンオフ制御することで、電機子電流の向きを (a) の場合と反対にし、直流機に発電動作(回生制動)をさせることができる。この制御において、スイッチングの 1 周期の間で Q_2 がオンになっている時間が 0.4 ms のとき、この直流機の電機子電圧 V [V] として、最も近い V の値を次の (1) \sim (5) のうちから一つ選べ。



昇圧チョッパ
$$V_{out} = \frac{1}{1-d}V_{in}$$

$$d = \frac{T_{on}}{T} = \frac{0.4 \text{ ms}}{2 \text{ ms}} = 0.2$$

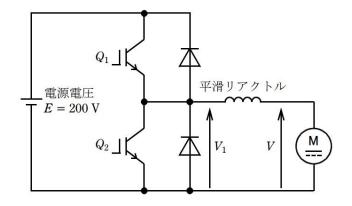
$$E = \frac{1}{1-d}V = \frac{1}{1-0.2} \times V = 200 \text{ V}$$

$$V = (1-0.2) \times 200 = 0.8 \times 200 = 160 \text{ V}$$

|H26 問 I 6



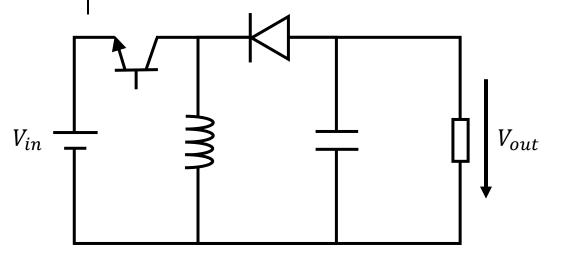
問16 図のように他励直流機を直流チョッパで駆動する。電源電圧は $E=200\,\mathrm{V}$ で一定とし、直流機の電機子電圧をVとする。 $IGBT\ Q_1$ 及び Q_2 をオンオフ動作させるときのスイッチング周波数は $500\,\mathrm{Hz}$ であるとする。なお、本間では直流機の定常状態だけを扱うものとする。次の(a)及び(b)の問に答えよ。



- (a) この直流機を電動機として駆動する場合, Q_2 をオフとし, Q_1 をオンオフ制御することで,Vを調整することができる。電圧 V_1 の平均値が 150 V のとき,1 周期の中で Q_1 がオンになっている時間の値 [ms] として,最も近いものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 0.75
- (2) 1.00
- (3) 1.25
- (4) 1.50
- (5) 1.75
- (b) Q_1 をオフして Q_2 をオンオフ制御することで、電機子電流の向きを (a) の場合と反対にし、直流機に発電動作(回生制動)をさせることができる。この制御において、スイッチングの 1 周期の間で Q_2 がオンになっている時間が 0.4 ms のとき、この直流機の電機子電圧 V [V] として、最も近い V の値を次の (1) \sim (5) のうちから一つ選べ。
 - (1) 40
- (2) 160
- (3) 200
- (4) 250
- (5) 1000

昇降圧チョッパ回路



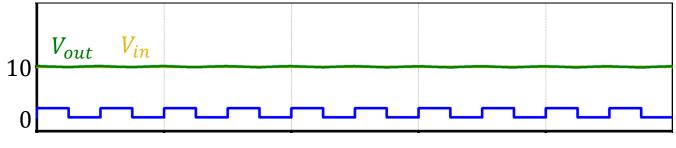


$$V_{out} = \frac{d}{d-1} V_{in}$$

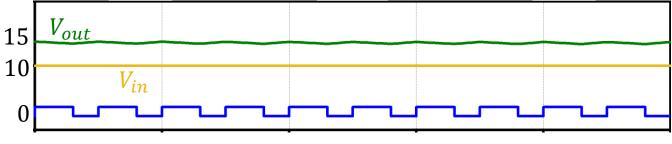
$$d = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

 T_{ON} :トランジスタON時間

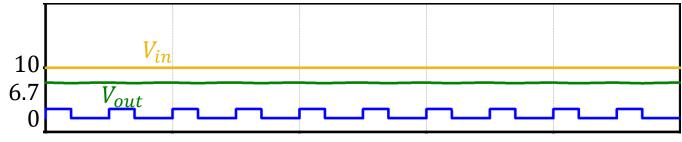
 T_{OFF} :トランジスタOFF時間



$$T_{ON} = 0.5, T_{OFF} = 0.5, \alpha = 0.5$$



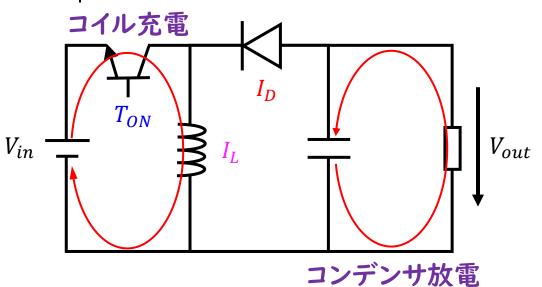
$$T_{ON} = 0.6, T_{OFF} = 0.4, \alpha = 0.6$$

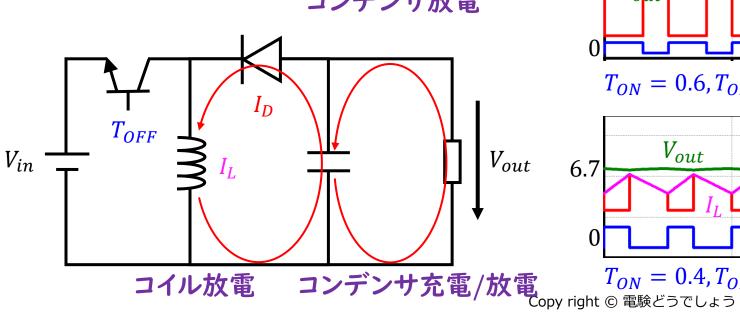


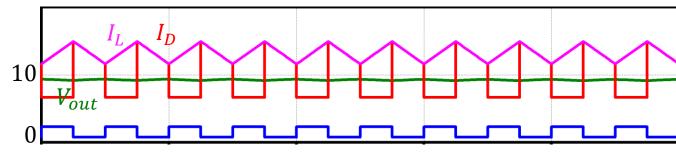
$$T_{ON} = 0.4, T_{OFF} = 0.6 \alpha = 0.4$$

昇降圧チョッパ回路

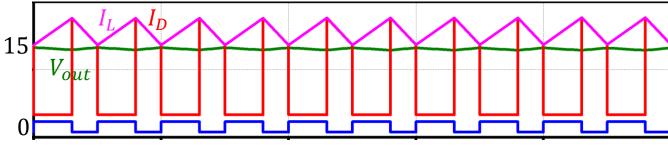




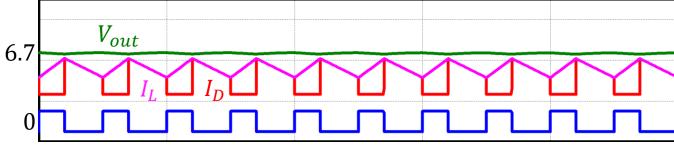








$$T_{ON} = 0.6, T_{OFF} = 0.4, \alpha = 0.6$$



$$T_{ON} = 0.4, T_{OFF} = 0.6 \alpha = 0.4$$

R03 問 I I



問 11 図は昇降圧チョッパを示している。スイッチ Q、ダイオード D、リアクトル L、コンデンサ C を用いて、図のような向きに定めた負荷抵抗 R の電圧 v_0 を制御 するためのものである。これらの回路で、直流電源 E の電圧は一定とする。また、回路の時定数は、スイッチ Q の動作周期に対して十分に大きいものとする。回路 のスイッチ Q の通流率 γ とした場合、回路の定常状態での動作に関する記述として、誤っているものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

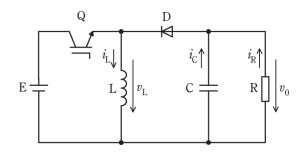


図 昇降圧チョッパ

- (1) Qがオンのときは、電源 E からのエネルギーが L に蓄えられる。
- (2) Q がオフのときは、L に蓄えられたエネルギーが負荷抵抗 R とコンデンサ C に D を通して放出される。
- (3) 出力電圧 v_0 の平均値は、 γ が 0.5 より小さいときは昇圧チョッパ、0.5 より大きいときは降圧チョッパとして動作する。
- (4) 出力電圧 v_0 の平均値は、図の v_0 の向きを考慮すると正になる。
- (5) Lの電圧 v_{r} の平均電圧は、Qのスイッチング一周期で0となる。

導出のポイント



問 11 図は昇降圧チョッパを示している。スイッチ Q、ダイオード D、リアクトル L、コンデンサ C を用いて、図のような向きに定めた負荷抵抗 R の電圧 v_0 を制御 するためのものである。これらの回路で、直流電源 E の電圧は一定とする。また、回路の時定数は、スイッチ Q の動作周期に対して十分に大きいものとする。回路 のスイッチ Q の通流率 γ とした場合、回路の定常状態での動作に関する記述として、誤っているものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

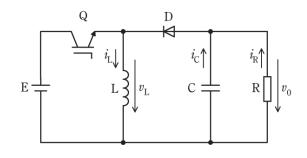
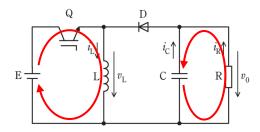
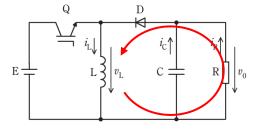


図 昇降圧チョッパ

(1) Q がオンのときは、電源 E からのエネルギーが L に蓄えられる。 正しい



(2) Q がオフのときは、L に蓄えられたエネルギーが負荷抵抗 R とコンデンサ C **正しい** に D を通して放出される。



(3) 出力電圧 v_0 の平均値は、 γ が 0.5 より小さいときは昇圧チョッパ、0.5 より大 間違い きいときは降圧チョッパとして動作する。

$$V_{out} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} V_{in}$$
 $\gamma < 0.5 \rightarrow V_{out} < V_{in}$ $\gamma > 0.5 \rightarrow V_{out} > V_{in}$

- (4) 出力電圧 v_0 の平均値は、図の v_0 の向きを考慮すると正になる。 正しい
- (5) Lの電圧 v_L の平均電圧は、Qのスイッチング一周期で0となる。 **正しい**

R03 問 I I



問 11 図は昇降圧チョッパを示している。スイッチ Q、ダイオード D、リアクトル L、コンデンサ C を用いて、図のような向きに定めた負荷抵抗 R の電圧 v_0 を制御 するためのものである。これらの回路で、直流電源 E の電圧は一定とする。また、回路の時定数は、スイッチ Q の動作周期に対して十分に大きいものとする。回路 のスイッチ Q の通流率 γ とした場合、回路の定常状態での動作に関する記述として、誤っているものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

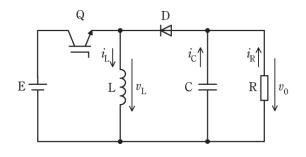


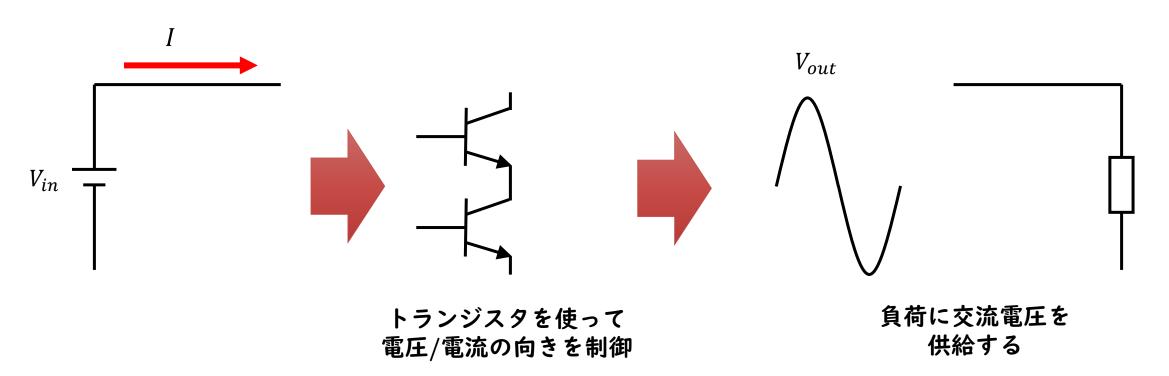
図 昇降圧チョッパ

- (1) Qがオンのときは、電源 E からのエネルギーが L に蓄えられる。
- (2) Q がオフのときは、L に蓄えられたエネルギーが負荷抵抗 R とコンデンサ C に D を通して放出される。
- (3) 出力電圧 v_0 の平均値は、 γ が0.5より小さいときは昇圧チョッパ、0.5より大きいときは降圧チョッパとして動作する。
- (4) 出力電圧 v_0 の平均値は、図の v_0 の向きを考慮すると正になる。
- (5) Lの電圧 v_{r} の平均電圧は、Qのスイッチング一周期で0となる。

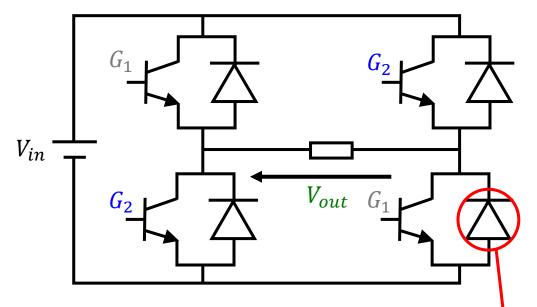
インバータ



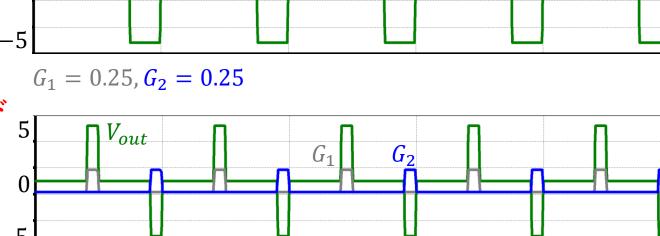
半導体スイッチ素子を使い、直流を交流に変換する回路







パルス幅によって出力電圧が 変化する 還流ダイオード



 G_2

 G_2

$$G_1 = 0.1, G_2 = 0.1$$

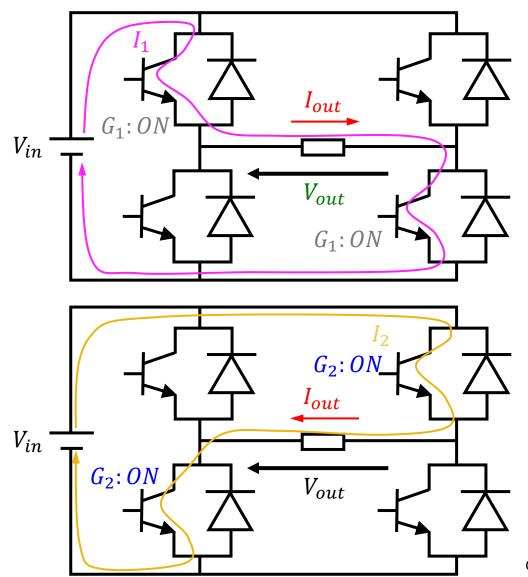
 V_{out}

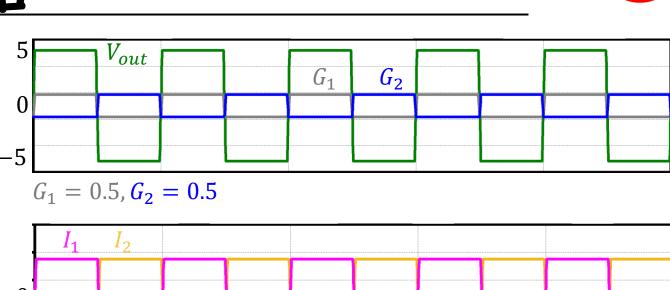
 $G_1 = 0.5, G_2 = 0.5$

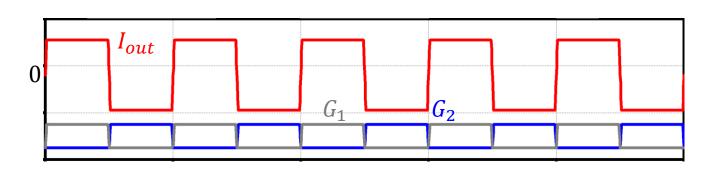
 V_{out}

オンする素子で極性が変化する
$$G_1 ON \rightarrow$$
 正の電圧 $G_2 ON \rightarrow$ 負の電圧

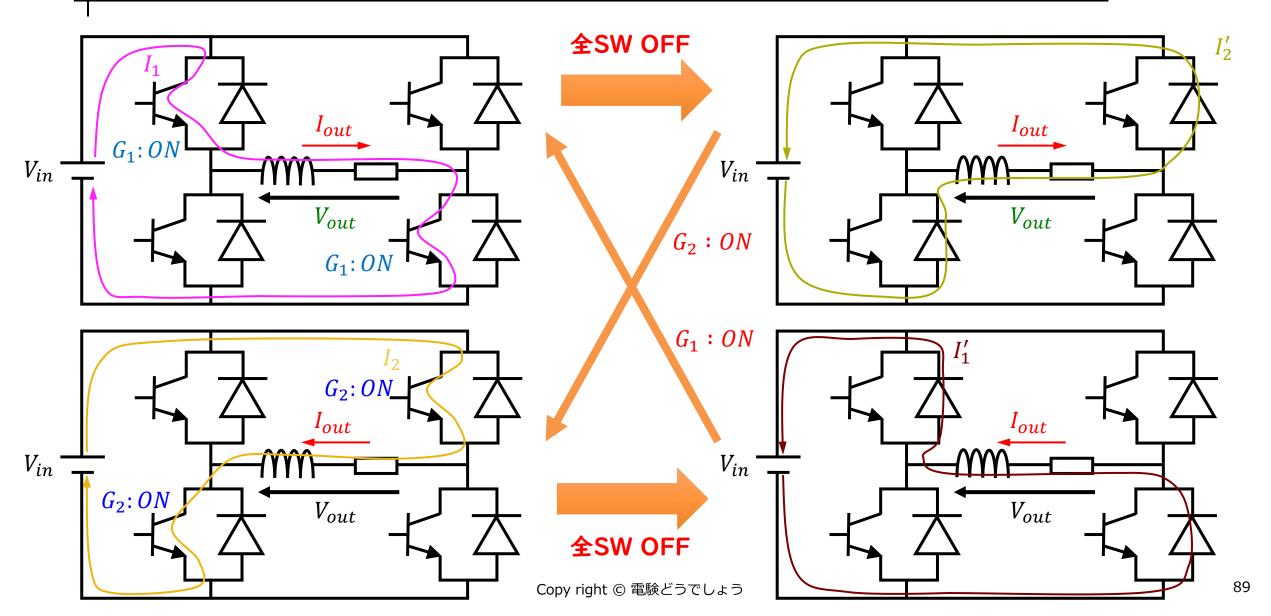




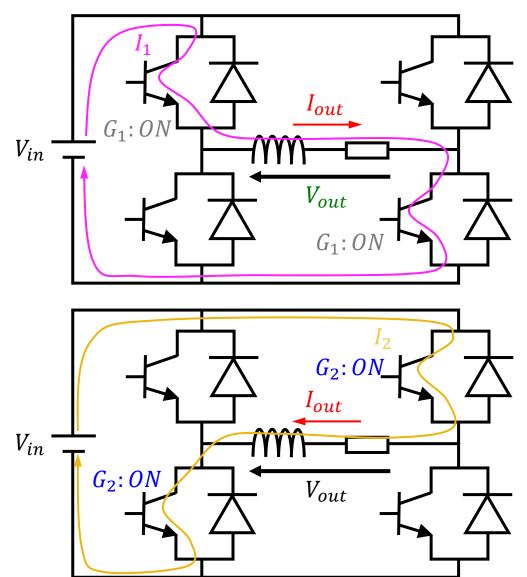


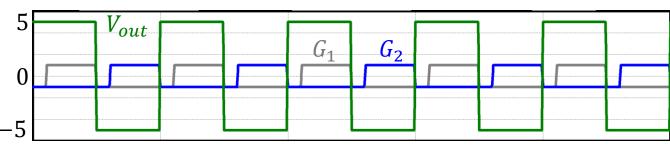




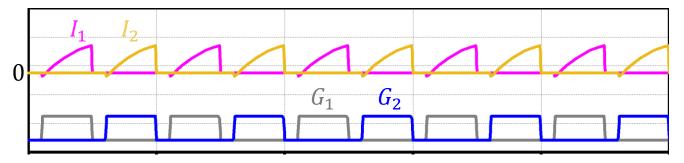


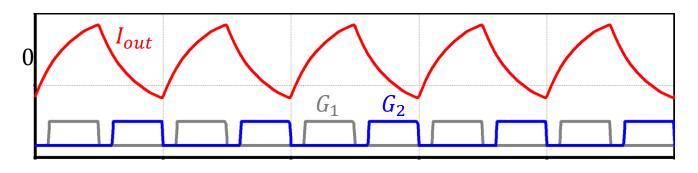




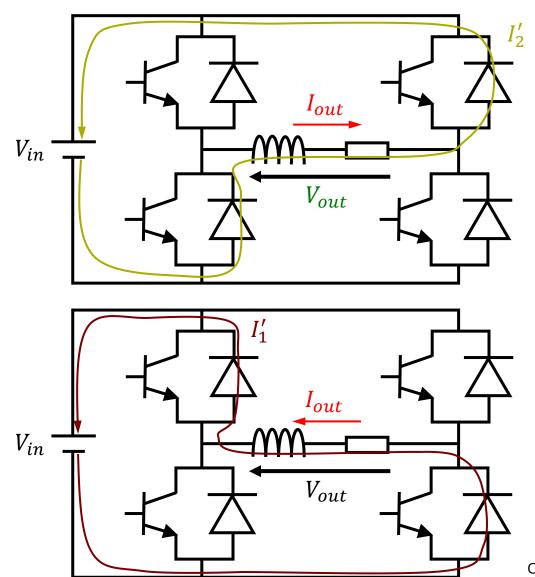


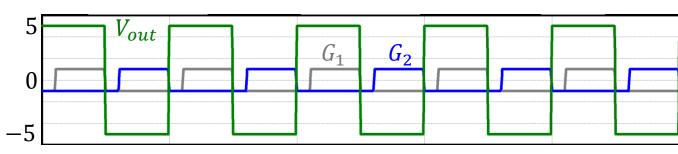
$$G_1 = 0.4, G_2 = 0.4$$



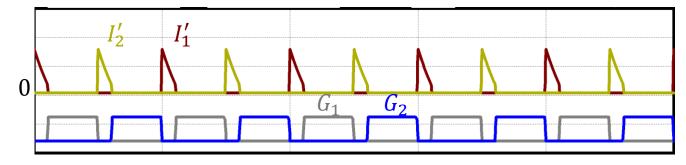


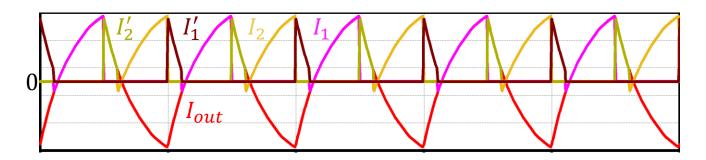




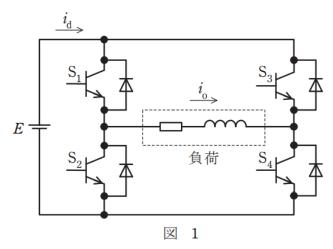




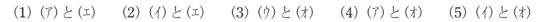




問16 図1は、単相インバータで誘導性負荷に給電する基本回路を示す。負荷電流 i_a と直流電流 i_a は図示する矢印の向きを正の方向として、次の(a)及び(b)の問 に答えよ。

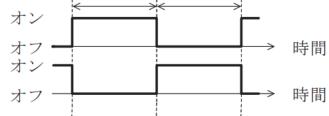


(a) 出力交流電圧の1周期に各パワートランジスタが1回オンオフする運転にお いて、図2に示すように、パワートランジスタ $S_1 \sim S_4$ のオンオフ信号波形に対 して,負荷電流 i_0 の正しい波形が(r)~(f),直流電流 i_d の正しい波形が(x),(f)のいずれかに示されている。その正しい波形の組合せを次の(1)~(5)のうちか ら一つ選べ。

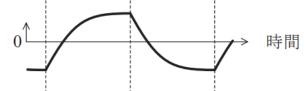




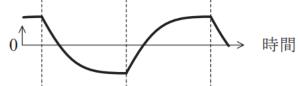
 S_1, S_4 オンオフ信号 S_2S_3 オンオフ信号



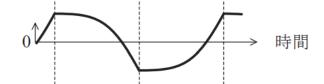
(7)



(1)



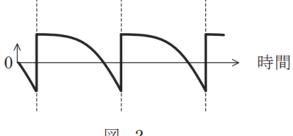
(ウ)



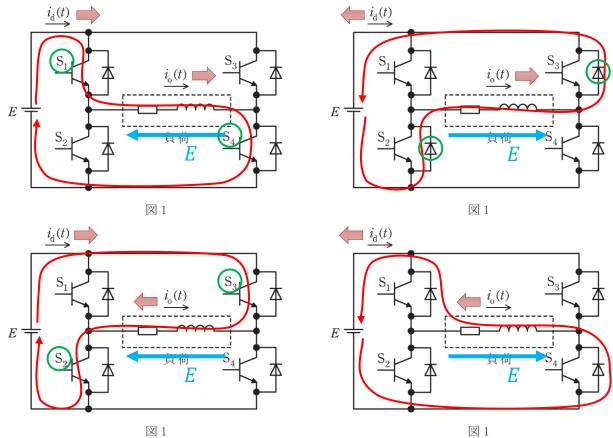
(I)

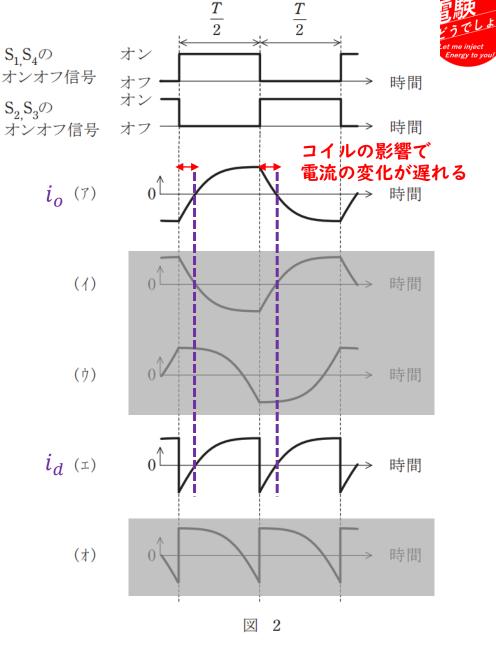


(1)



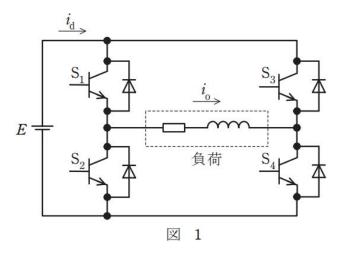
(a) 出力交流電圧の1周期に各パワートランジスタが1回オンオフする運転にお いて、図2に示すように、パワートランジスタ $S_1 \sim S_4$ のオンオフ信号波形に対 して,負荷電流 i_0 の正しい波形が(r)~(f),直流電流 i_d の正しい波形が(x),(f)のいずれかに示されている。その正しい波形の組合せを次の(1)~(5)のうちか ら一つ選べ。

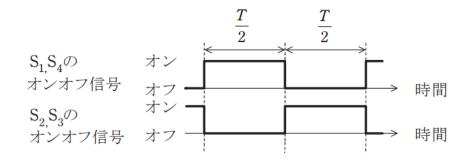






問 16 図 1 は、単相インバータで誘導性負荷に給電する基本回路を示す。負荷電流 $i_{\rm o}$ と直流電流 $i_{\rm d}$ は図示する矢印の向きを正の方向として、次の(a)及び(b)の問 に答えよ。

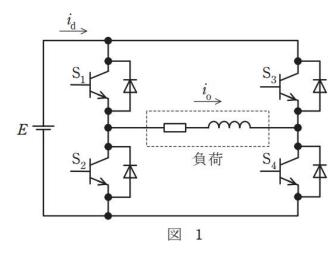




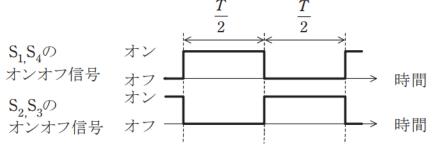
- (b) 単相インバータの特徴に関する記述として, 誤っているものを次の(1)~(5) のうちから一つ選べ。
- (1) 図 1 は電圧形インバータであり、直流電源 E の高周波インピーダンスが低いことが要求される。
- (2) 交流出力の調整は、 $S_1 \sim S_4$ に与えるオンオフ信号の幅 $\frac{T}{2}$ を短くすることによって交流周波数を高くすることができる。又は、E の直流電圧を高くすることによって交流電圧を高くすることができる。
- (3) 図1に示されたパワートランジスタを、IGBT 又はパワーMOSFET に置換えてもインバータを実現できる。
- (4) 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。



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 $i_{\rm o}$ と直流電流 $i_{\rm d}$ 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。



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。

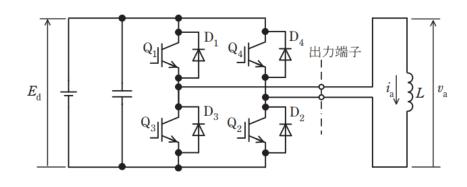
R04上問16

問 16 図 1 は、IGBT を用いた単相ブリッジ接続の電圧形インバータを示す。直流電圧 $E_{\rm d}$ [V]は、一定値と見なせる。出力端子には、インダクタンス L [H] の誘導性負荷が接続されている。

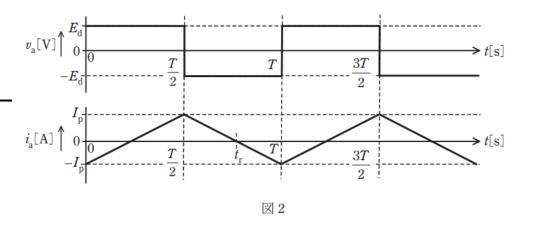
図 2 は,このインバータの動作波形である。時刻 t=0 s で IGBT Q_3 及び Q_4 の ゲート信号をオフにするとともに Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオンにすると,出力 電圧 v_a は E_d [V] となる。 $t=\frac{T}{2}$ [s] で Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするととも に Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにすると,出力電圧 v_a は E_d [V] となる。これ を周期 T [s] で繰り返して方形波電圧を出力する。

このとき,次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし、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。







目でしょう どうでしょう Let me inject Energy to you!

- (a) t=0 s において $i_a=-I_p$ [A] とする。時刻 $t=\frac{T}{2}$ [s] の直前では Q_1 及び Q_2 が オンしており,出力電流は直流電源から Q_1 →負荷 → Q_2 の経路で流れている。 $t=\frac{T}{2}$ [s] 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, $t=\frac{T}{2}$ [s] から,出力電流が 0 A になる $t=t_r$ [s] までの期間),出力電流が流れるデバイスとして,正しい組合せを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
- (b) 図 1 の回路において $E_{\rm d}$ = 100 V, L = 10 mH, T = 0.02 s とする。t = 0 s における電流値を $-I_{\rm p}$ として,t = $\frac{T}{2}$ [s] における電流値を $I_{\rm p}$ としたとき, $I_{\rm p}$ の値 [A] として,最も近いものを次の(1) \sim (5) のうちから一つ選べ。

R04上 問16

D_3 と D_4 を通って電源に電流が流れる

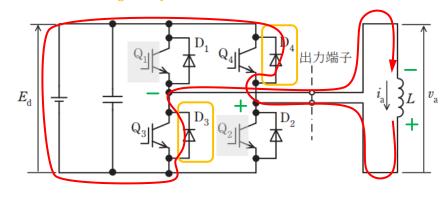
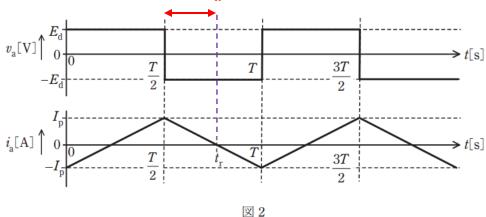


図 1

電圧 v_a は上が一、下が+

電流 i_a は上から下



(a) t=0s において $i_{\rm a}=-I_{\rm p}$ [A] とする。時刻 $t=\frac{T}{2}$ [s] の直前では ${\bf Q}_1$ 及び ${\bf Q}_2$ が オンしており、出力電流は直流電源から Q_1 →負荷 \to Q_2 の経路で流れている。

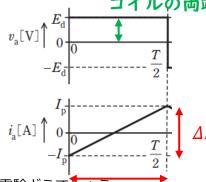


 $t = \frac{T}{2}[\mathbf{s}]$ で IGBT \mathbf{Q}_1 及び \mathbf{Q}_2 のゲート信号をオフにするとともに \mathbf{Q}_3 及び \mathbf{Q}_4 の

ゲート信号をオンにした。その直後(図2で、 $t=\frac{T}{2}[s]$ から、出力電流が0Aに なる $t=t_r$ [s]までの期間), 出力電流が流れるデバイスとして, 正しい組合せを 次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (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) 図1の回路において $E_d = 100 \,\mathrm{V}$, $L = 10 \,\mathrm{mH}$, $T = 0.02 \,\mathrm{s}$ とする。 $t = 0 \,\mathrm{s}$ におけ る電流値を $-I_{\rm p}$ として, $t=\frac{T}{2}$ [s]における電流値を $I_{\rm p}$ としたとき, $I_{\rm p}$ 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。
 - (1) 33
- (2) 40
- (3) 50
- (4) 66
- (5) 100

コイルの両端電圧



ファラデーの法則より

$$E_d = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0.01 \times \frac{2I_P}{T/2} = 100 \text{ V}$$

$$I_P = \frac{1}{2} \times \frac{T}{2} \times \frac{100}{0.01} = \frac{1}{2} \times \frac{0.02}{2} \times \frac{100}{0.01}$$

$$I_P = 50 \text{ A}$$

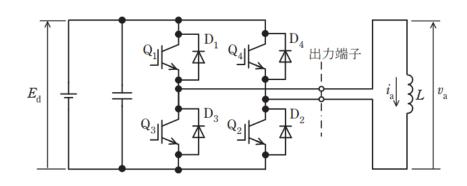
R04上問16

問 16 図 1 は、IGBT を用いた単相ブリッジ接続の電圧形インバータを示す。直流電圧 $E_{\rm d}$ [V]は、一定値と見なせる。出力端子には、インダクタンス L [H] の誘導性負荷が接続されている。

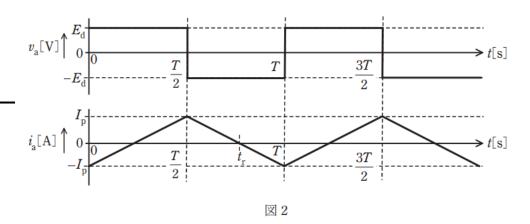
図 2 は,このインバータの動作波形である。時刻 t=0 s で IGBT Q_3 及び Q_4 の ゲート信号をオフにするとともに Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオンにすると,出力 電圧 v_a は E_d [V] となる。 $t=\frac{T}{2}$ [s] で Q_1 及び Q_2 のゲート信号をオフにするととも に Q_3 及び Q_4 のゲート信号をオンにすると,出力電圧 v_a は E_d [V] となる。これ を周期 T [s] で繰り返して方形波電圧を出力する。

このとき,次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし、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。







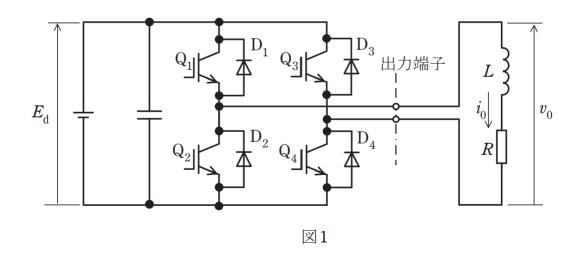


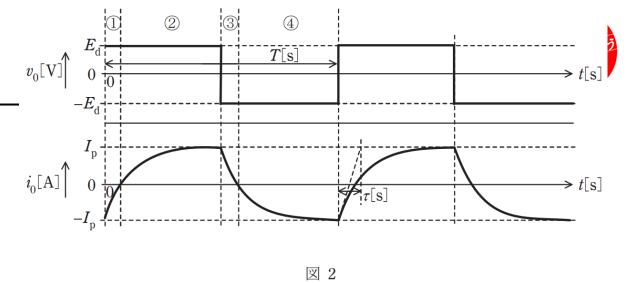
- (a) t=0 s において $i_{\rm a}=-I_{\rm p}$ [A] とする。時刻 $t=\frac{T}{2}$ [s] の直前では ${\bf Q}_1$ 及び ${\bf Q}_2$ が オンしており,出力電流は直流電源から ${\bf Q}_1$ →負荷 → ${\bf Q}_2$ の経路で流れている。 $t=\frac{T}{2} [{\bf s}]$ で IGBT ${\bf Q}_1$ 及び ${\bf Q}_2$ のゲート信号をオフにするとともに ${\bf Q}_3$ 及び ${\bf Q}_4$ の ゲート信号をオンにした。その直後 (図 ${\bf 2}$ で, $t=\frac{T}{2}$ [${\bf s}$] から,出力電流が ${\bf 0}$ A に なる $t=t_{\rm r}$ [${\bf s}$] までの期間),出力電流が流れるデバイスとして,正しい組合せを 次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
- (b) 図1の回路において $E_{\rm d}$ = $100\,\rm V$, L = $10\,\rm mH$, T = $0.02\,\rm s$ とする。t = $0\,\rm s$ における電流値を $-I_{\rm p}$ として,t = $\frac{T}{2}$ [s] における電流値を $I_{\rm p}$ としたとき, $I_{\rm p}$ の値 [A] として,最も近いものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

R04下 問16

問 16 図 1 は,IGBT を用いた単相ブリッジ接続の電圧形インバータを示す。直流電圧 $E_{\rm d}$ [V]は,一定値と見なせる。出力端子には,インダクタンス L [H]で抵抗値 R [Ω] の誘導性負荷が接続されている。この電圧形インバータの出力電圧 v_0 ,出力電流 i_0 が図 2 のようになった。インバータの動作モードを図 2 に示す①~④として本モードは周期 T [s]で繰り返されるものとする。なお,上下スイッチの短絡を防ぐデッドタイムは考慮しない。

次の(a)及び(b)の問に答えよ。





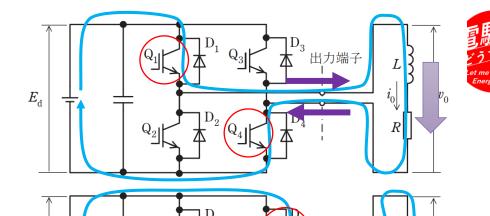
(a) 図2に示した区間① \sim ④において電流が流れているデバイスの組合せとして正しいものを次の $(1)\sim(5)$ のうちから一つ選べ。

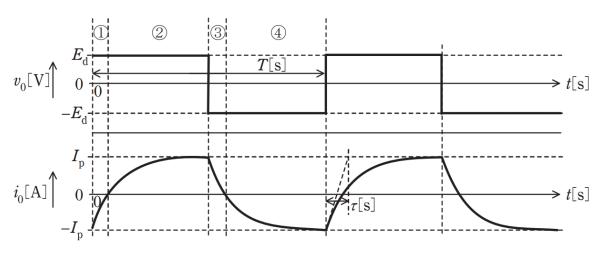
	1	2	3	4
(1)	D_2-D_3	$\boldsymbol{Q}_2-\boldsymbol{Q}_3$	$\mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_4$	$\mathbf{Q}_1 - \mathbf{Q}_4$
(2)	$\mathbf{D}_1 - \mathbf{D}_4$	$\mathbf{Q}_1 - \mathbf{Q}_4$	$\mathrm{D}_2 - \mathrm{D}_3$	$\mathbf{Q}_2 - \mathbf{Q}_3$
(3)	$\mathbf{Q}_1 - \mathbf{Q}_4$	$\boldsymbol{Q}_1 - \boldsymbol{Q}_4$	$\boldsymbol{Q}_2 - \boldsymbol{Q}_3$	$\mathbf{Q}_2 - \mathbf{Q}_3$
(4)	$\mathbf{Q}_1 - \mathbf{D}_3$	$\boldsymbol{Q}_1 - \boldsymbol{Q}_4$	${\bf Q}_2-{\bf D}_4$	$Q_2 - Q_3$
(5)	$Q_2 - Q_3$	$Q_2 - Q_3$	$Q_1 - Q_4$	$Q_1 - Q_4$

(b) 電源電圧 $E_{\rm d}$ が 100 V, インダクタンス L を 2 mH とし, 抵抗 R を 1Ω とする と, 区間①②の電流は $-I_{\rm p}$ [A]から $I_{\rm p}$ [A]まで時定数 τ [s]で増加する。 τ に最も近い値を次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

問 I 6 (a) R04下

区間② $Q_1 - Q_4$





区間③

 $D_2 - D_3$

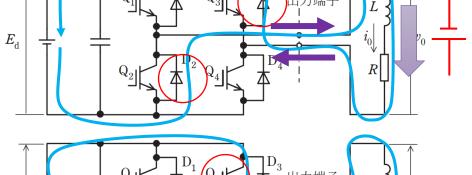
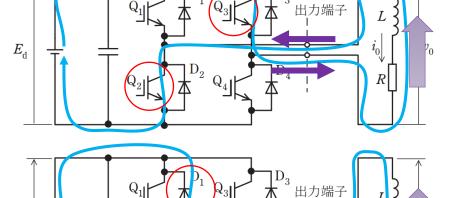


図 2

(a) 図2に示した区間①~④において電流が流れているデバイスの組合せとして 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

区間4 $Q_2 - Q_3$



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

区間①

 $E_{
m d}$

 $D_1 - D_4$

: ⑥ 電験どうでしょ

R04下 問 16(b)



(b) 電源電圧 $E_{\rm d}$ が 100 V, インダクタンス L を 2 mH とし, 抵抗 R を 1Ω とする と, 区間①②の電流は $-I_{\rm p}$ [A]から $I_{\rm p}$ [A]まで時定数 τ [s]で増加する。 τ に最も近い値を次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

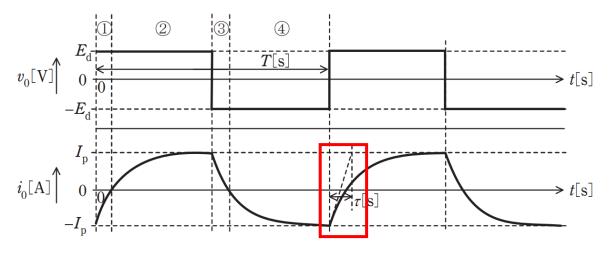
(1) 0.001



(3) 0.0032

(4) 0.0063

(5) 0.02



 E_{d} D_{1} Q_{3} D_{3} 出力端子 D_{4} D_{4} D_{4} D_{4} D_{4} D_{4} D_{4} D_{4} D_{5} D_{6} D_{7} D_{8} D_{8} D_{9} D_{9} D_{1} D_{2} D_{2} D_{4} D_{4} D_{5} D_{6} D_{7} D_{8} D_{8} D_{9} D_{1} D_{2} D_{2} D_{3} D_{4} D_{4} D_{5} D_{5} D_{6} D_{7} D_{8} D_{8} D_{9} D_{9} D_{1} D_{2} D_{2} D_{3} D_{4} D_{4} D_{5} D_{5} D_{6} D_{7} D_{8} D_{8} D_{1} D_{2} D_{3} D_{4} D_{5} D_{5} D_{5} D_{6} D_{7} D_{8} D_{8}

抵抗RとコイルLの直流回路の電流の時定数auは

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0.002}{1} = 0.002 \text{ s}$$



ご聴講ありがとうございました!!