

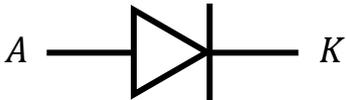
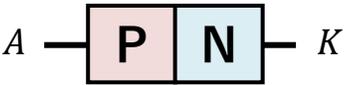
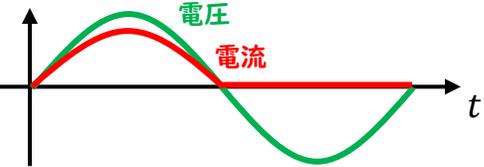
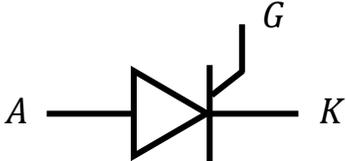
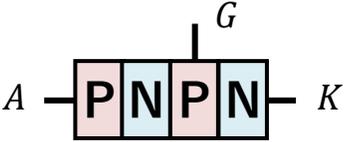
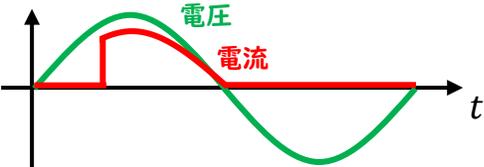
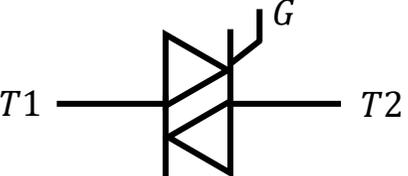
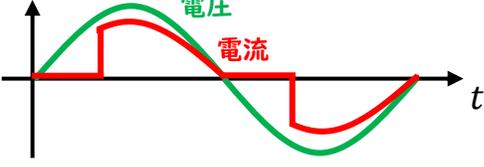
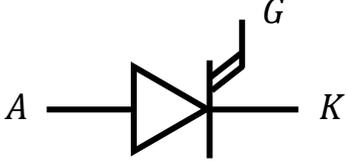
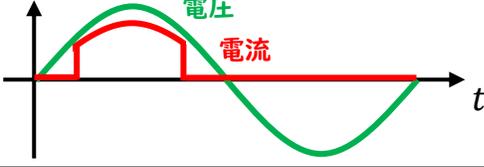
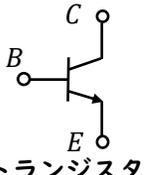
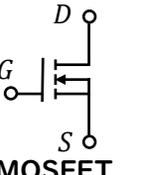
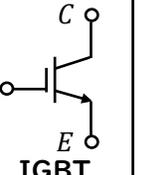
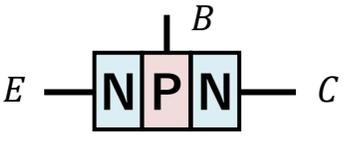
電験どうでしょう管理人  
*KWG presents*

# 短期集中講座

## 第8回 パワーエレ

2022.06.04 Sun

# パワーエレクトロニクス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			<ul style="list-style-type: none"> <li>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)</li> </ul>	
サイリスタ			<ul style="list-style-type: none"> <li>整流作用</li> <li>ゲート信号でON</li> </ul>	
トライアック			<ul style="list-style-type: none"> <li>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)</li> </ul>	
GTOサイリスタ (ゲートターンオフ)			<ul style="list-style-type: none"> <li>整流作用</li> <li>ゲート信号でON</li> <li>ゲート信号でOFF</li> </ul>	
トランジスタ (MOS) FET IGBT	   トランジスタ    MOSFET    IGBT		<ul style="list-style-type: none"> <li>制御信号により</li> <li>電流ON/OFF可能</li> </ul>	

# H23 問10

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。

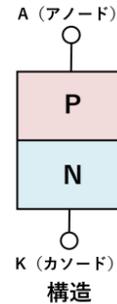
バルブデバイスに関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (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

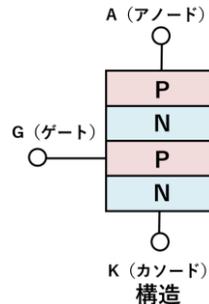
(1) 整流ダイオードは、n形半導体とp形半導体とによるpn接合で整流を行う。

**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。

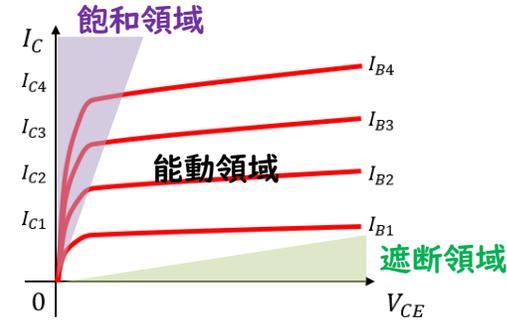


(2) 逆阻止三端子サイリスタは、ターンオンだけが制御可能なバルブデバイスである。

**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。

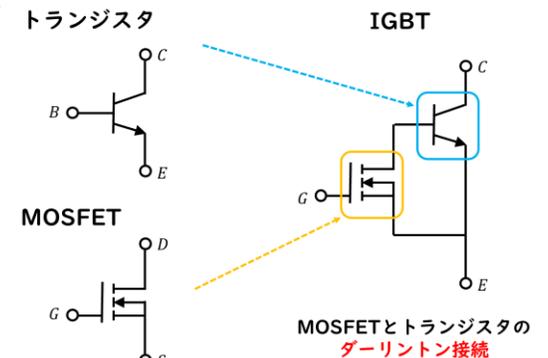


電力スイッチでは、 $V_{CE} - I_C$ 特性の  
遮断領域と飽和領域を用いる。

(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10

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。両者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)～(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)

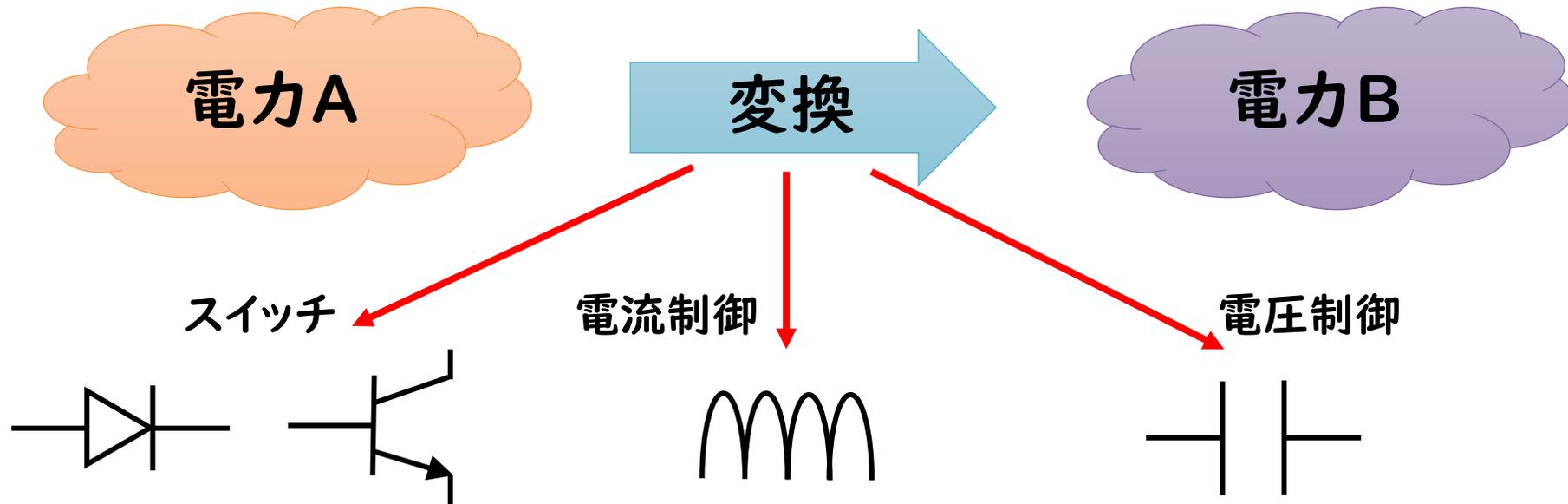
	バイポーラトランジスタ	IGBT	MOSFET
シンボル			
制御方式	電流駆動	電圧駆動	電圧駆動
損失	$V_{CEsat}I_C$ 電流に比例	$V_{CEsat}I_C$ 電流に比例	$R_{on}I_{DS}^2$ 電流の二乗に比例
入力インピーダンス	—	高い	高い
動作帯域	低域	中域 ~ 20kHz	高域 ~ 100kHz, 1 MHz

# パワーエレとは

パワーエレクトロニクス

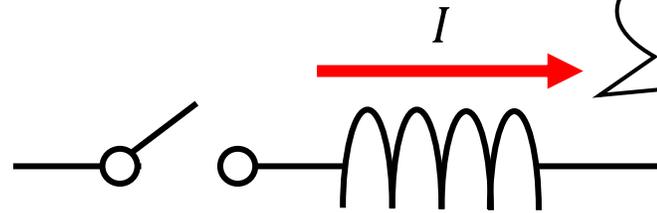
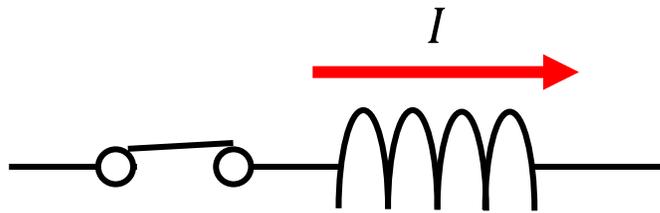
電力用半導体スイッチング素子を利用して電力の変換や制御とそれらの応用を取り扱う技術分野

ダイオード、トランジスタなど → “スイッチ”として使用する



# パワエレの勘所

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

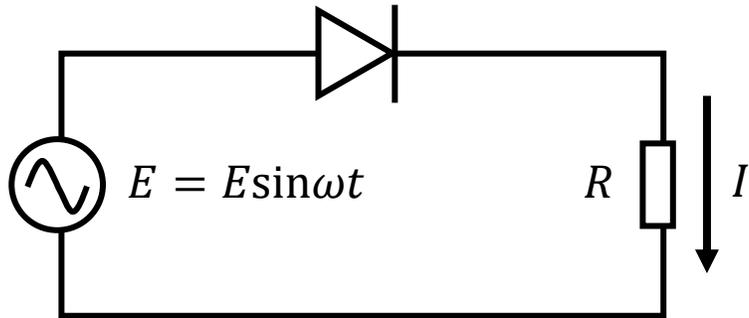


スイッチが開いても  
電流は流れ続ける

3. 過渡応答を意識する

直流回路や交流回路の考え方とパワエレの回路の動きは全く別物

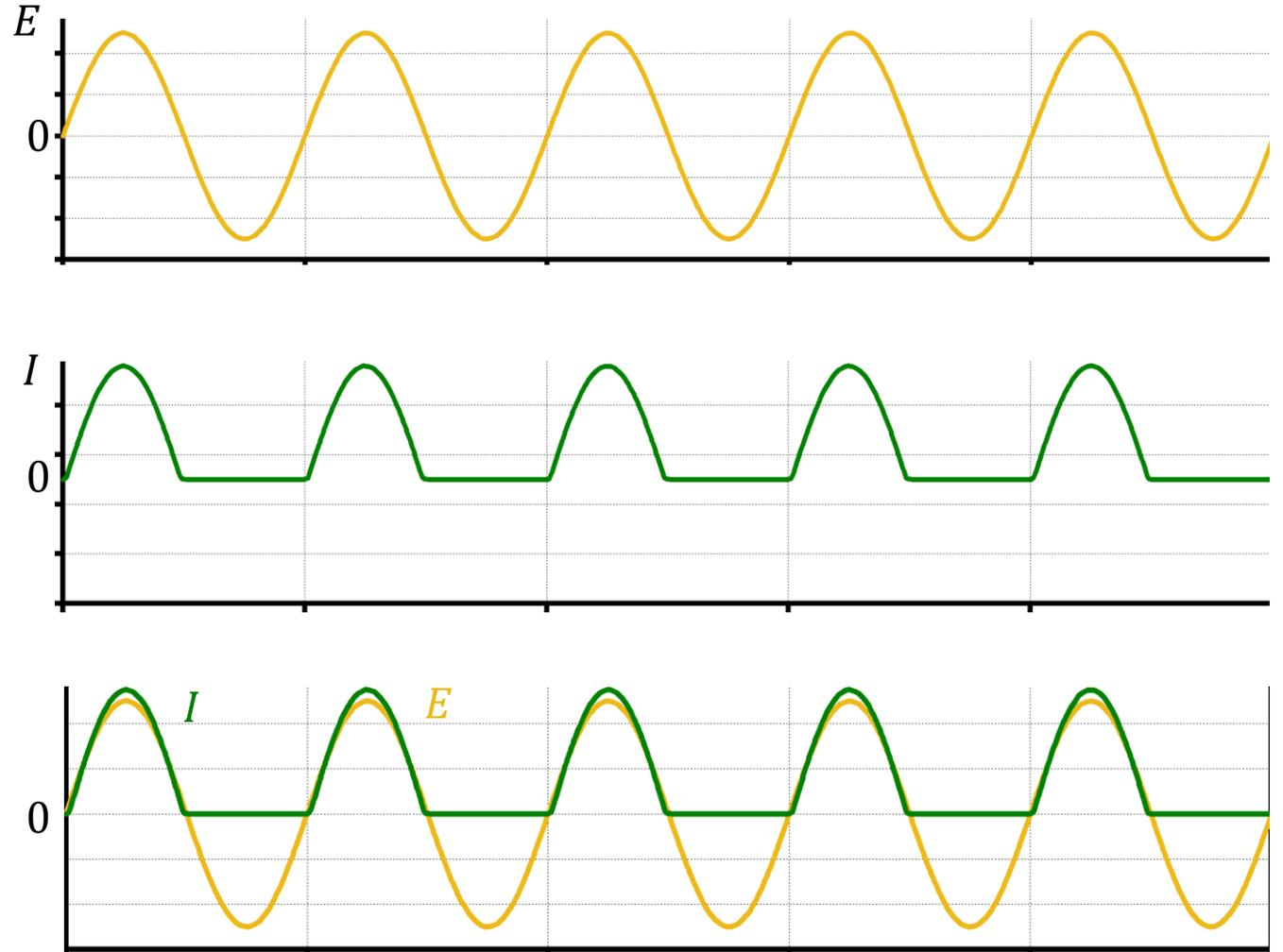
# 半波整流回路



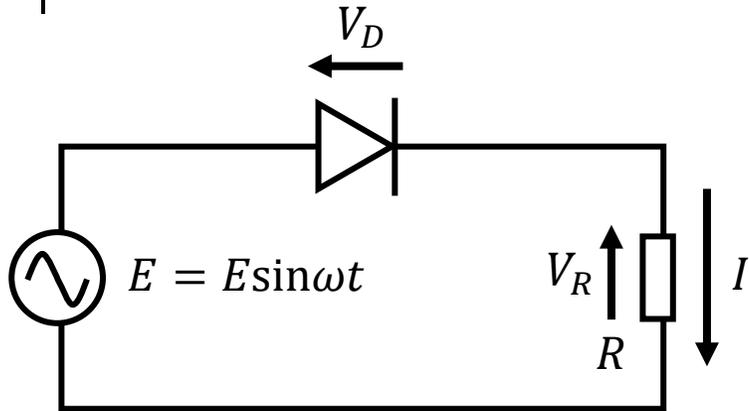
電源：交流電圧なので  
正負に変化

電流：+側のみ

→ 整流回路



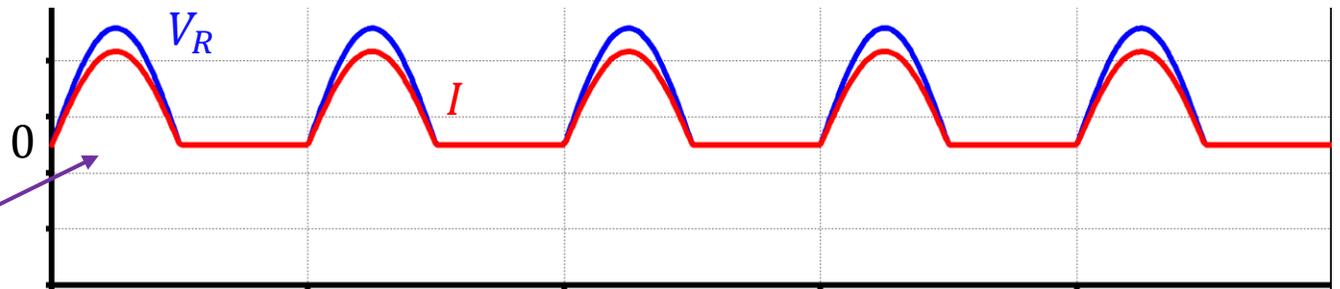
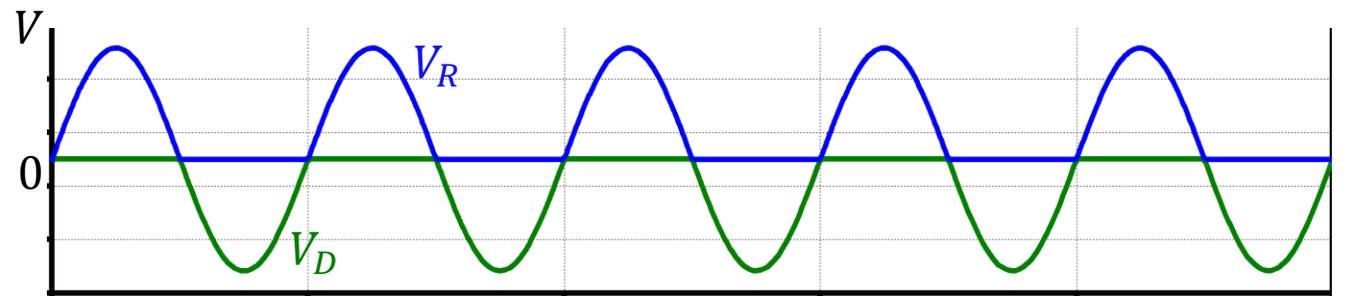
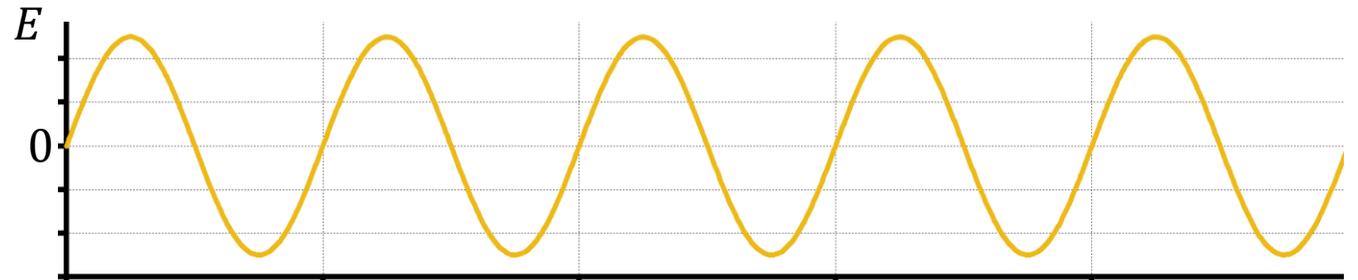
# 半波整流回路



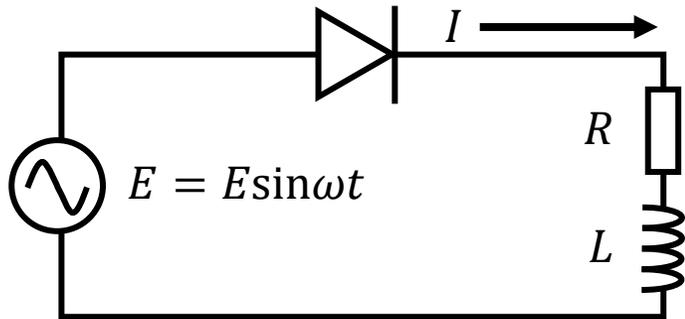
$$E = V_R + V_D$$

$$V_R = RI$$

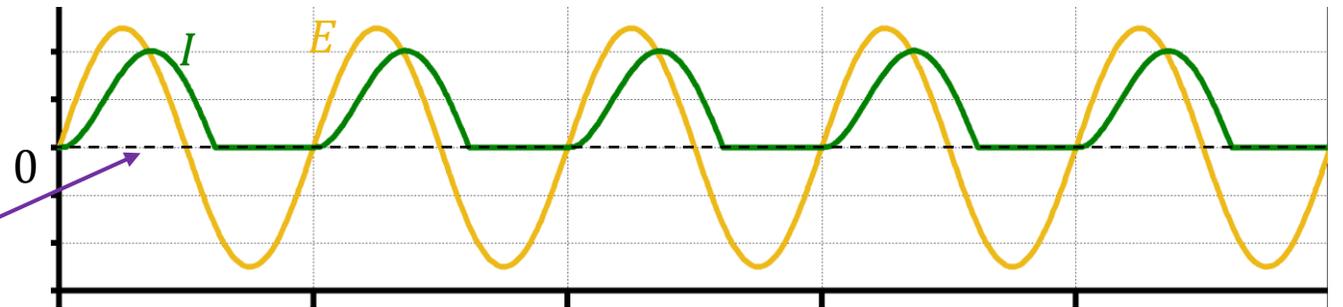
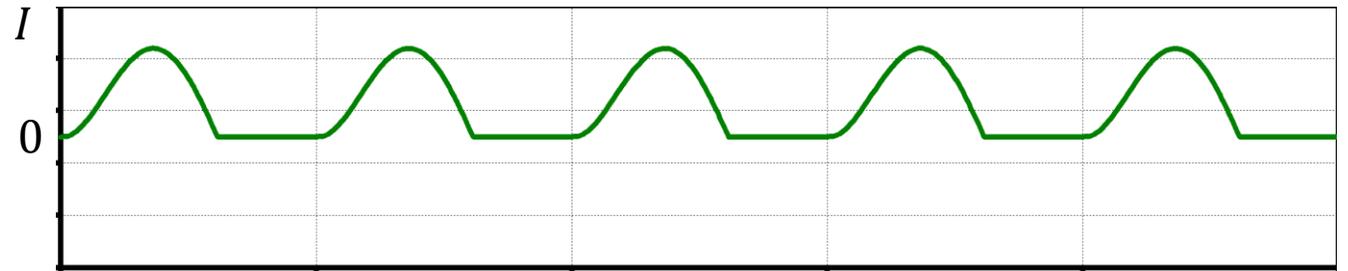
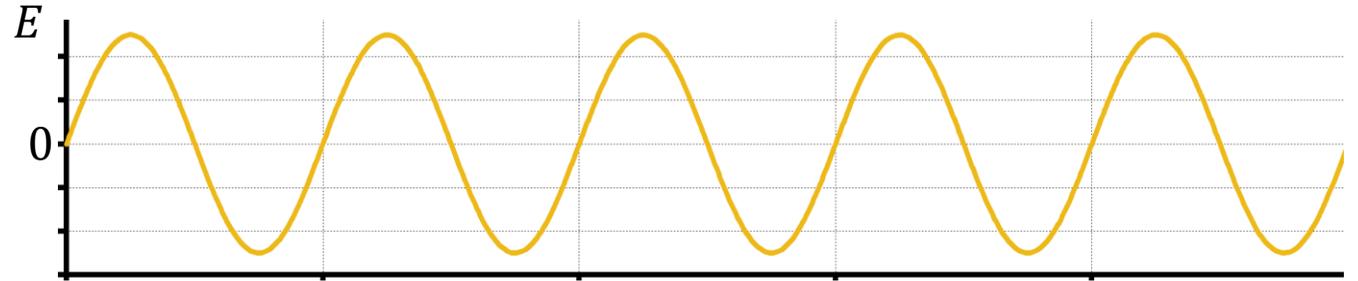
抵抗で発生する電圧は  
電流と同じ波形になる



# 半波整流回路

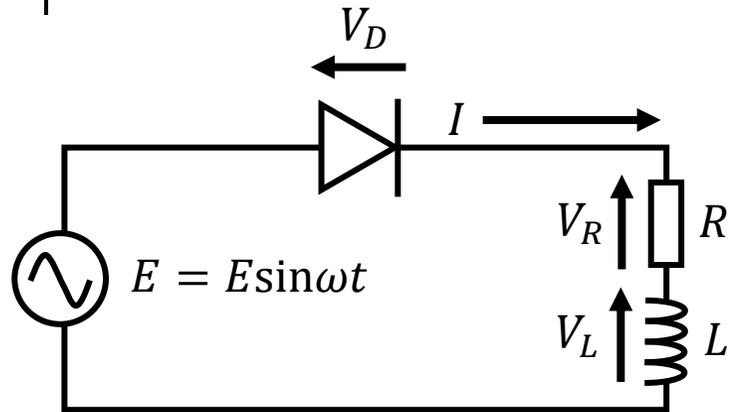


負荷にLが接続されると  
電流の位相がずれる



電源電圧が0より小さく  
なっても電流が流れる

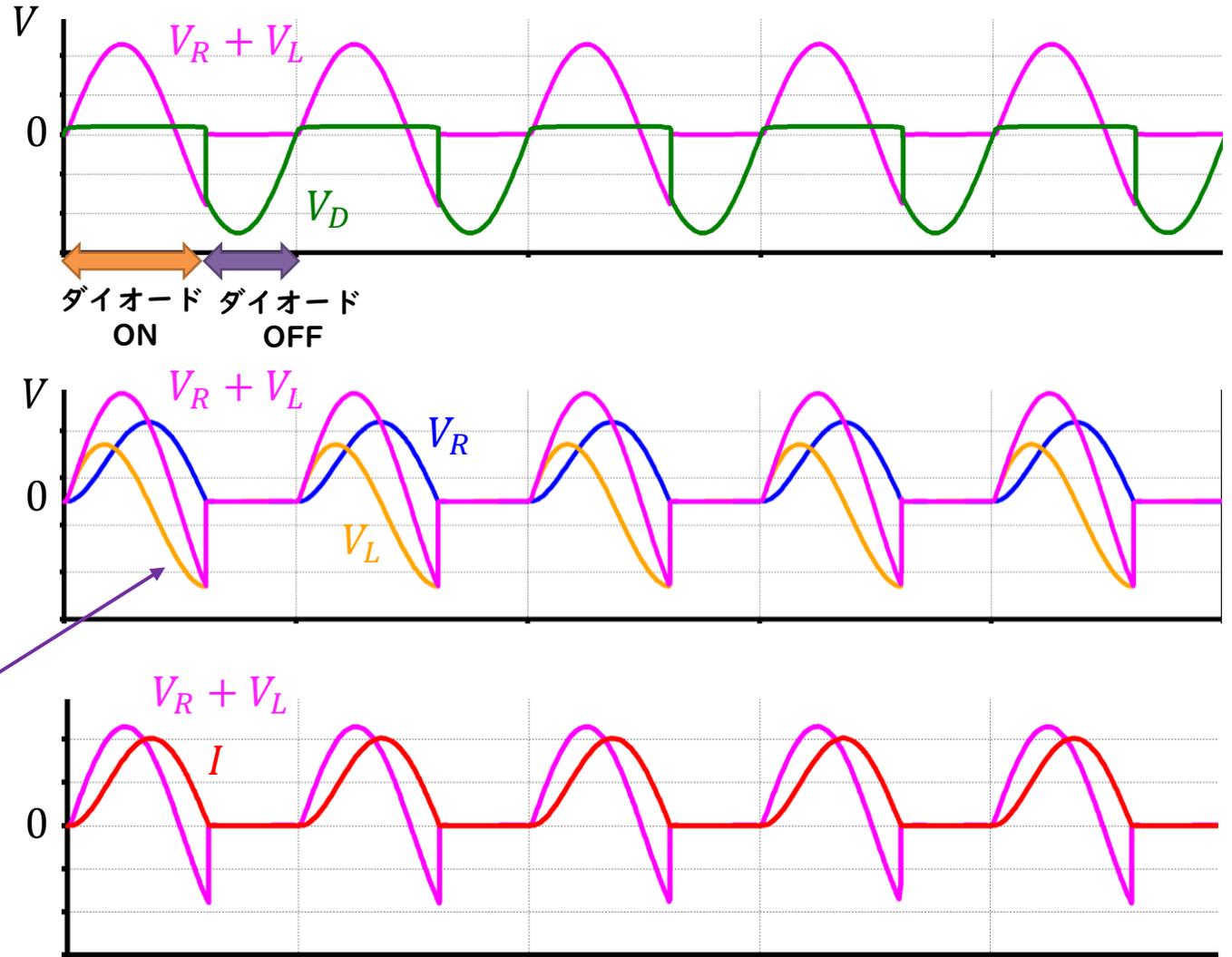
# 半波整流回路



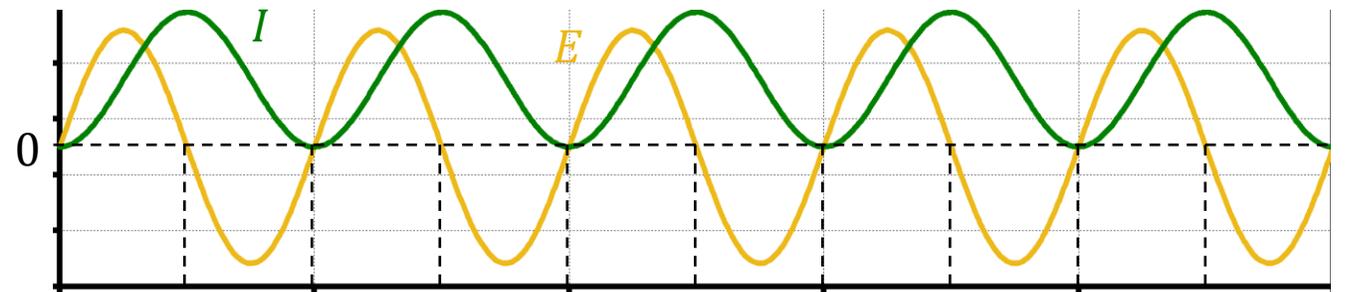
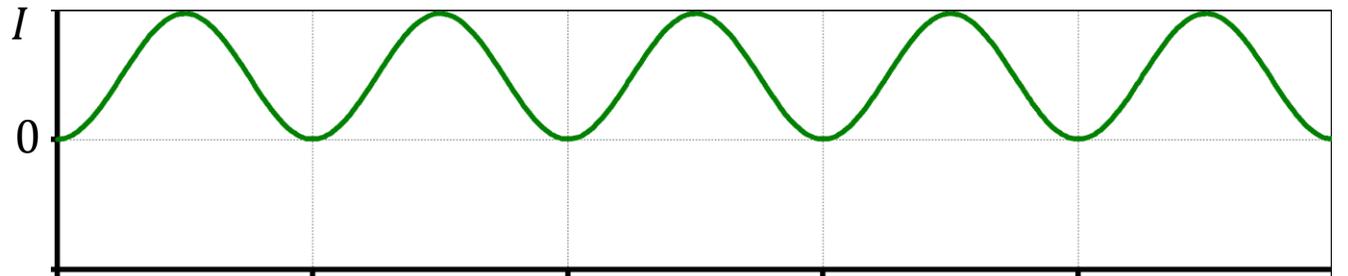
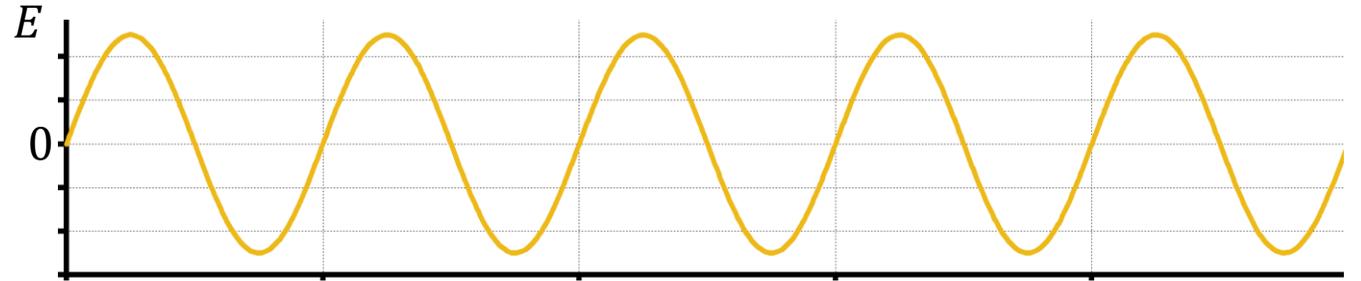
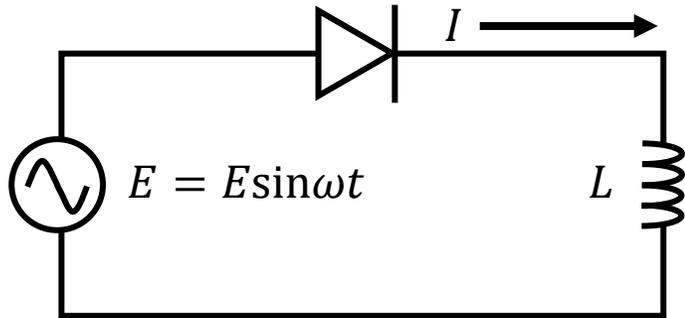
$$E = V_R + V_L + V_D$$

$$V_R = RI$$

コイルで発生する電圧がマイナスになることで、ダイオードがONの状態を維持している



# 半波整流回路

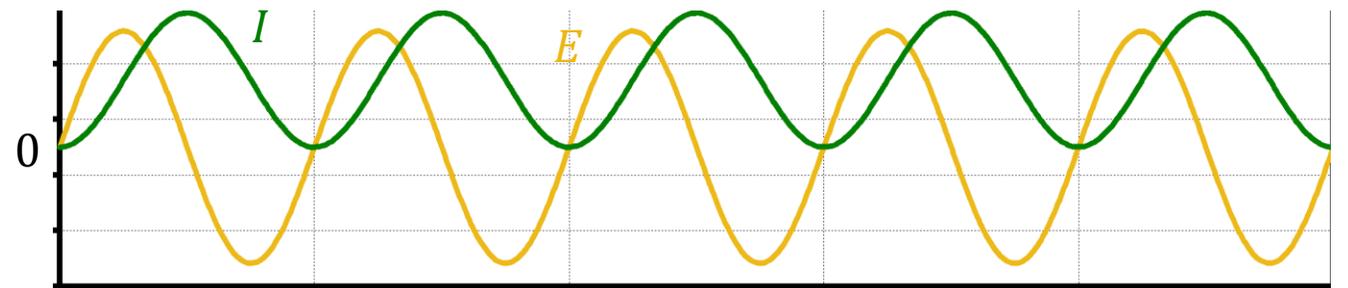
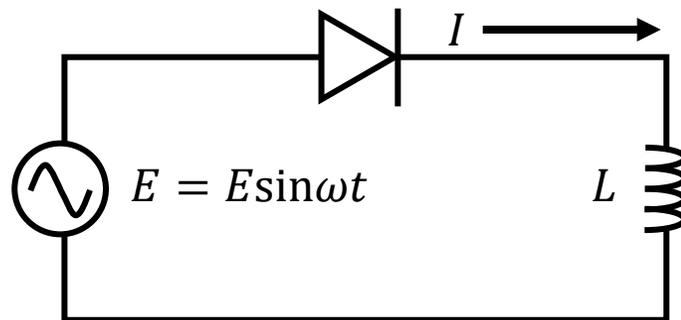
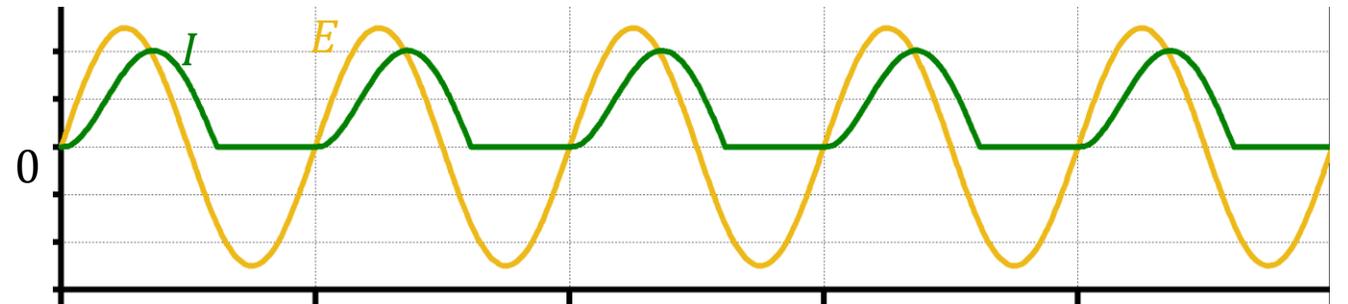
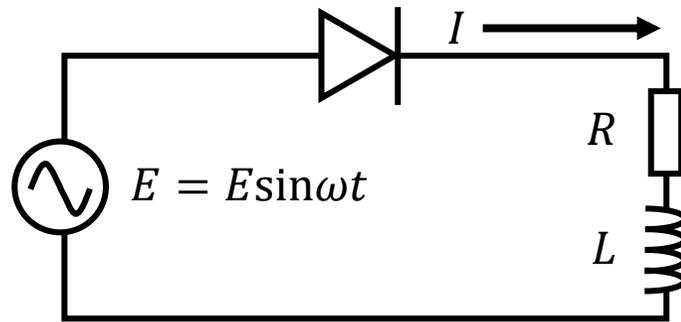
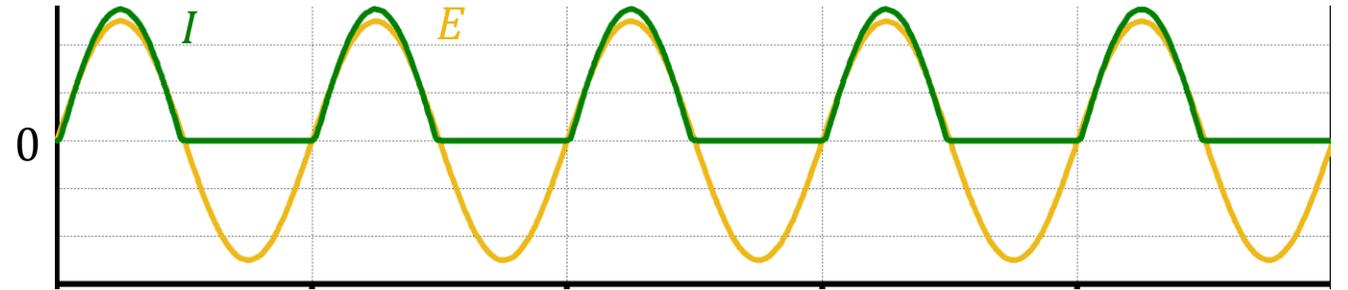
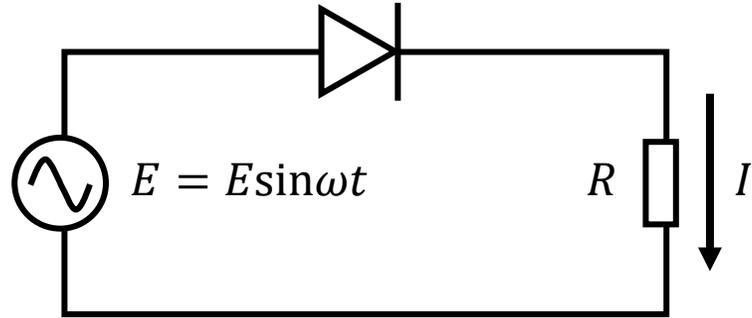


充電 放電 充電 放電 充電 放電 充電 放電 充電 放電

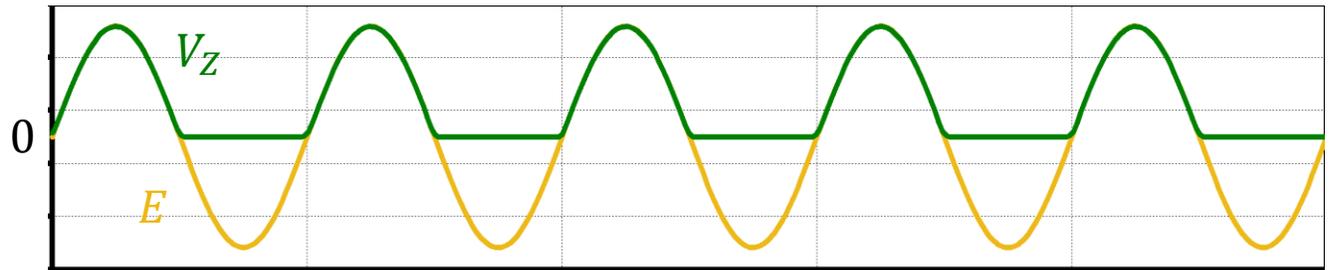
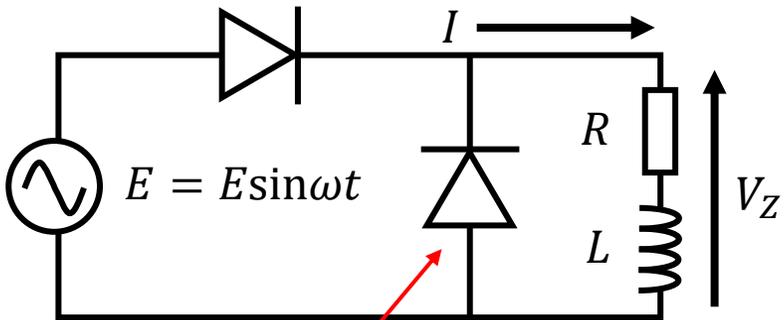
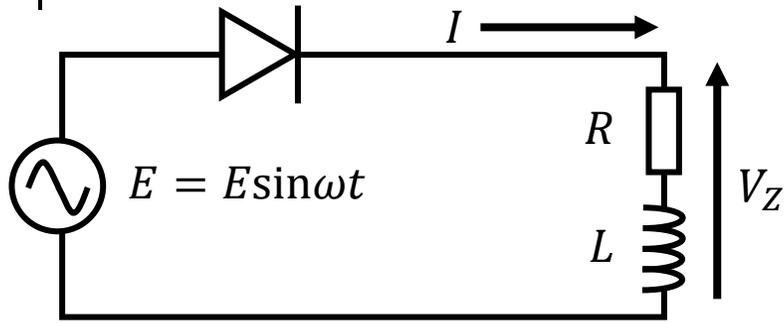
負荷がLだけだと  
ダイオードはOFFしない

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)

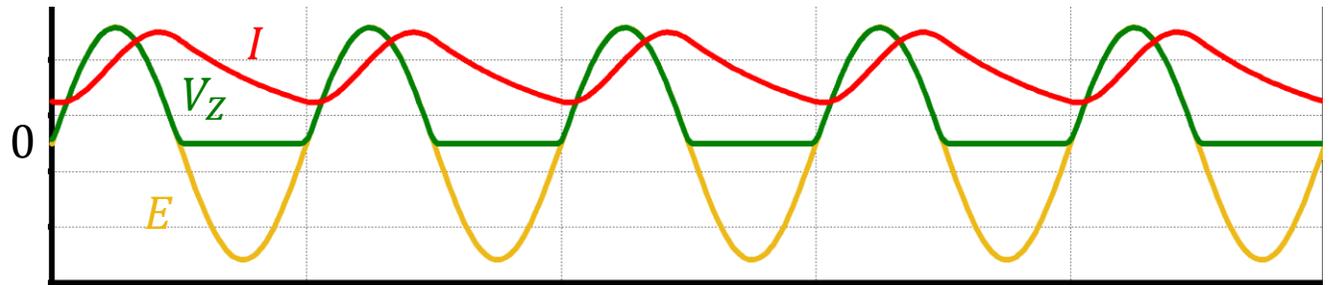


# 半波整流回路と還流ダイオード

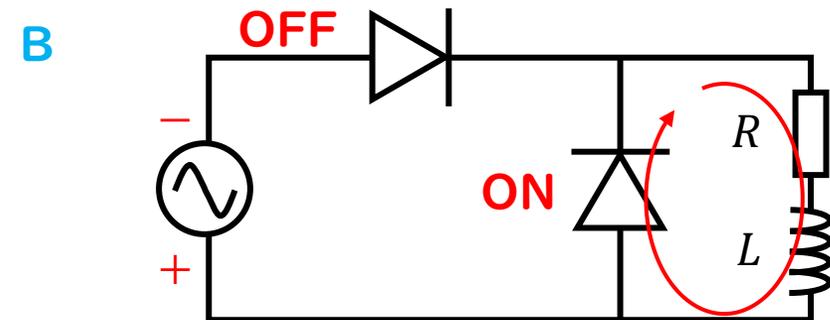
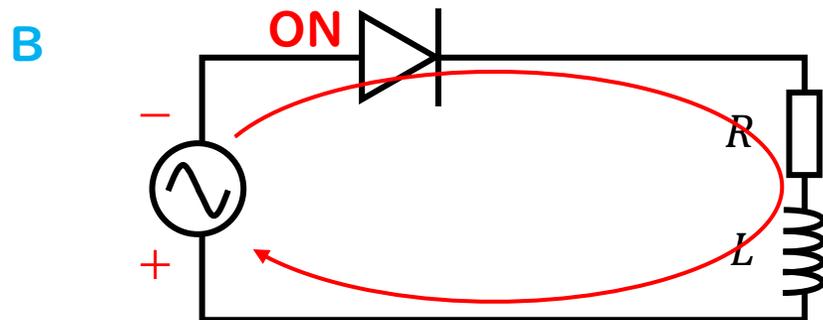
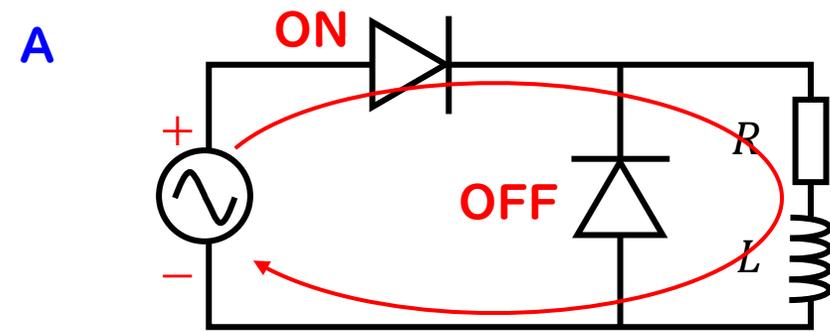
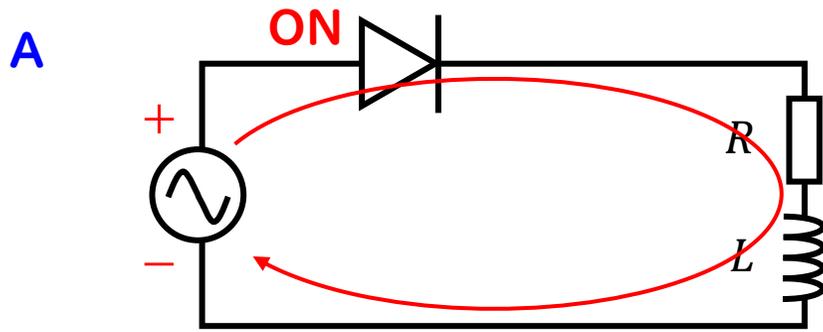
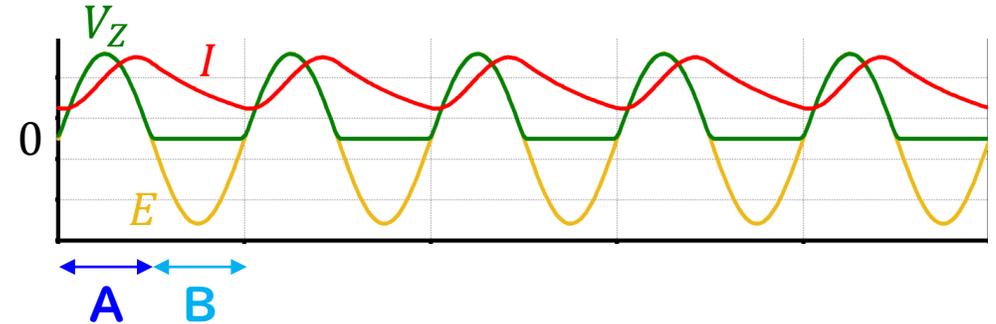
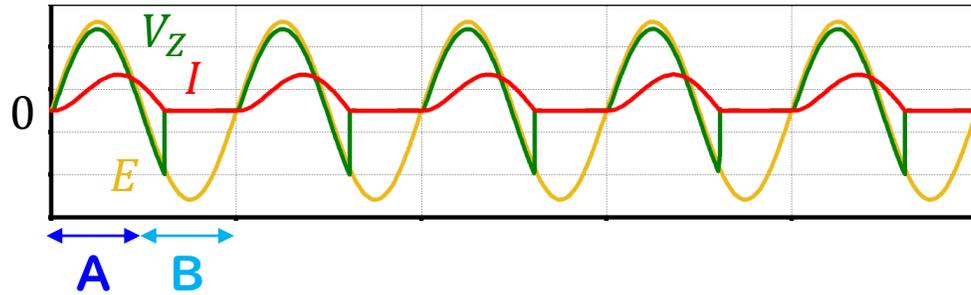


還流ダイオード

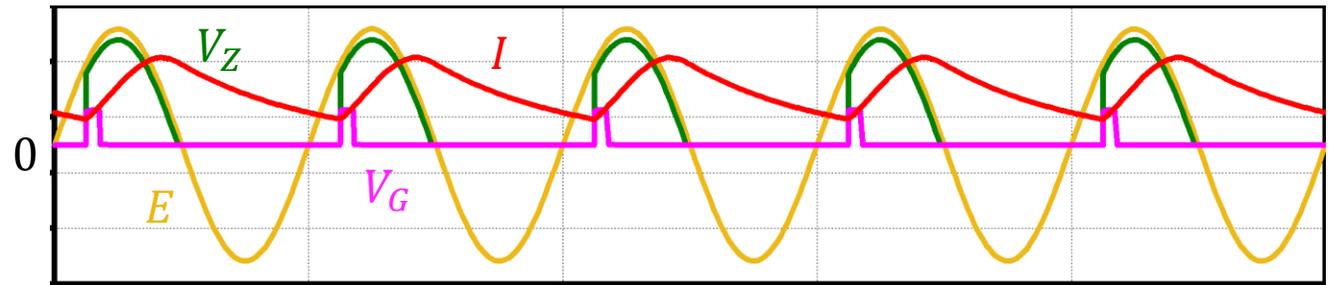
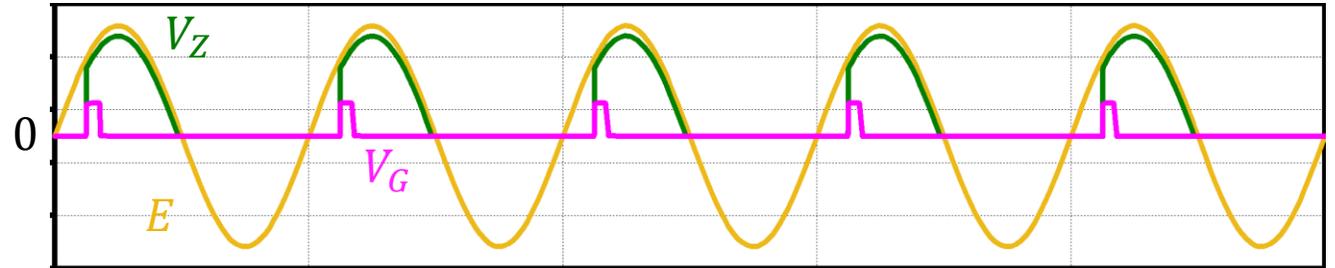
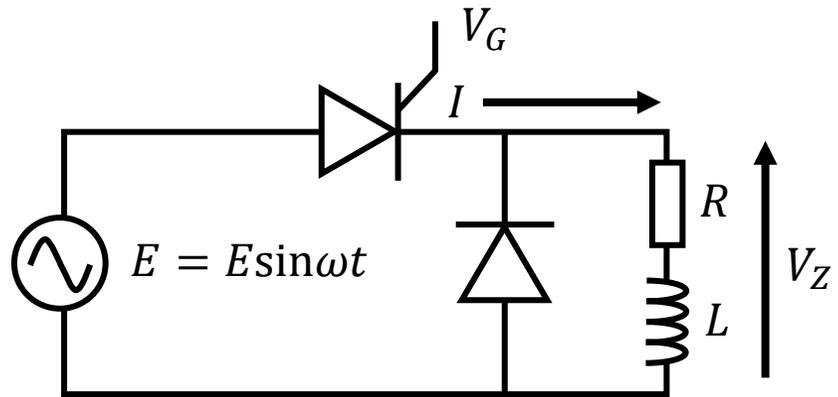
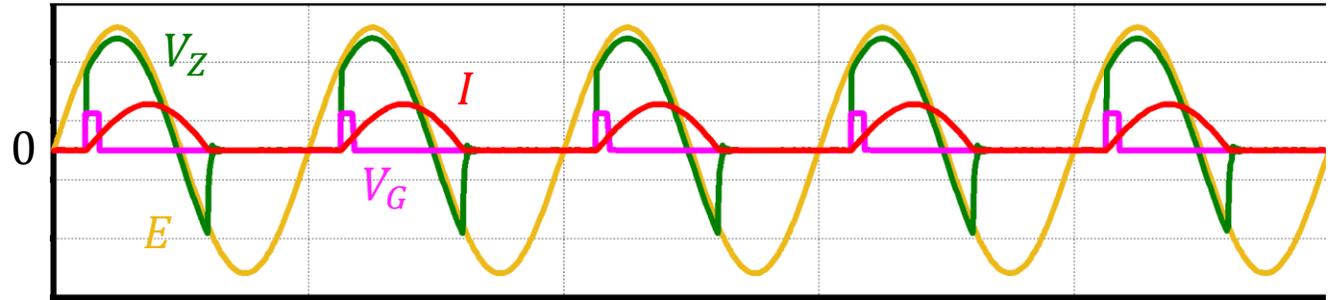
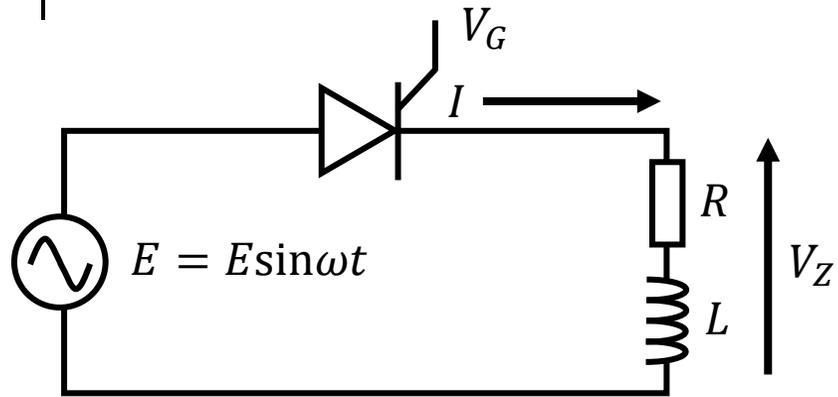
$V_Z$ と $I$ の波形が変化する



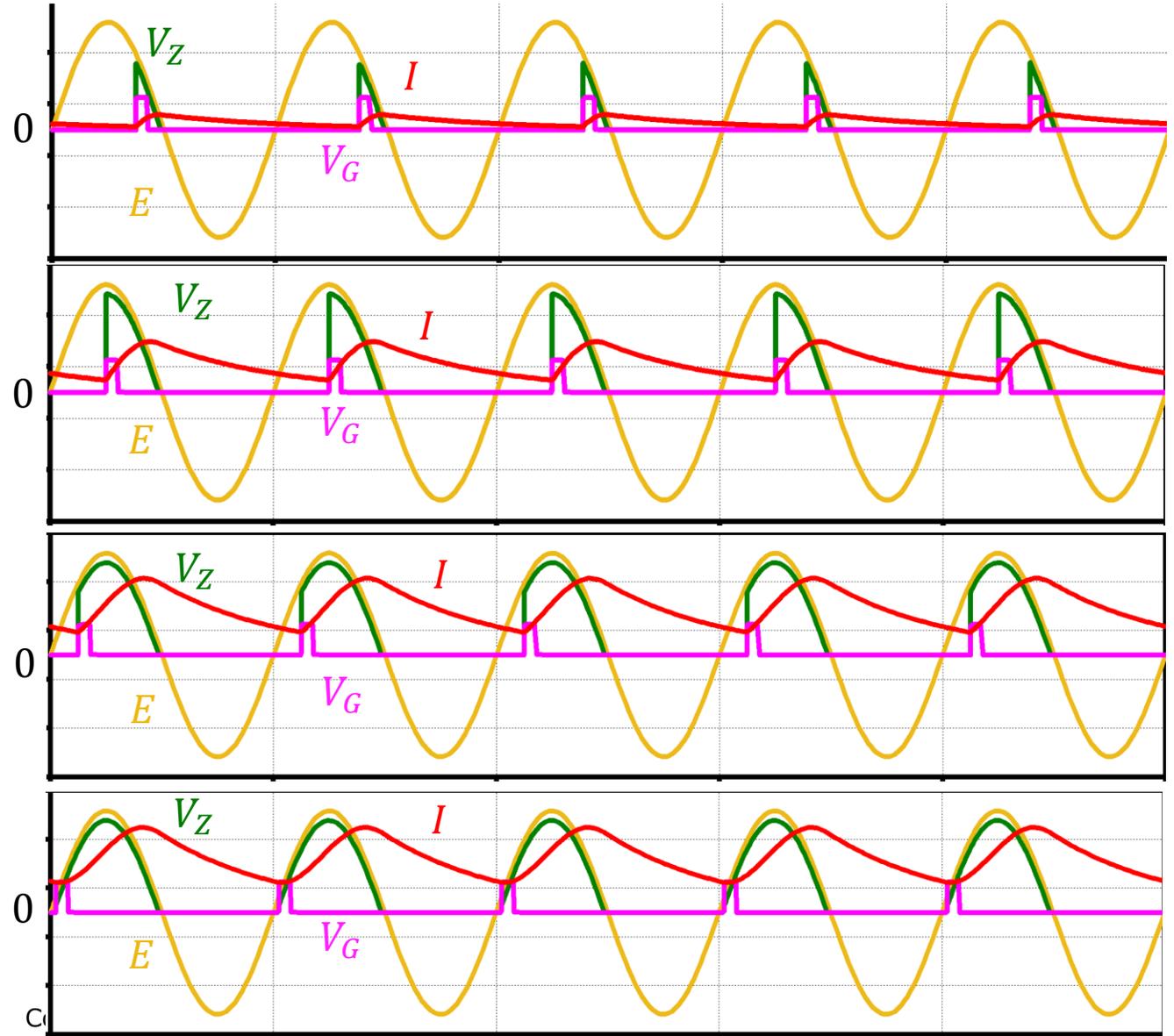
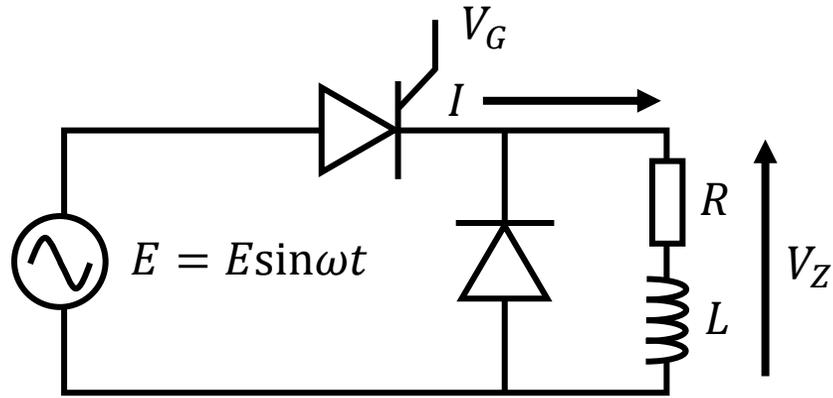
# 半波整流回路と還流ダイオード



# 半波整流回路 (サイリスタ) と還流ダイオード



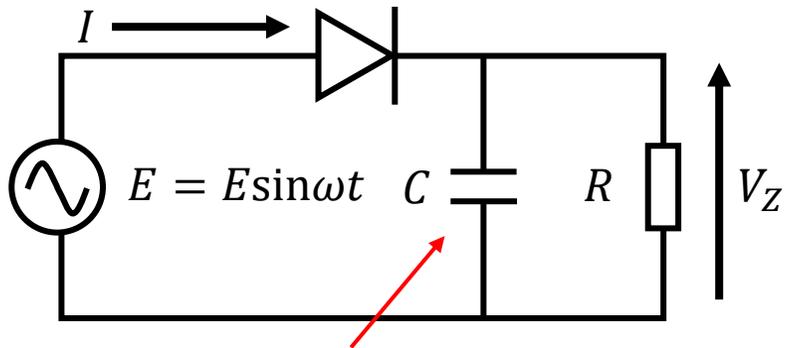
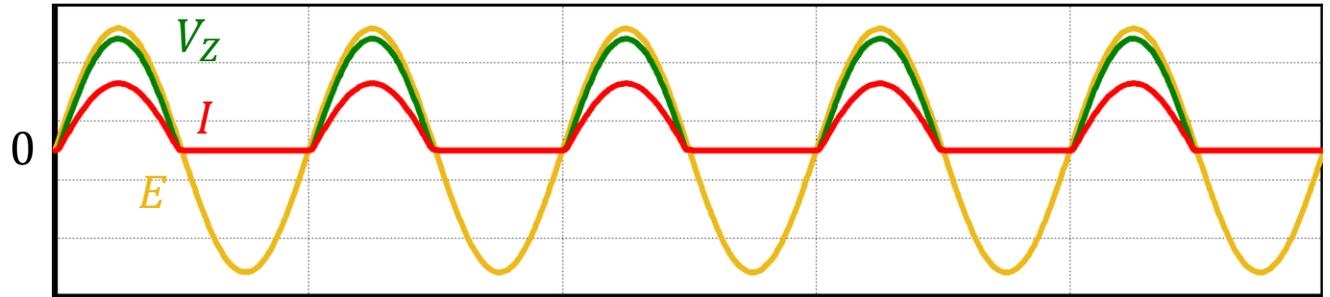
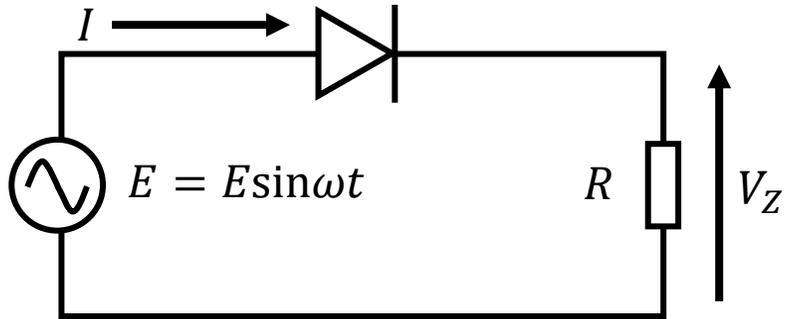
# 半波整流回路 (サイリスタ) と還流ダイオード



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

# 半波整流回路+コンデンサ

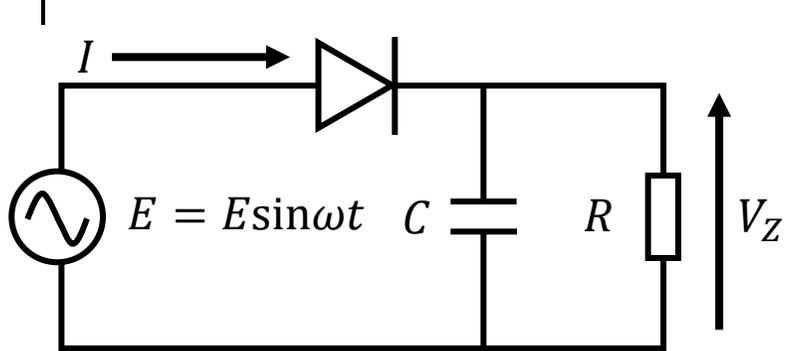


コンデンサインプット

$V_Z$ の波形が直流に近くなる



# 半波整流回路+コンデンサ



コンデンサにより $V_Z$ はDC電圧に近づく

<電圧の変化の仕方>

時定数 $\tau = CR$ で決まる

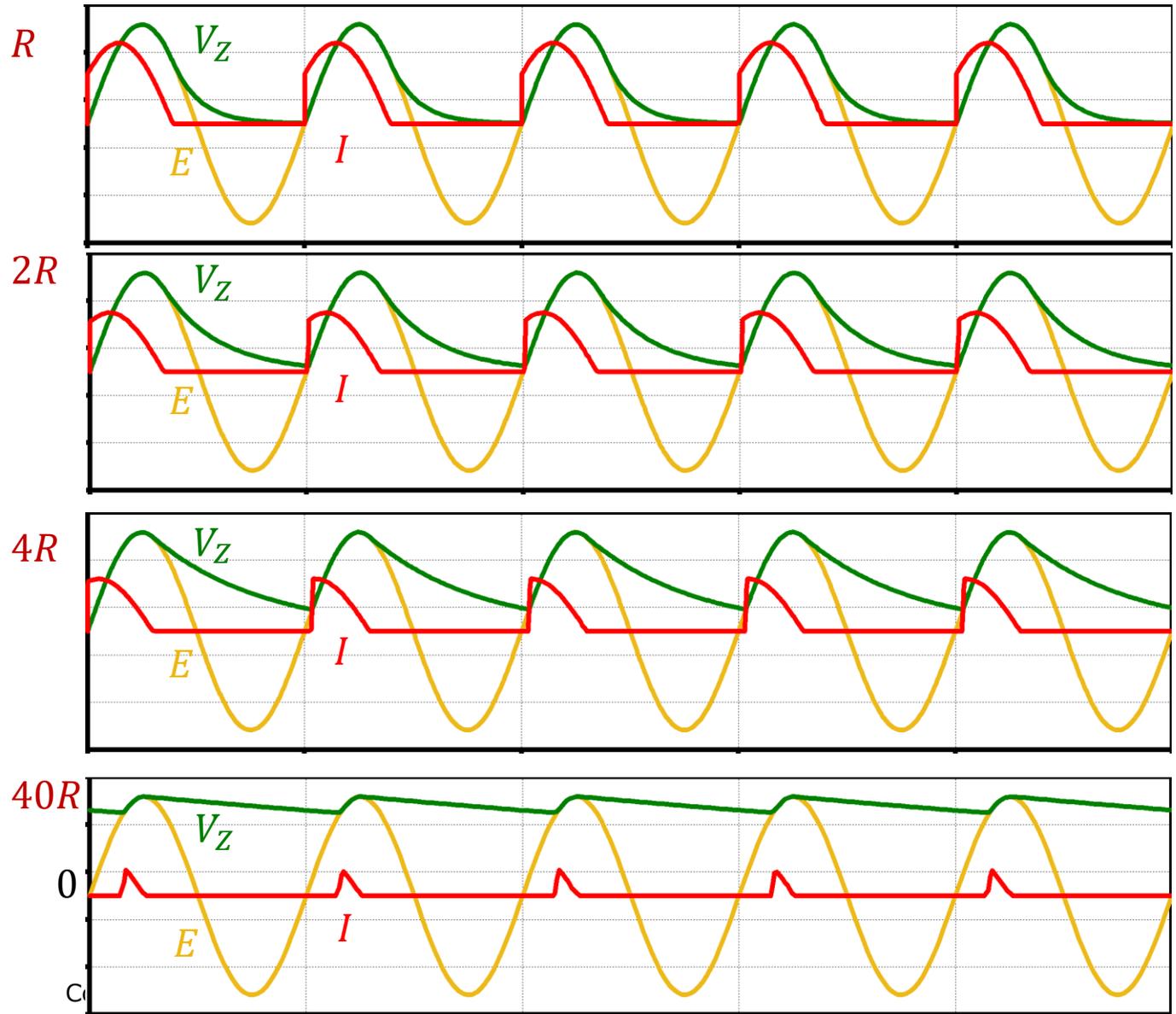
$R$ または $C$ が大きくなると

$V_Z$ はDC電圧に近づく

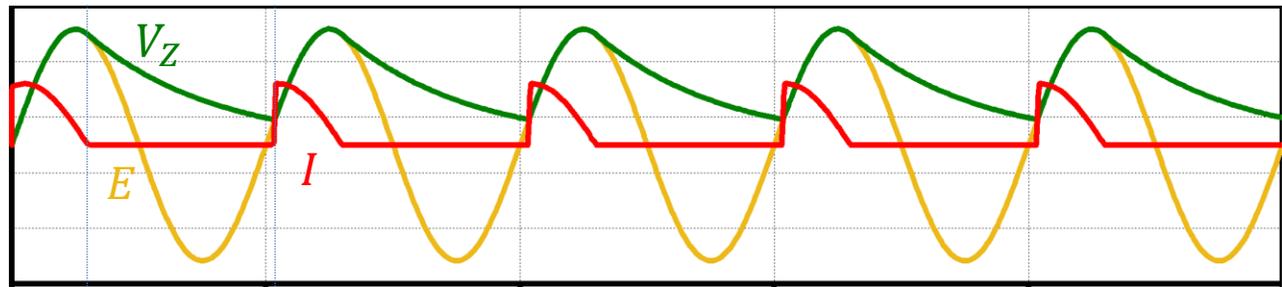
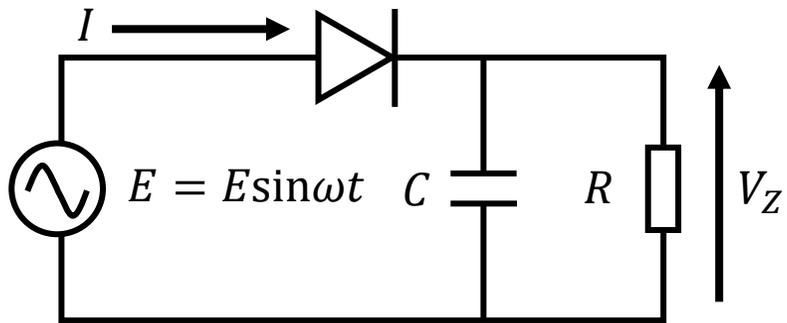
<電流が流れるタイミング>

$E > V_Z$ が成り立つタイミング

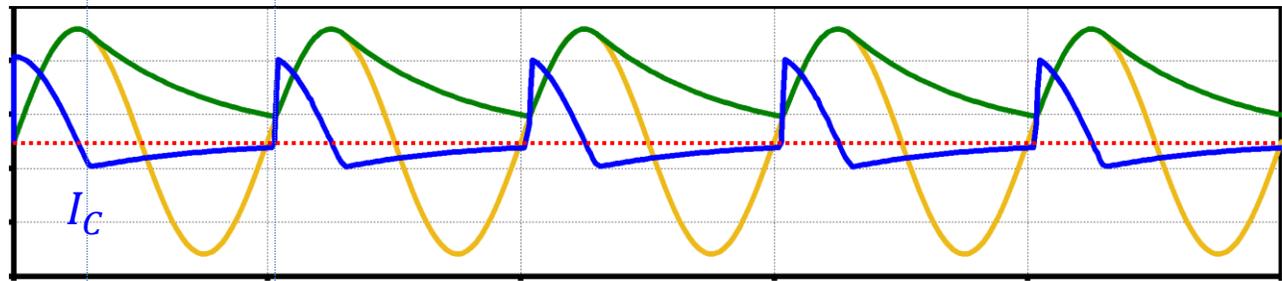
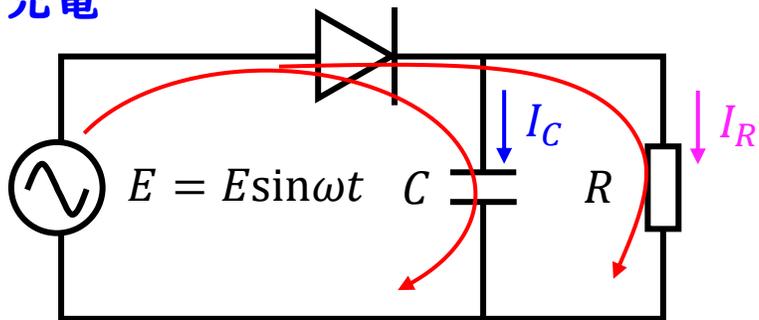
$V_Z$ がDC電圧に近づくとき電流が流れる時間が短くなる



# 半波整流回路+コンデンサ

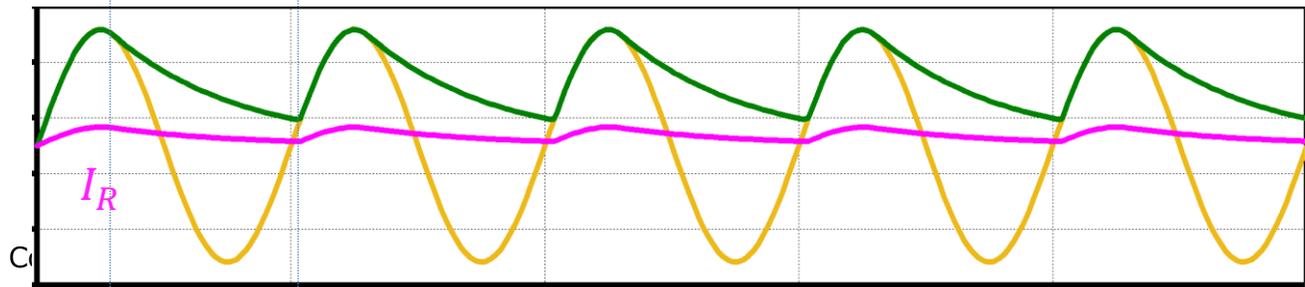
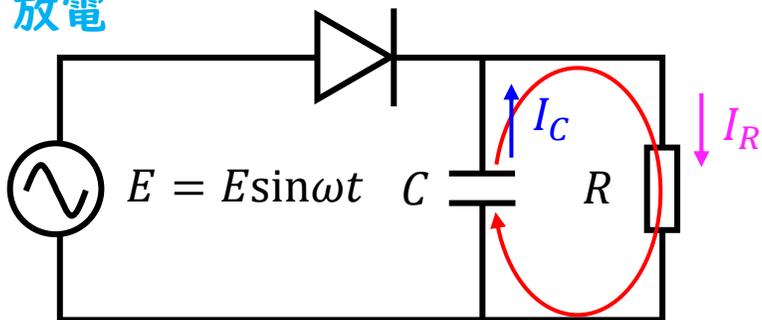


充電



充電 放電

放電



# H26 問10

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(ア)となり、負荷電流 $i_d$ の波形は図2の(イ)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(ウ)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(エ)。

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。

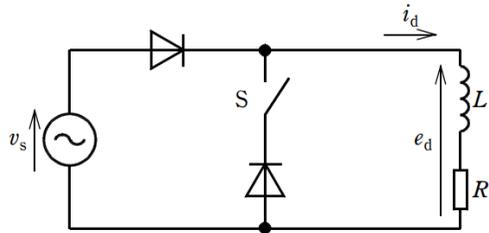


図1

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(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

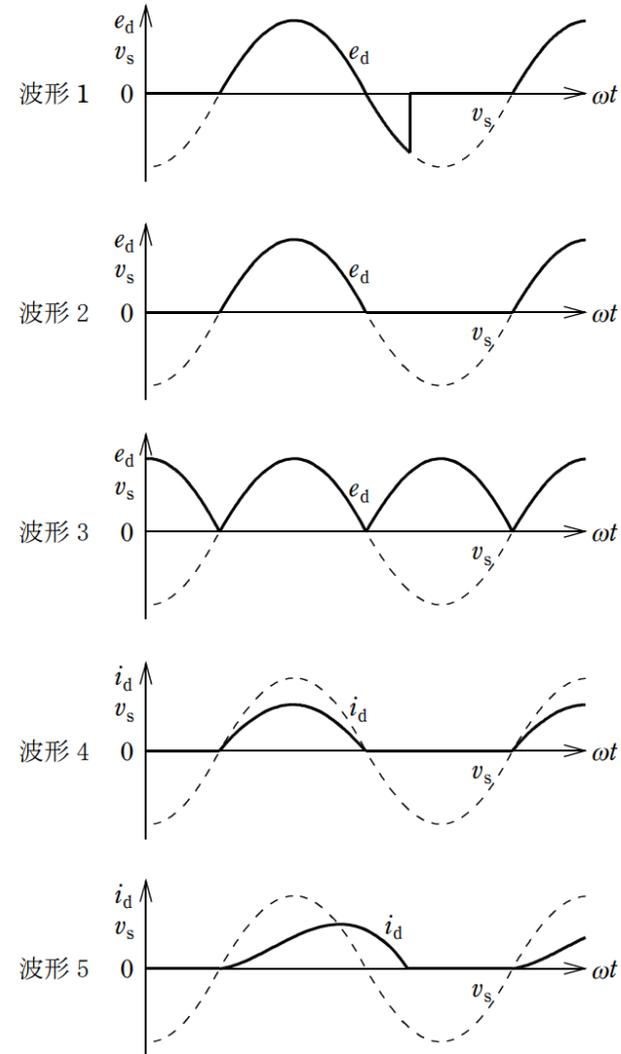


図2

# 導出のポイント

スイッチ：開

$$v_s > 0$$

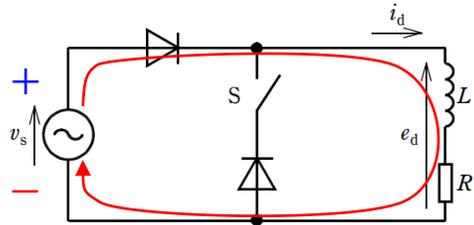


図 1

スイッチ：開

$$v_s < 0$$

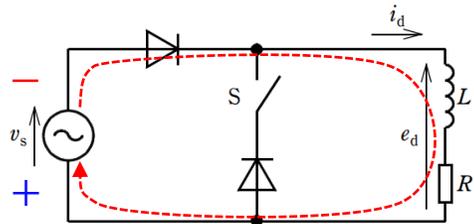


図 1

スイッチ：閉

$$v_s > 0$$

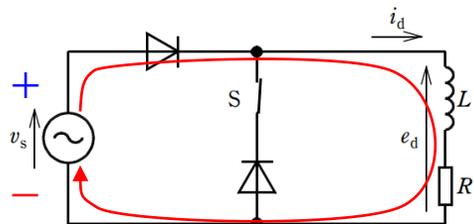


図 1

スイッチ：閉

$$v_s < 0$$

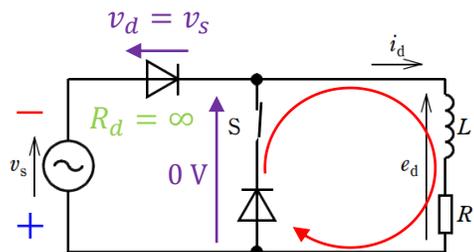
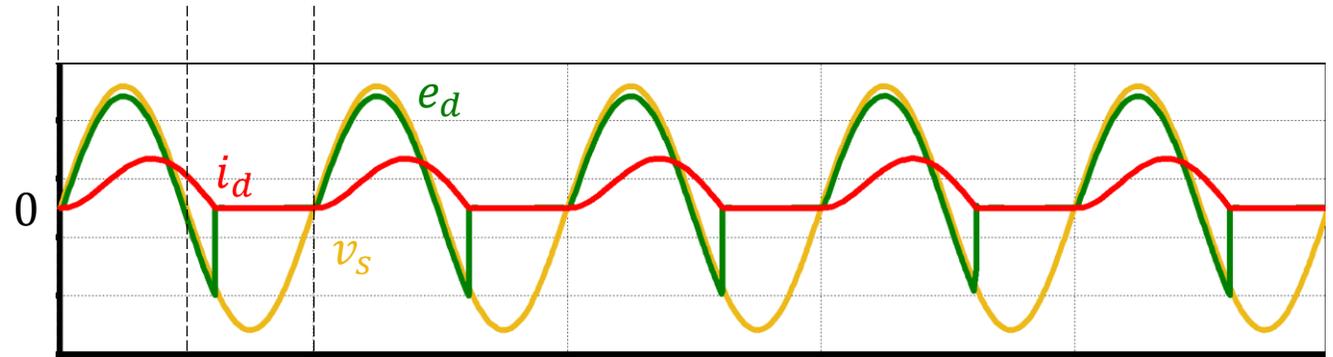
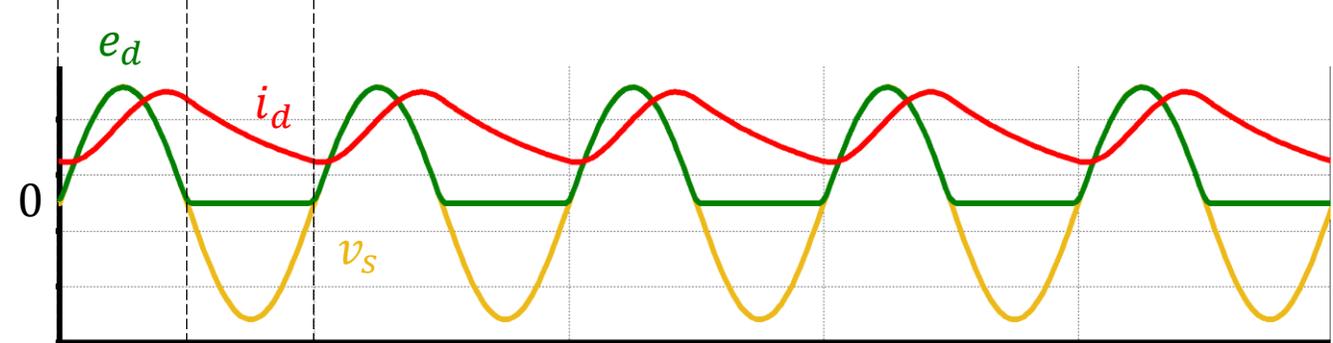


図 1



$v_s > 0$   $v_s < 0$



$v_s > 0$   $v_s < 0$

# H26 問10

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(ア)となり、負荷電流 $i_d$ の波形は図2の(イ)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(ウ)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(エ)。

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。

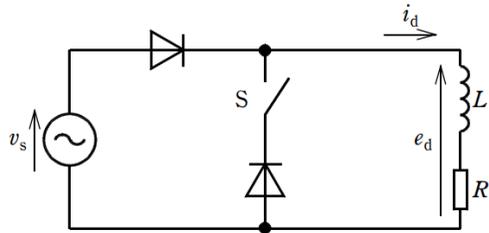


図1

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(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

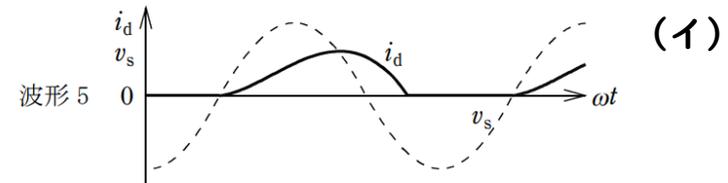
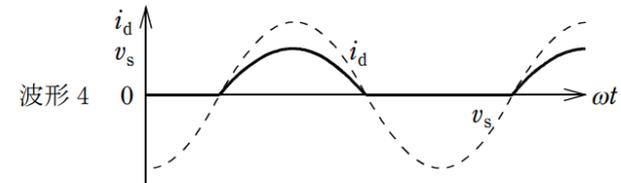
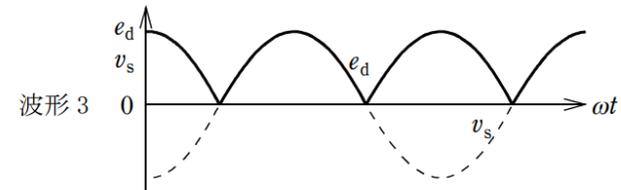
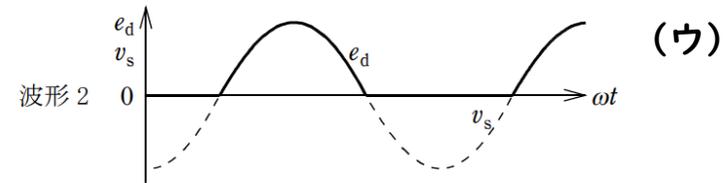
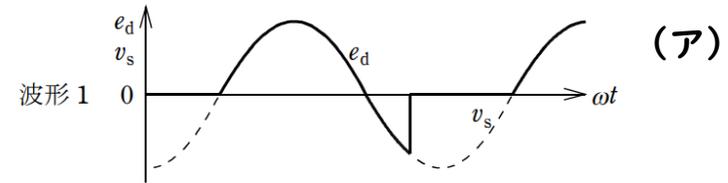
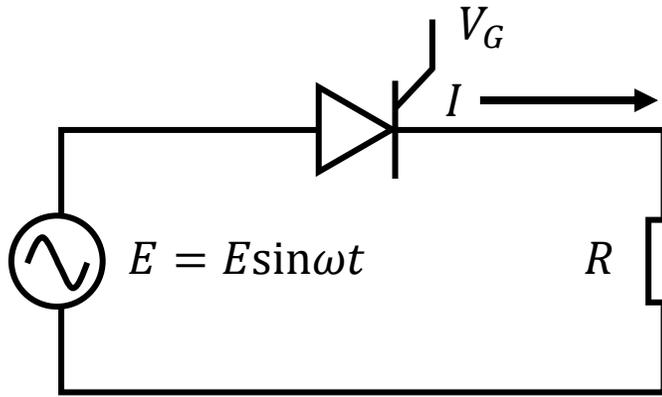
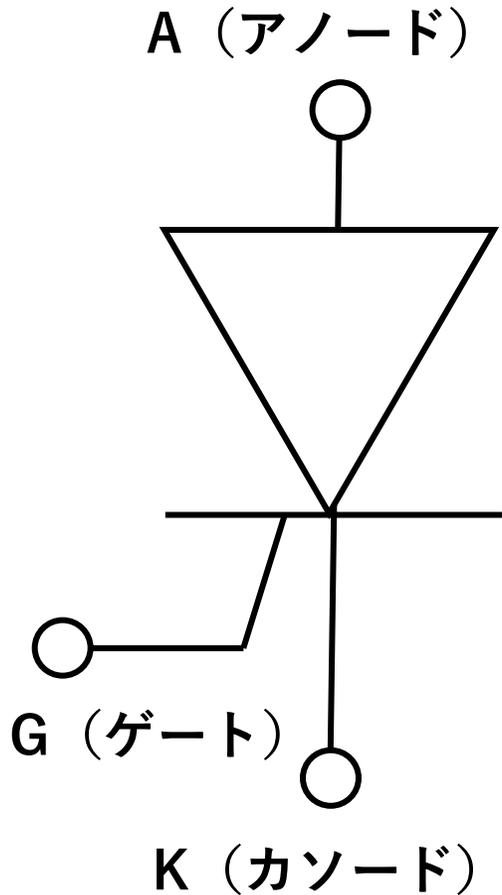
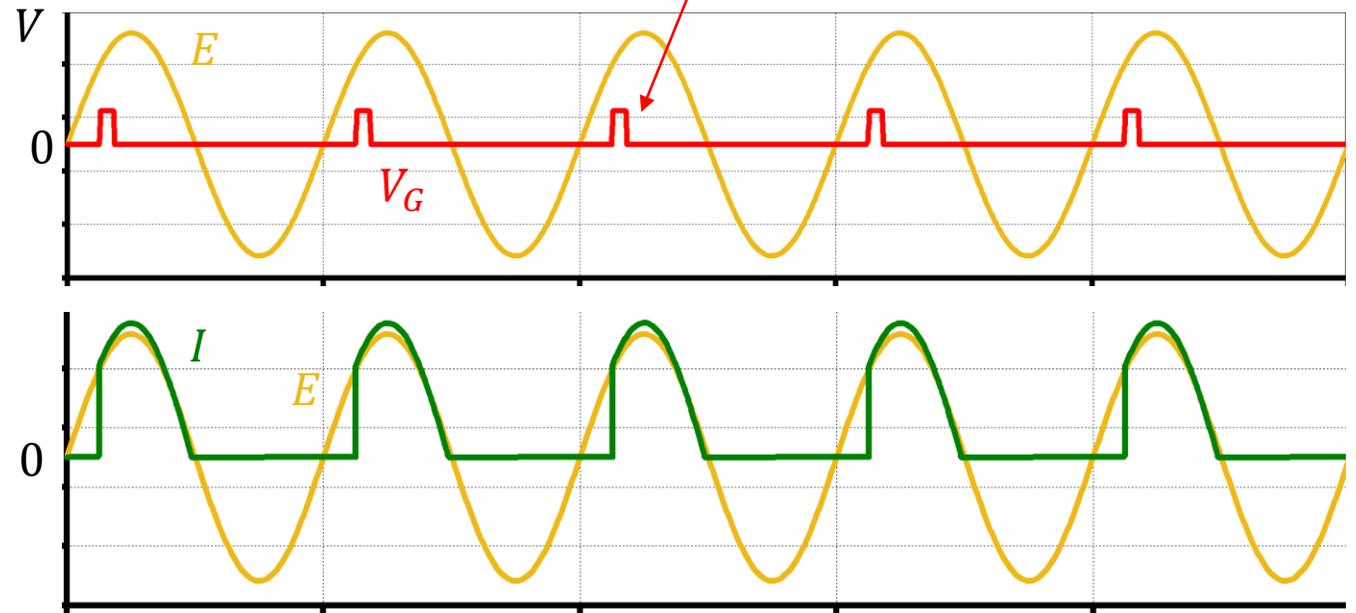


図2

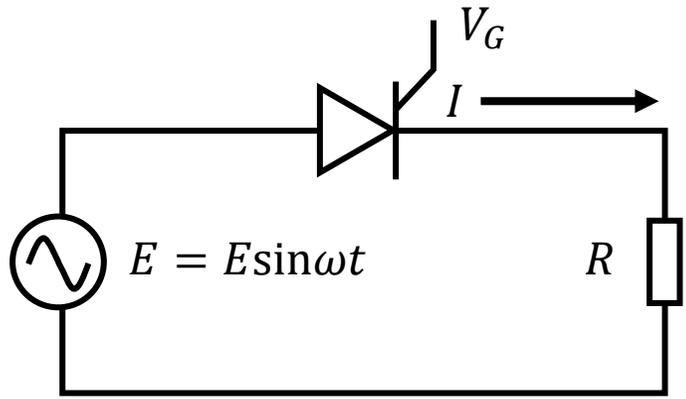
# サイリスタ



ゲートに電圧がかかると  
A-K間がONになる



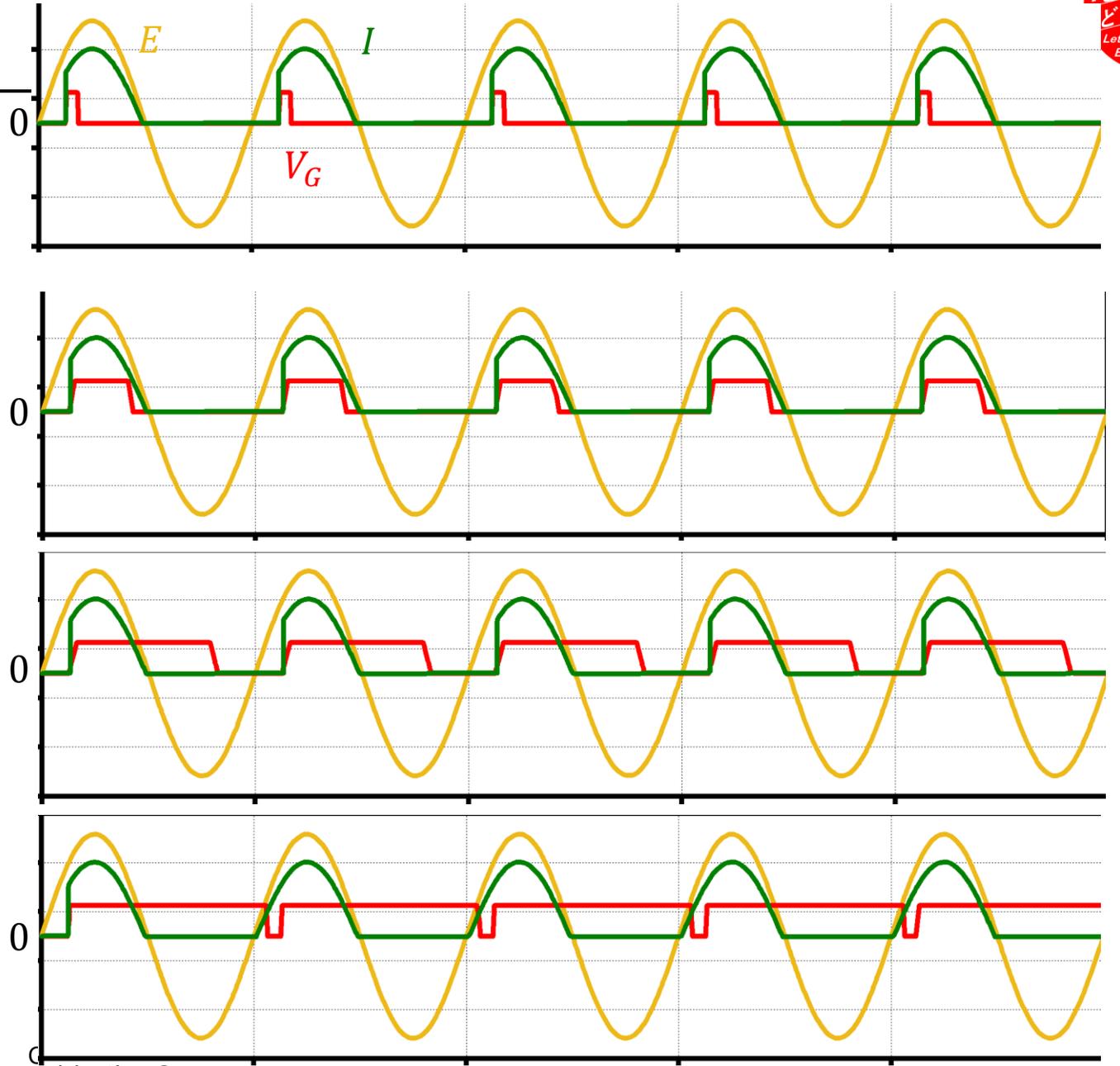
# サイリスタ



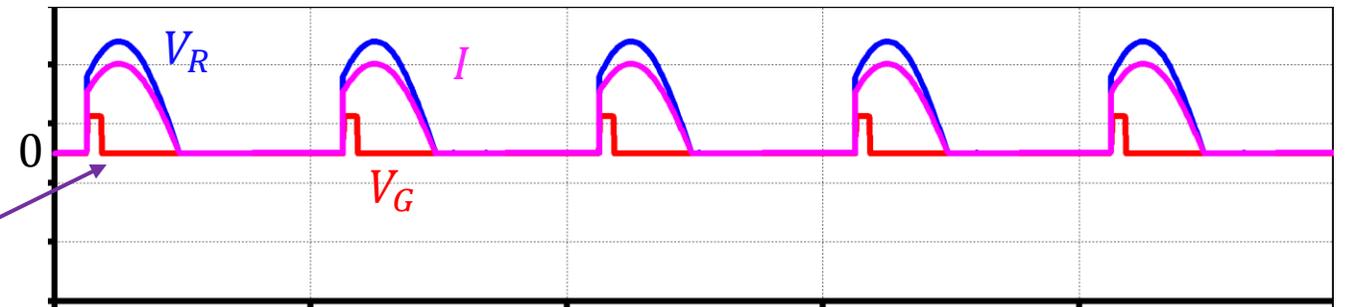
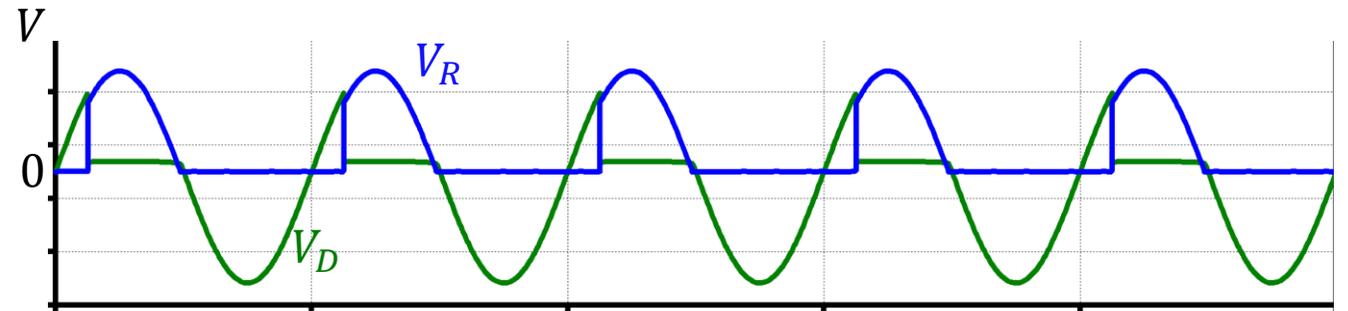
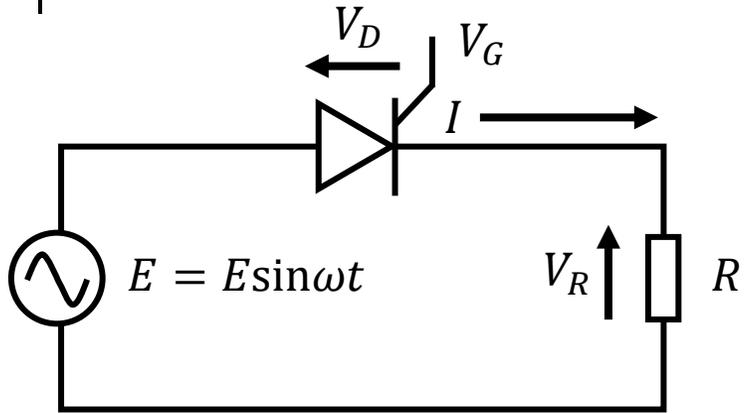
$V_G$  を大きくすると

電源電圧  $E$  が 0 より小さい範囲はゲートを ON にしても電流は流れない

ゲート ON の時間を正弦波の周期よりも長くすると、2 周期目以降はダイオードと同じ動作になる

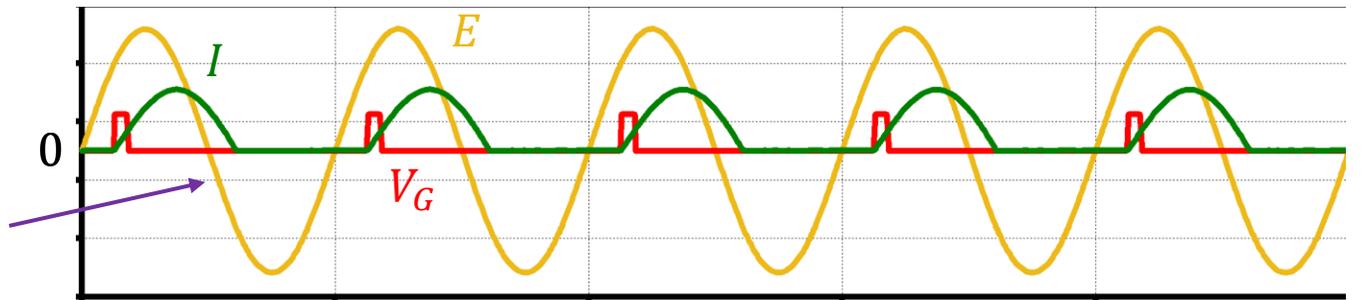
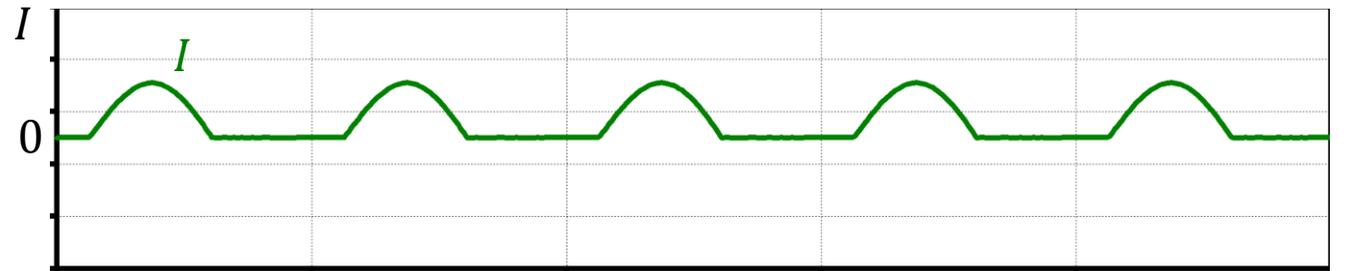
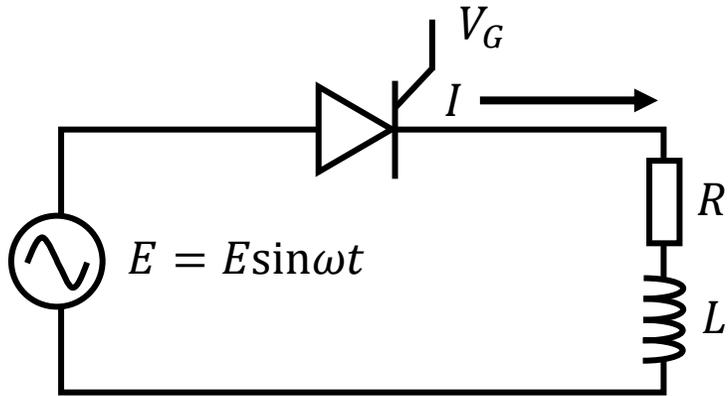


# 半波整流回路 (サイリスタ)



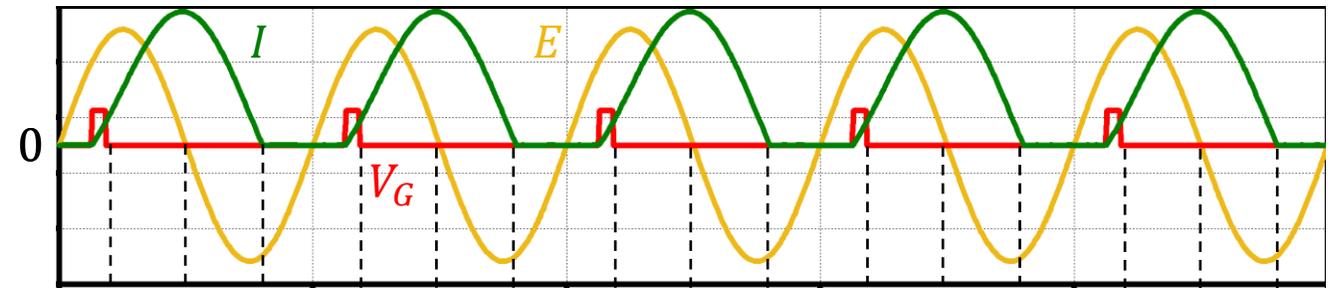
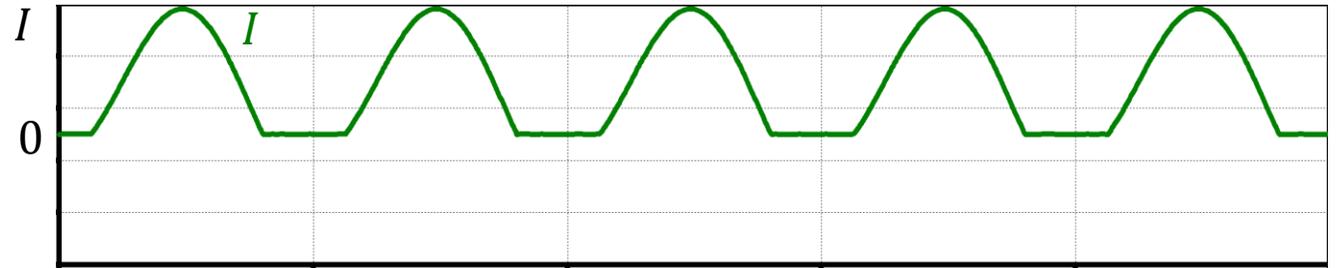
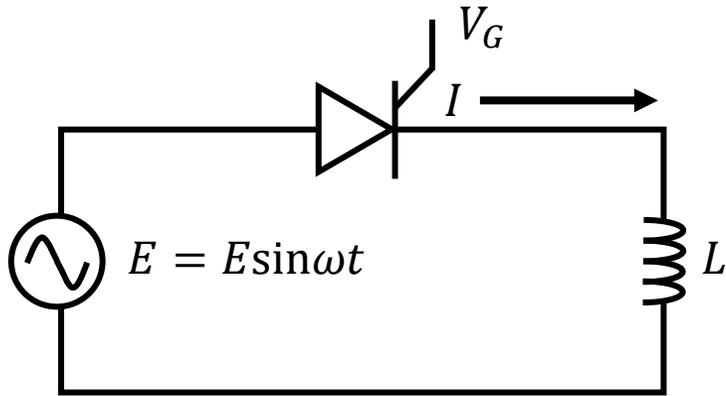
抵抗で発生する電圧は  
電流と同じ波形になる

# 半波整流回路 (サイリスタ)



コイルにより電源電圧 $E$ が0より小さくなって  
 も電流は流れ続ける  
 (ダイオードと同じ。サイリスタのゲート電圧  
 は関係なし)

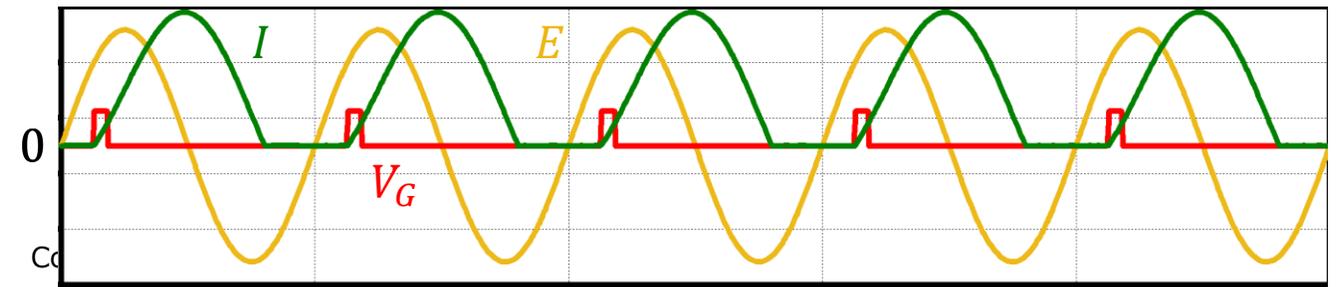
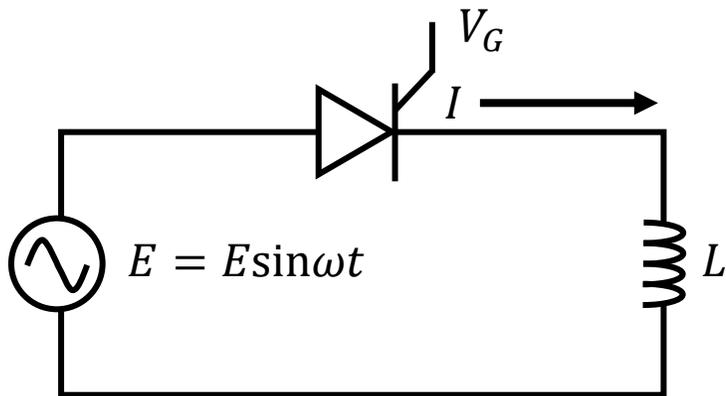
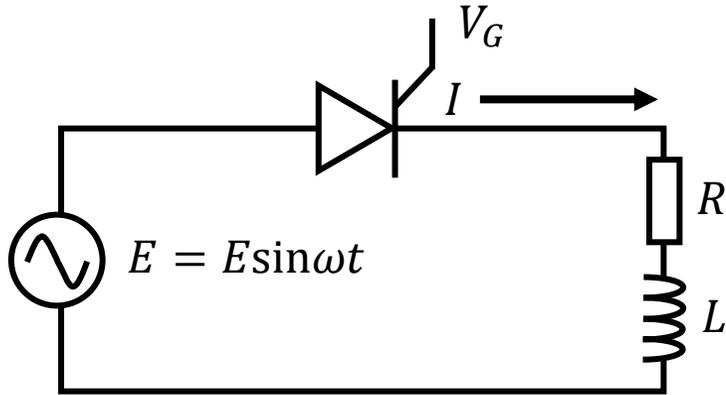
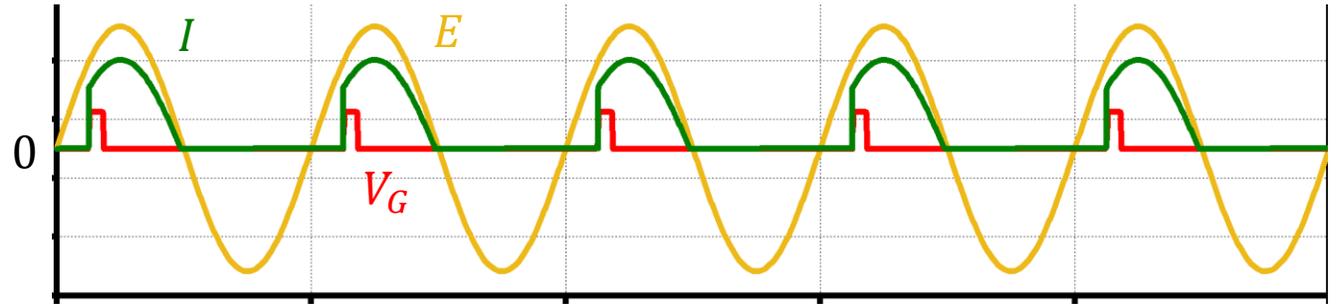
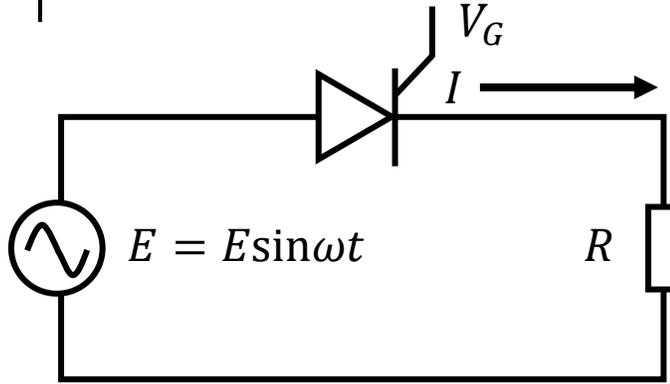
# 半波整流回路 (サイリスタ)



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

充電 放電 充電 放電 充電 放電 充電 放電 充電 放電

# 半波整流回路 (サイリスタのRとL)



# 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)～(5)のうちから一つ選べ。

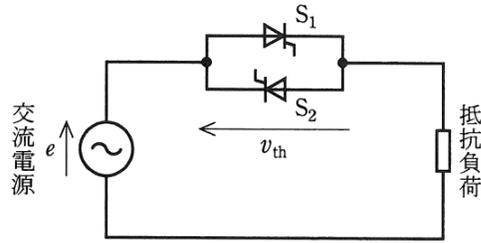


図1

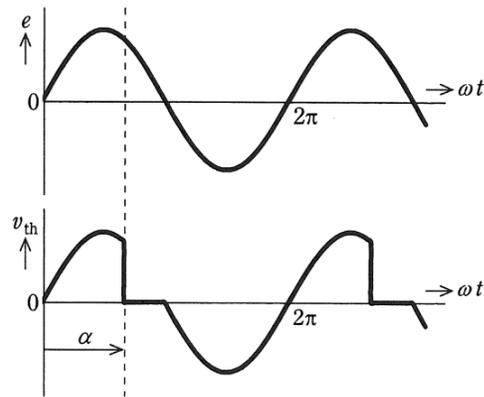


図2 (上)交流電源電圧波形  
(下)サイリスタ  $S_1$ 、 $S_2$  の両端電圧  $v_{th}$  の波形

- (1)  $S_1$ 、 $S_2$ とも制御遅れ角  $\alpha$  で運転
- (2)  $S_1$ は制御遅れ角  $\alpha$ 、 $S_2$ は制御遅れ角  $0$  で運転
- (3)  $S_1$ は制御遅れ角  $\alpha$ 、 $S_2$ 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  $\alpha$  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  $\alpha$  で運転

# 導出のポイント

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)～(5)のうちから一つ選べ。

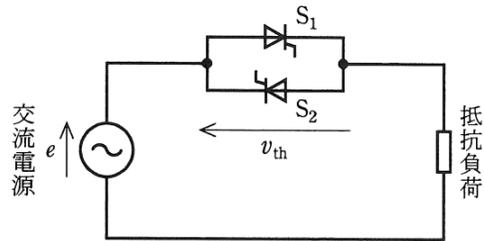


図1

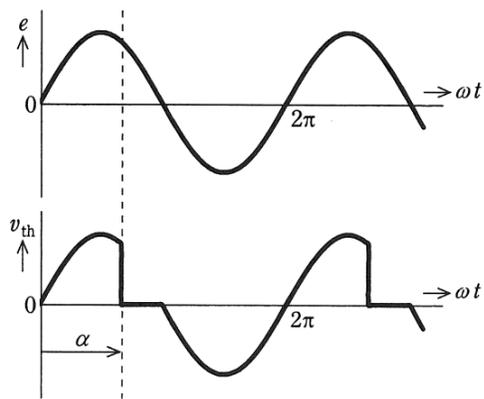
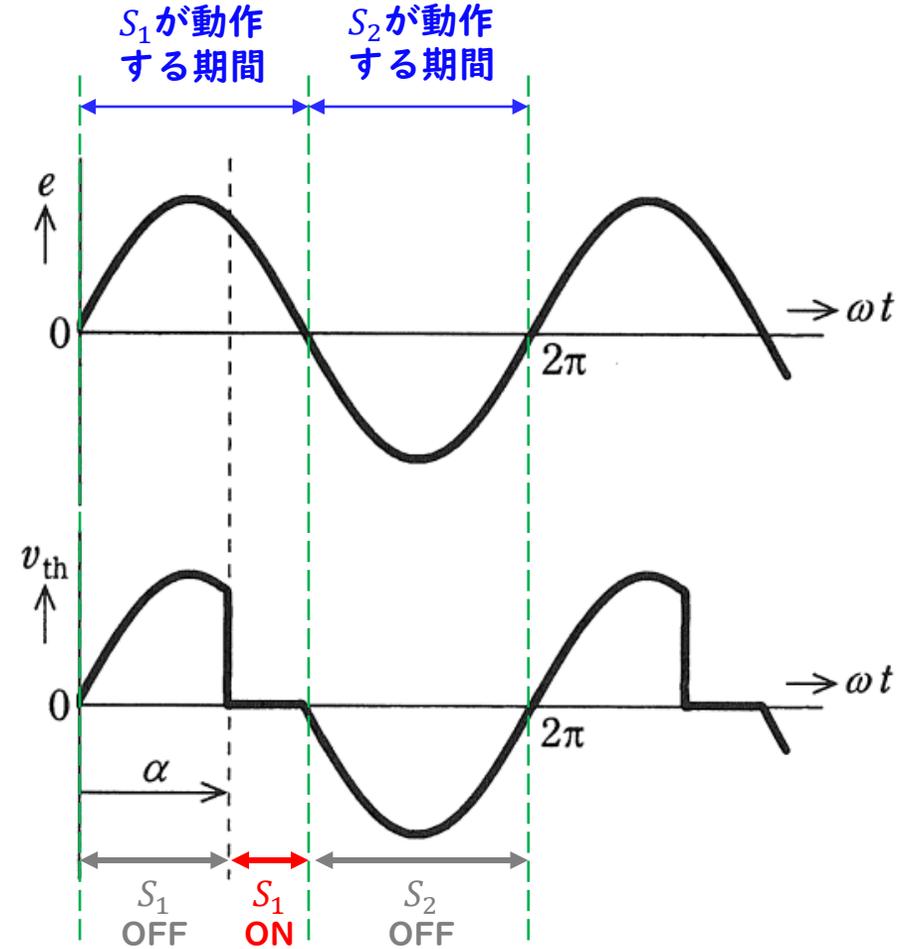


図2 (上)交流電源電圧波形  
(下)サイリスタ  $S_1$ 、 $S_2$  の両端電圧  $v_{th}$  の波形

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 ~ 0V  
→サイリスタ ON



$S_1$  の制御角  $\alpha$   $S_2$  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)～(5)のうちから一つ選べ。

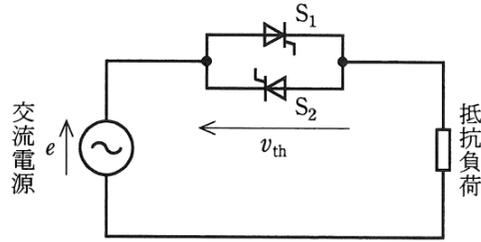


図1

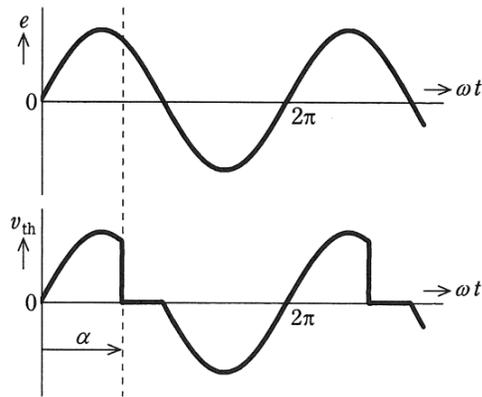


図2 (上)交流電源電圧波形  
(下)サイリスタ  $S_1$ 、 $S_2$  の両端電圧  $v_{th}$  の波形

- (1)  $S_1$ 、 $S_2$ とも制御遅れ角  $\alpha$  で運転
- (2)  $S_1$ は制御遅れ角  $\alpha$ 、 $S_2$ は制御遅れ角  $0$  で運転
- (3)  $S_1$ は制御遅れ角  $\alpha$ 、 $S_2$ 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  $\alpha$  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  $\alpha$  で運転

# 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  $\alpha$  [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) の間に答えよ。

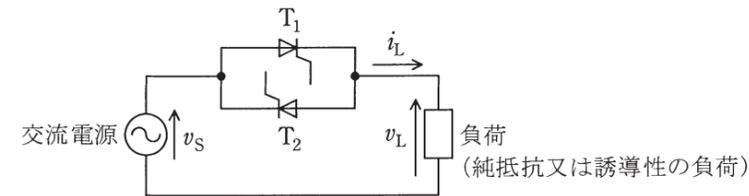
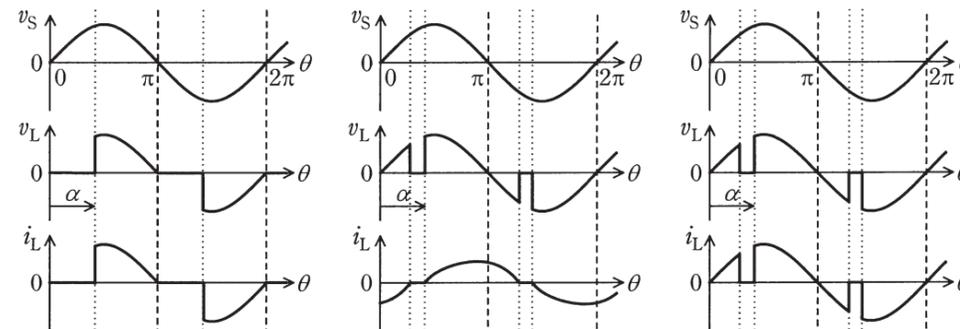


図 1

(a) 図 2 の波形 1~3 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)~(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



波形 1

波形 2

波形 3

図 2

(b) 交流電源電圧  $v_s$  の実効値を  $V_s$  として、純抵抗負荷の場合の負荷電圧  $v_L$  の実効値  $V_L$  は、 $V_L = V_s \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$  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

# 導出のポイント

問 16 図 1 に示す単相交流電力調整回路が制御遅れ角  $\alpha$  [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 1~3 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)~(5) のうちから一つ選べ。

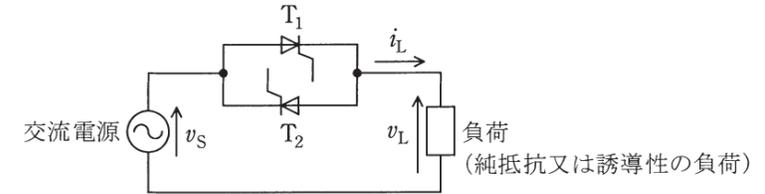
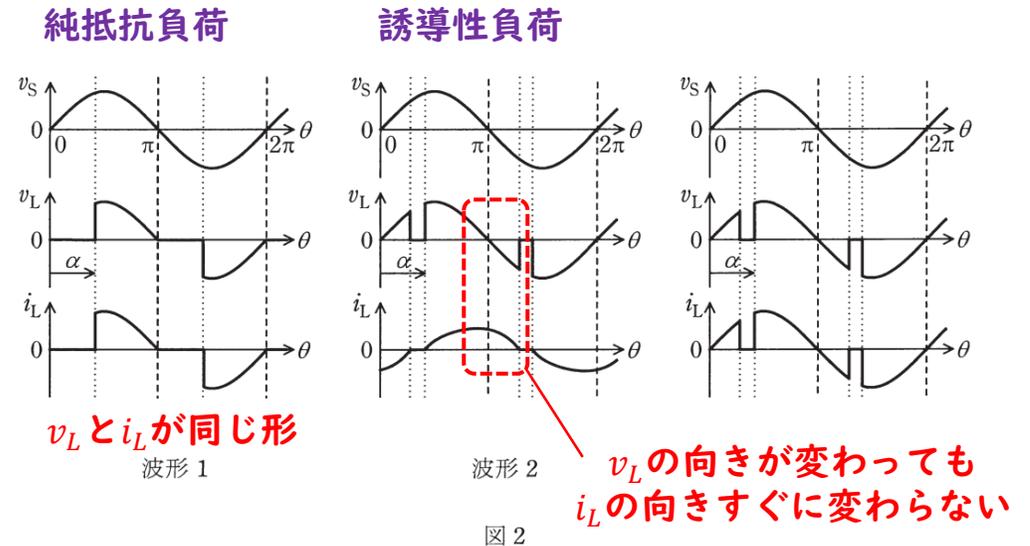


図 1

	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



# 導出のポイント

問 16 図 1 に示す単相交流電力調整回路が制御遅れ角  $\alpha$  [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) の間に答えよ。

(b) 交流電源電圧  $v_s$  の実効値を  $V_s$  として、純抵抗負荷の場合の負荷電圧  $v_L$  の実効値  $V_L$  は、 $V_L = V_s \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$  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

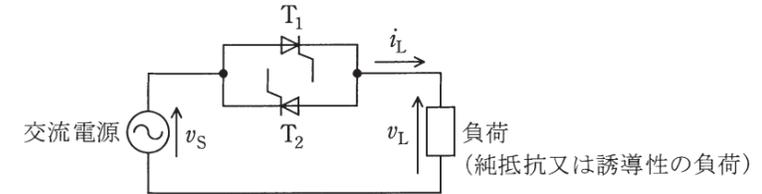


図 1

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

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

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

# 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  $\alpha$  [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) の間に答えよ。

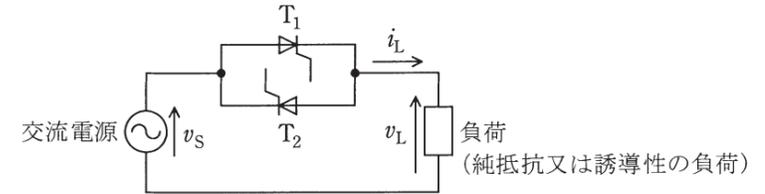
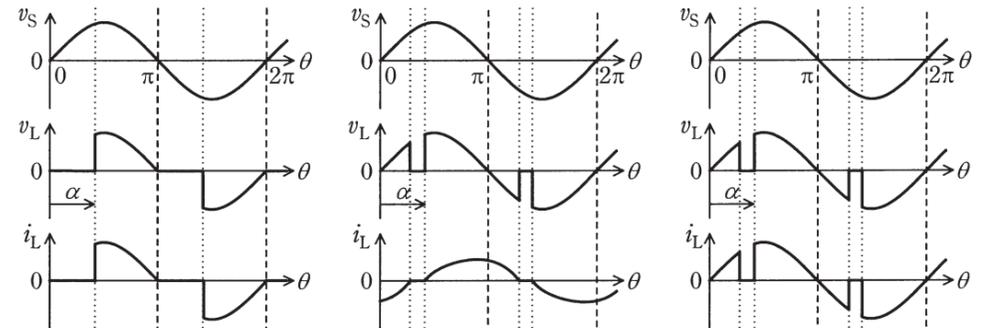


図 1

(a) 図 2 の波形 1~3 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)~(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



波形 1

波形 2

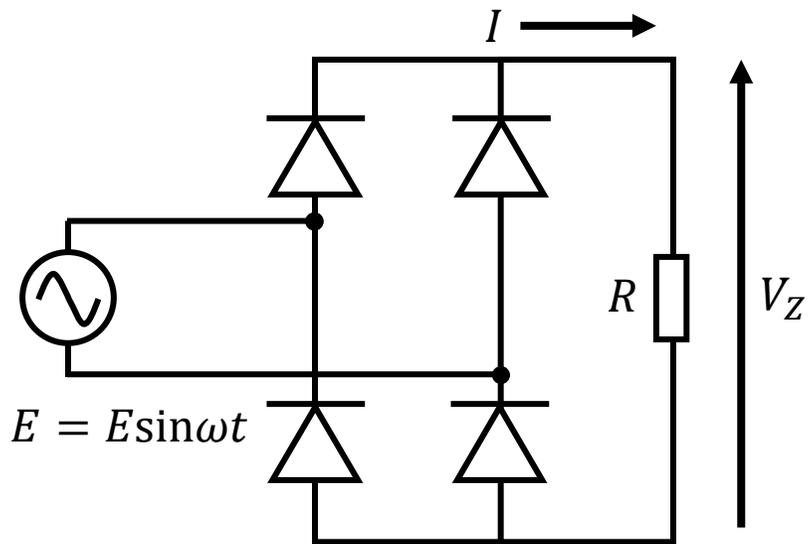
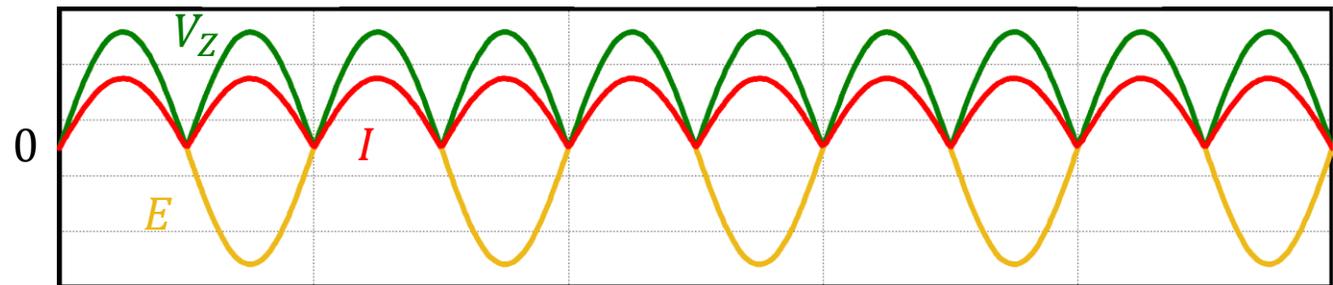
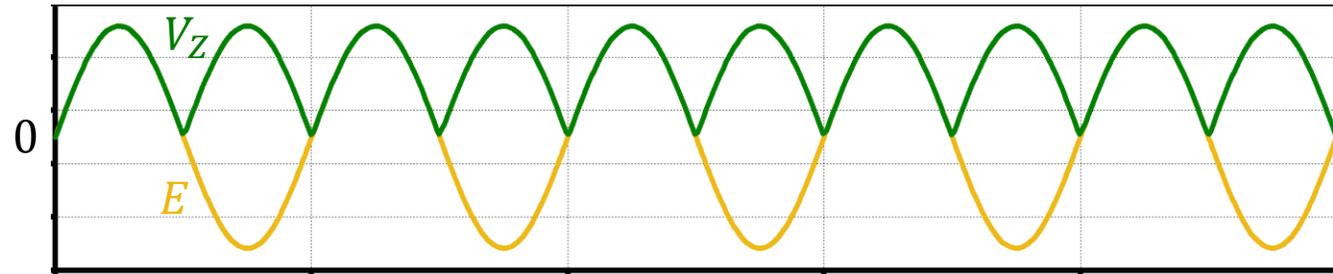
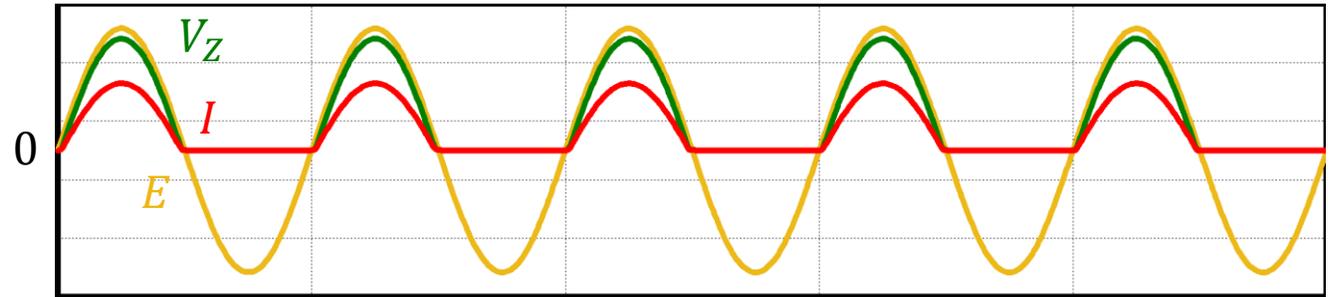
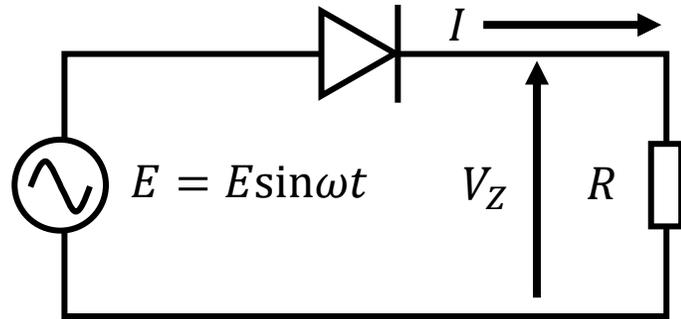
波形 3

図 2

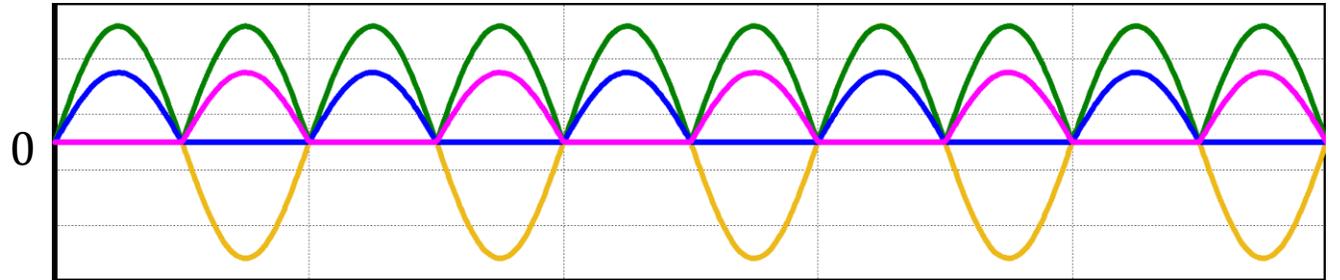
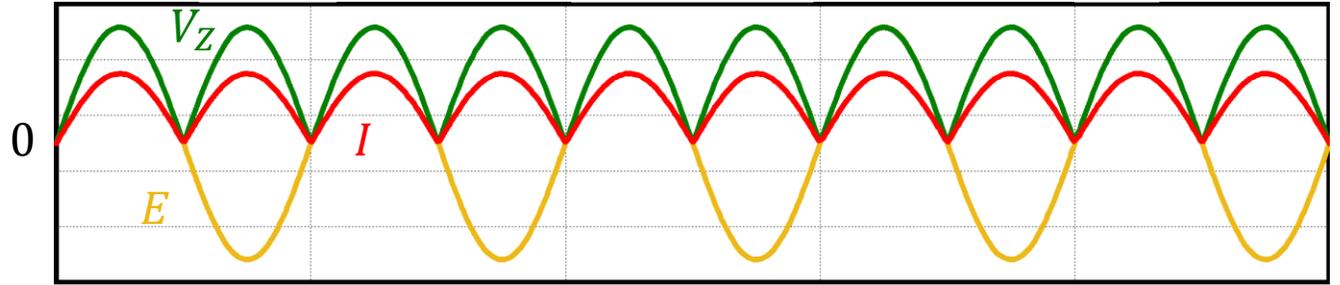
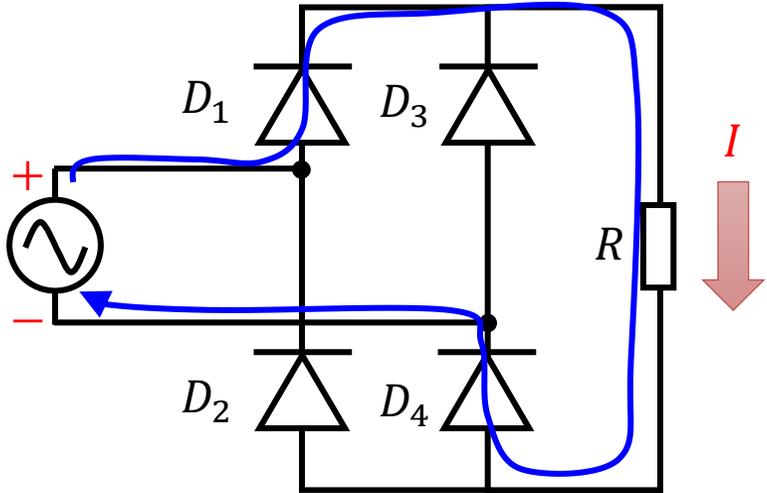
(b) 交流電源電圧  $v_s$  の実効値を  $V_s$  として、純抵抗負荷の場合の負荷電圧  $v_L$  の実効値  $V_L$  は、 $V_L = V_s \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$  で表される。制御遅れ角を  $\alpha_1 = \frac{\pi}{2}$  [rad] から  $\alpha_2 = \frac{\pi}{4}$  [rad] に変えたときに、負荷の抵抗で消費される交流電力は何倍となるか、最も近いものを次の (1)~(5) のうちから一つ選べ。

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

# 全波整流回路

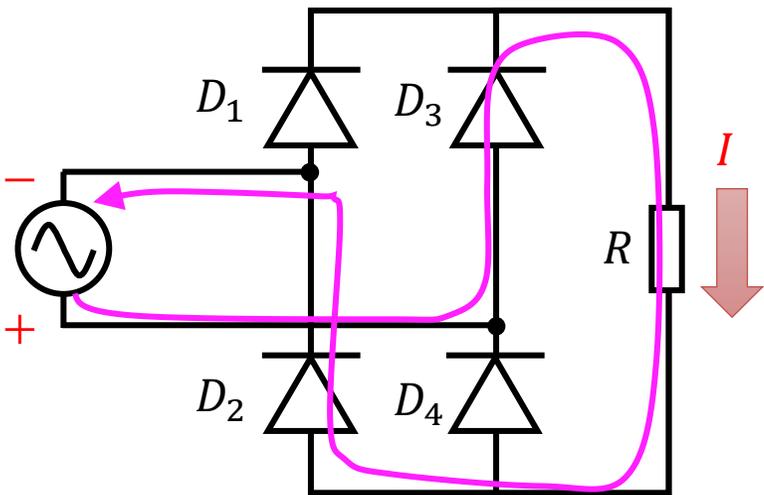


# 全波整流回路



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

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。

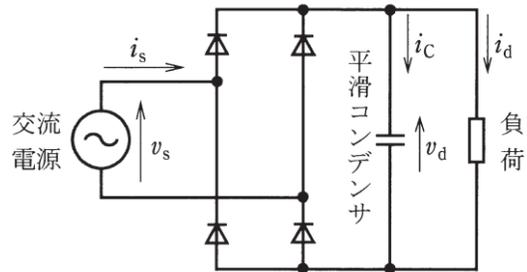


# H25 問9

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  $i_c$  は、交流電流  $i_s$  を整流した電流と負荷に供給する電流  $i_d$  との差となり、電圧  $v_d$  は  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  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、通常の使用では交流の  として扱われる。この回路の交流電流  $i_s$  は、正負の  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(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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(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

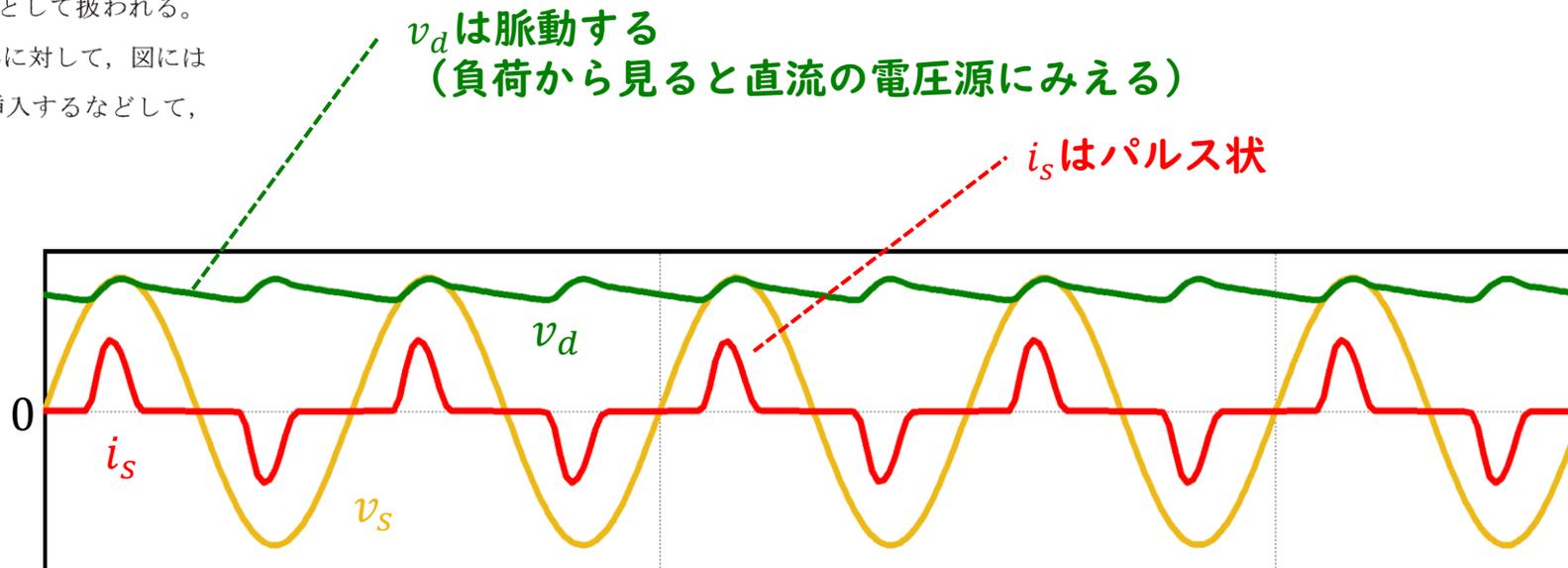
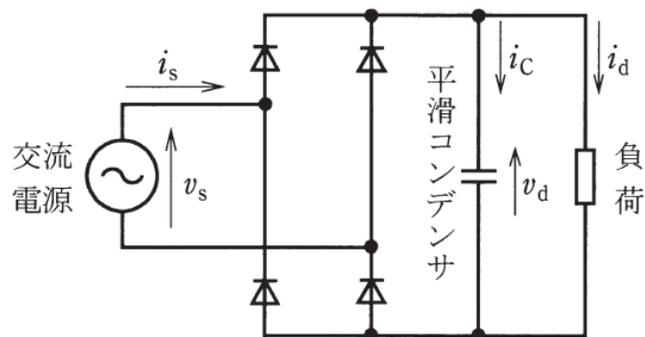
# 導出のポイント

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  $i_c$  は、交流電流  $i_s$  を整流した電流と負荷に供給する電流  $i_d$  との差となり、電圧  $v_d$  は  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  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  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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(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

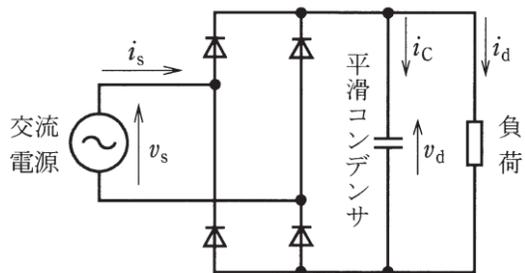


# H25 問9

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  $i_c$  は、交流電流  $i_s$  を整流した電流と負荷に供給する電流  $i_d$  との差となり、電圧  $v_d$  は  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  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、通常の使用では交流の  として扱われる。この回路の交流電流  $i_s$  は、正負の  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(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。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(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11

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 $\omega$ 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)～(5)のうちから一つ選べ。

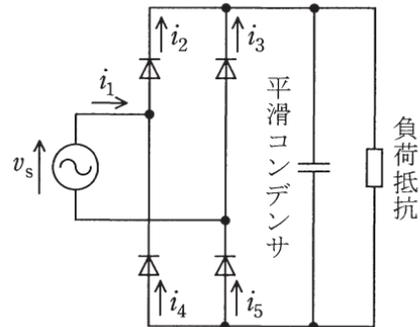


図1

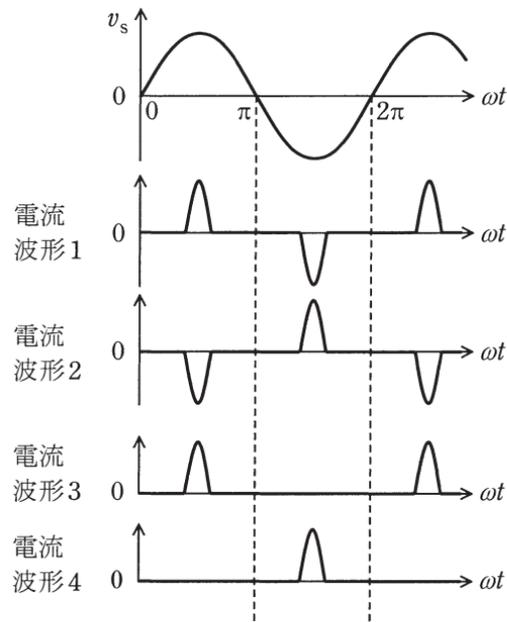


図2

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$
(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

# 導出のポイント

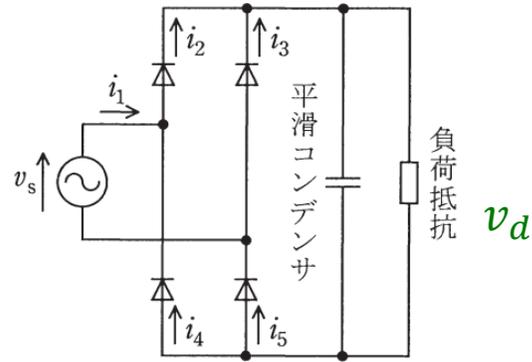
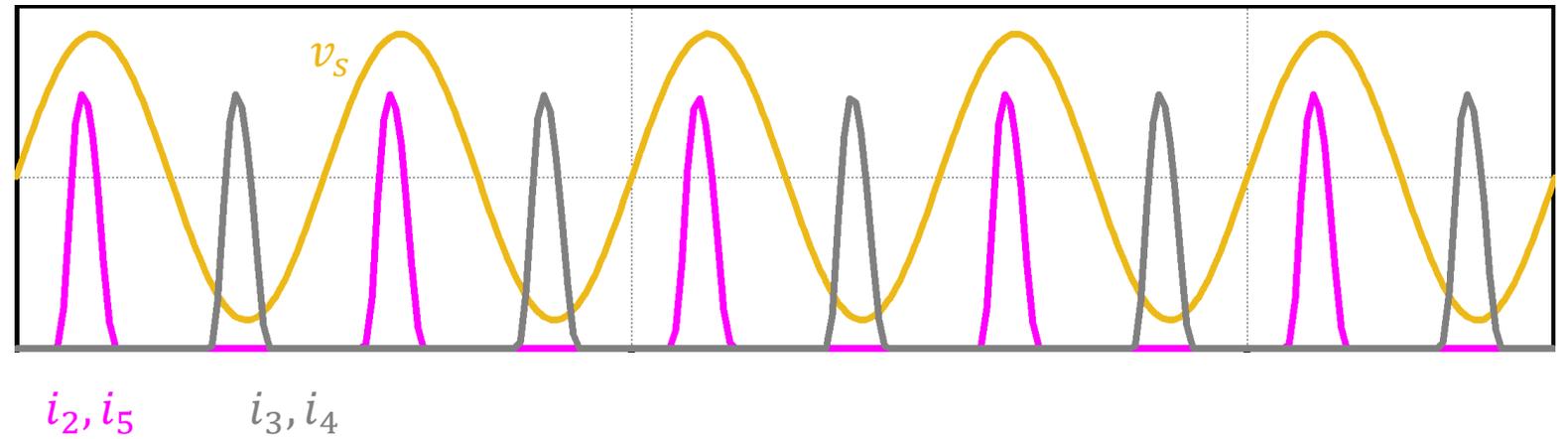
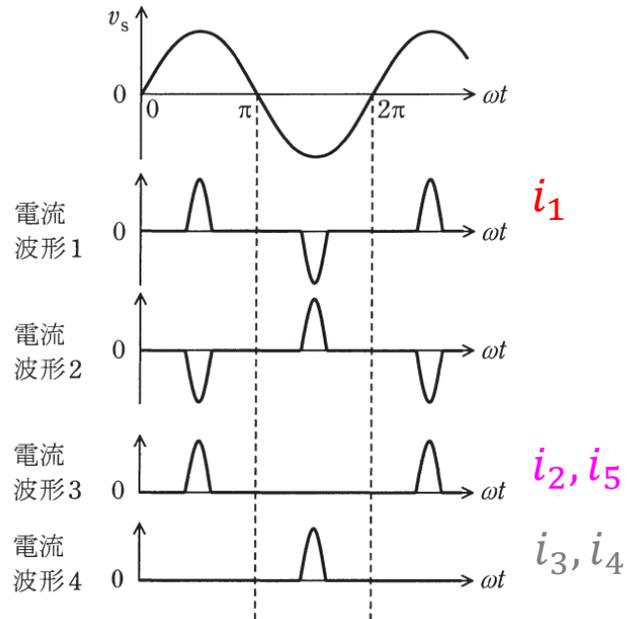
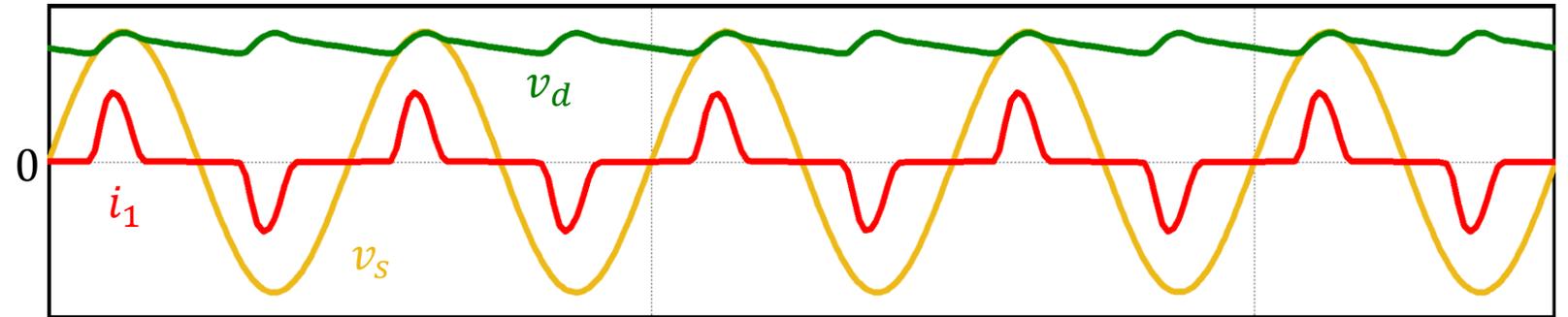


図 1



# H29 問11

問11 図1は、平滑コンデンサをもつ单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 $\omega$ 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)～(5)のうちから一つ選べ。

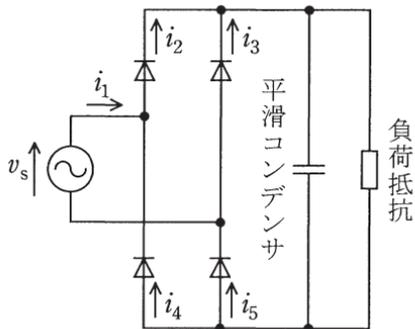


図1

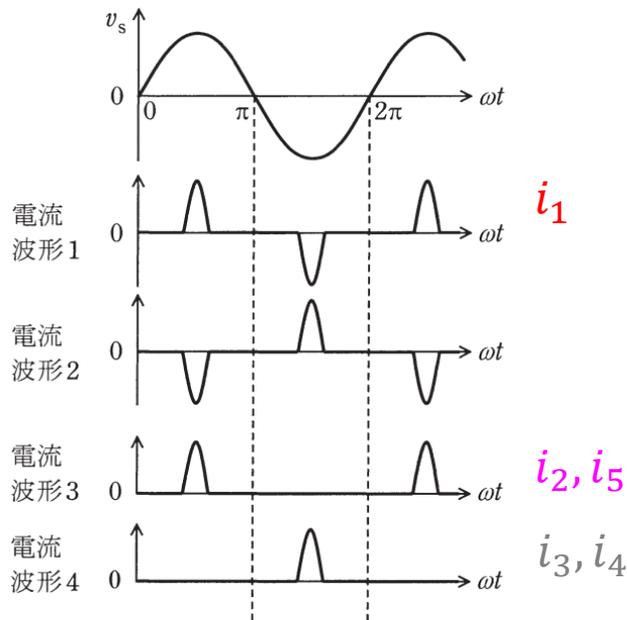


図2

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$
(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

# RO1 問10

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  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  $\pi$  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  $\alpha$  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  として印加される。すなわち、 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  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  と等しくなる。

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

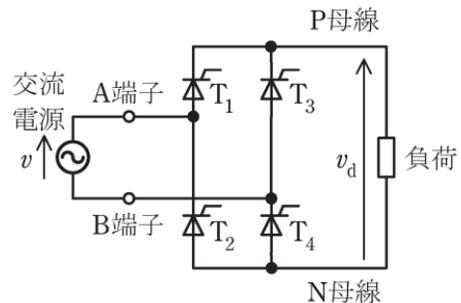


図1

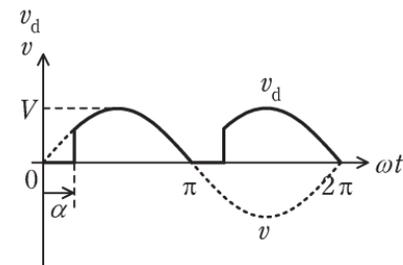


図2

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	$T_2$ と $T_3$	順電圧	オン制御 デバイス	A 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(2)	$T_1$ と $T_4$	逆電圧	オン制御 デバイス	B 端子	交流電圧 $v$
(3)	$T_2$ と $T_3$	逆電圧	オン制御 デバイス	A 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(4)	$T_1$ と $T_4$	順電圧	オンオフ制御 デバイス	B 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(5)	$T_2$ と $T_3$	逆電圧	オンオフ制御 デバイス	B 端子	交流電圧 $v$

# 導出のポイント

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 (ア) 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  $\pi$  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  $\alpha$  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 (イ) として印加される。すなわち、(ウ) 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 (エ) 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 (オ) と等しくなる。

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

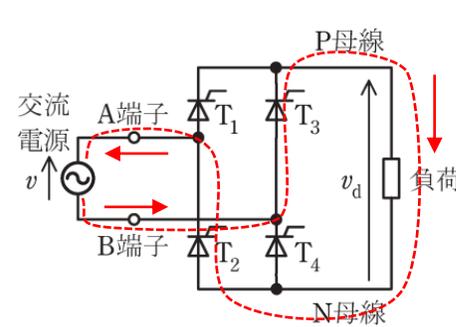


図 1

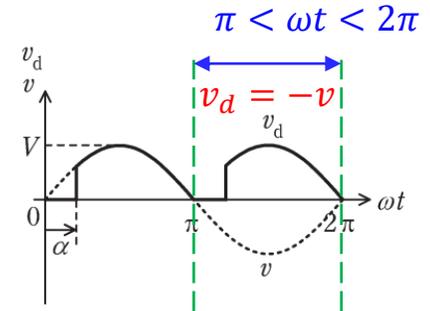


図 2

$T_2, T_3$  ON (順電圧)

$T_2, T_3$  ON (順電圧)

$T_1, T_4$  OFF (逆電圧)

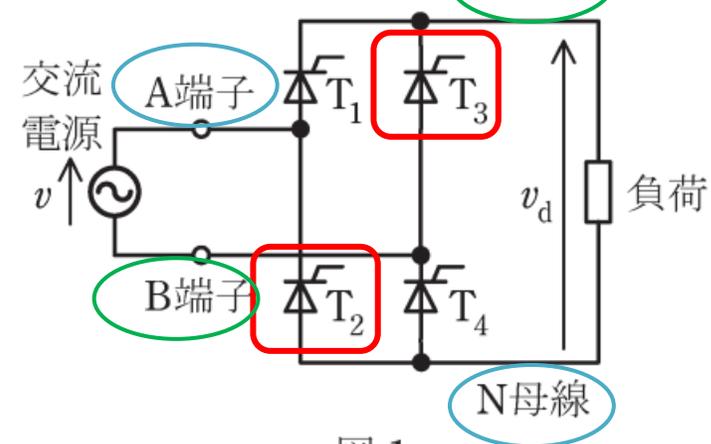


図 1

B端子とP母線が同電位

A端子とN母線が同電位

# RO1 問10

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  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  $\pi$  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  $\alpha$  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  として印加される。すなわち、 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  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  と等しくなる。

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

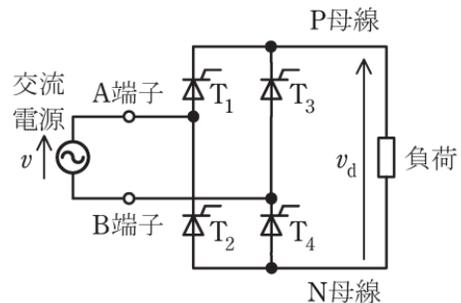


図1

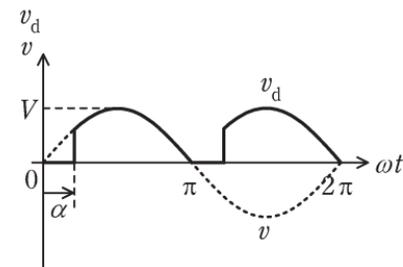


図2

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	$T_2$ と $T_3$	順電圧	オン制御 デバイス	A 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(2)	$T_1$ と $T_4$	逆電圧	オン制御 デバイス	B 端子	交流電圧 $v$
(3)	$T_2$ と $T_3$	逆電圧	オン制御 デバイス	A 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(4)	$T_1$ と $T_4$	順電圧	オンオフ制御 デバイス	B 端子	交流電圧の 逆方向電圧 $-v$
(5)	$T_2$ と $T_3$	逆電圧	オンオフ制御 デバイス	B 端子	交流電圧 $v$

# H28 問16

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)の間に答えよ。

(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。

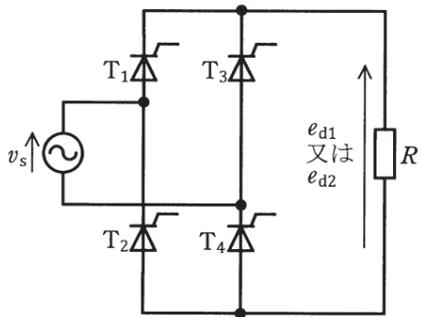


図1

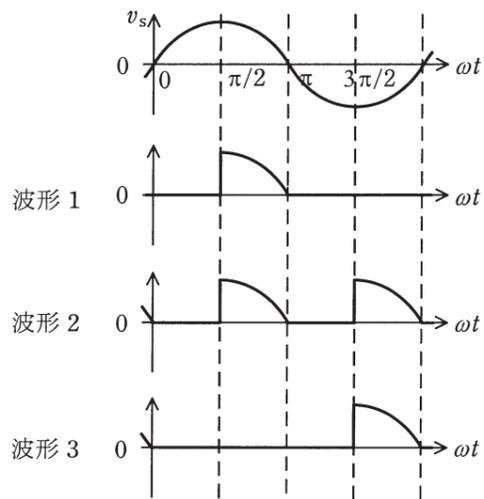


図2

	電圧波形 $e_{d1}$	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  $e_{d2}$  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)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1)  $E_d = 0.45V \frac{1 + \cos\alpha}{2}$       (2)  $E_d = 0.9V \frac{1 + \cos\alpha}{2}$       (3)  $E_d = V \frac{1 + \cos\alpha}{2}$   
 (4)  $E_d = 0.45V \cos\alpha$       (5)  $E_d = 0.9V \cos\alpha$

# 導出のポイント

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)の間に答えよ。

(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。

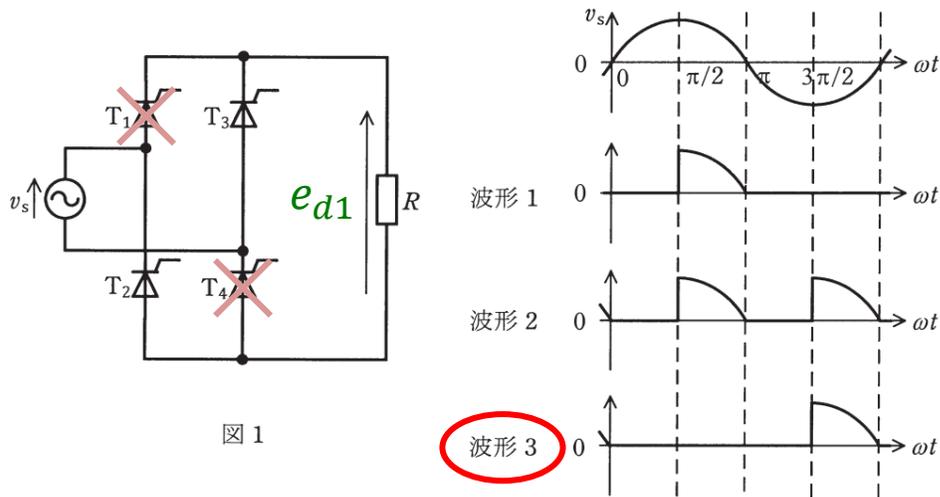


図2

(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 $e_{d2}$ 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)～(5)のうちから一つ選べ。

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

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

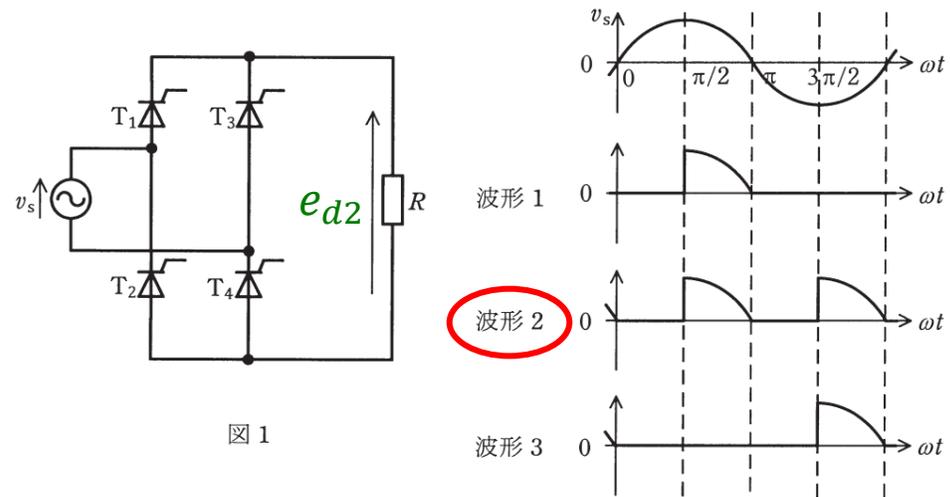


図2

# H28 問16

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)の間に答えよ。

(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。

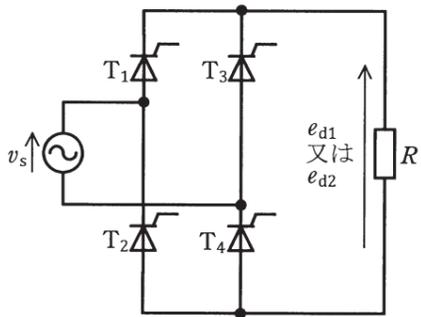


図1

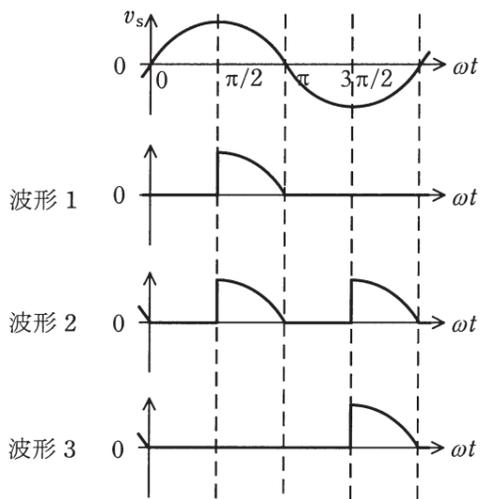


図2

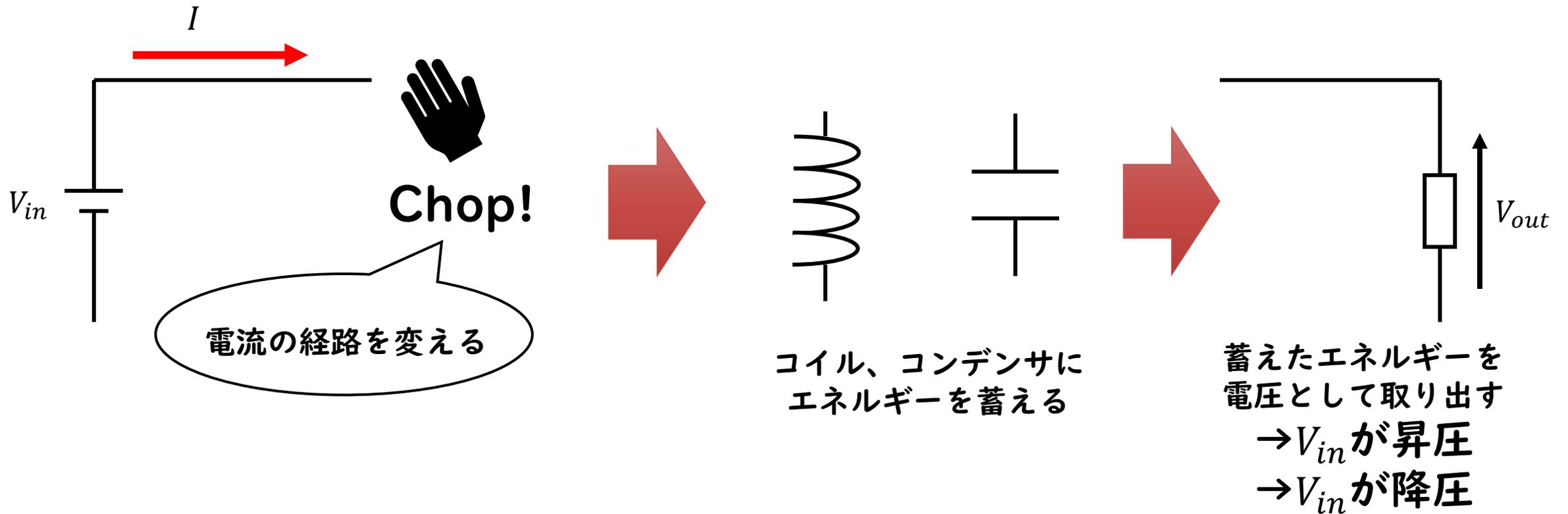
	電圧波形 $e_{d1}$	電圧波形 $e_{d2}$
(1)	波形1	波形2
(2)	波形2	波形1
(3)	波形2	波形3
(4)	波形3	波形1
(5)	波形3	波形2

(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  $e_{d2}$  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)～(5)のうちから一つ選べ。

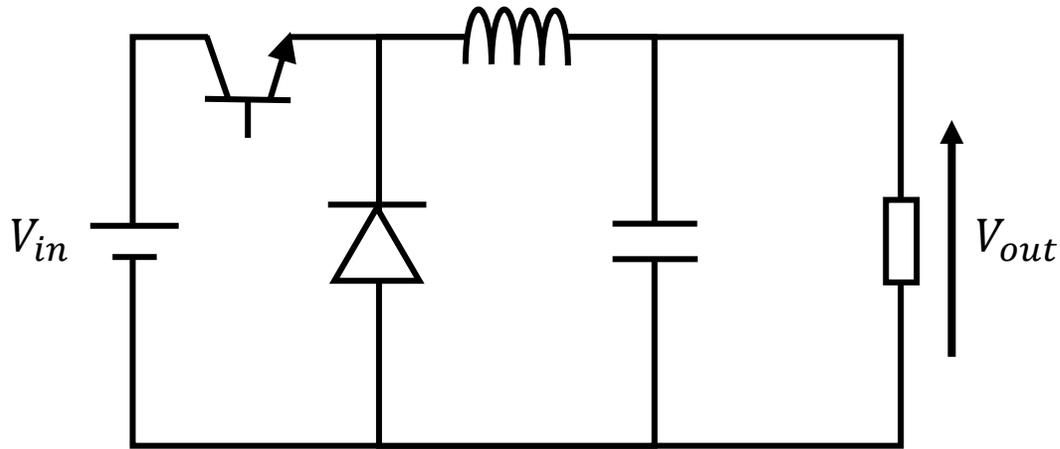
- (1)  $E_d = 0.45V \frac{1 + \cos\alpha}{2}$       (2)  $E_d = 0.9V \frac{1 + \cos\alpha}{2}$       (3)  $E_d = V \frac{1 + \cos\alpha}{2}$   
 (4)  $E_d = 0.45V \cos\alpha$       (5)  $E_d = 0.9V \cos\alpha$

# チョツパ回路

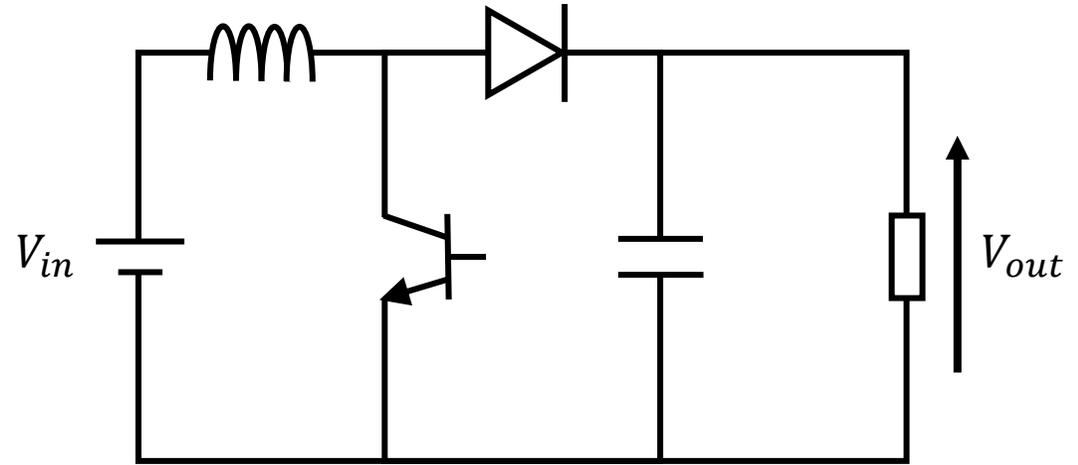
半導体スイッチ素子を使い、電圧のレベルを変換する回路



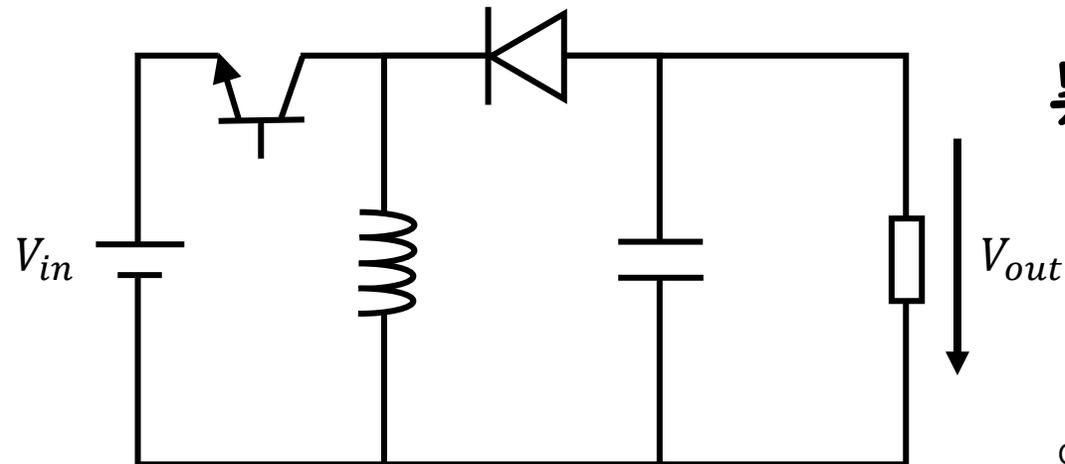
# チョツパ回路



降压チョツパ回路  $V_{out} = \alpha V_{in}$



昇圧チョツパ回路  $V_{out} = \frac{1}{1-\alpha} V_{in}$



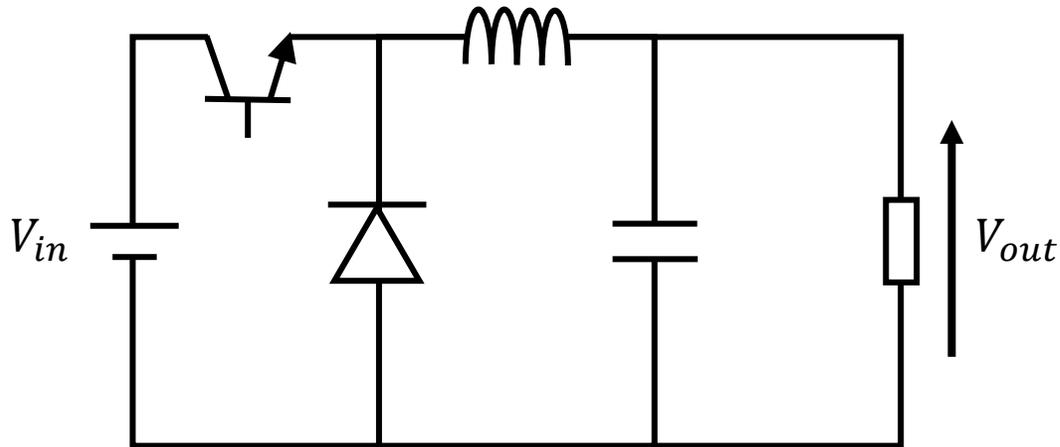
昇降圧チョツパ回路

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

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

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

# 降圧チョツパ回路

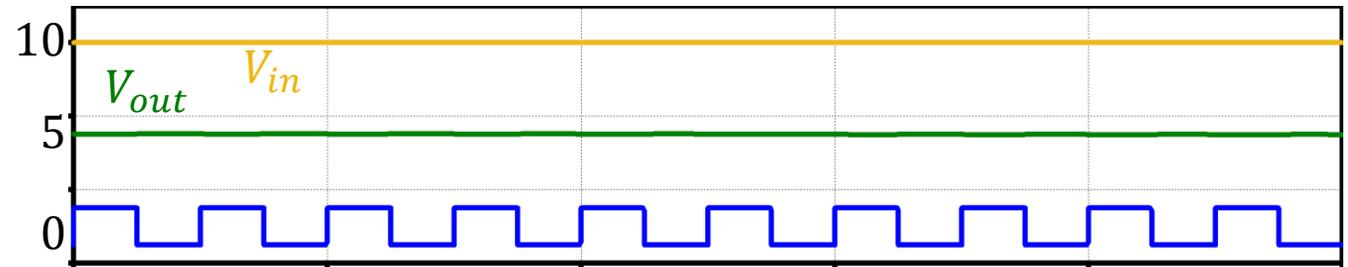


$$V_{out} = \alpha V_{in}$$

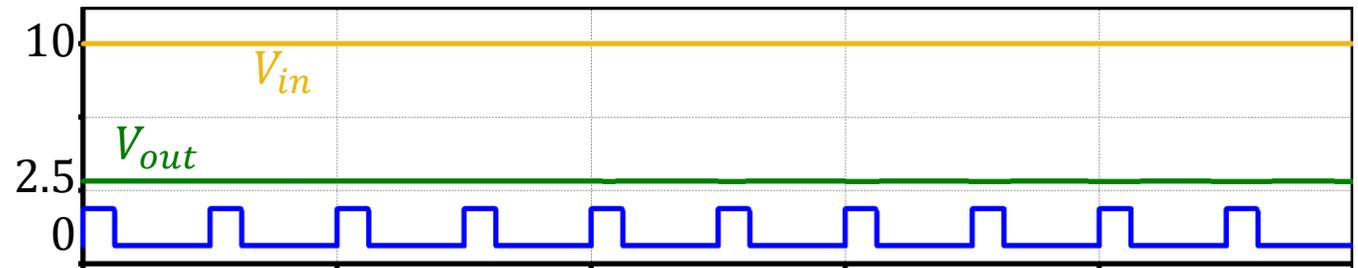
$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

$T_{ON}$  : トランジスタON時間

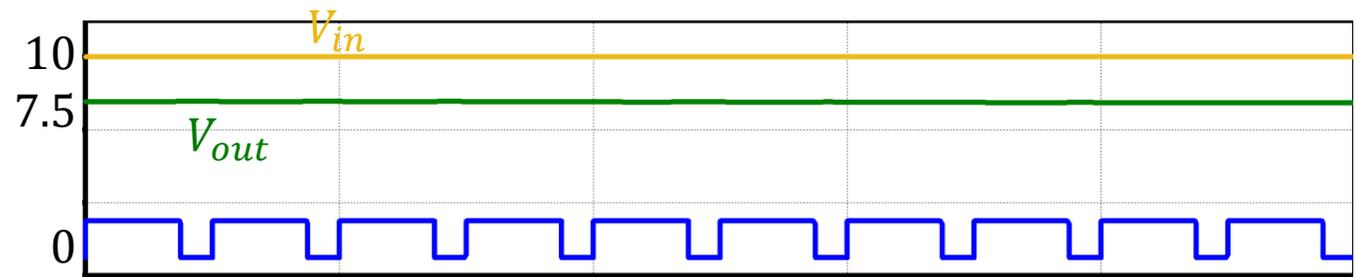
$T_{OFF}$  : トランジスタOFF時間



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

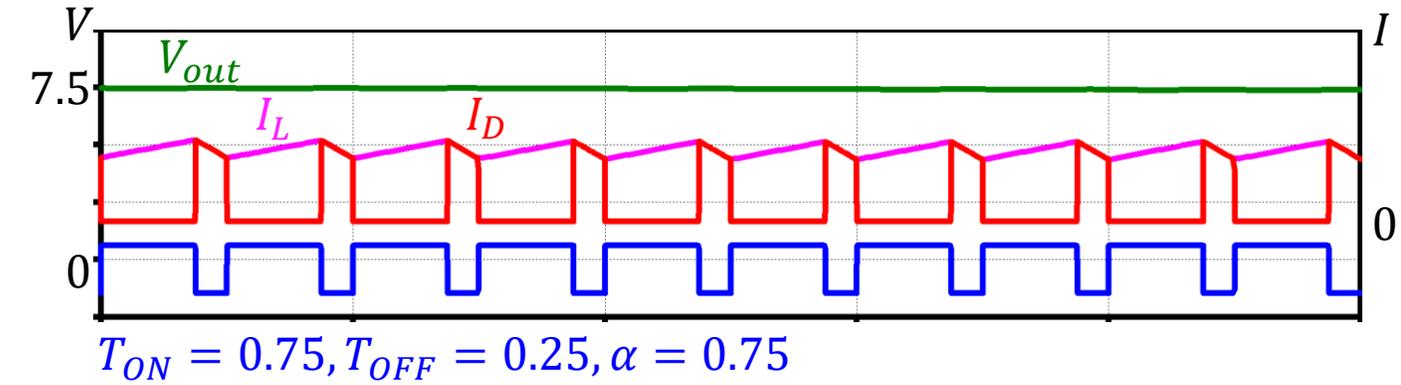
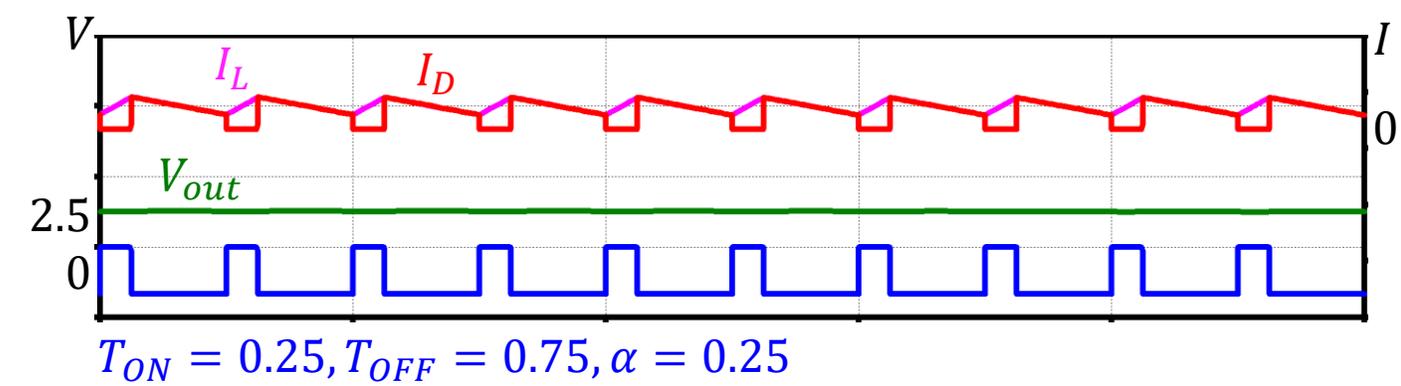
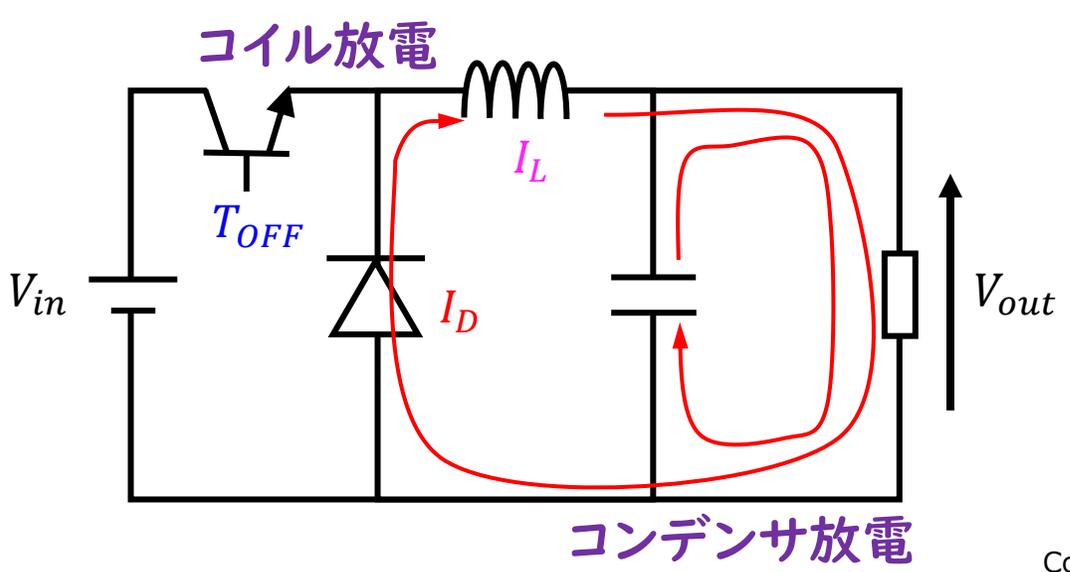
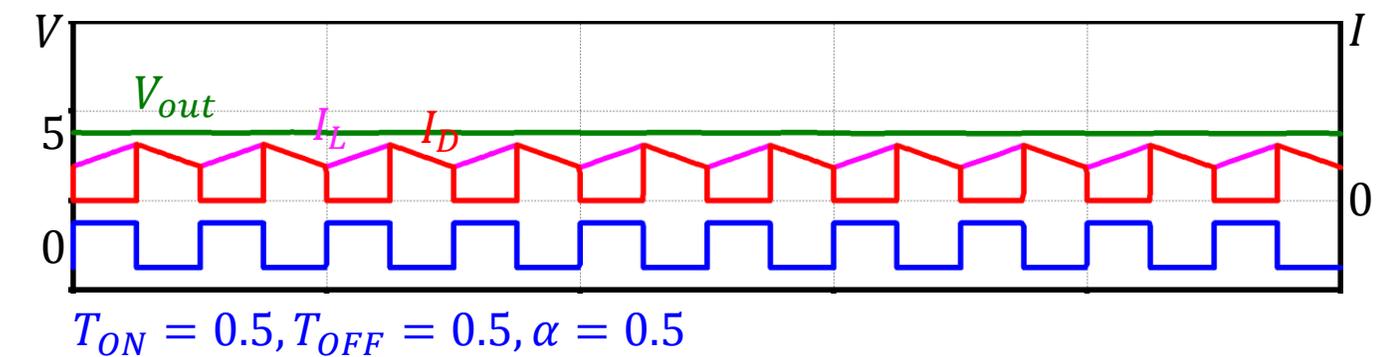
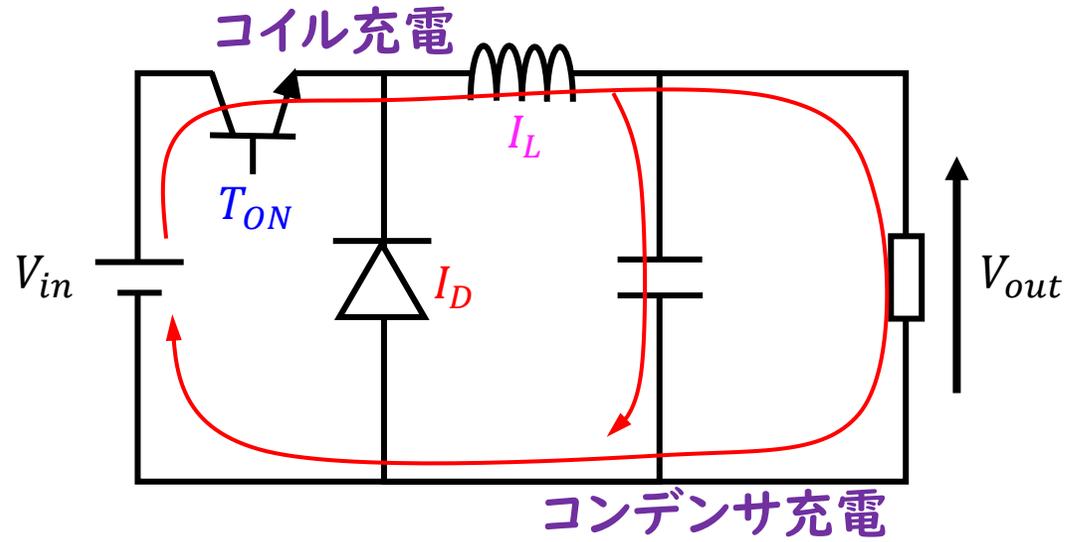


$$T_{ON} = 0.25, T_{OFF} = 0.75, \alpha = 0.25$$

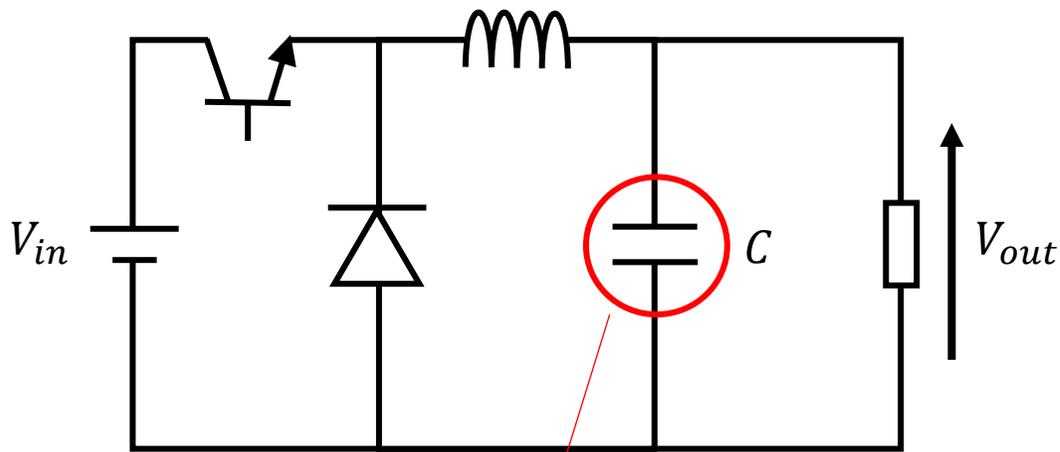


$$T_{ON} = 0.75, T_{OFF} = 0.25, \alpha = 0.75$$

# 降圧チョツパ回路

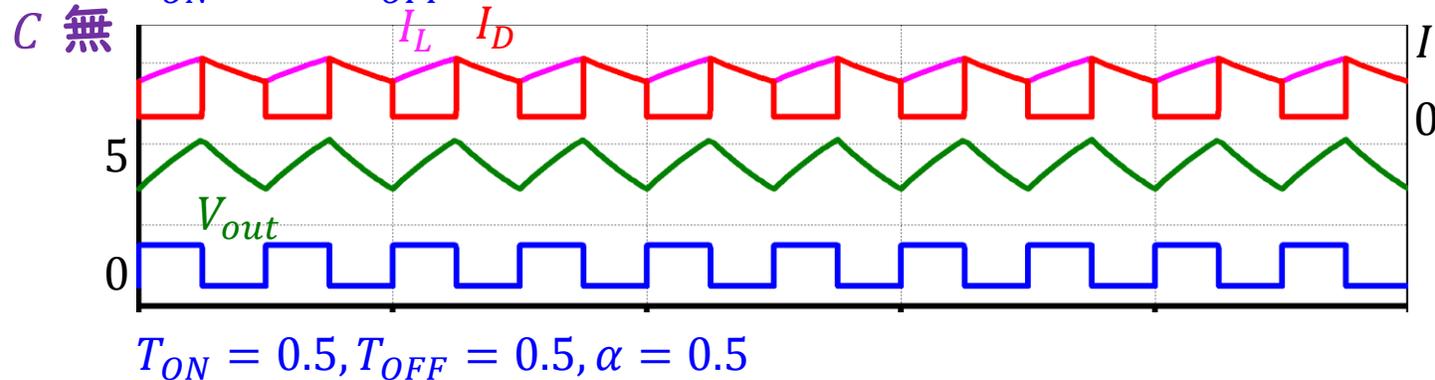
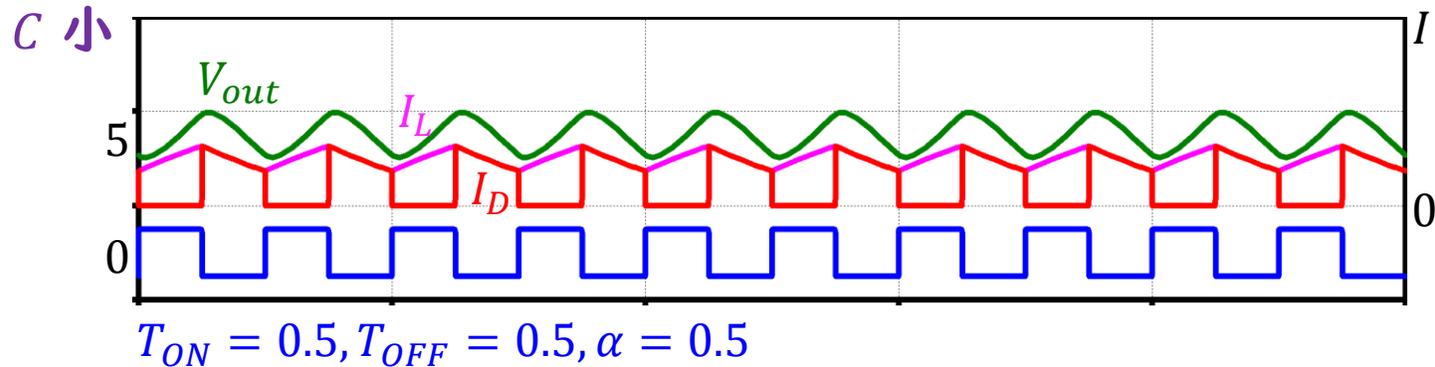
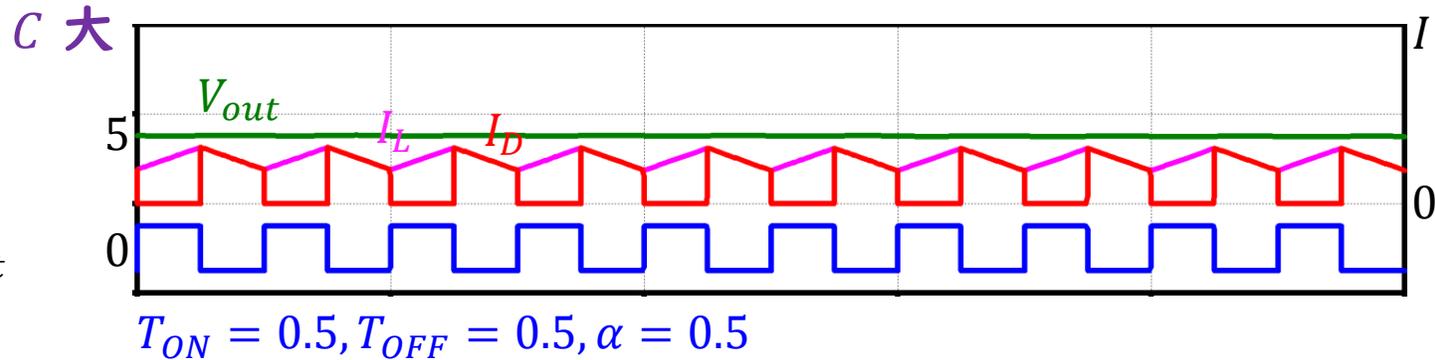


# 降圧チョツパ回路

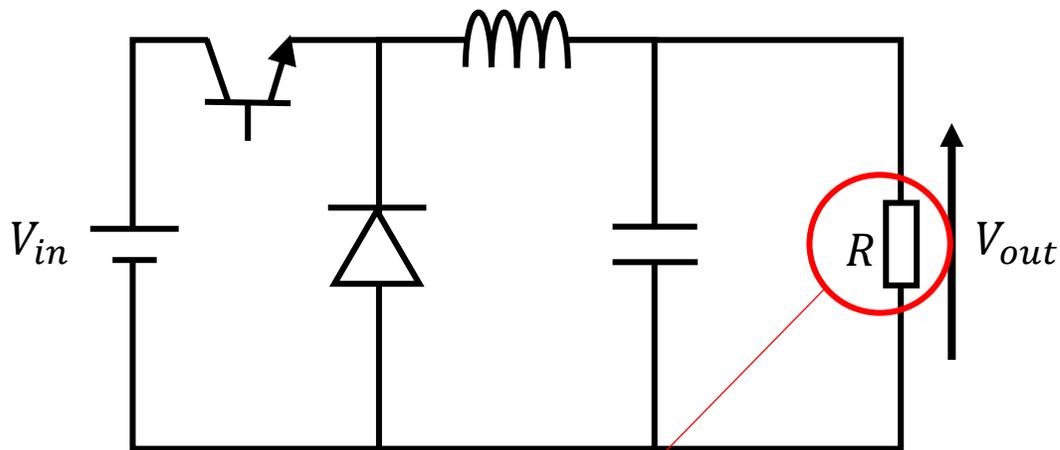


コンデンサの必要性

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



# 降圧チョツパ回路



負荷抵抗の影響

$T_{ON}$  : コイルに充電

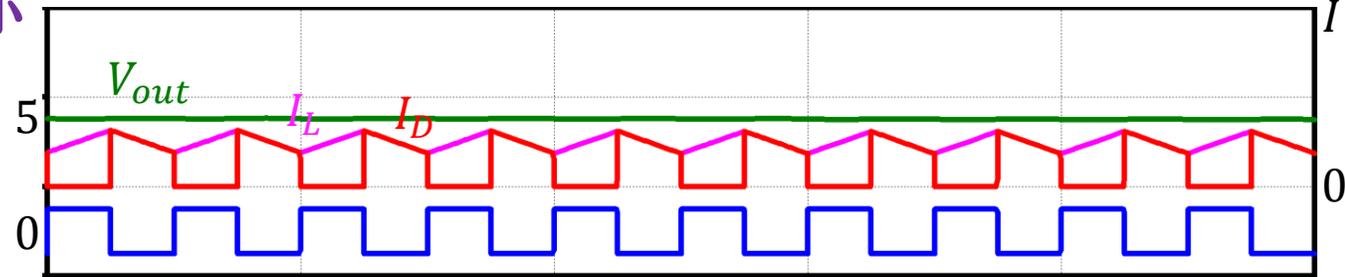
$T_{OFF}$  : コイルから放電

→ 充電より放電のほうが多くなる

コイルのエネルギー

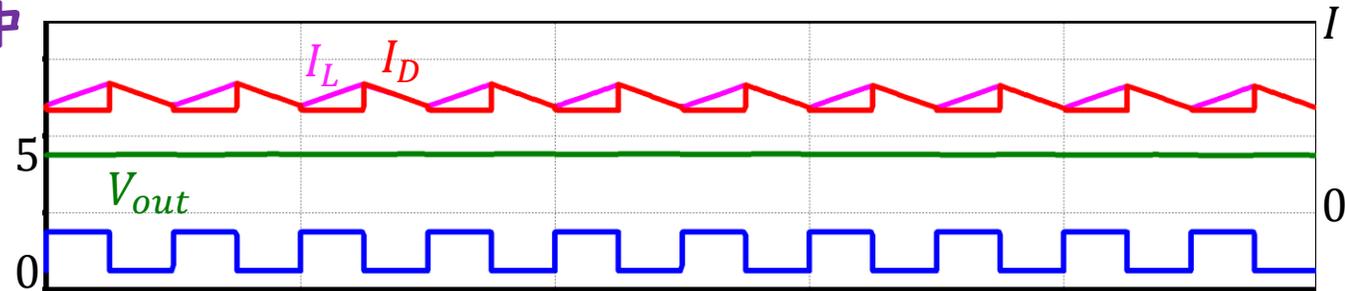
$$W_L = \frac{1}{2} LI^2$$

R 小



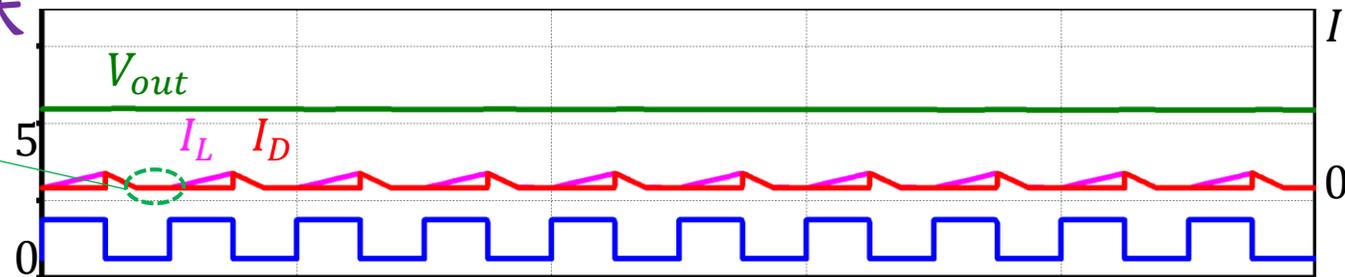
$T_{ON} = 0.5, T_{OFF} = 0.5, \alpha = 0.5$

R 中



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

R 大

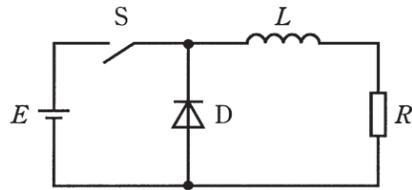


$T_{ON} = 0.5, T_{OFF} = 0.5, \alpha = 0.5$

# H27 問10

問10 図のような直流チョップがある。

直流電源電圧  $E = 400 \text{ V}$ ，平滑リアクトル  $L = 1 \text{ mH}$ ，負荷抵抗  $R = 10 \Omega$ ，  
スイッチ  $S$  の動作周波数  $f = 10 \text{ kHz}$ ，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。

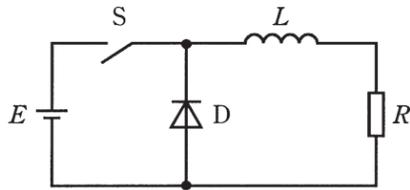


- (1) 2.5      (2) 3.8      (3) 16.0      (4) 24.0      (5) 40.0

# 導出のポイント

問 10 図のような直流チョップがある。

直流電源電圧  $E = 400 \text{ V}$ ，平滑リアクトル  $L = 1 \text{ mH}$ ，負荷抵抗  $R = 10 \Omega$ ，スイッチ  $S$  の動作周波数  $f = 10 \text{ kHz}$ ，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

降圧チョップ  $V_{out} = dV_{in}$

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

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

# H30 問16

問16 図1に示す降圧チョップの回路は、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。

(a) 降圧チョップの回路動作に関し、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  $t_1$  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)～(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)

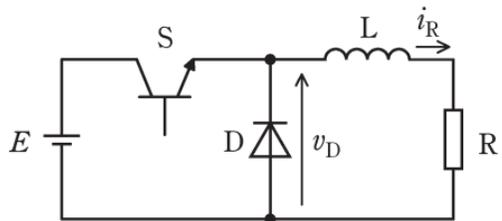


図1 降圧チョップ

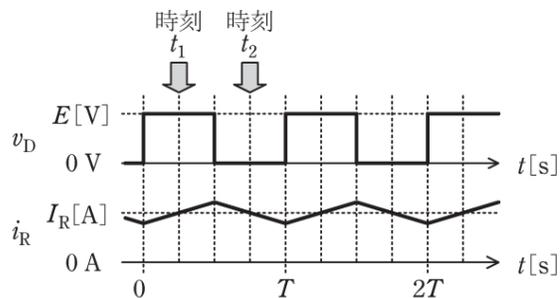


図2 動作波形

(b) 電圧  $E$  が  $100\text{V}$ 、降圧チョップの通流率が  $50\%$ 、負荷抵抗  $R$  が  $2\Omega$  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  $i_R$  のリップル成分は十分小さいとする。電流  $i_R$  の平均値  $I_R[\text{A}]$  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      (2) 25.0      (3) 35.4      (4) 50.1      (5) 70.7

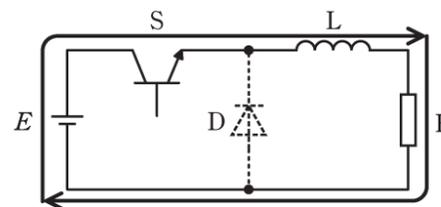


図3 電流経路(A)

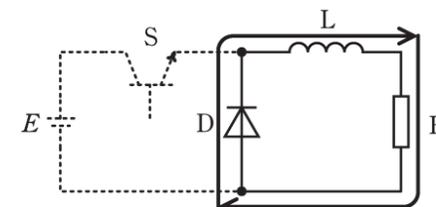


図4 電流経路(B)

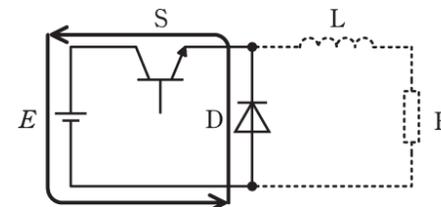


図5 電流経路(C)

# 導出のポイント

問 16 図 1 に示す降圧チョップの回路は、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。

(a) 降圧チョップの回路動作に関し、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  $t_1$  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)～(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)

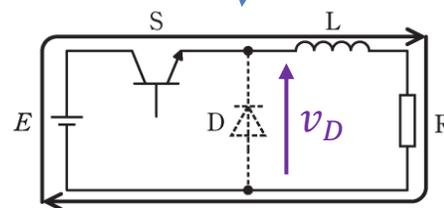
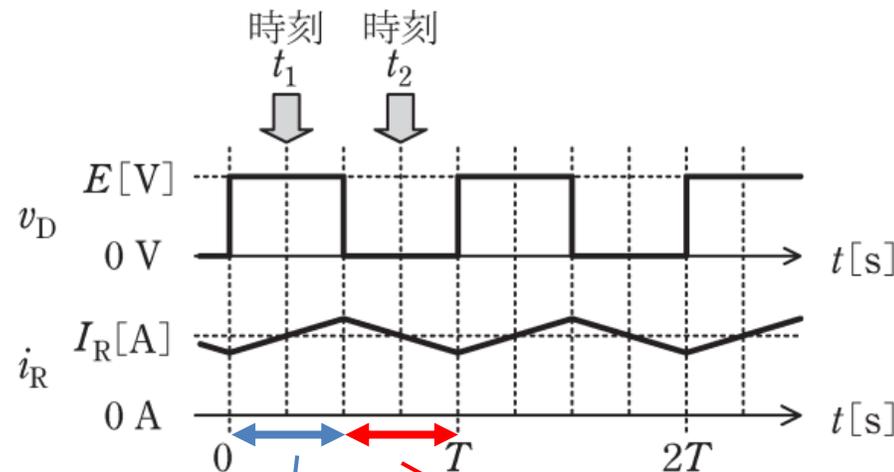


図 3 電流経路 (A)

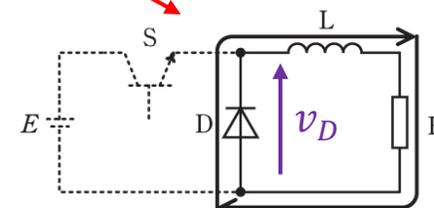


図 4 電流経路 (B)

# 導出のポイント

問 16 図 1 に示す降圧チョップの回路は、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、降圧チョップの通流率が 50 %、負荷抵抗  $R$  が  $2\Omega$  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  $i_R$  のリッ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      (2) 25.0      (3) 35.4      (4) 50.1      (5) 70.7

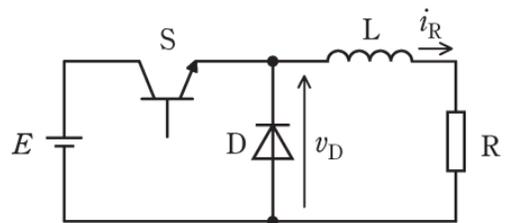


図 1 降圧チョップ

降圧チョップ  $V_{out} = dV_{in}$

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

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

# H30 問16

問16 図1に示す降圧チョップの回路は、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。

(a) 降圧チョップの回路動作に関し、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  $t_1$  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)～(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)

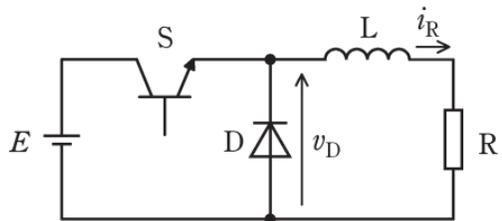


図1 降圧チョップ

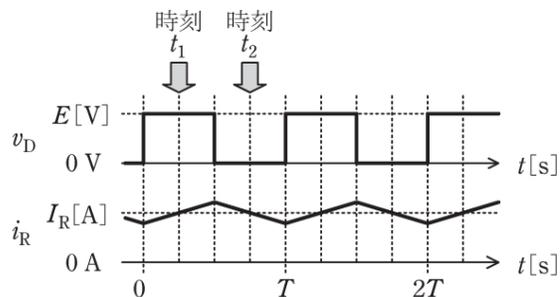


図2 動作波形

(b) 電圧  $E$  が  $100\text{ V}$ 、降圧チョップの通流率が  $50\%$ 、負荷抵抗  $R$  が  $2\Omega$  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  $i_R$  のリップル成分は十分小さいとする。電流  $i_R$  の平均値  $I_R[\text{A}]$  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      (2) 25.0      (3) 35.4      (4) 50.1      (5) 70.7

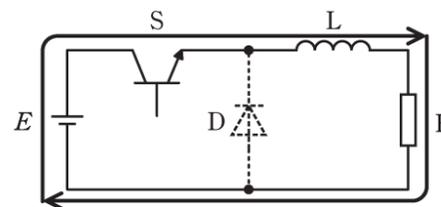


図3 電流経路(A)

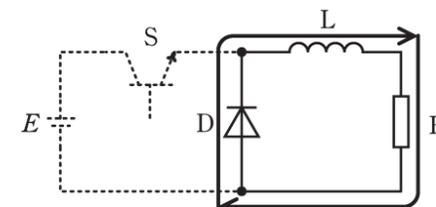


図4 電流経路(B)

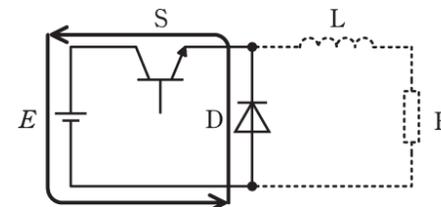
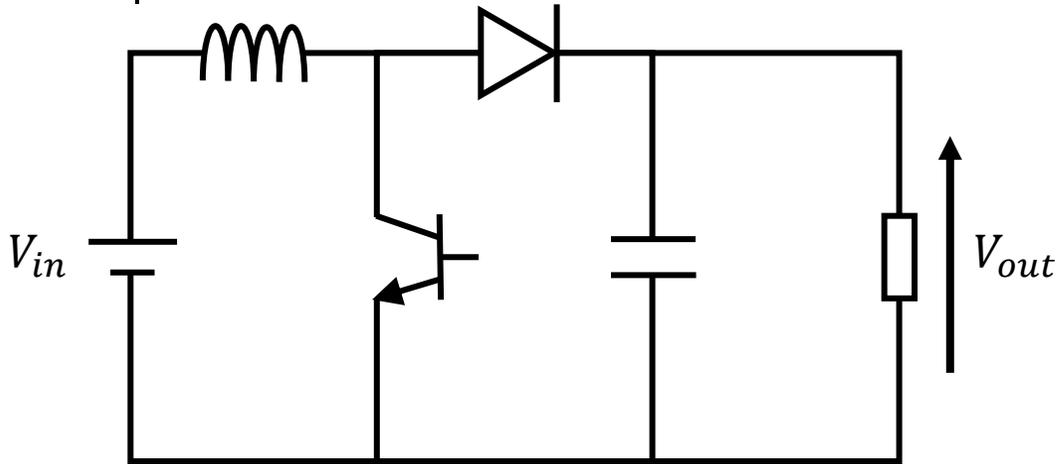


図5 電流経路(C)

# 昇圧チョツパ回路

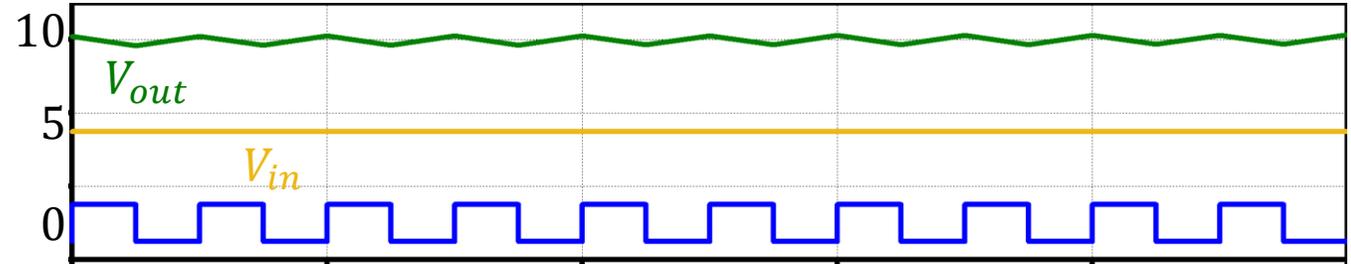


$$V_{out} = \frac{1}{1 - \alpha} V_{in}$$

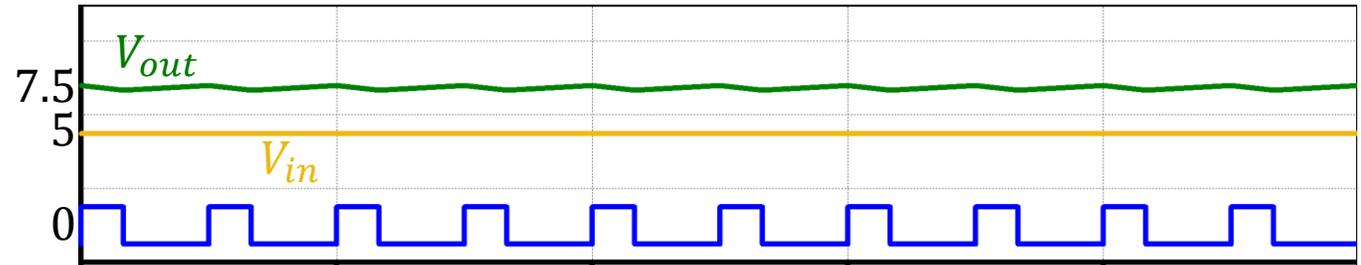
$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

$T_{ON}$  : トランジスタON時間

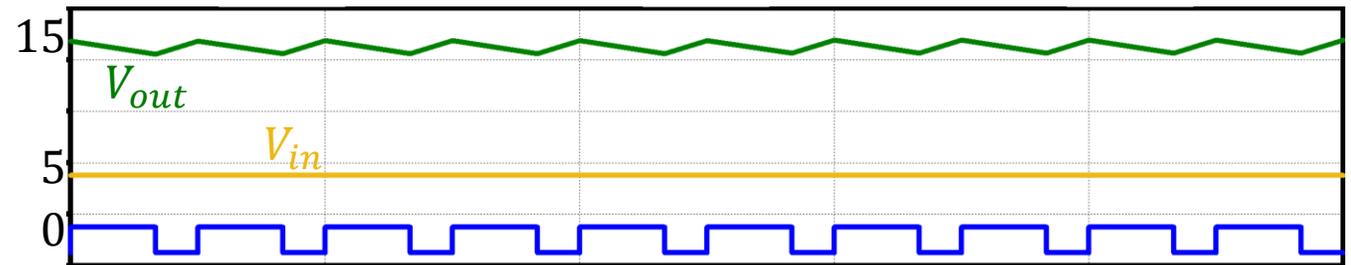
$T_{OFF}$  : トランジスタOFF時間



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

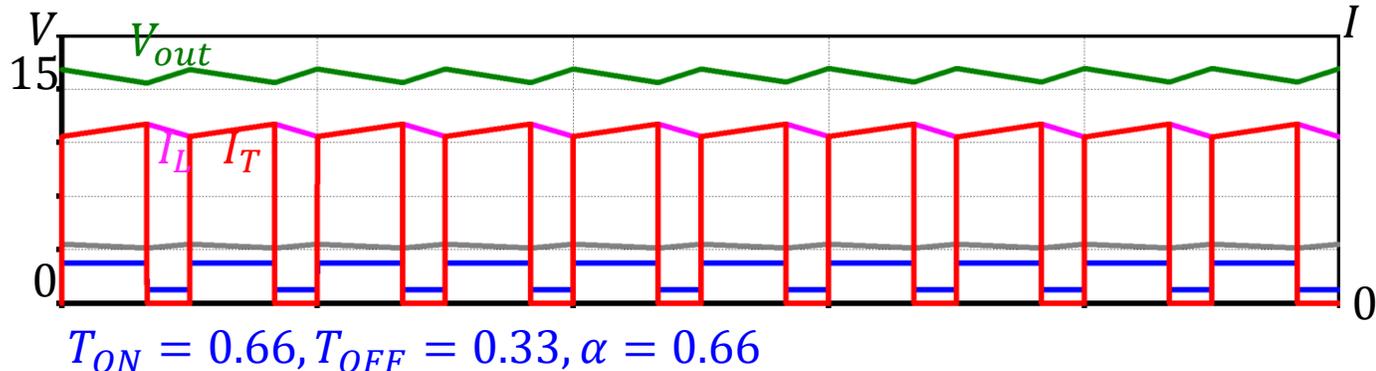
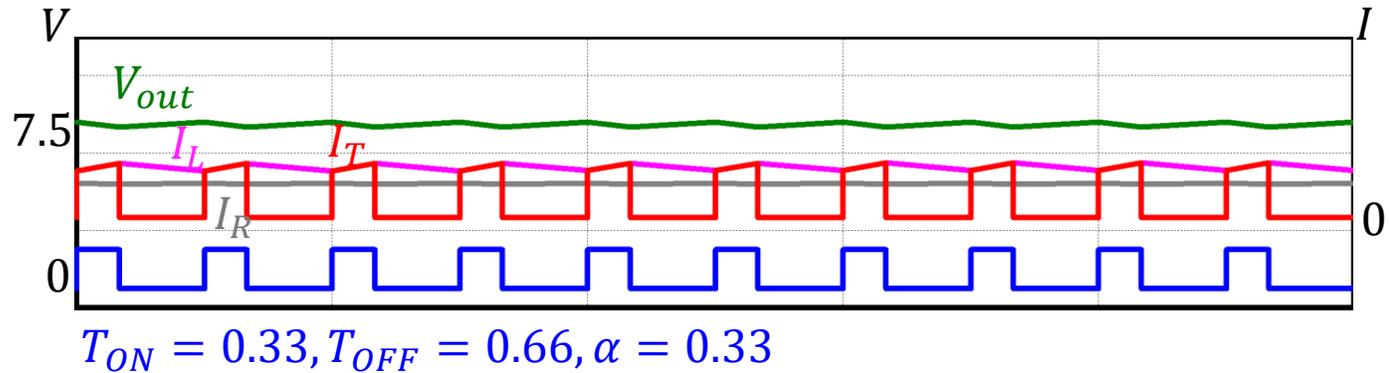
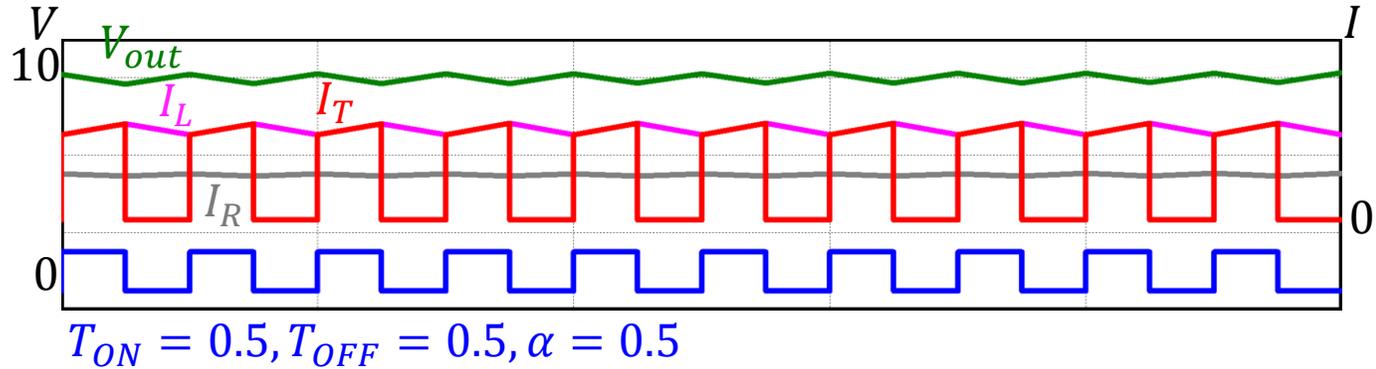
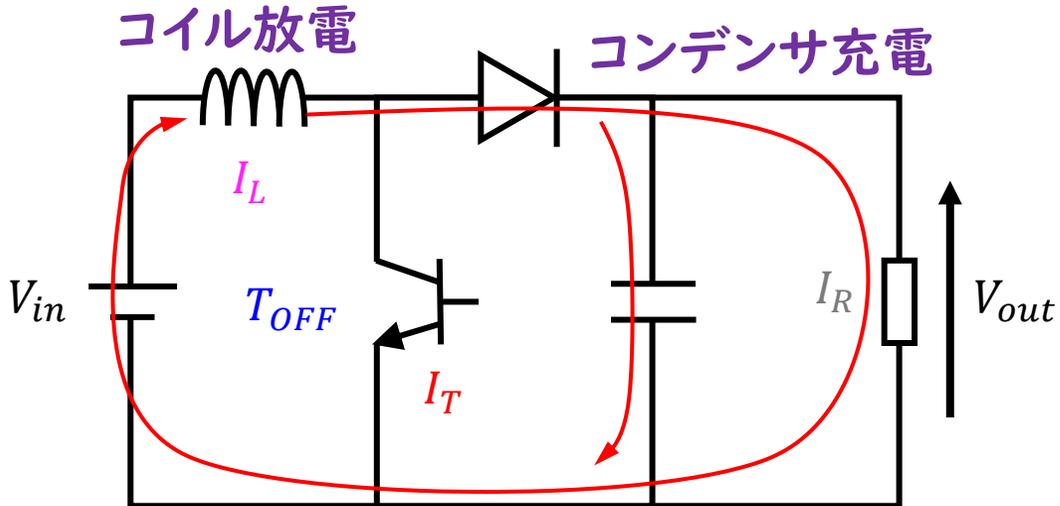
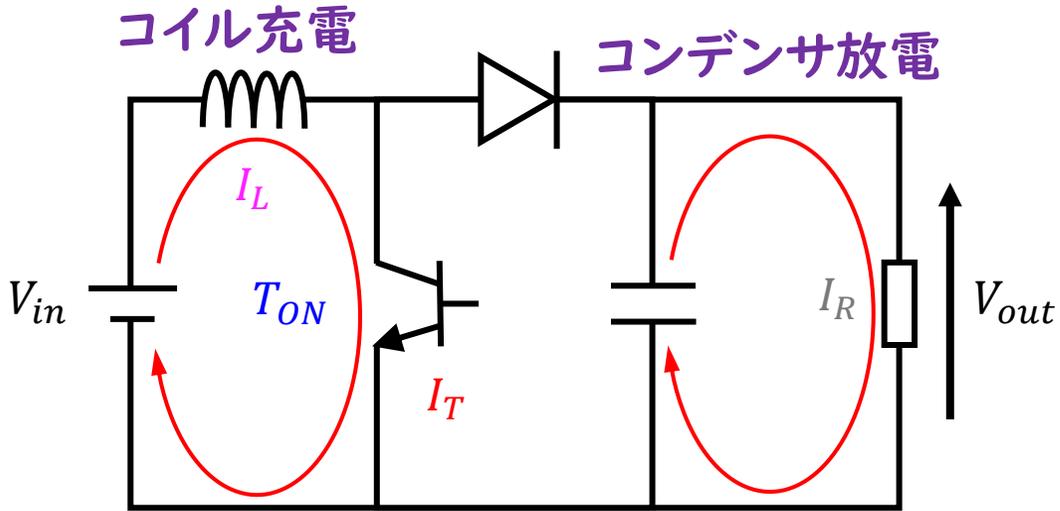


$$T_{ON} = 0.33, T_{OFF} = 0.66, \alpha = 0.33$$

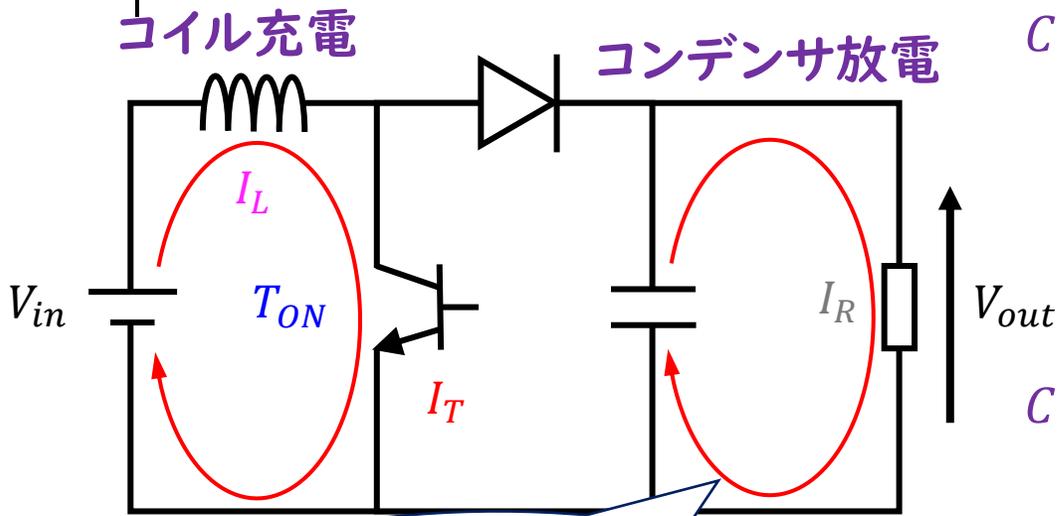


$$T_{ON} = 0.66, T_{OFF} = 0.33, \alpha = 0.66$$

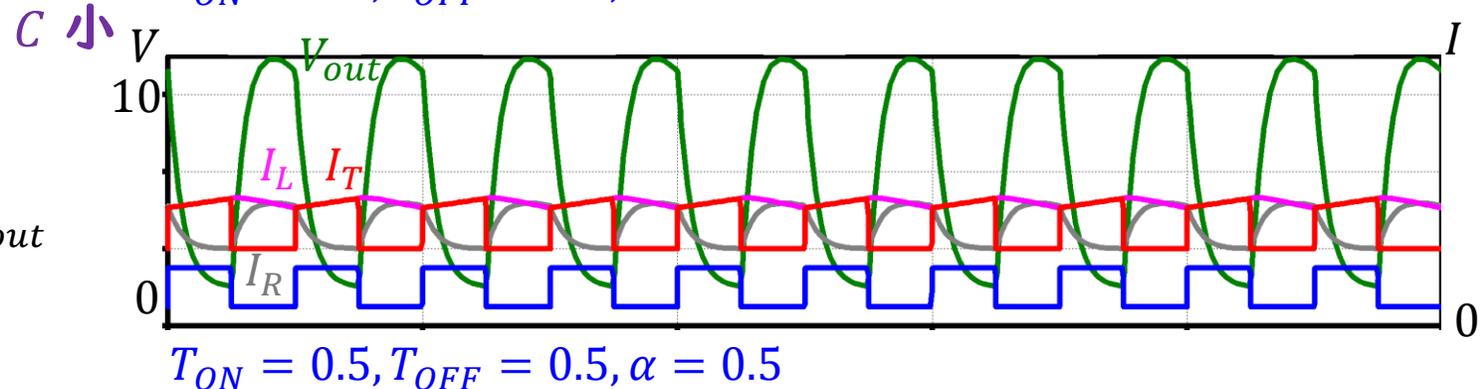
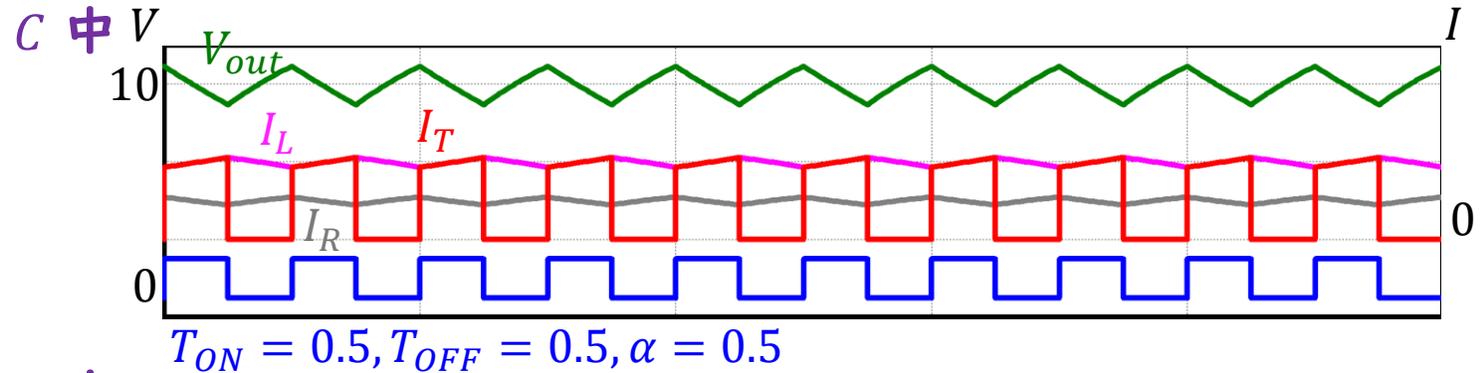
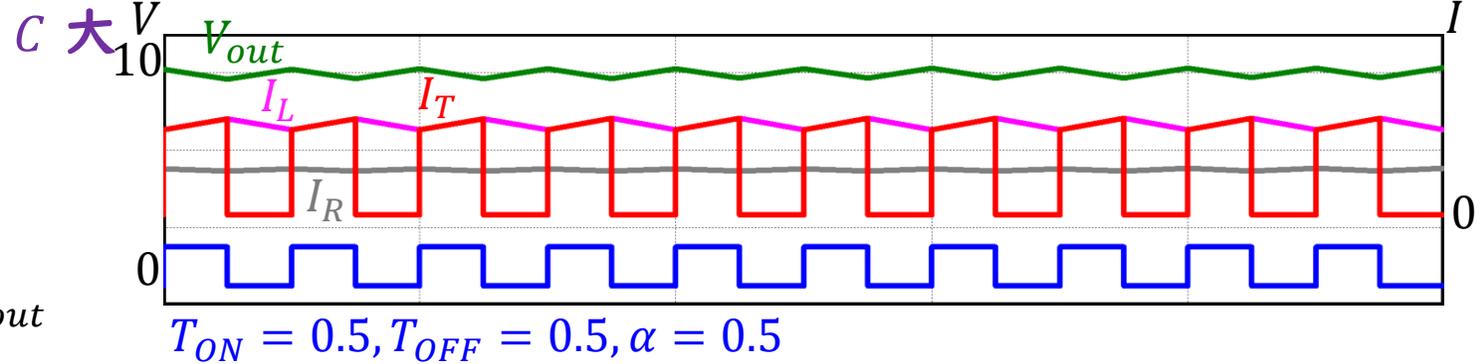
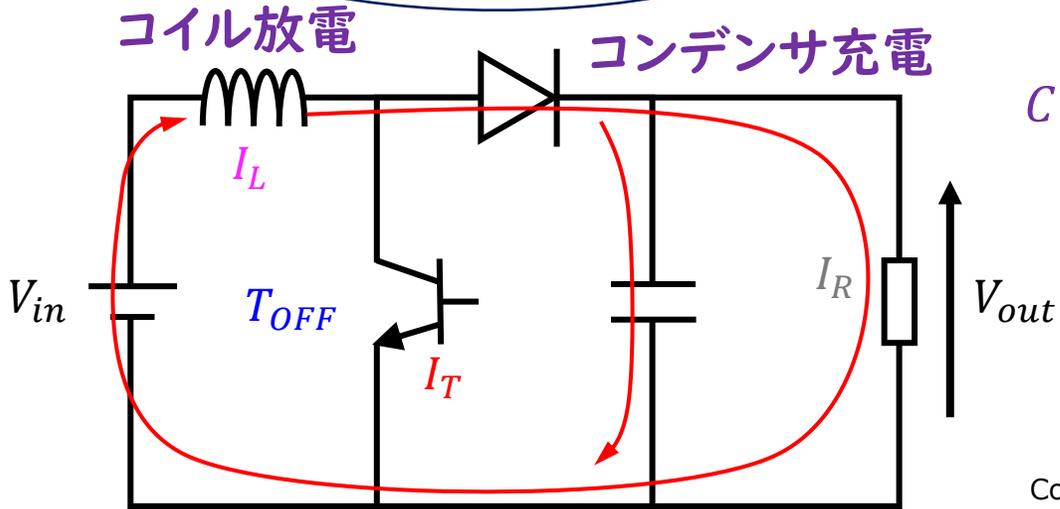
# 昇圧チョツパ回路



# 昇圧チョツパ回路



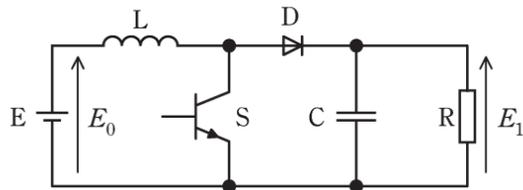
Cが小さいと  
充電エネルギーが小さく、  
電圧変動が大きい



# R01 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  $(イ)$  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 (7) 及び (イ) 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)	(イ)
(1)	$E_0 \cdot T_{on}$	$(E_1 - E_0) \cdot T_{off}$
(2)	$E_0 \cdot T_{on}$	$E_1 \cdot T_{off}$
(3)	$E_0 \cdot T$	$E_1 \cdot T_{off}$
(4)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{on}$	$(E_1 - E_0) \cdot T_{off}$
(5)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{on}$	$(E_1 - E_0) \cdot T$

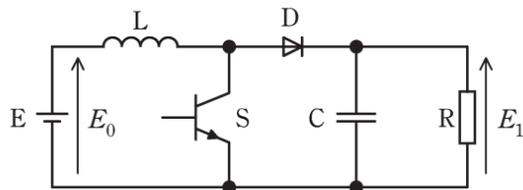
(b) 入力電圧  $E_0 = 100$  V、通流率  $\alpha = 0.2$  のときに、出力電圧  $E_1$  の値 [V] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 80                      (2) 125                      (3) 200                      (4) 400                      (5) 500

# 導出のポイント

問 16 図は直流昇圧チョップ回路であり、スイッチングの周期を  $T$  [s] とし、その中で動作を考える。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。



昇圧チョップ回路

	(ア)	(イ)
(1)	$E_0 \cdot T_{on}$	$(E_1 - E_0) \cdot T_{off}$
(2)	$E_0 \cdot T_{on}$	$E_1 \cdot T_{off}$
(3)	$E_0 \cdot T$	$E_1 \cdot T_{off}$
(4)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{on}$	$(E_1 - E_0) \cdot T_{off}$
(5)	$(E_0 - E_1) \cdot T_{on}$	$(E_1 - E_0) \cdot T$

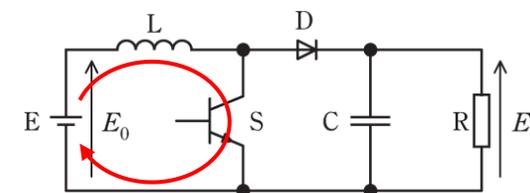
(a) この動作において、 $L$  の磁束を増加させる電圧時間積は (ア) であり、磁束を減少させる電圧時間積は (イ) である。定常状態では、増加する磁束と減少する磁束が等しいとおけるので、入力電圧と出力電圧の関係を求めることができる。

## コイルの電圧と磁束の関係

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

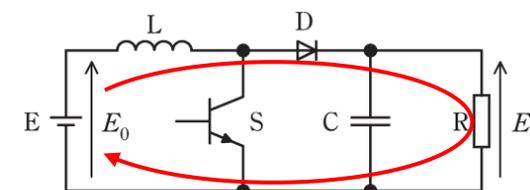
磁束増加→ $S$ が閉じているとき  
(電源とコイルのみなので充電)

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



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)

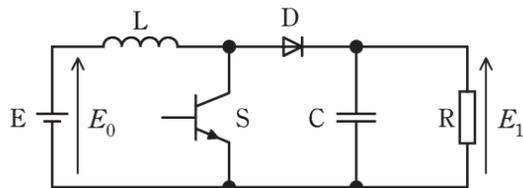
$$\Delta\Phi_{down} = V_L \Delta t = (E_1 - E_0) \cdot T_{off}$$



# 導出のポイント

問 16 図は直流昇圧チョップ回路であり、スイッチングの周期を  $T$  [s] とし、その中で動作を考える。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。



昇圧チョップ回路

(b) 入力電圧  $E_0 = 100$  V、通流率  $\alpha = 0.2$  のときに、出力電圧  $E_1$  の値 [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

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

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

## <参考>

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

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

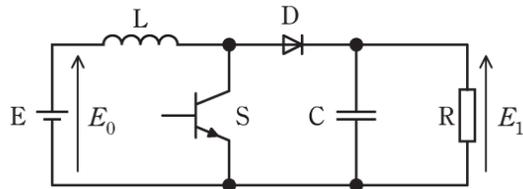
$$E_0 \cdot T_{on} = (E_1 - E_0) \cdot T_{off} \rightarrow E_0 \frac{T_{on}}{T_{off}} = E_1 - E_0$$

$$E_1 = \left(1 + \frac{T_{on}}{T_{off}}\right) E_0 = \frac{T_{on} + T_{off}}{T_{off}} E_0 = \frac{1}{1-d} E_0 \quad d = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}$$

# R01 問16

問 16 図は直流昇圧チョップ回路であり、スイッチングの周期を  $T$  [s] とし、その中の動作を考える。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。



昇圧チョップ回路

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

(b) 入力電圧  $E_0 = 100$  V、通流率  $\alpha = 0.2$  のときに、出力電圧  $E_1$  の値 [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

# H28 問9

問9 図は、2種類の直流チョップを示している。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 $E=200\text{ V}$ を変換し、負荷抵抗Rの電圧 $v_{d1}, v_{d2}$ 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 $E=200\text{ V}$ 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 $v_{d1}, v_{d2}$ の平均値 $V_{d1}, V_{d2}$ 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。

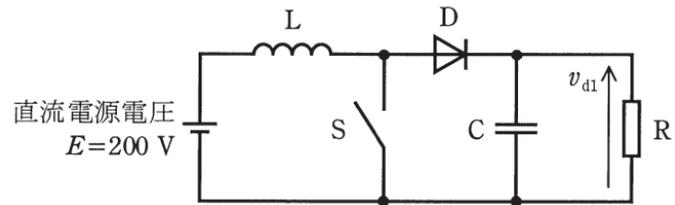


図1

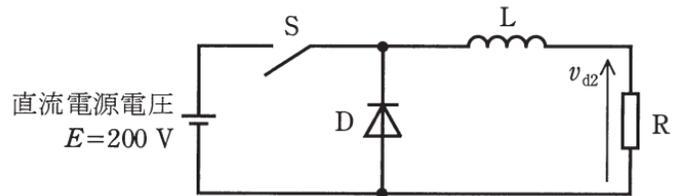


図2

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

# 導出のポイント

問9 図は、2種類の直流チョップを示している。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 $E=200\text{V}$ を変換し、負荷抵抗Rの電圧 $v_{d1}$ 、 $v_{d2}$ 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 $E=200\text{V}$ 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 $v_{d1}$ 、 $v_{d2}$ の平均値 $V_{d1}$ 、 $V_{d2}$ 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。

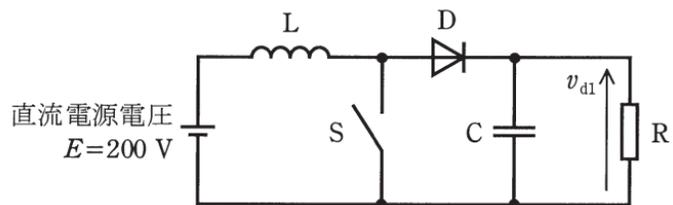


図1

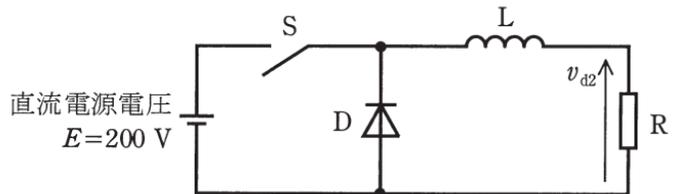


図2

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

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

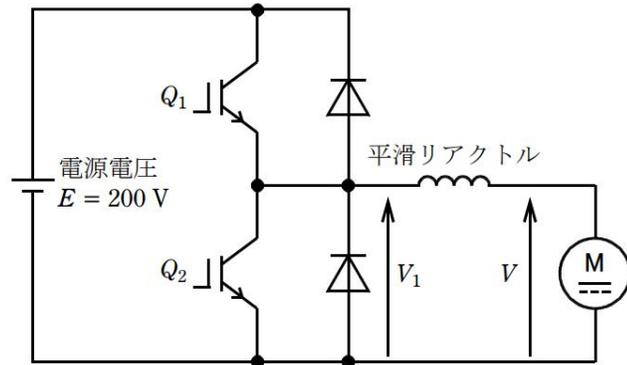
$$V_{out} = \frac{1}{1-d} V_{in} = \frac{1}{1-0.7} \times 200 = \frac{200}{0.3} = 667\text{V}$$

降圧チョップ  $V_{out} = dV_{in}$

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

# H26 問16

問16 図のように他励直流機を直流チョップで駆動する。電源電圧は  $E = 200 \text{ V}$  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  $500 \text{ Hz}$  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  $150 \text{ V}$  のとき、1周期の中で  $Q_1$  がオンになっている時間の値  $[\text{ms}]$  として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

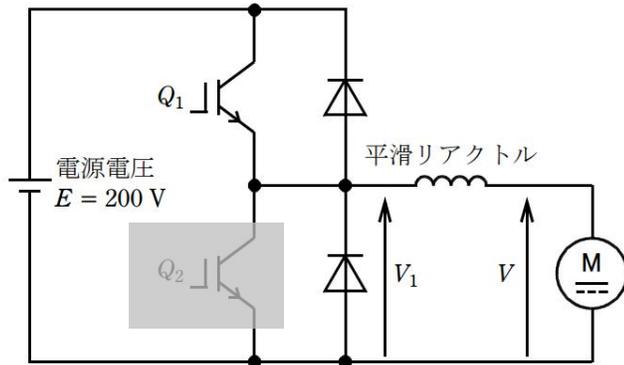
- (1) 0.75      (2) 1.00      (3) 1.25      (4) 1.50      (5) 1.75

(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  $0.4 \text{ ms}$  のとき、この直流機の電機子電圧  $V [\text{V}]$  として、最も近い  $V$  の値を次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

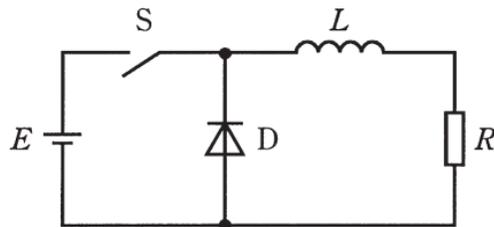
- (1) 40      (2) 160      (3) 200      (4) 250      (5) 1000

# 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プで駆動する。電源電圧は  $E = 200 \text{ V}$  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  $500 \text{ Hz}$  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)の間に答えよ。



$Q_2$  をオフしつづけると  
降圧チョップとして動作する



(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  $150 \text{ V}$  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

降圧チョップ  $V_{out} = dV_{in}$

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

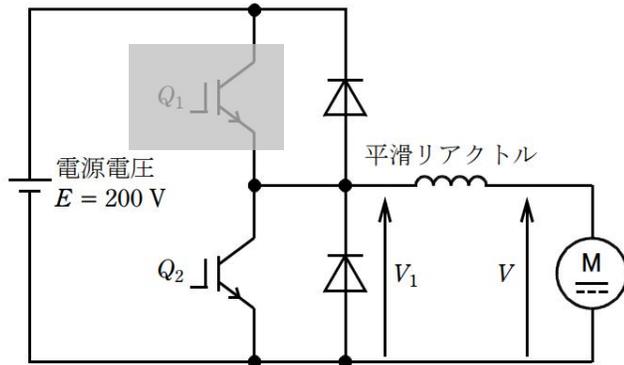
$$d = \frac{150}{200} = 0.75$$

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

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

# 導出のポイント

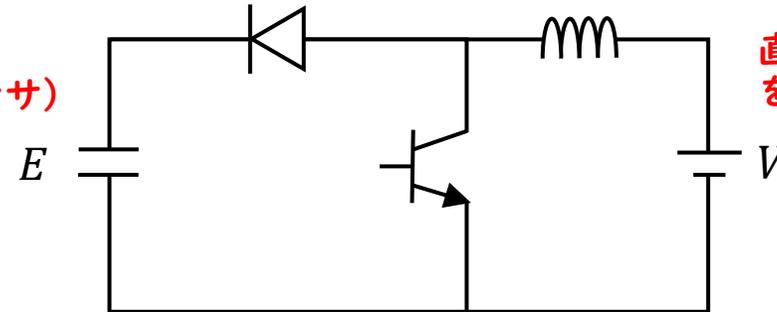
問16 図のように他励直流機を直流チョップで駆動する。電源電圧は  $E = 200 \text{ V}$  で一定とし、直流機の電機子電圧を  $V$  とする。IGBT  $Q_1$  及び  $Q_2$  をオンオフ動作させるときのスイッチング周波数は  $500 \text{ Hz}$  であるとする。なお、本問では直流機の定常状態だけを扱うものとする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



$Q_1$  をオフしつづけると昇圧チョップとして動作する

(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  $0.4 \text{ ms}$  のとき、この直流機の電機子電圧  $V [\text{V}]$  として、最も近い  $V$  の値を次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

電源電圧を負荷(コンデンサ)と考える



直流機(発電動作)を電源と考える

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

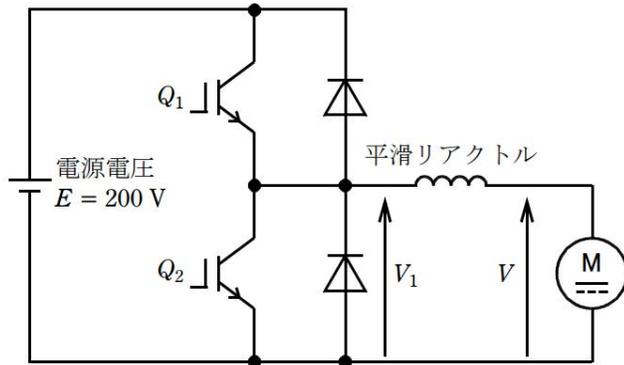
$$d = \frac{T_{on}}{T} = \frac{0.4 \text{ ms}}{2 \text{ ms}} = 0.2$$

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

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

# H26 問16

問16 図のように他励直流機を直流チョップで駆動する。電源電圧は  $E = 200 \text{ V}$  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  $500 \text{ Hz}$  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。



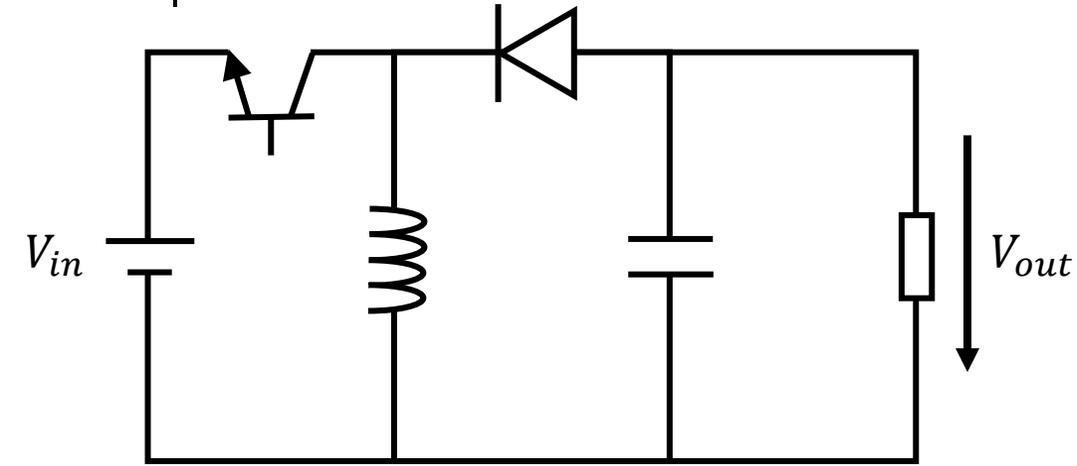
(a) この直流機を電動機として駆動する場合、 $Q_2$  をオフとし、 $Q_1$  をオンオフ制御することで、 $V$  を調整することができる。電圧  $V_1$  の平均値が  $150 \text{ V}$  のとき、1周期の中で  $Q_1$  がオンになっている時間の値 [ms] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (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  $0.4 \text{ ms}$  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)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 40      (2) 160      (3) 200      (4) 250      (5) 1000

# 昇降圧チョツパ回路

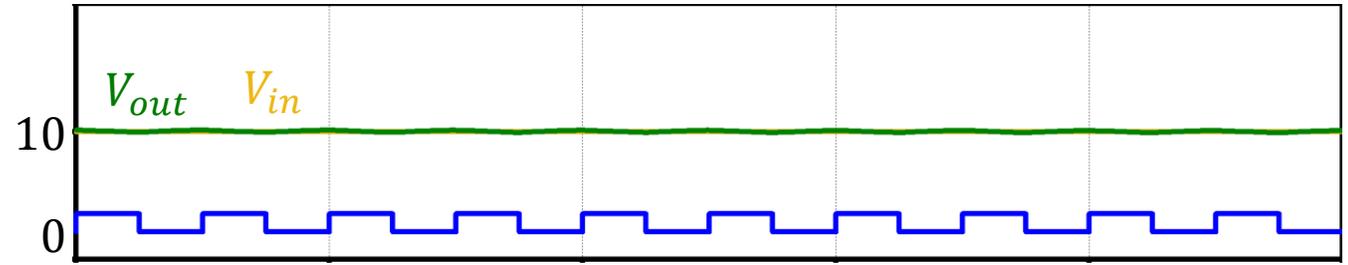


$$V_{out} = \frac{\alpha}{\alpha - 1} V_{in}$$

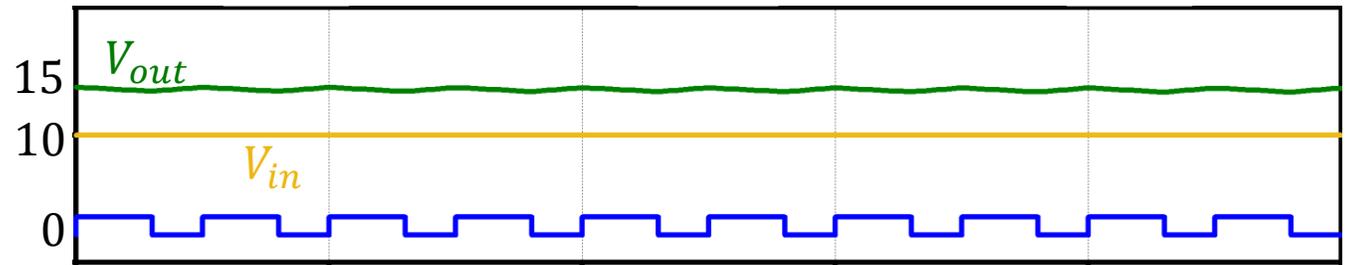
$$\alpha = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

$T_{ON}$  : トランジスタON時間

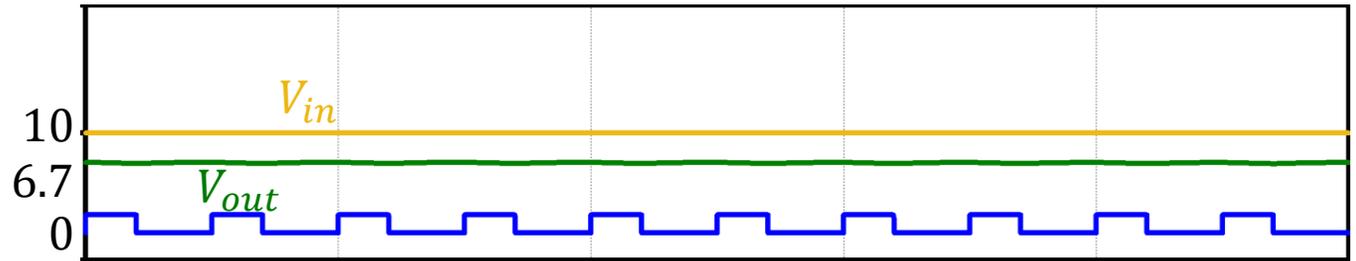
$T_{OFF}$  : トランジスタOFF時間



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

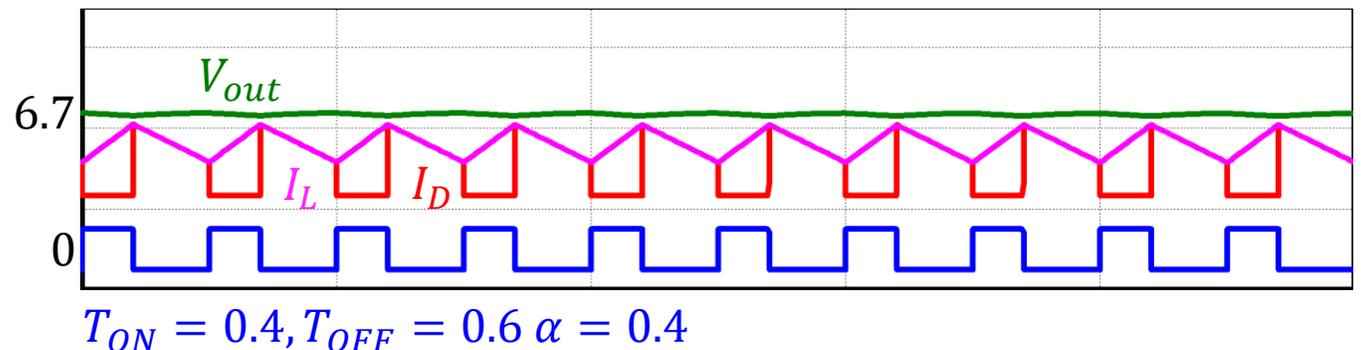
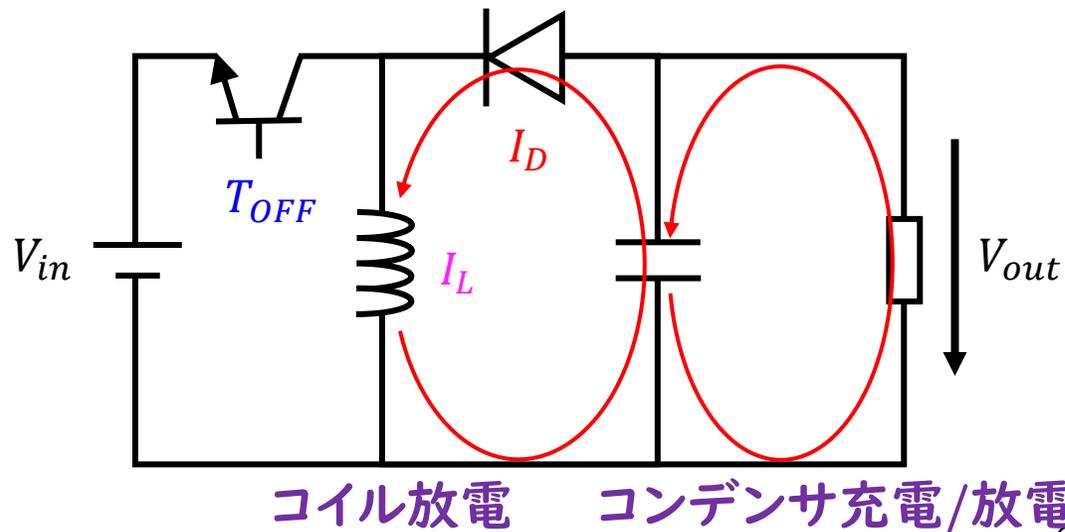
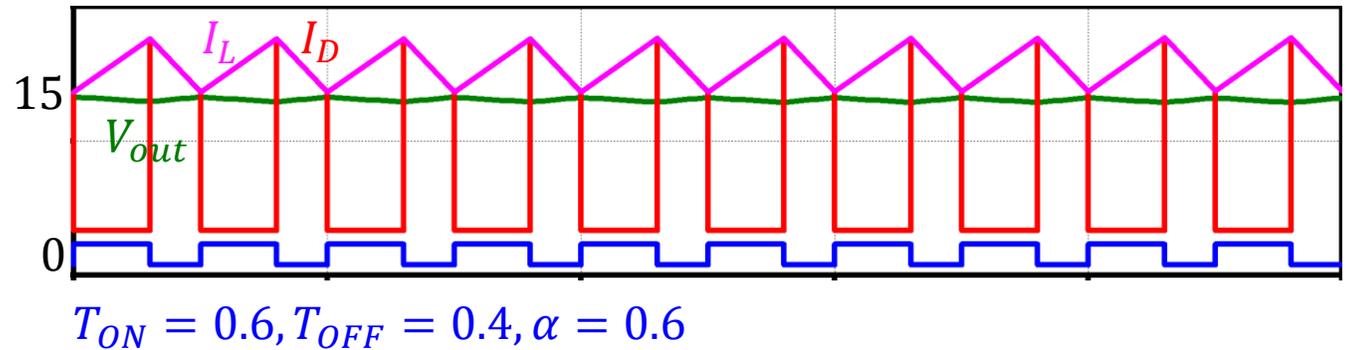
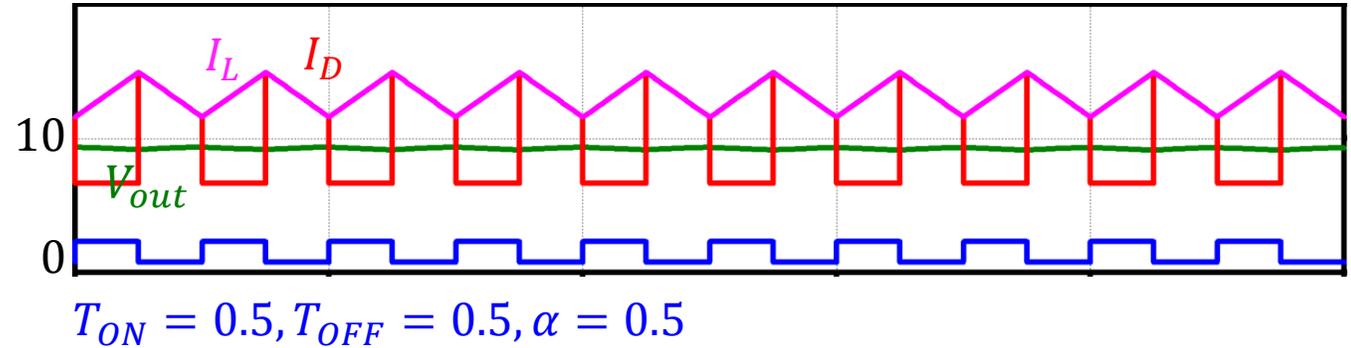
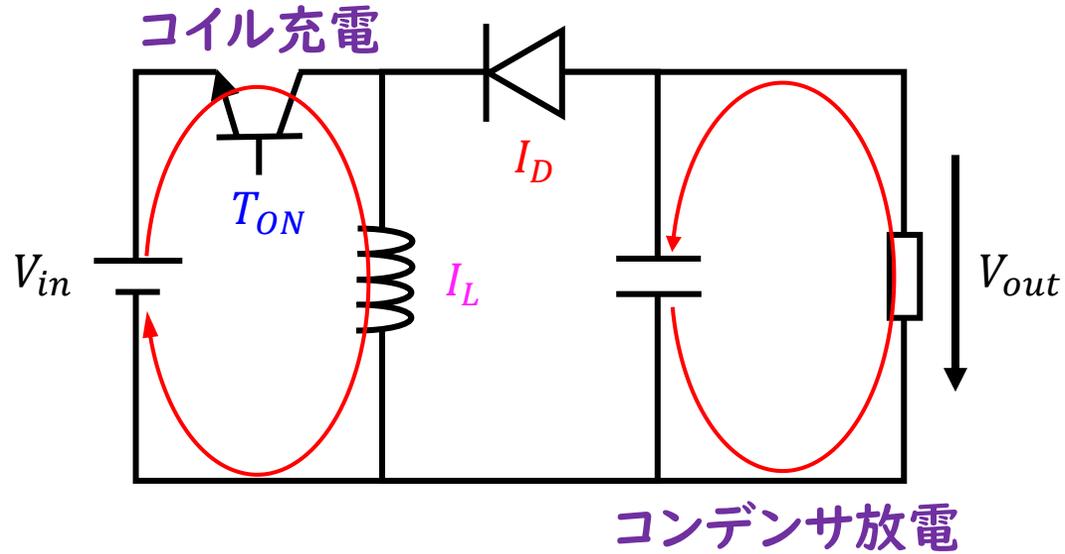


$$T_{ON} = 0.6, T_{OFF} = 0.4, \alpha = 0.6$$



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

# 昇降圧チョツパ回路



# R03 問11

問11 図は昇降圧チョップを示している。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  $\gamma$  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)～(5)のうちから一つ選べ。

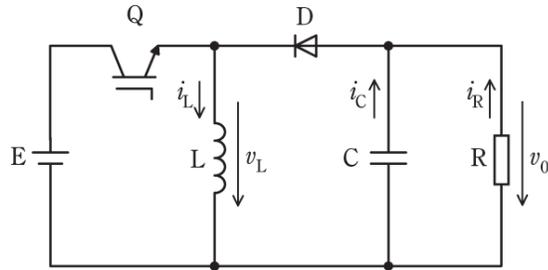


図 昇降圧チョップ

- (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、 $\gamma$  が 0.5 より小さいときは昇圧チョップ、0.5 より大きいときは降圧チョップとして動作する。
- (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  $v_L$  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 図は昇降圧チョップを示している。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  $\gamma$  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) ~ (5) のうちから一つ選べ。

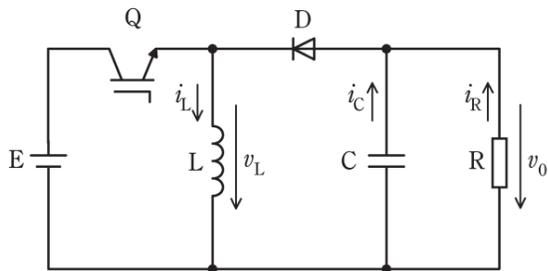
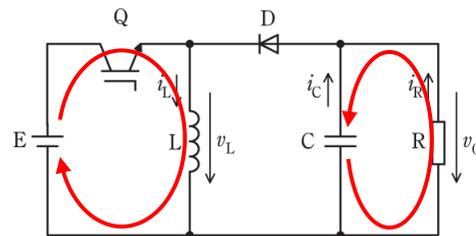
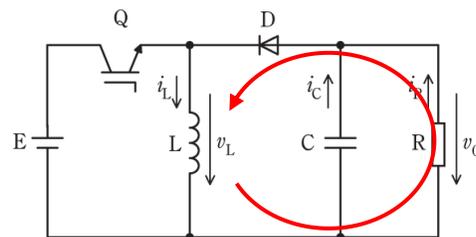


図 昇降圧チョップ

(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 に D を通して放出される。正しい



(3) 出力電圧  $v_0$  の平均値は,  $\gamma$  が 0.5 より小さいときは昇圧チョップ, 0.5 より大きいときは降圧チョップとして動作する。間違い

$$V_{out} = \frac{\gamma}{\gamma - 1} V_{in} \quad \begin{array}{l} \gamma < 0.5 \rightarrow V_{out} < V_{in} \\ \gamma > 0.5 \rightarrow V_{out} > V_{in} \end{array}$$

(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 のスイッチング周期で 0 となる。正しい

# R03 問11

問11 図は昇降圧チョップを示している。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  $\gamma$  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)～(5)のうちから一つ選べ。

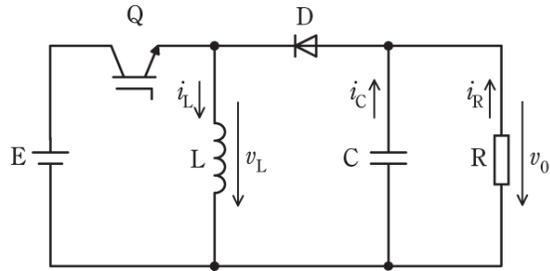
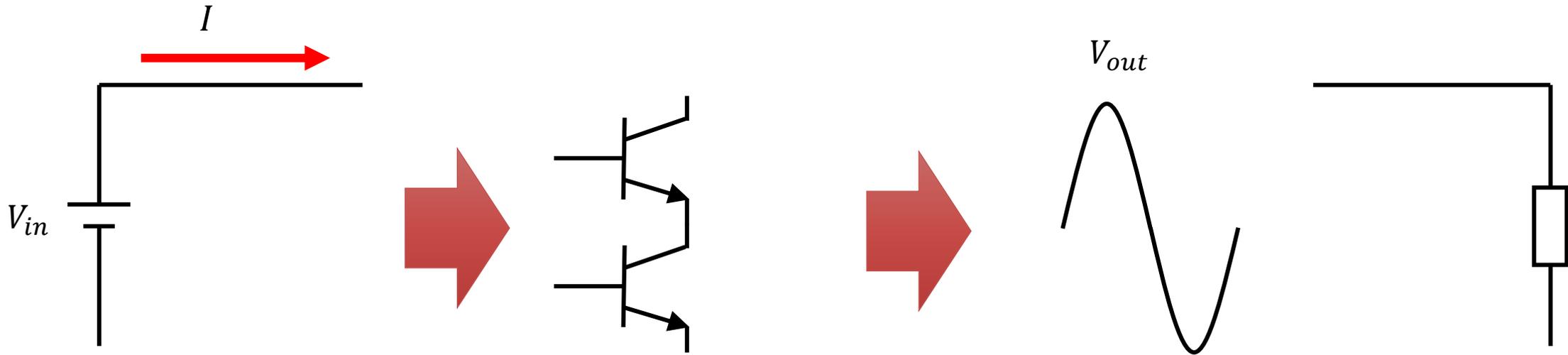


図 昇降圧チョップ

- (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、 $\gamma$  が  $0.5$  より小さいときは昇圧チョップ、 $0.5$  より大きいときは降圧チョップとして動作する。
- (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  $v_L$  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

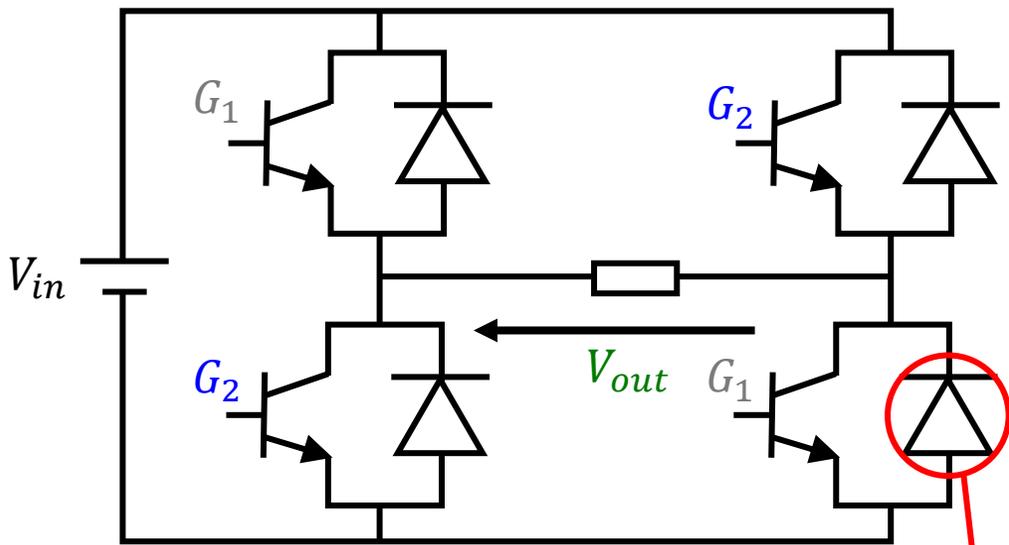
半導体スイッチ素子を使い、直流を交流に変換する回路



トランジスタを使って  
電圧/電流の向きを制御

負荷に交流電圧を  
供給する

# フルブリッジ回路



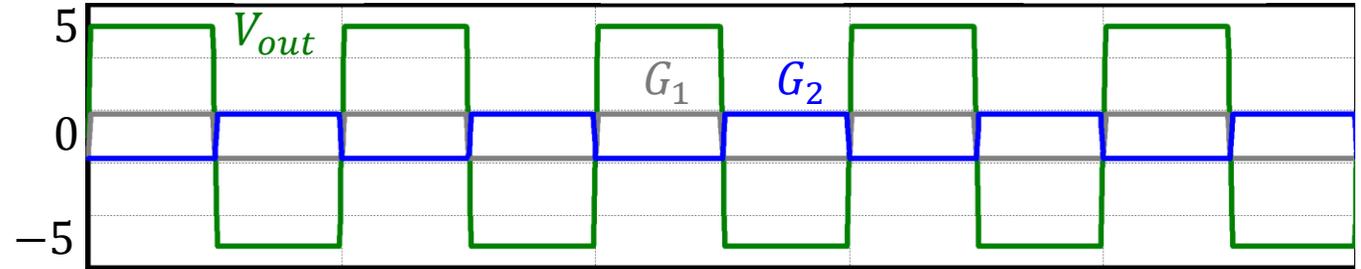
パルス幅によって出力電圧が  
変化する

還流ダイオード

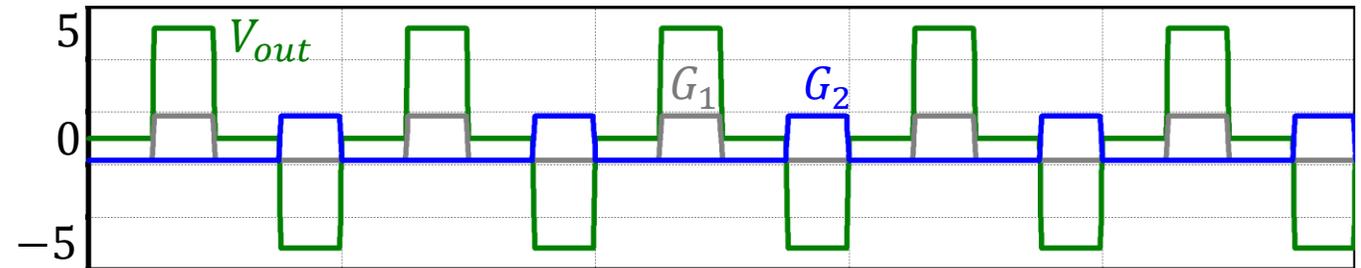
オンする素子で極性が変化する

$G_1$  ON → 正の電圧

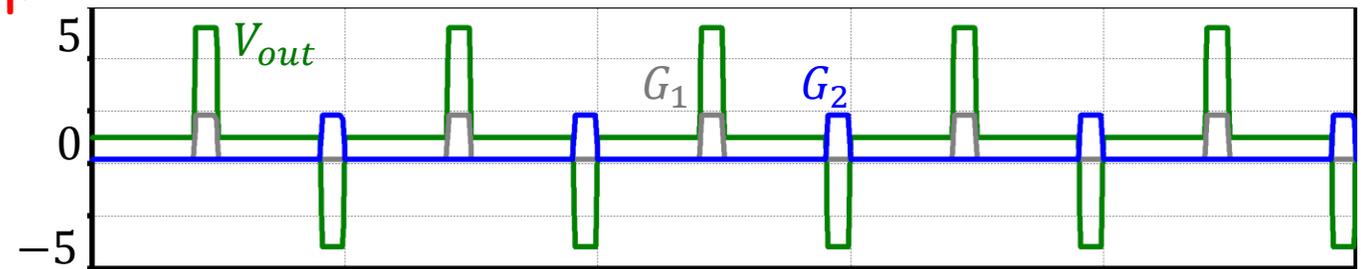
$G_2$  ON → 負の電圧



$G_1 = 0.5, G_2 = 0.5$

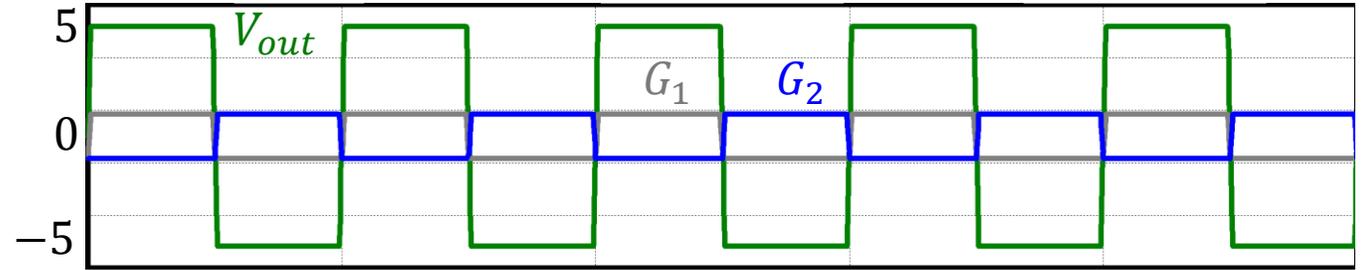
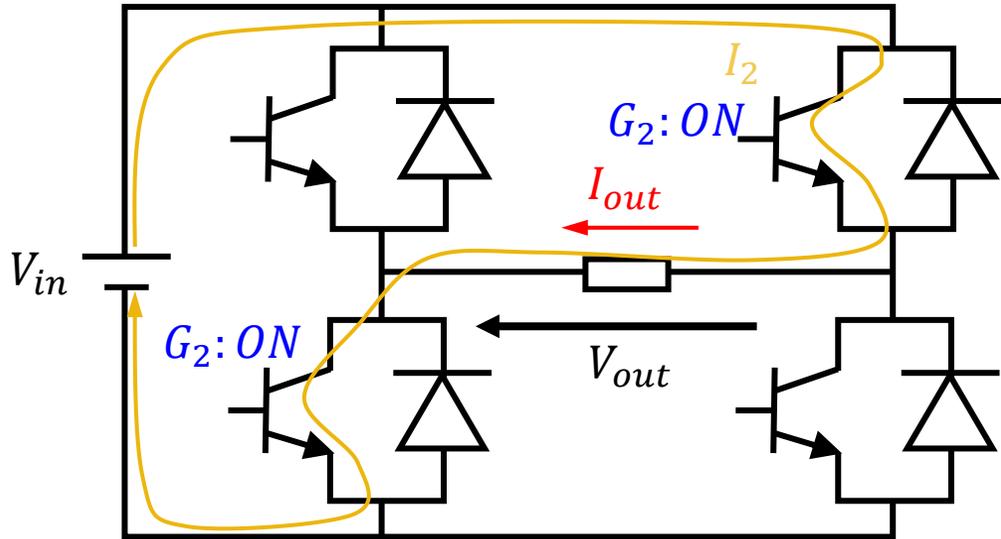
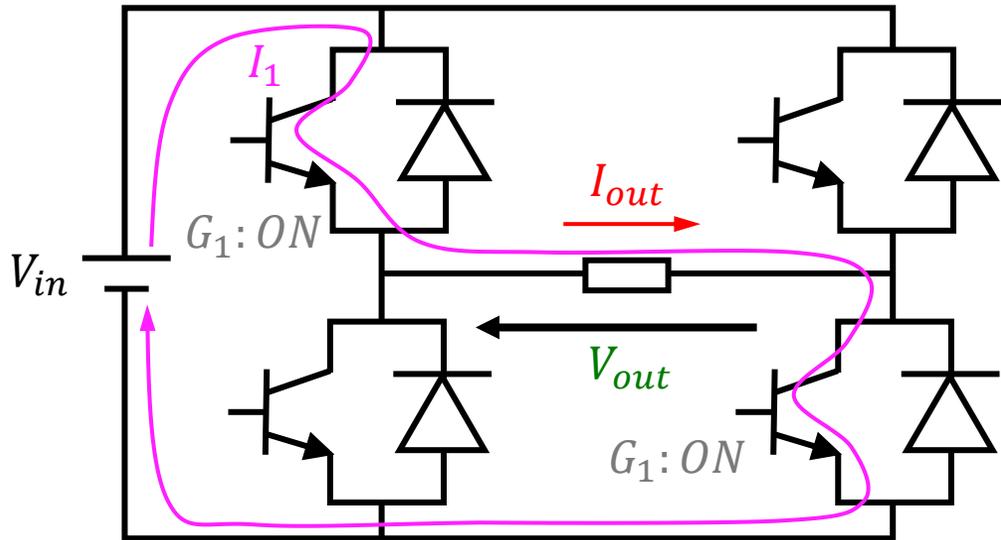


$G_1 = 0.25, G_2 = 0.25$

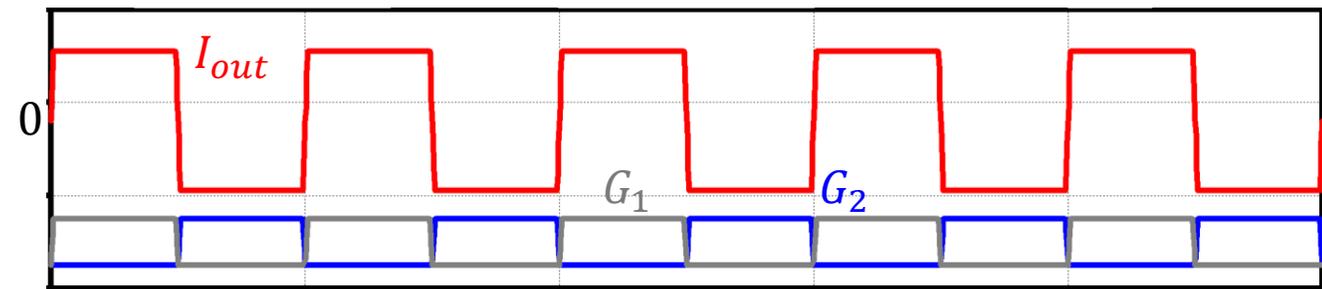
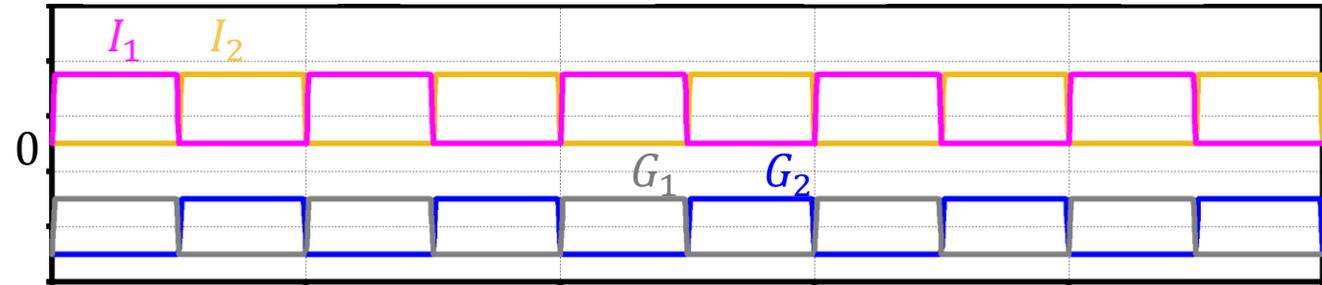


$G_1 = 0.1, G_2 = 0.1$

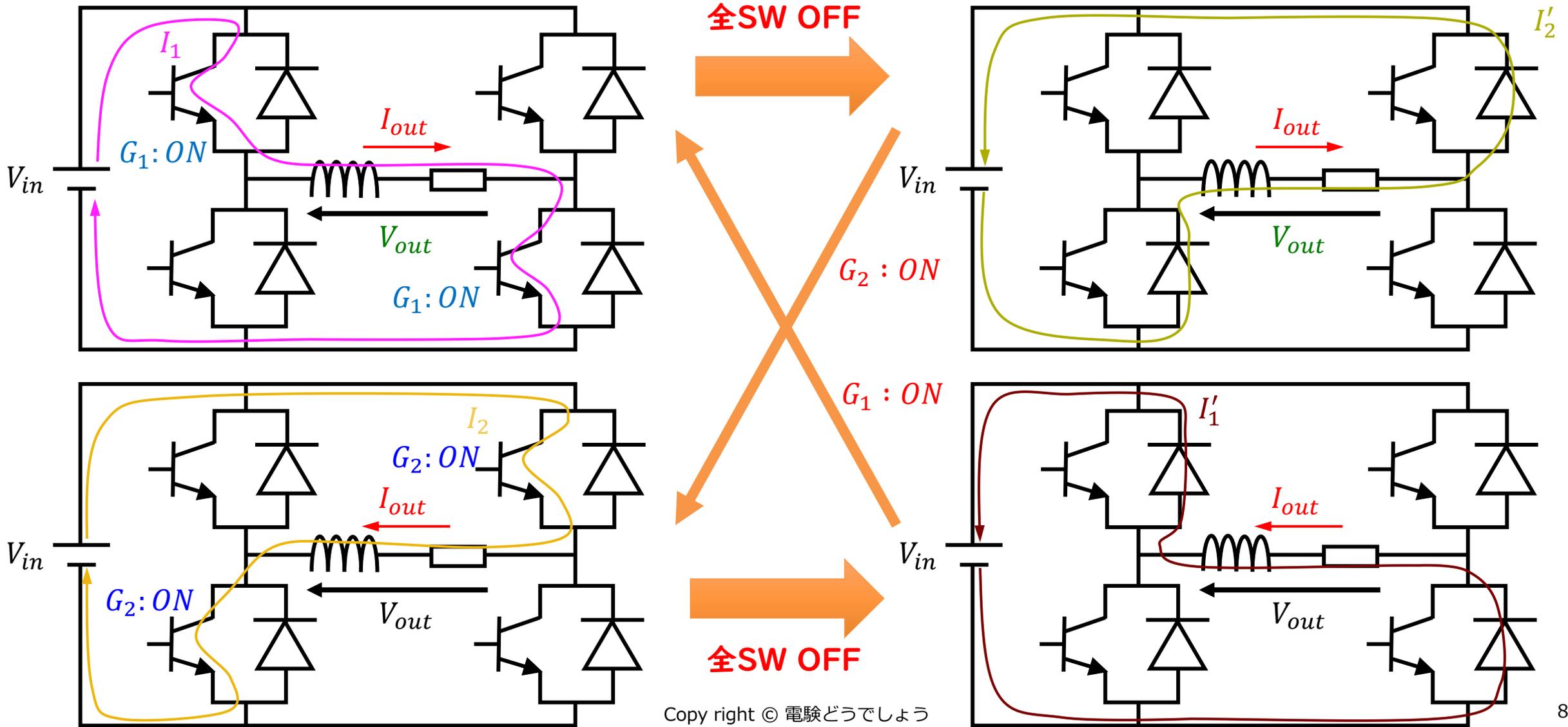
# フルブリッジ回路



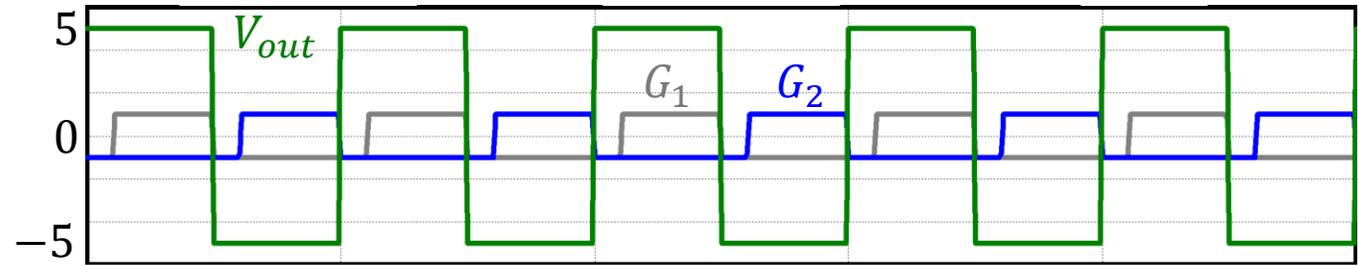
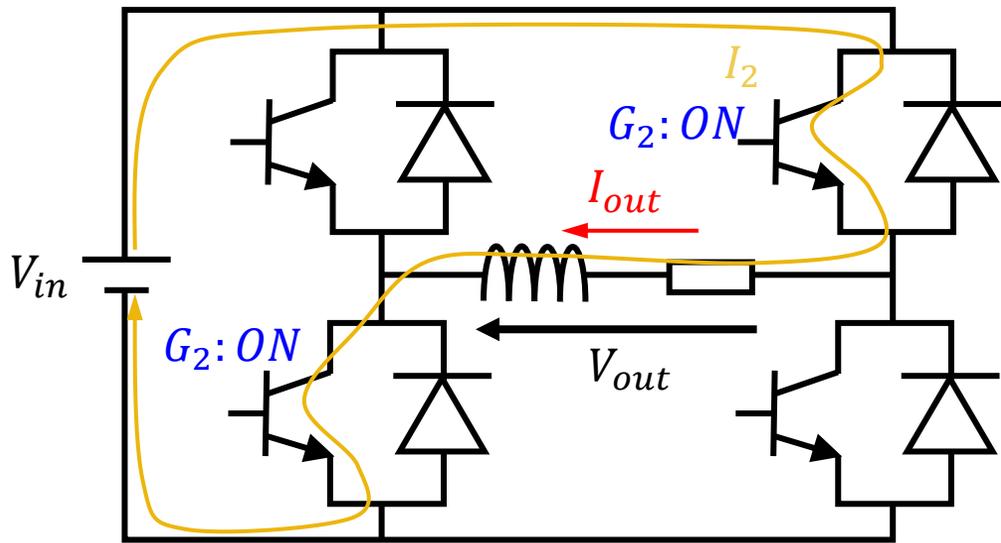
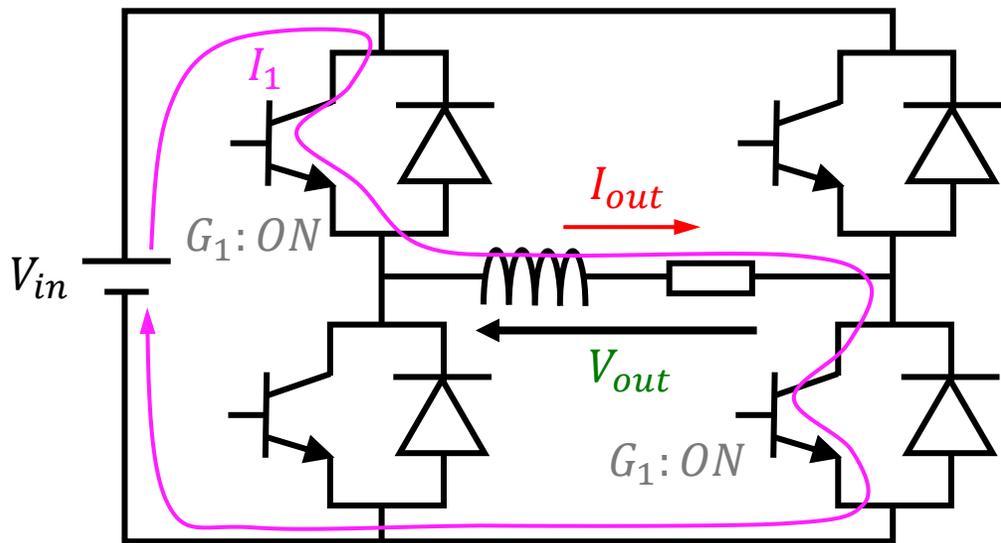
$$G_1 = 0.5, G_2 = 0.5$$



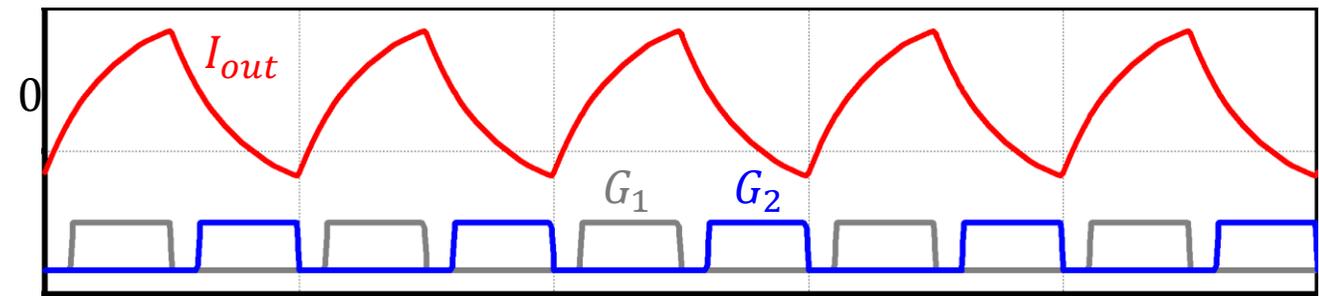
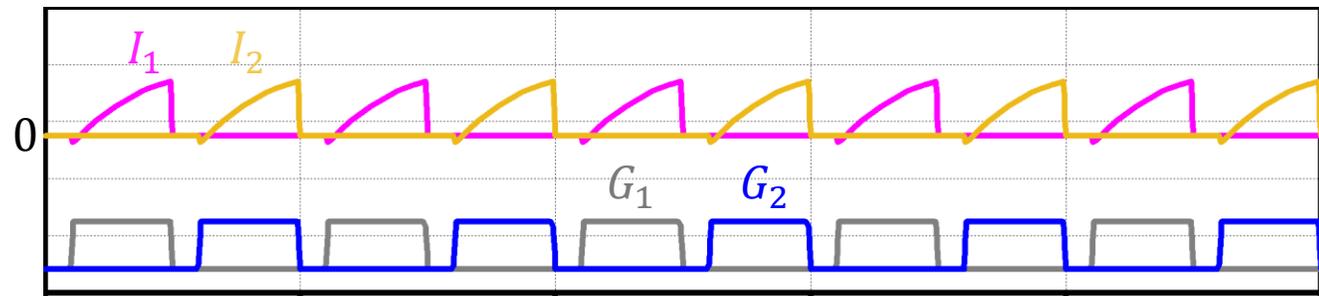
# フルブリッジ回路



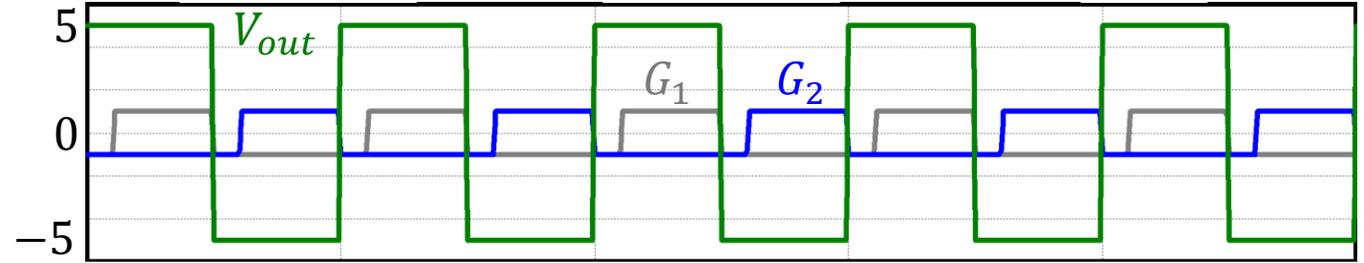
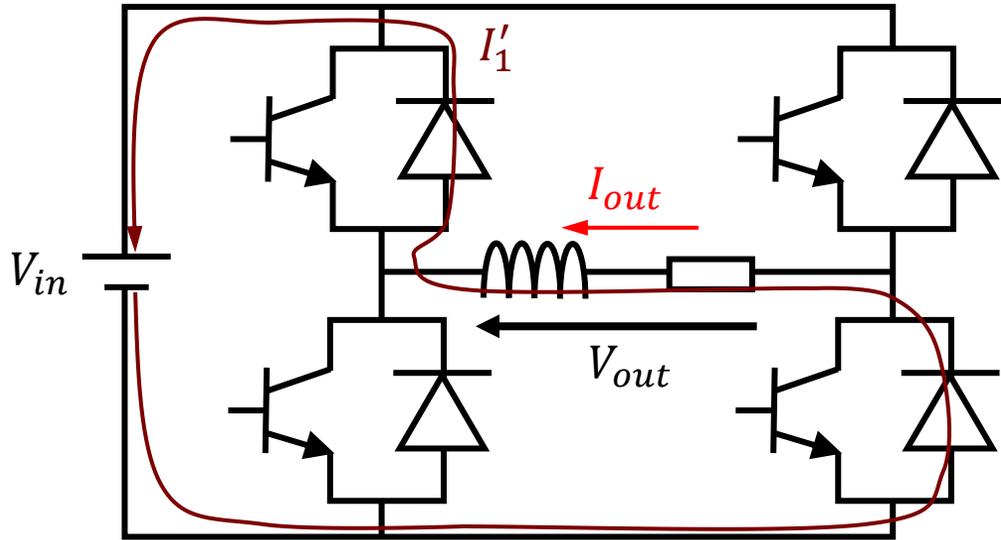
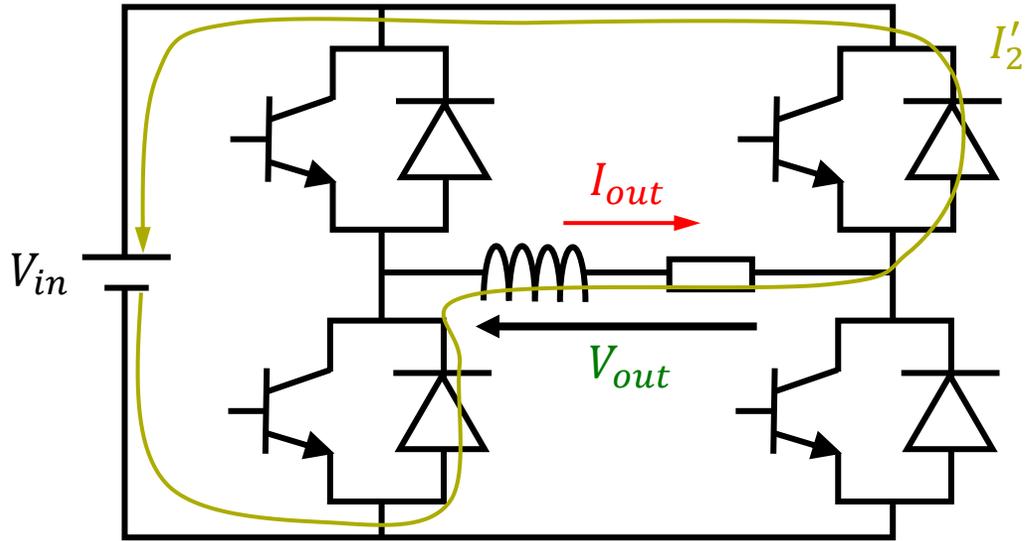
# フルブリッジ回路



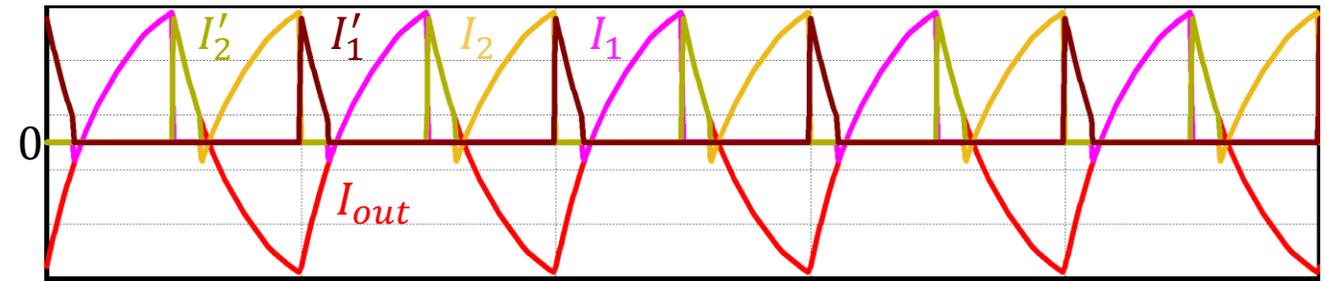
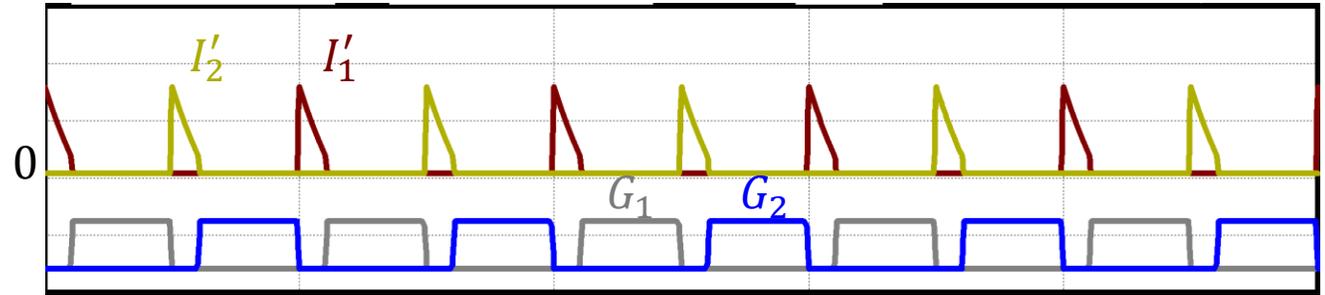
$G_1 = 0.4, G_2 = 0.4$



# フルブリッジ回路



$G_1 = 0.4, G_2 = 0.4$



# R02 問16

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

(a) 各パワーランジスタが出力交流電圧の1周期  $T$  に1回オンオフする運転を行っている際のある時刻  $t_0$  から1周期の波形を図2に示す。直流電圧が  $E[V]$  のとき、交流側の方形波出力電圧の実効値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1)  $0.5E$       (2)  $0.61E$       (3)  $0.86E$       (4)  $E$       (5)  $1.15E$

(b) 小問(a)のとき、負荷電流  $i_o(t)$  の波形が図3の(ア)～(ウ)、直流側電流  $i_d(t)$  の波形が図3の(エ)、(オ)のいずれかに示されている。それらの波形の適切な組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

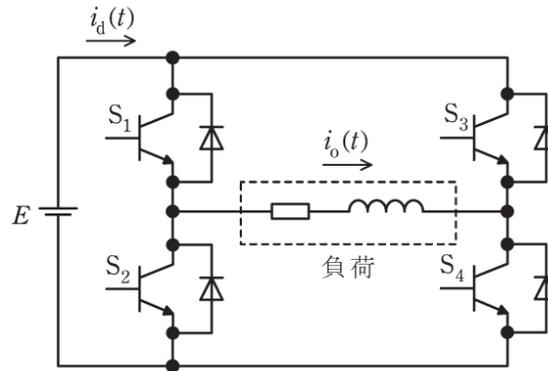


図1

$S_1, S_4$  の  
オンオフ信号  
 $S_2, S_3$  の  
オンオフ信号

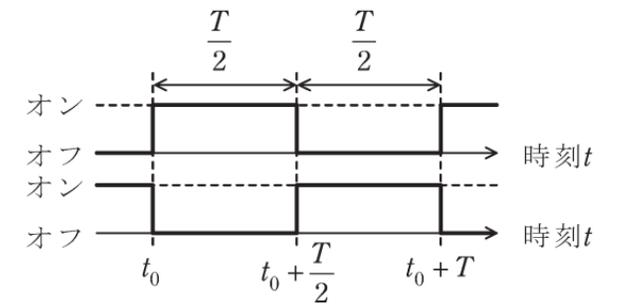


図2

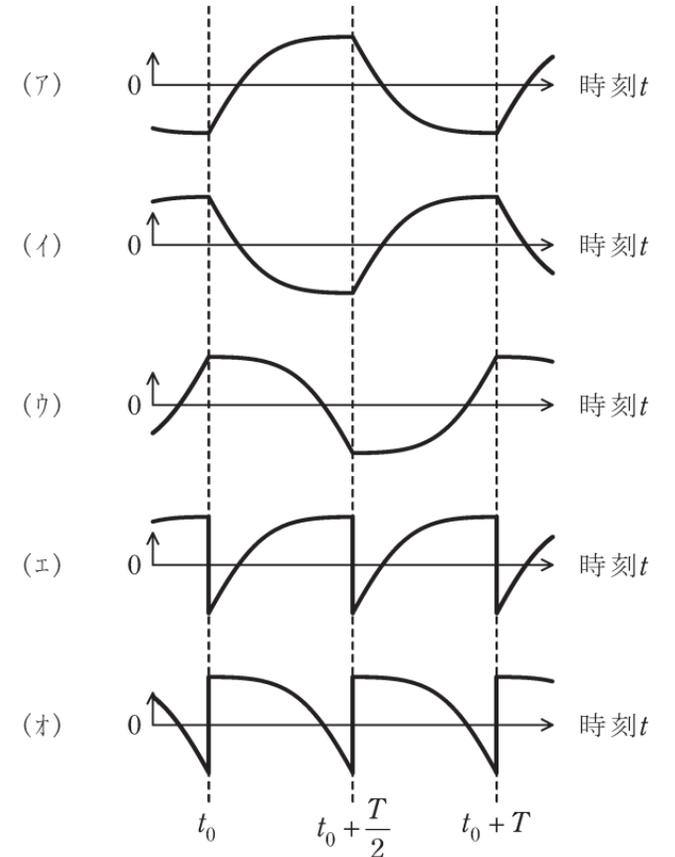


図3

# 導出のポイント

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

(a) 各パワーランジスタが出力交流電圧の 1 周期  $T$  に 1 回オンオフする運転を行っている際のある時刻  $t_0$  から 1 周期の波形を図 2 に示す。直流電圧が  $E$  [V] のとき、交流側の方波出力電圧の実効値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1)  $0.5E$       (2)  $0.61E$       (3)  $0.86E$       (4)  $E$       (5)  $1.15E$

(b) 小問(a)のとき、負荷電流  $i_o(t)$  の波形が図 3 の(ア)～(ウ)、直流側電流  $i_d(t)$  の波形が図 3 の(エ)、(オ)のいずれかに示されている。それらの波形の適切な組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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

$S_1, S_4$  の  
オンオフ信号  
 $S_2, S_3$  の  
オンオフ信号

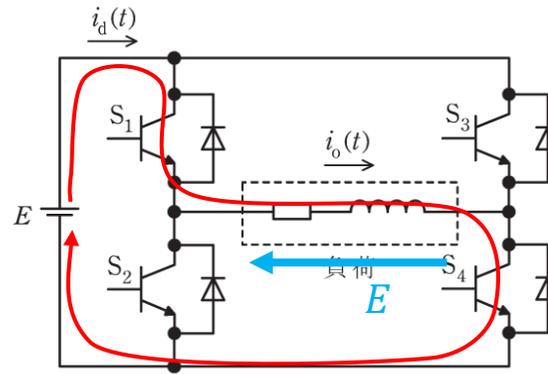
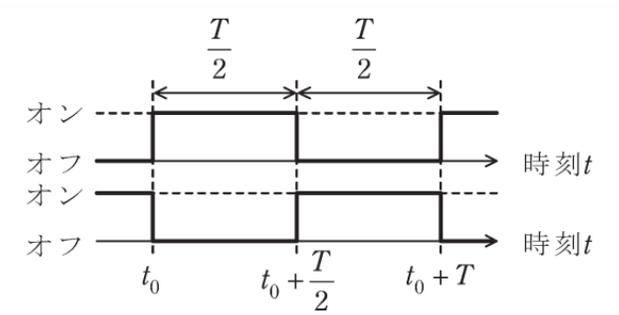


図 1

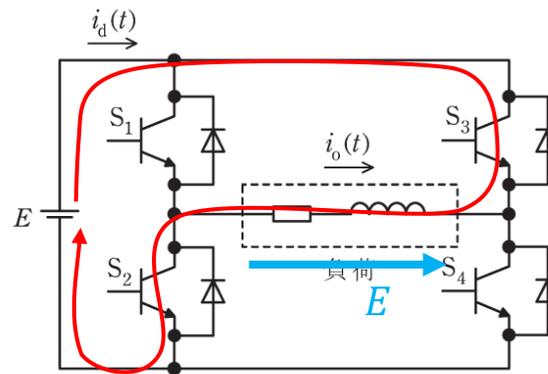


図 1

図 2  
コイルの影響で  
電流の変化が遅れる

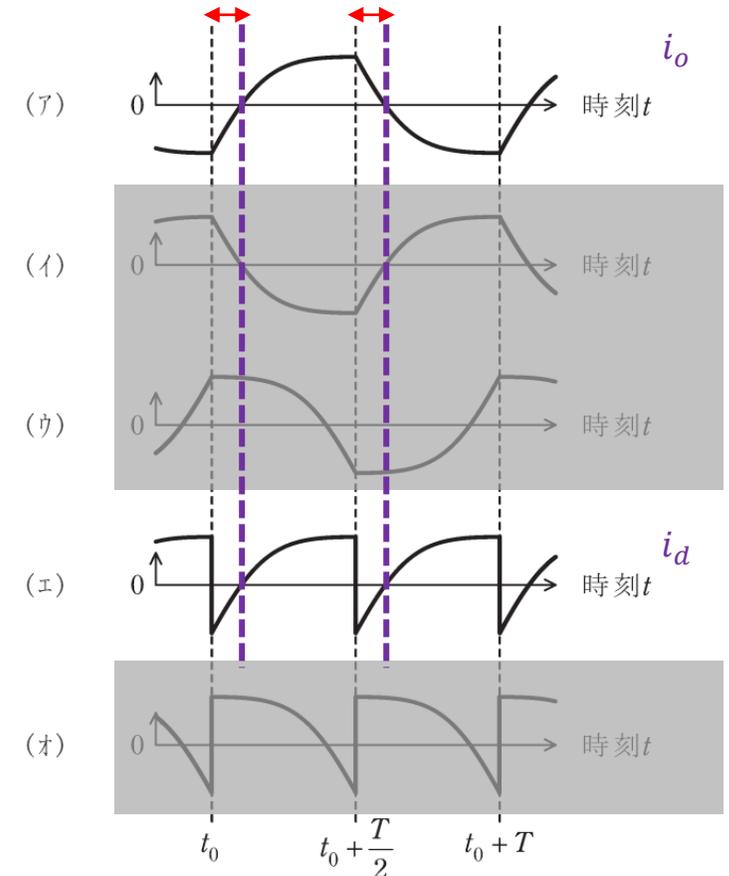


図 3

ご聴講ありがとうございました  
ございました!!