

パワーエレクトロニクス No.8

61908697 佐々木良輔

演習 1

(1)

ダイオードはサイリスタと異なりゲート信号に関わらず順バイアスに対しては導通する。したがって $\alpha = 0$ とみなすことができるので、電圧の平均値は

$$E_d = \frac{3}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sqrt{2}V \sin \theta d\theta = \frac{3\sqrt{6}V}{\pi} \simeq 270.2 \text{ V} \quad (1)$$

平均電流は

$$I_d = \frac{E_d}{R} \simeq 5.403 \text{ A} \quad (2)$$

(2)

$L/R \gg 1$ から直流電流が一定と考えると、相電流 i_1 は導通時には I_d に一致すると考える。したがって相電流の実効値は

$$\begin{aligned} I_e &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_1^2(\theta) d\theta} \\ &= \sqrt{\frac{1}{3}(I_d)^2 + \frac{1}{3}(-I_d)^2} \\ &= I_d \sqrt{\frac{2}{3}} \simeq 4.412 \text{ A} \end{aligned} \quad (3)$$

次に i_1 をフーリエ変換する. i_1 が奇関数になるように位相を決める. このときフーリエ係数は

$$a_n = 0 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} b_n &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} i_1 \sin n\theta d\theta \\ &= \frac{I_d}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sin n\theta d\theta - \frac{I_d}{\pi} \int_{7\pi/6}^{11\pi/6} \sin n\theta d\theta \\ &= \frac{2I_d}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \sin n\theta d\theta \\ &= \frac{2I_d}{n\pi} \left(\cos \frac{n\pi}{6} - \cos \frac{5n\pi}{6} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

よって基本波実効値は

$$\begin{aligned} I_1 &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \frac{12I_d^2}{\pi^2} \int_0^{2\pi} \sin^2 \theta d\theta} \\ &= \frac{\sqrt{6}I_d}{\pi} = 4.213 \text{ A} \end{aligned} \quad (6)$$

また位相遅れ角は 0 なので基本波力率は

$$\cos 0 = 1 \quad (7)$$

(3)

両辺を $\pi/6 + \alpha$ から $\pi/6 + \alpha + u$ まで積分する.

$$(\text{左辺}) = \omega l_s \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha+u} \frac{di_1}{d\theta} d\theta = \omega l_s I_d \quad (8)$$

右辺について $v_1 = \sqrt{2}V \sin \theta$, $v_3 = \sqrt{2}V \sin(\theta - 4\pi/3)$ と置くと

$$\begin{aligned} (\text{右辺}) &= \frac{\sqrt{2}V}{2} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha+u} \sin \theta - \sin \left(\theta - \frac{4\pi}{3} \right) d\theta \\ &= \frac{\sqrt{6}V}{2} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/6+\alpha+u} \sin \left(\theta - \frac{\pi}{6} \right) d\theta \\ &= \frac{\sqrt{6}V}{2} (\cos \alpha - \cos(\alpha + u)) \end{aligned} \quad (9)$$

以上から

$$I_d = \frac{\sqrt{6}V}{2\omega l_s} (\cos \alpha - \cos(\alpha + u)) \quad (10)$$

また $E_d = 3\sqrt{6}V/\pi \cos \alpha$ なので

$$\frac{E_d}{I_d} = \frac{6\omega l_s}{\pi} \frac{1}{1 - \frac{\cos(\alpha+u)}{\cos \alpha}} \quad (11)$$

となり, これはインピーダンスのように捉えられる. ここで $u \rightarrow 0$ のときは $E_d/I_d \rightarrow \infty$ となる. 対して u が大きくなると E_d/I_d が有限の値を持つことがわかる. 特に $\cos(\alpha + u)/\cos \alpha = -1$ のとき, 極小となる.

演習 2

図 1 から図 5 に各条件でのシミュレーション結果を示す. これらは正弦波信号と三角波信号の比較で生成された PWM 信号で, 正弦波の振幅を duty 比に変調したものである. 実際それぞれの図を見ると正弦波の電圧が大きいところではパルス幅が大きく, 小さいところではパルス幅が小さくなっていることがわかる. また条件 1 から条件 3 を比較すると三角波の周波数が高ければ高いほど PWM の周波数が高いことがわかる. また条件 1 と条件 4 を比較すると正弦波周波数が高いと変調された信号もそれに伴っていることがわかる.

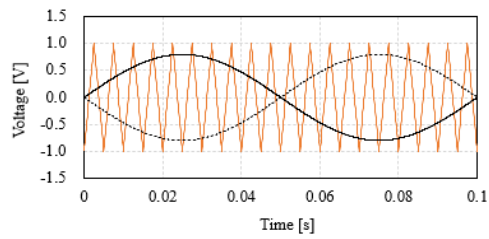


図1 三角波(キャリア)と信号波との比較

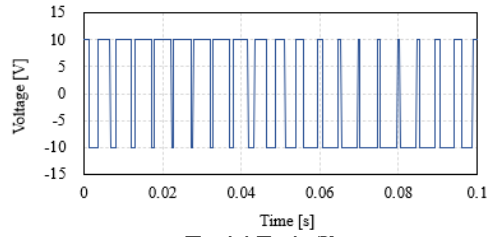


図2 出力電圧(V_a 側)

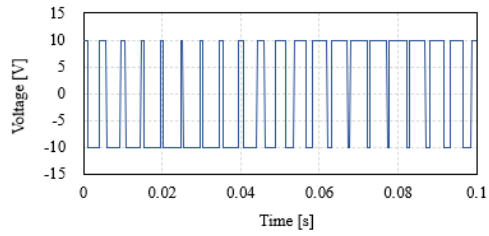


図3 出力電圧(V_b 側)

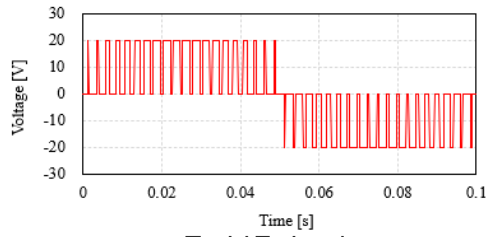


図4 出力電圧($V_a - V_b$)

図 1 条件 1 の結果

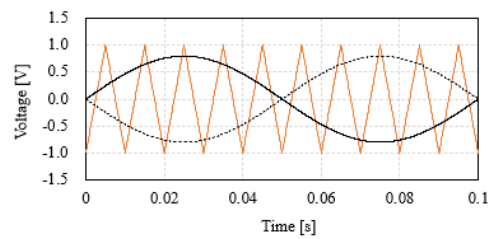


図1 三角波(キャリア)と信号波との比較

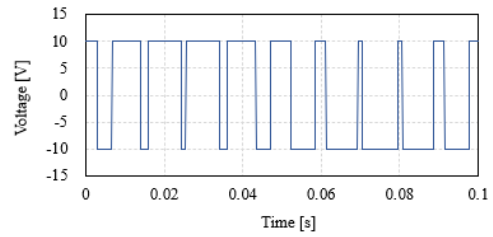


図2 出力電圧(V_a 側)

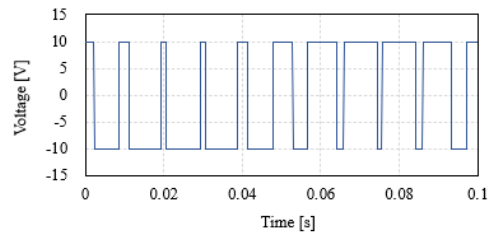


図3 出力電圧(V_b 側)

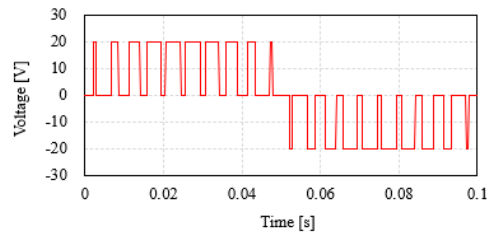


図4 出力電圧($V_a - V_b$)

図 2 条件 2 の結果

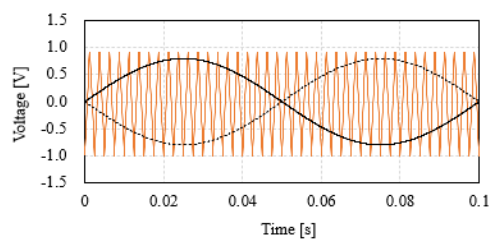


図1 三角波(キャリア)と信号波との比較

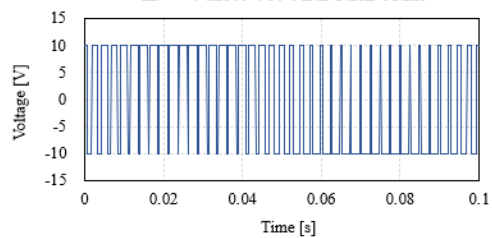


図2 出力電圧(Va側)

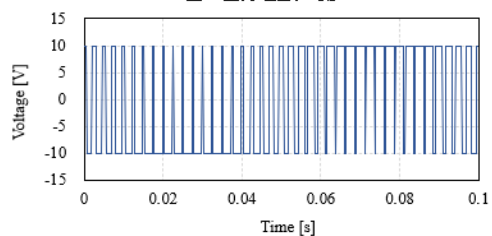


図3 出力電圧(Vb側)

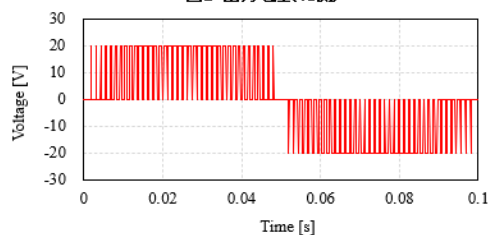


図4 出力電圧(Va-Vb)

図 3 条件 3 の結果

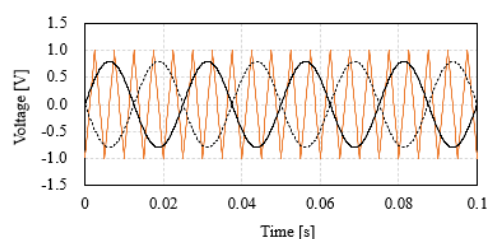


図1 三角波(キャリア)と信号波との比較

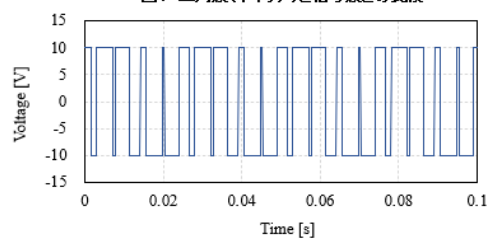


図2 出力電圧(Va側)

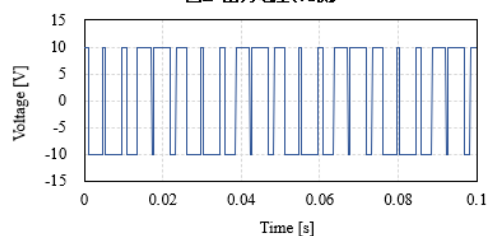


図3 出力電圧(Vb側)

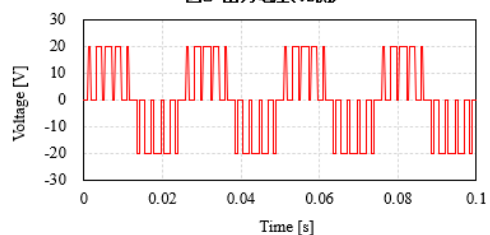


図4 出力電圧(Va-Vb)

図 4 条件 4 の結果

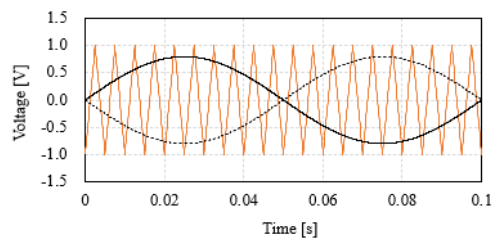


図1 三角波(キャリア)と信号波との比較

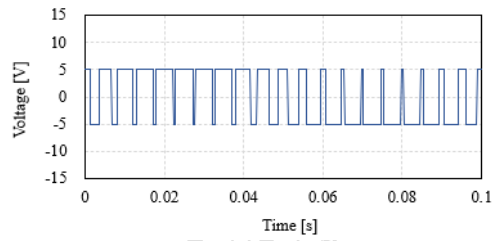


図2 出力電圧(Va側)

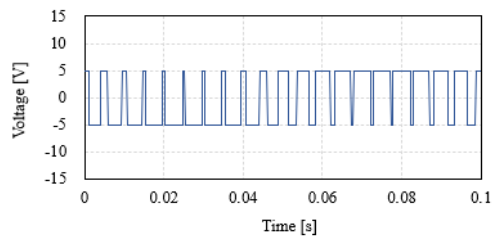


図3 出力電圧(Vb側)

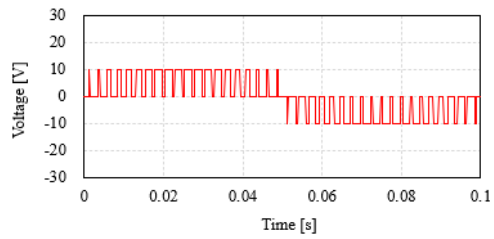


図4 出力電圧(Va-Vb)

図 5 条件 5 の結果