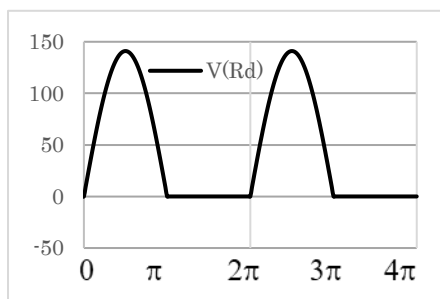


6 章 演習解答

□6.1 【解答】

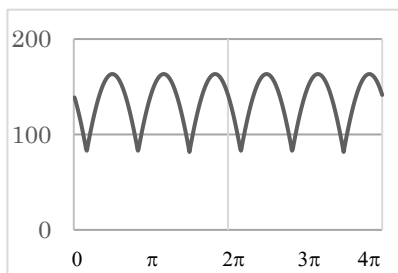
単相半波整流回路の出力直流電圧波形（2 周期分）は、下図のとおりである。



半波整流回路の出力直流電圧平均値は、次式となる。

$$V_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} v_s d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2}V_s \sin\theta d\theta = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_s \cong 0.45V_s$$

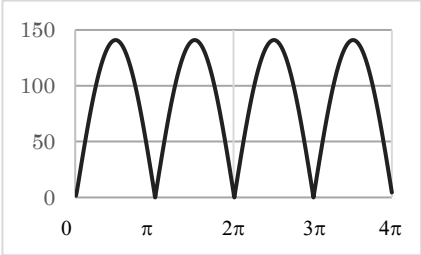
3 相半波整流回路の出力直流電圧波形（2 周期分）は、下図のとおりである。



3 相半波整流回路では、直流電圧は波形の対称性から $\pi/6 \sim 5\pi/6$ の区間の平均値となる。出力直流電圧平均値は、次式となる。

$$V_d = \frac{1}{2\pi/3} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \left| \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} V_s \sin \theta \right| d\theta = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi\sqrt{3}} V_s [-\cos \theta]_{\pi/6}^{5\pi/6} = \frac{\sqrt{6}}{2\pi} V_s \left[\frac{2\sqrt{3}}{2} \right] = \frac{3\sqrt{2}}{2\pi} V_s \cong 0.675 V_s$$

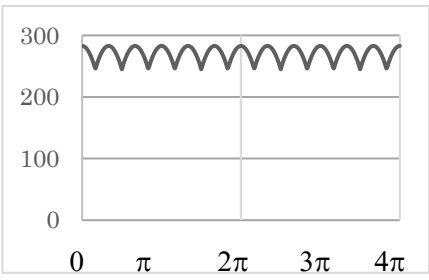
単相全波整流回路の出力直流電圧波形（2 周期分）は、下図のとおりである。



単相全波整流回路の出力直流電圧平均値は、次式となる。

$$V_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |v_s| d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |\sqrt{2} V_s \sin \theta| d\theta = \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} V_s \sin \theta d\theta = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_s \cong 0.9 V_s$$

3 相全波整流回路の出力直流電圧波形（2 周期分）は、下図のとおりである。



3 相全波整流回路では、線間電圧 $V_{LL}=V_M \sin \theta$ の絶対値が最大のものが直流側に現れるので、直流電圧は波形の対称性から、最大値となる $\theta = \pi/2$ の両側 $\pm \pi/6$ 、すなわち $\theta = \pi/3 \sim 2\pi/3$ の区間の平均値となる。出力直流電圧平均値は、次式となる。

$$V_d = \frac{1}{\pi/3} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} |\sqrt{2} V_s \sin \theta| d\theta = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_s [-\cos \theta]_{\pi/3}^{2\pi/3} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_s \left[\frac{2}{2} \right] = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_s \cong 1.35 V_s$$

□6.2 【解答】

図 6.12 の単相全波整流回路の直流出力電圧平均値は、次の式となる。

$$V_{d0} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_s \cong 0.90 V_s = 0.90 \times 100 = 90 \text{ V}$$

=====

□6.3 【解答】

平滑キャパシタつき単相全波整流回路に十分大きなキャパシタを用いたときは、直流出力電圧の最大値は交流電圧のピーク値となるので、実効値 **100V** の単相交流電源の場合は実効値の $\sqrt{2}$ 倍である。したがって、求める値は、
 $V_d = \sqrt{2} V_s = 1.414 \times 100 = 141.4 \text{ V}$ となる。

=====

□6.4 【解答】

実効値 **200V** の 3 相交流電源の場合は直流出力電圧の平均値は式(6.15)で与えられる。したがって、求める値は、

$$V_d \cong 1.35 V_s = 1.35 \times 200 = 270 \text{ V}$$

=====

□6.5 【解答】

図 6.15(b) の場合の全高調波歪率および力率を計算する。

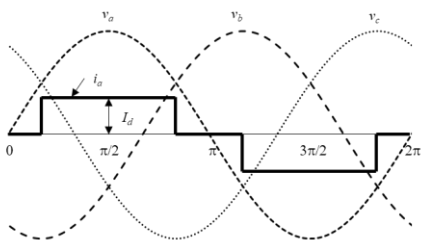


図 6.15(b) 3 相正弦波電圧と方形波 a 相電流

図 6.15(b) の電流 i_a の実効値 I_a は

$$I_s = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} i_s^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} (I_d)^2 d\theta} = I_d$$

$$I_s = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} i_s^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} (I_d)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \frac{4\pi}{6} (I_d)^2 d\theta} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d = 0.816 I_d$$

電流 i_a をフーリエ級数展開すると

$$b_n = \frac{1}{\pi} \left\{ \int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{5\pi}{6}} I_d \sin n \theta d\theta - \int_{\frac{7\pi}{6}}^{\frac{11\pi}{6}} I_d \sin n \theta d\theta \right\} = \frac{4I_d}{n\pi} \sin\left(\frac{n\pi}{3}\right)$$

$$i_s(\theta) = \frac{4I_d}{\pi} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \sin \theta - \frac{\sqrt{3}}{10} \sin 5\theta + \frac{\sqrt{3}}{14} \sin 7\theta + \dots \right)$$

$$\theta = \omega t$$

$$b_1 = \frac{4I_d}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = \frac{4I_d}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = \frac{2\sqrt{3}I_d}{\pi}$$

したがって、基本波成分の実効値 I_1 は

$$I_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} b_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{2\sqrt{3}I_d}{\pi} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} I_d = 0.78 I_d$$

となり、全高調波歪率と力率 $\cos \phi$ は、次のようになる。

$$\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2} = \sqrt{(\sum_{k=1}^{\infty} I_k^2) - I_1^2} = \sqrt{I_s^2 - I_1^2} = \sqrt{I_d^2 - I_1^2}$$

全高調波歪率(THD)

$$= \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{(\sum_{k=1}^{\infty} I_k^2) - I_1^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{I_s^2 - I_1^2}}{I_1} = \frac{\sqrt{(0.816 I_d)^2 - (0.78 I_d)^2}}{0.78 I_d} = 0.311$$

ここで、 I_k は k 次高調波成分の実効値である。

これは、 180° 方形波の場合の $\text{THD}=0.484$ より小さく、3 次調波が無くなるため、ひずみが改善されていることを示している。

力率は、

$$\cos \varphi = \frac{P_d}{P_{ap}} = \frac{V_d I_d}{\sqrt{3} V_s I_s} = \frac{\left(\frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_s \right) I_d}{\sqrt{3} V_s \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} I_d \right)} = \frac{3\sqrt{2}}{\sqrt{3}\sqrt{6}} = 1.00$$

となり、3相全波整流回路では、抵抗負荷の場合は力率が1になる。