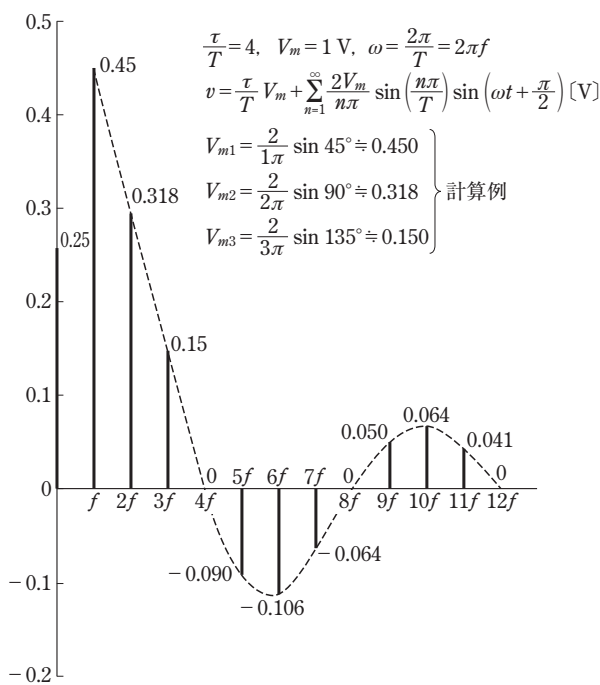


第9章 各種の波形

問

9・1 各種の波形

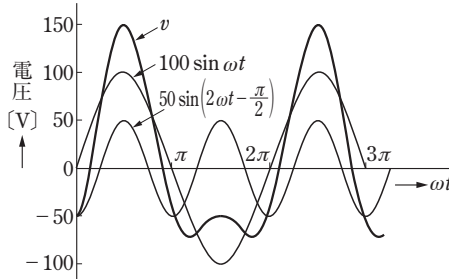
問1 表9・1のパルス波の式から、周波数スペクトルを描けば、解図1のようになる。



解図1

基本問題

1. 非正弦波電圧波形は、解図2のようになる。



解図2

2. 基本波と奇数調波からなるひずみ波は対称波となるが、基本波と偶数調波からなるひずみ波は非対称波となる。
3. (a) **奇数調波** 非正弦波交流の成分中、基本波の奇数倍の周波数を持った高調波をいう。

(b) **周波数スペクトル** 非正弦波交流の成分を、横軸に周波数、縦軸に振幅をとって棒グラフのように表したもの。

(c) **ひずみ率** 非正弦波交流のひずみ率は、基本波の実効値に対する各高調波の実効値の2乗の和の平方根の比を百分率で表したもの(式(9・17)参照)。

4. 実効値を V 、ひずみ率を df とすると、

$$V = \sqrt{60^2 + 9^2 + 3^2} = \sqrt{3690} = 60.75 \text{ [V]}$$

$$df = \frac{\sqrt{9^2 + 3^2}}{60} \times 100 = \frac{\sqrt{90}}{60} \times 100 = 15.8 \text{ [%]}$$

5. 電流を i とすると、

$$\begin{aligned} i &= \frac{v}{R} = \frac{100}{2000} \sin \omega t + \frac{60}{2000} \sin 2\omega t \\ &= 0.05 \sin \omega t + 0.03 \sin 2\omega t \text{ [A]} \end{aligned}$$

6. $P = I_1^2 R + I_2^2 R = \left(\frac{0.05}{\sqrt{2}}\right)^2 \times 2000 + \left(\frac{0.03}{\sqrt{2}}\right)^2 \times 2000$

$$=2.5+0.9=3.4 \text{ [W]}$$

7. 基本波の周波数は 50 Hz であるから、基本波に対するインピーダンス Z_1 は、

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}} = \sqrt{100^2 + \frac{1}{(2\pi \times 50 \times 10 \times 10^{-6})^2}} = 333.6 \text{ } [\Omega]$$

第 3 調波に対するインピーダンス Z_3 は、

$$Z_3 = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(3\omega C)^2}} = \sqrt{10^4 + \frac{1}{9\pi^2} \times 10^6} = 145.8 \text{ } [\Omega]$$

8. 基本波および第 3 調波電流の実効値を、それぞれ I_1 、 I_3 とすれば、

$$I_1 = \frac{10}{Z_1} = \frac{10}{333.6} = 0.030 \text{ [A]}$$

$$I_3 = \frac{5}{Z_3} = \frac{5}{145.8} = 0.034 \text{ [A]}$$

9. 基本波 (5 000 Hz) に対するインピーダンス Z_1 は、

$$Z_1 = \sqrt{1\,000^2 + (2\pi \times 5\,000 \times 50 \times 10^{-3})^2} = 1\,862.1 \text{ } [\Omega] \approx 1.86 \text{ [k}\Omega]$$

第 2 調波 (10 000 Hz) に対するインピーダンス Z_2 は、

$$Z_2 = \sqrt{1\,000^2 + (2\pi \times 10\,000 \times 50 \times 10^{-3})^2} = 3\,296.9 \text{ } [\Omega] \approx 3.30 \text{ [k}\Omega]$$

10. 基本波および第 2 調波の電流の実効値を、それぞれ I_1 、 I_2 とすれば、

$$I_1 = \frac{100}{Z_1} = \frac{100}{1\,862.1} = 0.0537 \text{ [A]} = 53.7 \text{ [mA]}$$

$$I_2 = \frac{50}{Z_2} = \frac{50}{3\,296.9} = 0.0152 \text{ [A]} = 15.2 \text{ [mA]}$$

11. 図 (a) の回路の時定数 T は、

$$T = \frac{L}{R} = \frac{50 \times 10^{-3}}{1\,000} = 5 \times 10^{-5} \text{ [s]} = 0.05 \text{ [ms]}$$

図 (b) の回路の時定数 T は、

$$T = CR = 10 \times 10^{-6} \times 1\,000 = 0.01 \text{ [s]} = 10 \text{ [ms]}$$

12. 式 (9.22) を適用すると、

$$i = \frac{E}{R} \left(1 - \epsilon^{-\frac{R}{L}t} \right) = \frac{10}{5} \left(1 - \epsilon^{-\frac{5}{10} \times 3} \right) = 2(1 - \epsilon^{-1.5}) = 1.55 \text{ [A]}$$

発展問題

1. 電流 i の実効値を I とすれば、

$$I = \sqrt{24^2 + 8^2 + 6^2} = 26 \text{ [A]}$$

2. 基本波電流の実効値を I_1 とすれば,

$$I_1 = \frac{100}{\sqrt{20^2 + 10^2}} = \frac{100}{\sqrt{500}} = 2\sqrt{5} \doteq 4.47 \text{ [A]}$$

第3調波電流の実効値を I_3 とすれば,

$$I_3 = \frac{50}{\sqrt{20^2 + 30^2}} = \frac{50}{\sqrt{1300}} \doteq 1.39 \text{ [A]}$$

となる。したがって、非正弦波電流の実効値 I は,

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2} = \sqrt{4.47^2 + 1.39^2} \doteq 4.68 \text{ [A]}$$

となる。また、電流 i の瞬時値の式は,

$$\begin{aligned} i &= I_1\sqrt{2} \sin(\omega t - \theta_1) + I_3\sqrt{2} \sin(3\omega t - \theta_3) \\ &= 4.47\sqrt{2} \sin(\omega t - 0.464) + 1.39\sqrt{2} \sin(3\omega t - 0.983) \text{ [A]} \end{aligned}$$

となる。ここに,

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} = \tan^{-1} \frac{10}{20} \doteq 0.464 \text{ [rad]}$$

$$\theta_3 = \tan^{-1} \frac{3\omega L}{R} = \tan^{-1} \frac{30}{20} \doteq 0.983 \text{ [rad]}$$

3. 抵抗 R およびコンデンサ C に流れる基本波電流の実効値を、それぞれ I_{1R} , I_{1C} , 全基本波電流の実効値を I_1 とすれば,

$$I_1 = \sqrt{I_{1R}^2 + I_{1C}^2} = \sqrt{\left(\frac{100}{50}\right)^2 + (100\pi \times 50 \times 10^{-6} \times 100)^2} = 2.543 \text{ [A]}$$

R および C に流れる高調波電流の実効値を、それぞれ I_{2R} , I_{2C} , 全高調波電流の実効値を I_2 とすれば,

$$\begin{aligned} I_2 &= \sqrt{I_{2R}^2 + I_{2C}^2} = \sqrt{\left(\frac{50}{50}\right)^2 + (200\pi \times 50 \times 10^{-6} \times 50)^2} = \sqrt{1 + 2.47} \\ &= 1.862 \text{ [A]} \end{aligned}$$

となる。したがって、ひずみ波電流の実効値 I は,

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2} = \sqrt{2.543^2 + 1.862^2} \doteq 3.15 \text{ [A]}$$

4. 消費電力 P は,

$$P = I_1^2 R + I_3^2 R = 4.47^2 \times 20 + 1.39^2 \times 20 \doteq 439 \text{ [W]}$$

5. $R = \frac{L}{T} = \frac{3 \times 10^{-3}}{30 \times 10^{-6}} = 100 \text{ } [\Omega]$