2022 年度 電気回路 II 前期 第 10 回レポート (模範解答)

4 年 E 科 番号 ________ 氏名 ____________________

[問題 1]

図 1-1 の定 K 形高域フィルタの遮断周波数 f_h を求めよ。ただし，$L = 4$ [H]，$C = 1$ [F]

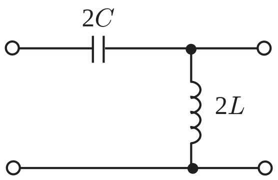

図 1-1: 定 K 形高域フィルタ

【解答】

$$R = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{4} = 2 \tag{1-1}$$

$$\omega = \frac{1}{2CR} = \frac{1}{2 \times 1 \times 2} = \frac{1}{4} \tag{1-2}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{8\pi} \tag{1-3}$$

[問題 2]

図 2-1 に示す定 K 形高域フィルタについて，公称インピーダンス $R = 100$ [Ω]，遮断周波数 $f_h = \frac{5}{\pi}$ [Hz] のとき，以下の問いに答えよ。

(1) キャパシタンス C [F] を求めよ。

(2) インダクタンス L [H] を求めよ。

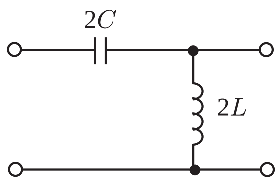

図 2-1: 定 K 形高域フィルタ

[解答]

(1)

$$\frac{X_1}{2R} = \frac{-\frac{1}{\omega C}}{2R} = \frac{-1}{2\omega CR} \tag{2-1}$$

を用いて，

$$\frac{-1}{2\omega_h CR} = -1 \tag{2-2}$$

より

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{2R\omega_h} = \frac{1}{4\pi f_h R} && (2\text{-}3) \\ &= \frac{1}{4\pi \times \frac{5}{\pi} \times 100} = \frac{1}{2 \times 10^3} \\ &= \underline{5 \times 10^{-4} \text{ [F]}} && (2\text{-}4) \end{aligned}$$

(2)

$$R^2 = \frac{L}{C} \tag{2-5}$$

より

$$\begin{aligned} L &= CR^2 = 5 \times 10^{-4} \times 100^2 \\ &= \underline{5 \text{ [H]}} && (2\text{-}6) \end{aligned}$$

[問題 3]

公称インピーダンス $R = 100$ [Ω]，遮断周波数 $f_l = \frac{5}{\pi}$ [kHz]，$f_h = \frac{10}{\pi}$ [kHz] の図 3-1 に示すような定 K 形帯域フィルタを設計せよ。

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} \tag{3-1}$$

$$\omega_0^2 = \omega_h \omega_l \tag{3-2}$$

$$\frac{L_1}{2R}\left(\frac{\omega_l^2 - \omega_0^2}{\omega_l}\right) = -1 \tag{3-3}$$

$$\frac{L_1}{2R}\left(\frac{\omega_h^2 - \omega_0^2}{\omega_h}\right) = 1 \tag{3-4}$$

(1) (3-1) 式〜(3-4) 式を用いて，インダクタンス L_1 を R，ω_l，ω_h を用いて示せ。(答えだけは不可とする)

(2) インダクタンス L_1 [H] を求めよ。

(3) キャパシタンス C_1 [F] を求めよ。

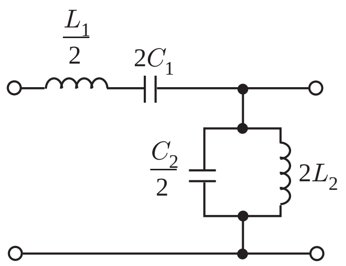

図 3-1: 定 K 形帯域フィルタ

【解答】

(1) (3-3) 式に (3-2) 式を代入して

$$\begin{aligned}
\frac{L_1}{2R}\left(\frac{\omega_l^2 - \omega_h\omega_l}{\omega_l}\right) &= -1 \\
\frac{L_1}{2R}(\omega_l - \omega_h) &= -1 \\
L_1 &= -\frac{2R}{\omega_l - \omega_h} \qquad (3\text{-}5)
\end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned}
L_1 &= \frac{2R}{2\pi(f_h - f_l)} = \frac{R}{\pi(f_h - f_l)} \\
&= \frac{100}{(10-5)\times 10^3} \\
&= \underline{2 \times 10^{-2}\ [\mathrm{H}]} \qquad (3\text{-}6)
\end{aligned}$$

(3) (3-1) 式より

$$C_1 = \frac{1}{L_1\omega_0^2} = \frac{1}{L_1\omega_l\omega_h} \tag{3-7}$$

よって

$$\begin{aligned}
C_1 &= \frac{1}{L_1 4\pi^2 f_l f_h} \\
&= \frac{1}{2\times 10^{-2}\times 4\times(5\times 10^3)(10\times 10^3)} \\
&= \frac{1}{8\times 10^{-2}\times 50\times 10^6} \\
&= \underline{\frac{1}{4\times 10^6} = 0.25\times 10^{-6}\ [\mathrm{F}]} \qquad (3\text{-}8)
\end{aligned}$$

[問題 4]

公称インピーダンス $R = 100$ [Ω]，遮断周波数 $f_l = \frac{5}{\pi}$ [kHz]，$f_h = \frac{10}{\pi}$ [kHz] の定 K 形帯域除去フィルタを設計せよ。

$$\frac{L_1}{C_2} = R^2 \tag{4-1}$$

$$\omega_0^2 = \omega_h \omega_l \tag{4-2}$$

$$\frac{L_1}{2R}\left(\frac{\omega_l \omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega_l^2}\right) = 1 \tag{4-3}$$

$$\frac{L_1}{2R}\left(\frac{\omega_h \omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega_h^2}\right) = -1 \tag{4-4}$$

(1) (4-1) 式〜(4-4) 式を用いて，インダクタンス L_1 を R，ω_l，ω_h を用いて示せ。(答えだけは不可とする)

(2) インダクタンス L_1 [H] を求めよ。

(3) キャパシタンス C_2 [F] を求めよ。

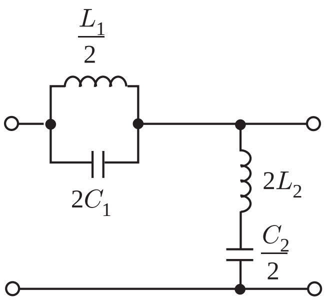

図 4-1: 定 K 形帯域除去フィルタ

[解答]

(1) (4-3) 式に (4-2) 式を代入して

$$\begin{aligned}
\frac{L_1}{2R}\left(\frac{\omega_l \omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega_l^2}\right) &= 1 \\
\frac{L_1}{2R}\left(\frac{\omega_l^2 \omega_h}{\omega_l \omega_h - \omega_l^2}\right) &= 1 \\
\frac{L_1}{2R}\left(\frac{\omega_l \omega_h}{\omega_h - \omega_l}\right) &= 1 \\
L_1 &= \underline{2R\frac{\omega_h - \omega_l}{\omega_l \omega_h}} \qquad (4\text{-}5)
\end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned}
L_1 &= \frac{4\pi R(f_h - f_l)}{4\pi^2 f_l f_h} = \frac{R(f_h - f_l)}{\pi f_l f_h} \\
&= \frac{100\left(\frac{10}{\pi} - \frac{5}{\pi}\right) \times 10^3}{\pi \frac{5}{\pi} \times 10^3 \times \frac{10}{\pi} \times 10^3} \\
&= \frac{100 \times 5 \times 10^3}{50 \times 10^6} \\
&= \underline{1 \times 10^{-2}\ [\mathrm{H}]} \qquad (4\text{-}6)
\end{aligned}$$

(3)

$$C_2 = \frac{L_1}{R^2} \tag{4-7}$$

よって，

$$C_2 = \frac{1 \times 10^{-2}}{100^2} = \underline{1 \times 10^{-6}\ [\mathrm{F}]} \tag{4-8}$$