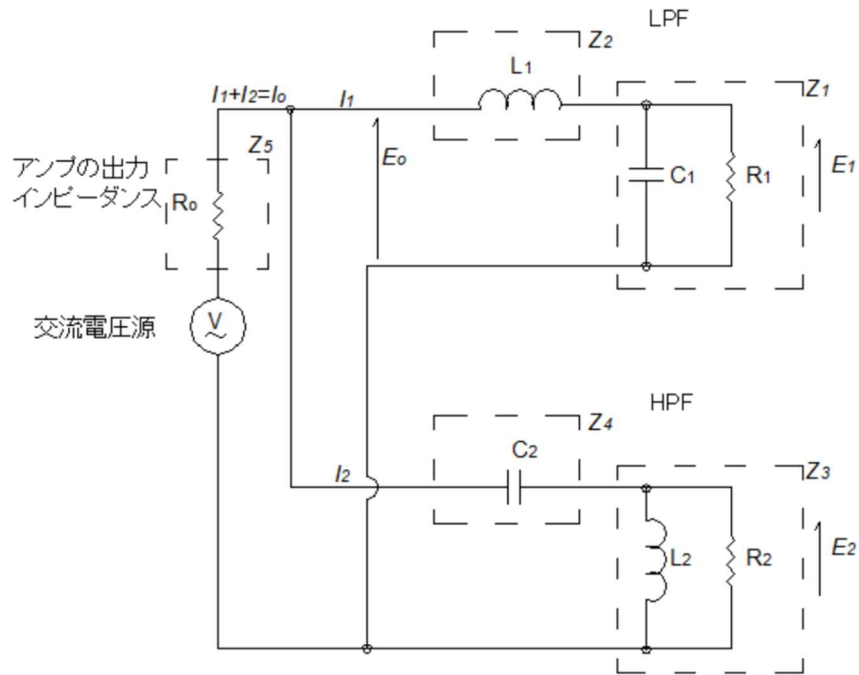
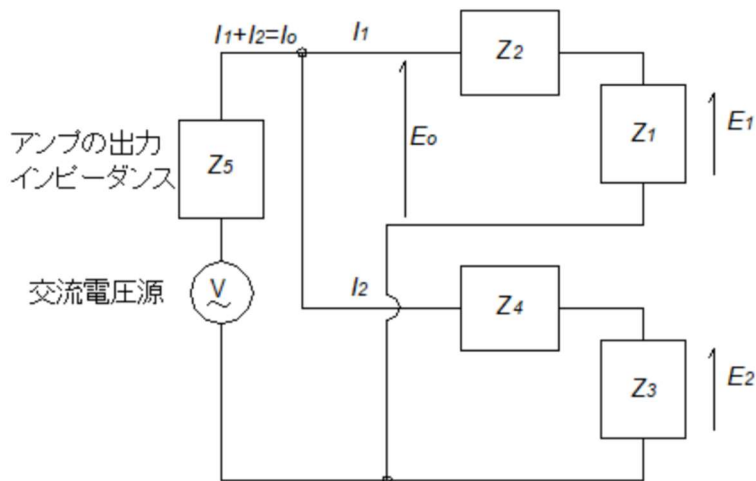


## スピーカーネットワークの計算 (2022.8.10 わかりやすく表記)

簡素化のため、スピーカは抵抗( $R_1 \cdot R_2$ )として計算する。



上記の式をインピーダンス  $Z$  の組み合わせで表記すると、下記の通りになる。



この回路から、 $E_1, E_2$  と  $V$  の関係を式で表す。

$$V = \{[(Z_1 + Z_2)/(Z_3 + Z_4)] + Z_5\} I_0 \quad \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

一方

$$I = I_1 + I_2 \quad I_1 = \frac{E_1}{Z_1} \quad I_2 = \frac{E_2}{Z_3}$$

$$\text{従って、} I = \frac{E_1}{Z_1} + \frac{E_2}{Z_3} \quad \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

②を①に代入して

$$V = \{[(Z_1 + Z_2)/(Z_3 + Z_4)] + Z_5\} \left( \frac{E_1}{Z_1} + \frac{E_2}{Z_3} \right) \quad \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

ここで、

$$(Z_1 + Z_2)/(Z_3 + Z_4) = Z_6 \quad \text{とすると、}$$

③式は以下の通り表記できる

$$V = (Z_5 + Z_6) \left( \frac{E_1}{Z_1} + \frac{E_2}{Z_3} \right) \quad \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

$E_1$  と  $V$  の関係を式にあらわすために  $E_2$  を消去する必要があるため、別の式をたてる

$$E_1 + Z_2 \frac{E_1}{Z_1} = V_0 = E_2 + Z_4 \frac{E_2}{Z_3}$$

$$\frac{Z_1 + Z_2}{Z_1} E_1 = \frac{Z_3 + Z_4}{Z_3} E_2$$

$$E_2 = \frac{Z_3(Z_1 + Z_2)}{Z_1(Z_3 + Z_4)} E_1 \quad \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

⑤を④に代入

$$\begin{aligned} V &= (Z_5 + Z_6) \left( \frac{E_1}{Z_1} + \frac{1}{Z_3} \frac{Z_3(Z_1 + Z_2)}{Z_1(Z_3 + Z_4)} E_1 \right) \\ &= (Z_5 + Z_6) \left( \frac{E_1}{Z_1} + \frac{(Z_1 + Z_2)}{Z_1(Z_3 + Z_4)} E_1 \right) \\ &= (Z_5 + Z_6) \left( \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4}{Z_1(Z_3 + Z_4)} \right) E_1 \end{aligned}$$

これを変形して

$$E_1 = \frac{z_1(Z_3 + Z_4)}{(z_5 + z_6)(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4)} V \quad \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

⑤より

$$E_2 = \frac{z_3(Z_1 + Z_2)}{(z_5 + z_6)(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4)} V \quad \dots \dots \dots \textcircled{7}$$

$Z_1$ は $C_1$ と $R_1$ の並列接続であるのでインピーダンスは $Z_1$ 以下の式で表記できる。

$$Z_1 = \frac{1}{(j\omega C_1 + \frac{1}{R_1})} = \frac{j\omega C_1 - \frac{1}{R_1}}{(j\omega C_1 + \frac{1}{R_1})(j\omega C_1 - \frac{1}{R_1})} = \frac{\frac{1}{R_1} - j\omega C_1}{(\omega C_1)^2 + (\frac{1}{R_1})^2} = \frac{\frac{1}{R_1}}{(\omega C_1)^2 + (\frac{1}{R_1})^2} - j \frac{\omega C_1}{(\omega C_1)^2 + (\frac{1}{R_1})^2}$$

以下同様に

$$Z_2 = j\omega L_1$$

$$Z_3 = \frac{1}{(\frac{1}{j\omega L_2} + \frac{1}{R_2})} = \frac{1}{\frac{R_2 + j\omega L_2}{j\omega L_2 R_2}} = \frac{j\omega L_2 R_2}{R_2 + j\omega L_2} = \frac{j\omega L_2 R_2 (R_2 - j\omega L_2)}{R_2^2 + (\omega L_2)^2} = \frac{j\omega L_2 R_2^2 + (\omega L_2)^2 R_2}{R_2^2 + (\omega L_2)^2}$$

$$= \frac{(\omega L_2)^2 R_2}{R_2^2 + (\omega L_2)^2} + j \frac{\omega L_2 R_2^2}{R_2^2 + (\omega L_2)^2}$$

$$Z_4 = \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{-j}{\omega C_2}$$

$$Z_5 = R_0$$

$$Z_6 = \frac{1}{\frac{1}{Z_1 + Z_2} + \frac{1}{Z_3 + Z_4}} = \frac{(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)}{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4}$$

これらの式を⑥及び⑦に代入して、出力電圧 $E_1$ 及び $E_2$ を得ることができる。