

架空送電線路の等価回路 (発送配変電二次説明問題に備える)

四端子回路形式とY行列形式
短距離、中距離 形回路、T形回路、長距離分布定数回路

参考資料

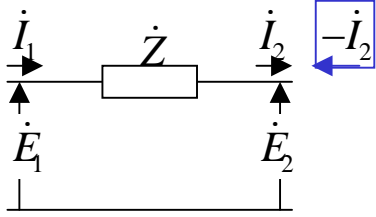
- 1.電気工学ハンドブック第6版
- 2.現代電力技術便覧

1.四端子定数形式とY行列形式
(式の導入は次ページ以下参照)

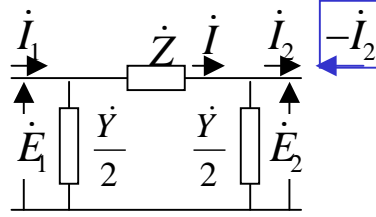
中距離送電線(50 ~ 100km)

長距離送電線(100km~)

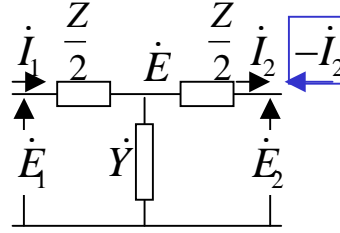
短距離送電線(20 ~ 30km)



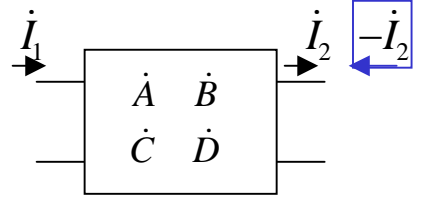
a. 形等価回路



b. T形等価回路



分布定数回路



四端子定数形式

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

$$A=1, B=\dot{Z}$$

$$C=0, D=1$$

Y行列形式

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\dot{Z}} & -\frac{1}{\dot{Z}} \\ -\frac{1}{\dot{Z}} & \frac{1}{\dot{Z}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

$$\dot{Y}_{11} = \dot{Y}_{22} = 1/\dot{Z},$$

$$\dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1/\dot{Z},$$

四端子定数形式

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2} & \dot{Z} \\ \dot{Y}\left(1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{4}\right) & 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

$$A=1 + \dot{Y}\dot{Z}/2, B=\dot{Z}$$

$$C=\dot{Y}\left(1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{4}\right), D=1 + \dot{Y}\dot{Z}/2$$

Y行列形式

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\dot{Z}} + \frac{\dot{Y}}{2} & -\frac{1}{\dot{Z}} \\ -\frac{1}{\dot{Z}} & \frac{1}{\dot{Z}} + \frac{\dot{Y}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

$$\dot{Y}_{11} = \dot{Y}_{22} = 1/\dot{Z} + \dot{Y}/2$$

$$\dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1/\dot{Z}$$

四端子定数形式

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2} & \dot{Z}\left(1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{4}\right) \\ \dot{Y} & 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

$$A=1 + (\dot{Y}\dot{Z}/2), B=\dot{Z}\left(1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{4}\right)$$

$$C=\dot{Y}, D=1 + (\dot{Y}\dot{Z}/2)$$

Y行列形式

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix} \text{ において、}$$

$$\dot{Y}_{11} = \dot{Y}_{22} = (1/\dot{Z} + \dot{Y}/2)/(1 + \dot{Y}\dot{Z}/4),$$

$$\dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1/\{\dot{Z}(1 + \dot{Y}\dot{Z}/4)\}$$

四端子定数

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}, \dot{A}\dot{D} - \dot{B}\dot{C} = 1$$

において、

$$\dot{A} = \cosh(\alpha L), \dot{B} = \dot{Z}_0 \sinh(\alpha L)$$

$$\dot{C} = (1/\dot{Z}_0) \sinh(\alpha L), \dot{D} = \dot{A}$$

$$\alpha = \sqrt{\dot{z}\dot{y}}, \dot{Z}_0 = \sqrt{\dot{z}/\dot{y}}$$

Y行列形式

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\dot{D}}{\dot{B}} & -\frac{1}{\dot{B}} \\ -\frac{1}{\dot{B}} & \frac{\dot{A}}{\dot{B}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

$$\dot{Y}_{11} = \dot{D}/\dot{B}, \dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1/\dot{B}$$

$$\dot{Y}_{22} = \dot{A}/\dot{B}$$

2. 架空送電線の等価回路の導入

(1) 短距離 (亘長 20~30km)、または
 中距離 (亘長 50~100km) の架空送電線の線路
 定数は、1km 当りのインピーダンス $\dot{z} = r + jx$
 および、アドミタンス $\dot{y} = g + jb$ をもとに
 亘長 L km に対する値 $\dot{Z} = \dot{z}L$, $\dot{Y} = \dot{y}L$ を求めておく。
 短距離では \dot{Y} を無視して \dot{Z} のみで表し、
 中距離では、 π 形回路 ($\dot{Y}/2$ 二つと \dot{Z})
 または、 T 形回路 (\dot{Y} と $\dot{Z}/2$ 二つ) で表す。

(2) 長距離 (亘長 200km~) 架空送電線の線路定数は、
 1km 当りのインピーダンス $\dot{z} = r + jx$
 および、アドミタンス $\dot{y} = g + jb$ をもとに右下図から、

$$\dot{e}(l+dl) - \dot{e}(l) = \frac{d\dot{e}(l)}{dl} dl = -\dot{i}(l)\dot{z} dl \rightarrow \frac{d\dot{e}(l)}{dl} = -\dot{i}(l)\dot{z} \quad \text{①}$$

$$\dot{i}(l+dl) - \dot{i}(l) = \frac{d\dot{i}(l)}{dl} dl = -\dot{e}(l)\dot{y} dl \rightarrow \frac{d\dot{i}(l)}{dl} = -\dot{e}(l)\dot{y} \quad \text{②}$$

①をもう一度微分して ②を代入すると、 $\frac{d^2\dot{e}(l)}{dl^2} = \dot{z}\dot{y}\dot{e}(l)$

これから、 $\alpha = \sqrt{\dot{z}\dot{y}}$, $\dot{Z}_0 = \sqrt{\dot{z}/\dot{y}}$ として、次式を得る。

$$\dot{E}_1 = \dot{E}_2 \cosh(\alpha L) + \dot{I}_2 \dot{Z}_0 \sinh(\alpha L)$$

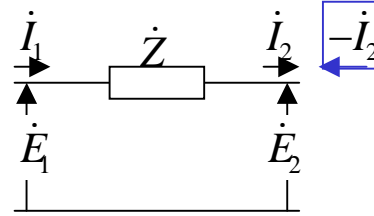
$$\dot{I}_1 = \dot{E}_2 \sinh(\alpha L) / \dot{Z}_0 + \dot{I}_2 \cosh(\alpha L)$$

短距離、中距離を含め $\begin{cases} \dot{E}_1 = A\dot{E}_2 + B\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = C\dot{E}_2 + D\dot{I}_2 \end{cases}$

と表示した時、 A, B, C, D を四端子定数と呼ぶ。

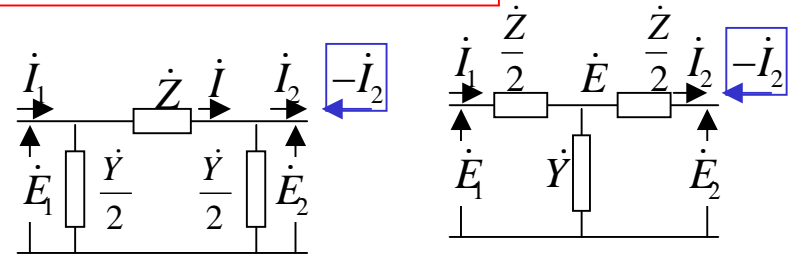
(距離分類の間は前後の方式のいずれも使用可能)

短距離送電線(20 ~ 30km)



Y行列形式では、電流は各端子に流入する向きにとるので、四端子方式とは I_2 の向きが逆になる。

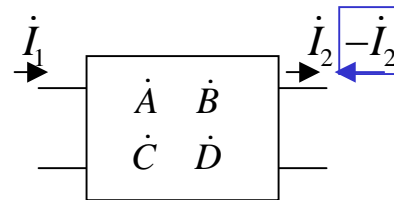
中距離送電線(50 ~ 100km)



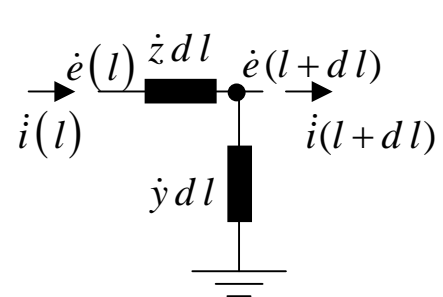
a. π 形等価回路

b. T形等価回路

長距離送電線(100km~)

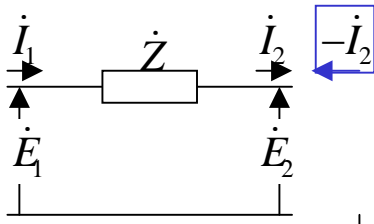


分布定数四端子回路



3.四端子およびY行列形式の導入(その1)

a. 形等価回路



四端子定数形式

$$i_1 = i_2 = i = \frac{\dot{E}_1 - \dot{E}_2}{\dot{Z}}$$

$$\rightarrow \dot{E}_1 = \dot{E}_2 + \dot{Z}i_2$$

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

$$A=1, B=\dot{Z}$$

$$C=0, D=1$$

Y行列形式

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ -i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

長距離送電線の欄の

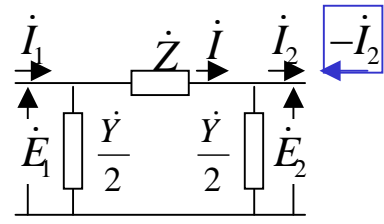
Y行列形式と同様に、

$$\dot{Y}_{11} = \dot{D}/\dot{B}, \dot{Y}_{22} = \dot{A}/\dot{B}$$

$$\dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1/\dot{B}$$

A, B, C, Dを代入してY

が得られる。



四端子定数形式

$$i_1 - \frac{\dot{Y}}{2}\dot{E}_1 = i, i - \frac{\dot{Y}}{2}\dot{E}_2 = i_2$$

$$\dot{E}_1 - i\dot{Z} = \dot{E}_2 \rightarrow i = \frac{\dot{E}_1 - \dot{E}_2}{\dot{Z}}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2} & \dot{Z} \\ \dot{Y}\left(1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{4}\right) & 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

$$A = 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2}, B = \dot{Z}$$

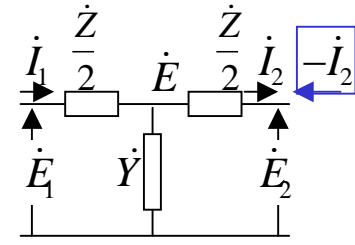
$$C = \dot{Y}\left(1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{4}\right), D = 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2}$$

Y行列形式

$$\dot{Y}_{11} = \dot{D}/\dot{B}, \dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1/\dot{B}$$

$$\dot{Y}_{22} = \dot{A}/\dot{B}$$

b. T形等価回路



四端子定数形式

$$\dot{E}_1 - \frac{\dot{Z}}{2}i_1 = \dot{E}_2 + \frac{\dot{Z}}{2}i_2 = \dot{E}$$

$$i_1 - \dot{Y}\dot{E} = i_2 \rightarrow i_1 = \dot{Y}\dot{E}_2 + \left(1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2}\right)i_2$$

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2} & \dot{Z}\left(1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{4}\right) \\ \dot{Y} & 1 + \frac{\dot{Y}\dot{Z}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

$$A = 1 + \dot{Y}\dot{Z}/2, B = \dot{Z}/2\left(1 + \dot{Y}\dot{Z}/2\right)$$

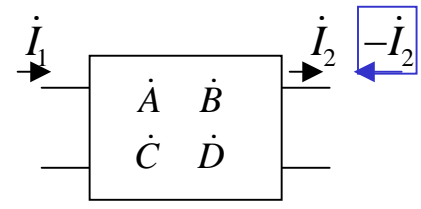
$$C = \dot{Y}, D = \dot{Y}\dot{Z}/2$$

Y行列形式

$$\dot{Y}_{11} = \dot{D}/\dot{B}, \dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1/\dot{B}$$

$$\dot{Y}_{22} = \dot{A}/\dot{B}$$

分布定数回路



四端子定数

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ i_2 \end{bmatrix}, \dot{A}\dot{D} - \dot{B}\dot{C} = 1$$

$$\dot{A} = \cosh(\alpha L), \dot{B} = \dot{Z}_0 \sinh(\alpha L)$$

$$\dot{C} = (1/\dot{Z}_0) \sinh(\alpha L), \dot{D} = \dot{A}$$

$$\alpha = \sqrt{\dot{z}\dot{y}}, \dot{Z}_0 = \sqrt{\dot{z}/\dot{y}}$$

Y行列形式

$$\dot{E}_1 = \dot{A}\dot{E}_2 + \dot{B}i_2$$

$$\rightarrow -i_2 = -\dot{E}_1/\dot{B} + \dot{E}_2\dot{A}/\dot{B}$$

$$i_1 = \dot{C}\dot{E}_2 + \dot{D}i_2 = \dot{C}\dot{E}_2 - \dot{D}(-i_2)$$

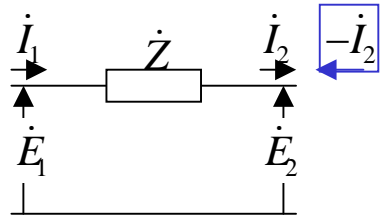
$$= \dot{E}_1\dot{D}/\dot{B} - \dot{E}_2/\dot{B}$$

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ -i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{D}/\dot{B} & -1/\dot{B} \\ -1/\dot{B} & \dot{A}/\dot{B} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

$$\dot{Y}_{11} = \dot{D}/\dot{B}, \dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1/\dot{B}$$

$$\dot{Y}_{22} = \dot{A}/\dot{B}$$

3.四端子およびY行列形式の導入(その2)



四端子定数形式

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

$\dot{E}_2 = 0$ (二次側短絡) のとき、

$$\dot{E}_1 = \dot{B}\dot{I}_2 = \dot{Z}\dot{I}_2 \rightarrow \dot{B} = \dot{Z}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{D}\dot{I}_2 = \dot{I}_2 \rightarrow \dot{D} = 1$$

$\dot{I}_2 = 0$ (二次側開放) のとき、

$$\dot{E}_1 = \dot{A}\dot{E}_2 = \dot{E}_2 \rightarrow \dot{A} = 1$$

$$\dot{I}_1 = \dot{C}\dot{E}_2 = 0 \rightarrow \dot{C} = 0$$

Y 行列形式

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

$E_2 = 0$ (一次側短絡) のとき、

$$\dot{I}_1 = \dot{Y}_{12}\dot{E}_1 = -\dot{E}_1 / \dot{Z} \rightarrow \dot{Y}_{12} = -1 / \dot{Z}$$

$$-\dot{I}_2 = \dot{Y}_{22}\dot{E}_1 = \dot{E}_1 / \dot{Z} \rightarrow \dot{Y}_{22} = 1 / \dot{Z}$$

$E_2 = 0$ (二次側短絡) のとき、

$$\dot{I}_1 = \dot{Y}_{11}\dot{E}_1 = \dot{E}_1 / \dot{Z} \rightarrow \dot{Y}_{11} = 1 / \dot{Z}$$

$$-\dot{I}_2 = \dot{Y}_{21}\dot{E}_1 = -\dot{E}_1 / \dot{Z} \rightarrow \dot{Y}_{21} = -1 / \dot{Z}$$

四端子定数形式

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

$\dot{E}_2 = 0$ (二次側短絡) のとき、

$$\dot{E}_1 = \dot{B}\dot{I}_2 = \dot{Z}\dot{I}_2 \rightarrow \dot{B} = \dot{Z}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{D}\dot{I}_2 = \dot{E}_1\dot{Y} / 2 + \dot{I}_2 = \dot{I}_2\dot{Z}\dot{Y} / 2 + \dot{I}_2 = (1 + \dot{Z}\dot{Y} / 2)\dot{I}_2 \rightarrow \dot{D} = 1 + \dot{Z}\dot{Y} / 2$$

$\dot{I}_2 = 0$ (二次側開放) のとき、

$$\dot{E}_1 = \dot{A}\dot{E}_2 = \dot{E}_2 + \dot{I}\dot{Z} = \dot{E}_2 + \dot{E}_2\dot{Y}\dot{Z} / 2 = \dot{E}_2(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 2) \rightarrow \dot{A} = 1 + \dot{Y}\dot{Z} / 2$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \dot{C}\dot{E}_2 = \dot{E}_1\dot{Y} / 2 + \dot{I} = \dot{E}_2\dot{Y} / 2(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 2) + \dot{E}_2\dot{Y} / 2 \\ &= \dot{E}_2\dot{Y} / 2(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 2 + 1) = \dot{E}_2\dot{Y}(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 4) \rightarrow \dot{C} = \dot{Y}(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 4) \end{aligned}$$

Y 行列形式

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

$E_2 = 0$ (一次側短絡) のとき、

$$\dot{I}_1 = \dot{Y}_{12}\dot{E}_1 = -\dot{E}_1 / \dot{Z} \rightarrow \dot{Y}_{12} = -1 / \dot{Z}$$

$$-\dot{I}_2 = \dot{Y}_{22}\dot{E}_1 = \dot{E}_1 / \dot{Z} + \dot{E}_1\dot{Y} / 2 = \dot{E}_1(1 / \dot{Z} + \dot{Y} / 2) \rightarrow \dot{Y}_{22} = 1 / \dot{Z} + \dot{Y} / 2$$

$E_2 = 0$ (二次側短絡) のとき、

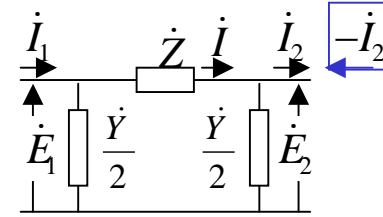
$$\dot{I}_1 = \dot{Y}_{11}\dot{E}_1 = \dot{E}_1 / \dot{Z} + \dot{E}_1\dot{Y} / 2 = \dot{E}_1(1 / \dot{Z} + \dot{Y} / 2) \rightarrow \dot{Y}_{11} = 1 / \dot{Z} + \dot{Y} / 2$$

$$-\dot{I}_2 = \dot{Y}_{21}\dot{E}_1 = -\dot{E}_1 / \dot{Z} \rightarrow \dot{Y}_{21} = -1 / \dot{Z}$$

あるいは、一次、二次の回路の対称性から、

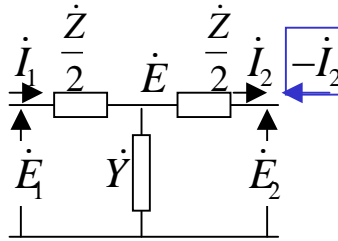
$$\dot{Y}_{21} = \dot{Y}_{12}, \dot{Y}_{22} = \dot{Y}_{11}$$

a. 形等価回路



3.四端子およびY行列形式の導入(その2)

b.T形等価回路



四端子定数形式

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

$\dot{E}_2 = 0$ (二次側短絡) のとき、

$$\dot{E}_1 = \dot{B}\dot{I}_2 = \dot{E} + \dot{I}_1 \dot{Z} / 2 = \dot{E} + \dot{E}(\dot{Y} + 2/\dot{Z})\dot{Z} / 2 = \dot{I}_2 \dot{Z} / 2 (2 + \dot{Y}\dot{Z} / 2) \rightarrow \dot{B} = \dot{Z}(1 + \dot{Z}\dot{Y} / 4)$$

$$\dot{I}_1 = \dot{D}\dot{I}_2 = \dot{E}\dot{Y} + \dot{I}_2 = \dot{I}_2 \dot{Z}\dot{Y} / 2 + \dot{I}_2 = (1 + \dot{Z}\dot{Y} / 2)\dot{I}_2 \rightarrow \dot{D} = 1 + \dot{Z}\dot{Y} / 2$$

$\dot{I}_2 = 0$ (二次側開放) のとき、

$$\dot{E}_1 = \dot{A}\dot{E}_2 = \dot{E}_2 + \dot{I}\dot{Z} = \dot{E}_2 + \dot{E}_2 \dot{Y}\dot{Z} / 2 = \dot{E}_2 (1 + \dot{Y}\dot{Z} / 2) \rightarrow \dot{A} = 1 + \dot{Y}\dot{Z} / 2$$

$$\dot{I}_1 = \dot{C}\dot{E}_2 = \dot{E}_1 \dot{Y} / 2 + \dot{I} = \dot{E}_2 \dot{Y} / 2 (1 + \dot{Y}\dot{Z} / 2) + \dot{E}_2 \dot{Y} / 2$$

$$= \dot{E}_2 \dot{Y} / 2 (1 + \dot{Y}\dot{Z} / 2 + 1) = \dot{E}_2 \dot{Y} (1 + \dot{Y}\dot{Z} / 4) \Rightarrow \dot{C} = \dot{Y} (1 + \dot{Y}\dot{Z} / 4)$$

Y行列形式

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

$\dot{E}_1 = 0$ (一次側短絡) のとき、

$$\dot{I}_1 = \dot{Y}_{12}\dot{E}_2 = -\dot{E}_2 / (\dot{Z} / 2 + 1 / (\dot{Y} + 2/\dot{Z})) \times (2/\dot{Z}) / (\dot{Y} + 2/\dot{Z}) = -\dot{E}_2 / (\dot{Z}(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 4))$$

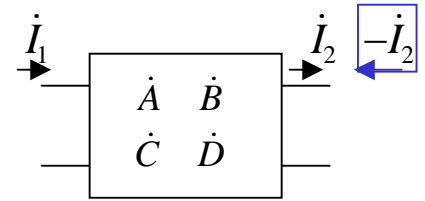
$$\rightarrow \dot{Y}_{12} = -1 / \{\dot{Z}(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 4)\}$$

$$-\dot{I}_2 = \dot{Y}_{22}\dot{E}_2 = \dot{E}_2 / (\dot{Z} / 2 + 1 / (\dot{Y} + 2/\dot{Z})) = \dot{E}_2 / \{\dot{Z}(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 4)\} \rightarrow \dot{Y}_{22} = 1 / \dot{Z}(1 + \dot{Y}\dot{Z} / 4)$$

一次、二次回路の対称性から、

$$\dot{Y}_{21} = \dot{Y}_{12}, \dot{Y}_{11} = \dot{Y}_{22}$$

分布定数回路



四端子定数

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}, \dot{A}\dot{D} - \dot{B}\dot{C} = 1$$

$$\dot{A} = \cosh(\alpha L), \dot{B} = \dot{Z}_0 \sinh(\alpha L)$$

$$\dot{C} = (1/\dot{Z}_0) \sinh(\alpha L), \dot{D} = \dot{A}$$

$$\alpha = \sqrt{\dot{z}\dot{y}}, \dot{Z}_0 = \sqrt{\dot{z}/\dot{y}}$$

Y行列形式

$$\dot{E}_1 = \dot{A}\dot{E}_2 + \dot{B}\dot{I}_2$$

$$\rightarrow -\dot{I}_2 = -\dot{E}_1 / \dot{B} + \dot{E}_2 \dot{A} / \dot{B}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{C}\dot{E}_2 + \dot{D}\dot{I}_2 = \dot{C}\dot{E}_2 - \dot{D}(-\dot{I}_2)$$

$$= \dot{E}_1 \dot{D} / \dot{B} - \dot{E}_2 / \dot{B}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{D} / \dot{B} & -1 / \dot{B} \\ -1 / \dot{B} & \dot{A} / \dot{B} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_2 \end{bmatrix}$$

$$\dot{Y}_{11} = \dot{D} / \dot{B}, \dot{Y}_{12} = \dot{Y}_{21} = -1 / \dot{B}$$

$$\dot{Y}_{22} = \dot{A} / \dot{B}$$