

| |
|---|
| <p>SPRAWOZDANIE Z LABORATORIUM</p> <p>PODSTAW ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI</p> |
|---|

| | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <p>Imiona i Nazwiska:</p> | <p>Nr grupy:</p> | <p>Termin zajęć:</p> | <p>Data:</p> |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|

Jan Bronicki

Denis Firat

Filip Kaśkos

Nr grupy:

1

Termin zajęć:

PONIEDZIAŁEK

nieparzysty

godz. 14–17

Data:

18.11

2019

| | |
|------------------------------|----------------------|
| <p>Ćwiczenie nr 3</p> | <p>Ocena:</p> |
|------------------------------|----------------------|

Pomiar parametrów czwórników

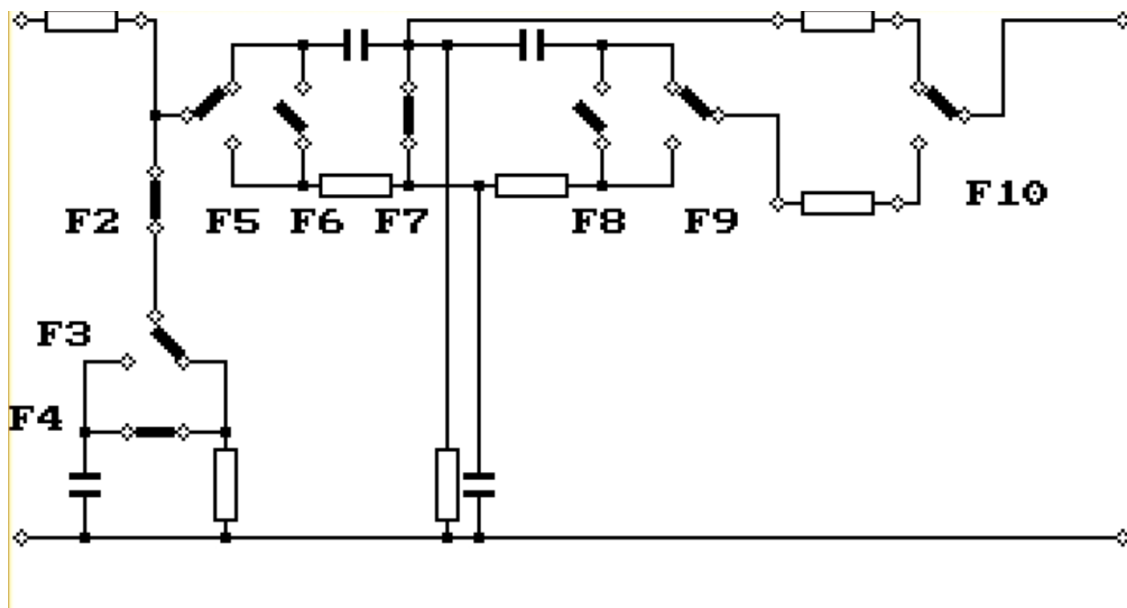
1. Cel zajęć

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie parametrów czwórnika symetrycznego i niesymetrycznego, elementów macierzy admitancyjnej i łańcuchowej, oraz parametrów roboczych czwórników.

2. Przebieg ćwiczenia:

- Czwórnik symetryczny

- Schemat układu pomiarowego



- Wyliczenie elementów macierzy łańcuchowej \underline{A} przy $f = 2000$ Hz

Napięcia na rozwartych zaciskach wyjściowych ($I_2 = 0$ [A])

$$\underline{U}_1 = 4,0075 e^{j0^\circ} \text{ [V]}$$

$$\underline{U}'_1 = 2,8543 e^{-j26^\circ} \text{ [V]}$$

$$\underline{U}_2 = 1,3774 e^{-j13^\circ} \text{ [V]}$$

Napięcia na zwartych zaciskach wyjściowe ($U_2 = 0$ [V])

$$\underline{U}_1 = 3,9931 e^{j0^\circ} \text{ [V]}$$

$$\underline{U}'_1 = 2,6437 e^{-j30^\circ} \text{ [V]}$$

$$\underline{U}'_2 = 0,7537 e^{j24^\circ} \text{ [V]}$$

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} 2,90 e^{j12,9^\circ} & 5,28 \cdot 10^3 e^{-j24^\circ} \\ 1,38 \cdot 10^{-3} e^{j54^\circ} & 2,86 \cdot e^{j13,8^\circ} \end{bmatrix}$$

$$\det(\underline{A}) = 1,07 e^{j4,62^\circ}$$

- Wyliczenie elementów macierzy admitancyjnej \underline{Y} przy $f = 2000$ Hz

Napięcia na zwartych zaciskach wyjściowe ($U_2 = 0$ [V])

$$\begin{aligned}\underline{U}_1 &= 3,9926 e^{j0^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_1 &= 2,6434 e^{-j30^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_2 &= 0,7529 e^{j24^\circ} \text{ [V]}\end{aligned}$$

Napięcia na zwartych zaciskach wejściowych ($U_1 = 0$ [V])

$$\begin{aligned}\underline{U}_2 &= 3,9926 e^{j0^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_2 &= 2,6392 e^{-j30^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_1 &= 0,7522 e^{j24^\circ} \text{ [V]}\end{aligned}$$

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} 5,41 \cdot 10^{-4} e^{j37,8^\circ} & 1,88 \cdot 10^{-4} e^{-j156^\circ} \\ 1,88 \cdot 10^{-4} e^{-j156^\circ} & 5,41 \cdot 10^{-4} e^{j37,6^\circ} \end{bmatrix}$$

- Sprawdzenie poprawności pomiarów

Wyliczenie macierzy łańcuchowej przy pomocy macierzy admitancyjnej

$$\underline{A} = -\frac{1}{y_{21}} \begin{bmatrix} y_{22} & 1 \\ y_{11} & y_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,8777 e^{j13,6^\circ} & 5,3191 \cdot 10^3 e^{j-24^\circ} \\ 1,4 \cdot 10^{-3} e^{j55^\circ} & 2,8777 \cdot e^{j13,8^\circ} \end{bmatrix}$$

Wyliczenie macierzy admitancyjnej przy pomocy macierzy łańcuchowej

$$\underline{Y} = \frac{1}{a_{12}} \begin{bmatrix} a_{22} & -\det(A) \\ -1 & a_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,4167 \cdot 10^{-4} e^{j37^\circ} & 2,0882 \cdot 10^{-4} e^{-j151,7^\circ} \\ 1,8939 \cdot 10^{-4} e^{-j156^\circ} & 5,4924 \cdot 10^{-4} e^{j36,9^\circ} \end{bmatrix}$$

- Wyznaczanie parametrów roboczych czwórnika symetrycznego

$$\underline{Y}_{22} = \underline{Y}_0 = 4,28 \cdot 10^{-4} + j \cdot 3,31 \cdot 10^{-4}$$

$$R_0 = 2336 \text{ } [\Omega]$$

$$C_0 = 0,0263 \text{ } [\mu F]$$

$$\underline{Z}_0 = 1462 - j \cdot 1130 \text{ } [\Omega]$$

- Napięcia przy obciążonych zaciskach wyjściowych czwórnika

$$\begin{aligned}\underline{U}_1 &= 4,0008 e^{j0^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_1 &= 2,7486 e^{-j28^\circ} \text{ [V]}\end{aligned}$$

$$\underline{U}'_2 = 1,0173 e^{j0^\circ} [V]$$

$$\underline{U}_2 = 0,6948 e^{-j13^\circ} [V]$$

Wyznaczone parametry robocze przez program na laboratoriach dla macierzy admitancyjnej:

$$\underline{K}_u = 0,174 e^{-j13,7^\circ} \left[\frac{V}{V} \right]$$

$$\underline{K}_i = 0,184 e^{-j164,5^\circ} \left[\frac{A}{A} \right]$$

Wyliczone parametry robocze przy pomocy programu MATLAB dla macierzy admitancyjnej:

$$\underline{K}_u = \frac{-\underline{Y}_{21} \underline{Z}_0}{1 + \underline{Y}_{22} \underline{Z}_0} = 0,1737 e^{-j13,65^\circ} \left[\frac{V}{V} \right]$$

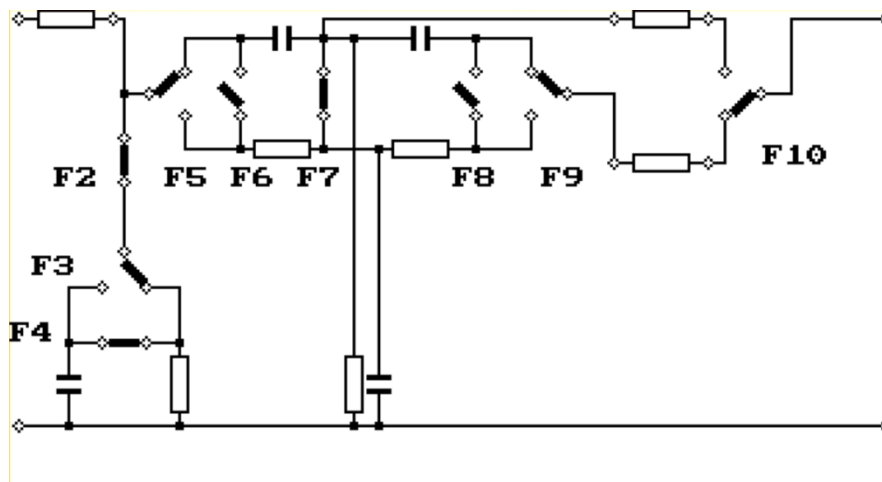
$$\underline{K}_i = \frac{\underline{Y}_{21}}{\underline{Y}_{11} + \det(\underline{Y}) \underline{Z}_0} = 0,1835 e^{-j164^\circ} \left[\frac{A}{A} \right]$$

Wyliczone parametry robocze przy pomocy programu MATLAB dla macierzy łańcuchowej:

$$\underline{K}_u = \frac{\underline{Z}_0}{\underline{A}_{11} \underline{Z}_0 + \underline{A}_{12}} = 0,1737 e^{-j13,3^\circ} \left[\frac{V}{V} \right]$$

$$\underline{K}_i = \frac{-1}{\underline{A}_{21} \underline{Z}_0 + \underline{A}_{22}} = 0,1849 e^{-j165^\circ} \left[\frac{A}{A} \right]$$

- Schemat układu pomiarowego



- Wyliczenie elementów macierzy łańcuchowej \underline{A} przy $f = 2000$ Hz

Napięcia na rozwartych zaciskach wyjściowych ($I_2 = 0 [A]$)

$$\begin{aligned}\underline{U_1} &= 4,0075 e^{j0^\circ} [V] \\ \underline{U'_1} &= 2,8551 e^{-j26^\circ} [V] \\ \underline{U_2} &= 1,3667 e^{-j12^\circ} [V]\end{aligned}$$

Napięcia na zwartych zaciskach wyjściowe ($U_2 = 0$ [V])

$$\begin{aligned}\underline{U}_1 &= 4,0023 e^{j0^\circ} [V] \\ \underline{U}'_1 &= 2,8054 e^{-j29^\circ} [V] \\ \underline{U}'_2 &= 0,3614 e^{j24^\circ} [V]\end{aligned}$$

$$\underline{\mathbf{A}} = \begin{bmatrix} 2,93e^{-j11,9^\circ} & 1,10 \cdot 10^4 e^{-j52^\circ} \\ 1,39 \cdot 10^{-3} e^{j53^\circ} & 5,69e^{-j10,7^\circ} \end{bmatrix}$$

$$\det(\underline{A}) = 1,26e^{j5,25^\circ}$$

- Wyliczenie elementów macierzy admitancyjnej \underline{Y} przy $f = 2000$ Hz

Napięcia na zwartych zaciskach wyjściowych ($U_2 = 0$ [V])

$$\begin{aligned}\underline{U_1} &= 4,0018 e^{j0^\circ} [V] \\ \underline{U'_1} &= 2,8051 e^{-j28^\circ} [V] \\ \underline{U'_2} &= 0,36209 e^{j53^\circ} [V]\end{aligned}$$

Napięcia na zwartych zaciskach wejściowych ($U_1 = 0$ [V])

$$\begin{aligned}\underline{U}_2 &= 4,0613 e^{j0^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_2 &= 3,7697 e^{-j18,5^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_1 &= 0,36766 e^{j53^\circ} \text{ [V]}\end{aligned}$$

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} 5,04 \cdot 10^{-4} e^{j40,8^\circ} & 9,07 \cdot 10^{-5} e^{-j127^\circ} \\ 9,06 \cdot 10^{-5} e^{-j127^\circ} & 2,46 \cdot 10^{-4} e^{j66,1^\circ} \end{bmatrix}$$

- Sprawdzenie poprawności pomiarów

Wyliczenie macierzy łańcuchowej przy pomocy macierzy admitacyjnej

$$\underline{A} = -\frac{1}{y_{21}} \begin{bmatrix} y_{22} & 1 \\ \det(Y) & y_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,714 \cdot e^{j13,1^\circ} & 1,1031 \cdot 10^4 e^{-j53^\circ} \\ 1,3 \cdot 10^{-3} e^{j54^\circ} & 5,5629 \cdot e^{-j12,2^\circ} \end{bmatrix}$$

Wyliczenie macierzy admitacyjnej przy pomocy macierzy łańcuchowej

$$\underline{Y} = \frac{1}{a_{12}} \begin{bmatrix} a_{22} & -\det(A) \\ -1 & a_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,1727 \cdot 10^{-4} e^{j50,3^\circ} & 3,8966 \cdot 10^{-4} e^{j154^\circ} \\ 9,0909 \cdot 10^{-5} e^{-j128^\circ} & 2,6636 \cdot 10^{-4} e^{j40,1^\circ} \end{bmatrix}$$

- Wyznaczanie parametrów roboczych czwórnika niesymetrycznego

$$\underline{Y}_{22} = \underline{Y}_0 = 9,95 \cdot 10^{-5} + j \cdot 2,25 \cdot 10^{-4}$$

$$R_0 = 10050 \text{ } [\Omega]$$

$$C_0 = 0,0179 \text{ } [\mu F]$$

$$\underline{Z}_0 = 1643,94 - j \cdot 3717,45 \text{ } [\Omega]$$

- Napięcia przy obciążonych zaciskach wyjściowych czwórnika

$$\begin{aligned}\underline{U}_1 &= 4,0050 e^{j0^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_1 &= 2,8296 e^{-j28^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}'_2 &= 0,7967 e^{j0^\circ} \text{ [V]} \\ \underline{U}_2 &= 0,7102 e^{-j12^\circ} \text{ [V]}\end{aligned}$$

Wyznaczone parametry robocze przez program na laboratoriach dla macierzy admitancyjnej:

$$\underline{K}_u = 0,279e^{j11,5^\circ} \left[\frac{V}{V} \right]$$

$$\underline{K}_i = 0,362e^{-j172,8^\circ} \left[\frac{A}{A} \right]$$

Wyliczone parametry robocze przy pomocy programu MATLAB dla macierzy admitancyjnej:

$$\underline{K}_u = \frac{-\underline{Y}_{21} \underline{Z}_0}{1 + \underline{Y}_{22} \underline{Z}_0} = 0,1841e^{j13,1^\circ} \left[\frac{V}{V} \right]$$

$$\underline{K}_i = \frac{\underline{Y}_{21}}{\underline{Y}_{11} + \det(\underline{Y}) \underline{Z}_0} = 0,0930e^{-j167,8^\circ} \left[\frac{A}{A} \right]$$

Wyliczone parametry robocze przy pomocy programu MATLAB dla macierzy łańcuchowej:

$$\underline{K}_u = \frac{\underline{Z}_0}{\underline{A}_{11} \underline{Z}_0 + \underline{A}_{12}} = 0,1821e^{-j0,6^\circ} \left[\frac{V}{V} \right]$$

$$\underline{K}_i = \frac{-1}{\underline{A}_{21} \underline{Z}_0 + \underline{A}_{22}} = 0,0886e^{-j172,6^\circ} \left[\frac{A}{A} \right]$$

3. Wnioski:

Udało się sprawdzić odwracalność zarówno czwórnika symetrycznego jak i niesymetrycznego. Jest tak, ponieważ $\det(\underline{A})$ w obydwóch przypadkach jest równy w przybliżeniu 1 co jest właśnie warunkiem odwracalności. Innym sposobem na sprawdzenie odwracalności czwórników jest porównanie \underline{Y}_{12} oraz \underline{Y}_{21} .

Co więcej zmierzone i obliczone z pomocą programu "Czwórniki" macierze parametrów admitancyjnych i łańcuchowe zgadzają się z wartościami obliczonymi przez nas w Matlabie. Świadczy to o poprawności wykonanego ćwiczenia.

Kiedy czwórniki są odwracalne elementy te są identyczne co również potwierdza się w wynikach.

Dodatkowo udało się sprawdzić, że badany czwórnik symetryczny jest symetryczny a czwórnik niesymetryczny jest niesymetryczny. W pierwszym przypadku, elementy macierzy łańcuchowej \underline{A}_{22} oraz \underline{A}_{11} są identyczne co świadczy o symetryczności. Analogicznie te same elementy w czwórniku niesymetrycznym są różne co świadczy o niesymetryczności. Dodatkowo warto wspomnieć, że wszystkie odbiegnięcia od wartości oczekiwanych są spowodowane błędami pomiarowymi, oraz zaokrągleń.