

PROTOKÓŁ POMIAROWY

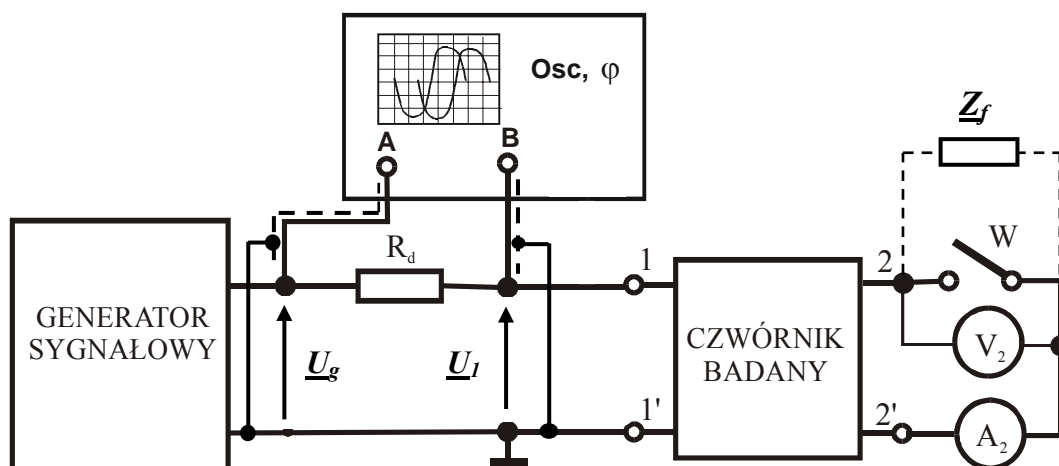
LABORATORIUM OBWODÓW I SYGNAŁÓW ELEKTRYCZNYCH					
Grupa		Podgrupa	Numer ćwiczenia	4	
Lp.	Nazwisko i imię		Data wykonania ćwiczenia		
1.			Prowadzący ćwiczenie	Podpis	
2.					
3.					
4.					
5.		Data oddania sprawozdania			
Temat		CZWÓRNIK I JEGO PARAMETRY			

1. Cel ćwiczenia: zapoznanie się z metodami wyznaczania impedancji falowej czwornika i jego parametrów macierzowych.

Do wykonania ćwiczenia wymagana jest znajomość podstawowych praw obwodów w postaci zespolonej, parametrów roboczych i falowych czwornika oraz umiejętność wykonywania obliczeń z zastosowaniem liczb zespolonych. Przy pomiarach wymagana jest również dobra znajomość oscyloskopu i umiejętność tworzenia wykresów wskazowych na podstawie obserwacji przebiegów na ekranie.

W ćwiczeniu w pierwszej kolejności obliczana jest impedancja falowa Z_f badanego czwornika symetrycznego na podstawie wartości impedancji wejściowych wyznaczanych w stanach rozwarcia i zwarcia jego wyjścia. Następnie na podstawie wyznaczonej impedancji falowej Z_f obliczane są wartości szeregowo połączonych elementów R_f i C_f stanowiących obciążenie czwornika w drugiej części ćwiczenia. Druga część ćwiczenia dotyczy sprawdzenia własności czwornika symetrycznego przy dopasowaniu falowym na wyjściu.

2. Układ pomiarowy



Rys. 1. Układ do pomiarów impedancji falowej czwornika

Tabela 1. Wykaz przyrządów i elementów pomiarowych

Lp.	Oznaczenie na schemacie	Nazwa przyrządu	Typ	Numer fabryczny
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				

3. Wyznaczenie impedancji falowej czwórnika

3.1 Pomiary impedancji wejściowych w stanie rozwarcia i zwarcia wyjścia czwórnika

Pomiarów dokonuje się w układzie pokazanym na rys. 1, a ich wyniki wpisuje się do Tabeli 2.

Pomiary amplitud sygnałów \underline{U}_g i \underline{U}_1 oraz ich relacji czasowej dokonuje się oscyloskopem. Należy synchronizować oscyloskop sygnałem generatora.

Pomiar wartości prądu \underline{I}_1 , wymagany do wyznaczenia impedancji wejściowej \underline{Z}_1 , dokonuje się metodą pośrednią poprzez pomiar napięcia na włączonej szeregowo z wejściem czwórnika dodatkowej oporności R_d .

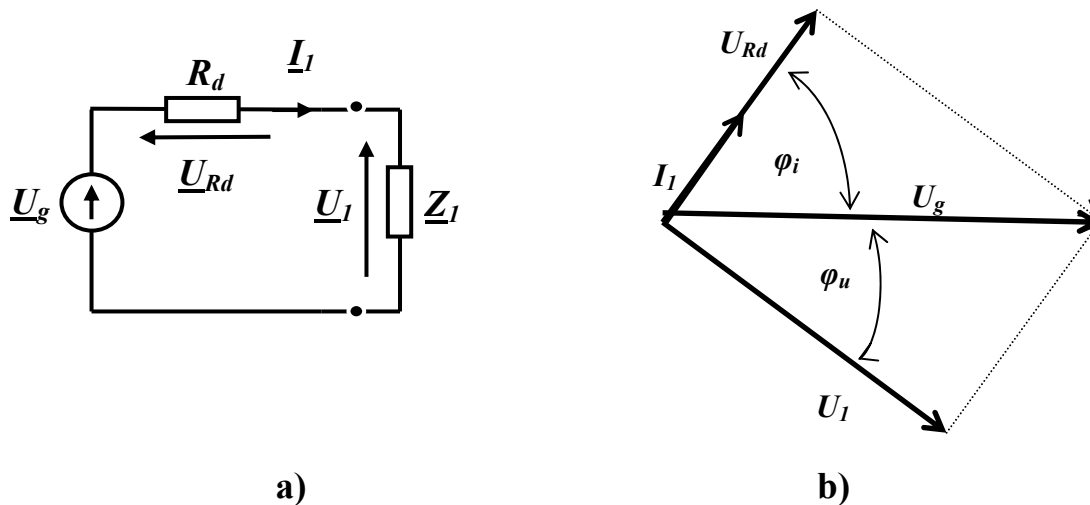
Tabela 2.

Stałe: $U_g = \dots\dots\dots$ V , $R_d = \dots\dots\dots$ Ω												
Pomiary										Obliczenia		
Stan rozwarcia					Stan zwarcia							
Lp.	f	U_2	U_{10}	Δt_0	φ_{u0}	I_2	U_{1z}	Δt_z	φ_{uz}	\underline{Z}_{10}	\underline{Z}_{1z}	\underline{Z}_f
	Hz	V	V	μ s	deg	mA	V	μ s	deg	Ω	Ω	Ω
1.												
2.												

Uwaga:

- ✓ U_{10} i U_{1z} są amplitudami napięcia wejściowego w stanie rozwarcia i zwarcia wyjścia czwórnika.
- ✓ Δt_0 i Δt_z są przesunięciami czasowymi pomiędzy napięciem generatora i wejściowym w stanie rozwarcia i zwarcia wyjścia czwórnika.
- ✓ φ_{u0} i φ_{uz} są przesunięciami fazy pomiędzy napięciem generatora i wejściowym w stanie rozwarcia i zwarcia wyjścia czwórnika, obliczonymi na podstawie Δt_0 i Δt_z mierzonych oscyloskopem.
- ✓ Napięcia i prądy w Tabeli 2 są wskazaniem odpowiednich przyrządów pokazanych na rys. 1, np. napięcie U_2 jest wskazaniem woltomierza V_2 .

Na podstawie obserwacji przebiegów \underline{U}_g i \underline{U}_l należy narysować wykres wskazowy zawierający wszystkie napięcia i prąd w obwodzie wejściowym. Długości wskazów i ich relacje kątowe muszą być zgodne z wartościami podanymi w tabeli 2.



Rys. 2. Schemat zastępczy obwodu wejściowego a), wykres wskazowy napięć i prądu w obwodzie wejściowym b) badanego czwórnika

Uwaga: Aby zrealizować kolejną część ćwiczenia laboratoryjnego – **Sprawdzenie własności czwórnika symetrycznego przy dopasowaniu falowym** - należy uprzednio obliczyć wartość impedancji falowej na podstawie wykonanych pomiarów.

3.2 Obliczanie impedancji falowej badanego czwórnika

Biorąc za podstawę wyniki wykonanych pomiarów oraz zależności teoretyczne przytoczone poniżej dla każdej z przyjętych częstotliwości należy obliczyć wartość:

- ✓ impedancji wejściowej rozwarciowej \underline{Z}_{10} ,
- ✓ impedancji wejściowej zwarciowej \underline{Z}_{1z} ,
- ✓ impedancji falowej \underline{Z}_f .

W przypadku badanego w ćwiczeniu czwórnika symetrycznego (Rys. 3) wzór na impedancję falową ma postać:

$$\underline{Z}_f = \sqrt{\underline{Z}_{10} \cdot \underline{Z}_{1z}}$$

gdzie: \underline{Z}_{10} - impedancja wejściowa pierwotna czwórnika w stanie jałowym,
 \underline{Z}_{1z} - impedancja wejściowa pierwotna czwórnika w stanie zwarcia.

Impedancja wejściowa czwórnika w stanie jałowym wyraża się wzorem

$$\underline{Z}_{10} = \frac{\underline{U}_{10}}{\underline{I}_{10}}$$

gdzie: \underline{U}_{10} - wartość napięcia na wejściu czwórnika, przy rozwarciu wyjścia,
 \underline{I}_{10} - wartość prądu płynącego w obwodzie pierwotnym czwórnika, przy rozwarciu wyjścia.

Impedancja wejściowa czwórnika w stanie zwarcia wyraża się wzorem

$$\underline{Z}_{1z} = \frac{\underline{U}_{1z}}{\underline{I}_{1z}}$$

gdzie: \underline{U}_{1z} -wartość napięcia na wejściu czwórnika, przy zwarciu wyjścia,

\underline{I}_{1z} -wartość prądu płynącego w obwodzie pierwotnym czwórnika, przy zwarciu wyjścia,

Uwaga:

1. W ćwiczeniu dokonuje się bezpośrednio pomiaru napięć \underline{U}_{10} , \underline{U}_{1z} w obwodzie w zależności od stanu wyjścia czwórnika.

2. Prądy płynące w obwodzie wejściowym czwórnika \underline{I}_{10} i \underline{I}_{1z} obliczane są zgodnie z zasadami rachunku symbolicznego na podstawie pomiaru przesunięcia czasowego Δt_0 i Δt_z pomiędzy napięciem generatora i wejściowym w stanie rozwarcia i zwarcia wyjścia czwórnika.

W ogólności, na podstawie wykresu wskazowego pokazanego na rys. 2b, prąd płynący w obwodzie wejściowym czwórnika można opisać wzorem:

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_{Rd}}{R_d} = \frac{\underline{U}_g - \underline{U}_1}{R_d} ,$$

natomiast przesunięcie fazy między napięciami \underline{U}_g i \underline{U}_1 można obliczyć na podstawie ich przesunięcia czasowego Δt zgodnie ze wzorem:

$$\varphi_u = \frac{\Delta t}{T} \cdot 360^\circ .$$

Przykładowo, obliczając impedancję wejściową czwórnika w stanie rozwarcia wyjścia, dokonuje się następujących przekształceń:

$$\underline{I}_{10} = \frac{\underline{U}_g - \underline{U}_{10}}{R_d} = \frac{\underline{U}_g e^{j0^\circ} - \underline{U}_{10} e^{j\varphi_{u0}}}{R_d} = \underline{I}_{10} e^{j\varphi_{i0}} ,$$

gdzie:

$$\varphi_{u0} = \frac{\Delta t_0}{T} \cdot 360^\circ .$$

Ponieważ oscyloskop synchronizowany jest sygnałem generatora, napięcie to przyjmujemy z zerową fazą początkową.

Mając obliczony prąd płynący w obwodzie wejściowym czwórnika możemy obliczyć impedancję wejściową przy rozwarciu wyjścia, zgodnie z wcześniej przytoczonym wzorem:

$$\underline{Z}_{10} = \frac{\underline{U}_{10}}{\underline{I}_{10}} = \frac{\underline{U}_{10} e^{j\varphi_{u0}}}{\underline{I}_{10} e^{j\varphi_{i0}}} .$$

Obliczenia powtarzamy dla przypadku rozwarcia wyjścia czwórnika.

Na podstawie wyznaczonej impedancji falowej \underline{Z}_f , obliczamy wartości elementów dwójnika stanowiącego obciążenie czwórnika w drugiej części ćwiczenia. Przyjmujemy dwójnik o strukturze szeregowej, złożony z rezystora R_f i kondensatora C_f . Dwójnik ten dołączamy do wyjścia czwórnika równolegle do wyłącznika W .

Zgodnie z zależnościami teoretycznymi impedancja obciążenia czwórnika wyraża się zależnością:

$$\underline{Z}_{obf} = \underline{Z}_f = Z_f e^{j\varphi_z} = Z_f (\cos \varphi_z + j \sin \varphi_z) ,$$

gdzie:

$Z_f \cos \varphi_z$ jest częścią rzeczywistą impedancji i odpowiada rezystancji obciążenia R_f

$Z_f \sin \varphi$ jest częścią urojoną impedancji i odpowiada reaktancji pojemnościowej

kondensatora X_{cf}

4. Sprawdzenie własności czwórnika symetrycznego przy dopasowaniu falowym

W układzie pomiarowym pokazanym na rys. 1, należy dołączyć impedancję obciążenia $\underline{Z}_{obf} = \underline{Z}_f$ równolegle do wyłącznika W , a następnie dokonać pomiaru wartości impedancji wejściowej. Na podstawie wyników pomiarów modułów prądu i napięcia na impedancji obciążenia należy obliczyć wartość jej modułu Z_{obf} . W tym przypadku (dopasowanie falowe na wyjściu) wartość impedancji wejściowej powinna być równa impedancji falowej czwórnika. Moduł impedancji obciążenia powinien być równy modułowi impedancji falowej

Do zacisków strony pierwotnej należy doprowadzić sygnały o częstotliwościach jak w punkcie poprzednim (3.1). Wyniki pomiarów wpisać do tabeli 3.

Wartość impedancji falowej \underline{Z}_f obliczone eksperymentalnie:

$$f_1 = \dots\dots\dots \text{ kHz}$$

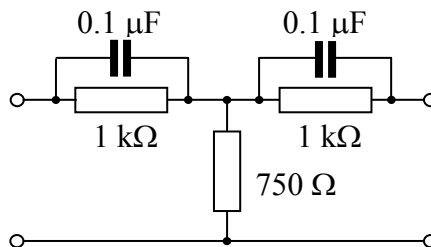
$$\underline{Z}_{f1} = \dots\dots\dots \Omega$$

$$R_{f1} = \dots\dots\dots \Omega , C_{f1} = \dots\dots\dots \text{ F}$$

$$f_2 = \dots\dots\dots \text{ kHz}$$

$$\underline{Z}_{f2} = \dots\dots\dots \Omega$$

$$R_{f2} = \dots\dots\dots \Omega , C_{f2} = \dots\dots\dots \text{ F}$$



Rys. 3 Schemat czwórnika badanego w ćwiczeniu.

Tabela 3.

Stałe: $U_g = \dots\dots\dots$ V , $R_d = \dots\dots\dots$ Ω ,															
Wartości wyznaczone eksperymentalnie				Pomiary						Obliczenia					
Lp.	f	R_f	C_f	Z_f	U_{1f}	Δt_f	φ_{uf}	U_{2f}	I_{2f}	I_{1f}	φ_{if}	Z_{wef}	Z_{obf}	K_{Uf}	K_{If}
	Hz	Ω	nF	Ω	V	μ s	deg	V	mA	mA	deg	Ω	Ω	V/V	A/A
1.															
2.															

Uwaga: Indeks f oznacza wartość zmierzoną w warunkach obciążenia czwórnik na wyjściu impedancją falową Z_f .

Opracowanie wyników pomiarów:

- ✓ Na podstawie wyników pomiarów z Tabeli 3 należy wykonać obliczenia wartości modułu prądu I_{1f} płynącego w obwodzie wejściowym czwórnik, przesunięcia fazy pomiędzy prądem I_{1f} , a napięciem generatora U_g , wartości parametrów roboczych Z_{wef} , K_{Uf} , K_{If} , oraz modułu impedancji obciążenia Z_{obf} . Obliczone wartości wpisać do Tabeli 3.
- ✓ Mając daną strukturę i wartości elementów badanego czwórnik (Rys. 3), należy na drodze analitycznej obliczyć wartość impedancji falowej Z_f dla wybranych częstotliwości i porównać je z wynikami otrzymanymi eksperymentalnie.
- ✓ Obliczyć wartości parametrów macierzy admitancyjnej Y na podstawie wyznaczonych eksperymentalnie impedancji wejściowych Z_{10} i Z_{1z} oraz na podstawie schematu z rysunku 3. Należy zwrócić uwagę, że wartości elementów macierzy muszą być opisane liczbami zespolonymi.
- ✓ Wartości parametrów otrzymane eksperymentalnie i analitycznie zestawić w tabelach 4.1 i 4.2.
- ✓ Opracować wnioski z przeprowadzonego ćwiczenia laboratoryjnego.

Tabela 4.1. Wartości impedancji falowej dla wybranych częstotliwości (tabela porównawcza)

Lp.	f Hz	Wartości wyznaczone eksperymentalnie			Obliczenia analityczne		
		\underline{Z}_{10} Ω	\underline{Z}_{1z} Ω	\underline{Z}_f Ω	\underline{Z}_{10} Ω	\underline{Z}_{1z} Ω	\underline{Z}_f Ω
1.							
2.							

Tabela 4.2 Macierz admitancyjna \underline{Y} (tabela porównawcza)

Lp.	f Hz	Y mS	Wartości wyznaczone eksperymentalnie mS	Obliczenia analityczne mS
1.		\underline{Y}_{11}		
		\underline{Y}_{12}		
		\underline{Y}_{21}		
		\underline{Y}_{22}		
2.		\underline{Y}_{11}		
		\underline{Y}_{12}		
		\underline{Y}_{21}		
		\underline{Y}_{22}		