

Uniwersytet Zielonogórski WEiIT		Grupa lab.	Nr ćwicz. 8	Ocena
Laboratorium techniki eksperymentu				
Temat ćwiczenia: Woltomierz cyfrowy.		Data wyk.	Data odd.	Podpis

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasady działania i właściwości metrologicznych woltomierzy cyfrowych.

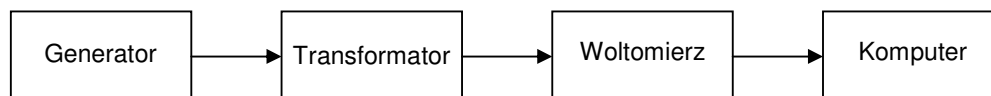
2. Wykaz aparatury

- Digital multimeter type V543
- Mikrokomputer

3. Program ćwiczenia

3.1. Wyznaczanie charakterystyki współczynnika tłumień zakłóceń szeregowych.

3.1.1. Schemat układu pomiarowego.



3.1.2. Tabele wyników pomiarów i obliczeń.

a) Pomiar napięcia stałego bez filtra.

f [Hz]	U _{AC} [10V]	U _{DC} [V]	NMRR[dB]	ΔU _{AC} [V]	ΔU _{DC} [V]	δU _{AC} [%]	δU _{DC} [%]
35	2,7125	1,1246	10,65773	0,008	0,0007	0,0028	0,0006
40	2,72	0,5341	17,14923	0,0064	0,0004	0,0023	0,0007
45	2,7317	0,2477	23,86044	0,0064	0,0002	0,0023	0,0009
47	2,7351	0,1255	29,77689	0,0064	0,0002	0,0023	0,0013
48	2,7328	0,1073	31,13046	0,0064	0,0002	0,0023	0,0014
49	2,4341	0,0552	35,89829	0,0062	0,0001	0,0026	0,0023
50	2,7366	0,0264	43,32245	0,0064	0,0001	0,0023	0,0043
51	2,7368	0,0159	47,72722	0,0064	0,0001	0,0023	0,0068
52	2,7391	0,0165	47,41278	0,0064	0,0001	0,0023	0,0066
53	2,7416	0,0329	41,42646	0,0064	0,0001	0,0023	0,0035
55	2,7422	0,0915	32,54386	0,0064	0,0001	0,0023	0,0016
60	2,7515	0,2931	22,46137	0,0064	0,0002	0,0023	0,0008
65	2,7578	0,4962	17,90842	0,0064	0,0003	0,0023	0,0007
70	2,7628	0,5989	16,2902	0,0064	0,0004	0,0023	0,0007
75	2,7668	0,6871	15,10946	0,0064	0,0004	0,0023	0,0006
80	2,7695	0,7102	14,83071	0,0064	0,0005	0,0023	0,0006
85	2,7734	0,5901	16,45204	0,0064	0,0004	0,0023	0,0007
90	2,7754	0,4604	18,61411	0,0064	0,0003	0,0023	0,0007

95	2,778	0,245	24,10162	0,0064	0,0002	0,0023	0,0009
97	2,7799	0,171	27,23096	0,0064	0,0002	0,0023	0,0011
98	2,7803	0,116	30,60297	0,0064	0,0002	0,0023	0,0014
99	2,7804	0,0695	35,05275	0,0064	0,0001	0,0023	0,0019
100	2,7813	0,0474	38,37969	0,0064	0,0001	0,0023	0,0026
101	2,7821	0,0201	45,83383	0,0064	0,0001	0,0023	0,0055
102	2,7823	0,0087	53,10799	0,0064	0,0001	0,0023	0,0120
103	2,7832	0,0026	63,60172	0,0064	0,0001	0,0023	0,0390
105	2,7834	0,0088	53,01216	0,0064	0,0001	0,0023	0,0119
110	2,7854	0,0339	41,30406	0,0064	0,0001	0,0023	0,0034
115	2,7865	0,0517	37,64167	0,0064	0,0001	0,0023	0,0024
120	2,7891	0,0613	36,17037	0,0064	0,0001	0,0023	0,0021
125	2,7896	0,0643	35,75692	0,0064	0,0001	0,0023	0,0021
130	2,7904	0,0614	36,16026	0,0064	0,0001	0,0023	0,0021
135	2,792	0,0537	37,32912	0,0064	0,0001	0,0023	0,0024
140	2,7926	0,0428	39,3016	0,0064	0,0001	0,0023	0,0028
145	2,793	0,0294	42,56477	0,0064	0,0001	0,0023	0,0039
147	2,7965	0,0237	44,44763	0,0064	0,0001	0,0023	0,0047
148	2,797	0,0208	45,58288	0,0064	0,0001	0,0023	0,0053
149	2,7972	0,0187	46,50794	0,0064	0,0001	0,0023	0,0058
150	2,7973	0,0162	47,75478	0,0064	0,0001	0,0023	0,0067
151	2,7974	0,0128	49,80119	0,0064	0,0001	0,0023	0,0083
152	2,7975	0,01	51,9457	0,0064	0,0001	0,0023	0,0105
153	2,7976	0,0068	55,29583	0,0064	0,0001	0,0023	0,0152
155	2,7977	0,0014	69,02376	0,0064	0,0001	0,0023	0,0719
160	2,7989	0,0095	52,39558	0,0064	0,0001	0,0023	0,0110
165	2,7997	0,0192	46,28651	0,0064	0,0001	0,0023	0,0057
170	2,7999	0,0261	43,62034	0,0064	0,0001	0,0023	0,0043
175	2,801	0,0284	42,8902	0,0064	0,0001	0,0023	0,0040
180	2,803	0,0289	42,74481	0,0064	0,0001	0,0023	0,0040
185	2,8036	0,027	43,33735	0,0064	0,0001	0,0023	0,0042
190	2,8046	0,0234	44,5834	0,0064	0,0001	0,0023	0,0048
195	2,8053	0,0172	47,25932	0,0064	0,0001	0,0023	0,0063
197	2,5054	0,0145	47,76048	0,0063	0,0001	0,0025	0,0074
198	2,8055	0,0122	50,24331	0,0064	0,0001	0,0023	0,0087
199	2,8056	0,0114	50,83272	0,0064	0,0001	0,0023	0,0093
200	2,8057	0,0096	52,3257	0,0064	0,0001	0,0023	0,0109

b) Pomiar napięcia stałego z filtrem.

f [Hz]	U _{AC} [10V]	U _{DC} [V]	NMRR[dB]	ΔU _{AC} [V]	ΔU _{DC} [V]	δU _{AC} [%]	δU _{DC} [%]
35	2,7125	0,093	32,30804	0,008	0,00015	0,0028	0,0016
40	2,72	0,0393	39,81383	0,0064	0,00012	0,0023	0,0030
45	2,7317	0,0106	51,23284	0,0064	0,00011	0,0023	0,0099
47	2,7351	0,0053	57,26425	0,0064	0,00010	0,0023	0,0194
48	2,7328	0,0032	61,63946	0,0064	0,00010	0,0023	0,0318
49	2,4341	0,0017	66,12809	0,0062	0,00010	0,0026	0,0593
50	2,7366	0,0009	72,66968	0,0064	0,00010	0,0023	0,1116
51	2,7368	0,0005	77,77576	0,0064	0,00010	0,0023	0,2005
52	2,7391	0,0005	77,78306	0,0064	0,00010	0,0023	0,2005
53	2,7416	0,0008	73,70858	0,0064	0,00010	0,0023	0,1255
55	2,7422	0,0021	65,3279	0,0064	0,00010	0,0023	0,0481
60	2,7515	0,0091	52,62086	0,0064	0,00010	0,0023	0,0115
65	2,7578	0,018	46,71611	0,0064	0,00011	0,0023	0,0061
70	2,7628	0,0251	43,84381	0,0064	0,00011	0,0023	0,0045
75	2,7668	0,0293	42,5125	0,0064	0,00011	0,0023	0,0039

80	2,7695	0,031	42,03109	0,0064	0,00012	0,0023	0,0037
85	2,7734	0,0278	42,98965	0,0064	0,00011	0,0023	0,0041
90	2,7754	0,0226	44,79464	0,0064	0,00011	0,0023	0,0049
95	2,778	0,0152	48,24807	0,0064	0,00011	0,0023	0,0071
97	2,7799	0,0117	50,52717	0,0064	0,00011	0,0023	0,0090
98	2,7803	0,0097	52,1567	0,0064	0,00010	0,0023	0,0108
99	2,7804	0,0079	53,9399	0,0064	0,00010	0,0023	0,0132
100	2,7813	0,0063	55,90845	0,0064	0,00010	0,0023	0,0164
101	2,7821	0,0046	58,6426	0,0064	0,00010	0,0023	0,0222
102	2,7823	0,0027	63,2711	0,0064	0,00010	0,0023	0,0375
103	2,7832	0,001	71,90119	0,0064	0,00010	0,0023	0,1005
105	2,7834	0,0028	62,95865	0,0064	0,00010	0,0023	0,0362
110	2,7854	0,0102	51,73605	0,0064	0,00011	0,0023	0,0103
115	2,7865	0,0162	47,72118	0,0064	0,00011	0,0023	0,0067
120	2,7891	0,021	45,4752	0,0064	0,00011	0,0023	0,0053
125	2,7896	0,0228	44,76244	0,0064	0,00011	0,0023	0,0049
130	2,7904	0,0226	44,84146	0,0064	0,00011	0,0023	0,0049
135	2,792	0,0208	45,56734	0,0064	0,00011	0,0023	0,0053
140	2,7926	0,017	47,3215	0,0064	0,00011	0,0023	0,0064
145	2,793	0,0121	50,27601	0,0064	0,00011	0,0023	0,0088
147	2,7965	0,01	51,9426	0,0064	0,00011	0,0023	0,0105
148	2,797	0,0087	53,15376	0,0064	0,00010	0,0023	0,0120
149	2,7972	0,008	53,88297	0,0064	0,00010	0,0023	0,0130
150	2,7973	0,007	55,04312	0,0064	0,00010	0,0023	0,0148
151	2,7974	0,0056	56,98163	0,0064	0,00010	0,0023	0,0184
152	2,7975	0,0044	59,07665	0,0064	0,00010	0,0023	0,0232
153	2,7976	0,003	62,40359	0,0064	0,00010	0,0023	0,0338
155	2,7977	0,0008	73,88452	0,0064	0,00010	0,0023	0,1255
160	2,7989	0,0043	59,28068	0,0064	0,00010	0,0023	0,0238
165	2,7997	0,0082	53,67625	0,0064	0,00010	0,0023	0,0127
170	2,7999	0,0121	50,29744	0,0064	0,00011	0,0023	0,0088
175	2,801	0,0136	49,28578	0,0064	0,00011	0,0023	0,0079
180	2,803	0,0139	49,10247	0,0064	0,00011	0,0023	0,0077
185	2,8036	0,013	49,68575	0,0064	0,00011	0,0023	0,0082
190	2,8046	0,0115	50,75376	0,0064	0,00011	0,0023	0,0092
195	2,8053	0,0086	53,27992	0,0064	0,00010	0,0023	0,0121
197	2,5054	0,0072	53,84119	0,0063	0,00010	0,0025	0,0144
198	2,8055	0,0065	55,71224	0,0064	0,00010	0,0023	0,0159
199	2,8056	0,0058	56,70226	0,0064	0,00010	0,0023	0,0177
200	2,8057	0,005	57,99172	0,0064	0,00010	0,0023	0,0205

3.1.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia.

Do obliczenia **współczynnika tłumienia zakłóceń szeregowych** (NMRR [dB]) wykorzystaliśmy wzór:

$$NMRR_{dB} = 20 \log \frac{\sqrt{2} \cdot U_{AC}}{U_{DC}} \text{ [dB]}$$

Przykład obliczeń NMRR dla pomiaru napięcia z filtrem:

$$NMRR_{dB} = 20 \log \frac{\sqrt{2} \cdot U_{AC}}{U_{DC}} = 20 \log \frac{\sqrt{2} \cdot 2,7125}{0,093} = 32,309 \text{ [dB]}$$

Do obliczeń **błędu bezwzględnego** (ΔU_{AC} [V]) wykorzystaliśmy wzór:

$$\Delta U_{AC} = \pm 0,1\% \cdot \text{wskazanie} \pm 0,05\% \cdot \text{zakres [V]} \text{ (dla zakresu 20Hz-40Hz)}$$

Przykład obliczeń:

$$\Delta U_{AC} = 0,001 \cdot 2,7125 + 0,0005 \cdot 10 = 0,008 [V]$$

$$\Delta U_{AC} = \pm 0,05\% \cdot \text{wskazanie} \pm 0,05\% \cdot \text{zakres} [V] \quad (\text{dla zakresu } 40\text{Hz}-10\text{kHz})$$

Przykład obliczeń:

$$\Delta U_{AC} = 0,0005 \cdot 2,72 + 0,0005 \cdot 10 = 0,0064 [V]$$

Do obliczeń **błędu bezwzględnego** (ΔU_{DC} [V]) wykorzystaliśmy wzór:

$$\Delta U_{DC} = \pm 0,05\% \cdot \text{wskazanie} \pm 0,01\% \cdot \text{zakres} [V]$$

Przykład obliczeń:

$$\Delta U_{DC} = 0,0005 \cdot 0,093 + 0,0001 \cdot 1 = 0,00015 [V]$$

Do obliczeń **błędu względnego** (δU [%]) wykorzystaliśmy wzór:

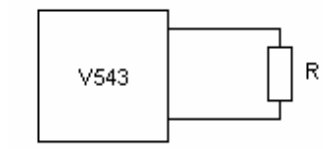
$$\delta U = \frac{\Delta U}{U} [\%]$$

Przykład obliczeń dla napięcia zmiennego (δU_{AC} [%]):

$$\delta_U = \frac{\Delta U}{U} = \frac{0,008}{2,7125} = 0,0028 [\%]$$

3.2. Pomiar rezystancji.

3.2.1. Schemat układu pomiarowego.



3.2.2. Tabele wyników pomiarów i obliczeń.

R [Ω]	Zakres[Ω]	ΔR [Ω]	δR [%]	Wynik końcowy
8,7	1000	0,11	0,012	8,7 ± 0,11
52,5	1000	0,13	0,0025	52,5 ± 0,13
121,3	1000	0,16	0,0014	121,3 ± 0,16
298,9	1000	0,25	0,0009	298,9 ± 0,25
484	1000	0,35	0,00071	484 ± 0,35
1182	10000	1,6	0,0014	1182 ± 1,6
2439	10000	2,22	0,001	2439 ± 2,22
5490	10000	3,75	0,0007	5490 ± 3,75
35250	100000	28	0,0008	35250 ± 28
396300	1000000	300	0,0008	396300 ± 300

3.2.3. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia.

Do obliczeń **błędu bezwzględnego** (ΔR [Ω]) wykorzystaliśmy wzór:

$$\Delta_R = \pm 0,05\% \cdot \text{wskazanie} \pm 0,01\% \cdot \text{zakres} \quad [\Omega]$$

Przykład obliczeń:

$$\Delta_R = \pm 0,0005 \cdot 8,7 \pm 0,0001 \cdot 1000 = 0,10435 \quad [\Omega]$$

Do obliczeń **błędu względnego** (δR [%]) wykorzystaliśmy wzór:

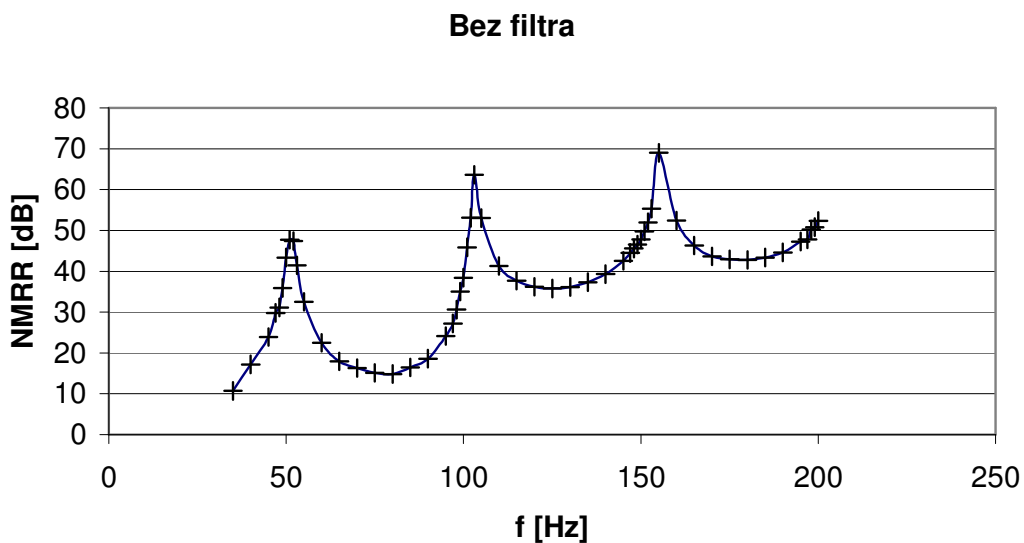
$$\delta R = \frac{\Delta_R}{R} \quad [\%]$$

Przykład obliczeń (δR [%]):

$$\delta R = \frac{\Delta_R}{R} = \frac{0,10435}{8,7} = 0,011994 \quad [\%]$$

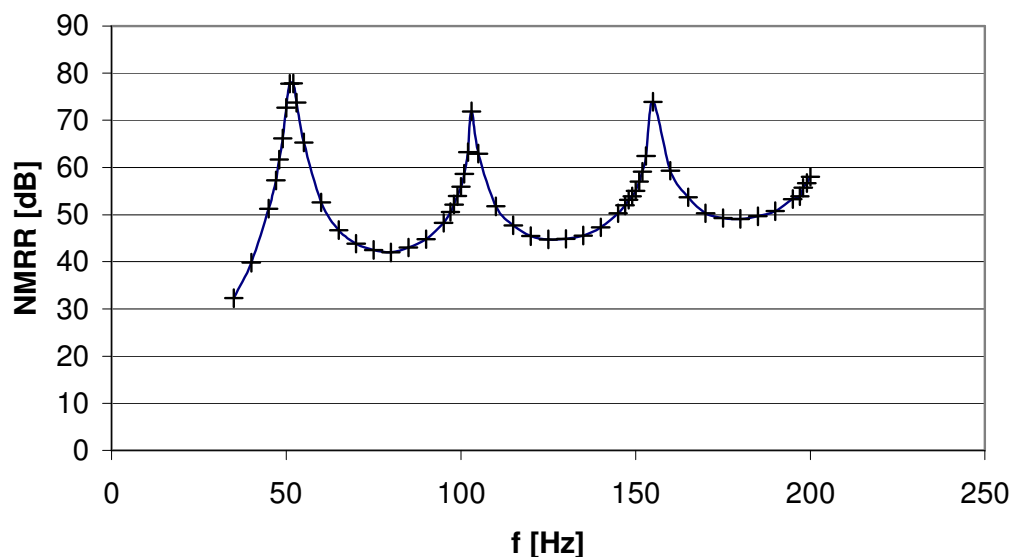
4. Wykresy

4.1. Charakterystyka współczynnika tłumienia w funkcji częstotliwości.



4.2. Charakterystyka współczynnika tłumienia w funkcji częstotliwości.

Z filtrem



5. Uwagi i wnioski.

Celem ćwiczenia było zapoznanie z zasadami działania i właściwościami metrologicznymi woltomierza cyfrowego. Pomiarzy zostały dokonane na podstawie operacji podwójnego całowania. W zadaniu 3.1. wyznaczyliśmy charakterystykę współczynnika tłumienia zakłóceń szeregowych - NMRR. Napięcia mierzyliśmy w układach: z filtrem i bez filtra. Jak widać z wykresów dla częstotliwości będących wielokrotnościami 50 Hz współczynnik tłumienia zakłóceń szeregowych jest równy nieskończoności, co oznacza, że miernik jest odporny na zakłócenia pochodzące od sieci energetycznej. Im większa częstotliwość tym współczynnik jest większy, a zatem wzrasta odporność na zakłócenia, jest to związane, z zasadą działania przetwornika z podwójnym całowaniem. Dodatkowo dodanie filtra polepsza ten współczynnik. Dla otrzymanych pomiarów obliczyliśmy również błędy – bezwzględny i względny. Wyniki obliczeń są zamieszczone w tabelach.

W ćwiczeniu 3.2. dokonaliśmy także pomiaru rezystancji za pomocą woltomierza cyfrowego. Pomiarzy dokonaliśmy w czterech podzakresach (1k Ω , 10k Ω , 100k Ω , 1M Ω). Podobnie jak w zadaniu 3.1. obliczyliśmy błędy – bezwzględny i względny. Jak wynika z tabeli błąd względny jest tym mniejszy im zmierzona wartość oporu jest bliższa wartości ustawionego zakresu. Na przykład dla zakresu 1k Ω przy wartości zmierzonej $R=8,7 \Omega$ błąd względny $\delta R=0,012$ [%], natomiast dla wartości $R=0,00071 \Omega$ błąd względny $\delta R=0,00071$ [%].