

Uniwersytet Zielonogórski WEiIT	Imię i nazwisko		Nr ćwicz. 3	Ocena
Laboratorium techniki eksperymentu				
Temat ćwiczenia: Analiza dokładności wyniku pomiaru		Data wyk.	Data odd.	Podpis

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nauczenie studentów określania błędów granicznych oraz niepewności całkowitej w pomiarach bezpośrednich i pośrednich oraz poprawnego zapisu wyniku pomiarów.

2. Wykaz aparatury

Multimetr Metex M-3860D
 Transformator PD-4 9909009
 Zegar Ciemniowy ZC-81s
 Stoper elektroniczny
 Zacisk pomiarowy E 121.9
 Mikrometr MM2b-A

3. Program ćwiczenia

3.1 Wykonać 5 serii po 5 pomiarów napięcia DC wygenerowanego (symulacja) za pomocą programu lme-Lab1. Dla każdej serii określić \bar{x} , $\overline{S_x}$ oraz niepewność u_{AC} na poziomie ufności $\alpha = 0,6827$; $\alpha = 0,9545$; $\alpha = 0,9973$. Wyniki zestawzić w tabeli. Zaobserwować rozrzut wartości średniej oraz estymatora odchylenia standardowego.

3.1.1. Tabele wyników pomiarów i obliczeń

	Seria 1[V]	Seria 2[V]	Seria 3[V]	Seria 4[V]	Seria 5[V]
1	2,053	1,929	2,258	2,000	2,132
2	1,916	2,018	2,099	1,915	1,747
3	2,158	1,848	2,007	2,041	2,114
4	1,904	2,060	1,899	1,944	1,919
5	1,983	1,940	2,207	1,992	1,916
\bar{x}	2,003	1,959	2,094	1,978	1,966
$\overline{S_x}$	0,047	0,037	0,065	0,022	0,071
$U_{AC}(\alpha=0,6827)$	0,054	0,042	0,074	0,025	0,081
$U_{AC}(\alpha=0,9545)$	0,135	0,106	0,187	0,063	0,205
$U_{AC}(\alpha=0,9973)$	0,312	0,244	0,432	0,146	0,473

Tabela 1. Wyniki pomiarów napięcia i wykonane obliczenia.

3.1.2. Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Wartość średnia:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i - wynik pomiaru

n - liczba pomiarów

Niepewność standardowa typu A:

$$u_A = S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n - liczba pomiarów

\bar{x} - średnia wyników pomiarów

Niepewność całkowita:

$$u_{AC} = k_A(\alpha) u_A$$

u_A - niepewność standardowa typu A

$k_A(\alpha)$ - wartość zmiennej t-Studenta dla poziomu ufności α

Przykład obliczeń:

$$\bar{x} = (2,053 + 1,916 + 2,158 + 1,904 + 1,983) / 5 = 2,003 \text{ V}$$

$$u_A = \sqrt{((2,053 - 2,003)^2 + (1,916 - 2,003)^2 + (2,158 - 2,003)^2 + (1,904 - 2,003)^2 + (1,983 - 2,003)^2) / 20} = 0,047 \text{ V}$$

$$u_{AC} = 1,14 * 0,047 = 0,054 \text{ V}, \quad \text{dla } \alpha = 0,6827$$

3.2 Powtórzyć punkt 2.1.1 dla 5 serii po 40 pomiarów.

3.2.1 Tabele wyników pomiarów i obliczeń

	Seria 1[V]	Seria 2[V]	Seria 3[V]	Seria 4[V]	Seria 5[V]
1	1,904	1,964	2,078	2,079	1,968
2	1,990	2,143	2,039	1,958	1,939
3	2,061	2,045	2,093	2,130	1,971
4	1,830	2,041	1,883	1,963	1,907
5	1,923	2,086	1,985	1,908	2,007
6	2,009	2,109	2,234	2,065	2,070
7	2,080	2,211	1,936	2,155	2,027
8	2,021	1,903	1,977	1,937	2,005
9	1,959	1,865	1,801	2,054	2,172
10	2,074	2,076	2,155	1,886	1,894
11	2,010	1,822	1,993	1,961	2,057
12	1,993	1,863	2,057	2,100	1,856
13	2,018	2,020	2,003	2,151	2,006
14	2,222	2,189	1,892	1,989	1,830
15	2,025	2,080	1,872	1,962	2,032
16	2,136	2,113	1,949	2,098	1,980
17	2,097	1,926	1,910	1,850	1,963
18	2,042	2,061	1,908	1,857	1,847
19	2,051	1,856	1,906	2,171	2,218
20	1,910	2,000	1,999	2,072	2,015

21	2,069	1,888	1,904	1,885	2,127
22	2,063	2,257	2,199	1,840	2,107
23	1,935	1,971	1,780	1,946	2,097
24	2,040	1,995	1,942	1,985	2,041
25	2,092	1,994	2,085	2,038	2,022
26	1,988	2,146	1,890	1,950	1,851
27	1,919	2,051	1,833	2,071	2,099
28	2,037	2,003	2,075	2,027	2,061
29	1,946	1,992	2,025	1,868	2,057
30	2,071	2,044	1,988	2,033	2,123
31	1,934	1,930	2,012	2,128	2,061
32	2,030	2,079	2,075	1,977	2,256
33	1,940	1,994	2,127	2,109	1,979
34	2,063	1,985	2,102	2,110	2,017
35	2,056	2,022	2,002	2,103	1,989
36	2,081	2,064	1,883	1,920	1,992
37	2,111	1,874	2,113	1,957	2,037
38	1,777	1,965	2,079	2,055	1,956
39	1,878	1,925	2,047	2,208	2,068
40	1,826	1,951	1,878	1,967	1,751
\bar{x}	2,005	2,013	1,993	2,013	2,011
$\overline{S_x}$	0,014	0,016	0,017	0,016	0,016
$U_{AC}(\alpha=0.6827)$	0,014	0,016	0,017	0,016	0,016
$U_{AC}(\alpha=0.9545)$	0,029	0,032	0,034	0,031	0,033
$U_{AC}(\alpha=0.9973)$	0,043	0,048	0,051	0,047	0,049

Tabela 2. Wyniki pomiarów napięcia i wykonane obliczenia.

3.2.2 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Wartość średnia:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i - wynik pomiaru

n - liczba pomiarów

Niepewność standardowa typu A:

$$u_A = \overline{S_x} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n - liczba pomiarów

\bar{x} - średnia wyników pomiarów

Niepewność całkowita:

$$u_{AC} = k_A(\alpha) u_A$$

u_A - niepewność standardowa typu A

$k_A(\alpha)$ - wartość zmiennej rozkładu normalnego Gaussa dla poziomu ufności α

Przykład obliczeń:

$$\bar{x} = (1,904+1,990+\dots+1,826)/40 = 2,005\text{V}$$

$$u_A = \sqrt{(((1,904-2,005)^2+(1,990-2,005)^2+\dots+(1,826-2,005)^2)/1560)} = 0,014\text{V}$$

$$u_{AC} = 1 * 0,014\text{V} = 0,014\text{V} , \text{ dla } \alpha = 0,6827$$

3.3 Za pomocą programu lme-Lab1 wygenerować 200 wyników pomiaru napięcia. Poza laboratorium określić wartość średnią, estymator odchylenia standardowego oraz przygotować histogram i zinterpretować wyniki.

3.3.1 Tabele wyników pomiarów i obliczeń

Pomiar	Seria 1 [V]	Pomiar	Seria 1 [V]	Pomiar	Seria 1 [V]	Pomiar	Seria 1 [V]
1	2,051	51	2,203	101	1,761	151	2,044
2	2,05	52	2,11	102	1,895	152	1,999
3	2,214	53	1,972	103	2,092	153	1,944
4	2,016	54	2,074	104	2,154	154	2,107
5	1,969	55	1,934	105	2,238	155	1,896
6	1,935	56	1,965	106	1,876	156	2,007
7	2,226	57	1,863	107	2,032	157	1,993
8	1,96	58	1,969	108	1,982	158	2,086
9	1,903	59	2,136	109	2,124	159	1,977
10	1,854	60	1,907	110	1,905	160	1,917
11	2,072	61	2,052	111	1,984	161	1,918
12	1,923	62	1,992	112	1,73	162	2,029
13	1,885	63	2,011	113	2,071	163	1,774
14	1,954	64	1,917	114	2,061	164	1,92
15	2,073	65	1,785	115	2,016	165	2,143
16	1,874	66	1,97	116	1,956	166	1,786
17	1,849	67	1,983	117	1,92	167	1,962
18	1,783	68	1,916	118	1,982	168	1,902
19	2,055	69	1,825	119	1,96	169	1,911
20	1,973	70	1,929	120	2,068	170	1,924
21	1,858	71	1,889	121	2,19	171	2,111
22	1,98	72	1,984	122	2,063	172	1,957
23	1,855	73	2,065	123	2,252	173	2,041
24	2	74	1,949	124	2,094	174	1,938
25	2,041	75	1,86	125	1,918	175	2,016
26	2,008	76	2,119	126	1,957	176	2,127
27	2,057	77	2,048	127	1,914	177	2,02
28	2,202	78	1,809	128	1,976	178	2,057
29	2,127	79	2,211	129	1,851	179	1,927
30	1,878	80	2,016	130	2,16	180	1,794
31	2,048	81	1,992	131	1,921	181	2,073
32	1,944	82	1,933	132	2,081	182	1,842

33	2,009	83	1,914	133	1,969	183	1,852
34	1,936	84	1,896	134	2,1	184	2,061
35	1,885	85	1,983	135	2,308	185	1,934
36	1,963	86	2,067	136	1,987	186	1,898
37	2,114	87	1,988	137	1,951	187	1,985
38	1,991	88	2,133	138	1,925	188	1,815
39	2,119	89	1,904	139	2,137	189	2,183
40	1,875	90	1,957	140	2,033	190	1,947
41	2,036	91	1,984	141	1,968	191	1,977
42	1,973	92	2,005	142	1,952	192	2,101
43	1,951	93	2,034	143	1,928	193	1,86
44	1,846	94	1,832	144	1,831	194	2,016
45	2,046	95	1,898	145	1,976	195	1,913
46	1,884	96	1,938	146	2,174	196	2,083
47	1,99	97	2,037	147	1,953	197	2,074
48	2,033	98	1,936	148	2,041	198	2,004
49	1,956	99	2,191	149	1,834	199	1,976
50	2,098	100	2,125	150	1,981	200	1,981

Tabela 3. Wyniki pomiarów napięcia.

Na podstawie wykonanych pomiarów wykonaliśmy obliczenia. Otrzymane wyniki zawarte są poniżej:

$$\bar{x} = 1,9878V$$

$$\overline{S_x} = 0,0074V$$

3.3.2 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Wartość średnia:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i - wynik pomiaru

n - liczba pomiarów

Niepewność standardowa typu A:

$$u_A = \overline{S_x} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n - liczba pomiarów

\bar{x} - średnia wyników pomiarów

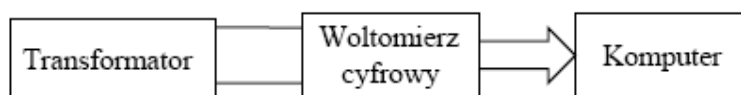
Przykład obliczeń:

$$\bar{x} = (2,051+2,05+2,214+\dots+1,981)/200=1,9878V$$

$$u_A = \sqrt{(((2,051-1,9878)^2+(2,05-1,9878)^2+\dots+(2,214-1,9878)^2)/39800)}= 0,0074V$$

3.4 Korzystając z programu Ime-Lab1 dokonać obserwacji i pomiaru napięcia na wyjściu transformatora. Określić niepewność całkowitą typu A wynikającą z rozrzutu wyników pomiarów oraz niepewność typu B, której źródłem jest błąd systematyczny woltomierza. Przyjąć $\alpha = 0,95$. Zinterpretować wyniki badań.

3.4.1 Układ pomiarowy.



Rysunek 1. Schemat układu do pomiaru napięcia na wyjściu transformatora.

Wykonaliśmy 2 serie po 100 pomiarów przy interwale 1s.

3.4.2 Wyniki pomiarów o obliczenia

Pomiar	Seria 1 [V]	Pomiar	Seria 1 [V]	Pomiar	Seria 2 [V]	Pomiar	Seria 2 [V]
1	3,190	51	3,221	1	3,188	51	3,211
2	3,213	52	3,220	2	3,199	52	3,220
3	3,216	53	3,222	3	3,208	53	3,219
4	3,202	54	3,222	4	3,220	54	3,222
5	3,195	55	3,222	5	3,187	55	3,223
6	3,209	56	3,221	6	3,195	56	3,223
7	3,219	57	3,221	7	3,208	57	3,224
8	3,216	58	3,221	8	3,213	58	3,224
9	3,212	59	3,213	9	3,223	59	3,224
10	3,203	60	3,229	10	3,208	60	3,225
11	3,203	61	3,222	11	3,190	61	3,226
12	3,222	62	3,222	12	3,191	62	3,225
13	3,225	63	3,231	13	3,202	63	3,223
14	3,215	64	3,220	14	3,203	64	3,222
15	3,200	65	3,218	15	3,213	65	3,223
16	3,216	66	3,229	16	3,215	66	3,222
17	3,206	67	3,220	17	3,227	67	3,223
18	3,200	68	3,220	18	3,228	68	3,223
19	3,219	69	3,228	19	3,225	69	3,224
20	3,218	70	3,215	20	3,225	70	3,226
21	3,207	71	3,215	21	3,202	71	3,225
22	3,209	72	3,217	22	3,220	72	3,226
23	3,211	73	3,229	23	3,217	73	3,226
24	3,213	74	3,221	24	3,210	74	3,224
25	3,213	75	3,224	25	3,217	75	3,225
26	3,223	76	3,222	26	3,217	76	3,213
27	3,214	77	3,222	27	3,215	77	3,210
28	3,214	78	3,222	28	3,227	78	3,220
29	3,213	79	3,202	29	3,218	79	3,220
30	3,216	80	3,221	30	3,225	80	3,220

31	3,207	81	3,201	31	3,209	81	3,220
32	3,209	82	3,204	32	3,220	82	3,219
33	3,225	83	3,220	33	3,229	83	3,212
34	3,215	84	3,212	34	3,224	84	3,215
35	3,211	85	3,212	35	3,233	85	3,224
36	3,222	86	3,213	36	3,225	86	3,228
37	3,214	87	3,211	37	3,224	87	3,227
38	3,218	88	3,210	38	3,223	88	3,225
39	3,228	89	3,202	39	3,201	89	3,225
40	3,226	90	3,196	40	3,219	90	3,212
41	3,222	91	3,202	41	3,215	91	3,202
42	3,222	92	3,205	42	3,216	92	3,214
43	3,231	93	3,198	43	3,226	93	3,217
44	3,221	94	3,196	44	3,216	94	3,215
45	3,220	95	3,203	45	3,215	95	3,218
46	3,231	96	3,213	46	3,213	96	3,218
47	3,220	97	3,214	47	3,214	97	3,211
48	3,221	98	3,214	48	3,214	98	3,210
49	3,223	99	3,213	49	3,210	99	3,221
50	3,223	100	3,209	50	3,218	100	3,226

Tabela 4. Wyniki pomiarów napięcia na wyjściu transformatora.

	Seria1[V]	Seria2[V]
\bar{x}	3,215	3,217
$\overline{S_x}$	0,00089	0,00094
Niepewność typu A	0,00174	0,00184
Niepewność typu B	0,081	0,076

Tabela 5. Obliczone wartości

3.4.3 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia.

Wartość średnia:
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i - wynik pomiaru
 n – liczba pomiarów

Odchylenie standardowe wartości średniej :
$$u_A = \overline{S_x} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n – liczba pomiarów
 \bar{x} - średnia wyników pomiarów

Niepewność całkowita typu A:
$$u_{AC} = k_A(\alpha) u_A$$

u_A – Odchylenie standardowe wartości średniej
 $k_A(\alpha)$ – wartość zmiennej rozkładu normalnego Gaussa dla poziomu ufności $\alpha=0.95$

Niepewność całkowita typu B: $u_{BC}=k_B(\alpha) u_B$, gdzie

$$u_B=\Delta x_g/\sqrt{3}$$

$$k_B(\alpha)=\sqrt{3} \alpha$$

$\Delta x_g = x \cdot 2,5\% + 0,005$ – wartość graniczna błęd multimetru

Przykład obliczeń:

$$\bar{x}=(3,190+3,213+3,216+\dots+3,209)/100=3,215V$$

$$u_A=\sqrt{((3,190-3,215)^2+(3,213-3,215)^2+\dots+(3,209-3,215)^2)/9900}=0,00089V$$

$$u_{AC}=1,96 \cdot 0,00089V = 0,00174V, \text{ dla } \alpha=0,95$$

$$u_{BC}=\sqrt{3} \cdot 0,95 \cdot 0,0853/\sqrt{3} = 0,081V$$

3.5 Pomiar czasu świecenia żarówki

Mierzony czas 0,7s. Wykonaliśmy 3 serie po 20 pomiarów. Wyniki zawarte są w tabeli 6.

3.5.1 Wyniki pomiarów o obliczenia

	Seria 1[s]	Seria 2[s]	Seria 3[s]
1	0,805	0,812	0,813
2	0,798	0,808	0,812
3	0,826	0,813	0,813
4	0,822	0,812	0,813
5	0,812	0,812	0,824
6	0,823	0,812	0,815
7	0,813	0,821	0,818
8	0,835	0,813	0,822
9	0,827	0,805	0,813
10	0,812	0,822	0,815
11	0,812	0,807	0,815
12	0,824	0,812	0,814
13	0,816	0,824	0,824
14	0,808	0,812	0,813
15	0,813	0,823	0,813
16	0,804	0,813	0,813
17	0,812	0,821	0,803
18	0,823	0,814	0,817
19	0,824	0,822	0,815
20	0,798	0,822	0,828
\bar{x}	0,815	0,815	0,816
S_x	0,0022	0,0013	0,0012

Tabela 6. Wyniki pomiarów i obliczenia

3.5.2 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Wartość średnia:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i - wynik pomiaru

n - liczba pomiarów

Odchylenie standardowe wartości średniej : $u_A = S_x = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

n - liczba pomiarów

\bar{x} - średnia wyników pomiarów

Przykład obliczeń:

$$\bar{x} = (0,805 + 0,798 + 0,826 + \dots + 0,798) / 20 = 0,815 \text{ s}$$

$$S_x = \sqrt{((0,805 - 0,815)^2 + (0,798 - 0,815)^2 + \dots + (0,798 - 0,815)^2) / 380} = 0,0022 \text{ s}$$

3.6 Pomiar rezystancji

3.6.1 Wyniki pomiarów o obliczenia

Rezystor	Opór[kΩ]	Rezystor	Opór[kΩ]
1	5.08	21	5.29
2	5.19	22	5.16
3	4.95	23	5.61
4	5.44	24	4.99
5	5.21	25	5.32
6	5.39	26	5.06
7	5.08	27	5.12
8	5.75	28	5.06
9	5.58	29	5.12
10	5.07	30	5.06
11	5.48	31	5.12
12	5.13	32	5.06
13	5.8	33	5.53
14	4.94	34	4.96
15	5.78	35	5.16
16	4.79	36	5
17	5.12	37	5.17
18	5.20	38	5.03
19	5.51	39	5.17
20	5.37	40	5.06
\bar{x}	5,223		
S_x	0,0390		

Tabela 7. Wyniki pomiarów i obliczone wartości

3.6.2 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia

Wartość średnia:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i - wynik pomiaru

n - liczba pomiarów

Odchylenie standardowe wartości średniej : $u_A = \overline{S_x} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

n - liczba pomiarów

\bar{x} - średnia wyników pomiarów

Przykład obliczeń:

$$\bar{x} = (5.08 + 5.19 + 4.95 + \dots + 5.06) / 40 = 5,223 \text{ k}\Omega$$

$$\overline{S_x} = \sqrt{((5.08 - 5,223)^2 + (5.19 - 5,223)^2 + \dots + (5.06 - 5,223)^2) / 1560} = 0,0390 \text{ k}\Omega$$

3.7 Pomiar wielkości metalowej bryły.

3.7.1 Wyniki pomiarów o obliczenia

	Długość [mm]	Szerokość [mm]	Wysokość [mm]
1	26,93	30,39	47,87
2	26,93	30,38	47,85
3	26,95	30,37	47,86
4	26,92	30,39	47,85
5	26,99	30,39	47,86
\bar{x}	26,944	30,384	47,858
$\overline{S_x}$	0,0125	0,004	0,0037

Tabela 8. Wyniki pomiarów metalowej bryły.

3.7.2 Wzory wykorzystane do obliczeń i przykładowe obliczenia.

Wartość średnia:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i - wynik pomiaru

n - liczba pomiarów

Odchylenie standardowe wartości średniej : $u_A = \overline{S_x} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

n - liczba pomiarów

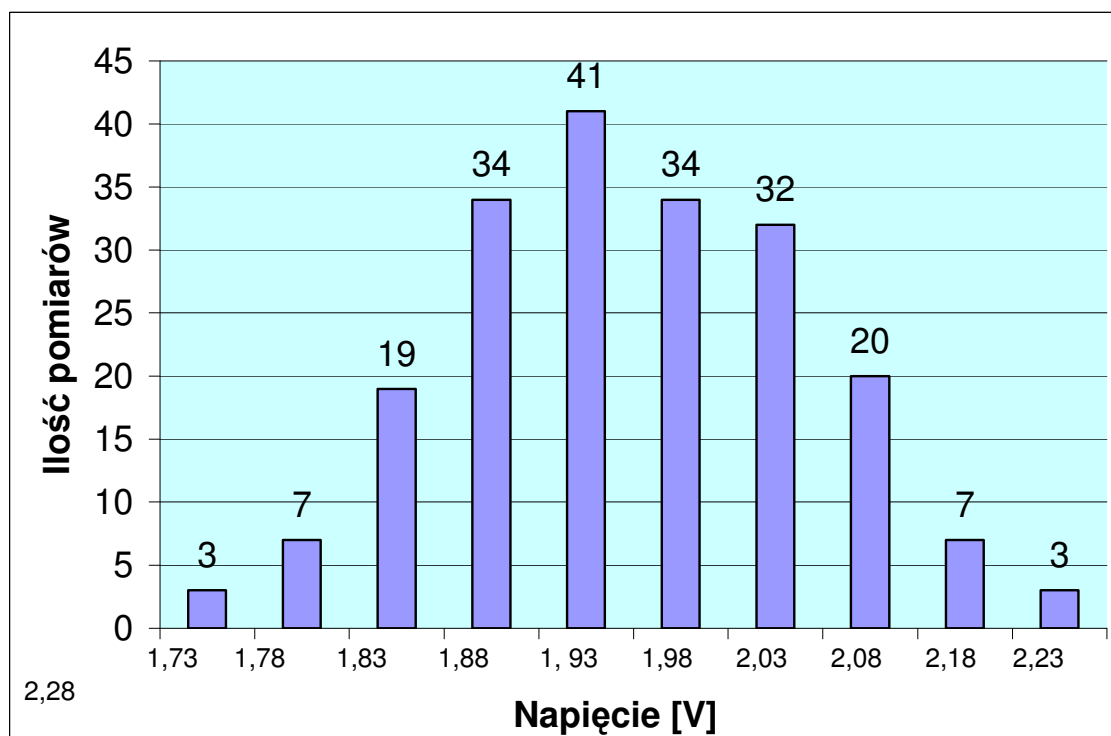
\bar{x} - średnia wyników pomiarów

Przykład obliczeń:

$$\bar{x} = (26,93 + 26,93 + 26,95 + \dots + 26,99) / 5 = 26,944 \text{ mm}$$

$$s_x = \sqrt{((26,93 - 26,944)^2 + (26,93 - 26,944)^2 + \dots + (26,99 - 26,944)^2) / 20} = 0,0125 \text{ mm}$$

4. Wykresy.



Wykres 1. Histogram ilości pomiarów w funkcji napięcia .

5. Uwagi i wnioski

Celem ćwiczenia było zapoznanie się z metodami określania błędów granicznych i niepewności całkowitej w pomiarach. W pierwszym punkcie naszego ćwiczenia wykonaliśmy pięć serii po pięć pomiarów. Okazało się, że wyniki poszczególnych średnich z serii miały dużą rozpiętość od 2,003 do 1,966. Odchylenie standardowe zmieniało się w granicach 0,022 do 0,071. Na podstawie tych wartości obliczyliśmy niepewność całkowitą.

W kolejnym punkcie naszego ćwiczenia dokonaliśmy pięć serii po czterdzieści pomiarów napięcia. Zauważyliśmy, że wraz ze wzrostem ilości pomiarów zmniejszyła się rozpiętość średniej oraz odchylenia standardowego. Ponieważ serie pomiarów były liczne ($n > 30$) przy obliczaniu niepewności całkowitej korzystaliśmy z tabeli rozkładu normalnego Gaussa.

W następnym punkcie naszego ćwiczenia wykonaliśmy dwieście pomiarów napięcia. Wykonane pomiary potwierdziły nasze wcześniejsze obserwacje. Niepewność wyniosła tylko 0,0074V. Wykonany histogram pokazuje, że mierzone wartości koncentrują się wokół wartości średniej.

Kolejnym punktem naszego ćwiczenia był pomiar napięcia na wyjściu transformatora. Na podstawie wyników obliczyliśmy niepewność typu A i typu B. Niepewność typu A obliczyliśmy metodami statystycznymi na podstawie pomiarów. Natomiast niepewność typu B wynika tylko z błędu granicznego przyrządu (multimetru).

W kolejnych punktach mierzyliśmy czas świecenia żarówki, rezystancje oporników oraz wymiary bryły. W każdym przypadku odliczaliśmy wartość średniej i estymator odchylenia standardowego. W niektórych przypadkach obliczona wartość odchylenia była stosunkowo duża co może wynikać z błędów odczytu i niedokładności przyrządów.