

Filip Krauz-Damski 267 681
Filip Kubecki 272 655

Grupa: Pon 13:15

Data wykonania ćwiczenia:
11 marca 2024r
Data sporządzenia sprawozdania:
16 marca 2024r

Ćwiczenie 1.

Podstawowe narzędzia pomiarowe w elektronice

1 Spis przyrządów

Do wykonania ćwiczenia wykorzystano:

- Przenośny multimetr analogowy AX-7003
- Przenośny multimetr cyfrowy AX-MS8221A
- Multimetr cyfrowy Agilent 34401A
- Zasilacz laboratoryjny symetryczny Zhaoxin RXN-305DII

2 Przebieg i cel ćwiczenia

Eksperymentatorzy mieli za zadanie przeprowadzić za pomocą multimetrów pomiary wartości napięcia nieobciążonych zasilaczy (nastawionych kolejno na wartości 1 V i 10 V) na wszystkich zakresach mierników. W drugiej części ćwiczenia mieli zmierzyć prąd przepływający przez 1 k Ω rezystor zasilany napięciem 10 V również przechodząc przez wszystkie zakresy pomiarowe mierników.

Ćwiczenie miało zapoznać eksperymentatorów z poprawnymi metodami pomiaru wartości elektrycznych oraz z różnicami w niepewności pomiarowej mierników na różnych zakresach pomiarowych. Dodatkowo ćwiczenie miało również za zadanie zapoznać z metodologią wyznaczania niepewności pomiarowych na przykładzie pomiarów napięcia i natężenia prądu elektrycznego.

3 Wyniki pomiarów

Poniżej zostały zaprezentowane wyniki wykonanego ćwiczenia. Tabele z danymi zostały również uzupełnione o niepewności bezwzględne i względne pomiarów w celu łatwiejszej analizy danych przez czytelnika. Poniżej znajdują się również objaśnienia symboli zawartych w tabelach:

- V - wartość pomiaru napięcia,
- I - wartość pomiaru natężenia,
- Δ - błąd bezwzględny pomiaru,
- δ - błąd względny pomiaru,
- ... - wartości za duże lub za małe do zmierzenia na danym zakresie,

3.1 Pomiary napięcia

Miernik AX-MS8221A

Tabela 1 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 1 V

Zakres Pomiarowy	Rozdzielczość	Dokładność	U[V]	Δ [V]	δ [%]
200mV	0.005	0.0001	...	...	...
2V	0.005	0.001	1.065	0.0063	0.094
20V	0.005	0.01	1.06	0.015	5.6
200V	0.005	0.1	1	0.11	15
1kV	0.008	2	1	2.0	208

Tabela 2 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 10 V

Zakres Pomiarowy	Rozdzielczość	Dokładność	U[V]	Δ [V]	δ [%]
200mV	0.005	0.0001	...	...	...
2V	0.005	0.001	...	...	...
20V	0.005	0.01	9.93	0.060	0.60
200V	0.005	0.1	9.9	0.15	1.5
1kV	0.008	2	10	2.1	21

Miernik Agilent 34401A

Tabela 3 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 1 V

Zakres Pomiarowy	Rozdzielczość	Dokładność	U[V]	Δ [mV]	δ [%]
0.1	0.003	0.003	...	...	...
1	0.002	0.0006	1.03229	0.027	0.0026
10	0.0015	0.0004	1.0225	0.055	0.0054
100	0.002	0.0006	1.021	0.62	0.0608
1000	0.002	0.0006	1.02	6.0	0.5902

Tabela 4 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 10 V

Zakres Pomiarowy	Rozdzielczość	Dokładność	U[V]	Δ [mV]	δ [%]
0.1	0.003	0.003	...	...	...
1	0.002	0.0006	...	...	...
10	0.0015	0.0004	10.0695	0.19	0.0019
100	0.002	0.0006	10.067	0.80	0.0080
1000	0.002	0.0006	10.07	6.2	0.0616

Miernik AX-7003

Tabela 5 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 1 V

Zakres Pomiarowy	Klasa dokładności[%]	U[V]	Δ [V]	δ [%]
10	5	0.9	0.50	56
50	5	...	...	...
250	5	...	...	...
500	5	...	...	...

Tabela 6 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 10 V

Zakres Pomiarowy	Klasa dokładności[%]	U[V]	Δ [V]	δ [%]
10	5	10	0.50	5.0
50	5	9	2.5	28
250	5	5	13	250
500	5	...	...	...

3.2 Pomiary natężenia

Miernik AX-MS8221A

Tabela 7 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 10 V

Zakres Pomiarowy	Rozdzielczość	Dokładność	I[mA]	Δ [mA]	δ [%]
200uA	0.008	0.0001	...	...	...
2mA	0.008	0.001	...	...	...
20mA	0.008	0.01	9.91	0.089	0.90
200mA	0.012	0.1	9.8	0.22	2.2
10A	0.02	50	10	50	502

Miernik Agilent 34401A

Tabela 8 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 10 V

Zakres Pomiarowy	Rozdzielczość	Dokładność	I[mA]	$\Delta[\mu\text{A}]$	$\delta[\%]$
0.01	0.005	0.01	10.059	0.50	0.0050
0.1	0.01	0.01	10.055	1.0	0.010
1	0.05	0.01	10.12	5.2	0.051
10	0.1	0.01	10.1	11	0.11

Miernik AX-7003

Tabela 9 - pomiary dla wartości napięcia zasilania 10 V

Zakres Pomiarowy[mA]	Klasa dokładności[%]	I[mA]	$\Delta[\text{mA}]$	$\delta[\%]$
25	5	10	1.3	13
50	5	5	2.5	50

4 Analiza wyników

Niepewność bezwzględna pomiaru

Niepewność bezwzględna zależy od typu miernika może być wyliczona na dwa sposoby. Dla mierników analogowych:

$$\Delta = \frac{kl \cdot X_{max}}{100\%} \quad (1)$$

kl - klasa dokładności miernika (podawana w %),

X_{max} - zakres pomiarowy (największa możliwa do zmierzenia wartość),

Przykładowo dla pomiaru napięcia na zakresie 10 V i przy napięciu zasilania wynoszącym 1 V przy wykorzystaniu miernika analogowego AX7003:

$$\Delta = \frac{kl \cdot X_{max}}{100\%} = \frac{5\% \cdot 10[V]}{100\%} = 0.5[V] \quad (2)$$

W przypadku mierników cyfrowych niepewność bezwzględną wyliczamy ze wzoru:

$$\Delta = \pm(aX + cX_{min}) \quad (3)$$

a - składowa niepewności wynikająca z tolerancji wartości elementów, nieliniowości, wzmocnienia i niepewności wzorca napięcia,

c - składowa niepewności wynikająca z rozdzielczości przetwarzania sygnału analogowego na cyfrowy - błąd kwantowania i zliczania,

X - wartość odczytana,

X_{min} - rozdzielczość przetwarzania A/C (najmniejsza wartość wyświetlana na zakresie),

Przykładowo dla pomiaru napięcia w zakresie 200 V i przy napięciu zasilania równemu 10 V na mierniku cyfrowym AX-MS8221A:

$$\Delta = \pm(aX + cX_{min}) = \pm(0.005 \cdot 9.9[V] + 0.1 \cdot 1) = \pm 0.1495[V] \quad (4)$$

W przypadku miernika Agilent 34401A niepewność bezwzględną wyliczamy z podanego przez producenta wzoru:

$$\Delta = \pm(a\% \cdot X + c\% \cdot X_{max}) \quad (5)$$

X_{max} - zakres pomiarowy (największa możliwa do zmierzenia wartość),

Przykładowo dla pomiaru napięcia w zakresie 100 V i przy napięciu zasilania równemu 10 V na mierniku Agilent 34401A:

$$\Delta = \pm(a\% \cdot X + c\% \cdot X_{max}) = \pm(0.00002 \cdot 10.067[V] + 0.000006 \cdot 100[V]) = \pm 0.00080134 \dots [V] \quad (6)$$

Niepewność względna pomiaru

Niepewność względna określa ile procent (lub **ppm** - ang. parts per milion) błędu bezwzględnego mieści się w dokonanym pomiarze.

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \quad (7)$$

Δ - niepewność bezwzględna pomiaru,

X - wartość wykonanego pomiaru - odczyt z urządzenia,

przykładowo dla niepewności bezwzględnej wyliczonej we wzorze (4):

$$\delta = \frac{\Delta}{X} = \frac{0.1495[V]}{9.9[V]} = 0.015(10) = 1.5(10)\% \quad (8)$$

5 Uwagi i wnioski

Uwaga wstępna

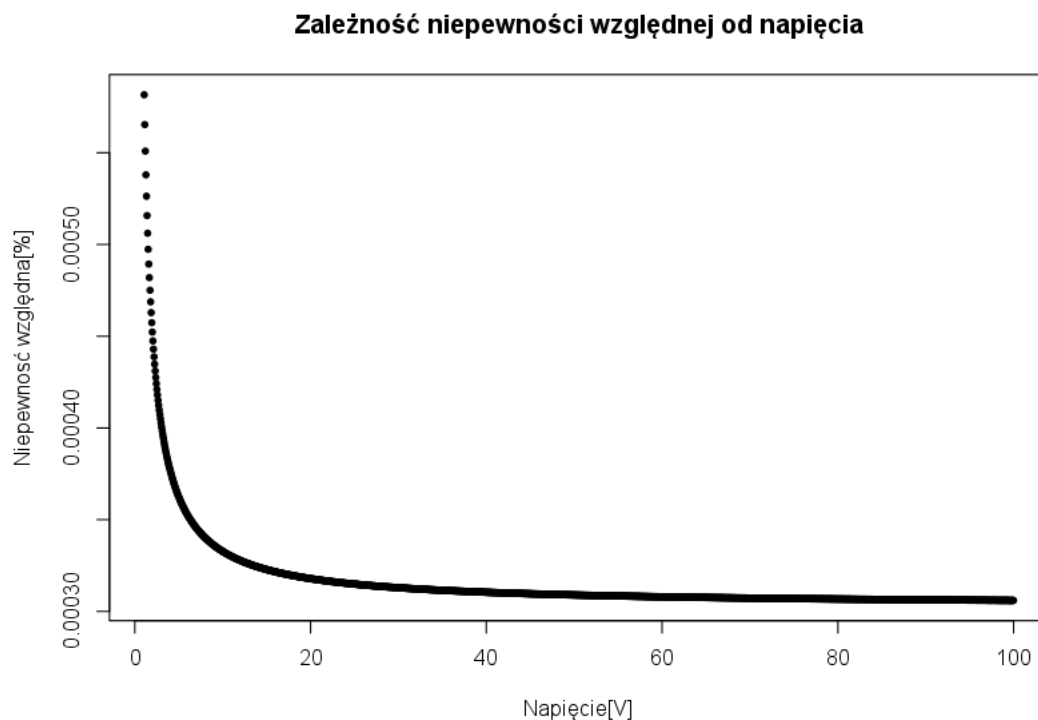
Zasilacz wykorzystany w ćwiczeniu posiadał regulację przy pomocy jednej gałki opartej o potencjometr co powodowało liniowy spadek wartości napięcia w trakcie wykonywania doświadczenia. W przyszłości warto unikać takich zasilaczy gdy wymagamy od zasilacza stabilnego niezmiennego napięcia. Można również rozwiązać ten problem badając napięcie zasilacza dodatkowym woltomierzem.

Wnioski

Z otrzymanych danych jesteśmy w stanie wywnioskować wiele ważnych informacji dotyczących wybierania odpowiedniego zakresu pomiarowego zależnie od mierzonej wartości oraz od wykorzystywanego narzędzia pomiarowego.

Zaczynając od mierników cyfrowych możemy zauważyć, że w ich przypadku najmniejszy błąd otrzymamy na najniższym zakresie, jaki jest w stanie wyświetlić mierzoną wartość. Błąd bezwzględny rośnie liniowo wraz ze wzrostem wartości mierzonej a błąd względny pozornie wygląda na funkcję hiperboliczną, ale dzięki temu, że ta sama zmienna występuje w liczniku jak i mianowniku równania dla coraz większych wartości funkcja ta bardzo szybko się stabilizuje.

Poniżej zamieszczono przykładowy wykres zależności niepewności względnej od napięcia dla miernika Agilent 34401A. Wybrany do tego został zakres 100 V a wykres zawiera wartości napięcia od 1 do 100 V:

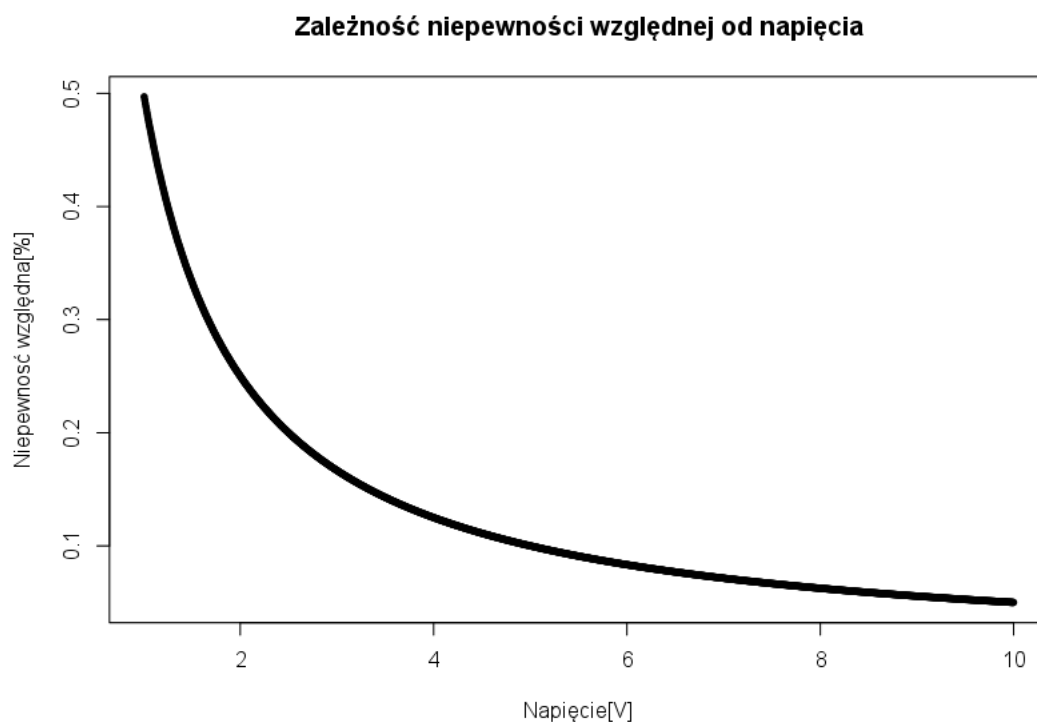


Obrazuje to świetnie jak szybko stabilizuje się niepewność względna. Pokazuje to też jak niewielkie różnice występują między największą a najmniejszą wartością niepewności względnej na całym zakresie pomiarowym.

Miernik analogowy przejawiał odmienne zachowania. Po pierwsze miernik ten nie pozwala na jakikolwiek pomiar powyżej wybranego zakresu (niektóre mierniki cyfrowe pozwalają na taki pomiar np. Agilent 34401A pozwala na pomiary większe o 20% zakresu). Po drugie pomiary na zakresach o wiele wyższych niż mierzona wartość będą skutkowały brakiem wychylenia wskazówki miernika powyżej zera na skali. Widać to przy próbach pomiarów napięcia zasilania 1 V na wyższych zakresach niż zakres 10 V (**Tabela 5**). Przy próbach pomiaru wskazówka nie wykazała żadnego wychylenia powyżej zera.

Miernik ten też charakteryzuje się stałą niepewnością bezwzględną dla danego zakresu. Wpływa to negatywnie na niepewność względną, która przyjmuje zachowanie funkcji hiperbolicznej. Skutkiem tego jest tym mniejsza niepewność względna im wyższą wartość mierzymy.

Zależność tą przedstawiono na wykresie poniżej. Przedstawia on zmianę niepewności względnej na zakresie 10 V miernika AX-7003 dla wartości od 1 do 10 V:



Z powyższego wykresu można wyciągnąć dalsze wnioski, że pomiar miernikiem analogowym powinien odbywać się jak najbliżej wartości maksymalnej zakresu w celu uniknięcia dużej niepewności pomiaru.

References

- [1] <https://wzn.pwr.edu.pl/materialy-dydaktyczne/metrologia-elektroniczna>