



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



**NCBR**  
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

## LABORATORIUM

### MATERIAŁOZNAWSTWO ELEKTROTECHNICZNE

#### Ćwiczenie nr 6

#### Badanie elementów ochronnych niskiego napięcia

Lublin 2025 r.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

---

Projekt pn. „*POLLUB zieloną transformację*” realizowany jest w ramach programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021-2027 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Plus zgodnie z umową nr FERS.01.05-IP.08-0049/23-00.

## Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z fizycznymi podstawami działania, konstrukcją, właściwościami oraz zasadą funkcjonowania elementów ochronnych. Ponadto ćwiczenie ma na celu analizę charakterystyk i wyznaczenie kluczowych parametrów opisujących właściwości badanych elementów. W ramach realizacji ćwiczenia zostaną określone podstawowe parametry techniczne charakteryzujące elementy ochronne oraz przeprowadzona ocena ich skuteczności w ograniczaniu przepięć.

## Zakres ćwiczenia

W ramach ćwiczenia przeprowadzone zostaną badania elementów ochronnych stosowanych w układach niskiego napięcia. Analizie poddane zostaną rezystory nieliniowe, takie jak warystory oraz termistory PTC (ang. Positive Temperature Coefficient), a także odgromniki gazowe. Badania umożliwią wyznaczenie charakterystyk kluczowych parametrów warystorów i termistorów PTC oraz określenie statycznego napięcia zapłonu odgromnika gazowego.

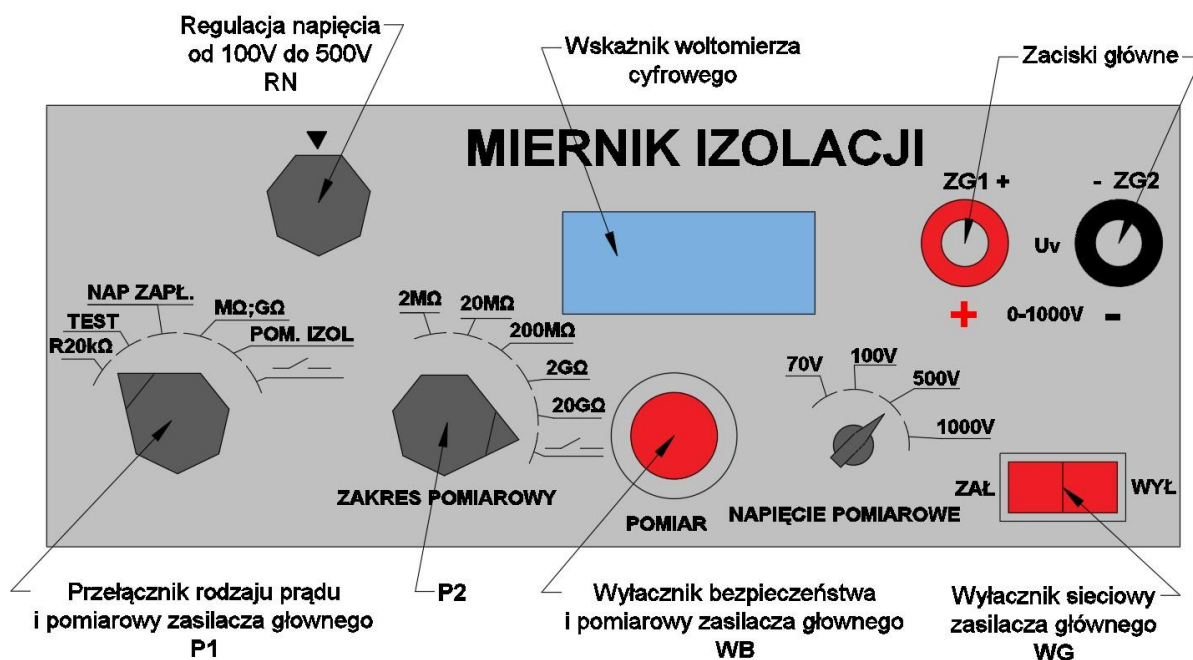
## Wykonanie ćwiczenia

Do wykonania ćwiczenia niezbędne będą następujące elementy:

- Miernik izolacji,
- Zasilacz laboratoryjny KORAD KA3005P
- miernik uniwersalny RIGOL DM3058,
- miernik uniwersalny METRIX MX5006,
- Badane elementy ochronne niskiego napięcia.

### **1. Wyznaczanie statycznego napięcia zapłonu odgromnika**

W celu wyznaczenia statycznego napięcia zapłonu odgromnika gazowego wykorzystane zostanie stanowisko pomiarowe przedstawione na rysunku 1.



Rysunek 1. Widok płyty czołowej miernika izolacji, używanego w ćwiczeniu jako zasilacz główny o napięciu regulowanym w zakresie (0 ÷ 500) V i (0 ÷ 1000) V.

### **UWAGA!**

Badanie napięcia zapłonu odgromnika gazowego wykonuje się przy użyciu napięcia regulowanego w zakresie od 100V do 500V, z wykorzystaniem miernika izolacji. Ze względu na specyfikę pomiaru, do przeprowadzenia badania niezbędna jest obecność osoby prowadzącej ćwiczenie, po uprzednim poinstruowaniu osób wykonujących ćwiczenie. Aby wykonać tę część ćwiczenia, należy postępować zgodnie z poniższymi krokami:

1. ustawić przełącznik **P1** zasilacza głównego w pozycji „**NAPIĘCIE ZAPŁONU**”,
2. ustawić przełącznik **P2** w pozycji „**WYŁĄCZONY**”,
3. ustawić przełącznik „**NAPIĘCIE POMIAROWE**” w pozycji **500 V**,
4. delikatnie skrócić regulator napięcia ▼ (**RN**) w lewo (potencjometr wielobrotowy),
5. włożyć badany odgromnik gazowy w osłonie ochronnej do zacisków głównych (**ZG1+** i **ZG2-**),
6. ustawić wyłącznik **WG** w pozycji „**ZAŁ**” i przytrzymać wyłącznik bezpieczeństwa **WB**,

7. obserwując odgromnik przez przezroczystą obudowę, powoli zwiększać napięcie zapiłnu regulatorem napięcia (**RN**), aż do wystąpienia zapiłnu odgromnika,
8. następnie lekko zmniejszyć napięcie i sprawdzić, czy zapiłn nie wystąpi ponownie,
9. minimalnie zwiększając i zmniejszając napięcie, ustalić próg występowania zapiłnu, pozostawiając regulator w pozycji progowej,
10. w trakcie ustalania progu dopuszcza się wystąpienie kilku zapiłnów,
11. odczytać napięcie ze wskaźnika cyfrowego miernika izolacji, przytrzymując nadal wyłącznik **WB**.

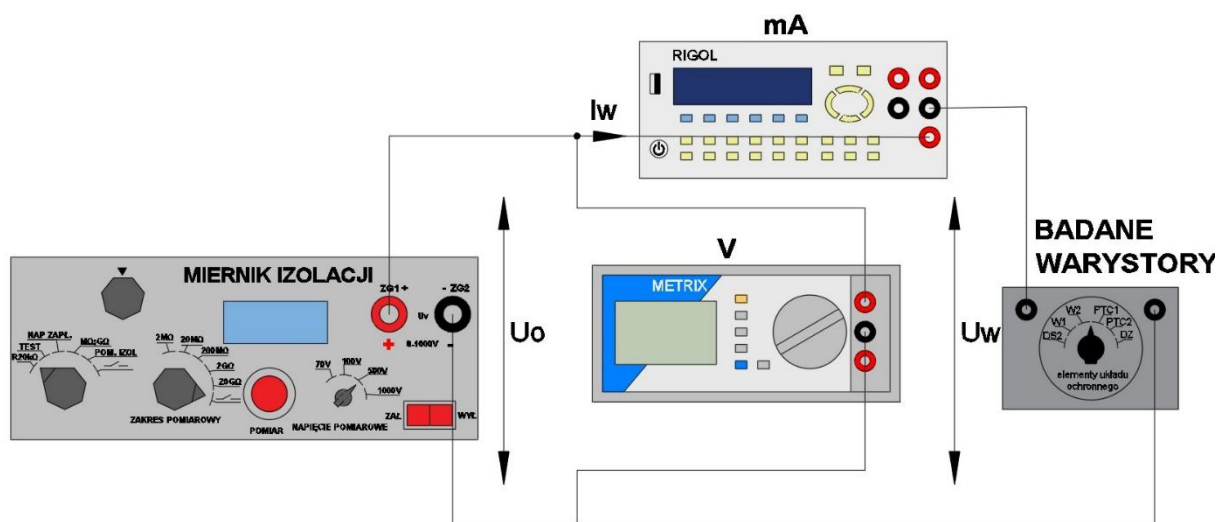
Napięcie progowe, ustalone za pomocą regulatora i odczytane ze wskaźnika cyfrowego miernika izolacji, po zwolnieniu wyłącznika **WB**, stanowi **statyczne napięcie zapiłnu odgromnika gazowego**. W sprawozdaniu należy podać zmierzoną wartość napięcia zapiłnu dla dwóch różnych odgromników.

Napięcie statyczne zapiłnu odgromnika nr 1:  $U_C = \dots\dots\dots V$

Napięcie statyczne zapiłnu odgromnika nr 2:  $U_C = \dots\dots\dots V$

## 2. Wyznaczanie charakterystyk warystorów

W celu wyznaczenia podstawowych charakterystyk warystorów wykorzystujemy stanowisko pomiarowe przedstawione na rysunku 2.



Rysunek 2. Układ pomiarowy do wyznaczania charakterystyk prądowo - napięciowych warystorów **W1** i **W2** z poprawnie mierzoną wartością prądu.

## UWAGA!

Pomiar podstawowych parametrów w celu wyznaczenia podstawowych charakterystyk warystorów **W1** oraz **W2** przeprowadza się przy napięciu regulowanym w zakresie od 100V do 500V z wykorzystaniem miernika izolacji. Ze względu na wysokie napięcie ćwiczenie rozpoczęcie pomiarów należy rozpocząć po uprzednim poinstruowaniu ćwiczących przez prowadzącego. Aby wykonać tę część ćwiczenia należy:


1. ustawić przełącznik **P1** zasilacza głównego w pozycji **NAPIĘCIE ZAPŁONU**,
2. ustawić przełącznik **P2** w pozycji „**WYŁĄCZONY**”,
3. ustawić przełącznik „**NAPIĘCIE POMIAROWE**” w pozycji **500 V**,
4. do zacisków głównych włączyć (**ZG1+** i **ZG2-**) podłączyć zestawiony układ pomiarowy (rysunek 2),
5. Na płycie czołowej amperomierza należy wcisnąć pomiar prądu stałego  oraz ustawić zakres automatyczny (przycisk **AUTO**),
6. Na płycie czołowej woltomierza ustawić pomiar napięcia stałego przyciskiem **V<sub>AC+DC</sub>**,
7. Na elemencie oznaczonym na rysunku 2 „**BADANE WARYSTORY**” wybrać warystor **W1**,
8. delikatnie skrócić regulator napięcia ▼ (**RN**) w lewo (potencjometr wielobrotowy),
9. ustawić wyłącznik **WG** w pozycji „**ZAL**” i przytrzymać wyłącznik bezpieczeństwa **WB**,
10. powoli zwiększać napięcie zasilacza regulatorem napięcia (**RN**), odczytać i zapisać wartość napięcia na woltomierzu **V1** przy wystąpieniu zauważonego prądu **I<sub>w</sub>** (amperomierz A1). Wartości prądów **I<sub>w</sub>** dla których należy wykonać pomiary przedstawiono w tabeli 1.
11. następnie lekko zwiększyć napięcie zasilacza regulatorem napięcia (**RN**) i odczytać kolejne wartości prądu **I<sub>w</sub>**,
12. wyniki pomiarów zanotować w tabeli 1 (warystor **W1**),
13. pomiary powtórzyć (zaczynając od punktu 7) dla Warystora **W2**, a wyniki zanotować w tabeli 2.
14. Po wykonanym ćwiczeniu ustaw wyłącznik **WG** w pozycji „**WYL**”.

Tabela 1. Wyniki pomiarów charakterystyki warystora W1

L.p.	$I_w$	$U_w$	$P_w$	$R_{Wstat}$	$R_{Wdyn}$	$ R_{Wdyn} $	$\beta = \log \frac{U_{11}}{U_6}$	$C = \frac{U_{10}}{I_{10}^\beta}$
	mA	V	mW	k $\Omega$	k $\Omega$	k $\Omega$		
1.	0,001							
2.	0,003							
3.	0,01							
4.	0,03							
5.	0,10							
6.	0,20							
7.	0,30							
8.	0,40							
9.	0,50							
10.	0,60							
11.	0,70							
12.	1,00							

Tabela 2. Wyniki pomiarów charakterystyki warystora W2

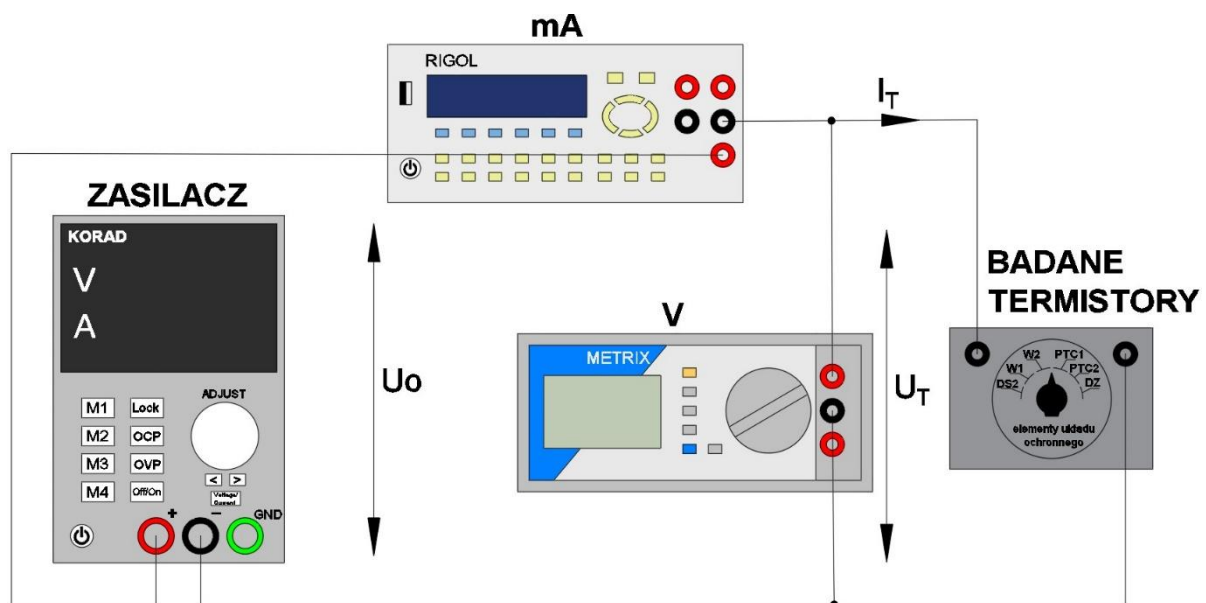
L.p.	$I_w$	$U_w$	$P_w$	$R_{Wstat}$	$R_{Wdyn}$	$ R_{Wdyn} $	$\beta = \log \frac{U_{11}}{U_6}$	$C = \frac{U_{10}}{I_{10}^\beta}$
	mA	V	mW	k $\Omega$	k $\Omega$	k $\Omega$		
1.	0,001							
2.	0,003							
3.	0,01							
4.	0,03							
5.	0,10							
6.	0,20							
7.	0,30							
8.	0,40							
9.	0,50							
10.	0,60							
11.	0,70							
12.	1,00							

Oznaczenia w tabelach:

- $I_W$  – prąd płynący przez warystor,
- $U_W$  – napięcie na warystorze,
- $P_W$  – moc wydzielona na warystorze,
- $R_{Wstat}$  – rezystancja statyczna warystora,
- $R_{Wdyn}$  – rezystancja dynamiczna warystora,
- $\beta$  – współczynnik nieliniowości  $\beta$ ,
- $C$  – współczynnik  $C$  (spadek napięcia na warystorze, przy przepływie prądu 1A),

### 3. Wyznaczanie charakterystyk termistorów

W celu wyznaczenia podstawowych charakterystyk termistorów wykorzystujemy stanowisko pomiarowe przedstawione na rysunku 3.



Rysunek 3. Układ pomiarowy do wyznaczania charakterystyk prądowo - napięciowych termistorów PTC1 i PTC2 z poprawnie mierzoną wartością napięcia.

#### **UWAGA!**

Przed rozpoczęciem pomiarów, układ pomiarowy jest sprawdzany przez prowadzącego ćwiczenie, a następnie pomiary wykonują ćwiczący. Podczas badania elementów ochronnych (takich jak termistory) istotne jest, aby czas wykonywania pojedynczego pomiaru był jak najkrótszy, aby uniknąć niekorzystnego wpływu

nagrzewania się elementów na zmiany wskazań mierników. Aby wykonać tę część ćwiczenia, należy:


1. Włączyć zasilacz przyciskiem **ON/OFF**.
2. Na płycie czołowej amperomierza należy wcisnąć pomiar prądu stałego  oraz ustawić zakres automatyczny (przycisk **AUTO**),
3. Na płycie czołowej woltomierza ustawić pomiar napięcia stałego przyciskiem **V<sub>AC+DC</sub>**,
4. Na elemencie oznaczonym na rysunku 3 „**BADANE TERMISTORY**” wybrać termistor **PTC1**,
5. Na zasilaczu należy ustawić wymagane napięcie, wciskając przycisk **Voltage/Current**, a następnie przyciskami „<” i „>” oraz obracając pokrętkę **ADJUST** ustawić wartość napięcia na zasilaczu tak aby na badanym termistorze (**V1**) uzyskać wartości napięcia w zakresie od 0,5 V do 12 V. Wartości napięć zostały zapisane w tabeli 3.
6. Po ustawieniu odpowiedniego napięcia **U<sub>T</sub>** odczytać wartość prądu **I<sub>T</sub>** na amperomierzu, a następnie wyniki zapisać w tabeli 3.
7. Powtórzyć pomiar dla wszystkich wartości **U<sub>T</sub>**. Otrzymane wyniki zapisać w tabeli 3.
8. Po wykonaniu pomiarów dla termistora **PTC1** powtórzyć pomiar dla termistora **PTC2**, zaczynając od punktu 4. Wyniki zapisać w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki pomiarów charakterystyk termistorów PTC1 i PTC2

L.p.	Termistor PTC1					Termistor PTC2				
	$U_T$	$I_T$	$P_T$	$R_{Tstat}$	$R_{Tdyn}$	$U_T$	$I_T$	$P_T$	$R_{Tstat}$	$R_{Tdyn}$
	V	mA	mW	$\Omega$	$\Omega$	V	mA	mW	$\Omega$	$\Omega$
1.	0,5					0,5				
2.	1,0					1,0				
3.	1,5					1,5				
4.	2,0					2,0				
5.	2,5					2,5				
6.	3,0					3,0				
7.	4,0					4,0				



8.	5,0					5,0				
9.	6,0					6,0				
10.	8,0					8,0				
11.	10,0					10,0				
12.	12,0					12,0				

Oznaczenia w tabeli:

- $I_T$  – prąd płynący przez warystor,
- $U_T$  – napięcie na warystorze,
- $P_T$  – moc wydzielona na warystorze,
- $R_{Tstat}$  – rezystancja statyczna warystora,
- $R_{Tdyn}$  – rezystancja dynamiczna warystora,

## Opracowanie wyników

Na podstawie uzyskanych wyników należy przeprowadzić obliczenia korzystając ze wzorów (wyniki zapisać w odpowiednich tabelach):

$$P_W = U_W \cdot I_W, \quad (1)$$

$$R_{stat} = \frac{U_W}{I_W}, \quad (2)$$

oraz przykładowo dla  $U_4$ :

$$R_{dyn(U_4)} = \left. \frac{\Delta U}{\Delta I} \right|_{U_4} = \left. \frac{U_5 - U_3}{I_5 - I_3} \right|_{U_4} \quad (3)$$

Dla warystorów należy również wyznaczyć wartość współczynnika nieliniowości  $\beta$  oraz współczynnik  $C$  (spadek napięcia na warystorze, przy przepływie prądu 1A) dla charakterystyk  $U = f(I)$ , według wzorów:

$$\beta = \log \frac{U_{11}}{U_6} \quad (4)$$

$$C = \frac{U_{10}}{I_{10}^\beta} \quad (5)$$

Obliczenia należy zapisać w tabeli 1 oraz tabeli 2. Na podstawie wykonanych obliczeń wykreślić, w skali liniowej, charakterystyki prądowo-napięciowe  $I_W=f(U_W)$  warystorów W1 i W2, moc wydzielaną na warystorze w funkcji napięcia  $P_W=f(U_W)$ , oraz rezystancję statyczną i dynamiczną w funkcji napięcia  $R_{stat}=f(U_W)$  i  $R_{dyn}=f(U_W)$ . Wartości rezystancji statycznej  $R_{stat}$  oraz dynamicznej  $R_{dyn}$  należy przedstawić w skali logarytmicznej, na wspólnym wykresie.

Dla termistorów wyznaczyć, w skali liniowej, charakterystyki prądowo-napięciowe  $I_T=f(U_T)$ , moc wydzielaną na termistorze w funkcji napięcia  $P_T=f(U_T)$ , oraz rezystancję statyczną w funkcji napięcia  $R_T=f(U_T)$ . Sporządzone charakterystyki należy umieścić w sprawozdaniu.

## Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- schematy układów pomiarowych,
- tabele z wynikami pomiarów i obliczeń,
- przykładowe obliczenia,
- charakterystyki wyszczególnione w rozdziale „Opracowanie wyników”.
- uwagi i wnioski dotyczące otrzymanych wyników.