

Katedra Energetyki

Laboratorium Podstaw Elektrotechniki i Elektroniki

Temat ćwiczenia:

Badanie transformatora jednofazowego

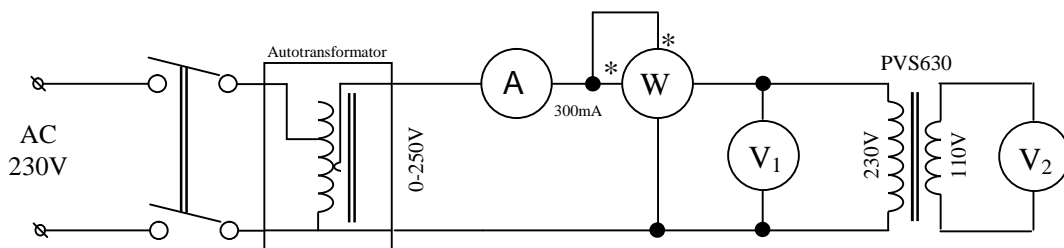
dr inż. Konrad Zajkowski

Ze względu na występowanie wysokiego napięcia w całym obwodzie pomiarowym, w trakcie całego ćwiczenia proszę zachować szczególne środki ostrożności.
NIE ZAŁĄCZAĆ UKŁADU PRZED SPRAWDZENIEM POŁĄCZEŃ PRZEZ PROWADZĄCEGO!

I. Pomiar przekładni i próba stanu jałowego

- 1.1. Przy próbie stanu jałowego wyznacza się prąd biegu jałowego I_0 oraz straty biegu jałowego równe stratom w żelazie DP_{Fe} . Układ pomiarowy połączyć zgodnie ze schematem (rys.1). Sprawdzić wyzerowanie przyrządów pomiarowych.
- 1.2. Przy próbie stanu jałowego transformatora uzwojenie wtórne pozostawiamy rozwarte (wpływ impedancji woltomierza na obwód uzwojenia wtórnego jest pomijalnie mały).
- 1.3. Zmieniając nastawę autotransformatora (w zakresie 0-250V) zapisać w tabelce wartości odczytane z przyrządów:

- P_{10} [W] – moc transformatora w stanie jałowym,
- I_{10} [A] – prąd stanu jałowego transformatora,
- U_{10} [V] – napięcie po stronie pierwotnej transformatora w stanie jałowym,
- U_{20} [V] – napięcie po stronie wtórnej transformatora w stanie jałowym.



Rys.1. Schemat połączeń układu do próby stanu jałowego

Lp.	U_{10} [V]	U_{20} [V]	J	I_{10} [mA]	P_{10} [W]	$\cos j_{10}$	I_f [mA]	I_{Fe} [mA]
1.	10							

gdzie:

$$J = \frac{U_{10}}{U_{20}} \quad \text{– przekładnia transformatora,}$$

$$\cos j_{10} = \frac{P_{10}}{U_{10} I_{10}} \quad \text{– współczynnik mocy w stanie jałowym,}$$

$$I_f = I_{10} \sin j_{10} \quad \text{– prąd magnesujący – składowa bierna prądu stanu jałowego,}$$

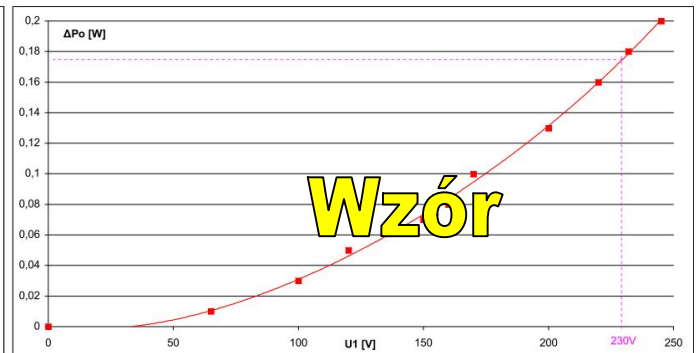
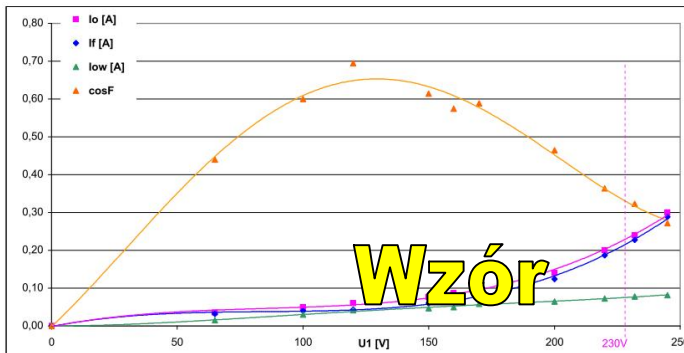
$$I_{Fe} = I_{10} \cos j_{10} \quad \text{– prąd strat w rdzeniu – składowa czynna prądu stanu jałowego.}$$

W sprawozdaniu wykonać:

- 1.4. Na podstawie pomiarów wykonać wykresy I_{10} , I_f , I_{Fe} , $\cos j_{10}$, $P_{10} = f(U_{10})$.
- 1.5. Dla napięcia $U_1 = U_{1N} = 230 \text{ V}$ z wykresu odczytać wartości: I_0 , I_{fN} , $I_{Fe,N}$, DP_{Fe} .
- 1.6. Przyjmując $I_{1N} = 2,8 \text{ A}$ obliczyć procentową wartość prądu stanu jałowego przy napięciu znamionowym z zależności: $I_{0\%} = \frac{I_0}{I_{1N}} \cdot 100\%$.

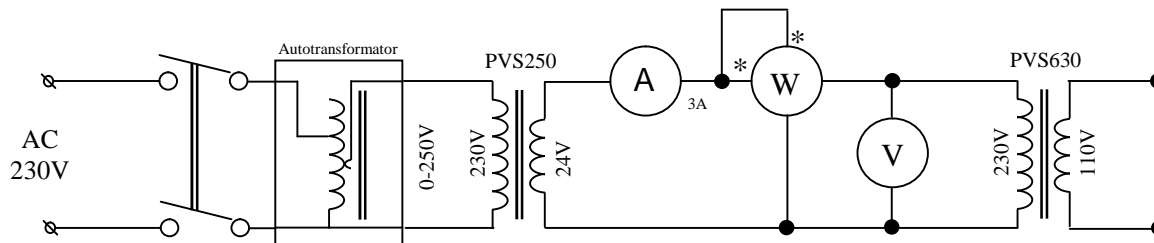
1.7. Dla napięcia $U_1 = U_{1N}$ z wykresu wyznaczyć straty biegu jałowego równe stratom w żelazie DP_{Fe} , oraz jej wartość procentową $DP_{Fe\%} = \frac{DP_{Fe}}{P_{1N}} 100\%$, (gdzie $P_{1N} = \frac{P_{2N}}{h}$, $P_{2N} = 630 \text{ W}$, $h = 0,95$).

1.8. Wyznaczyć parametry modelu zastępczego: rezystancję reprezentującą straty w obwodzie magnetycznym (wynikające z histerezy i prądów wirowych) $R_{Fe} = \frac{U_{1N}}{I_{Fe.N}}$, oraz reaktancję indukcyjną związaną ze strumieniem głównym $X_f = \frac{U_{1N}}{I_{fN}}$.



II. Próba zwarcia

- 2.1. Przy próbie zwarcia wyznacza się napięcie zwarcia U_k oraz straty w miedzi DP_{Cu} .
 Układ pomiarowy połączyć zgodnie ze schematem (rys.2). Sprawdzić wyzerowanie przyrządów pomiarowych.
- 2.2. Uzwojenie wtórne transformatora PVS630 zwieramy metalicznie na zaciskach.
- 2.3. Przyjmując $I_{1N} = 2,8A$ pomiary przeprowadzamy zmieniając U_{1z} (w przedziale prądu I_{1z} od 3A do 0A).



Rys.2. Schemat połączeń układu do próby zwarcia

- 2.4. Wyniki pomiarów notujemy w tabeli:

Lp.	U_{1z} [V]	I_{1z} [A]	P_{1z} [W]	$\cos \varphi_{1z}$	R_z [Ω]	Z_z [Ω]	X_z [Ω]
1, 10							

gdzie:

U_{1z} – napięcie uzwojenia pierwotnego przy próbie zwarcia,

I_{1z} – prąd strony pierwotnej pobierany podczas próby zwarcia,

P_{1z} – moc pobierana przy próbie zwarcia,

$\cos \varphi_{1z} = \frac{P_{1z}}{U_{1z} I_{1z}}$ – współczynnik mocy przy próbie zwarcia,

$R_z = \frac{P_{1z}}{I_{1z}^2}$ – rezystancja zwarcia transformatora,

$Z_z = \frac{U_{1z}}{I_{1z}}$ – impedancja zwarcia transformatora,

$X_z = \sqrt{Z_z^2 - R_z^2}$ – reaktancja zwarcia transformatora.

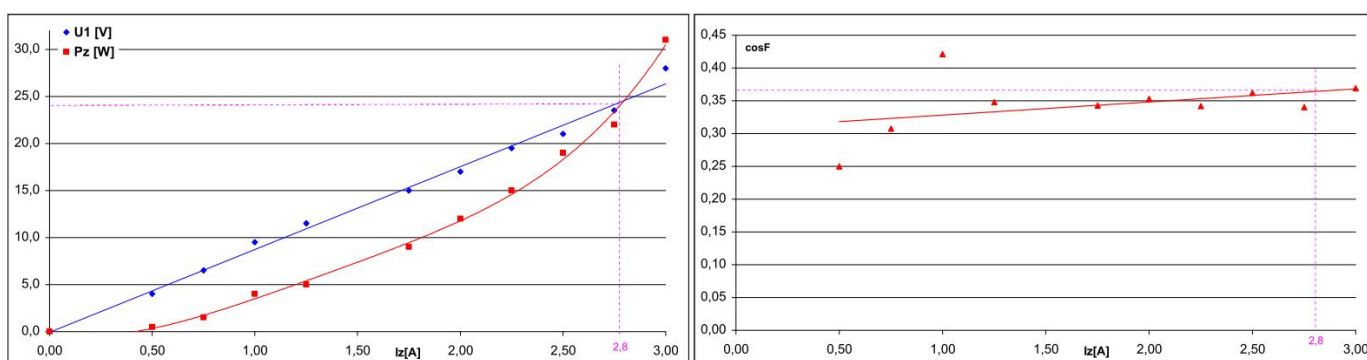
W sprawozdaniu wykonać:

- 2.5. Na podstawie otrzymanych wyników wykonać wykresy: $U_{1z}, P_{1z}, \cos \varphi_{1z} = f(I_{1z})$.

- 2.6. Z wykresu wyznaczyć napięcie zwarcia U_k dla znamionowej wartości prądu $I_{1z} = I_{1N}$.

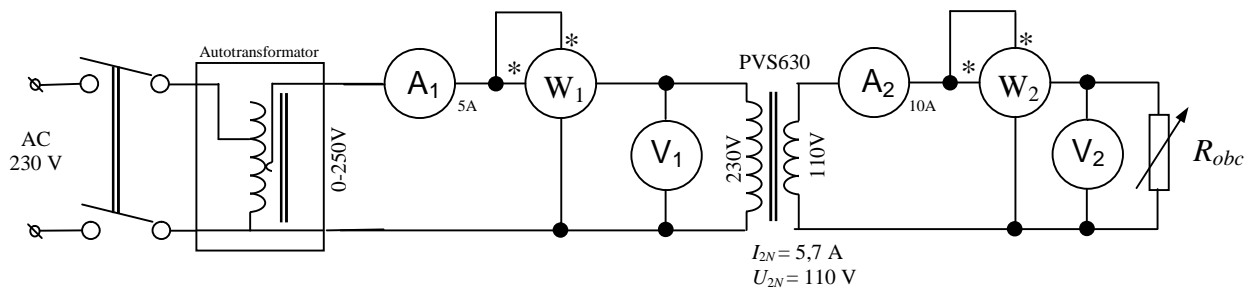
- 2.7. Przyjmując $U_{1N} = 230 V$ obliczyć wartość procentową napięcia zwarcia $U_{k\%} = \frac{U_k}{U_{1N}} \cdot 100\%$.

- 2.8. Dla prądu znamionowego $I_{1z} = I_{1N}$ z wykresu wyznaczyć straty w miedzi DP_{Cu} , oraz odpowiadającą jej wartość procentową $DP_{Cu\%} = \frac{DP_{Cu}}{P_{1N}} 100\%$, (gdzie $P_{1N} = \frac{P_{2N}}{h}$, $P_{2N} = 630$ W, $h = 0,95$).
- 2.9. Wyznaczyć prąd zwarcia awaryjnego $I_{1k} = I_{1N} \frac{U_{1N}}{U_k}$, oraz jej wartość procentową $I_{1k\%} = \frac{I_{1k}}{I_{1N}} 100\%$.
- 2.10. Wiedząc, że rezystancje uzwojeń mierzone w temperaturze $Q_0 = 20^\circ\text{C}$ wynoszą: $R_1 = 1,3 \Omega$, $R_2 = 0,3 \Omega$, wyznaczyć rezystancje w temperaturze $Q_{zn} = 75^\circ\text{C}$ z zależności: $R_{zn} = R_0 \frac{235 + Q_{zn}}{235 + Q_0}$.
- 2.11. Dla przekładni $J = 1,87$ wyznaczyć rezystancję zwarcia transformatora pracującego przy prądach znamionowych z zależności: $R_z = R_{1zn} + J^2 R_{2zn}$.
- 2.12. Wyznaczyć impedancję zwarcia transformatora pracującego przy prądach znamionowych $Z_z = \frac{U_k}{I_{1N}}$.
- 2.13. Wyznaczyć reaktancję zwarcia transformatora pracującego przy prądach znamionowych: $X_z = \sqrt{Z_z^2 - R_z^2}$.
- 2.14. Wyniki otrzymane z pkt. 2.11, 2.12 i 2.13 porównać z wartościami z tabelki. Omówić ewentualne różnice.
- 2.15. Wyznaczyć współczynnik mocy przy zwarcu z zależności $\cos \varphi_z = \frac{R_z}{Z_z}$. Wynik porównać z wykresem $\cos \varphi_{1z} = f(I_{1z})$.
- 2.16. Dla prądów znamionowych $I_{1N} = 2,8$ A i $I_{2N} = 5,7$ A wyznaczyć straty obciążeniowe dla dwóch uzwojeń indywidualne: $DP_{1Cu} = R_{1zn} I_{1N}^2$, $DP_{2Cu} = R_{2zn} I_{2N}^2$, oraz analogicznie do pkt. 2.8 ich wartości procentowe.
- 2.17. Wyznaczyć łączne straty obciążeniowe $DP_{Cu} = DP_{1Cu} + DP_{2Cu}$ i porównać je z wartością wyznaczoną w pkt. 2.8.



III. Próba obciążenia

- 3.1. Przy próbie obciążenia wyznacza się charakterystykę zewnętrzną transformatora $U_2 = f(I_2)$ oraz charakterystykę sprawności $h = f(I_2)$. Układ pomiarowy połączyć zgodnie ze schematem (rys.3). Sprawdzić wyzerowanie przyrządów pomiarowych.
- 3.2. Przy próbie obciążenia wyznacza się charakterystyki obciążeniowe (w tym charakterystykę zewnętrzną i sprawność)
- 3.3. Obciążenie stanowi regulowana skokowo rezystancja, za pomocą której nastawia się wartość prądu I_2 w zakresie do $1,1 I_{2N}$ ($I_{2N} = 5,7A$), przy stałej wartości napięcia zasilającego $U_1 = U_{1N}$.



Rys.3. Schemat układu do próby obciążenia

- 3.4. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli

R_{obc}	U_1 [V]	I_1 [A]	P_1 [W]	$\cos\varphi_1$	U_2 [V]	I_2 [A]	P_2 [W]	$\cos\varphi_2$	h [%]	DP [W]
R1										
R1,R2										
R1,R2,R3										
R1,R2,R3,R4										
R1,R2,R3,R4,R5										
Suwnica 12W										

- 3.5. Wykonać obliczenia według zależności:

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{U_1 \times I_1}, \quad \cos\varphi_2 = \frac{P_2}{U_2 \times I_2}, \quad h = \frac{P_2}{P_1},$$

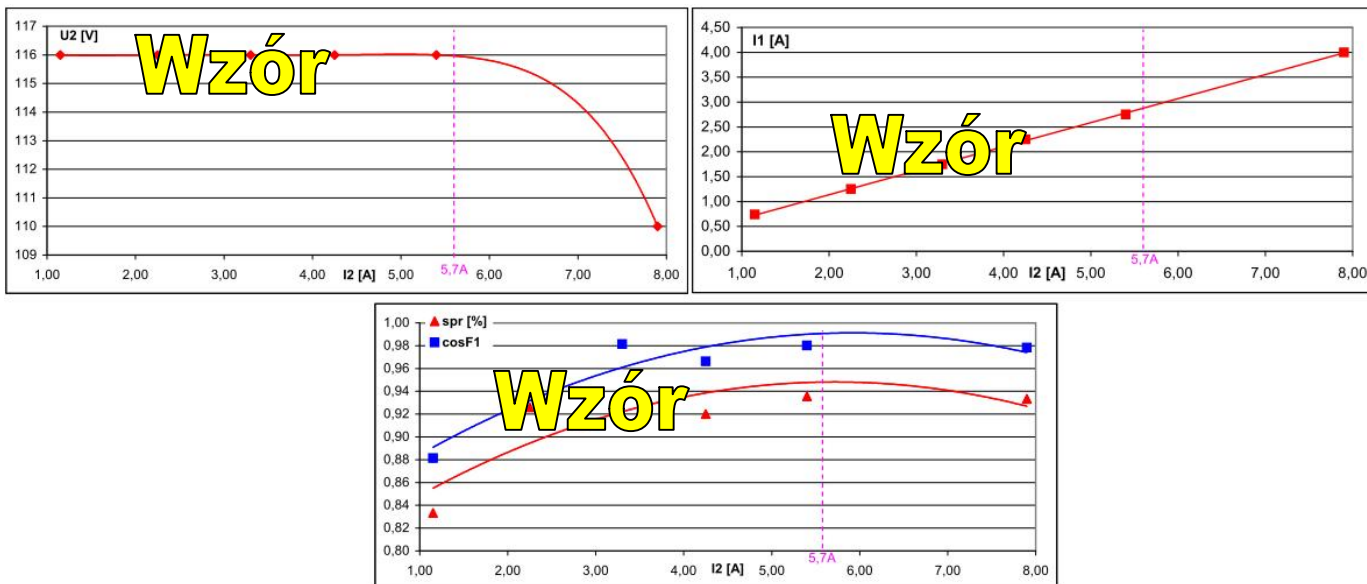
W sprawozdaniu wykonać:

- 3.6. Na podstawie wyników pomiarów wykonać wykresy: $U_2, I_1, h, \cos\varphi_1, \cos\varphi_2 = f(I_2)$.
- 3.7. Dla $I_2 = I_{2N}$ z wykresów wyznaczyć wartości znamionowe: $I_{1N}, U_{2N}, h_N, \cos\varphi_{1N}, \cos\varphi_{2N}$
 $P_{1N} = 230 \times I_{1N}$.

3.8. Dla $P_{2N} = 630 \text{ W}$ wyznaczyć łączne straty mocy $DP = DP_{Fe} + DP_{Cu}$ z zależności: $DP = \frac{P_{2N}}{h_N} - P_{2N}$.

3.9. Dla $I_2 = I_{2N}$ wyznaczyć impedancję obciążenia $Z_{obc} = \frac{U_{2N}}{I_{2N}}$, oraz jej składowe: $R_{obc} = Z_{obc} \times \cos \varphi_{2N}$,

$$X_{obc} = Z_{obc} \times \sin \varphi_{2N}.$$



Jeżeli były robione próby biegu jałowego i zwarcia ...

3.10. Wyznaczyć poszczególne straty DP_{Fe} , DP_{1Cu} , DP_{2Cu} , $DP = DP_{Fe} + DP_{1Cu} + DP_{2Cu}$. Wyniki porównać z wartością sprawności wyznaczonej metodą bezpośrednią w pkt. 3.8.

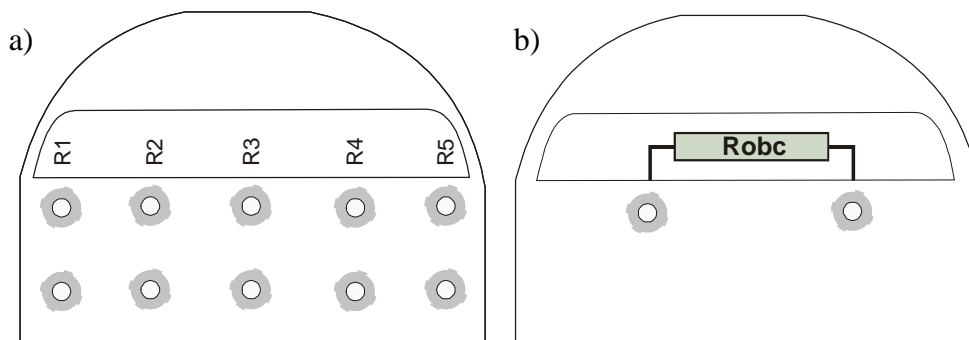
3.11. Zmierzyć rezystancje i reaktancje uzwojeń, przeliczyć wartości rezystancji dla temperatury 75°C , następnie wyznaczyć parametry modelu zastępczego z zależności: $R'_2 = R_2 \times J^2$, $X'_2 = X_2 \times J^2$.

3.12. Przedstawić parametry modelu R_{Fe} , X_f z próby biegu jałowego.

Załącznik 1. Instrukcja obsługi obciążenia rezystancyjnego wykorzystywanego w próbie obciążenia transformatora

1. Opis budowy

Obciążenie rezystancyjne składa się z pięciu rezystorów drutowych dużej mocy. W trakcie pracy transformatora w warunkach znamionowych, na obciążeniu wydzielona moc » 600W. Fakt ten decyduje o budowie oraz obsłudze obciążenia wykorzystywanego w ćwiczeniu. Obciążenie jest umieszczone w obudowie zapewniającej odpowiednią wentylację i odprowadzanie ciepła. Na zewnątrz obudowy wyprowadzone są zaciski umożliwiające podłączenie obciążenia do układu pomiarowego oraz zmianę wartości rezystancji obciążenia. Widok boków obudowy z zaciskami przyłączeniowymi przedstawiony jest na rysunku Z.1.



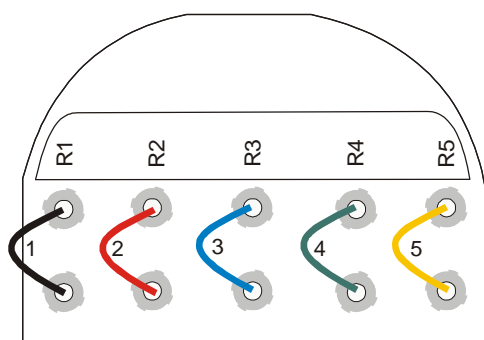
Rys.Z.1. Zaciski pomiarowe obciążenia: a) strona regulacji wartości rezystancji, b) strona podłączenia obciążenia do układu pomiarowego

2. Podłączenie obciążenia do układu pomiarowego i regulacja wartości rezystancji obciążenia

Zaciski podłączeniowe obciążenia przedstawiono na rysunku Z.1b. Do tych zacisków należy podłączyć przewody, które są połączone z odpowiednimi zaciskami układu pomiarowego.

Regulacja wartości rezystancji obciążenia

Do regulacji wartości rezystancji obciążenia wykorzystuje się zaciski przedstawione na rysunku Z.1a. Regulację wartości obciążenia przeprowadza się poprzez łączenie odpowiednich zacisków. Schemat połączeń przedstawiony jest na rysunku Z.2. W przypadku gdy nie są połączone żadne zaciski rezystancja jest równa $R_{obc} = \infty$.



1	R1	$R_{obc} = 100 \text{ W}$
2	$R1 \parallel R2$	$R_{obc} = 50 \text{ W}$
3	$R1 \parallel R2 \parallel R3$	$R_{obc} = 33 \text{ W}$
4	$R1 \parallel R2 \parallel R3 \parallel R4$	$R_{obc} = 25 \text{ W}$
5	$R1 \parallel R2 \parallel R3 \parallel R4 \parallel R5$	$R_{obc} = 20 \text{ W}$
6	suwnica	$R_{obc} = 12 \text{ W}$

Rys.Z.2. Schemat połączeń zacisków pomiarowych – regulacja rezystancji obciążenia

Zaciski należy łączyć parami pionowo. Połączenie zacisków R1 – połączenie nr 1 na rysunku Z.2 (kolor czarny) ustawia $R_{obc} = 100 \text{ W}$. Jest to najwyższa ustawialna wartość obciążenia. Kolejne wartości obciążenia uzyskuje się poprzez równoległe dołączanie kolejnych rezystancji.