

Sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia nr 4			
Temat:	<b>Badanie dławika i transformatora</b>		
Autorzy:	Marcin Otorowski Michał Piekarek		
Semestr I Rok I	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki		
Zespół:	Data wykonania ćwiczenia:	Ocena:	Podpis:
D	13.01.2010		

## CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia było wyznaczenie parametrów schematu zastępczego dławika oraz badanie transformatora w stanie biegu jałowego i zwarcia.

## WSTĘP TEORETYCZNY

Transformatorem nazywamy urządzenie służące do zmiany napięć i natężeń prądów przemiennych na zasadzie indukcji elektromagnetycznej bez udziału ruchu mechanicznego. Transformator składa się z rdzenia i dwóch uzwojeń: pierwotnego, które pobiera energię elektryczną ze źródła (np. z sieci) i wtórnego, które oddaje energię elektryczną (np. odbiornikom). Rdzenie transformatorów wykonane są z materiałów ferromagnetycznych, obecnie najczęściej z blachy magnetycznej walcowanej na zimno o niskiej stratności.

**Stanem jałowym** nazywamy taki stan transformatora, w którym jedno z uzwojeń, np. uzwojenie górnego tzn. wyższego napięcia, zasilane jest napięciem, o wartości znamionowej, a uzwojenie drugie, dolnego tzn. niższego napięcia jest rozwarne (czyli  $I_2=0$ ). W stanie jałowym  $E_1 \approx U_{10}$ ,  $E_2 \approx U_{20}$ , więc przekładnia transformatora równa jest z dość dużą dokładnością stosunkowi wartości skutecznych napięć, wyznaczonych w stanie jałowym:

$$\vartheta = \frac{U_{10}}{U_{20}}$$

Przemienny strumień magnetyczny  $\Phi_t$  powoduje powstanie w rdzeniu strat z histerezy oraz od prądów wirowych. Całość tych strat nazywamy stratami w rdzeniu lub stratami jałowymi transformatora. Straty mocy w uzwojeniu pierwotnym ( $R_1 I_0^2$ ) są bardzo małe i można przyjąć, że cała moc czynna jaką transformator pobiera w stanie jałowym, to moc strat w rdzeniu  $\Delta P_0$ .

**Próbie zwarcia pomiarowego** transformatora przeprowadzamy w celu pomierzenia strat mocy w jego uzwojeniach oraz dla określenia napięcia zwarcia. Napięciem zwarcia transformatora nazywamy napięcie, jakie należy przyłożyć do zacisków uzwojenia pierwotnego, aby przy zwartych zaciskach uzwojenia wtórnego spowodować przepływ prądu znamionowego w obu uzwojeniach. Napięcie zwarcia jest zwykle niewielkie i wynosi kilka lub kilkanaście procent napięcia znamionowego.

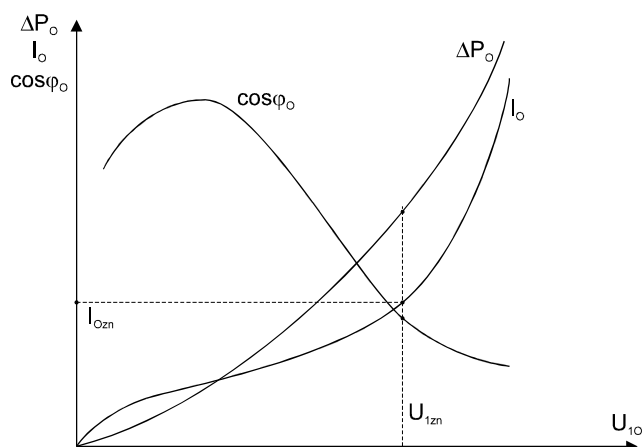
Indukcja magnetyczna w rdzeniu transformatora w czasie zwarcia pomiarowego wynosi również kilka lub kilkanaście procent wartości indukcji w czasie pracy przy napięciu znamionowym. Ponieważ straty w rdzeniu są w przybliżeniu proporcjonalne do kwadratu wartości maksymalnej indukcji magnetycznej, więc straty te w

czasie próby zwarcia są pomijalnie małe. Wobec powyższego moc pomierzona przy zwarcium pomiarowym jest praktycznie równa mocy traconej w uzwojeniach transformatora. Moc ta jest nazywana stratami obciążeniowymi i są one w praktyce - przy prądzie znamionowym - kilkakrotnie większe od strat jałowych transformatora.

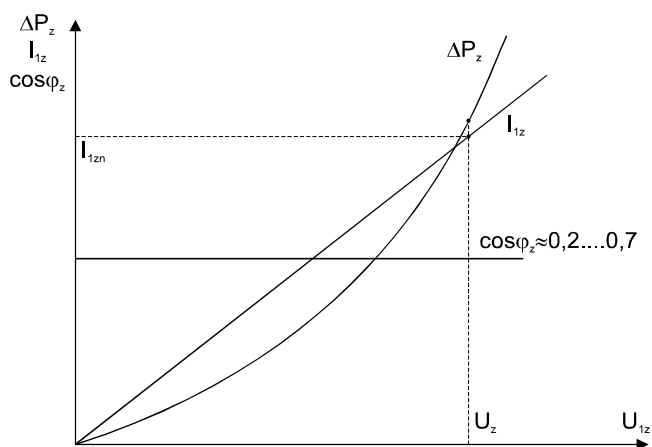
Współczynnik mocy przy zwarcium:

$$\cos\varphi = \frac{\Delta P_z}{U_{1z} I_{1z}}$$

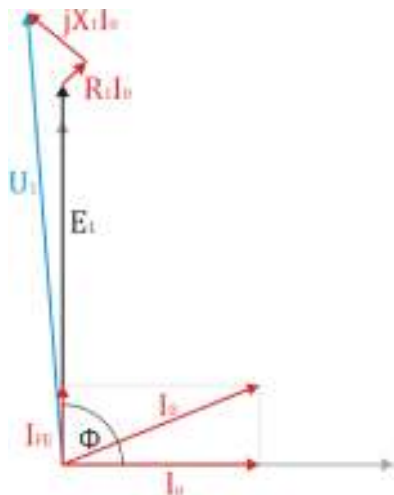
**Rysunek 1:** Charakterystyki mocy i prądu w funkcji napięcia – stan jałowy



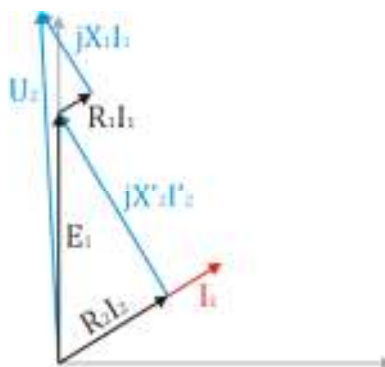
**Rysunek 2:** Orientacyjne charakterystyki mocy i prądu w funkcji napięcia – stan zwarcia



**Rysunek 3:** Orientacyjny wykres wektorowy dla stanu jałowego



**Rysunek 4:** Orientacyjny wykres wektorowy dla stanu zwarcia

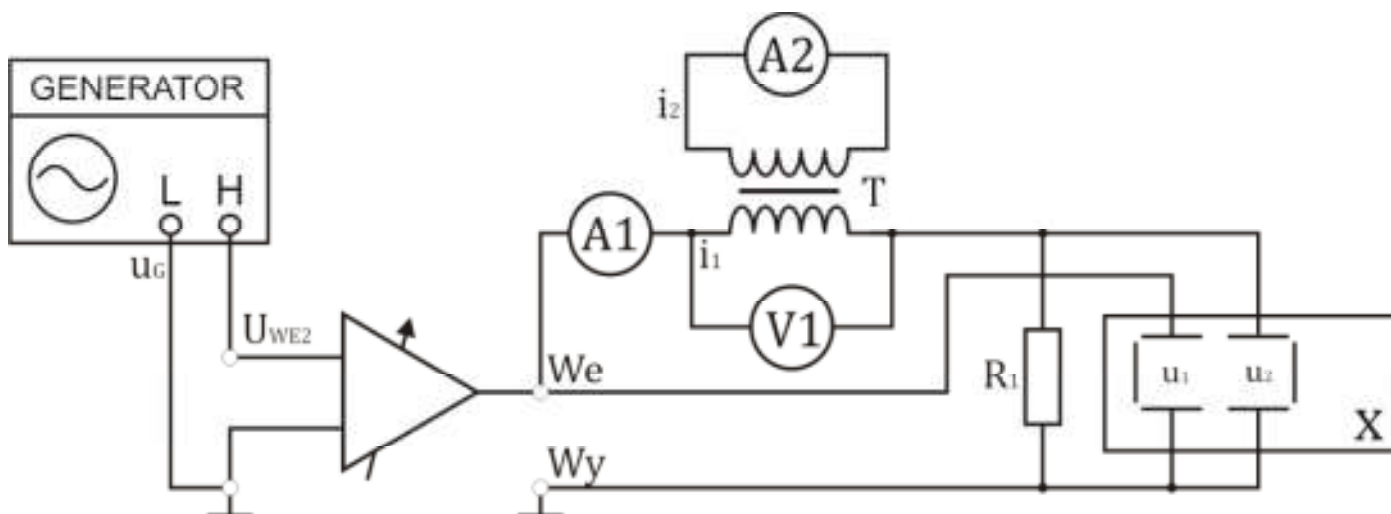


Źródło: rysunki własne

# PRZEBIEG ĆWICZENIA

## Stan zwarcia

Połączono układ zgodnie z poniższym schematem (stan zwarcia transformatora):



Rys: M.Otorowski na podstawie instrukcji stanowiskowej

Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1:

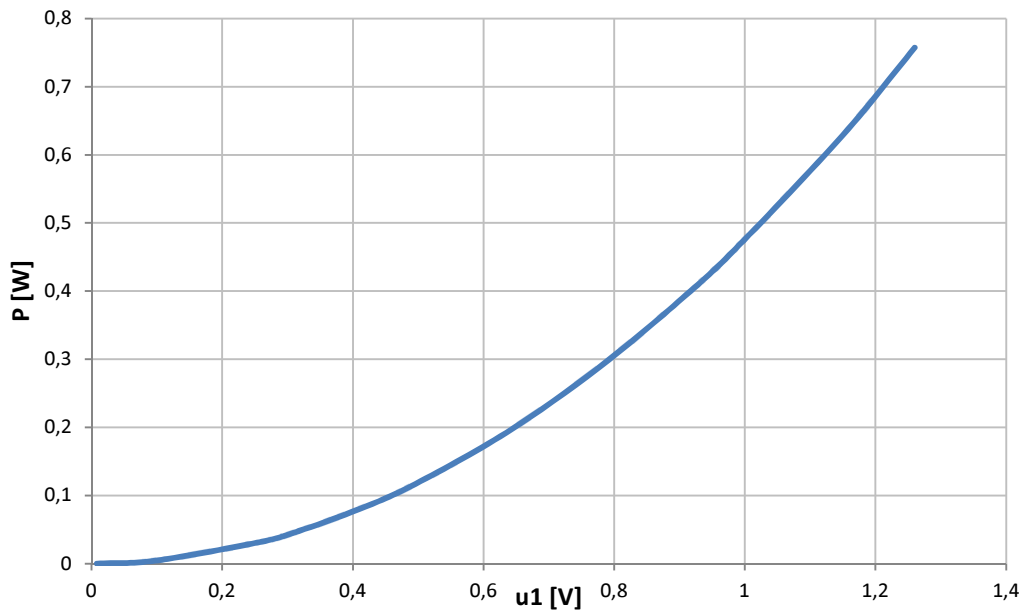
Tabela 1: Wyniki pomiarów dla stanu zwarcia

$u_1$	$i_1$	$i_2$	$\Phi$	$R_1=R_2$	$X_1=X_2$	$P$	$\cos\Phi$
$V$	$mA$	$mA$	$^\circ$	$\Omega$	$\Omega$	$W$	-
0,008	4,600	1,850	0	1	1,422875	0,0000368	1
0,099	47,00	19,70	0	1	1,853874	0,004653	1
0,261	124,0	51,50	0	1	1,852119	0,032364	1
0,317	151,0	62,40	0	1	1,845865	0,047867	1
0,399	191,0	78,80	0	1	1,834105	0,076209	1
0,488	232,0	95,80	0	1	1,850539	0,113216	1
0,635	303,0	125,0	0	1	1,841738	0,192405	1
0,775	370,0	152,2	0	1	1,840469	0,28675	1
0,905	431,0	177,6	0	1	1,846355	0,390055	1
0,990	471,0	194,5	0	1	1,848791	0,46629	1
1,150	547,0	225,5	0	1	1,849321	0,62905	1
1,260	601,0	247,5	0	1	1,842644	0,75726	1

Źródło: badanie i obliczenia własne

Na podstawie uzyskanych danych wykreślono następujące charakterystyki:

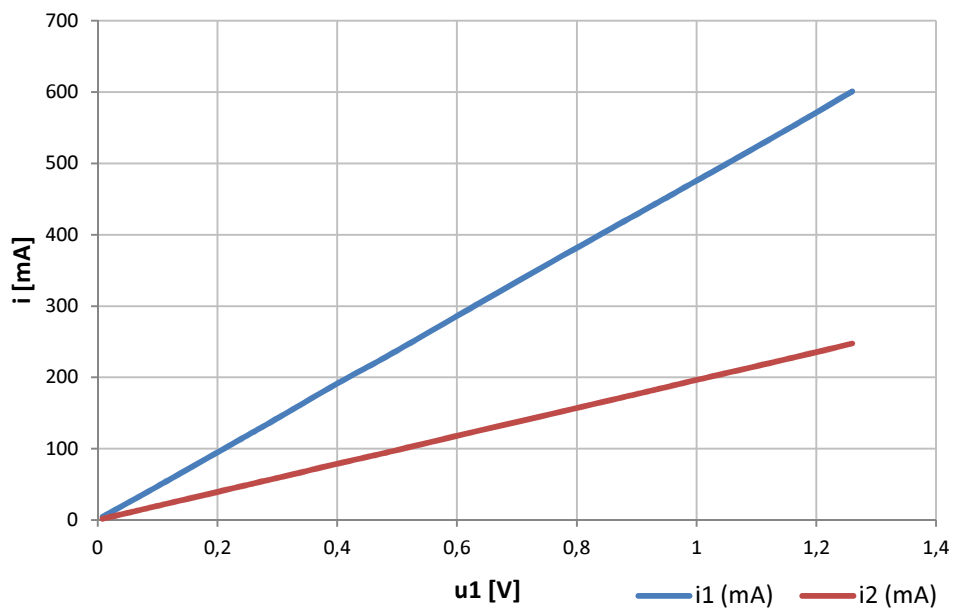
**Wykres 1: Zależność mocy P od napięcia  $u_1$  (stan zwarcia transformatora)**



*Źródło: obliczenia własne*

Krzywa zależności jest zgodna z teoretyczną charakterystyką mocy dla transformatora w stanie zwarcia.

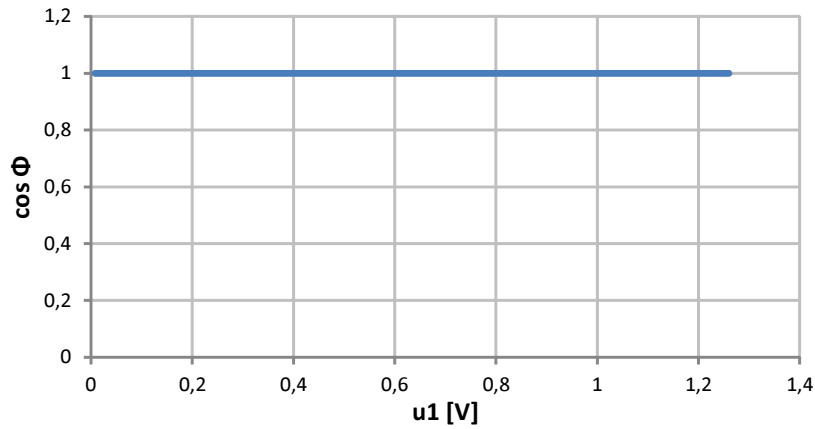
**Wykres 2: Zależność prądów  $i_1$  i  $i_2$  od napięcia  $u_1$  (stan zwarcia transformatora)**



*Źródło: obliczenia własne*

Otrzymano liniowe zależności, zgodne z charakterystyką teoretyczną (patrz *wstęp teoretyczny*).

**Wykres 3: Zależność  $\cos\Phi$  od napięcia  $u_1$  (stan zwarcia transformatora)**

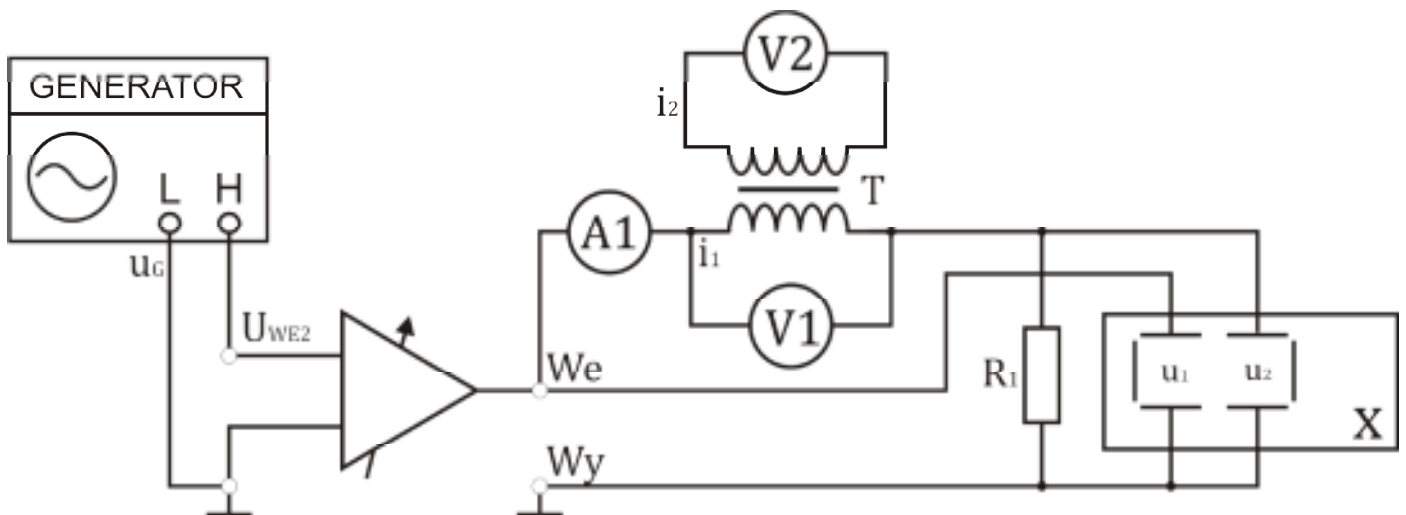


Źródło: obliczenia własne

Ponieważ kąt przesunięcia fazowego wynosił dla każdego pomiaru ok. 0, to wykres  $f(u_1) = \cos\Phi$  jest linią prostą, przecinającą oś OY w punkcie (0,1).

### Stan jałowy

W celu zbadania charakterystyk dla stanu jałowego transformatora połączono układ zgodnie z następującym schematem:



Rys: M.Otorowski na podstawie instrukcji stanowiskowej

Wyniki przedstawia poniższa tabela:

**Tabela 2: Wyniki pomiarów dla stanu jałowego**

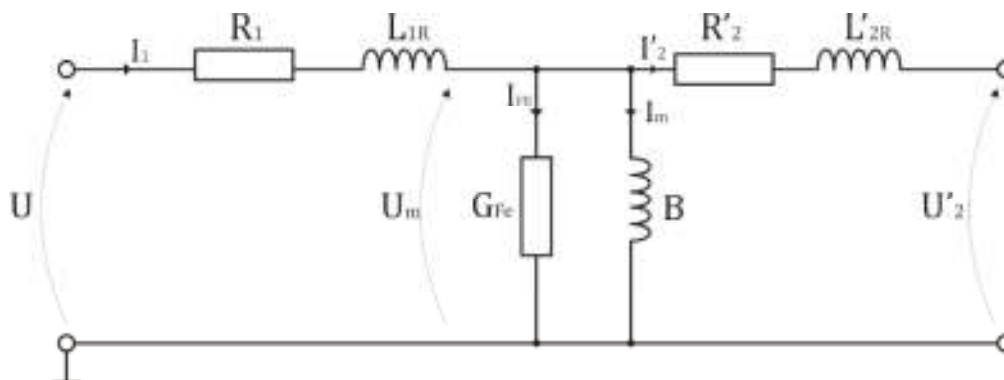
$u_1$	$u_2$	$i_1$	$\Phi$	$\Phi^*$	$P$	$P_{FE}$	$G_{FE}$	$B$	$\cos\Phi$
V	V	mA	ms	°	W	pW	pS	S	-
0,025	0,010	2,000	2,4	0,0000096	0,00005	0,002300	3,6736125	0,011455	1-4,59*10 <sup>-11</sup>
0,220	0,096	11,50	3,0	0,0000096	0,00253	0,116180	2,4003718	0,017208	1-4,59*10 <sup>-11</sup>
0,390	0,170	18,10	3,0	0,0000100	0,00706	0,352950	2,3205130	0,019385	1-5,00*10 <sup>-11</sup>
0,440	0,190	19,78	3,0	0,0000096	0,00870	0,399650	2,0643198	0,020056	1-4,59*10 <sup>-11</sup>
1,420	0,615	41,60	2,8	0,0000096	0,05907	2,712600	1,3452666	0,030738	1-4,59*10 <sup>-11</sup>

2,500	1,082	55,60	2,6	0,0000096	0,13900	6,382900	1,0212643	0,040468	1-4,59*10 <sup>-11</sup>
5,240	2,250	77,80	2,2	0,0000100	0,40767	20,38360	0,7423665	0,060603	1-5,00*10 <sup>-11</sup>
7,210	3,090	95,60	2,1	0,0000104	0,68928	37,39563	0,7193667	0,067826	1-5,43*10 <sup>-11</sup>
8,880	3,790	115,4	2,2	0,0000104	1,02475	55,59637	0,7050510	0,069254	1-5,43*10 <sup>-11</sup>
10,12	4,320	133,3	2,3	0,0000104	1,34900	73,18774	0,7146235	0,068332	1-5,43*10 <sup>-11</sup>
11,21	4,790	151,9	2,3	0,0000104	1,70280	92,38279	0,7351566	0,066426	1-5,43*10 <sup>-11</sup>
11,92	5,090	165,8	2,3	0,0000104	1,97634	107,2231	0,7546333	0,064736	1-5,43*10 <sup>-11</sup>
12,60	5,380	180,5	2,3	0,0000108	2,27430	133,4571	0,8406215	0,062872	1-5,87*10 <sup>-11</sup>
13,26	5,650	196,4	2,2	0,0000108	2,60426	152,8195	0,8691441	0,060853	1-5,87*10 <sup>-11</sup>
13,85	5,920	211,5	2,5	0,0000104	2,92927	158,9234	0,8284919	0,058994	1-5,43*10 <sup>-11</sup>

Źródło: badanie i obliczenia własne

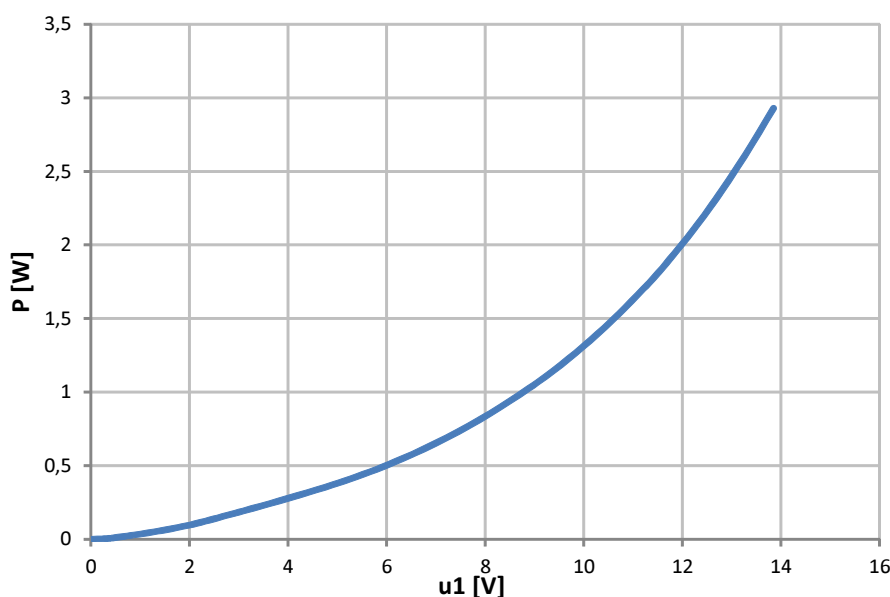
\* sposób obliczania:  $1^\circ = 240000 \text{ ms}$

Obliczono wartości  $P_{FE}$ ,  $G_{FE}$  i  $B$  dla zastępczego schematu (wyniki w tabeli 2):



Obliczono wartość przekładni napięcia:  $\vartheta \approx 2,34$ . Na podstawie otrzymanych danych wyznaczono następujące charakterystyki:

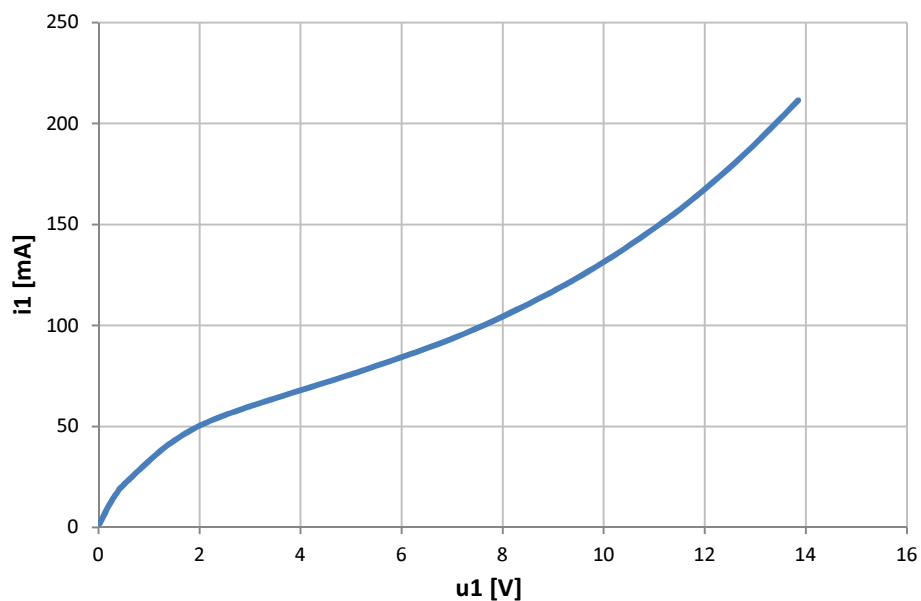
**Wykres 4: Zależność mocy  $P$  od napięcia  $u_1$  (stan jałowy pracy transformatora)**



Źródło: obliczenia własne

Otrzymana charakterystyka idealnie pokrywa się z teoretyczną krzywą zależności pomiędzy mocą a napięciem w transformatorze w stanie jałowym (patrz *wstęp teoretyczny*).

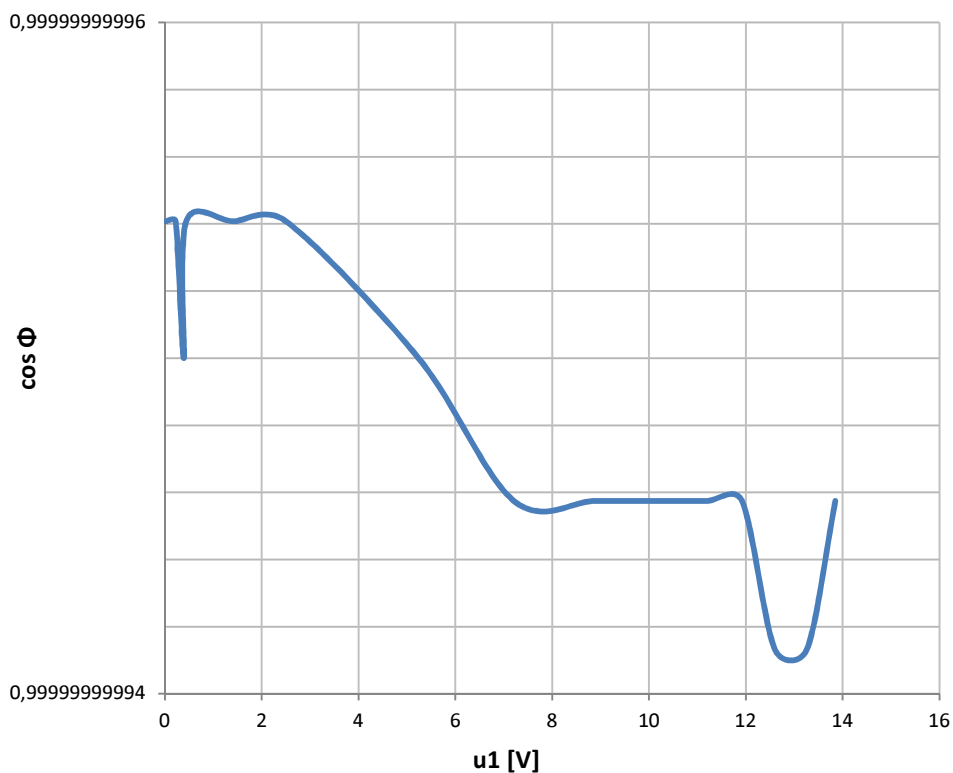
**Wykres 5: Zależność prądu  $i_1$  od napięcia  $u_1$  (stan jałowy pracy transformatora)**



*Źródło: obliczenia własne*

Również i w tym przypadku stwierdzono, że otrzymana charakterystyka idealnie pokrywa się z teoretyczną krzywą zależności pomiędzy prądem a napięciem w transformatorze w stanie jałowym (patrz *wstęp teoretyczny*).

**Wykres 6: Zależność  $\cos\Phi$  od napięcia  $u_1$  (stan jałowy pracy transformatora)**



*Źródło: obliczenia własne*

Ze względu na bardzo duże skoncentrowanie wartości cosinusa kąta przesunięcia oraz znikomo małe różnice, oś OX przecina oś OY w punkcie  $(0;0,(9^{10})4)$ . Pomiar kąta przesunięcia fazowego cechował się dużą niedokładnością – nie uzyskano charakterystyki zbliżonej do oczekiwanej, teoretycznej krzywej (patrz *wstęp teoretyczny*).

## **WNIOSKI**

---

W ćwiczeniu badano stan zwarcia i stan jałowy transformatora. Dla stanu jałowego wyznaczono przekładnię napięć. Wykreślono charakterystyki prądów, mocy i kątów przesunięcia fazowego. Stwierdzono, że otrzymane charakterystyki idealnie pasują do tego, co na ten temat mówi teoria. Drobne niezgodności wystąpiły jedynie w pomiarze kąta przesunięcia dla stanu jałowego, w wyniku czego otrzymana charakterystyka nie do końca odpowiada zamierzonej.