

Paweł Dybowski, Waclaw Orlewski  
AGH Kraków

## BADANIA GENERATORA INDUKCYJNEGO WZBUDZANEGO KONDENSATORAMI

### RESEARCH OF INDUCTION GENERATOR EXCITED CAPACITORS

**Abstract:** Induction generator can work connected to power system or connected to separated system. Induction machine work can as generator only at this time, when reactive power is delivered to machine. Special selected capacitors were connected to the motor for realization this task. It is possible to use this generator as energy source in small water or wind power plant. Authors call special attention for stabilization of amplitude and frequency of generated voltage.

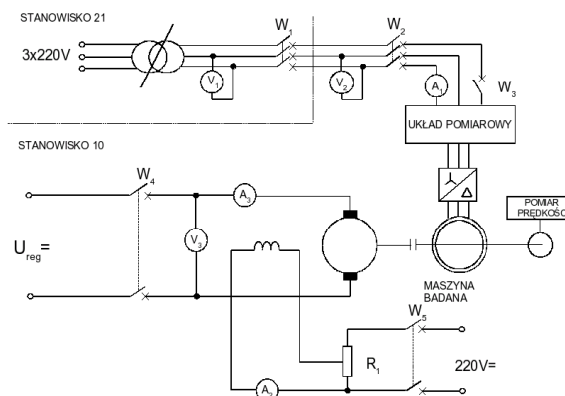
#### 1. Wstęp

Generator indukcyjny może współpracować z siecią energetyczną, jak również pracować w sieci wydzielonej. Praca generatorowa maszyny indukcyjnej pracującej samotnie jest możliwa tylko wtedy, gdy zostanie jej dostarczona, niezbędna do pracy moc bierna. W celu realizacji tego zadania zastosowano specjalnie dobrane kondensatory wzbudzające. Badania podjęte przez autorów mają na celu sprawdzenie przydatności takiego generatora do pracy jako źródło energii elektrycznej w niewielkich elektrowniach wiatrowych lub wodnych. Zwrócono uwagę na możliwości regulacyjne pracy generatora w celu stabilizacji napięcia i częstotliwości. Jednym z kryteriów przyjętych podczas badań była dostępność na rynku silnika indukcyjnego małej mocy. Użyty do badań egzemplarz jest dostępny w asortymencie oferowanym przez jednego ze znanych producentów tego typu maszyn.

#### 2. Pomiar parametrów i dobór kondensatorów

##### 2.1 Wyznaczenie parametrów maszyny

Badania wykonano dla silnika indukcyjnego typ: Sg90L6, nr: CL805351 o parametrach znamionowych:  $P_n = 1,1\text{kW}$ ,  $n_n = 925\text{obr/min}$ ,  $U_n = 230/400\text{V}$ ,  $I_n = 5,1/2,9\text{A}$ ,  $\cos\varphi_n = 0,74$ , praca S1, temp.  $40^\circ\text{C}$ ,  $f_n = 50\text{Hz}$ , IP55, Isol F. Podstawowymi pomiarami mającymi na celu identyfikację obiektu były pomiary biegu jałowego i stanu zwarcia maszyny indukcyjnej w zakresie pracy silnikowej. Dla biegu jałowego przeprowadzono pomiary laboratoryjne w układzie na rys. 1.



Rys. 1. Schemat pomiarowy do badania silnika indukcyjnego

Poniżej zaprezentowano zdjęcie stanowiska laboratoryjnego przeznaczonego do badania generatora indukcyjnego wzbudzanego kondensatorami.



Rys. 2. Zdjęcie stanowiska laboratoryjnego do badania generatora indukcyjnego wzbudzanego kondensatorami

Wyniki pomiarów i obliczeń dla identyfikacji parametrów badanej maszyny uzyskane z pomiarów w stanie jałowym zamieszczone są w tabeli 1.

Tabela 1.

$U_0$	$I_0$	$P_0$	$R_{Fe}$	$X_\mu$
V	A	W	$\Omega$	$\Omega$
400	2,35	220	1123	89,6

Następnie wykonano pomiary stanu zwarcia. Wykorzystano tutaj układ pomiarowy przedstawiony na rys 1. Wyniki pomiarów i obliczeń dla stanu zwarcia przedstawione są w tabeli 2.

Tabela 2.

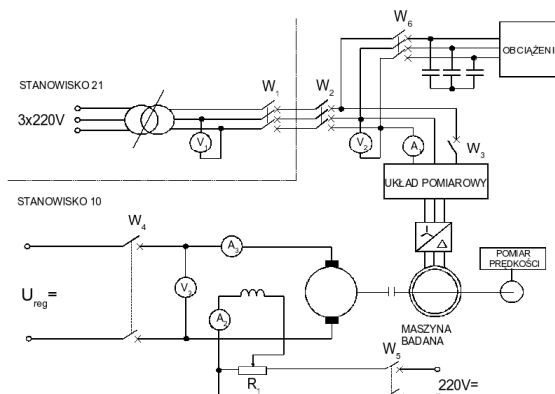
$U_Z$	$I_Z$	$P_Z$	$R_S$	$R_w'$	$X_S$	$X_w'$
V	A	W	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$	$\Omega$
110	3,1	360	6,2	6,3	8,1	8,1

## 2.2 Dobór kondensatorów

Na podstawie pomiarów i obliczeń wyznaczono wartości pojemności kondensatorów użytych do wzbudzenia maszyny indukcyjnej pracującej w stanie generatorowym. Wyznaczone pojemności kondensatorów były uzależnione od wartości uzyskanego napięcia. Optymalna wartość pojemności wyniosła 43,4  $\mu\text{F}$  dla każdej z faz, przy połączeniu w gwiazdę.

## 3. Pomiary laboratoryjne

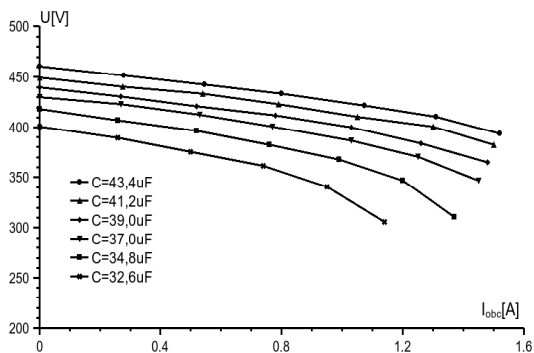
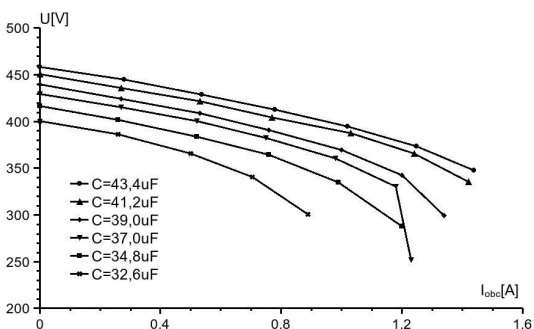
Poniżej zostały zamieszczone wyniki pomiarów i wyznaczone charakterystyki dla badanego generatora indukcyjnego. Sprawdzano pracę generatora wzbudzanego kondensatorami o różnych wartościach pojemności, dla pracy przy stałej częstotliwości lub stałej prędkości obrotowej. Jako napęd generatora użyty został silnik komutatorowy obcowzbudny, którego obwód twornika zasilany był z regulowanego źródła napięcia stałego. Obciążenie generatora indukcyjnego zrealizowano poprzez dołączenie zestawu żarówek. Schemat połączeń układu na rysunku 4.



Rys. 4. Schemat połączeń

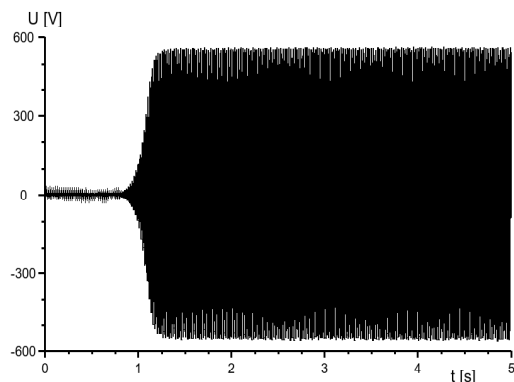
### 3.1 Charakterystyka $U(I_{obc})$

Poniżej zaprezentowano charakterystyki  $U(I_{obc})$  dla różnych pojemności kondensatorów wzbudzających dla pracy generatora ze stałą częstotliwością  $f=50\text{Hz}$  oraz pracy ze stałą prędkością obrotową  $n=1013\text{obr/min}$ .

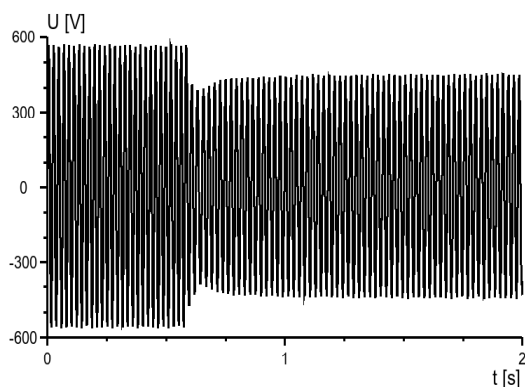
Rys. 5. Charakterystyka  $U(I_{obc})$  dla różnych pojemności kondensatorów wzbudzających przy stałej częstotliwości  $f=50\text{Hz}$ Rys. 6. Charakterystyka  $U(I_{obc})$  dla różnych pojemności kondensatorów wzbudzających przy stałej prędkości obrotowej  $n=1013\text{obr/min}$

### 3.2 Przebiegi czasowe

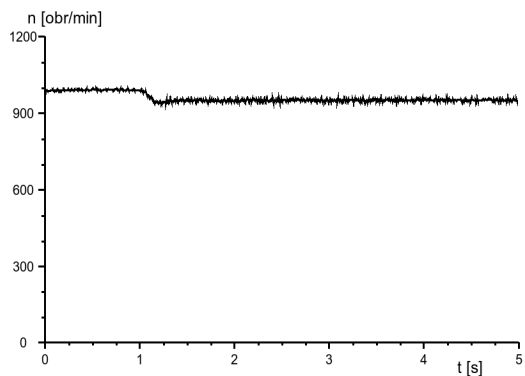
Poniżej zostały zaprezentowane przebiegi czasowe dla wzbudzenia się generatora, skokowego wzrostu obciążenia podczas pracy, skokowego spadku obciążenia podczas pracy oraz odwzbudzenia się generatora po załączeniu zbyt dużego obciążenia.



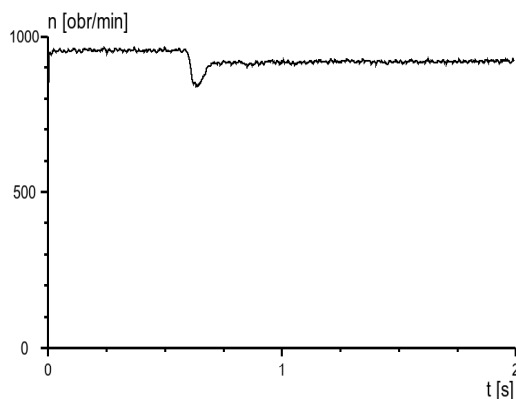
Rys. 7. Przebieg czasowy napięcia podczas wzbudzenia się generatora



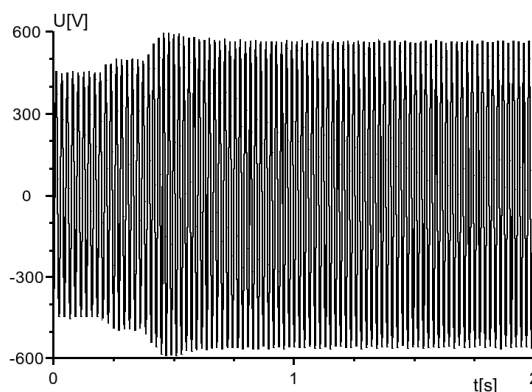
Rys. 8. Przebieg czasowy prędkości obrotowej podczas wzbudzenia się generatora



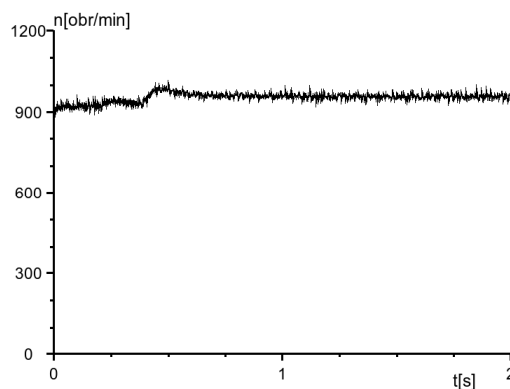
Rys. 9. Przebieg czasowy napięcia podczas skokowego wzrostu obciążenia generatora



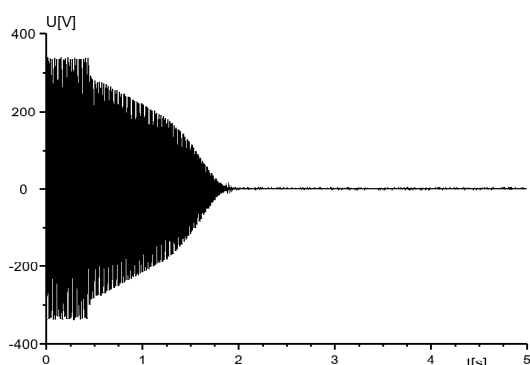
Rys. 10. Przebieg czasowy prędkości obrotowej podczas skokowego wzrostu obciążenia generatora.



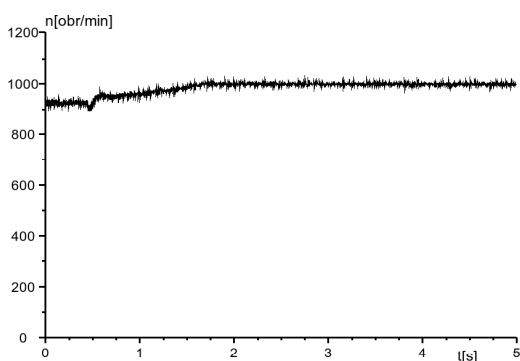
Rys. 11. Przebieg czasowy napięcia podczas skokowego spadku obciążenia generatora



Rys. 12. Przebieg czasowy prędkości obrotowej podczas skokowego spadku obciążenia generatora



Rys. 13. Przebieg czasowy napięcia podczas odzwbudzenia się generatora.



Rys. 14. Przebieg czasowy prędkości obrotowej podczas odzwbudzenia się generatora

#### 4. Podsumowanie

Na podstawie zaprezentowanych powyżej wyników badań laboratoryjnych można stwierdzić, że maszyna indukcyjna wzbudzana kondensatorami ma bardzo dobre własności podczas pracy generatorowej. Istnieje możliwość wykorzystania takiego generatora jako urządzenia wytwarzającego energię elektryczną w małej elektrowni wiatrowej lub wodnej. Dobierając odpowiednio baterię kondensatorów wzbudzających oraz układ napędowy można tak skonstruować układ sterowania, aby móc stabilizować parametry napięcia wyjściowego, takie jak amplituda oraz częstotliwość. Niewątpliwą zaletą jest również użycie jako generatora seryjnie produkowanego silnika indukcyjnego. Zaletą układu jest również automatyczne odzwbudzenie się generatora po przekroczeniu granicznej wartości obciążenia. W takiej sytuacji ponowne wzbudzenie się generatora jest możliwe po wyłączeniu obciążenia.

Zjawisko takie jest korzystne z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania urządzenia.

#### 5. Literatura

- [1]. Glinka T.: *Prądnica indukcyjna 1-fazowa*. Zeszyty Problemowe Maszyny Elektryczne nr 62, 2001, wyd. BOBRME Komel, s. 113-116.
- [2]. Glinka T., Kłapciński K., Jakubiec M.: *Prądnica asynchroniczna 3-fazowa z wydzielonym uzwojeniem wzbudzenia*. Zeszyty Problemowe Maszyny Elektryczne nr 62, 2001, wyd. BOBRME Komel, s. 117-121.
- [3]. Tarek A., Noro O., Matsuo K. Shindo Y., Nakaoka M.: *Wind Turbine Coupled Three-Phase Self-Excited Induction Generator Voltage Regulation Scheme with Static VAR Compensator Controlled by PI Controller*. Mat. Konf. Electrical Machines and Systems, ICEMS 2003, Chiny, s. 293 – 296.
- [4]. Orlewski W.: *Praca generatora asynchronicznego w sieci wydzielonej*. Mat. Konf. Współczesne Kierunki Rozwoju Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji, Kraków 2002, s. 179-180

#### Autorzy

Dr inż. Paweł Dybowski,  
Katedra Maszyn Elektrycznych, Wydział Elektrotechniki Automatyki Informatyki i Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. (012) 617-28-97, fax (012) 634-10-96, e-mail: dybowski@agh.edu.pl

Dr inż. Waław Orlewski,  
Katedra Maszyn Elektrycznych, Wydział Elektrotechniki Automatyki Informatyki i Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, tel. (012) 617-28-98, fax (012) 634-10-96, e-mail: orlewski@agh.edu.pl

*Publikację opracowano w ramach pracy własnej nr 10.10.120.556*