



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

LABORATORIUM ENERGOELEKTRONIKI

Robert Stala, Adam Penczek

**Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i
Inżynierii Biomedycznej
Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów
Przetwarzania Energii**

Kraków, AGH, 2016

- **SKŁAD**
- **KOMPETENCJE**
- **DYDAKTYKA – stan obecny i rozwój**
- **APARATURA**
- **BADANIA NAUKOWE**
- **AKTYWNOŚĆ**

Kierownik laboratorium: Robert Stala, dr hab. inż., (stala@agh.edu.pl),

Poprzedni kierownik laboratorium: Stanisław Piróg, prof. dr hab. inż.,

ZESPÓŁ LICZY 9 PRACOWNIKÓW I 2 DOKTORANTÓW

- - Zasilanie impulsowe SMPS dla szerokiego zakresu obciążeń,
- - Przekształtniki energoelektroniczne dla specyficznych źródeł i obciążeń,
- - Przekształtniki energoelektroniczne w układach DC-DC, DC-AC, AC-DC i AC-AC,
- - Sterowanie przekształtników impulsowych oraz regulacja cyfrowa (DSP, FPGA) analogowa systemów przekształcania energii,
- - Aplikacje tranzystorów Mosfet, IGBT, tyrystorów i WBG
- - Przekształtniki niskostratne i rezonansowe,
- - Przekształtniki wielopoziomowe dla dużych wartości napięć,
- - Napędy AC i DC, napędy przemysłowe, napędy trakcyjne, układy napędowe dla wirującego zasobnika energii,
- - Układy energoelektroniczne do poprawy jakości energii elektrycznej (kompensatory statyczne, filtry aktywne, prostowniki z sinusoidalnym prądem wejścia),
- - Układy wysokiej częstotliwości do nagrzewania indukcyjnego,
- - Układy impulsowe o dużym stałym współczynniku wzmocnienia,
- - **Szybka ewaluacja eksperymentalna testowych koncepcji i rozwiązań.**

CEL: NOWATORSKIE BADANIA NAUKOWE W ENERGOELEKTRONICE DLA CELÓW POZNAWCZYCH, PODNIESIENIA KOMPETENCJI I DOROBKU NAUKOWEGO

GŁÓWNE KIERUNKI BADAŃ:

- Przekształtniki rezonansowe.**
- Przekształtniki wielopoziomowe.**
- Przekształtniki wysokiej częstotliwości do nagrzewania indukcyjnego.**
- Napęd z silnikiem BLDC.**
- Wykorzystanie układów FPGA do sterowania i modelowania.**

Przykład – przekształtniki rezonansowe o przełączanych kondensatorach.



- **DOBRE PRZYGOTOWANIE (WYBÓR) TEMATYKI,**
- **DOBRE WYARTYKUŁOWANIE PROBLEMU**
- **DOBRZE PRZEPROWADZONE BADANIA ANALITYCZNE I SYMULACYJNE**
- **DOBRZE PRZYGOTOWANY I PRZEPROWADZONY EKSPERYMENT**



BADANIA NAUKOWE – WSPÓŁPRACA Z CZASOPISMAMI

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY - pe.org.pl/
(Prof. Stanisław Piróg, AGH - Rada Programowa)

ARCHIVES OF ELECTRICAL ENGINEERING (AEE) –
<http://www.aee.put.poznan.pl>
(Prof. Stanisław Piróg - Theme Editor)

POWER ELECTRONICS AND DRIVES (PED) - www.ped.pwr.edu.pl
(Prof. Stanisław Piróg - International Editorial Board
Robert Stala - Associate Editor)



AGH

SPRZĘT LABORATORYJNY

Przykładowe elementy wyposażenia:

ZASILACZE LABORATORYJNE

HE-LAB/HP 10600 – 10kW, 0-600V, 0-17A

Voltcraft 2403

...

OSCYLOSKOPY

- DPO4000

- DPO2000

- DPS2024

...

SONDY OSCYLOSKOPOWE

THDP0200

TCP0030A

TCP0150

...

APARATURA POMIAROWA

- HM8118 Hameg

- KAMERA TERMOWIZYJNA FLIR i60

Dydaktyka – plan prezentacji

- Stan bieżący
- Koncepcja prowadzenia dydaktyki
- Zapotrzebowanie
- Plan działań na lata 2015-2018



AGH

DYDAKTYKA – STAN BIEŻĄCY

- **WYKŁADY** (uzupełniane o wyniki prowadzonych badań naukowych)
- **OFERTA WIELU TEMATÓW DLA REALIZACJI SAMODZIELNYCH ĆWICZEŃ SYMULACYJNYCH I PROJEKTOWYCH**
- **OFERTA WIELU TEMATÓW DLA REALIZACJI ĆWICZEŃ DEMONSTRACYJNYCH,**
- **SAMODZIELNA REALIZACJA ĆWICZEŃ PRAKTYCZNYCH** (np. układy FPGA)
- **ZAJĘCIA W JĘZYKU ANGIELSKIM**
 - „Electroheat” w ramach Uczelnianej Bazy Przedmiotów w Językach Obcych
 - „Advanced Power Electronic Systems”, Specjalność Smart Grid
- **KOŁA NAUKOWE**
- **STUDIA PODYPLOMOWE**

ETAP 1 - Podstawy energoelektroniki

kurs podstawowy (5 i 6 semestr studiów 1 stopnia, (przedmioty Napęd elektryczny i Energoelektronika oraz Energoelektronika). Zajęcia obejmują podstawy energoelektroniki oraz zagadnienia związane z modelowaniem układów energoelektronicznych w środowisku MATLAB SIMULINK

ETAP 2 - Zaawansowane układy energoelektroniczne

kurs średniozaawansowany (7 semestr studiów 2 stopnia oraz studia 2 stopnia, przedmioty Zaawansowane Układy Energoelektroniczne, Advanced Power Electronics Systems, Laboratorium Problemowe, Projektowanie Układów Energoelektronicznych – wybrane zagadnienia)

ETAP 3 - Realizacja prac inżynierskich/magisterskich

Infrastruktura - stan bieżący

- **Zajęcia na dedykowanych stanowiskach laboratoryjnych**

Sala 012 i H05

1. Prostownik sterowany sześciopulsowy.
2. Komutacja w przekształtniku tyrystorowym.
3. Przemiennek częstotliwości.
4. Przetwornice napięcia stałego na stały DC/DC.
5. Przerywacz prądu stałego.
6. Napęd z przerywaczem prądu stałego.
7. Układ bezstykowego przekazu energii elektrycznej.
8. Pozyskiwanie energii elektrycznej z ogniw fotowoltaicznych.
9. Złożone układy przekształtnikowe.
10. Przekształtniki jednofazowe.
11. Sterownik mostków tyrystorowych (analogowy).
12. Łącznik prądu przemiennego.
13. Przekształtniki wielokomórkowe.
14. Oddziaływanie urządzeń małej mocy na linię zasilającą.
15. Nowoczesne układy zasilające lamp LED, żarowych i wyładowczych.
16. Prostownik z sinusoidalnym prądem źródła.
17. Prostownik tyrystorowy o zmniejszonym poborze mocy biernej
18. Wirujący zasobnik energii
19. Falownik fotowoltaiczny SunnyBoy TL5000

Sala 04

1. Stanowisko pomiaru temperatury i skalowania termometrów; wykorzystuje piec sylitowy.
2. Regulacja temperatury odbiorników rezystancyjnych; 3 różne odbiorniki rezystancyjne, regulator temperatury; regulacja dwustawna i ciągła.
3. Tranzystorowy półmostkowy szeregowy falownik napięcia do nagrzewania indukcyjnego, 10 kW, 50 kHz.
4. Tranzystorowy równoległy falownik prądu do nagrzewania indukcyjnego; 10 kW, 30 kHz.
5. Jednołącznikowy tranzystorowy falownik wielkiej częstotliwości z przełączaniem ZCS do nagrzewania indukcyjnego.
6. Falownik klasy E do nagrzewania indukcyjnego.
7. Kuchnia indukcyjna
8. Nagrzewanie mikrofalowe
9. Nagrzewanie elektrodowe
10. Jednofazowy model pieca łukowego z wizualizacją pracy
11. Stanowisko komputerowe do programowania sterowników PLC i implementacji różnych algorytmów regulacji temperatury
12. Sterowanie fazowe i impulsowe odbiorników rezystancyjnych.

W 2016 r. uzyskano dofinansowanie na modernizację i budowę 6 stanowisk laboratoryjnych.

Ćwiczenia laboratoryjne - stan bieżący

Opracowane ćwiczenia:

- Ponad 20 stanowisk laboratoryjnych,
- Symulacyjne, głównie dla programu MATLAB,
- Praktyczne z zestawami sprzętowymi FPGA – 20 ćwiczeń i SKTYPT AGH z 2012r

(Robert STALA, Marcin BASZYŃSKI, *Sterowanie i modelowanie przekształtników energoelektronicznych w układach FPGA* — [FPGA-based control and modelling of power electronic converter], Kraków: Wydawnictwa AGH, 2011, *Skrypty Uczelnie*, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie ; ISSN 0239-6114 ; SU 1723).

ŁĄCZNIE LABORATORIUM OFERUJE PONAD 60 TEMATÓW ĆWICZEŃ LABORATORYJNYCH



Obciążenie dydaktyczne

Średnie obciążenie dla pracowników naukowo-dydaktycznych i dydaktycznych z Laboratorium energoelektroniki (godziny z pracami dyplomowymi):

- 2013/14: 141% pensum dydaktycznego,
- 2014/15: 129% pensum dydaktycznego,
- 2015/16: 131% pensum dydaktycznego (plan)

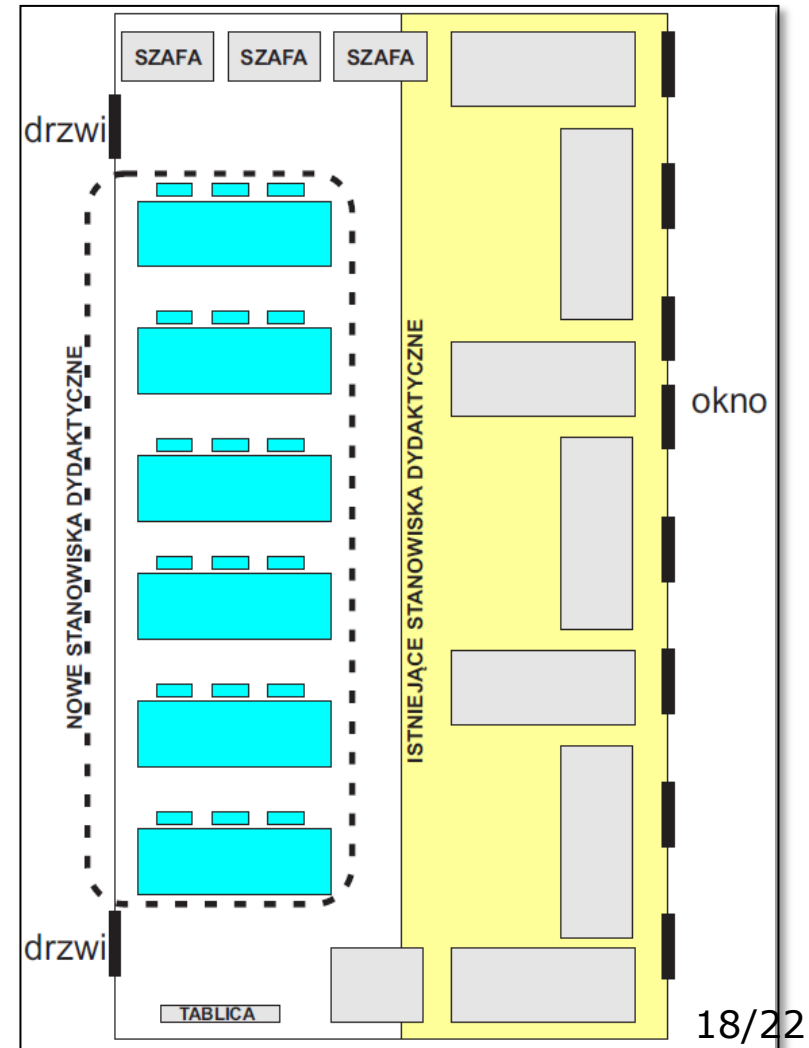
Wnioski o dofinansowanie w ramach dotacji projakościowej

Cel:

Budowa nowoczesnego laboratorium energoelektroniki umożliwiającego:

- Realizacja ćwiczeń z energoelektroniki polegających na samodzielnej pracy studentów w małych 2,3 osobowych grupach
- Udostępnianie laboratorium do realizacji prac dyplomowych magisterskich i inżynierskich
- Budowa nowych stanowisk
- Modernizacja istniejących stanowisk

- A. Budowa 6 stanowisk dydaktycznych w sali 012 B1
- B. Budowa 2 stanowisk dwuosobowych do realizacji praktycznych prac dyplomowych



Zadania do realizacja w ramach budowy Laboratorium Energoelektroniki

- **Remont Sali 012 oraz dostosowanie jej do wymogów prowadzenie zajęć laboratoryjnych w minimum 14 osobowej grupie studentów**
 - Prace remontowe – malowanie,
 - Modernizacja instalacji elektrycznej (niskonapięciowa sieć 3-fazowa prądu przemiennego, zwiększenie ilości tablic rozdzielczych)
 - Montaż rzutnika multimedialnego wraz z ekranem,
 - Instalacja lokalnej sieci Wi-Fi,
- **Wyposażenie do laboratorium**
 - Zakup 6 stołów laboratoryjnych wyposażonych w odpowiednie punkty przyłączenia sprzętu elektrycznego,
 - Zakup szafy na sprzęt laboratoryjny,
 - Zakup kompletu sprzętu laboratoryjnego do wyposażenia każdego ze stołów
 - (każdy stół powinien być wyposażony w: multimetr, oscyloskop wraz kompletem sond, generator funkcyjny, zasilacz laboratoryjny), komputer,
 - Zakup osprzętu specjalistycznego do realizacji ETAPU 2 i 3 kształcenia,
 - (stanowisko lutownicze + narzędzia i chemia, profesjonalny oscyloskop (minimum 300MHz i 4 kanały) wraz z kompletem profesjonalnych sond prądowych o napięciowych,
 - Zakup gotowych zestawów do ćwiczeń praktycznych z energoelektroniki (część zestawów może być zaprojektowana i wykonana własnym siłami),
- **Modyfikacja programu kształcenia na ETAPIE 1 i 3**
 - Modyfikacja programu zajęć laboratoryjnych w sposób pozwalający na samodzielną realizację ćwiczeń przez studentów,
 - Powiązanie programu zajęć projektowych z laboratoryjnymi
 - Zgłoszenie i realizacja praktycznych tematów prac inżynierskich i magisterskich,
 - Wprowadzenie nowej formy zajęć – konserwatorium – studenci mogą korzystać z laboratorium przy realizacji prac magisterskich i inżynierskich
- **Modernizacja stanowisk dydaktycznych demonstracyjnych wykorzystywanych na ETAPIE 2 kształcenia energoelektroniki**

Przykładowe zrealizowane projekty badawcze:

- Grant zamawiany „Elektromechaniczny wysokoobrotowy stacjonarny magazyn energii”**. Projekt zarejestrowany pod numerem: PBZ KBN 109/T102005.
- „Przekształtniki wielokomórkowe”**. Projekt zarejestrowany pod numerem: 3T10A05526.
- „Układ bezstykowego przekazu energii elektrycznej”**. Projekt zarejestrowany pod numerem: 4 T10A 061 22.
- „Modelowanie systemów fotowoltaicznych w układach FPGA”**, Projekt zarejestrowany pod numerem N N510389535.

Więcej informacji:

<http://www.keiaspe.agh.edu.pl/index.php/pl/com-finder/o-katedrze/laboratoria/energoelektroniki>

Wybrane publikacje:

1. S. Piróg: "Energoelektronika. Układy o komutacji sieciowej i o komutacji twardej", Akademia Górniczo-Hutnicza. *Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne*, Kraków, 2006. ISBN: 83-7464-034-0
2. R. Stala: "A natural DC-link voltage balancing of diode-clamped inverters in parallel systems", *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, vol. 60, pp. 5008-5018, 2013.
3. R. Stala: "Application of Balancing Circuit For DC-Link Voltages Balance In a Single-Phase Diode-Clamped Inverter With Two Three-level Legs", *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, vol. 58, pp. 4185-4195, Sept. 2011.
4. R. Stala: "The Switch-Mode Flying Capacitor DC/DC Converters With Improved Natural Balancing", *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, Vol. 57, April 2010, pp. 1369-1382.
5. R. Stala, S. Pirog, M. Baszynski, A. Mondzik, A. Penczek, J. Czekonski, S. Gasiorek: "Results of Investigation of Multicell Converters With Balancing Circuit-Part I", *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, Vol. 56, July 2009, pp. 2610-2619.
6. R. Stala, S. Pirog, A. Mondzik, M. Baszynski, A. Penczek, J. Czekonski, S. Gasiorek: "Results of Investigation of Multicell Converters With Balancing Circuit-Part II", *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, Vol. 56, July 2009, pp. 2620-2628.
7. A. Kawa, R. Stala, A. Mondzik, S. Piróg, A. Penczek, "High Power Thyristor-based DC-DC Switched-Capacitor Voltage Multipliers. Basic Concept And Novel Derived Topology with A Reduced Number of Switches.", *IEEE Transactions on Power Electronics*, (early access paper).
8. Baszynski, M.; Pirog, S., "A Novel Speed Measurement Method for a High-Speed BLDC Motor Based on the Signals From the Rotor Position Sensor," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol.10, no.1, pp.84-91, Feb. 2014. doi: 10.1109/TII.2013.2243740.
9. S. Piróg, R. Stala and Ł. Stawiarski: "Power electronic converter for photovoltaic systems with use of FPGA-based real-time modeling of single phase grid-connected systems", *Bulletin of The Polish Academy of Sciences, Technical Sciences*, Vol. 57, No. 4, 2009, pp. 345-354.
10. Piróg, R. Stala: "AC to DC Converter for Contactless Electrical Energy Transmission. Practical results", *10th European Conference on Power Electronics and Applications*, 2-4 September 2003 - Toulouse, France.
11. S. Piróg, M. Baszyński, A. Mondzik, A. Penczek, J. Czekoński, S. Gasiorek: "Stanowisko badawcze elektromechanicznego magazynu energii o mocy 100kW - The laboratory model of 100kW electromechanical energy storage system", *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 88, r. 2012, str. 181-186.
12. A. Penczek, A. Mondzik, T. Siostrzonek: "Three phase AC-line converter for the flywheel energy storage system", *Diffusion and Defect Data - Solid State Data. Pt. B, Solid State Phenomena*; ISSN 1012-0394. - 2009 vols. 147-149 s. 167-172. *Mechatronic Systems and Materials III* - Switzerland: Trans Tech Publications, cop. 2009.

Więcej informacji:

<http://www.keiaspe.agh.edu.pl/index.php/pl/com-finder/o-katedrze/laboratoria/energoelektroniki>

- **PRZEWIDYWANY DALSZY ROZWÓJ NAUKOWY I DYDAKTYCZNY**
 - nowe obszary badawcze – energoelektronika i napęd elektryczny,
 - artykuły,
 - podręczniki,
 - aplikacja o pozyskanie środków na badania naukowe