



**PRIORYTETOWY OBSZAR BADAWCZY  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

# **KONWERSJA I MAGAZYNOWANIE ENERGII**

**OFERTA WSPÓŁPRACY**



**UCZELNIA  
BADAWCZA**  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

**Politechnika  
Warszawska**



# OD KIEROWNIKA POB

Współcześnie ludzie nadal zaspokajają większość potrzeb energetycznych za pomocą paliw kopalnych. Oznacza to, że dołączamy do łańcucha przetwarzania energii na samym jego końcu, co oczywiście sprawia, że pozyskiwanie energii nie jest zbyt wydajne i odbywa się kosztem negatywnego wpływu na środowisko. Coraz większą część ponoszonych kosztów stanowią te związane z utratą zdrowia, ponieważ za liczne problemy zdrowotne mieszkańców miast odpowiada smog. Paliwa kopalne są problematyczne także ze względów bezpieczeństwa – uzależniają nas od krajów, które są bogate w surowce naturalne, takie jak ropa naftowa, gaz ziemny i węgiel. Powinniśmy robić to lepiej. Powinniśmy najszybciej jak to możliwe przejść na odnawialne i/lub zeroemisyjne źródła energii, włączając w to energię jądrową. Jednocześnie jednym z zielonych nośników energii, obok bardzo wygodnej energii elektrycznej, mógłby być wodór.

Inżynierowie są marzycielami, którzy sprawiają, że ich marzenia się spełniają. Nieustannie dążymy do realizacji ambitnych celów w zakresie pozyskiwania energii na jak najwcześniejszych etapach naturalnych łańcuchów konwersji. Prawdopodobnie szczytem tych wysiłków byłaby fuzja jądrowa przeprowadzona na Ziemi, w elektrowniach przyszłości. Trzymamy kciuki za ITER! Niemniej jednak już dzisiaj posiadamy wiele rozwiniętych technologii, które umożliwiają nam przekształcanie energii w użyteczne formy, zanim dochodzi do fotosyntezy. Są nimi elektrownie jądrowe, fotowoltaika i elektrownie wiatrowe. Żegnajcie ropo naftowa, węgłu i gązie ziemny! Nadchodzi koniec waszej ery.

Inny zestaw przełomowych rozwiązań technologicznych potrzebnych do tego, aby przejście na odnawialne źródła energii było w pełni możliwe, odpowiada na problemy związane z magazynowaniem energii. Wdrożeniu niespokojnych źródeł energii powinno towarzyszyć zwiększenie pojemności jej magazynowania. Również nasze systemy transportowe potrzebują mobilnych magazynów o wysokiej gęstości energii, efektywnych w wytwarzaniu oraz cechujących się odpowiednią trwałością, aby zelektryfikować przynajmniej cały system transportu drogowego i częściowo morskiego oraz lotniczego. Wiele z tych przełomów mamy już za sobą, np. akumulatory litowo-jonowe, by wymienić choć jeden z nich. Nadal jeszcze większy wysiłek jest niezbędny, aby przestawić się na takie materiały i technologie chemiczne w magazynach energii, których jest pod dostatkiem i które są dostępne z niewielką lub niemal żadną szkodą dla nas i środowiska.

Powiedziawszy to wszystko, chciałbym również podkreślić jeden kluczowy element większości (jeśli nie wszystkich) nowoczesnych systemów opartych w głównej mierze na energii elektrycznej jako bardzo wygodnym sposobie przesyłania energii. Proszę wybaczyć, jeśli będę stronniczy w tym miejscu, co może wynikać z faktu, że moja dotychczasowa praca naukowa była poświęcona sterowaniu w energoelektronice i napędach. Jak można się domyślić, uważam, że to właśnie energoelektronika powinna być szczególnie doceniona. Współczesna cywilizacja staje się zależna, w dobrym znaczeniu tego słowa, od przekształtników energoelektronicznych. Witaj, energoelektroniko! Nowa era już się zaczyna.

Niezależnie od tego, czy jest się inżynierem elektrykiem, specjalistą od elektromobilności, chemikiem, fizykiem, materiałoznawcą, automatykiem sterowania, przedsiębiorcą czy inną osobą zaangażowaną w rozwój lepszych systemów konwersji i magazynowania energii, trzeba mieć na uwadze, że Politechnika Warszawska obrała aktywność badawczą w tym obszarze za jeden z priorytetów. Mam wielką przyjemność oddać w Państwa ręce katalog przykładowych zespołów badawczych poświęcających całą swoją energię technologiom konwersji i magazynowania energii. Jesteśmy otwarci na poznanie Państwa perspektywy biznesowej i zapraszamy do współpracy!



**dr hab. inż. Bartłomiej Ufnalski**  
profesor uczelni  
**Kierownik POB: Konwersja**  
**i Magazynowanie Energii**

# SPIIS TREŚCI

## KONWERSJA I MAGAZYNOWANIE ENERGII

1

ZESPÓŁ BADAWCZY WODORU I OGNIW PALIWOWYCH str. 6  
prof. dr hab. inż. Jarosław Milewski

2

ZESPÓŁ BADAWCZY INTELLIGENT CONTROL GROUP  
AND RELIABILITY IMPROVEMENTS str. 8  
dr hab. inż. Marek Jasiński, prof. uczelni

3

ZESPÓŁ BADAWCZY NAPĘDÓW  
DETONACYJNYCH str. 10  
dr hab. inż. Jan Kindracki, prof. uczelni

4

ZESPÓŁ BADAWCZY MAGAZYNOWANIA  
I KONWERSJI ENERGII str. 12  
dr inż. Marta Kasprzyk

5

ZESPÓŁ BADAWCZY ŚMIGŁOWCÓW  
BEZZAŁOGOWYCH str. 14  
dr inż. Sebastian Topczewski

6

ZESPÓŁ BADAWCZY ZAAWANSOWANYCH METOD  
STEROWANIA ELEKTRYCZNYMI UKŁADAMI  
NAPĘDOWYMI str. 16  
dr hab. inż. Arkadiusz Kaszewski, prof. uczelni

7

ZESPÓŁ BADAWCZY TEDMENA str. 18  
dr inż. Adrian Chmielewski

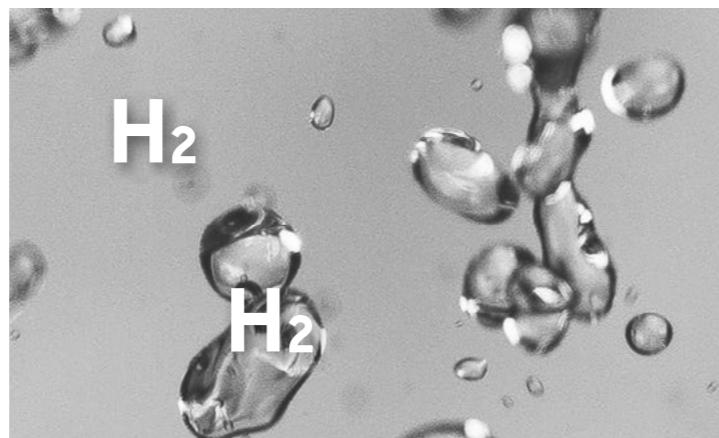
8

ZESPÓŁ BADAWCZY PRZETWARZANIA I ZARZĄDZANIA ENERGIĄ  
ELEKTRYCZNA str. 20  
dr inż. Sebastian Styński



# WODORU I OGNIW PALIWOWYCH

Zespół badawczy składa się z pracowników Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa PW oraz Wydziału Inżynierii Materiałowej PW. Dodatkowo partnerem przemysłowym jest spółka spin-off Politechniki Warszawskiej, Fuel Cell Poland. Obecnie Zespół realizuje kilka projektów badawczych, posiada kompetencje do opracowywania ekspertyz oraz patentowania wypracowywanych rozwiązań. Do przykładowych klientów Zespołu należą takie spółki jak Orlen, czy Tauron, itp.



## OBSZARY WSPÓŁPRACY Z INNYMI ZESPOŁAMI

- Certyfikacja ogniw paliwowych
- Certyfikacja ogniw fotowoltaicznych
- Certyfikacja akumulatorów
- Pomiary impedancyjne
- Pomiary składu gazów

## KONTAKT

prof. dr hab. inż. Jarosław Milewski  
tel. 22 234 52 07  
jaroslaw.milewski@pw.edu.pl  
<https://www.itc.pw.edu.pl>

## WYBRANE PROJEKTY

- Modular system based on Molten Carbonate Fuel Cells with tailored composite membranes designed for specific flue gas compositions oriented into CCS integration with an industrial power plant (POLNOR CCS2019, 2020–2023)
- Wysokosprawne węglanowe ogniwa paliwowe (Program Badań Stosowanych, NCBR, 2015–2018)
- TENNESSEE: Opracowanie przemysłowej konstrukcji węglanowych ogniw paliwowych oraz ceramicznych elektrolizerów dających możliwość integracji z instalacjami energetycznymi power-to-gas (Tauron Wytwarzanie, Program Badawczy Sektora Elektroenergetyki, NCBR, 2018–2023)
- Nowy model protonowego ceramicznego ogniwa paliwowego (SOFC) oparty na parametrach zredukowanych (OPUS, NCN, 2017–2020)
- Innowacyjne węglowo-ceramiczne materiały kompozytowe jako technologie wychwytu i utylizacji CO<sub>2</sub> dla zrównoważonej energetyki (współpraca polsko-tajwańska, NCBR, 2017–2020)

## WYBRANE PATENTY

- Instalacja do separacji dwutlenku węgla oraz recyrkulacji paliwa dla ogniw MCFC, PL Patent Pat.236053, 2020
- Sposób regeneracji elektrolitu węglanowego ogniwa paliwowego, PL Patent Pat.234555, 2019
- Stanowisko do pomiarów elektrochemicznych w środowisku stopionych soli w warunkach wysokotemperaturowych, PL Patent P.421492, 2019

## WYBRANE ZGŁOSZENIA PATENTOWE

- Cathode with multi functional layer for Molten Carbonate Fuel Cells [Katoda węglanowego ogniwa paliwowego z warstwą wielofunkcyjną], PL Patent App. P.430869
- Sealing for high temperature fuel cells [Uszczelnienie wysokotemperaturowych ogniw paliwowych], PL Patent App. P.422085

## GŁÓWNA INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- Stanowisko do badań wysokotemperaturowych ogniw paliwowych
- Stanowisko do pomiarów spektroskopii impedancyjnej
- Chromatograf gazowy
- Mikroskop optyczny do analizy powierzchni
- Piec o kontrolowanej atmosferze
- Młyny kulowe
- Tape caster
- Mieszalniki próżniowe

# INTELLIGENT CONTROL GROUP AND RELIABILITY IMPROVEMENTS



Zespół pracowników i studentów Wydziału Elektrycznego PW realizował projekty dotyczące przetwarzania i magazynowania energii w ramach współpracy z przemysłem (m.in. APATOR, TRUMPF, TWERD, Wave-Dragon) i z zagranicznymi ośrodkami badawczymi (m.in. Aalborg, Aachen, Doha, Taiwan). Jego prace dotyczą modułowych przekształtników energii (PEBB). Takie urządzenia są bardzo szeroko wykorzystywane.

Dzięki wyposażeniu w inteligentne oprogramowanie sterujące i moduły komunikacyjne, np. sieć 5G/6G, idealnie nadają się do przydomowych instalacji fotowoltaicznych i stacji ładowania. Zakład Elektroniki Przemysłowej pod kierownictwem dr. hab. inż. Marka Jasińskiego, prof. uczelni, prowadzi działalność naukową związaną ze sterowaniem przekształtnikami energii elektrycznej AC-DC, DC-DC, DC-AC, wykorzystując nowoczesne łączniki energoelektroniczne z węgla krzemu (SiC) i azotku galu (GaN). Inteligentne oprogramowanie zapewnia wysoką jakość energii elektrycznej, skuteczne magazynowanie i sterowanie przepływem energii.

## WYBRANE OSIĄGNIĘCIA

- Grade II award of Rector of the Warsaw University of Technology, for Habilitation, 2020
- IEEE Young Professionals Hall of Fame Award for Industrial Electronics Society, 2019
- The first prize for scientific and technical achievements of the Prime Minister (Poland) in 2017 for modern power electronic converters for renewable energy sources and the mining industry, 2017

## GŁÓWNA INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- Laboratoria energoelektroniki specjalizujące się w najnowszych technologiach przetwarzania i magazynowania energii elektrycznej
- Specjalistyczne zasilacze emulujące źródła energii odnawialnej AC i DC, np. PV, turbiny wiatrowe, turbiny wodne
- Najwyższej klasy aparatura pomiarowa, np. oscyloskopy, analizatory mocy, komora kalorymetryczna, sondy prądowe i napięciowe
- Środowiska symulacyjne SABER, Matlab, Plecs
- Układy do szybkiego prototypowania i badań HiL, np. dSPACE

## WYBRANE PROJEKTY

- Przekształtnikowy moduł mocy do uniwersalnego (AC-DC, DC-AC, DC-DC) w pełni modułowego systemu przekształcania energii wykorzystującego najnowsze technologie szerokoprzerwowych łączników mocy (SiC/GaN) oraz komunikacyjnych (5G/6G) (ENERGYTECH-1, Politechnika Warszawska, 2020–2022)
- Smart Integrated Modular Energy System – power electronic building blocks for DC microgrids with renewable generation and energy storage – SIMES (Mazovian Track, NCBR, 2020–2023)
- High efficiency and high-power density bidirectional DC-DC converters – HPBCEV (7TH bilateral Polish-Taiwanese bilateral conquest 2019, NCBR, 2020–2023)
- Smart multilevel Power conditioning for AeRonautical elecTricAI uNits – SPARTAN (H2020 UE, 2019–2022)

## WYBRANE PUBLIKACJE

- Baba S., Bachman S., Jasinski M., Li H., Evaluation of Modular Power Converter Integrated with 5G Network (2021), Energies, 14, 7355, DOI: <https://doi.org/10.3390/en14217355>
- Piasecki S., Zaleski J., Jasinski M., Bachman S., Turzyński M. (2021), Analysis of AC/DC/DC Converter Modules for Direct Current Fast-Charging Applications, Energies, 14(19), 6369, DOI: <https://doi.org/10.3390/en14196369>
- Baba S., Gieraltowski A., Jasinski M. T., Blaabjerg F., Bahman A. S., Zelechowski M. (2020), Active Power Cycling Test Bench for SiC Power MOSFETs – Principles, Design and Implementation. In: IEEE Transactions on Power Electronics, DOI: 10.1109/TPEL.2020.3018535

## WYBRANE PATENTY

- AC-DC Grid converter control method with bidirectional energy flow, PAT.226667, 2016
- Control circuit of AC-DC-AC converter, PAT.223775, 2014

## OBSZARY WSPÓŁPRACY Z INNYMI ZESPOŁAMI

- Zaawansowane metody sterowania przekształtnikami sieciowymi
- Kompensacja wpływu zapadów napięcia sieci na pracę przekształtnika energii elektrycznej
- Minimalizacja negatywnego wpływu urządzeń energoelektronicznych na system elektroenergetyczny
- Modelowanie niezawodności urządzeń energoelektronicznych
- Prace w zakresie sterowania przekształtnikami energii elektrycznej AC-DC, DC-DC, DC-AC
- Prowadzenie interdyscyplinarnych projektów badawczych oraz dydaktycznych w zakresie pozyskiwania energii z OZE (np. PV, farmy wiatrowe i falowe off-shore)
- Integracja rozproszonych źródeł energii z systemem elektroenergetycznym

## KONTAKT

dr hab. inż. Marek Jasiński,  
prof. uczelni  
tel. 22 234 76 15  
marek.jasinski@pw.edu.pl  
<https://www.isep.pw.edu.pl/zep>



# NAPĘDÓW DETONACYJNYCH



Członkowie Zespołu prowadzą badania związane z detonacją gazową oraz jej zastosowaniem w budowie napędów lotniczych i kosmicznych oraz innymi zastosowaniami stacjonarnymi. Przeprowadzone badania udokumentowano licznymi publikacjami z tego zakresu na przestrzeni ostatnich 15 lat. Związane były one głównie z badaniami podstawowymi wirującej detonacji, a także jej zastosowaniem do budowy napędów lotniczych i raketowych. W tym czasie zrealizowano liczne projekty związane z tą tematyką.

## KONTAKT

dr hab. inż. Jan Kindracki, prof. uczelni

tel. 22 234 52 17

jan.kindracki@pw.edu.pl

<https://www.itc.pw.edu.pl/Pracownicy/Badawczo-dydaktyczni/Kindracki-Jan>

## OBSZARY WSPÓŁPRACY Z INNYMI ZESPOŁAMI

- Spalanie i detonacja
- Zastosowanie wirującej detonacji do budowy napędów
- Zastosowanie wirującej detonacji do budowy generatorów na bazie zielonego wodoru

## WYBRANE PROJEKTY

- Badania eksperymentalne komory spalania z wirującą detonacją do napędu turbiny gazowej (SONATA, NCN, 2013–2016)
- Silnik turbinowy z detonacyjną komorą spalania (POIG, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Instytut Lotnictwa, 2010–2014)
- Badania eksperymentalne wirującej detonacji w komorze zasilanej mieszaniną hybrydową (projekt własny, NCN, 2009–2012)
- Symulacje numeryczne procesu detonacji w silniku wykorzystującym wirującą detonację (współpraca bilateralna Polska-Singapur, NCBR, 2006–2009)
- Badania modelowe silnika odrzutowego o ciągłym spalaniu detonacyjnym (projekt własny, Ministerstwo Nauki i Informatyzacji, 2005–2008)

## WYBRANE PUBLIKACJE

- Kindracki J., Wacko K., Woźniak P., Siatkowski S., Mężyk Ł. (2020), Influence of Gaseous Hydrogen Addition on Initiation of Rotating Detonation in Liquid Fuel–Air Mixtures. *Energies*. 13(19), 5101, DOI: <https://doi.org/10.3390/en13195101>
- Kindracki J., Siatkowski S., Łukasik B. (2020), Influence of Inlet Flow Parameters on Rotating Detonation. *AIAAJ*, 58(12), 5046–5051, DOI: [doi/abs/10.2514/1.J058152](https://doi.org/10.2514/1.J058152)
- Kindracki J. (2015), Experimental research on rotating detonation in liquid fuel–gaseous air mixtures. *Aerospace Science and Technology*, 43, 445–453, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ast.2015.04.006>
- Kindracki J. (2014), Study of detonation initiation in kerosene–oxidizer mixtures in short tubes. *Shock Waves*, 24, 603–618, DOI: 10.1007/s00193-014-0519-2
- Kindracki J. (2013), Analysis of the experimental results of the initiation of detonation in short tubes with kerosene oxidizer mixtures. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26, 1515–1523, DOI: 10.1016/j.jlp.2013.09.003
- Kindracki J., Wolanski P., Gut Z. (2011), Experimental research on the rotating detonation in gaseous fuels–oxygen mixtures. *Shock Waves*, 21, 75–84, DOI: 10.1007/s00193-011-0298-y
- Hu M., Xiaosong W., Kindracki J., Chenglong Y., Li D. (2016), Three-Dimensional Numerical Simulation of Rotating Detonation Engine with Separate Injection. *Journal of Combustion Science and Technology*, 22(1), 9–14 (in Chinese)

## GŁÓWNA INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- Rury detonacyjne
- Zestaw szybkich czujników firmy Kistler, PCB
- Karty pomiarowe firmy NI (USB, PXI)
- Oprogramowanie własne do akwizycji danych

ZESPÓŁ BADAWCZY

# MAGAZYNOWANIA I KONWERSJI ENERGII



## GLÓWNA INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- Drybox – M-Braun (klasa czystości < 1ppm H<sub>2</sub>O) wraz z zaciskarką do ogniw CR2032
- DSC (differential scanning calorimeter) – TA Q200 firmy TA Instruments – do badania przemian fazowych
- VMP3 – multipotencjostat galwanostat firmy Bio-Logic
- Spektrometry: FT-IR i Ramana
- Automatic film applicator – urządzenie do wytwarzania cienkich warstw
- Suszarka próżniowa z kontrolerem próżni – do dosuszania i oczyszczania
- Kriostat (zakres temperatur od -30°C do 80°C)
- Cykler do testowania ogniw – sprzęt wielokanałowy

Zespół Magazynowania i Konwersji Energii (dawny Polymer Ionics Research Group) od lat pracuje nad sposobami magazynowania energii w ogniwach litowo- oraz sodowo-jonowych, a także Li-S.

Zespół posiada szerokie doświadczenie w syntezie nowych materiałów (soli, dodatków, specjalistycznych mieszanin rozpuszczalników itp.). Tworzone i badane są zarówno elektrolity, jak i elektrody według wypracowanych przez Zespół procedur. Opracowywane są układy ogniw do zastosowania w wymaganych warunkach, np. temperaturowych. Szeroki wybór materiałów (w tym przyjaznych środowisku) pozwala na dostosowanie układu do konkretnych potrzeb. W ramach Zespołu są tworzone i badane również pełne ogniwa guzikowe (typ CR2032). Zespół może być partnerem przy opracowaniu nowych układów. Członkowie Zespołu uzyskali liczne patenty oraz są autorami wielu publikacji z zakresu magazynów energii.

## WYBRANE PROJEKTY

- ASTRABAT (Horyzont 2020, UE, 2020–2023)
- BIG-MAP (Horyzont 2020, UE, 2020–2023)
- MOGLiS (M-ERA.NET2, NCN, od roku 2020)
- wiele innych

## WYBRANE PATENTY

- Sole do elektrolitów do ogniw galwanicznych, zwłaszcza litowo-jonowych i sodowo-jonowych oraz sposób ich otrzymywania, PL232856, 2019
- Mieszaniny rozpuszczalników organicznych, zwłaszcza do ogniw galwanicznych, oraz elektrolity do ogniw galwanicznych, PL232931, 2019
- Mieszaniny rozpuszczalników do zastosowań przemysłowych, zwłaszcza w ogniwach galwanicznych, zastosowanie mieszanin rozpuszczalników do wytwarzania elektrolitów oraz elektrolity do ogniw galwanicznych, PL232679, 2019
- Sole do elektrolitów do ogniw galwanicznych, zwłaszcza litowo-jonowych, oraz sposób ich otrzymywania, PL227209, 2017
- Sole do elektrolitów do ogniw galwanicznych, zwłaszcza litowo-jonowych, oraz sposób ich otrzymywania, PL 230305, 2018
- Sposób otrzymywania materiału katodowego  $\text{LiNi}_{0.6}\text{Mn}_{0.2}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ , PL238688, 2019
- Sel d'anion pentacyclique et son utilisation comme electrolyte, FR2935382
- Pentacyclic anion salt and use thereof as an electrolyte, WO2010023413, CN102264926 (2014-06-25), EP2334831 (2015-01-06), JP5469668 (2015-01-06), US8927160 (2015-01-06)

## OBSZARY WSPÓŁPRACY Z INNYMI ZESPOŁAMI

- Opracowanie nowych źródeł energii do przenośnych urządzeń lub do implantów
- Prace w zakresie nowych materiałów do magazynowania energii
- Prace w zakresie wykorzystania nowych układów ogniw do urządzeń diagnostycznych, np. pracujących w szczególnie niskich temperaturach
- Prace nad ogniwami, które są zbudowane ze znacznie mniej toksycznych czy niebezpiecznych materiałów, by chronić pacjentów i środowisko

Partnerami mogą być wszystkie zespoły, które poszukują stabilnych i niezawodnych źródeł zasilania do swoich urządzeń.

## KONTAKT

dr inż. Marta Kasprzyk

tel. 22 234 74 21

marta.kasprzyk@pw.edu.pl

<http://pirg.ch.pw.edu.pl>

#ŹRÓDŁA ZASILANIA #ŹRÓDŁA ENERGII #OGNIWA #AKUMULATORY #BATERIE #ELEKTROLITY #ELEKTRODY #MAGAZYN ENERGI



ZESPÓŁ BADAWCZY

# ŚMIGŁOWCÓW BEZZAŁOGOWYCH



Zespół badawczy śmigłowców bezzałogowych posiada doświadczenie w zakresie dynamiki, aerodynamiki i modelowania ruchu śmigłowców (załogowych i bezzałogowych, a także innych statków powietrznych), automatycznego sterowania, nawigacji, układów wykonawczych, planowania trasy lotu oraz napędu elektrycznego. Składa się z pracowników Zakładu Automatyki i Osprzętu Lotniczego Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa PW oraz Zakładu Napędu Elektrycznego Wydziału Elektrycznego PW. Umiejętności Zespołu zostały potwierdzone oraz są cały czas poszerzane podczas realizacji projektów badawczych.

## OBSZARY WSPÓŁPRACY Z INNYMI ZESPOŁAMI

- Modelowanie ruchu statków powietrznych (załogowych i bezzałogowych)
- Nawigacja
- Sterowanie automatyczne
- Napęd elektryczny i hybrydowy

## KONTAKT

dr inż. Sebastian Topczewski  
tel. 22 234 59 81  
sebastian.topczewski@pw.edu.pl  
<https://www.meil.pw.edu.pl/zaiol>

## WYBRANE PROJEKTY

- Optymalizacja zużycia energii bezzałogowego śmigłowca z napędem elektrycznym podczas wykonywania zadań startu, przelotu po zadanej trasie i lądowania (HELINERGY) (ENERGYTECH-2, Politechnika Warszawska, 2021–2022)
- Modification of an optionally piloted helicopter for maritime mission performance (HELMARIS) (NCBR, INNOLOT, 2017–2020)
- Affordable Digital Fly-By-Wire Control System for Small Commercial Aircraft (ADFCS II) (5PR UE, 2002–2004)
- New Aircraft Concepts Research (NACRE) (6 PR UE, 2005–2009)
- New Track Integrated Electrical Single Flap Drive System (NEFS) (6 PR UE, 2007–2011)
- Novel Innovative Competitive Effective Tilt Rotor Integrated Project (NICE-TRIP) (6 PR UE, 2006–2013)
- Advanced Cockpit for Reduction of Stress and Workload (ACROSS) (7 PR UE, 2013–2016)
- Metodyka syntezy systemu sterowania statkiem powietrznym z uwzględnieniem sytuacji podwyższonego ryzyka (MYSTERY) (PBS, NCBR, 2013–2016)
- Optimization of Unmanned System of Systems (OpUSS) (Lockheed Martin, 2013–2015)
- Napęd hybrydowy wykorzystujący ogniwa paliwowe lekkiego statku powietrznego (PBS, NCBR, 2015–2018)

## GŁÓWNA INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- Kompletnie śmigłowce bezzałogowe
- Czujniki nawigacyjne (GPS/INS, magnetometry)
- Komputery sterujące, autopiloty
- Specjalne oprogramowanie służące do modelowania ruchu śmigłowców FLIGHTLAB
- Oprogramowanie Matlab/Simulink
- Dostęp do lotniska w Przasnyszu (woj. mazowieckie)
- Dostęp do tuneli aerodynamicznych
- Dostęp do laboratoriów badawczych napędów elektrycznych





ZESPÓŁ BADAWCZY

# 6 ZAAWANSOWANYCH METOD STEROWANIA ELEKTRYCZNYMI UKŁADAMI NAPĘDOWYMI



## GŁÓWNA INFRASTRUKTURA BADAWCZA

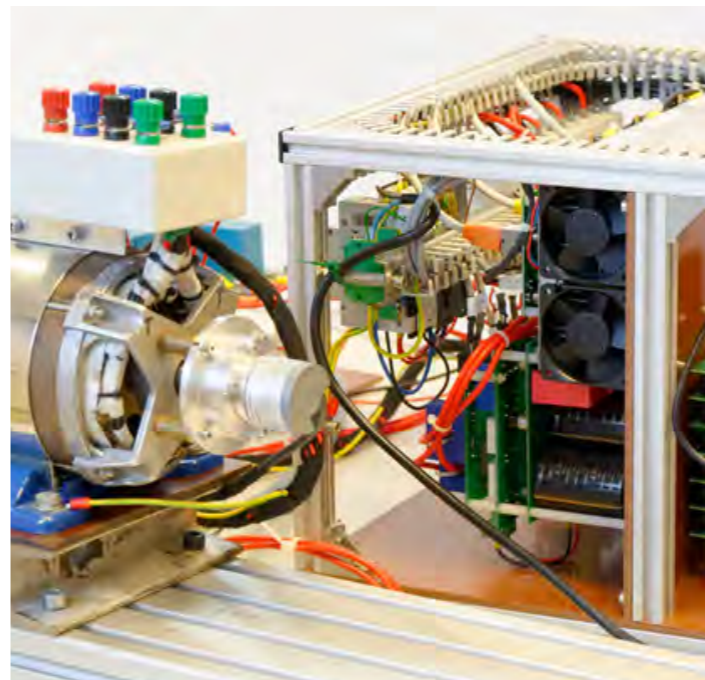
- Laboratorium napędu elektrycznego Wydziału Elektrycznego PW
- Platforma hardware-in-the-loop przeznaczona do analizy układów przekształtnikowych
- Oscyloskopy cyfrowe wraz z sondami prądowymi do 150 A i izolowanymi sondami napięciowymi 1 kV

Zespół zajmuje się prowadzeniem prac badawczo-rozwojowych w zakresie specjalizowanych układów napędowych. Może pochwalić się osiągnięciami w zakresie projektowania zaawansowanych metod sterowania dla układów napędowych, w tym regulatorów sprzężeniem od wektora stanu, regulatorów neuronowych, regulatorów rozmytych czy regulatorów nieliniowych. Ponadto posiada duże doświadczenie w projektowaniu specjalizowanych układów napędowych z silnikiem elektrycznym, w tym maszyn elektrycznych, przekształtników energoelektronicznych, układów pomiarowych, sterowników mikroprocesorowych. Szczególny obszar zainteresowań Zespołu stanowią układy napędowe pojazdów elektrycznych.

W ostatnich latach członkowie Zespołu realizowali projekty badawczo-rozwojowe związane z opracowaniem układu napędowego miejskiego pojazdu elektrycznego oraz napędu powierzchni sterowych pocisków raketowych.

## WYBRANE PROJEKTY

- ECO-Mobilność (POIG, NCBR, 2009–2014)
- Rozwój technologii układów wykonawczych sterowania dla rakiet (Program na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, NCBR, Mesko, 2017–2019)



## KONTAKT

dr hab. inż. Arkadiusz Kaszewski, prof. uczelni

tel. 22 234 74 15

arkadiusz.kaszewski@pw.edu.pl

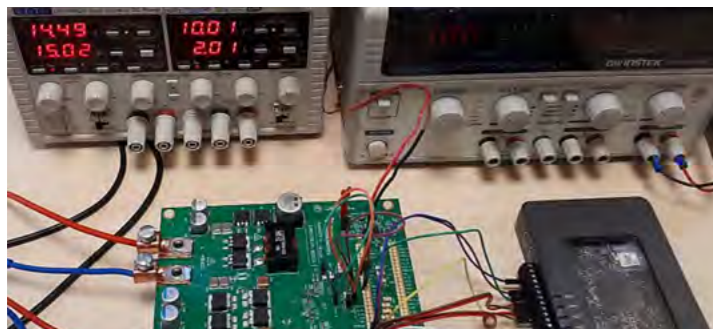
<https://www.isep.pw.edu.pl/index.php/ZNE>

## OBSZARY WSPÓŁPRACY Z INNYMI ZESPOŁAMI

- Opracowanie układów napędowych pojazdów elektrycznych
- Rozwój algorytmów sterowania wielosilnikowymi pojazdami elektrycznymi i hybrydowymi (np. zarządzanie dystrybucją momentów napędowych, kontrola sił hamowania, kontrola poślizgu kół napędowych)
- Opracowanie specjalizowanych układów napędowych do zastosowań specjalnych (np. wymagane nietypowe gabaryty podzespołów, specjalne warunki pracy itp.)
- Opracowania układów sterowania dla nietypowych silników napędowych (np. maszyny 2/6-ciofazowe, silniki liniowe, silniki reluktancyjne itp.)
- Opracowania układów napędowych o wymaganej wysokiej precyzji sterowania lub wysokiej dynamice regulacji (np. głowice pozycjonujące, stery aerodynamiczne, obrabiarki numeryczne, siłowniki elektryczne)

Zespół podejmuje się współpracy z przedsiębiorstwami z sektora prywatnego i wojskowego poszukującymi zarówno wsparcia przy rozwoju własnych produktów, jak i opracowania nowych rozwiązań.

# TEDMENA – ZESPÓŁ TECHNIK EKSPLOACJI DANYCH W MAGAZYNACH ENERGII I NAPĘDACH ALTERNATYWNYCH



Zespół badawczy składa się z pracowników Wydziału SiMR PW oraz Wydziału Mechatroniki PW. Partnerem strategicznym Zespołu jest Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych. W zakresie technik magazynowania i przetwarzania energii Zespół współpracuje także z Wydziałem MEiL PW, Instytutem Energetyki w Warszawie, CENT UW oraz Fundacją WWF Polska.

Główne obszary zainteresowań badawczych Zespołu to: techniki eksploracji danych w magazynach energii oraz napędach alternatywnych, automatyczne systemy akwizycji, przetwarzania i agregacji danych oraz alternatywne, zeroemisyjne źródła energii elektrycznej.

Obecnie Zespół realizuje projekt w ramach konkursu POB ENERGYTECH-1 na PW pt. „Badania eksperymentalne oraz modelowanie hybrydowych magazynów energii do zastosowań w układach napędowych pojazdów oraz urządzeniach generacji rozproszonej z wykorzystaniem metod adaptacyjnych, analitycznych i uczących” w składzie: dr inż. Adrian Chmielewski, mgr inż. Krzysztof Bogdziński, dr inż. Jakub Możaryn (Instytut Automatyki i Robotyki WM PW) oraz dr inż. Piotr Piórkowski, prof. uczelni. Metodyki wykorzystywane w projektach to Agile i PRINCE2.

## GLÓWNA INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- Autorskie stanowiska do badania komponentów magazynów energii oraz napędów alternatywnych
- Komora klimatyczna o objętości powyżej 1,5 m<sup>3</sup>
- Sprzęt NI (cDAQ, karty pomiarowe etc.)
- Texas Instruments, sterowniki Siemens, SCADA etc.
- Oprogramowanie specjalistyczne: Matlab, R, C/C++, JAVA, JavaScript, LabVIEW, ANSYS, LS DYNA, Python, CATIA, SolidWorks

## KONTAKT

dr inż. Adrian Chmielewski  
tel. 22 234 81 18  
adrian.chmielewski@pw.edu.pl  
<http://www.simr.pw.edu.pl/Instytut-Pojazdow-i-Maszyn-Roboczych/Struktura/Zaklad-Napedow-Wielozrodlowych>

## WYBRANE PUBLIKACJE

- Chmielewski A. et al. (2016), Aspects of balanced development of RES and distributed micro cogeneration use in Poland: case study of a  $\mu$ CHP with Stirling engine. Elsevier Renewable & Sustainable Energy Reviews, 60, 930–952
- Chmielewski A., Możaryn J., Piórkowski P., Dybała J. (2021), Comparison of hybrid recurrent neural networks and dual-polarization models of valve regulated lead acid battery. International Journal of Energy Research, 45/2, 2560–2580
- Piórkowski P., Chmielewski A., Bogdziński K., Możaryn J., Mydłowski T. (2018), Research on Ultracapacitors in Hybrid systems: Case Study. Energies, 2018, 11, 2551
- Chmielewski A., Możaryn J., Piórkowski P., Bogdziński K. (2018), Comparison of NARX and Dual Polarization models for estimation of the VRLA battery charging/discharging dynamics in pulse cycle. Energies, 2018, 11(11), 3160
- Chmielewski A., Gumiński R., Bogdziński K., Szulim P., Mączak J., Możaryn J., Piórkowski P. (2019), Model based research on electrochemical battery connected with 3 diodes model of PV module – selected properties. International Journal of Structural Stability and Dynamics, 19/5, 1941005
- Chmielewski A., Gumiński R., Mączak J. (2017), Selected properties of the dynamic model of the piston–crankshaft assembly in Stirling engine combined with the thermodynamic submodel. International Journal of Structural Stability and Dynamics, 17/5, 1740009 (25 pages), DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S0219455417400090>

## WYBRANE OSIĄGNIĘCIE

- Wdrożenie w działalności własnej firmy Prosperita zabudów modułowych opartych na materiałach zmiennofazowych w pojazdach elektrycznych typu Camper, 2018

## WYBRANE PROJEKTY

- Opracowanie publikacji dotyczącej dostępnych oraz przyszłych form magazynowania energii (Fundacja WWF Polska, 2019–2020)
- Badania eksperymentalne oraz modelowanie hybrydowych magazynów energii do zastosowań w układach napędowych pojazdów oraz urządzeniach generacji rozproszonej z wykorzystaniem metod adaptacyjnych, analitycznych i uczących (POB ENERGYTECH-1, Politechnika Warszawska, 2020–2021)
- Autorski system budownictwa socjalnego (An original system of social housing) (RPO WM, UE, 2016–2018)

## OBSZARY WSPÓŁPRACY Z INNYMI ZESPOŁAMI

- Hybrydowe układy magazynowania energii przeznaczone do zastosowań w napędach alternatywnych oraz urządzeniach generacji rozproszonej



# PRZETWARZANIA I ZARZĄDZANIA ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ

W skład Zespołu wchodzi pracownicy Zakładu Elektroniki Przemysłowej Instytutu Sterowania i Elektroniki Przemysłowej Wydziału Elektrycznego PW. Główne kierunki działalności badawczej Zespołu obejmują: sterowanie i modulację w przekształtnikach energoelektronicznych wielopoziomowych jedno- i wielofazowych, odporność układów energoelektronicznych na zaburzenia występujące w sieci elektroenergetycznej, sprzęgi energoelektroniczne pomiędzy odnawialnymi źródłami energii, magazynami energii i ogniwami paliwowymi a siecią elektroenergetyczną, układy do poprawy jakości energii elektrycznej oraz transformatory energoelektroniczne/hybrydowe.

W przeciągu ostatnich 10 lat Zespół zrealizował kilkanaście projektów badawczych, w tym w ramach współpracy międzynarodowej. Tematyka i zakres prowadzonych badań podstawowych dotyczą aktualnych problemy i wyzwania, jakie stawia z jednej strony rozwój cywilizacyjny, rozwój techniki, a z drugiej – rosnąca świadomość ekologiczna społeczeństwa. Zespół stara się, aby opracowywane rozwiązania wychodziły naprzeciw potrzebom rynkowym i odpowiadały na problemy, z jakimi borykają się przedsiębiorcy. Miarą sukcesu jest to, że w znamienitej większości znajdują one dalsze zastosowanie w przemyśle i przekładają się na sukces komercyjny firm. Wdrażane do produkcji rozwiązania, będące efektem prac Zespołu, były wielokrotnie wyróżniane i nagradzane przez niezależne podmioty i instytucje. Były to dotychczas zarówno rozwiązania własne Zespołu, jak i prowadzone na zlecenie firm prace B+R. Zespół może dostarczyć rozwiązania spełniające normy i gotowe do wdrożenia do produkcji. Może również pomóc w pozyskaniu środków na sfinansowanie prac B+R.

Oprócz nowatorskich badań naukowych celem Zespołu jest wysokiej jakości kształcenie na wszystkich stopniach studiów. Każda praca dyplomowa powiązana jest z aktualnie prowadzonymi badaniami naukowymi czy też realizowana jest w ramach prowadzonych projektów. Dzięki temu studenci nabywają wiedzę i aktualne kompetencje potrzebne na rynku pracy. Ponad 90% absolwentów w przeciągu 3 miesięcy od zakończenia studiów podejmuje pracę w zawodzie, a ich umiejętności są cenione przez pracodawców. Dodatkową miarą jakości prowadzonych przez nich prac jest to, że regularnie zostają laureatami konkursów na najlepsze prace dyplomowe i rozprawy doktorskie, które organizowane są przez takie firmy jak ABB czy Siemens.



## WYBRANE PROJEKTY

- SMARTGySum – Smart and Green Energy Systems and Business Models (Horyzont 2020, UE, 2021–2025)
- SPARTAN: Smart multilevel Power conditioning for AeRONautical elecTRicAI uNits (Horyzont 2020, UE, 2019–2022)
- Uniwersalne algorytmy regulacji prądu dla energoelektronicznych przekształtników sieciowych AC/DC odporne na zaburzenia własne i zaburzenia napięcia sieci elektroenergetycznej (OPUS, NCN, 2019–2022)
- Highly efficient and fault tolerant SiC-based smart transformer in distributed energy systems (TEAM-TECH, FNP, 2016–2020)

## WYBRANE WDROŻENIA

- Kompleksowy system kondycjonowania jakości energii elektrycznej z magazynem energii dla sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia oraz dla stacji ładowania pojazdów elektrycznych (NCBR, Szybka Ścieżka, 2020–2022)
- Modułowy system energoelektroniczny zrównoważonego zarządzania energią ze źródeł odnawialnych z funkcją magazynowania do zastosowań w gospodarstwach domowych i przemyśle (NCBR, Szybka Ścieżka, 2017–2020)
- Typoszereg wysokoczęstotliwościowych zasilaczy bipolarnych na bazie elementów z węgla krzemu o zwiększonej odporności na zakłócenia i zaniki napięcia zasilającego oraz regulowanym przebiegu napięcia wyjściowego (NCBR, INNOTECH III, 2014–2017)
- Typoszereg 3-poziomowych, dwukierunkowych przekształtników AC-DC-AC średniego napięcia 3,3 kV o mocy 0,5–2 MVA do zastosowań w przemyśle wydobywczym (NCBR, INNOTECH III, 2014–2016)

## OBSZARY WSPÓŁPRACY Z INNYMI ZESPOŁAMI

- Magazyny energii: mechaniczne, elektrochemiczne i chemiczne oraz ich integracja z siecią elektroenergetyczną
- Układy energoelektroniczne dla technologii wytwarzania wodoru i produkcji energii elektrycznej z wodoru
- Systemu kondycjonowania jakości energii elektrycznej
- Funkcjonalności prosumenckie przeznaczone dla OZE i magazynów energii
- Integracja ogniw paliwowych z siecią elektroenergetyczną
- Generacja rozproszona energii elektrycznej w tym mikrosieci (smart grid)
- Zarządzanie przepływem energii elektrycznej w systemach energoelektronicznych integrujących OZE, magazyny energii i ogniwa paliwowe z siecią elektroenergetyczną, w tym w mikrosieciach prądu stałego

Zespół podejmuje się współpracy z przedsiębiorstwami z sektora prywatnego i wojskowego poszukującymi zarówno wsparcia przy rozwoju własnych produktów, jak i opracowania nowych rozwiązań.

## KONTAKT

dr inż. Sebastian Styński

tel. 22 234 51 24

sebastian.stynski@pw.edu.pl

[https://www.isep.pw.edu.pl/index.php/zep/Sklad-osobowy/Pracownicy/\(prac\)/24577](https://www.isep.pw.edu.pl/index.php/zep/Sklad-osobowy/Pracownicy/(prac)/24577)



## WYBRANE OSIĄGNIĘCIA

Wdrożenie autorskich metod modulacji i sterowania przekształtnikami energoelektronicznymi do przemysłu, nagrodzone m.in. następującymi wyróżnieniami:

- I Nagroda Zespołowa Prezesa Rady Ministrów za osiągnięcie naukowo-techniczne, 2017
- Zespołowa Nagroda Naukowa Politechniki Warszawskiej za szczególne osiągnięcia uwieńczony transferem prac naukowych i technicznych na potrzeby gospodarki, 2015
- Wyróżnienie w XVIII edycji Konkursu Polski Produkt Przyszłości, 2015
- Nagroda Specjalna Ministra Gospodarki „eCO<sub>2</sub> innowacja”, 2015
- Nominacja do Polskiego Godła Promocyjnego „Teraz Polska”, 2013
- Wyróżnienie Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości w XV edycji konkursu „Polski Produkt Przyszłości”, 2012

## INDYWIDUALNE NAGRODY

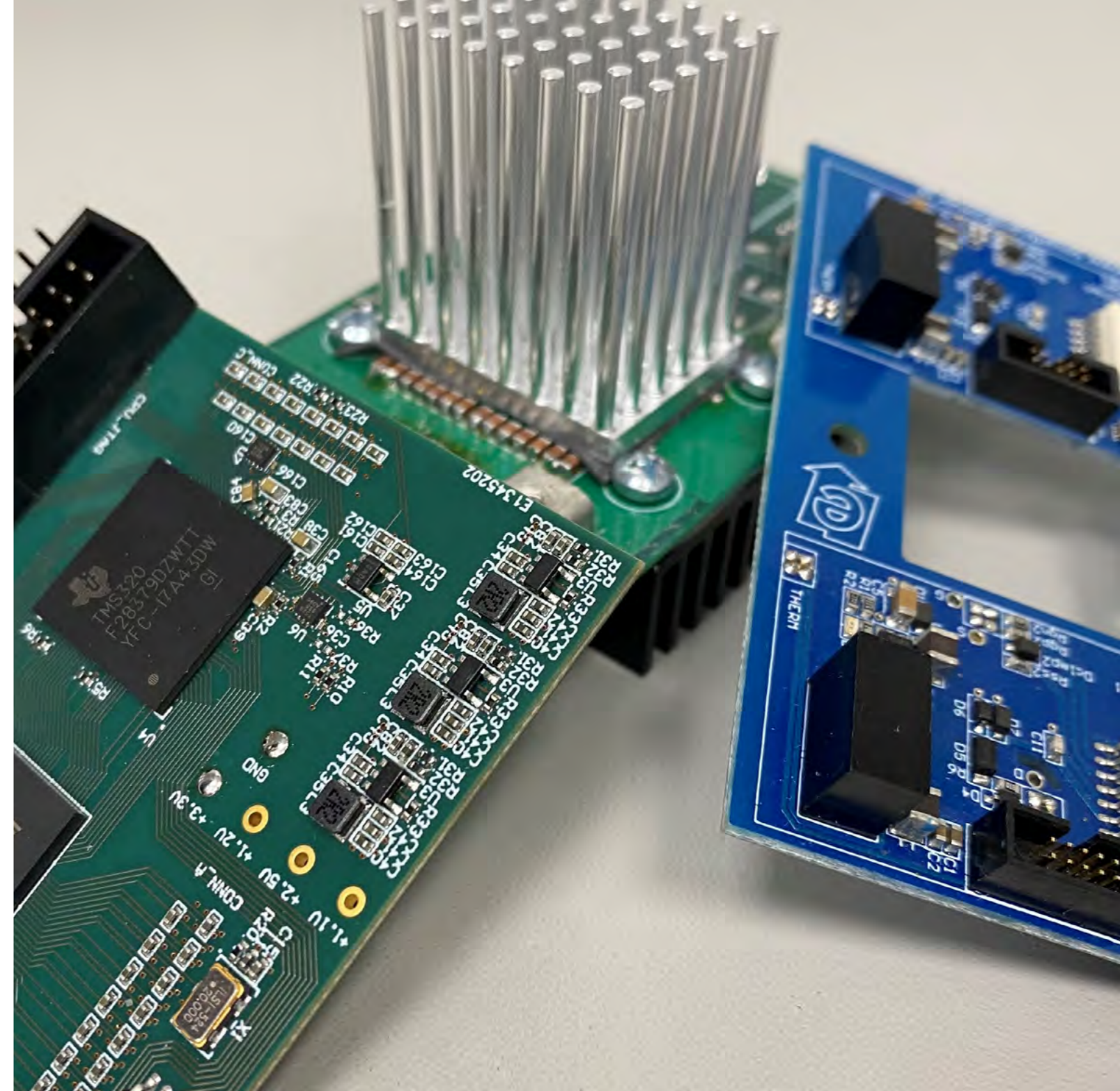
- Istvan Nagy Award outstanding contribution to the development of issues related to control in power electronics, prof. dr hab. inż. Mariusz Malinowski, 2020
- IEEE IES David Bimal Bose Award for Industrial Electronics Applications in Energy Systems, prof. dr hab. inż. Mariusz Malinowski, 2015
- 3-letnie stypendium (2014-2017) Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla młodych wybitnych naukowców, dr inż. Sebastian Styński, 2014



## GŁÓWNA INFRASTRUKTURA BADAWCZA

Nowoczesne laboratorium teorii przekształtników, wyposażone m.in. w:

- dwukierunkowe symulatory sieci elektroenergetycznej o mocy do 45 kVA
- sterowane źródła prądu stałego (maksymalnie: 800 V, 54 kW, 300 A) z możliwością symulowania magazynów energii i OZE
- wielokanałowe analizatory parametrów prądu i napięcia (Fluke, Yokogawa itp.)
- kamery termowizyjne
- precyzyjne sondy wysokoczęstotliwościowe (do 150 A, do 1000 V)







Priorytetowy Obszar Badawczy Politechniki Warszawskiej  
**KONWERSJA I MAGAZYNOWANIE ENERGII**  
Oferta współpracy

**Projekt graficzny i skład:**  
Klaudyna Nowińska, Marcin Karolak, Magda Matysiak  
Dział Badań i Analiz Centrum Zarządzania Innowacjami  
i Transferem Technologii PW

**Koordynacja:**  
dr Katarzyna Modrzejewska

**ISBN:**  
978-83-965400-1-0

**DOI:**  
10.32062/20220705

Wydanie 1

Warszawa, 2022



**PO INNE KATALOGI OPRACOWANE PRZEZ  
POLITECHNIKĘ WARSZAWSKĄ ZAPRASZAMY  
NA STRONĘ INTERNETOWĄ CZIITT PW.**



ISBN: 978-83-965400-1-0



**Politechnika  
Warszawska**