



Politechnika Wroclawska

Katedra Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii
K38W05W02/87/2022

Wroclaw, 19.04.2022r.

dr hab. inż. Tomasz Sikorski, prof. uczelni
Wydział Elektryczny
Katedra Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii

**Jego Magnificencja Rektor
Politechniki Wroclawskiej**
Prof. dr hab. inż. Arkadiusz Wójs

W odpowiedzi na inicjatywę konkursu **Polytechnica Nova** składamy propozycję projektu:

E2E PWR: stacja badawcza technologii pozyskiwania, przetwarzania i przechowywania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych
(E2E PWR - Energy-to-Energy Renewable Energy Sources Solution Testing Station)

Ogólna idea projektu wychodzi naprzeciw działaniom wspierającym osiągnięcie celów zeroemisyjności. Koncepcję projektu tworzyliśmy z myślą o nowoczesnej Uczelni interdyscyplinarnej, w której możliwe jest utworzenie pola do współpracy specjalistów reprezentujących różne dziedziny, zwłaszcza z pogranicza elektroenergetyki, technologii magazynowania energii, elektroniki, informatyki czy ekonomii. Zidentyfikowane w projekcie potrzeby wynikają z doświadczeń edukacyjnych i badawczych, współpracy z innymi laboratoriami naszej Uczelni, a także biorą pod uwagę głos studentów i doktorantów realizujących prace dyplomowe, praktyki studenckie, rozprawy doktorskie i projekty badawcze kół naukowych.

Wyrażamy nadzieję, że przedstawiona propozycja zyska uznanie Jury Konkursu.

Z wyrazami szacunku

Popieram i w pełni
liberuję wniosku

DZIEKAN

prof. dr hab. inż. Waldemar Rebizant

Kierownik
Katedry Podstaw Elektrotechniki
i Elektrotechnologii

prof. dr hab. inż. Zbigniew Leonowicz



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska
Wydział Elektryczny
Katedra Podstaw
Elektrotechniki i Elektrotechnologii

Adres do korespondencji:
wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wroclaw

Siedziba:
budynek D-1
pl. Grunwaldzki 13

T: +48 71 320 28 59
+48 71 320 30 06
F: +48 71 322 97 25

e-mail: w5k1@pwr.edu.pl
www.ipee.pwr.wroc.pl

REGON: 000001614
NIP: 896-000-58-51
Bank Zachodni WBK S.A.
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434

FORMULARZ ZGŁOSZENIA PROJEKTU NA KONKURS POLYTECHNICA NOVA

Nazwa projektu	
E2E PWr: stacja badawcza technologii pozyskiwania, przetwarzania i przechowywania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych (E2E PWr - Energy-to-Energy Renewable Energy Sources Solution Testing Station)	
Obszar konkursowy	
Rozwój dydaktyki	<input type="checkbox"/>
Nowe technologie	<input checked="" type="checkbox"/>
Spoleczna odpowiedzialność uczelni	<input type="checkbox"/>
Typ projektu	
Inwestycyjny	<input type="checkbox"/>
Zakupowy	<input checked="" type="checkbox"/>
Organizacyjny	<input type="checkbox"/>
Koszty projektu	
857 652 zł (brutto)	
Lista załączników dołączonych do formularza konkursowego	
Zał.01: opis projektu i jego wpływu na rozwój Uczelni	
Autor/autorzy projektu, dane kontaktowe autorów	
Tomasz Sikorski (dr hab. inż., prof. uczelni) kierownik	W05K38D02, tel.21-60, kom: 601 996 549 tomasz.sikorski@pwr.edu.pl
Jacek Rezmer (dr hab. inż., prof. uczelni)	W05K38D02, tel.26-25, kom: 606 988 186 jacek.rezmer@pwr.edu.pl
Anna Ostrowska (mgr. inż., szkoła doktorska)	szkoła doktorska, kom: 697 986 185 a.ostrowska@pwr.edu.pl
Mateusz Kowal (inż., student II-go stopnia, SNS Strimer)	W05, studia mgr. elektroenergetyka kom: 608 226 300 250521@student.pwr.edu.pl
Wojciech Frydlewicz (inż., student II-go stopnia, SNS Strimer)	W05, studia mgr. elektroenergetyka kom: 782 431 356 250668@student.pwr.edu.pl

Spis treści

Tytuł projektu	1
Opis projektu i jego wpływu na rozwój Uczelni (<i>maksymalnie 10 tys. znaków ze spacjami</i>)	1
Wizualizacja koncepcji projektu	4
Wykaz wnioskowanej aparatury i oszacowanie kosztów	6
Autorzy	8

Tytuł projektu

E2E PWr: stacja badawcza technologii pozyskiwania, przetwarzania i przechowywania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych
(E2E PWr - Energy-to-Energy Renewable Energy Sources Solution Testing Station)

Obszar projektu: **nowe technologie.**
Typ projektu: **zakupowe (sprzęt, oprogramowanie)**

Opis projektu i jego wpływu na rozwój Uczelni (*maksymalnie 10 tys. znaków ze spacjami*)

Obszar kampusu Politechniki Wrocławskiej, rodzaj budynków, zasoby sprzętowe a przede wszystkim zgromadzony tu potencjał kadry, doktorantów i studentów sprawia, że kampus ma znaczące możliwości, aby stać się miejscem demonstratorów upowszechniających dobre praktyki zmierzające do osiągnięcia zeroemisyjności. Jednym z obszarów jest skuteczne wykorzystanie technologii pozyskiwania, przetwarzania i przechowywania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.

Niniejszy projekt dotyczy rozbudowy istniejącej infrastruktury badawczej instalacji fotowoltaicznej i bateryjnego magazynu energii zainstalowanych w budynku D-1 Politechniki Wrocławskiej w celu utworzenia stacji badawczej technologii pozyskiwania, przetwarzania i przechowywania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych (akronim: E2E PWr: Energy-to-Energy Power Testing Solution Station).

Kontekst międzynarodowy:

Osiągnięcie neutralności klimatycznej w Unii Europejskiej do 2050 r. jest wyzwaniem, które w obszarze energetyki wymagać będzie wielu innowacyjnych działań. Już dziś rozważa się scenariusze pracy lokalnych mikrosieci elektrycznych lub szerszej klastrowej energii, w których dominującą rolę odgrywać będą technologie magazynowania energii i ich integracja z rozproszonymi źródłami energii odnawialnej. Do takich scenariuszy pracy należą między innymi: R2H (renewable-to-home) oraz R2G (renewable-to-grid), B2H (battery-to-home) oraz B2G (battery-to-grid), V2H (vehicle-to-home) oraz V2G (vehicle-to-grid). Celem tego typu rozwiązań jest w pierwszym rzędzie minimalizacja zapotrzebowania energii z sieci zasilającej na rzecz maksymalizacji wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych poprzez dopasowanie zasobów energii do indywidualnego charakteru obciążenia, wdrażanie systemów zarządzania energią (HEMS – home energy management system), ale również dążenie do osiągnięcia możliwości uniezależnienia się od energii z sieci publicznej i przejścia do pracy wyspowej.

Tak postawiony cel wymaga w pierwszym rzędzie identyfikacji cech charakterystycznych oraz ograniczeń technologicznych elementów toru wytwarzania-przetwarzania-magazynowania energii elektrycznej. Mowa tu o badaniach charakterystyk statycznych i dynamicznych poszczególnych

komponentów, takich jak baterie, inwertery/ladowarki, inwertery źródeł odnawialnych, stacje ładowania pojazdów, ale także instalacji jako całości np. instalacji źródła odnawialnego, instalacji baterijnego magazynu energii, stacji ładowania wraz z pojazdem elektrycznym, uwzględniając również aspekty integracji z siecią zasilającą. Odrębnym aspektem jest opracowanie algorytmów zarządzania wytworzoną energią poprzez optymalizację współpracy źródeł odnawialnych z magazynem energii.

Kontekst Politechniki Wrocławskiej:

Wydział Elektryczny ustawicznie stara się pozyskać infrastrukturę do prowadzenia badań i edukacji w tym obszarze. Od 2011 roku na dachu budynku D-1 funkcjonuje **Badawczy System Fotowoltaiczny D-1** o łącznej mocy 15kWp, składający się z trzech instalacji o różnych technologiach modułów fotowoltaicznych. System oprócz produkcji energii na poziomie 15 540kWh rocznie wykorzystywany jest do badań służących rozwojowi kadry oraz do realizacji wielu prac dyplomowych. W 2020 roku instalację fotowoltaiczną doposażono w **Baterijny Magazyn Energii D-1** o pojemności 10kWh z inwerterami/ladowarkami o mocy 15kW. Magazyn energii zainstalowano w przyziemiu budynku D-1. Rozszerzyło to znacznie możliwości praktycznej weryfikacji opracowywanych algorytmów optymalizacji współpracy źródła fotowoltaicznego z magazynem energii. Wartością dodaną jest również baza danych parametrów pracy źródła, magazynu oraz parametrów pogodowych. Utworzone rozwiązanie jest obecnie również elementem demonstratora oprogramowania sterującego pracą magazynu, które powstaje w ramach międzynarodowego projektu NCBiR finansowanego z środków ERA-NET Smart Grids Plus. Kolejnym krokiem był zakup w 2021 **zasilacza programowalnego DC z funkcją symulatora paneli fotowoltaicznych**. Urządzenie to pozwala testować inwertery fotowoltaiczne w zakresie 1500V/40A/18kW w różnych punktach pracy odwzorowujących zmienne warunki nasłonecznienia. Urządzenie to jest obecnie intensywnie wykorzystywane we współpracy z **Laboratorium Kompatybilności Elektromagnetycznej Wydziału Informatyki i Telekomunikacji** w ramach badań porównawczych falowników fotowoltaicznych prowadzonych wspólnie z **Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie**.

Ważnym elementem jest dotychczasowe zaangażowanie studentów w rozbudowę i wykorzystanie infrastruktury badawczej. Przykładem może tu być praca dyplomowa obroniona w roku akademickim 2021/2022 poświęcona badaniom zdolności regulacyjnych falowników fotowoltaicznych. Pracę przeprowadzono przy udziale partnerów gospodarczych, którzy udarczyli falowniki do badań.

Cel projektu i uzasadnienie wpływ na rozwój Uczelni:

Celem projektu jest rozszerzenie istniejącej aparatury badawczej i utworzenie na terenie kampusu PWr stacji badawczej technologii pozyskiwania, przetwarzania i przechowywania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych – stacja E2E PWr. Koncepcję stacji przedstawiono na *Rys. 1*. W konfiguracji stacji wyodrębniono **elementy stacjonarne oraz mobilne**, przy czym **we wnioskowanym projekcie szczególny nacisk położono na uzupełnienie aparatury mobilnej**. Pozwoli to uzyskać elastyczność funkcjonalności stacji i możliwości budowy niezależnych stanowisk do badań poszczególnych technologii. Ponadto, zapewni to również możliwość budowy układów pomiarowych w innych laboratoriach uczelni, wyposażonych we wyspecjalizowane układy pomiarowe, czy komory klimatyczne.

Planowana do zakupu aparatura mobilna / uzyskana funkcjonalność:

- obciążenie programowalne DC/ zasilacz regeneracyjny programowalny DC (ITECH IT6018B-1500-30 1500V/40A/18kW) wraz z oprogramowaniem – funkcja symulatora baterii oraz symulatora ogniwa paliwowego (do testowania układów ładowania/rozładowania), a także testowania baterii. Zakupiony zasilacz pozwoli na zwiększenie zakresu badań do 80A w trybie master-slave z istniejącym zasilaczem, a także możliwe będzie prowadzenie badań układów hybrydowych(źródło fotowoltaiczne – magazyn energii) oraz mikrosieci.

- zasilacz programowalny AC z funkcją symulatora pracy sieci elektroenergetycznej i możliwością oddawania energii do sieci zasilającej (ITECH IT 7915-350-90 350V/90A/15kVA, jednostka master i slave do 30kVA) – programowalna zmiana warunków parametrów sieci zasilającej i możliwość badania algorytmów regulacji inwerterów źródeł odnawialnych i magazynów energii z punktu widzenia współpracy z siecią elektroenergetyczną,
- obciążenie programowalne AC/DC (T8616 40A/3.6kVA/ 50-420V) oraz obciążenia regulowane pasywne RLC (3xRH40, 1xLH40, 1XCH40) – funkcja regulowanego obciążenia w układzie mikrosieci AC zawierającej: źródło – magazyn – odbiór,
- system dokładnego pomiaru mocy (Yokogawa WT5000 4 kanały U/I 30A + precyzyjne cęgi do pomiaru prądów DC/AC LEM IT 200-S Utrastab Bipolar 200A) – precyzyjny pomiar mocy oraz badania sprawności konwersji ze strony pierwotnej DC na stronę wtórną AC,
- sieć sztuczna LISN AC, 32A 9kHz-30MHz (R&S ENV432) – odseparowanie wejść/wyjść AC od zaburzeń przewodzonych z sieci zasilającej AC,
- sieć sztuczna LISN DC, 1500 V, 50 A 150kHz-30MHz (Schwarzbeck PVDC 8300) – odseparowanie wejść/wyjść DC od zaburzeń przewodzonych z sieci DC,
- analizator widma czasu rzeczywistego wraz z oprogramowaniem (Tektronix RSA 306B) – pomiar widma zaburzeń przewodzonych powyżej 9kHz,

Elementy mobilne dadzą możliwość konfiguracji stanowisk do testów poszczególnych technologii np. badania zdolności regulacyjnych falowników fotowoltaicznych, testy baterii akumulatorów, testy ładowarek systemów magazynowania energii - *Rys. 2*. Elementy mobilne mogą zostać wykorzystane w innych laboratoriach uczelni. Przykładem może tu być możliwość rozszerzenia współpracy z Laboratorium Kompatybilności Elektromagnetycznej w zakresie badań kompatybilności elektromagnetycznej falowników fotowoltaicznych, dwukierunkowych falowników magazynów energii, czy zintegrowanych instalacji magazynów energii.

Elementy stacjonarne stacji to istniejąca instalacja fotowoltaiczna i baterijny magazyn energii, które dają możliwości praktycznej implementacji i weryfikacji algorytmów optymalnego sterowania współpracą źródła fotowoltaicznego i magazynu energii. W tym zakresie utworzono już warstwę telekomunikacyjną do poszczególnych komponentów oraz tworzone są autorskie aplikacje telemetrii i zdalnego sterowania. Elementy stacjonarne stacji mogą służyć jako „**poligon**” dla społeczności akademickiej zajmującej się programowaniem, telekomunikacją i sterowaniem, ale również oceną rezultatów sterowania pod względem ekonomicznym i redukcji CO₂.

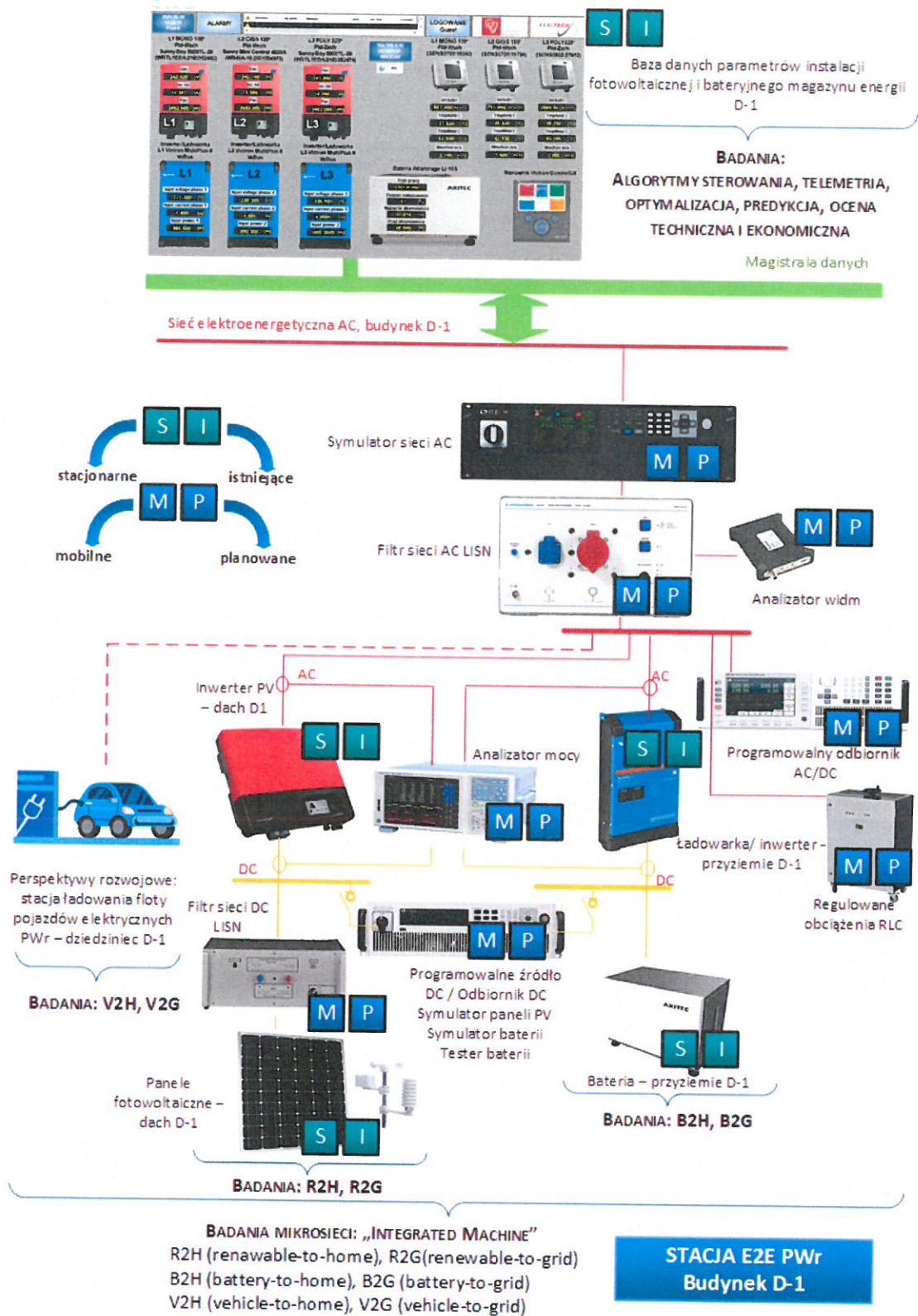
Tak przyjęta konfiguracja daje w przyszłości możliwość **rozbudowy stacji** o kolejny element stacjonarny tj. stację ładowania pojazdów elektrycznych dla floty pojazdów elektrycznych PWr. Jest to perspektywa wymagająca odrębnego projektu i finansowania, ale jest jednym z elementów przechodzenia instytucji do modelu zeroemisyjnego. Ponadto w takim przypadku uzyskana zostanie możliwość wnioskowania o projekty badawcze poświęcone **uwzględnieniu pojazdów elektrycznych jako mobilnych magazynów energii**.

Utworzona stacja badawcza będzie dostępna dla studentów i doktorantów. Zakłada się bliską współpracę z kołami naukowymi, realizację prac dyplomowych i badań prowadzonych w ramach rozpraw doktorskich. Planuje się również **zwiększenie dostępności i możliwości ponownego wykorzystania uzyskanych wyników oraz danych pomiarowych** stacji poprzez przeniesienie ich do otwartych zasobów nauki.

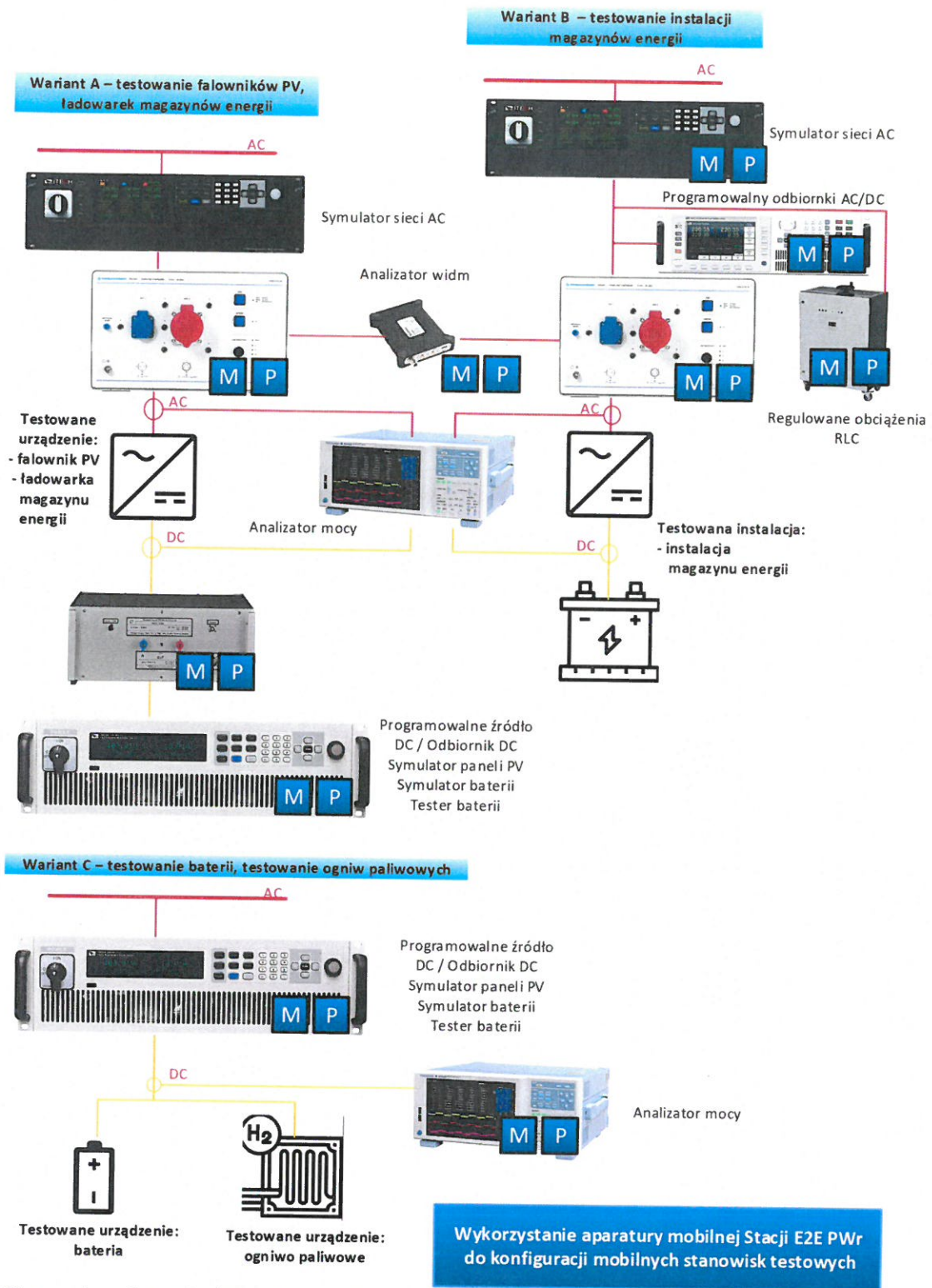
Utworzenie wnioskowanej stacji badawczej w znaczący sposób **rozszerzy możliwości współpracy z partnerami gospodarczymi**. Jednym z elementów będą prace dyplomowe realizowane lub doktoraty wdrożeniowe realizowane we współpracy z przemysłem.

Działalność utworzonej stacji badawczej **wzmocni możliwość prowadzenia interdyscyplinarnych badań i kształcenia na miarę oczekiwań otoczenia i gospodarki**.

Wizualizacja koncepcji projektu



Rys. 1 Koncepcja konfiguracji stacji badawczej technologii pozyskiwania, przetwarzania i przechowywania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych – Stacja E2E PWR



Rys. 2 Konceptcja wykorzystania aparatury mobilnej Stacji E2E PWR do konfiguracji mobilnych stanowisk testowych – możliwość rozszerzenia współpracy z laboratoriami uczelni

Wykaz wnioskowanej aparatury i oszacowanie kosztów

Lp			Przelicznik EURO	4.7	
1	Zasilacz regeneracyjny programowalny DC/ obciążenie programowalne DC (ITECH IT6018B-1500-30 1500V/40A/18kW) wraz z oprogramowaniem – funkcja symulatora baterii oraz symulatora ogniwa paliwowego (do testowania układów ładowania/rozładowania), a także testowania baterii				
			EUR Netto	PL netto	PL brutto
	IT6018B-1500-40	1500V/40A/18kW regenerative power system	15 200.00	71 440.00	87 871.20
	IT-E168	Optical fiber cable for IT6000/IT8000/IT7800/IT7900	125.00	587.50	722.63
	Oprogramowanie :				
	BSS2000 Pro	Battery simulation software Pro version	2 738.00	12 868.60	15 828.38
	FCS3000	Fuel battery simulation software	2 738.00	12 868.60	15 828.38
2	Obciążenie programowalne AC (ITECH 50~420Vrms/0~40Arms/3600VA AC/DC E-load,6U)				
	IT8616	50~420Vrms/0~40Arms/3600VA AC/DC E-load,6U	7 931.00	37 275.70	45 849.11
3	Zasilacz programowalne AC z funkcją symulatora pracy sieci elektroenergetycznej i możliwością oddawania energii do sieci zasilającej (ITECH IT 7915-350-90 350V/90A/15kVA - Master/Slave 30kVA)				
	IT7915-350-90	350 V,90A,15kVA, 1Φ or 3Φ grid simulator	28 030.00	131 741.00	162 041.43
	IT7915-350-90 Slave	350 V,90A,15kVA, 1Φ or 3Φ grid simulator, slave	12 350.00	58 045.00	71 395.35
	IT-E168	Optical fiber cable for IT6000/IT8000/IT7800/IT7900	125.00	587.50	722.63
4	System dokładnego pomiaru mocy (Yokogawa WT5000 4 kanały U/I 30A + precyzyjne cęgi do pomiaru prądów DC/AC LEM IT 200-S Utrastab Bipolar)				
	WT5000	WT5000 Precision Power Analyzer (main unit)	9 277.00	43 601.90	53 630.34
	WT5000	WT5000 Precision Power Analyzer/G7 IEC Harmonic/ Flicker meas	3 092.00	14 532.40	17 874.85
	WT5000/760901	760901 30A High Accuracy Element X4 CHANNEL (3XAC+1DC)	16 326.00	76 732.20	94 380.61
	CT60	AC/DC Current Sensor 200A LEM IT 200-S Utrastab Bipolar 200A oraz 60A CHANNEL (3XAC+1DC)	5 125.00	24 087.50	29 627.63
5	Sieć sztuczna LISN AC, 32A 9kHz-30MHz (R&S ENV432)				
	ENV432	LISN AC, 32A 9kHz-30MHz (R&S ENV432)	9 500.00	44 650.00	54 919.50

Zał.01: Zgłoszenie projektu w konkursie Polytechnica Nova 2022
Opis projektu i jego wpływ na rozwój Uczelni

6 Sieć sztuczna LISN DC, 1500 V, 50 A 150kHz-30MHz

PVDC 8300	LISN DC, 1500 V, 50 A 150kHz-30MHz (Schwarzbeck PVDC 8300)	4 550.00	21 385.00	26 303.55
-----------	--	----------	-----------	-----------

7 Analizator widma czasu rzeczywistego

RSA306B	Tektronix RSA 306B	5 250.00	24 675.00	30 350.25
---------	--------------------	----------	-----------	-----------

Oprogramowanie :

EMI	EMI Pre-compliance and Troubleshooting	3 250.00	15 275.00	18 788.25
SignalVu	SignalVu-PC	3 000.00	14 100.00	17 343.00

8 Obciążenia regulowane, mobilne, pasywne RLC

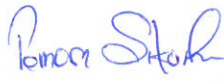

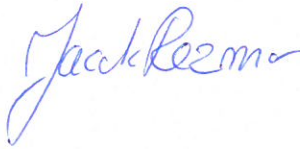

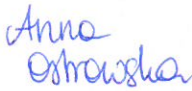

RH40 RH40 RH40	obciążenie rezystancyjne regulowane 3x4kW, mobilne	6 750.00	31 725.00	39 021.75
LH40	obciążenie indukcyjne 4kvar, mobilne	4 500.00	21 150.00	26 014.50
CH40	obciążenie pojemnościowe 4kvar, mobilne	2 000.00	9 400.00	11 562.00

9 Prace adaptacyjne instalacji elektrycznej i warstwy telekomunikacyjnej

Materiały:	Kable, zabezpieczenia, szafy, gniazda, rozdzielnice	2 500.00	11 750.00	14 452.50
Aparatura	Aparatura kontrolno-pomiarowa, wskaźniki, pomiar energii, switchy, routery	4 000.00	18 800.00	23 124.00
		148 357.00	697 277.90	857 651.82

W zaokrągleniu do 1zł: **857 652** brutto

Autorzy

Imię Nazwisko	Krótki opis doświadczenia	Dane kontaktowe	Podpis
Tomasz Sikorski - kierownik dr hab. inż., prof. uczelni	Katedra Postaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii. Pracownik PWr od 2005, były prodziekan, kierownik prac badawczych z przemysłem, współautor patentu międzynarodowego, obecnie kierownik projektu EU ERA-Net Smart Grids Plus, członek stowarzyszony Sekcji Elektrotechniki PAN, laureat nagrody „Elektryzujący przewodzący”. Członek zespołu utworzenia instalacji PV na dachu D-1, kierujący pracami utworzenia baterijnego magazynu energii w D-1. Kierujący pracami badań porównawczych falowników fotowoltaicznych.	K38W05D02, tel.21-60, kom: 601 996 549 tomasz.sikorski@pwr.edu.pl	
			
Jacek Rezmer dr hab. inż., prof. uczelni	Katedra Postaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii. Pracownik PWr od 1987r, były zastępca kierownika katedry, kierownik prac badawczych z przemysłem, kierownik projektu NCN, współautor patentu międzynarodowego. Kierownik zespołu utworzenia instalacji PV na dachu D-1, członek zespołu utworzenia baterijnego magazynu energii w D-1. Członek zespołu badań porównawczych falowników fotowoltaicznych.	K38W05D02, tel.26-25, kom: 606 988 186 jacek.rezmer@pwr.edu.pl	
			
Anna Ostrowska mgr inż. (szkoła doktorska)	Absolwentka Wydziału Elektrycznego, obecnie od 2021 uczestniczka szkoły doktorskiej, rozprawa w obszarze współpracy instalacji fotowoltaicznych z siecią elektroenergetyczną (promotor: T. Sikorski), współpraca w Akademicki Kole SEP oraz SNS Strimer, nagroda za prezentację na konferencji Generacja-Przesył-Wytwarzanie, obecnie członek zespołu badawczego w projekcie mikrosieci niskiego napięcia w warunkach miejskich (kierujący zadaniem: T. Sikorski).	szkoła doktorska kom: 697 986 185 a.ostrowska@pwr.edu.pl	
			

Załącznik 01: Zgłoszenie projektu w konkursie Polytechnica Nova 2022
Opis projektu i jego wpływ na rozwój Uczelni

Imię Nazwisko

Krótki opis doświadczenia

Dane kontaktowe

Podpis

Mateusz Kowal
inż.
(studia II-go stopnia)



Absolwent I-stopnia Wydziału Elektrycznego w 2021 (promotor T. Sikorski), obecnie studia mgr II-go stopnia na Wydziale Elektrycznym, specjalność elektroenergetyka, prezes SNS Strimer, umiejętności budowy stanowisk badawczych i instalacji demonstracyjnych.

W05, studia mgr.
kom: 608 226 300
250521@student.pwr.edu.pl

Mateusz Kowal

Wojciech Frydlewicz
inż.
(studia II-go stopnia)



Absolwent I-stopnia Wydziału Elektrycznego w 2021 (promotor T. Sikorski), obecnie studia mgr II-go stopnia na Wydziale Elektrycznym, specjalność elektroenergetyka, praktykant PWR (opiekun praktyk PWR: T. Sikorski), umiejętności budowy stanowisk badawczych i instalacji demonstracyjnych.

W05, studia mgr.
kom: 782 431 356
250668@student.pwr.edu.pl

Frydlewicz