



# BIULETYN

## TECHNICZNO-INFORMACYJNY

Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 1/2023 (97)

ISSN 2082-7377

Marzec 2023



O stanowisku laboratoryjnym do badania pomp i układów pomiarowych przepływów piszemy na stronie 15.



Zarząd Oddziału Łódzkiego  
Stowarzyszenia Elektryków Polskich  
serdecznie zaprasza  
Koleżanki i Kolegów  
na



# PIKNIK

z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka

ustanowionego w rocznicę śmierci (10 czerwca 1836 r.)  
francuskiego uczonego André Marie Ampère'a

który odbędzie się  
na terenie Centrum Szkoleniowo-Konferencyjnego  
Uniwersytetu Łódzkiego przy ul. Rogowskiej 26

**16 czerwca 2023 r.**

godz. 17:00

Zapewniamy miłą nastrój i spotkanie koleżeńskie  
przy muzyce i poczęstunku.

Zapisy przyjmuje kol. Anna Grabiszewska w Biurze Oddziału Łódzkiego  
SEP tel.: (42) 632-90-02; 630-94-74 lub 607 527 022;  
e-mail: a.grabiszewska@seplodz.pl  
Opłatę w wysokości 80,00 zł od osoby można wnieść gotówką lub  
kartą w Biurze Oddziału Łódzkiego SEP (pl. Komuny Paryskiej 5a,  
Dom Technika, pok. 404) w godzinach 8:00 – 16:00 lub przelewem  
na konto Oddziału Santander Bank 21 1500 1038 1210 3005 3357 0000  
w terminie do 05 czerwca 2023 r. z dopiskiem  
„Udział w pikniku z okazji MDE”.

Uprzejmie informujemy, że zapewniamy  
dojazd autobusem na miejsce pikniku.  
Odjazd autobusu godz. 16:15 z pl. Komuny Paryskiej 5A.  
Odjazd autobusu z ul. Rogowskiej 26 - godz. 21:00.

**BIULETYN TECHNICZNO-  
INFORMACYJNY OŁ SEP**

Wydawca:

**Zarząd  
Oddziału Łódzkiego  
Stowarzyszenia  
Elektryków Polskich**

90-007 Łódź

pl. Komuny Paryskiej 5a,

tel. 42-632-90-39, 42-630-94-74

Konto:

Santander Bank Polska SA XV O/Łódź

nr 21 1500 1038 1210 3005 3357 0000

**e-mail: [sep@seplodz.pl](mailto:sep@seplodz.pl)  
[www.seplodz.pl](http://www.seplodz.pl)**

Komitet Redakcyjny:

mgr inż. Andrzej Boroń

dr hab. inż. Andrzej Dębowski, prof. UTP

mgr Anna Grabiszewska – sekretarz

dr inż. Adam Ketner

dr inż. Tomasz Kotlicki

mgr inż. Jacek Kuczkowski

prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński

dr hab. inż. Paweł Różga, prof. PŁ

– przewodniczący

mgr inż. Jakub Staniewski

dr inż. Artur Szczęsny

dr inż. Przemysław Tabaka

dr inż. Józef Wiśniewski

prof. dr hab. inż. Jerzy Zieliński

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń. Zastrzegamy sobie prawo dokonywania zmian redakcyjnych w zgłoszonych do druku artykułach.

Wszystkie artykuły naukowe publikowane w Biuletynie są recenzowane przez członków Komitetu Redakcyjnego.

Redakcja:

Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a, pok. 404

tel. 42-632-90-39, 42-630-94-74

Skład: Alter

tel. 42-652-70-73, 605-725-073

Druk: Semper Sp. z o.o.

tel. 42-648-45-00

Nakład: 350 egz.

ISSN 2082-7377

- **Dwukierunkowy przepływ energii w sieciach dystrybucyjnych**  
Z. Krzemiński, B. Kołpacki..... 2
- **Projekt E-Vespa. Konwersja włoskiego skutera z klasycznego napędu spalinowego na napęd elektryczny**  
K. Zarzeczny, J. Ujazdowski, W. Kobos ..... 6
- **Stanowisko laboratoryjne do badania pomp i układów pomiarowych przepływów**  
K. Mazur, A. Stępkowska, M. Pawlak, T. Kotlicki ..... 15
- **Wiesław Wojciechowski (1942–2022)**  
Z. Sobczak..... 21
- **Andrzej Radzyński (1961–2022)**  
P. Lipian, K. Dzieciatkowski ..... 22
- **XV Konferencja Naukowa „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym – SENE 2022”** ..... 22
- **Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP**  
A. Grabiszewska..... 25
- **Członkowie Oddziału Łódzkiego SEP z wizytą w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego**  
H. Szumigaj ..... 27
- **Rozstrzygnięcie konkursów na najlepszą pracę dyplomową inżynierską i magisterską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ**  
P. Różga..... 29
- **Opracowanie inteligentnej przetwornicy DC/DC dla robotów mobilnych**  
A. Rosiak..... 30
- **Projekt systemu działającego w środowisku Internetu Rzeczy do wspomaganie osób starszych i niepełnosprawnych**  
M. Śniady..... 32
- **Automatyczny system utrzymania optymalnych warunków wzrostu rafy koralowej w akwarium morskim**  
D. Janicki ..... 33
- **Cyfrowe przetwarzanie impulsów z detektorów promieniowania w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem układów programowalnych FPGA**  
W. Walewski..... 36
- **Wpływ zastosowanego luksomierza na wyniki pomiarów natężenia oświetlenia w kontekście zanieczyszczenia światłem**  
D. Krawczyk..... 37
- **Analiza efektywności wybranych algorytmów sterowania dostawami w zautomatyzowanych systemach magazynowych**  
F. Szewczyk..... 38
- **XXIII Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka  
Kraków, 17–20 listopada 2022 r.**  
M. Pawlik ..... 38

# Dwukierunkowy przepływ energii w sieciach dystrybucyjnych

prof. dr hab. inż. Zbigniew Krzemiński, Bartosz Kotpacki  
MMB Drives Sp. z o.o., Gdańsk

## Streszczenie

Podłączanie rozproszonych źródeł energii do sieci energetycznych niskiego napięcia powoduje powstawanie problemów zmienności i niesymetrii napięcia, zwłaszcza w przypadku dużych odległości od transformatora zasilającego. W skrajnych przypadkach zachodzi konieczność redukcji mocy generowanej przez źródło podczas oddawaniu energii do sieci. Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie energoelektronicznego regulatora napięcia składającego się z dwóch falowników, z których jeden służy do dodawania, za pomocą transformatora dodawczego, napięcia o regulowanej małej amplitudzie. Drugi falownik służy do dostarczania energii czynnej do układu regulacji oraz do korekty poboru mocy biernej w założonym zakresie. W referacie pokazano zastosowanie regulatora do zapewnienia dwukierunkowego przepływu energii w sieci nn z generacją rozproszoną.

Słowa kluczowe: napięcie sieci, symetryzacja prądów, fotowoltaika, falownik.

Artykuł ten stanowi skróconą przez Autorów wersję ich referatu ogłoszonego na XV Konferencji „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym” – SENE 2022 w Łodzi.

(AD)

## Wstęp

Projektowanie sieci elektroenergetycznych odbywało się dotychczas przy założeniu, że energia przepływa w jednym kierunku, od dużego wytwórcy do odbiorcy końcowego. Pojawienie się dużej liczby odnawialnych źródeł energii (OZE) spowodowało, że założenie to należy odrzucić. Zmiany kierunku przepływu energii, związane z wytwarzaniem przekraczającym zapotrzebowanie prosumenta, powodują wzrost, a nie zmniejszenie napięcia. Niejednokrotnie zachodzi konieczność ograniczania mocy lub nawet wyłączenia OZE, zwłaszcza w przypadku długich linii, gdzie napięcie na transformatorze dystrybucyjnym jest ustawiane na poziomie o kilka procent wyższym od znamionowego. Długie odcinki linii dystrybucyjnych mogą być dostosowywane do pracy przy odwrotnym kierunku przepływu energii, ale jest to związane z dużymi kosztami przebudowy. Przy przepływie energii w kierunku do odbiorcy spadki napięcia na końcu linii mogą być eliminowane za pomocą dostępnych na rynku regulatorów napięcia. Rozwiązanie to nie może być zastosowane w przypadku generowania energii przez prosumentów, ponieważ na końcu linii można zmniejszyć napięcie u odbiorcy, ale w sieci pozostanie bez zmiany. Problematyka zwiększenia możliwości przyłączenia źródeł OZE w sieciach terenowych o małej gęstości rozmieszczenia

odbiorców i długich odcinkach występujących w liniach zasilających jest przedstawiona w literaturze [1, 2].

## Efekt wzrostu napięcia w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia z mikroinstalacjami

Przyłączanie mikroinstalacji do sieci nN odbywa się na warunkach określonych w instrukcji ruchu i eksploatacji sieci dystrybucyjnej [3] wydawanej i uaktualnianej przez operatora działającego na określonym obszarze. Operatorzy określają możliwości przyłączania mikroinstalacji i małych instalacji [4], definiując warunki napięciowe oraz działanie instalacji przy zmianach częstotliwości sieci zasilającej. Moc instalacji jest ograniczana przy wzroście częstotliwości sieci, na co nie ma wpływu sterowanie napięciem linii. Spośród kilku warunków przyłączania istotny jest ten, który dotyczy dopuszczalnego spadku napięcia:

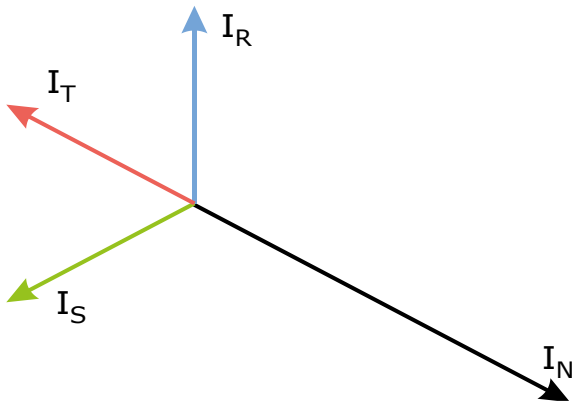
$$\Delta u_{a\%} = \frac{S_{E \max} (R_{kPCC} \cos \varphi + X_{kPCC} \sin \varphi)}{0,01 \cdot U_n^2} \% \leq 3\%, \quad (1)$$

gdzie:

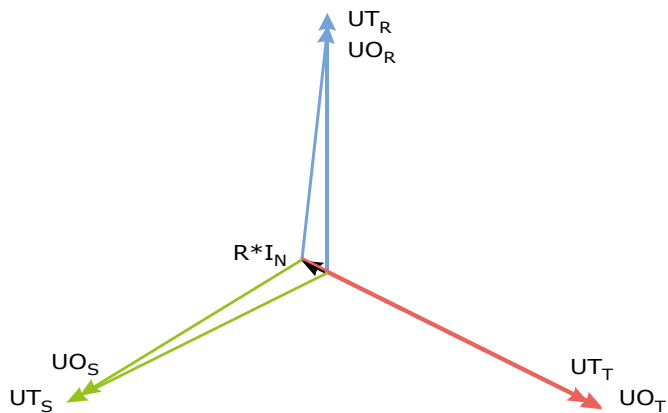
- $\Delta u_{a\%}$  – procentowy spadek napięcia w punkcie przyłączenia,
- $S_{E \max}$  – moc maksymalna jednostki wytwórczej,
- $R_{kPCC}, X_{kPCC}$  – rezystancja i reaktancja sieci w miejscu przyłączenia,
- $U_n$  – napięcie znamionowe sieci,
- $\varphi$  – kąt przesunięcia fazowego pierwszej harmonicznej prądu przy mocy indukcyjnej.

Wyrażenie (1) nieprawidłowo określa spadek napięcia wynikający z przyłączenia pojedynczej instalacji OZE. Określając dopuszczalny spadek napięcia w [4] pominięto składniki występujące w pełnym modelu linii zasilającej, w której znajduje się przewód neutralny. Wyrażenie (1) dotyczy podwyższenia napięcia spowodowanego przyłączeniem pojedynczej instalacji generującej energię, przy założeniu symetrii prądów w linii, bez uwzględniania prądu w przewodzie neutralnym. Tymczasem w sytuacji, kiedy kierunek przepływu energii w jednej fazie jest inny niż w pozostałych, na przewodzie neutralnym występuje spadek napięcia, którego wartość może nawet dwukrotnie przekraczać spadek napięcia na przewodach linii. Powoduje to zwiększenie napięcia w jednej lub dwóch fazach. Wykres wskazowy prądów dla takiego przypadku pokazano na rysunku 1.

Wskaźy napięć fazowych pokazano na rysunku 2. Widoczne jest znaczne zwiększenie napięcia w fazie T, w której występuje wprowadzanie energii do sieci. W pozostałych fazach napięcie jest zmniejszone.



Rys. 1. Wskazy prądów  $I_R, I_S, I_T$  i przewodu neutralnego  $I_N$



Rys. 2. Wskazy napięć fazowych transformatora i odbiorów z uwzględnieniem spadków napięć wywołanych prądami z rysunku 1.  $U_{T_x}$  – napięcie fazowe transformatora,  $U_{O_x}$  – napięcie fazowe odbioru,  $R$  – rezystancja linii

## Analiza asymetrii napięć i prądów metodą składowych symetrycznych

Powszechnie stosowanym narzędziem do analizy asymetrii w sieciach trójfazowych jest transformacja wskazów fazowych na składowe symetryczne zdefiniowana wyrażeniem:

$$\begin{bmatrix} \underline{U}_0 \\ \underline{U}_1 \\ \underline{U}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{U}_{L1} \\ \underline{U}_{L2} \\ \underline{U}_{L3} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

gdzie:

- $\underline{U}_{L1}, \underline{U}_{L2}, \underline{U}_{L3}$  – wskazy napięć fazowych,
- $\underline{U}_0, \underline{U}_1, \underline{U}_2$  – wskazy składowej kolejności zerowej, zgodnej i przeciwnej,
- symbol  $a$  oznacza:

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}}. \quad (3)$$

Współczynnik  $1/\sqrt{3}$  zapewnia transwersalność mocy.

Odwrotna transformacja ma postać:

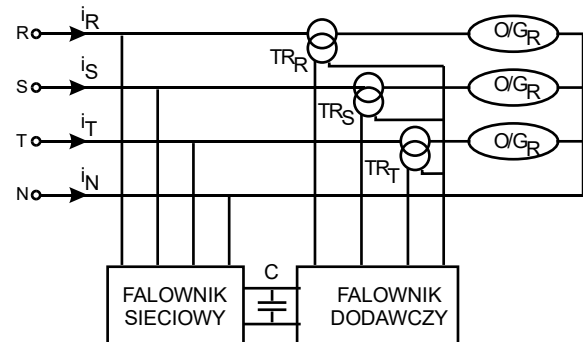
$$\begin{bmatrix} \underline{U}_{L1} \\ \underline{U}_{L2} \\ \underline{U}_{L3} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{U}_0 \\ \underline{U}_1 \\ \underline{U}_2 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Analiza prądów i napięć metodą składowych symetrycznych umożliwia wyjaśnienie działania pasywnych urządzeń stosowanych do poprawy jakości energii elektrycznej. Przykładem może być transformator

symetryzujący opisany w [5], gdzie stwierdzono, że za pomocą tego urządzenia nie jest możliwa pełna symetryzacja prądów, ponieważ nie można wyeliminować składowej kolejności przeciwnej.

## Zależności dla regulacji napięć i symetryzacji prądów w sieciach nN z mikroinstalacjami

Układ do regulacji napięć fazowych i symetryzacji prądów pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat układu regulatora napięcia i symetryzatora prądów

Regulacja napięć w każdej fazie odbywa się za pomocą transformatorów dodawczych, których uzwojenia wtórne włączone są szeregowo w każdej fazie, jak pokazano na rysunku 3. Pierwotne strony transformatorów, połączone w gwiazdę, zasilane są z dodatkowego czterogłęziowego przekształtnika trójfazowego. Transformatory dodawcze posiadają bardzo małą impedancję rozproszenia i nie wpływają na prądy zwarciove, które mogą pojawić się po stronie odbiorów.

Obwód prądu stałego falownika dodawczego zasilany jest z falownika czterogłęziowego podłączonego do sieci. Falownik sieciowy odbiera lub dostarcza energię do obwodu prądu stałego.

Napięcia dodawane przez transformatory dodawcze dla regulatora zainstalowanego w głębi sieci określane są następująco:

$$\begin{bmatrix} \underline{U}_{L1D} \\ \underline{U}_{L2D} \\ \underline{U}_{L3D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{U}_{L1} \\ \underline{U}_{L2} \\ \underline{U}_{L3} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \underline{U}_{L10} \\ \underline{U}_{L20} \\ \underline{U}_{L30} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

gdzie:

- $\underline{U}_{L10}, \underline{U}_{L20}, \underline{U}_{L30}$  – zadane wskazy napięć po stronie odbiorów,
- $\underline{U}_{L1D}, \underline{U}_{L2D}, \underline{U}_{L3D}$  – wskazy napięć dodawanych.

Wartości zadane wskazów napięć po stronie odbiorów w głębi sieci tworzą układ zawierający wyłącznie składową kolejności zgodnej. Zapewnia to symetryczne napięcia w punkcie przyłączenia.

Regulator instalowany w pobliżu transformatora może zapewniać symetryczne napięcia o zadanej wartości lub realizować funkcję kompensacji spadków napięcia na linii pomiędzy regulatorem a odbiorami zgodnie z zależnością:

$$\begin{bmatrix} \underline{U}_{L1D} \\ \underline{U}_{L2D} \\ \underline{U}_{L3D} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{A}_1 \underline{I}_{L10} \\ \underline{A}_2 \underline{I}_{L20} \\ \underline{A}_3 \underline{I}_{L30} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

gdzie:

- $\underline{A}_1, \underline{A}_2, \underline{A}_3$  – wektorowe współczynniki skali.

Odpowiednio wybrane współczynniki skali zapewniają utrzymanie wartości napięć na końcu linii w założonych przedziałach.

Falownik sieciowy włączany jest po stronie odbiorów lub po stronie sieci, w zależności od warunków występujących w sieci. Przy dużej niesymetrii prądów korzystne jest włączanie falownika sieciowego po stronie odbiorów, ze względu na funkcję symetryzacji prądów. Przez transformatory dodawcze płyną tylko prądy składowej zgodnej i są one mniej obciążone niż przy włączeniu falownika sieciowego po stronie zasilania.

Symetryzacja prądów prowadzi do generowania w falowniku sieciowym składowych kolejności przeciwnej i zerowej o wartościach przeciwnych do wartości generowanej przez odbiory. Moc pobierana przez odbiory jest równa:

$$\underline{S}_O = \underline{U}_{L1O} \underline{I}_{L1O}^* + \underline{U}_{L2O} \underline{I}_{L2O}^* + \underline{U}_{L3O} \underline{I}_{L3O}^*, \quad (7)$$

gdzie:

- $\underline{S}_O$  – moc odbiorów,
- indeks – oznacza odbiór.

Moc dostarczana z sieci do punktu podłączenia regulatora na pokrycie mocy odbiorów jest równa:

$$\underline{S}_{LO} = \underline{U}_{L1L} \underline{I}_{L1L}^* + \underline{U}_{L2L} \underline{I}_{L2L}^* + \underline{U}_{L3L} \underline{I}_{L3L}^*, \quad (8)$$

gdzie:

- $\underline{S}_{LO}$  – moc dostarczana z sieci do odbiorów.

Przy założeniu, że napięcie i prąd po stronie sieci zawierają tylko składowe kolejności zgodnej, prąd fazy 1 wyznaczany jest z zależności:

$$\underline{I}_{L1L}^* = \frac{\underline{U}_{L1O} \underline{I}_{L1O}^* + \underline{U}_{L2O} \underline{I}_{L2O}^* + \underline{U}_{L3O} \underline{I}_{L3O}^*}{3\underline{U}_{L1L}}, \quad (9)$$

gdzie:

- indeks  $L$  oznacza zmienne linii zasilającej.

Prądy odbiorów w fazach linii zasilającej są równe:

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_{L1L} \\ \underline{I}_{L2L} \\ \underline{I}_{L3L} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{I}_{L1L} \\ a^2 \underline{I}_{L1L} \\ a \underline{I}_{L1L} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Całkowite prądy linii są równe:

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_{L1} \\ \underline{I}_{L2} \\ \underline{I}_{L3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{I}_{L1L} \\ \underline{I}_{L2L} \\ \underline{I}_{L3L} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{I}_{L1R} \\ \underline{I}_{L2R} \\ \underline{I}_{L3R} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Prądy fazowe falownika sieciowego symetryzujące prądy w sieci są różnicą pomiędzy prądami linii a prądami odbiorników:

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_{L1P} \\ \underline{I}_{L2P} \\ \underline{I}_{L3P} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{I}_{L1} \\ \underline{I}_{L2} \\ \underline{I}_{L3} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \underline{I}_{L1O} \\ \underline{I}_{L2O} \\ \underline{I}_{L3O} \end{bmatrix}, \quad (12)$$

lub dla składowych symetrycznych:

$$\begin{bmatrix} \underline{I}_{0P} \\ \underline{I}_{1P} \\ \underline{I}_{2P} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \underline{I}_1 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \underline{I}_{0O} \\ \underline{I}_{1O} \\ \underline{I}_{2O} \end{bmatrix}. \quad (13)$$

gdzie

- indeks  $P$  oznacza zmienne przekształtnika sieciowego.

Wyrażenia od (5) do (12) określają wartości zespolone prądów i napięć fazowych. Dla analizy przetwarzania energii konieczne jest uwzględnienie funkcji czasu części rzeczywistych i urojonych w pełnym okresie napięcia sieciowego.

Z wyrażenia (13) wynika, że prądy wyjściowe przekształtnika sieciowego zawierają składową kolejności zerowej i składową kolejności przeciwnej o wartościach równych tym składowym występującym w prądach

odbiorów. Wartość skuteczna składowej zerowej prądu odbiorów przy działaniu mikroinstalacji może być, z uwzględnieniem skali, dwukrotnie większa od wartości skutecznej prądu fazowego. Przyczyną niesymetrii prądów są odbiorniki jednofazowe włączone do sieci, co w szczególnym przypadku może doprowadzić do sytuacji, w której moc w jednej fazie jest przesyłana w odwrotnym kierunku niż w dwóch pozostałych. Przy jednakowej wartości skutecznej prądów we wszystkich trzech fazach, prąd w przewodzie neutralnym jest przy tym równy dwukrotnej wartości prądu fazowego. Jest to wskazówka dla projektowania czterogałęziowego falownika sieciowego.

## Układ regulacji napięć i prądów

Układ regulacji napięć i prądów został zaprojektowany dla każdej fazy oddzielnie.

Prądy i napięcia fazowe są mierzone i filtrowane za pomocą uogólnionego integratora drugiego rzędu.

Poniższa analiza została przeprowadzona dla przypadku podwyższenia napięcia na odbiorach.

Prąd linii  $\underline{I}_{L1L}$  jest równy:

$$\underline{I}_{L1L} = \underline{I}_{L1LO} + \underline{I}_{L1D}. \quad (14)$$

Moc zespolona na wejściu do układu dodawania napięć określona jest zależnością:

$$\underline{S}_{L1} = \underline{U}_{L1L} \underline{I}_{L1L}^*, \quad (15)$$

gdzie:

- $\underline{S}_{L1}$  jest mocą na wejściu układu dodawczego.

Moc zespolona na wyjściu jednej fazy układu dodawczego, z uwzględnieniem tylko składowej kolejności zgodnej, jest równa:

$$\underline{S}_{L1O} = (\underline{U}_{L1L} + \underline{U}_{L1D}) \underline{I}_{L1LO}^*. \quad (16)$$

Biorąc pod uwagę (14) – (16), prąd fazowy zasilania układu dodającego napięcie, zawierający tylko składową kolejności zgodnej ma wartość:

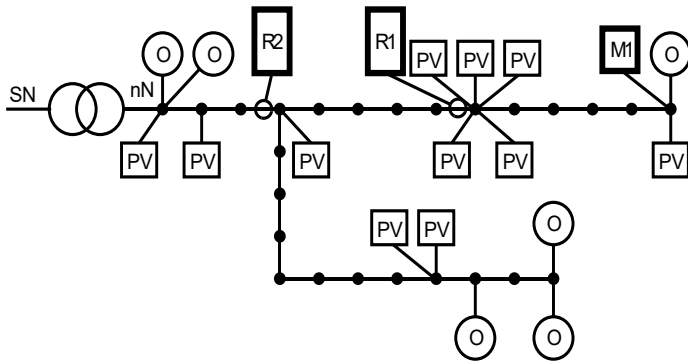
$$\underline{I}_{L1D}^* = \frac{\underline{U}_{L1D} \underline{I}_{L1LO}^*}{\underline{U}_{L1L}}. \quad (17)$$

Działanie układu symetryzującego prądy sieciowe i układu dodającego napięcie jest niezależne. Prądy symetryzujące zamykają się w falowniku z wykorzystaniem pojemności obwodu prądu stałego jako magazynu energii zapewniającego przepływ prądu składowej kolejności zerowej i przeciwnej.

Napięcie na kondensatorze w obwodzie prądu stałego jest regulowane ze względu na niedokładności obliczeń wartości zadanych prądów i związane z tym zmiany napięcia. Dobór struktury i nastaw regulatora napięcia w obwodzie prądu stałego musi uwzględniać impulsowy charakter przepływu energii do i z kondensatora z częstotliwością równą podwójnej częstotliwości sieci zasilającej.

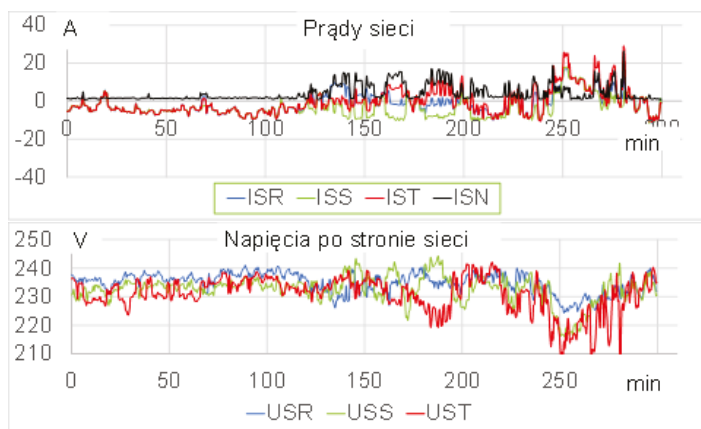
## Wyniki eksperymentów na linii nN

Aktywny regulator napięcia został przetestowany na linii pokazanej na rysunku 4.

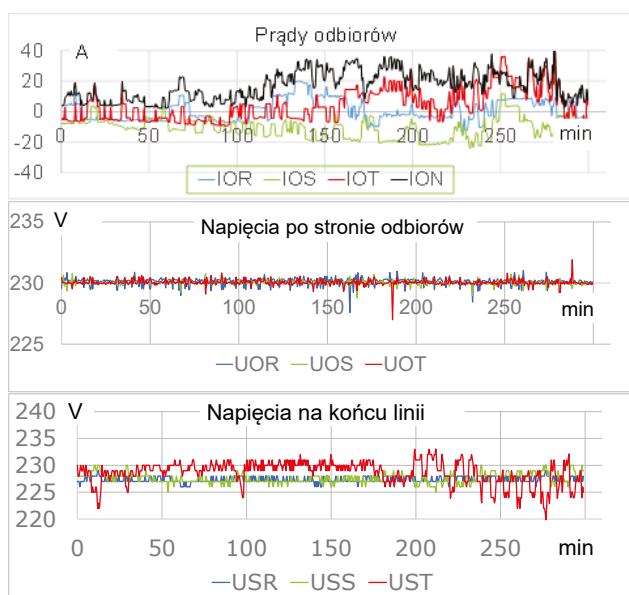


Rys. 4. Schemat linii nN: O – odbiory, PV – prosumenci z instalacjami fotowoltaicznymi, R1 – miejsce włączenia regulatora w głębi sieci, R2 – miejsce włączenia regulatora przy transformatorze, M1 – miejsce monitorowania napięcia na końcu linii

Regulator włączano w dwóch miejscach linii. W miejscu oznaczonym R1 regulator pracuje w głębi linii i stabilizuje napięcie w punkcie przyłączenia. W miejscu R2 regulator nastawia napięcia w fazach w zależności od wartości prądu i kierunku przepływu energii. Przyjęto zmianę napięcia w zakresie  $\pm 10$  V. W obydwu przypadkach rejestrowano napięcia fazowe linii w punkcie M1.



Rys. 5. Prądy i napięcia po stronie sieci regulatora zainstalowanego w punkcie R1



Rys. 6. Prądy i napięcia po stronie odbiorów regulatora zainstalowanego w punkcie R1 i napięcia na końcu linii w punkcie M1

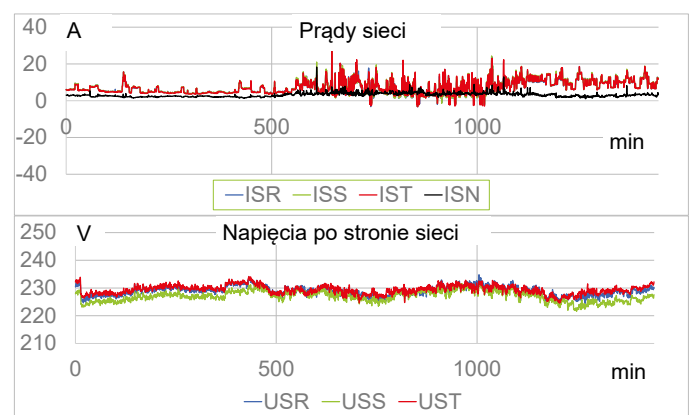
Prądy i napięcia po stronie sieci regulatora włączanego w punkcie R1 pokazano na rysunku 5. Ujemne wartości skuteczne prądów oznaczają, że energia jest wprowadzana do sieci. Rejestracja odbywała się 28.08.2021 r., od godz. 6.40. Prądy są symetryczne przez większość czasu, pojawia się oddawanie energii do sieci i jednocześnie zmienne obciążenie jednofazowymi odbiornikami. Napięcie po stronie sieci nie przekracza dopuszczalnych wartości.

Prądy odbiorów pokazane na rysunku 6. wykazują dużą niesymetrię, widoczne jest jednoczesne pobieranie i oddawanie energii, co powoduje występowanie dużej wartości prądu w przewodzie neutralnym. Napięcie za regulatorem utrzymywane jest na stałej wartości.

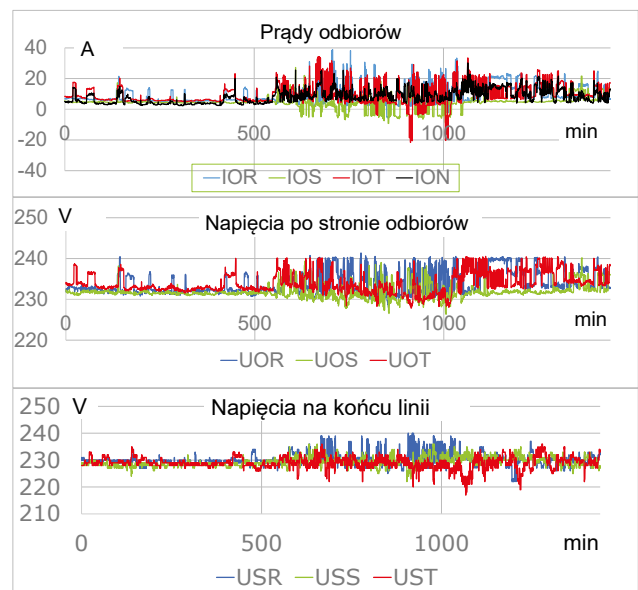
Prądy i napięcia po stronie sieci regulatora włączanego w punkcie R2 pokazano na rysunku 7.

Rejestracja odbywała się 25.03.2022 r., od godz. 5.58. Prądy sieci są symetryczne. Zmiany napięcia sieci wynikają ze spadków napięcia powodowanych prądami sieci oraz ze zmian w sieci SN.

Prądy odbiorów pokazane na rysunku 8. są niesymetryczne, występuje odbiór i wprowadzanie energii do sieci. Napięcia po stronie odbiorów są nastawiane w funkcji sumy prądów obydwu linii z ograniczeniem od 220 V do 240 V. W rezultacie napięcia na końcu linii nr 1 mieszczą się w granicach od 220 V do 240 V.



Rys. 7. Prądy i napięcia po stronie sieci regulatora zainstalowanego w punkcie R2



Rys. 8. Prądy i napięcia po stronie odbiorów regulatora zainstalowanego w punkcie R2 i napięcia na końcu linii w punkcie M1

Regulator działa na napięcia i prądy tylko w punkcie włączenia w obwód linii. Dokładność regulacji napięć fazowych uzyskuje się tylko w wybranych punktach.

## Podsumowanie

Zastosowanie aktywnych regulatorów napięcia zapewnia dwukierunkowy przepływ energii elektrycznej w sieci niskiego napięcia. Regulacja napięcia w głębi sieci umożliwia dostosowanie parametrów napięciowych do przesyłanej mocy.

Rozbudowane sieci wymagają instalowania regulatorów blisko transformatora dystrybucyjnego z regulacją w każdej fazie oddzielnie w zależności od prądów przepływających przez linię. Istotną funkcją regulatora jest symetryzacja prądów eliminująca spadki napięcia na przewodzie neutralnym. Zastosowanie regulatora napięcia zwiększa przepustowość linii.

## Bibliografia

- [1] „Distribution Automation. Results from the Smart Grid Investment Grant Program”. U. S. Department of Energy. 2016.  
[https://energy.gov/sites/prod/files/2016/11/f34/Distribution Automation Summary Report\\_09-29-16.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2016/11/f34/Distribution%20Automation%20Summary%20Report_09-29-16.pdf)
- [2] „Rozbudowa i modernizacja sieci dystrybucyjnej ENERGA OPERATOR S.A.”, 2017.  
<https://www.mr.gov.pl/strony/zadania/plan-inwestycyjny-dla-europy/efis-w-polsce-lista-projektow-rzadowych>
- [3] „Instrukcja ruchu i eksploatacji sieci dystrybucyjnej”. ENERGA Operator, Gdańsk, Tekst jednolity obowiązujący od dnia 09 września 2019 r.
- [4] „Kryteria oceny możliwości przyłączenia mikroinstalacji i małych instalacji przyłączanych do sieci dystrybucyjnej niskiego napięcia Operatora Systemu Dystrybucyjnego”. ENERGA Operator, Gdańsk, luty 2017 r.
- [5] Topolski Ł., Woźny K., Hanzelka Z.: „Kompensacja asymetrii prądów i napięć powodowanej odbiornikami i odnawialnymi źródłami energii za pomocą transformatora symetryzującego w sieciach niskich napięć”. Przegląd Elektrotechniczny, 95 (2019), nr 9, 179–185.

# Projekt E-Vespa. Konwersja włoskiego skutera z klasycznego napędu spalinowego na napęd elektryczny

Konrad Zarzeczny, Jan Ujazdowski, dr inż. Witold Kobos  
Zgierski Zespół Szkół Ponadpodstawowych  
im Jana Pawła II

Projekt został zrealizowany w Zgierskim Zespole Szkół Ponadpodstawowych im. Jana Pawła II w Zgierzu przez dwóch uczniów kierunku elektromobilność, pracujących nad nim pod opieką swojego nauczyciela zawodu. Projekt w 2022 roku został nagrodzony w dwóch szkolnych konkursach zawodowych organizowanych przez Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego: „Myśl Kreatywnie – Zostań Wynalazcą” oraz „Najlepsza Praca Modelowo-Konstrukcyjna w Szkołach Elektrycznych I Elektronicznych – kategoria profesjonalistów”.

Projekt zrodził się z chęci poznania przez uczniów praktycznych aspektów związanych z wdrażaniem elektromobilności poprzez samodzielne zaprojektowanie i stworzenie pojazdu elektrycznego. Uczniowie ci w wyniku samodzielnych przemyśleń dotyczących z jednej strony bardzo drogiej konwersji napędu samochodu osobowego, a z drugiej strony zbyt banalnej – ich zdaniem – budowy napędu elektrycznego dla roweru czy hulajnogi, dokonali kompromisowego wyboru i postanowili, że samodzielnie przerobią na napęd elektryczny łatwy do nabycia używany klasyczny skuter. Pozwoliło to im zmierzyć się z podobnymi problemami technicznymi jak przy konwersji samochodu, a nie potrzebowali specjalistycznego warsztatu czy sponsorów do realizacji takiego projektu.



Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego konferencji SENE 2022, prof. Jacek Kabziński rozpoczyna jazdę próbną E-Vespa w holu Hotelu Ambasador w Łodzi, miejscu obrad konferencji

Niniejszy artykuł został przygotowany na podstawie prezentacji przedstawionej przez wykonawców projektu na XV Konferencji „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym” – SENE 2022 w Łodzi.

(AD)



## Zakup i demontaż skutera Vespa z napędem spalinowym



Pierwsze chwile towarzyszące demontażowi napędu spalinowego w warsztacie

## Założenia dotyczące realizowanego projektu

- Zastąpienie spalinowego, dwusuwowego silnika ekologicznym, o wysokiej sprawności, elektrycznym silnikiem z magnesami stałymi. Oryginalny silnik spalinowy zużywał około 3,5 l mieszanki benzyny i oleju na pokonanie dystansu 100 km, emitując do atmosfery około 6 kg CO<sub>2</sub> oraz wiele innych szkodliwych substancji wynikających również ze spalania oleju.
- Poprawienie dynamiki i komfortu jazdy poprzez brak uciążliwego hałasu i większą moc silnika.
- Spełnienie wszystkich obowiązujących wymagań technicznych i prawnych, tak aby skuter został homologowany i dopuszczony do jazdy w ruchu publicznym.
- Doprowadzenie do wzorowego stanu technicznego i estetycznego skutera.

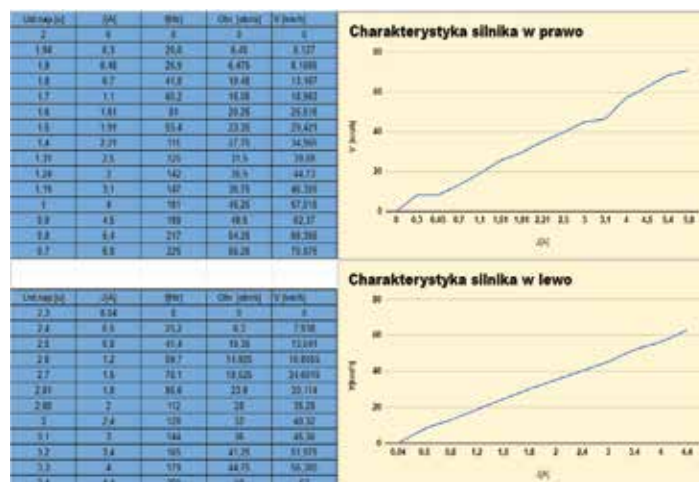
- Pod względem ekonomicznym koszt konwersji nie powinien przekraczać akceptowalnego rynkowego poziomu.

Etapy przyjęte przy realizacji projektu E-Vespy:

- 1) obliczenie parametrów napędu elektrycznego i dobranie silnika,
- 2) projekt zmian konstrukcyjno-mechanicznych związanych ze zmianą napędu,
- 3) projekt układu elektrycznego,
- 4) budowa zasobnika baterii trakcyjnej,
- 5) montaż i uruchomienie,
- 6) homologacja – legalizacja zmian konstrukcyjnych.

## 1. Obliczenie parametrów napędu elektrycznego i dobranie silnika

Aby optymalnie dobrać silnik i przekładnię, należało zacząć od obliczeń potrzebnej mocy, siły i prędkości obrotowej silnika (rysunek poniżej na str. 8.).



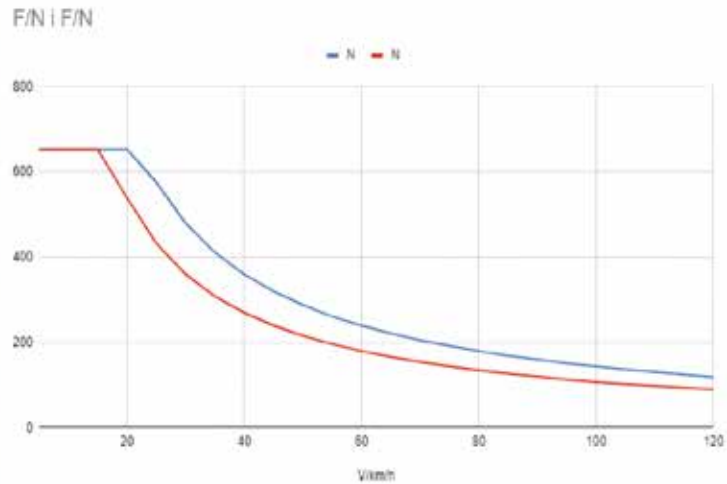
Na podstawie wykonanych obliczeń, z uwzględnieniem wymiarów możliwego do wykorzystania miejsca w istniejącej konstrukcji skutera oraz ze względu na przyjęte założenie o stosowaniu w układzie napędowym bezpiecznej wartości napięcia baterii 48 V, zdecydowano się na trójfazowy silnik bezszczotkowy z dedykowanym falownikiem o parametrach przedstawionych na załączonych zdjęciach.



Parametry użytego silnika BLDC

V	V	P	F	P	F
km/h	m/s	W	N	W	N
5	1,38	4000	653	3000	653
10	2,77	4000	653	3000	653
15	4,16	4000	653	3000	653
20	5,56	4000	653	3000	540
25	6,94	4000	576	3000	432
30	8,33	4000	480	3000	360
35	9,72	4000	411	3000	308
40	11,11	4000	360	3000	270
45	12,5	4000	320	3000	240
50	13,88	4000	288	3000	216
55	15,27	4000	261	3000	196
60	16,66	4000	240	3000	180
65	18,05	4000	221	3000	166
70	19,44	4000	205	3000	154
75	20,83	4000	192	3000	144
80	22,22	4000	180	3000	136
85	23,61	4000	169	3000	127
90	24,99	4000	160	3000	120
95	26,39	4000	151	3000	113
100	27,78	4000	144	3000	107
105	29,17	4000	137	3000	102
110	30,56	4000	131	3000	98
115	31,95	4000	125	3000	94
120	33,34	4000	119	3000	90

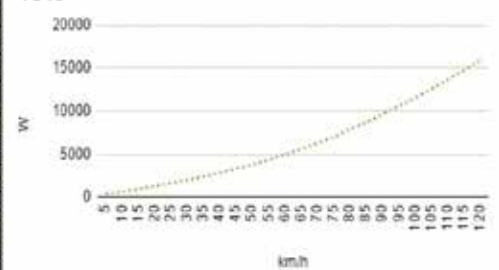
## Obliczenia potrzebnej siły



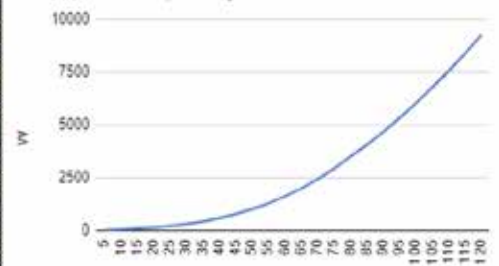
V	V	V*2	P/10%	F <sub>a</sub>	F/10%	F	P
km/h	m/s	m/s <sup>2</sup>	W	0,279496	N	N	W
5	1,38	1,9044	418,08	0,5322721824	219,5322722	20,53227218	28,33453561
10	2,77	7,6729	612,5703893	2,144544858	221,1445449	22,14454486	61,34038926
15	4,16	17,3056	931,1612793	4,836845978	223,836846	24,83684598	103,3212793
20	5,56	30,8025	1263,230924	8,60917554	227,6091755	28,60917554	158,7809242
25	6,94	48,1636	1613,283043	13,46153355	232,4615335	33,46153355	232,2230428
30	8,33	69,3889	1985,821354	19,39391999	238,39392	39,39391999	328,1513536
35	9,72	90,1044	2373,466724	25,18381938	244,1838194	45,18381938	439,1867244
40	11,11	123,4321	2816,371426	34,49877822	253,4987782	54,49877822	605,481426
45	12,5	156,25	3283,390625	43,67125	262,67125	63,67125	795,890625
50	13,88	192,6544	3787,104342	53,84613418	272,8461342	73,84613418	1024,984342
55	15,27	233,1729	4339,289534	65,17089286	284,1708929	85,17089286	1300,559534
60	16,66	277,5556	4940,950827	77,5756799	296,5756799	97,5756799	1625,610827
65	18,05	325,8025	5596,591935	91,060495	310,060495	111,060495	2004,641935
70	19,44	377,9136	6310,71	105,6253395	324,6253395	125,6253395	2442,1566
75	20,83	433,8889	6934,7	121,270212	340,270212	141,270212	2942,658516
80	22,22	493,7284	7932,43	137,9951129	356,9951129	157,9951129	3510,651408
85	23,61	557,4321	8681	152,0199427	371,0199427	172,0199427	4061,390848
90	24,99	624,5001	9649,258778	167,124801	386,124801	187,124801	4676,248778
95	26,39	696,4321	10588,45071	182,2296593	401,2296593	202,2296593	5336,84071
100	27,78	771,7284	11566,7729	197,3345176	416,3345176	217,3345176	6037,5529
105	29,17	850,8889	12585,0866	212,4393759	431,4393759	232,4393759	6780,256596
110	30,56	933,9136	13646,3918	227,5442342	446,5442342	247,5442342	7564,951798
115	31,95	1020,8025	14749,68851	242,6490925	461,6490925	262,6490925	8391,638506
120	33,34	1111,5656	15894,97672	257,7539508	476,7539508	277,7539508	9260,31672

## Obliczenia potrzebnej mocy

W na km/h przy podejździe pod wzniesienie 10%



W na km/h na prostej drodze

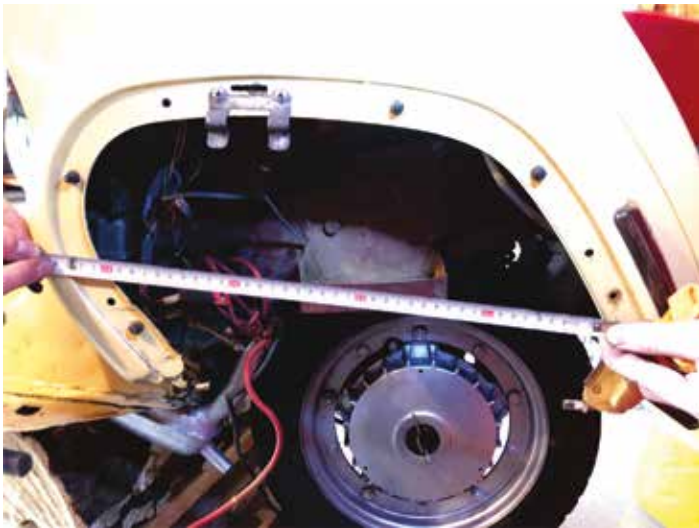


Falownik dostosowany do sterowaniem silnika BLDC

## 2. Projekt zmian konstrukcyjno-mechanicznych związanych ze zmianą napędu

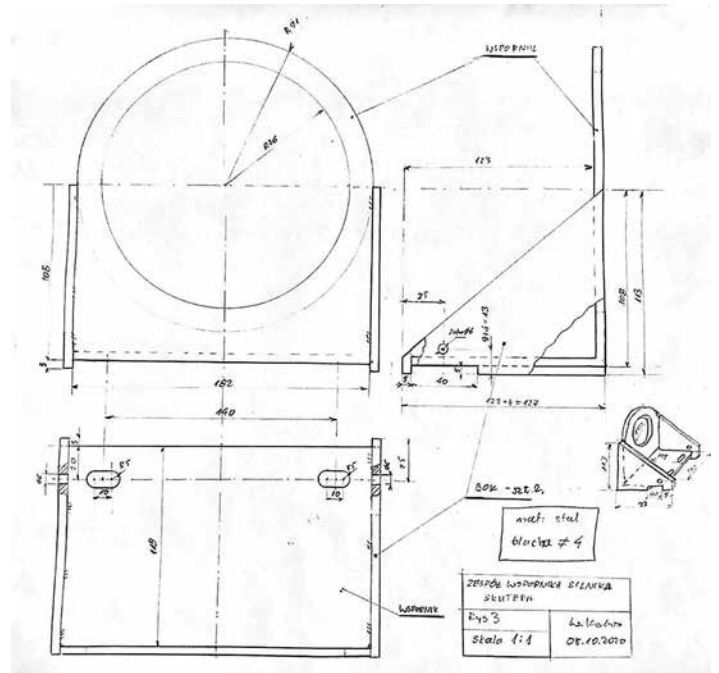
Punktem wyjścia była oryginalna bryła skutera, w którą nie ingerowano. Musiano opracować nowe przeniesienie napędu: konstrukcję wahacza, dobrą przekładnię, mocowanie silnika. Zadbano o optymalne rozmieszczenie podzespołów w dostępnych przestrzeniach: zachowanie symetrii masy, a także ergonomii czynności serwisowych.

Sporym utrudnieniem przy wprowadzaniu zmian konstrukcyjnych był też brak dostępnych rysunków technicznych Vespy, więc zwymiarowania poszczególnych elementów skutera wykonawcy projektu musieli dokonać samodzielnie.



Pomiary dotyczące konstrukcji skutera zbierane „z natury”

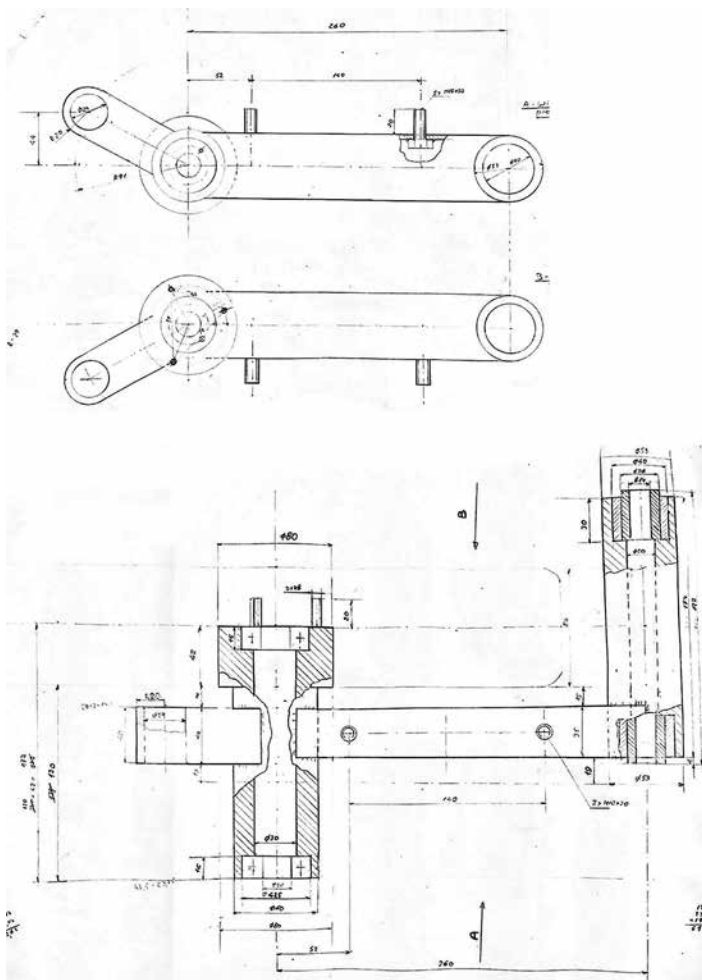
We wstępnej fazie realizacji całości projektu konwersji napędu skutera rozważano różne koncepcje rozwiązania problemu zaprojektowania elektrycznego napędu dla przebudowywanej Vespy takie jak: silnik w feldze koła czy też napędzanie tego koła poprzez dotychczasową skrzynię biegów zintegrowaną z wahaczem. W końcu podjęto decyzję, że oryginalny wahacz z silnikiem spalinowym zostanie usunięty, a mocowanie silnika elektrycznego zostanie zaprojektowane na nowo.



Konstrukcja zamocowania silnika BLDC



Weryfikacja projektu konstrukcji mechanicznych z wykorzystaniem przestrzennych modeli drewnianych



Wybrane rysunki konstrukcyjne podzespołów mechanicznych napędu elektrycznego

Wykonanie w metalu zaprojektowanego powyżej wahacza (którego konstrukcję zweryfikowano z użyciem przestrzennych modeli drewnianych) służącego do zamocowania elementów rzeczywistego napędu w skuterze zlecono w lokalnym rzemieślniczym warsztacie mechanicznym. Po kilku tygodniach oczekiwania nowy wahacz (patrz: zdjęcie) był gotowy do odebrania.



Nowy wahacz wykonany na zamówienia wg własnego projektu



Widok nowego wahacza z zamocowanym nań elektrycznym silnikiem BLDC

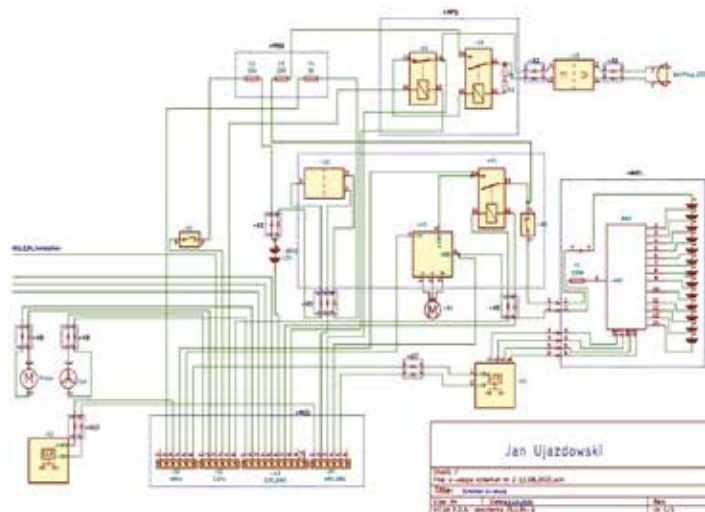


Widok kompletnego napędu elektrycznego koła skutera zamontowanego na nowym wahaczu, składającego się z silnika BLDC i przekładni napędowej z paskiem i kołem zębatym wykorzystanymi z napędu rozrządu starego samochodowego silnika spalinowego

### 3. Projekt układu elektrycznego

Aby połączyć wszystkie elementy w całość niezbędne było stworzenie schematu elektrycznego. Układ ten został spięty z oryginalną wiązką. Pojawiły się w sumie 4 obwody elektryczne współpracujące ze sobą:

- 12 V – oświetlenia i osprzętu,
- 48 V – obwód zasobnika,
- 5 V – sterowanie,
- trójfazowy obwód połączenia falownik – silnik.

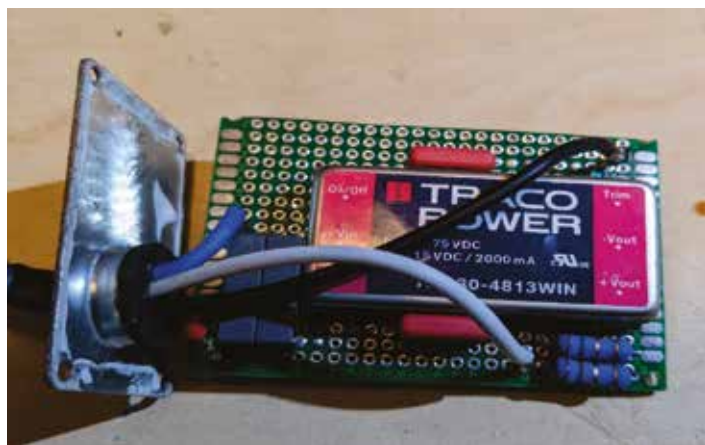


Schemat elektryczny instalacji sterowania napędem

#### 12 V – Oświetlenie i osprzęt

Zachowano pierwotną, 12 V instalację zasilającą oświetlenie i sygnalizację dźwiękową.

Obwód jest zasilany z małego akumulatora 12 V, który jest podtrzymywany przez separowaną przetwornicę 48/12 V. Dla zmniejszenia poboru prądu zamieniono wszystkie tradycyjne żarówki na energooszczędne żarówki LED. Za pomocą obwodu 12 V sterowany jest główny stycznik akumulatora 48 V. W tym obwodzie znajduje się również chłodzenie silnika (pompka ciecży i wentylator).



Przetwornica 48/12 V zasilająca „stary” pierwotny obwód 12 V z baterii trakcyjnej 48 V

#### 48 V – Obwód zasobnika

Falownik, który wybrano, jest przewidziany do współpracy z obwodem napięcia stałego 48 V lub 72 V. Ze względu na bezpieczeństwo i większy wybór podzespołów, wybrano napięcie 48 V.

Aparatura stykowa: styczniki, przekaźniki, przewody, przyłącza użyte w tym obwodzie są dostosowane do pracy przy napięciu minimum 60 V.



Widok przyłącza silnopiętowego baterii trakcyjnej



Widok na odłącznik bezpieczeństwa, przetwornicę 48/12 V, stycznik baterii trakcyjnej 48 V

## 5 V – Sterowanie

Niskonapięciowy obwód 5 V jest wykorzystywany do sterowania falownikiem napędu oraz odczytu stanu zasobnika bateryjnego.

Za pomocą tego obwodu regulowana jest prędkość jazdy skutera, a także można odczytywać stan naładowania poszczególnych cel zasobnika bateryjnego.



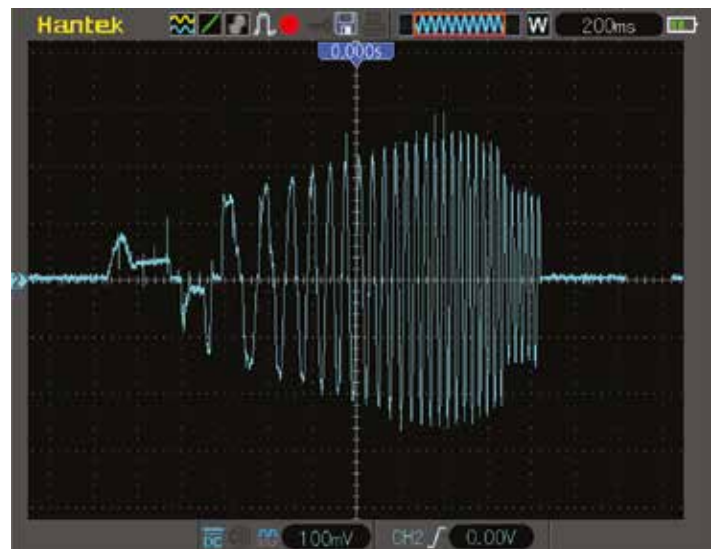
Przewody sygnałowe BMS-a (Battery Management System)



Program do ustawiania parametrów falownika

## Trójfazowy obwód połączenia falownik – silnik

Falownik zasila trójfazowy silnik z magnesami trwałymi trzema przewodami. W przewodach płynie prąd o zmiennej częstotliwości i amplitudzie o dużej wartości, przekraczającej 200 A. Przewody są narażone na obciążenia mechaniczne, gdyż łączą silnik osadzony na ruchomym wahaczu z falownikiem zabudowanym w korpusie skutera.



Pomiar oscyloskopowy prądu silnika podczas rozruchu napędu skutera

## 4. Budowa zasobnika baterii trakcyjnej

Projekt zasobnika okazał się być prawdziwym wyzwaniem. Musiano pokonać szereg problemów konstrukcyjnych, technologicznych i ekonomicznych, takich jak:

- wybranie optymalnego typu ogniwa,
- określenie przestrzeni na zabudowę w konstrukcji skutera,
- wytypowanie podwykonawcy dysponującego odpowiednią technologią łączenia cel w pakiet z BMS-em,
- wytypowanie podwykonawcy lekkiej obudowy aluminiowej zasobnika,
- pozyskanie środków na sfinansowanie kosztownego projektu.

Ze względu na najlepszy stosunek pojemności do masy i objętości oraz możliwości wypełnienia akumulatorami całej nieforemnej komory Vespy, zdecydowano się na pakiet ogniw litowo-jonowych.



maksymalny prąd rozładowania 10A  
 typowa pojemność: 3500mAh  
 napięcie nominalne: 3,6V  
 wymiary: 18,4mm x 65,2mm

Widok ogniwa wchodzącego w skład baterii trakcyjnej



Sposób zamocowania baterii trakcyjnej w skuterze

## 5. Montaż i uruchomienie

Prace te przebiegały etapami. Na zakończenie kolejnego etapu przeprowadzano test potwierdzający poprawność wykonanych prac. Przed jazdami próbnymi w terenie sprawdzano funkcjonowanie nowego napędu elektrycznego na stacjonarnym stanowisku w warsztacie.



Widok komory, gdzie ulokowano baterię trakcyjną skutera



Widok kompletnej gotowej baterii trakcyjnej, której wodoodporną obudowę wykonano z grubej blachy aluminiowej



Wyposażenie laboratorium warsztatowego



*Jazda próbna w terenie*

cyjne zostały sprawdzone pod względem bezpieczeństwa. Nasza konstrukcja została pozytywnie oceniona, czego zwieńczeniem jest zielona tablica rejestracyjna.



*Zielona tablica rejestracyjna przyznana na zakończenie procesu homologacji*

## 6. Homologacja – legalizacja zmian konstrukcyjnych

Po zakończeniu konwersji nadszedł czas na dopuszczenie naszego pojazdu do ruchu po drogach publicznych. Vespa przeszła rozszerzony przegląd, została zważona i pomierzona, a wszystkie zmiany konstruk-

W tej końcowej fazie realizacji projektu zadbano również o estetykę i stan techniczny skutera. Stare, mocno nadwyżone zębem czasu

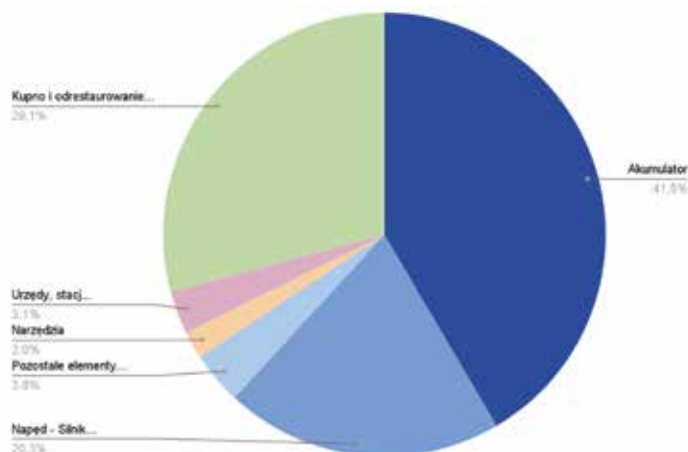


*Widok elementów skutera przed, w trakcie i po renowacji*

pokrycie lakiernicze zostało usunięte za pomocą sodowania i szkiełkowania. Wszystkie elementy zregenerowano bądź wymieniono. Do tego nadano starej Vespie nową kolorystykę, adekwatną do nowego ekologicznego napędu elektrycznego.

## Podsumowanie – analiza kosztów

Udział poszczególnych składowych w koszcie konwersji przedstawiono na poniższym wykresie.

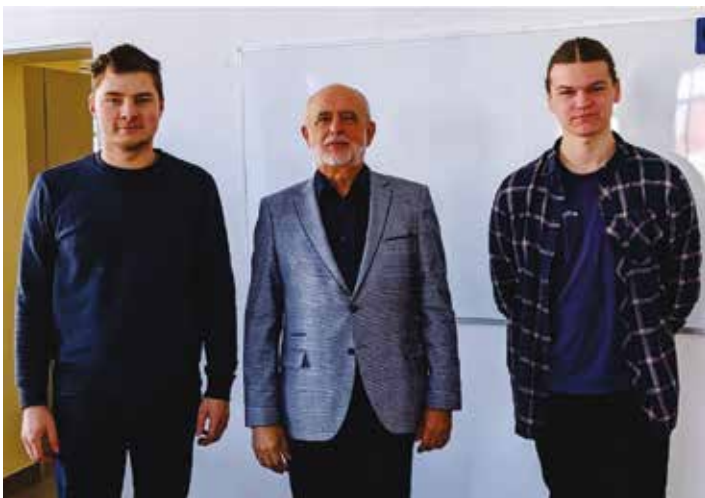


Poglądowe zestawienie kosztów poniesionych przy realizacji projektu E-Vespa:

● – akumulator, ● – napęd: silnik z falownikiem, wahacz, przekładnia pasowa, ● – kupno i odrestaurowanie Vespy, ● – narzędzia, ● – urzędy, stacje diagnostyczne, ubezpieczenie, ● – pozostałe elementy potrzebne do konwersji

Jak widać na wykresie, największym kosztem samej konwersji był akumulator, którego koszt pokryła firma „Enika” z Łodzi, współpracująca z twórcami projektu. Reszta elementów była finansowana z prywatnych środków całego zespołu pracującego przy tym projekcie. Jednostkowe zakupy, usługi, nakłady projektowe podnosiły koszty projektu. Należy się spodziewać, że dopiero powtarzalność konwersji, jako efekt skali, przyniesie ich obniżenie.

Warto zauważyć, że znaczący wpływ na całkowite koszty ma wielkość (pojemność) wykorzystywanego zasobnika energii, co ma także wpływ na oczekiwany zasięg jazdy pojazdu. W przybliżeniu można oszacować, że każdy dodatkowy kilometr zasięgu jazdy pociąga za sobą wzrost kosztu baterii o 100 złotych.



Autorzy artykułu: Konrad Zarzeczny (z lewej), Jan Ujazdowski (z prawej) – uczniowie kierunku elektromobilność, dr inż. Witold Kobos (w środku) – nauczyciel zawodu w Zgierskim Zespole Szkół Ponadpodstawowych



Nowoczesny skuter elektryczny E-Vespa na tle zrewitalizowanej starej ulicy w Zgierzu

## Bibliografia

- [1] Autorski program firmy Enika Sp. z o.o. do obliczeń trakcyjnych pojazdów z napędem elektrycznym.
- [2] Boś P., Chodorowska D., Fejkiel R., Wrzask Z.: „Podstawy konstrukcji maszyn. Tom2”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Sp. z o.o. ul. Kazimierzowska 52, 02-546 Warszawa tel. 22-849-27-51; fax 22-849-23-22, Wydanie 1. Warszawa 2012, ISBN 978-83-206-1827-3.
- [3] Katalog akcesoriów przeniesienia napęd: Akcesoria CNC Elżbieta Taraszkiewicz, 16-300 Augustów, Polska, ul. 1 Pułku Ułanów Krechowieckich 18, NIP: 846-149-16-32, REGON: 91039831, w EBMI.pl – Elementy Budowy Maszyn i Automatyki.
- [4] Karta katalogowa Silnik BLDC PMSM HPM-3000B: UAB MIROMAX, Dumu 3c, LT-11119, Vilnius, Lithuania, Miromax - Rozwiązania rozszerzające możliwości.
- [5] Karta katalogowa falownika do silnika BLDC, BLDC motor, electric outboard, GMX motorcycle, Golden GMX, BLDC motor controller, EZ Outboard Motor, EZ kontrol, EZ kontrol, foldable electric wheelchair, portable electric wheelchair (goldenmotor.com).
- [6] Parametry ogniwa Li-ion: New LG MJ1 18650 Battery Review (3500 mAh) – 18650 Battery | BATTERY BRO.
- [7] Katalog wyposażenia elektrycznych obwodów mocy DC; Transfer Multisort Elektronik – Katalog On-line | 600 000 produktów w ofercie (tme.eu).
- [8] Ali Emadi Advanced Electric Drive Vehicles, CRC Press Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742 © 2015 by Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business No claim to original U.S. Government works Version Date: 20140825 International Standard Book Number-13: 978-1-4665-9770-9 (eBook - PDF).



# Stanowisko laboratoryjne do badania pomp i układów pomiarowych przepływów

inż. Kacper Mazur, inż. Aleksandra Stępkowska  
SKN „Energetyk” przy Instytucie Elektroenergetyki PŁ

dr inż. Mariusz Pawlak, dr inż. Tomasz Kotlicki  
Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki

## 1. Wstęp

W roku akademickim 2021/2022 w laboratorium Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej zmodernizowano stanowisko laboratoryjne. Prace finansowało Ministerstwo Edukacji i Nauki dla projektu pt. „Stanowisko laboratoryjne – nowoczesne systemy pomiarów przepływu”. Umowę zawarto w ramach programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”.

Głównym założeniem projektu była modernizacja stanowiska dla celów dydaktycznych oraz naukowo-badawczych. Zakładała ona wymianę istniejącej instalacji laboratoryjnej oraz doposażenie stanowiska w dodatkowe elementy pomiarowe.

Stanowisko przed modernizacją składało się w głównej mierze z aparatów analogowych wraz z częściowo zautomatyzowanym układem oraz ze stalowych rur transportujących wodę.

Założenia projektu były takie, aby rozszerzyć możliwości badawcze (np. w celu realizacji prac dyplomowych) oraz rozwinąć bazę ćwiczeń laboratoryjnych na różnych poziomach edukacji, głównie na kierunkach studiów: elektrotechnika i energetyka.

Na stanowisku można realizować ćwiczenia z zakresu:

- pomiarów poziomu wody,
- pomiarów ciśnienia,
- pomiarów przepływu cieczy,
- automatyki i sterowania układów pompowych.

Podczas prac projektowych m.in. wymieniono starą aparaturę pomiarową oraz układ automatycznej regulacji wraz ze stanowiskiem komputerowym. Do istniejących już kryz pomiarowych dodano między innymi: przetworniki ciśnień i różnicy ciśnień, radar falowodowy oraz przepływomierz ultradźwiękowy.

W trakcie sprawdzania układu zauważono znaczą poprawę możliwości zarówno w usprawnieniu przebiegu ćwiczeń, jak i w otrzymywanych wynikach. Dzięki zastosowaniu nowoczesnej aparatury pomiarowej zmniejszono niepewności pomiarowe oraz wyeliminowano część zakłóceń.

## 2. Opis stanowiska

Głównymi elementami stanowiska laboratoryjnego są dwa zbiorniki umieszczone na specjalnej konstrukcji ramowej. Przepływ wody

zapewniają dwie pompy napędzane silnikami zasilanymi z trójfazowej sieci niskiego napięcia 400 V (rys. 2.1.). Każdy silnik pompy ma możliwość regulacji prędkości obrotowej za pomocą przetwornicy częstotliwości. Na stanowisku laboratoryjnym istnieje możliwość przeprowadzenia kilku różnych ćwiczeń; przystosowanie stanowiska do ćwiczenia polega na odpowiednim ustawieniu zaworów zamontowanych na rurach. Na rys. 2.2. pokazano schemat hydrauliczny i pomiarowy stanowiska wraz z opisem najważniejszych elementów. Na rys. 2.3. pokazano widok stanowiska w laboratorium.

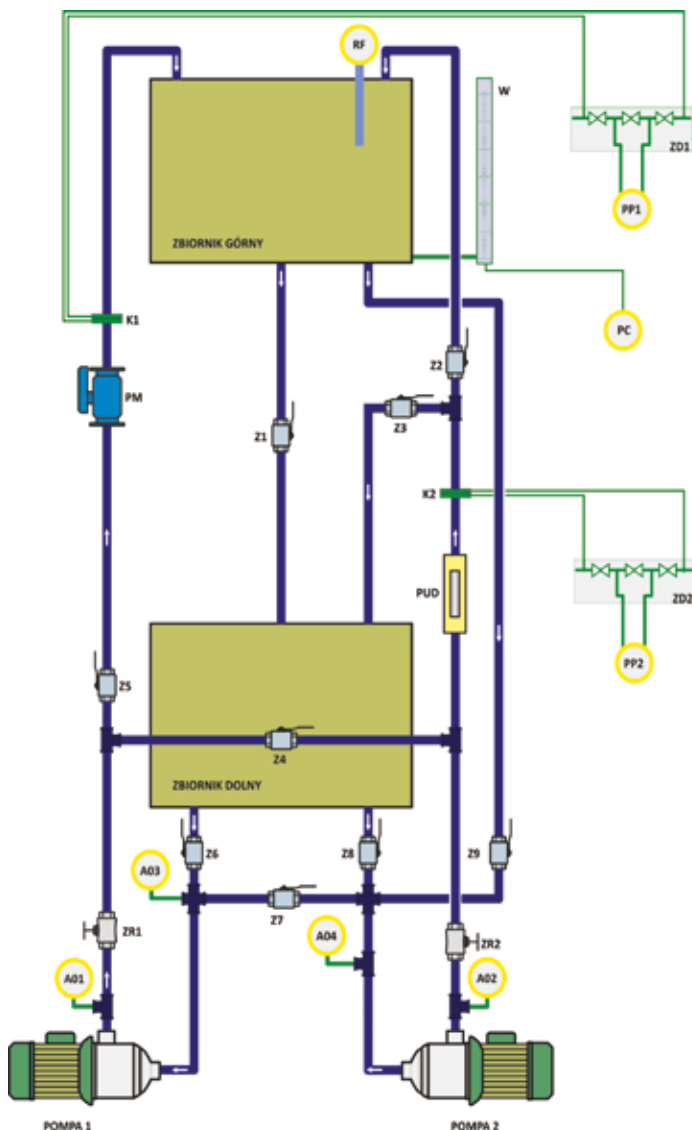
Oprócz pomp, na stanowisku są zainstalowane przepływomierze, ciśnieniomierze, falowniki, watomierz oraz miernik prędkości obrotowej silnika. Pompy na stanowisku laboratoryjnym posiadają następujące parametry:

- typ WILO MHI 202 3~400/1.14301/EPDM,
- prędkość obrotowa 2900 obr/min,
- maksymalna wysokość podnoszenia 22 m,
- maksymalna wydajność 5 m<sup>3</sup>/h,
- moc silnika 0,55 kW,
- moc pobierana z sieci 0,83 kW.



Rys. 2.1. Układ pomp wirowych wraz z zaworami regulacyjnymi, zasuwami oraz przetwornikami ciśnienia na ssaniu i tłoczeniu

Użycie w układzie czujników i przetworników cyfrowych takich jak: przepływomierze, przetworniki ciśnienia i różnicy ciśnienia, za



Rys. 2.2. Schemat hydrauliczny stanowiska laboratoryjnego. Opis elementów:  
 K1, K2 – kryzy pomiarowe; A01-A04 – przetworniki do pomiaru ciśnienia na tłoczeniu i ssaniu; PC – przetwornik różnicy ciśnień; PM – przepływomierz magnetyczny; PUD – przepływomierz ultradźwiękowy;  
 RF – radar falodowody; PP1, PP2 – przetworniki różnicy ciśnień do kryz;  
 W – wodowskaz; PM – przepływomierz elektromagnetyczny;  
 Z1...Z9 – zawory kulowe odcinające;  
 ZD1, ZD2 – zawory trójdrożne;  
 ZR1, ZR2 – zawory regulacyjne

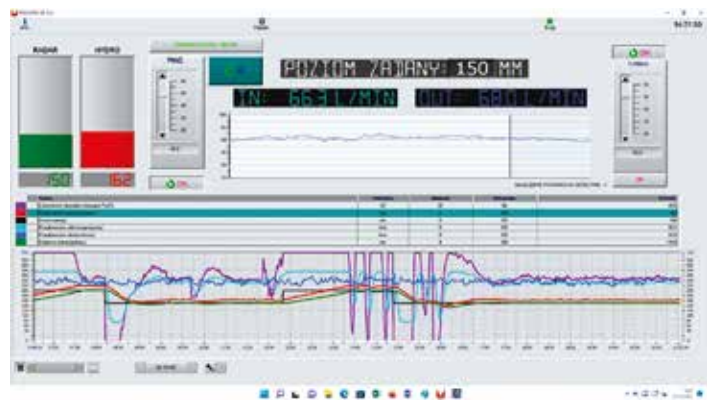


Rys. 2.3. Widok instalacji hydraulicznej w laboratorium

pośrednictwem odpowiednio zaprogramowanego sterownika PLC, pozwala na monitorowanie działania układu i sterowanie nim na podstawie odczytywanych parametrów. Sterownik PLC realizuje również algorytmy automatycznej regulacji poziomu wody w zbiorniku.

Doposażenie stanowiska w przepływomierz ultradźwiękowy pozwala na zaprezentowanie i zapoznanie studentów z metodami pomiarowymi nie wymagającymi ingerencji w istniejącą infrastrukturę (rurociągi) i porównanie ich z wcześniej znajdującym się na stanowisku przepływomierzem elektromagnetycznym oraz kryzami pomiarowymi.

Zamontowanie nowego sterownika PLC przyczyniło się do ułatwienia korzystania ze stanowiska, między innymi poprzez umożliwienie sterowania całym stanowiskiem za pośrednictwem zewnętrznego terminala SCADA (rys. 2.4.). Terminal ten może jednocześnie pokazywać dowolne, wcześniej zdefiniowane parametry badanego układu, jak również może służyć do sterowania układem poprzez zadawanie odpowiednich nastaw prędkości silników lub poprzez ich załączanie lub wyłączenie.



Rys. 2.4. Przykładowy ekran wizualacyjny programu SCADA

Obsługę większości sprzętów umożliwia i ułatwia nowoczesny komputer wyposażony w duży 33-calowy monitor. Wykonywane za pośrednictwem komputera czynności to między innymi:

- obsługa oprogramowania typu SCADA wizualizującego pracę układu,
- programowanie sterownika PLC do sterowania układem,
- wykonywanie pomiarów podczas badania układu,
- wykonywanie sprawozdań dotyczących wykonywanego ćwiczenia,
- objaśnianie ćwiczenia przez prowadzącego,
- wykonywanie obliczeń na stanowisku.

## 2.1. Aparatura na stanowisku laboratoryjnym

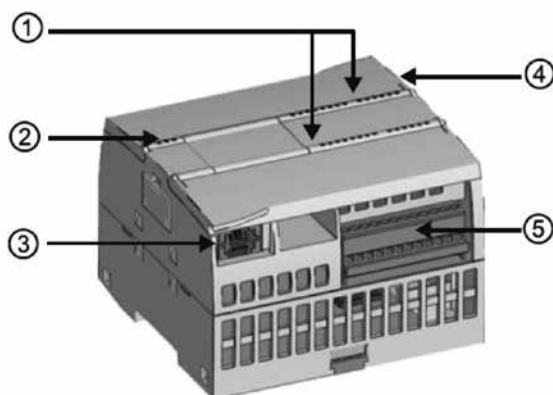
Stanowisko laboratoryjne zostało wyposażone w wiele dodatkowych urządzeń sterujących i pomiarowych. Najważniejsze z nich to:

- sterownik PLC S7-1200 firmy Siemens,
- radar falowodowy Levelflex FMP50 wersja HART,
- przetworniki różnicy ciśnień DMD 331,
- przepływomierz ultradźwiękowy Ultraflo 1000 MK2.

Oprócz wyżej wymienionych urządzeń, stanowisko wyposażone jest jeszcze w wiele innych urządzeń, np.: kryzy pomiarowe, przetworniki ciśnienia do pomiaru ciśnienia na ssaniu i toczeniu pomp, przetworniki różnicy ciśnień (pomiar ciśnienia różnicowego na kryzach pomiarowych) przepływomierz elektromagnetyczny, przetwornice częstotliwości oraz zawory i zasuwę.

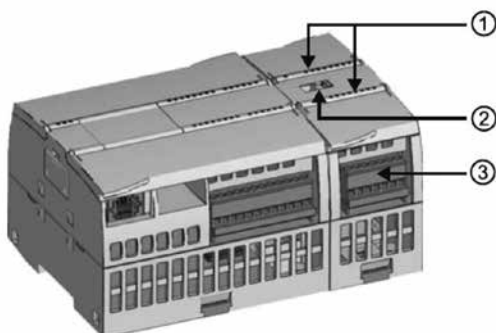
### 2.1.1. Sterownik PLC

W projekcie wykorzystany został sterownik SIEMENS S7-1200 CPU 1212C typu AC/DC/RLY (rys. 2.5. i rys. 2.6.) . W sterowniku zaimplemen-



Rys. 2.5. Jednostka bazowa sterownika PLC.

1 – diody LED statusu wbudowanych portów I/O; 2 – diody LED statusu operacyjnego CPU; 3 – złącze PROFINET; 4 – slot karty pamięciowej (pod klapką); 5 – rozpinane złącza na kablu



Rys. 2.6. Jednostka bazowa sterownika PLC z dołączonymi modułami rozszerzeń [4]. 1 – diody LED statusu portów I/O modułu rozszerzeń; 2 – gniazdo magistrali; 3 – rozpinane złącza na kablu

towano strukturę programową z wykorzystaniem oprogramowania TIA Portal v17 dołączonego do sterownika [4]. Sterownik był programowany w języku FBD (ang. *Functional Block Diagram*) poprzez komputer PC. Jako urządzenie sprzęgające komputer, sterownik oraz panel w jedną sieć lokalną zastosowano switch (przełącznik sieciowy).

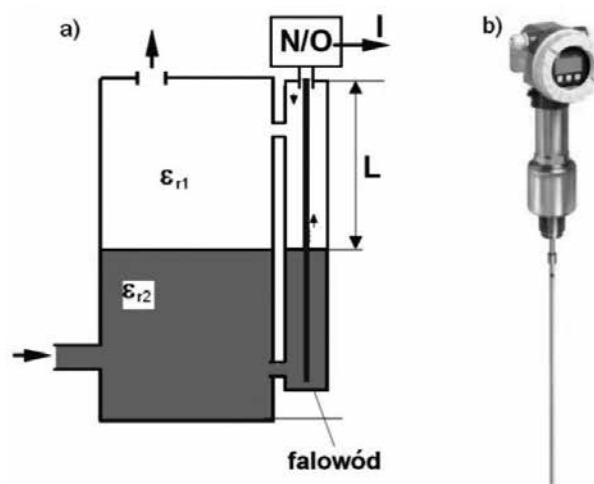
### 2.1.2. Radar falowodowy

Z uwagi na wady przetworników różnicy ciśnień stosowanych do pomiaru poziomu cieczy, rosnącą popularnością cieszą się czujniki radarowe. Zastosowanie radarów do pomiaru poziomu posiada wiele zalet, takich jak: brak konieczności stosowania dodatkowych elementów instalacji pomiarowej (rurki pomiarowe, naczynia odniesienia), wysoki stopień niezawodności oraz mniejsze nakłady na utrzymanie w ruchu układu pomiarowego.

Zasada pomiaru opiera się na zjawisku odbicia fali elektromagnetycznej na granicy dwóch ośrodków o różnych stałych dielektrycznych  $\epsilon$ . Nadajnik generuje falę elektromagnetyczną, która odbija się na granicy wody i pary (w przypadku walczaka kotła parowego), a następnie wraca do odbiornika czujnika. Wartością mierzoną bezpośrednio przez czujnik jest czas pomiędzy wysłaniem i odebraniem fali.

Radarowy czujnik poziomu może być umieszczony bezpośrednio w zbiorniku, w rurach osłonowych znajdujących się w zbiorniku, naczyniu wodowskazu lub oddzielnym naczyniu pomiarowym.

Na rys. 2.7. pokazano schemat ideowy pomiaru za pomocą radaru oraz zdjęcie czujnika.



Rys. 2.7. Pomiar poziomu radarem falowodowym: a) schemat ideowy, b) radarowy czujnik pomiarowy.  
 $\epsilon_{r1}, \epsilon_{r2}$  – względne przenikalności elektryczne graniczących ośrodków;  
 N/O – nadajnik odbiornik; I – prądowy sygnał wyjściowy

Droga  $L$  przebyta przez falę jest wprost proporcjonalna do prędkości propagacji fali  $c$  oraz czasu przejścia fali od nadajnika do odbiornika  $\Delta t$  [2], zgodnie ze wzorem (2.1). Jednocześnie ta droga może być utożsamiana z poziomem cieczy, przy czym im dłuższa droga, tym niższy jest poziom w walczaku.

$$L = \frac{c \cdot \Delta t}{2} \quad (2.1)$$

gdzie:

$L$  – odległość między płaszczyzną emisji i odbioru impulsów fali elektromagnetycznej a poziomem cieczy (rys. 2.7),

$c$  – prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej w ośrodku nad poziomem cieczy,

$\Delta t$  – różnica między czasem emisji impulsu fali elektromagnetycznej a czasem odbioru jego odbicia na granicy dwóch ośrodków o różnych przenikalnościach elektrycznych [3].



Rys. 2.8. Przetwornik pomiarowy radaru falowodowego Levelflex FMP51

Na stanowisku pomiarowym został zamontowany radar falowodowy typu Levelflex FMP51 firmy Endress+Hauser (rys. 2.8.). Urządzenie to służy do pomiarów w zróżnicowanych warunkach procesowych w zbiorniku. Zapewnia niezawodność, gdy powierzchnia cieczy wrze, występuje piana, ciecz rozwarstwia się, a konstrukcja wnętrza zbiornika zakłóca pomiar bezkontaktowy. Levelflex FMP51 służy do ciągłego pomiaru poziomu cieczy, past i szlamów oraz do detekcji rozdziału warstw cieczy. Zmiany gęstości medium, temperatury i ciśnienia, jak również uwalnianie gazów i dynamicznie zmieniająca się ich kompozycja nad powierzchnią cieczy nie mają wpływu na przebieg pomiaru. Zdalny dostęp do FMP51 jest możliwy za pomocą Bluetooth i nieodpłatnej aplikacji SmartBlue, np. na smartfon [2]. Podstawowe parametry radaru, to [2]:

- niepewność pomiarowa dla sondy prętowej:  $\pm 2$  mm,
- temperatura procesu:  $-50 \div +200^{\circ}\text{C}$ ,
- absolutne ciśnienie medium – wartość graniczna nadciśnienia: próżnia  $\div 40$  bar,
- maksymalna odległość pomiarowa: pręt: 10 m Min DK > 1,6,
- długość sondy (na stanowisku): 0,75 m.

### 2.1.3. Przetwornik różnicy ciśnień

Na stanowisku zamontowano również przetworniki ciśnienia, w tym przetwornik różnicy ciśnień DMD331 (rys. 2.9.) do pomiaru poziomu wody w wodowskaziu. Wodowskaz został wykorzystany do pomiaru poziomu wody w zbiorniku górnym metodą hydrostatyczną. Dzięki temu istnieje możliwość porównania metod pomiarowych poziomu (hydrostatycznej i radarowej) stosowanych w przemyśle.



Rys. 2.9. Przetwornik pomiarowy różnicy ciśnienia DMD 33.1

Główne parametry przetwornika, to:

- zakres pomiarowy:  $0 \div 100$  mbar,
- sygnał wyjściowy: 4–20 mA, 2-przewodowy,
- zasilanie w pętli prądowej 12÷36 V (DC).

### 2.1.4. Przepływomierz ultradźwiękowy

Zasada działania przepływomierza ultradźwiękowego bazuje na pomiarze różnicy czasów przejścia fali ultradźwiękowej. Fala emitowana jest naprzemiennie pomiędzy dwoma czujnikami pomiarowymi zamontowanymi na rurociągu. W przypadku braku przepływu czasy przejścia fali w obu kierunkach są jednakowe. Gdy fala rozchodzi się przeciwnie do kierunku płynącej cieczy, prędkość propagacji jest mniejsza niż w kierunku zgodnym z ruchem cieczy [1]. Prędkość średnią cieczy w rurociągu oblicza się ze wzoru:

$$w_D = \frac{D}{\sin(2\alpha)} \left( \frac{1}{\tau_1} - \frac{1}{\tau_2} \right) \quad (2.2)$$

gdzie:

$w_D$  – średnia arytmetyczna prędkości cieczy w rurociągu,

$D$  – średnica rurociągu,

$\tau_1$  – czas przejścia fali ultradźwiękowej zgodnie z kierunkiem przepływu,

$\tau_2$  – czasy przejścia fali ultradźwiękowej przeciwnie do kierunku przepływu,

$\alpha$  – kąt nachylenia czujników do kierunku przepływu cieczy (zazwyczaj 30 – 45°).

Mierzona przez system różnica czasów przejścia jest proporcjonalna do prędkości cieczy w rurociągu i, po uwzględnieniu profilu i pola przekroju poprzecznego rury, pozwala wyznaczyć objętość strumienia.

Zalety stosowania przepływomierzy ultradźwiękowych to:

- bezkontaktowy pomiar zewnętrzny,
- pomiar nieinwazyjny; nie wprowadza spadku ciśnienia,
- uzyskanie wysokiej trwałości dzięki brakowi ruchomych części,
- możliwość bezpośredniego montażu na istniejącej instalacji.



Rys. 2.10. Przepływomierz ultradźwiękowy zainstalowany na stanowisku laboratoryjnym

Stanowisko pomiarowe zostało wyposażone w przepływomierz Ultraflo U1000MKII-FM (rys. 2.10.) o następujących cechach eksploatacyjnych [5]:

- przepływomierz dla cieczy z zawartością cząstek stałych poniżej 3% objętości,
- zakres przepływu: 0,1÷10 m/s,
- dokładność:  $\pm(1\div3)\%$  wartości mierzonej powyżej 0,3 m/s,
- możliwość konfiguracji jednostki wyświetlanego przepływu: l/s, l/min, gal/s, gal/min, USgal/s, m<sup>3</sup>/min, m<sup>3</sup>/hr,
- pomiar na rurach stalowych od średnicy 22 mm do 115 mm,
- przetwornik mikroprocesorowy z wyświetlaczem graficznym 2x16,
- wyjście analogowe: 4–20 mA lub impulsowe,
- zasilanie 12÷24 V (AC/DC),
- obudowa: IP54.

### 3. Badania laboratoryjne przeprowadzone na nowym stanowisku

Po modernizacji stanowiska wykonano szereg badań oraz ćwiczeń laboratoryjnych, które miały na celu sprawdzenie stanowiska oraz jego skalibrowanie. Stanowisko było również wykorzystywane do dydaktyki. Poniżej opisano przebiegi i wyniki wybranych badań przeprowadzonych na nowym stanowisku.

#### 3.1. Badanie pomp wirowych

Celem ćwiczenia było przebadanie dwóch układów pompowych zainstalowanych na stanowisku, obliczenie podstawowych parametrów pomp oraz wykreślenie charakterystyk. Do zbierania danych wykorzystano przetworniki ciśnienia zainstalowane na króćcach tłocznych i ssących pomp. Przepływy mierzono za pomocą pływowierza ultradźwiękowego i elektromagnetycznego. Dane zarejestrowano w systemie SCADA (Promotic). Sterowanie urządzeniami i pomiarami odbywało się za pomocą odpowiednio skonfigurowanych ekranów wizualizacyjnych.

Pompy badano pojedynczo. Badanie pierwszej pompy zaczęto od pomiaru prędkości obrotowej, ciśnienia na ssaniu i tłoczeniu oraz wydajności w zależności od częstotliwości napięcia zasilającego silnik (20 – 55 Hz), dzięki czemu uzyskiwano zmiany prędkości obrotowej wirnika pompy.

Następnie ustawiono częstotliwość sieciową i ustawiono zawór dławiący tak, żeby przepływ stanowił około 60% przepływu znamionowego. Powtórzono pomiary dla różnych przepływów. Kolejnym krokiem było ustawienie 55 Hz na falowniku. Zmieniając przepływ od około 4000 do 1000 l/h zaworem dławiącym, odczytywano ciśnienie na ssaniu i tłoczeniu oraz moc pobieraną przez silnik. Następnie ustawiono 30 Hz i powtórzono pomiary dla przepływów od około 2500 do 1000 l/h (wskazania przepływomierza elektromagnetycznego).

Dla drugiej pompy, podobnie jak dla pierwszej, badanie zaczęto od pomiaru prędkości obrotowej, ciśnienia na ssaniu i tłoczeniu oraz wydajności w zależności od częstotliwości (20–55 Hz) napięcia zasilającego. Następnie ustawiono częstotliwość sieciową i ustawiono zawór dławiący tak, żeby obecny przepływ stanowił około 60% przepływu bez dławienia. Powtórzono pomiary dla różnych przepływów. Kolejnym krokiem było ustawienie 50 Hz na falowniku. Zmieniając przepływ od około 65 do 35 l/min zaworem dławiącym, odczytywano ciśnienie na ssaniu i tłoczeniu i moc silnika. Następnie ustawiono 35 Hz i powtórzono pomiary dla przepływów od około 45 do 20 l/min (wskazania przepływomierza ultradźwiękowego).

Poniżej podano przykładowe obliczenia wykonane na podstawie wykonanych pomiarów:

- przyrost ciśnienia na pompie:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta H_m + (p_t - p_s) = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,2 \text{ m} + (64,8 \text{ kPa} - (-6,461 \text{ kPa})) = 73,3 \text{ kPa} \quad (3.1)$$

gdzie:

- $\rho$  – gęstość wody,
- $g$  – przyspieszenie ziemskie,
- $\Delta H_m$  – różnica poziomów króćców pomiarowych na ssaniu i tłoczeniu,
- $p_t, p_s$  – ciśnienia na ssaniu i tłoczeniu.

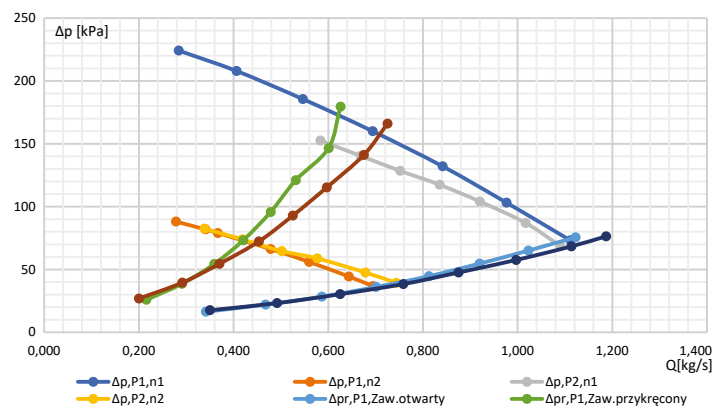
- sprawność układu pompowego:

$$\eta_p = \frac{Q \cdot \Delta p}{P_w} = \frac{1,111 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 73,3 \text{ kPa}}{298 \text{ W}} = 0,273 \quad (3.2)$$

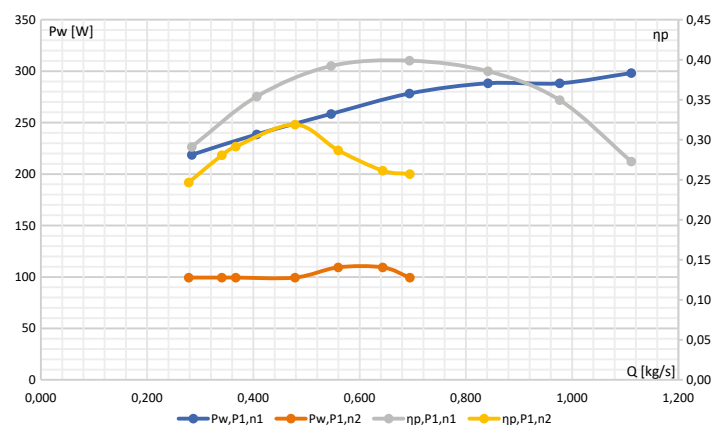
gdzie:

- $Q$  – strumień przepływu wody przez pompę,
- $\Delta p$  – przyrost ciśnienia w pompie,
- $P_w$  – moc pobierana przez silnik pompy.

Na rys. 3.1. i 3.2. pokazano wyniki badań układu pompowego w postaci charakterystyk przepływowych oraz mocy i sprawności.



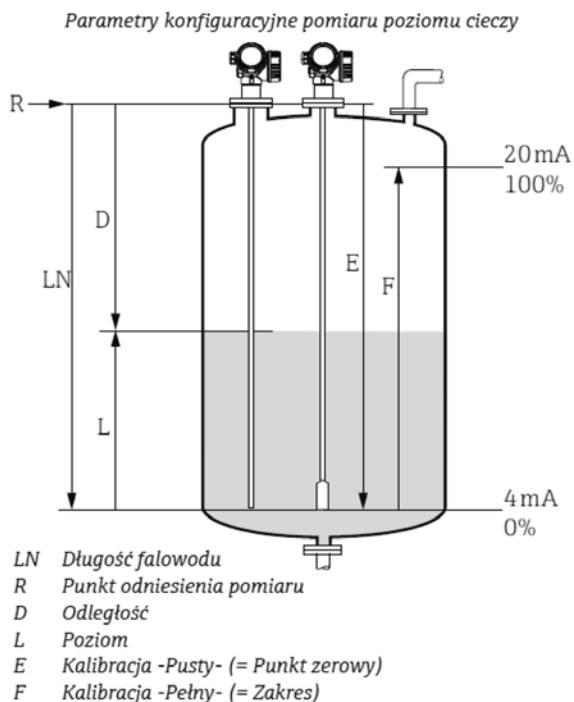
Rys. 3.1. Charakterystyki pomp i rurociągów



Rys. 3.2. Charakterystyki mocy i sprawności pomp

#### 3.2. Badanie radaru falowodowego

Po zmontowaniu układu pomiarowego przeprowadzono badania mające na celu sprawdzenie działania układu pomiaru poziomu metodą radarową. Radar falowodowy umieszczono nad zbiornikiem górnym, a następnie skonfigurowano według rysunku 3.3.



Rys. 3.3. Parametry konfiguracyjne dla radaru falowodowego

Wprowadzono następujące dane: E = 750 mm oraz F = 150 mm. Następnie ustawiono wskazania amperomierza, gdzie 4 mA odpowiadają poziomowi 150 mm cieczy, a 20 mA – 750 mm cieczy i przeprowadzono ćwiczenie polegające na porównywaniu wskazań przyrządu z miarką na wodowskaziu. W tabeli 3.1. zestawiono wyniki tych pomiarów

Tabela 3.1. Wyniki otrzymane w trakcie badania radaru falowodowego

L.p.	Odległość D (radar) [mm]	Wodowskaz [mm]	Błąd [mm]	Poziom L [mm]	Prąd [mA]
1	733	739	6	17	5,6
2	716	717	1	34	7,5
3	695	696	1	56	9,7
4	672	678	6	78	12,1
5	652	656	4	98	14,5
6	636	637	1	114	16,2
7	622	619	-3	128	17,7
8	610	602	-8	141	19,0
9	602	590	-12	148	19,6

Wyniki badań wskazują, że wraz z dolewaniem wody różnica między wskazaniem radaru falowodowego a odczytem z wodowskazu, za pomocą której sprawdzano rzeczywistą odległość, malała. Jednak, gdy poziom wody wzrósł powyżej 114 mm, wskazania radaru falowodowego zaczęły być większe niż rzeczywista odległość między aparaturą pomiarową a taflą wody.

Po zakończeniu badania sprawdzono maksymalny osiągnięty błąd. W tym celu wykorzystano wyniki uzyskane w pomiarze numer 9.

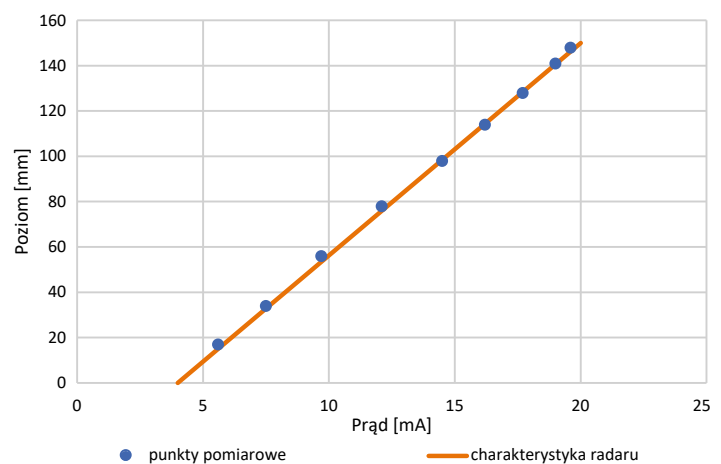
$$\delta l = \frac{l_o - l_p}{l_o} \cdot 100\% = \frac{590 - 602}{590} \cdot 100\% = -2,0\% \quad (3.3)$$

gdzie:

$l_o$  – odległość zmierzona wodowskazem,

$l_p$  – poziom zmierzony radarem.

Można zauważyć, że błąd wynosił -2%, co świadczy o o poprawnym działaniu radaru. Kolejnym krokiem było utworzenie charakterystyki poziomu wody w funkcji charakterystyki prądowej przetwornika.



Rys. 3.4. Charakterystyka wyjścia prądowego dla radaru falowodowego

Poprawność działania radaru potwierdza też powyższa charakterystyka (rys. 3.4.), gdzie punkty pomiarowe pokrywają się z charakterystyką radaru.

Po przeprowadzonym badaniu można stwierdzić, że błąd pomiarowy nie wynikał ze złej pracy radaru, ale z geometrii i zabudowy zbiornika górnego na stanowisku pomiarowym. Można również zauważyć, że radar falowodowy jest czuły na szybkość zmian poziomu wody, co pozwala na dynamiczną regulację poziomu wody w zbiorniku.

## 4. Podsumowanie

Powstałe stanowisko laboratoryjne jest wykorzystywane do prowadzenia zajęć dydaktycznych dla wielu grup studentów. Na układzie można prowadzić badania z zakresu pracy pomp i układów pomiarowych ciśnienia, przepływów oraz poziomu cieczy.

Podczas badania układu pompowego pomierzono charakterystyki pomp i rurociągów, co pozwoliło m.in. na sprawdzenie, czy urządzenia zostały poprawnie dobrane do układu. Pompa jest prawidłowo dobrana, gdy punkt jej pracy wypada przy maksymalnej sprawności (pracuje ze znamionową wydajnością i ciśnieniem). Dla nominalnych warunków zasilania silnika, pompa jest prawidłowo dobrana, ponieważ charakterystyki przecinają się w punkcie maksymalnej wydajności pompy.

Przykład drugiego ćwiczenia wykazał, że na podstawie otrzymanych wyników oraz charakterystyki zamieszczonej na rys. 3.4. można stwierdzić, że radar falowodowy prawidłowo mierzy poziom wody w zbiorniku, a największy błąd względny wynosi -2%. Na podstawie tabeli 4.1. widać, że błędy pomiaru są mało znaczące i nie są zależne od szybkości zmian poziomu cieczy w zbiorniku. Drgania i brak zabudowania falowodu zwiększały błędy pomiarów. Radar falowodowy jest czuły, a szybkość reakcji przyrządu pozwala na dynamiczną regulację poziomu wody w zbiorniku.

Przedstawione badania i ćwiczenia pokazują tylko wybrane możliwości wykorzystania stanowiska. Prace są kontynuowane i możliwości badawcze rozszerzane.

## 5. Bibliografia

- [1] Strzelczyk F., Wawszczak A.: „Miernictwo energetyczne”. Skrypt PŁ 2010.
- [2] Instrukcja obsługi Levelflex FMP50 Wersja HART.

- [3] Flow Handbook A practical Guide: Measurement Technologies - Applications – Solutions, Endress+Hauser.
- [4] Przewodnik programowania dla S7-1200/S7-1500 STEP 7 Professional oraz STEP 7 Safety w TIA Portal.
- [5] Instrukcja obsługi dla Ultraflo U1000MKII-FM.

Projekt został dofinansowany przez Ministra Edukacji i Nauki ze środków z budżetu państwa w ramach programu „Studenckie koła naukowe tworzą innowacje”. (Umowa nr SKN/SP/496888/2021)



## Wiesław Wojciechowski (1942–2022)

Wiesław Wojciechowski urodził się 13 marca 1942 r. w Ozorkowie, gdzie ukończył szkołę podstawową i liceum ogólnokształcące. W roku 1959 rozpoczął studia na Politechnice Łódzkiej na Wydziale Elektrycznym, które ukończył w roku 1964, uzyskując tytuł magistra inżyniera elektroenergetyka. Należał do wzorowych uczniów, a potem studentów.



W roku 1967 zawarł związek małżeński z Jolaną z domu Zapendowską, z którą mają córkę Joannę.

Córka Joanna, wielka miłość rodzicielska śp. Wiesława, obdarzyła go dwiema wnuczkami Zuzanną i Alicją oraz prawnukiem Mikołajem. Dzieci w życiu Wiesława były jego największym skarbem. Niezwykła więź łączyła Wiesława z jego braćmi Piotrem i Michałem, z którymi relacje były wzorowe.

Zaraz po ukończeniu studiów Wiesław Wojciechowski rozpoczął pracę zawodową w Elektromontażu Łódź jako inżynier budowy. Dzięki swojemu zaangażowaniu, zdolnościom technicznym, organizacyjnym szybko awansował w strukturach przedsiębiorstwa. Rozpoczął pracę jako inżynier budowy w budującej się wówczas hucie aluminium w Koninie. Jako wyróżniającemu się pracownikowi przedsiębiorstwo powierzyło kierowanie robotami elektrycznymi na budowie Wytwórni Betonów Komórkowych w Iraku w Korbali. Tam, w trudnych warunkach klimatycznych, spędził dwa lata, realizując w pełni i z powodzeniem postawione przed nim zadania. Po powrocie jego wiedza, doświadczenie, zdolności kierowania ludźmi zostały wysoko docenione. Powierzono mu najpierw stanowisko naczelnego inżyniera, zastępcy dyrektora ds. produkcji. Po przekształceniach własnościowych w Elektromontażu Łódź, na początku lat 90. powołano go na stanowisko wiceprezesa zarządu, na którym pracował do przejścia na emeryturę w roku 2013. Należał do nielicznych pracowników, który całe swoje życie zawodowe przepracował w jednym zakładzie pracy. Ś.p. Wiesław Wojciechowski był długoletnim, czynnym członkiem

Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich, do którego wstąpił 11.02.1965 r. Za swoją działalność stowarzyszeniową w roku 2011 został odznaczony medalem im. inż. Kazimierza Szpotańskiego.

Wiesiek był człowiekiem wielkiego serca i wielkich zasług. Nigdy nie odmówił pomocy potrzebującym. „Piękny umysł” to tytuł zapożyczony ze znanego filmu, ale jakże pasujący do Twojej osobowości: zdolności do nauk ścisłych, ale też i humanistycznych, nieprzeciętna inteligencja, ale i zachowanie dystansu do samego siebie. Delikatność i subtelność w obcowaniu z otoczeniem to przecież trudno spotykane cechy. Był obdarzony wielkim intelektem z doskonałą pamięcią. Szalenie dowcipny, wyposażony w ogromną wiedzę niemalże w każdej dziedzinie życia.

Wspominam Jego zainteresowanie sportem, który uprawiał na każdym etapie swojego życia. Czynnie uprawiał tenis ziemny, narciarstwo, kajakarstwo, a także podróżował. Razem z Wiesiem i naszymi żonami zwiedziliśmy takie zakątki świata jak: Indie, Nepal, Ziemia Święta, Egipt, Włochy, Francja. To on był naszym przewodnikiem, zawsze doskonale przygotowanym do podróży, wnoszącym wiele ciekawostek turystycznych. To on nauczył całą swoją rodzinę jazdy na nartach mimo, że sam był samoukiem. Należy wspomnieć, że jednym z większych dorobków i osiągnięć było wybudowanie całkowicie przez niego pięknej i funkcjonalnej posiadłości wśród lasu i wody w Chociszewie. Spędził tam z żoną Jolaną ponad 20 lat życia. To tam przyjmował gości, przyjaciół i znajomych, aby pogawędzić, zjeść dobry posiłek, napić się dobrego wina czy kieliszek koniaku. Dom w Chociszewie to, prócz rodziny, największa jego radość, z której był dumny.

Do końca swoich dni zachował doskonałą sprawność intelektualną i kondycję fizyczną. Jego odejście jest ogromnym smutkiem dla rodziny, przyjaciół i znajomych.

Wiesiu! Byłeś moim najlepszym, najserdeczniejszym, najwierniejszym przyjacielem przez 63 lata. Nie mogłem, ze względów rodzinnych, być na Twoim ostatnim pożegnaniu. Teraz Cię mocno ściskam i żegnam się z Tobą. Z nadzieją myślę o spotkaniu. Do widzenia Przyjacielu. Odchodzisz, ale będziesz żył w naszych sercach i w naszej pamięci. Dziękujemy, że przez te długie lata mogliśmy być z Tobą, a dzisiaj z trudem wypowiadamy *Spoczywaj w pokoju*.

Wiesław Wojciechowski został uroczystie pochowany w obrządku katolickim w dniu 18.12.2022 r. w grobie rodzinnym na Starym Cmentarzu przy ul. Ogrodowej w Łodzi.

*Zdzisław Sobczak – długoletni przyjaciel i kolega*

# Andrzej Radzyński (1961–2022)

Andrzej Radzyński urodził się w 1961 roku. Politechnikę Łódzką ukończył w grudniu 1985 r., jako absolwent specjalności automatyka i metrologia elektryczna Wydziału Elektrycznego.

Swoją przygodę z branżą energetyczną rozpoczął w roku 1990 i kontynuował nieprzerwanie w elektrociepłowniach łódzkich do listopada 2022 roku. Odszedł od nas po 14 miesiącach walki z chorobą nowotworową.

Pracę zawodową łączył z działalnością w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich, do którego wstąpił w 1984 roku.

Jak na prawdziwego elektryka przystało, pracę rozpoczął jako dyżurny elektroenergetyk. Płynnie pokonywał kolejne etapy, pracując jako elektromonter, starszy operator nastawni elektrycznej, starszy operator urządzeń elektrycznych i mistrz zmiany ruchu elektrycznego w EC3. W 1994 awansował na stanowisko dyżurnego inżyniera ruchu EC3, a w 2008 r. powierzono mu obowiązki głównego inżyniera ds. wytwarzania EC2. W 2010 r. powrócił do EC3 jako główny inżynier, a od 2012 r. pracował jako główny inżynier EC2/EC3 – aż do zaprzestania produkcji w EC2. Od 2015 r. kierował Zakładem EC3 na stanowisku głównego inżyniera – dyrektora Elektrociepłowni EC3.

Zaangażowanie Andrzeja w życiu zawodowym doceniono, nagradzając m.in. medalem zasłużonego dla energetyki (2006) oraz tytułem zasłużonego dla Dalkia Łódź SA (2012).

Pożegnaliśmy Andrzeja w listopadzie 2022 r., na cmentarzu św. Rocha przy ul. Zgierskiej w Łodzi.

**Andrzej Radzyński – człowiek niezłomny i bezgranicznie zaangażowany.**

Nasze drogi spotkały się w 2008, w EC2. Obaj działaliśmy w tej samej branży elektrycznej, więc często współpracowaliśmy. Andrzej korzystał



z mojej wiedzy i doświadczenia, ja od zawsze podziwiałem Jego zapał, determinację i zaangażowanie. Jednak prawdziwa i bezpośrednia współpraca rozpoczęła się w 2010, kiedy kierowałem w EC2 ruchem elektrycznym, a Andrzej był moim bezpośrednim przełożonym. Od tego czasu nasze koleje losu były bezpośrednio powiązane: razem pracowaliśmy w EC2, później w EC2 i w EC3, by w końcu trafić na stałe do EC3. Andrzej znał EC3 jak przysłowiową własną kieszeń, więc był dla mnie skarbnicą wiedzy. I zawsze chętnie się tą wiedzą dzielił, nie tylko ze mną. Miał bardzo silną osobowość, lecz niezależnie od własnych przekonań i pomysłów zawsze przed podjęciem kluczowych decyzji chciał znać nasze zdanie i opinię. Szczególnie cenił sobie niezależny, własny punkt widzenia i konstruktywną, najlepiej podpartą techniką krytykę.

Prywatnie zapalony „działkowicz”, który lubił zapach świeżo skoszonej trawy, od niedawna odkrył pasję podróżowania. Zawsze wyprzedzał mnie o krok, więc nic dziwnego że zwiedził Chiny i Koreę Południową, dokąd ja jeszcze nie zdążyłem trafić...

Niestety, wszystkie marzenia i plany pokrzyżowała Mu choroba nowotworowa, z którą dzielnie walczył przez 14 miesięcy. Gdy latem 2022 r. byliśmy przekonani, że poradził sobie z chorobą, nowotwór zaatakował ponownie. Tę walkę Andrzej przegrał w połowie listopada 2022 r., pozostawiając nam pusty gabinet dyrektora EC3. Elektrociepłownia EC3 zawsze była „Jego zakładem”.

PL

W przekonaniu moim, jak i wielu innych współpracowników, praca w Elektrociepłowni była dla Andrzeja jednocześnie pasją i powołaniem. Na przestrzeni kilkudziesięciu lat pracy, niezależnie na jakim stanowisku, zawsze wykonywał swoje obowiązki skrupulatnie i konsekwentnie dążył do rozwiązania pojawiających się problemów.

KD

*Kolegę i Szefa Andrzeja wspominali  
Piotr Lipian i Krzysztof Dzieciatkowski.*

## XV Konferencja Naukowa „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym – SENE 2022”

Konferencja odbyła się w dniach 23–25 listopada 2022 roku w Łodzi. Po raz kolejny zorganizował ją Instytut Automatyki Politechniki Łódzkiej. Konferencja odbywała się pod patronatem Komitetu Elektrotechniki

PAN przy wsparciu Sekcji Polskiej IEEE, Oddziału Łódzkiego SEP, Oddziału Łódzkiego PTETIS i firmy TRUMF Huettinger Sp. z o.o. Wzięło w niej udział 75 zarejestrowanych uczestników oraz wielu studentów i gości





Uczestnicy Konferencji SENE-2022 na wykładzie plenarnym w łódzkim Orientarium (fot. Jarosław Kacerka)

zapraszanych na wybrane sesje, a w trakcie jej trwania wygłoszono 53 referaty. Podobnie jak w poprzednich latach, tematyka tej konferencji obejmowała następujące grupy zagadnień:

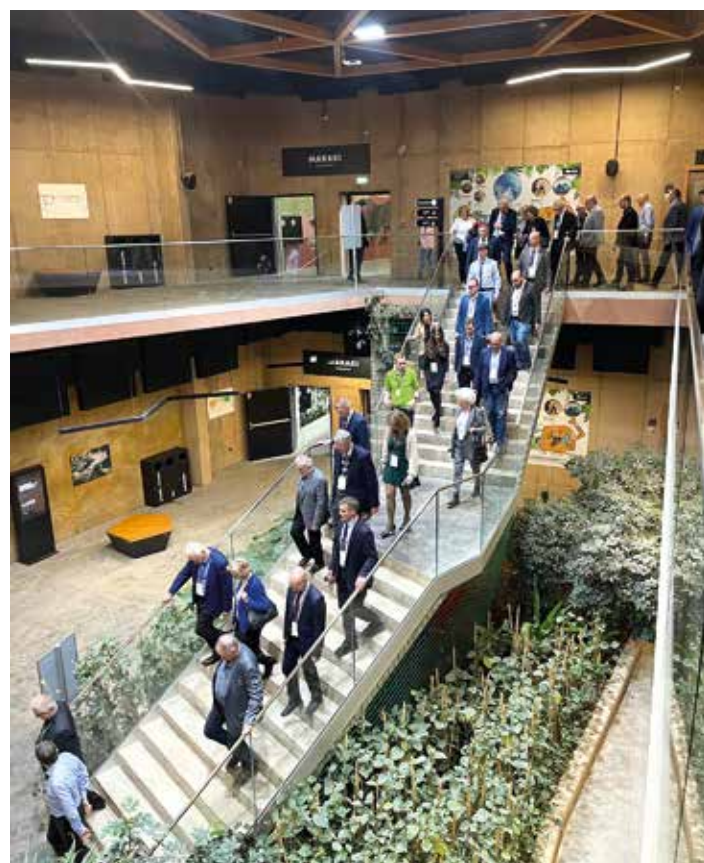
- metody sterowania układami napędowymi i energoelektronicznymi,
- elementy teorii sterowania, metody sztucznej inteligencji i informatyki inspirowane zastosowaniami w układach napędowych i energoelektronicznych,
- analizę, syntezę, modelowanie, symulację i zagadnienia specjalne w napędach przekształtnikowych prądu stałego i przemiennego,
- zastosowania w robotyce,
- napędy i zastosowania trakcyjne,
- maszyny elektryczne,
- sterowanie przez sieć systemami rozproszonymi w energetyce i napędzie,
- kompatybilność elektromagnetyczną,
- kompensację mocy biernej i inne zagadnienia energetyczne,
- rezerwowe źródła zasilania,
- inne zastosowania energoelektroniki,
- edukację w zakresie energoelektroniki, napędu i sterowania,
- diagnostyka układów elektronicznych i napędowych,
- podzespoły układów energoelektronicznych.

SENE to coś więcej niż konferencja zwykle spotykana w środowisku naukowym. To idea współpracy polskiego środowiska związanego z automatyką napędu elektrycznego i energoelektroniką, przekazywana z pokolenia na pokolenie od prawie 30 lat. Piętnasta konferencja była, tak jak wszystkie poprzednie, najważniejszym, krajowym wydarzeniem naukowym w obszarze automatyki napędu elektrycznego i energoelektroniki. Była pełna ciekawych referatów, spotkań z kolegami i okazji do wymiany doświadczeń. Komitet Organizacyjny wprowadził na XV SENE pewne zmiany, by umożliwić jej rozwój i dostosowanie do zmieniających się zasad oceny działalności naukowej. Znacznie powiększył się i statystycznie odmłodził Komitet Naukowy SENE. Postarano się, by wszystkie ośrodki naukowe znalazły w nim stosowną reprezentację uwzględniającą kolejne pokolenie wybitnych badaczy, które zaznaczyło swoją obecność w nauce licznymi sukcesami.

Obrady konferencji rozpoczęły się w środę po południu na sesji wyjazdowej, która odbyła się tym razem w Orientarium na terenie łódzkiego ZOO. Uczestnicy konferencji mieli okazję zwiedzić ekspozycję azjatyckiej fauny oraz infrastrukturę techniczną służącą do obsługi działania akwariów i wybiegów. Prof. Jacek Kabziński, długoletni przewodniczący jej

Komitetu Organizacyjnego witając uczestników przypomniał, że to, należąc już do tradycji, spotkanie polskich badaczy i inżynierów zajmujących się rozwojem i wdrożeniami energoelektroniki i nowoczesnych napędów elektrycznych odbywało się z rocznym opóźnieniem. Bezpośrednim powodem tego opóźnienia była oczywiście epidemia COVID, ale niespokojne czasy towarzyszące napaści Rosji na Ukrainę, które potem nastąpiły, spowodowały, że do ostatnich dni jej organizatorzy nie mogli być pewni, czy konferencja ostatecznie się odbędzie i to w tradycyjnej formie.

W dotychczasowych edycjach konferencji SENE starano się, by zaproszone referaty prezentowały wysoki poziom naukowy w zakresie napędu i energoelektroniki, a jednocześnie nieco wychodziły poza tradycyjny obszar SENE, inspirując słuchaczy do rozszerzania ich badań.



Uczestnicy Konferencji SENE-2022 w trakcie zwiedzania Orientarium po wysłuchaniu wykładów plenarnych (fot. Jarosław Kacerka)



Uczestnicy Konferencji SENE-2022 oglądający infrastrukturę techniczną w podziemiach Orientarium (fot. Jarosław Kacerka)

Na tej, odbytej ostatnio konferencji, w sesji plenarnej zaproszeni prelegenci wygłosili następujące referaty plenarne:

- prof. Mariusz Malinowski z Politechniki Warszawskiej: „Power electronics and hybrid transformers in distributed energy system - opportunities and challenges”,
- prof. Jing Sun, University of Michigan: „Real-time Energy Management and Optimization for Electrified Vehicles and Ships”,
- prof. Maria Domenica Di Benedetto, University of L'Aquila: „Diagnosability of hybrid dynamical systems”.

Zgodnie z tradycją SENE, w specjalny sposób potraktowane zostały prezentacje przedstawiane przez najmłodszych pracowników nauki. Dotychczasowi laureaci mieli okazję przekonać się sami, że nagrody przyznawane na SENE cieszą się w środowisku naukowym wysokim prestiżem. Na tej ostatniej konferencji fundatorami i patronami nagród dla młodych badaczy tradycyjnie byli: Polska Sekcja IEEE, działająca poprzez połączony oddział Power Electronics Society i Industrial Electronics Society oraz Oddział Łódzki SEP. Po raz kolejny prace, które prezentują wybitne osiągnięcia w obszarze elektrotechniki teoretycznej o dużym potencjale aplikacyjnym, zostały ocenione i nagrodzone przez Łódzki Oddział PTETiS. Nagrody te zostały przyznane w czasie specjalnego posiedzenia Komitetu Naukowego SENE 2022 oraz Sekcji Ergoelektroniki i Napędów



Michał Adamczyk z Politechniki Wrocławskiej (z lewej) odbiera nagrodę przyznaną mu przez Sekcję Polską IEEE (fot. Rafał Zawiaślak)

Elektrycznego Komitetu Elektrotechniki PAN i wręczono je ich laureatom w Sali Teatralnej Politechniki Łódzkiej, dokąd uczestników konferencji przewieziono autokarem na koncert orkiestry PŁ przed uroczystą kolacją koleżeńską zorganizowaną tradycyjnie w pobliskiej restauracji „Gęsi Puch”.

Najbardziej prestiżową nagrodę Sekcji Polskiej IEEE odebrał Michał Adamczyk z Katedry Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej, za referat „Bezpośrednie polowo-zorientowane sterowanie silnikiem indukcyjnym tolerujące uszkodzenia czujników prądu z wykorzystaniem podwójnego zmodyfikowanego obserwatora Luenbergera”.

Trzy równorzędne nagrody ufundowane przez Oddział Łódzki SEP otrzymali:

- Przemysław Pietrzak (Politechnika Wroclawska) za referat zatytułowany „Zastosowanie krótkoczasowej transformaty Fouriera oraz sztucznej inteligencji do wykrywania uszkodzeń uzwojeń stojana silnika synchronicznego o magnesach trwałych”,
- Agata Bielecka (Uniwersytet Morski w Gdyni) za referat zatytułowany „Równoległy filtr aktywny sterowany ze sprzężeniem od prądu zasilającego – badania laboratoryjne”,
- Dawid Zięba (Politechnika Warszawska) za referat zatytułowany „Kompleksowe podejście do badań parametrów dynamicznych szybko przełączających modułów tranzystorowych SiC MOSFET”.

Oddział Łódzki Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej przyznał medale: „Za wyróżniające się osiągnięcie w obszarze elektrotechniki teoretycznej o dużym potencjale aplikacyjnym”. Medale te, wygrawerowane na płytkach krzemu, otrzymali:

- pierwszą nagrodę: dr hab. inż. Zbigniew Kaczmarczyk, Politechnika Śląska, autor referatu pt. „Metoda projektowania wysokoczęstotliwościowych falowników klasy E – Matlab-Simulink”,
- wyróżnienie: mgr inż. Janusz Szewczyk, MMB Drives Sp. z o.o., dr hab. inż. Marek Adamowicz, Politechnika Gdańska i prof. dr hab. inż. Zbigniew Krzeźmiński, MMB Drives Sp. z o.o., autorzy referatu pt. „Hybrydowa koncepcja łagodzenia stromości zmian napięcia  $du/dt$  dla wielopoziomowych przekształtników kaskadowych SiC”,
- wyróżnienie: mgr inż. Rafał Kopacz, Politechnika Warszawska, dr inż. Michał Harasimczuk, Politechnika Warszawska, mgr inż. Radosław Sobieski, MARKEL Sp. z o.o., dr hab. inż. Jacek Rąbkowski, Politechnika Warszawska, autorzy referatu pt. „Trójpoziomowy, dwugłęziowy, niezolowany przekształtnik prądu stałego jako interfejs baterii akumulatorów w systemie ładowania pojazdów elektrycznych z dwubiegunowym obwodem pośredniczącym prądu stałego”.

Materiały konferencji (o objętości ok. 300 stron) zostały wydane w wersji elektronicznej: ISBN 978-83-66741-78-2. Szereg referatów stało się podstawą do opracowania artykułów skierowanych, po odpowiedniej procedurze recenzji, do Przeglądu Elektrotechnicznego i przyjętych do druku w kolejnych numerach rocznika 2023.

Komitet Naukowy zdecydował o zorganizowaniu kolejnej, XVI konferencji SENE w roku 2023, dokładnie w 30. rocznicę pierwszej konferencji SENE'93.

Na końcowym spotkaniu uczestników konferencji prof. Jacek Kabiński, przewodniczący jej Komitetu Organizacyjnego, podziękował patronom tej konferencji, w szczególności Komitetowi Elektrotechniki PAN, który dokonał ponownej, szczegółowej oceny konferencji i po opiniach recenzentów przyznał ponownie swój patronat oraz także największym i najpoważniejszym polskim stowarzyszeniom zawodowym elektryków: Stowarzyszeniu Elektryków Polskich, Polskiej Sekcji IEEE i Polskiemu Towarzystwu Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej. W imieniu organizatorów serdecznie podziękował także wszystkim recenzentom,



Występ orkiestry Politechniki Łódzkiej dla uczestników konferencji SENE 2022  
(fot. Rafał Zawiałak)



Uczestnicy Konferencji SENE-2022 na uroczystej kolacji w restauracji Gęsi Puch  
(fot. Rafał Zawiałak)

którzy przyczynili się do wysokiego poziomu referatów prezentowanych na konferencji oraz członkom Komitetu Naukowego, którzy wspomagali organizację konferencji.

Podsumowania i zamknięcia konferencji dokonał prof. Andrzej Sikorski (Politechnika Białostocka).

(AD)

## Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP

Anna Grabiszewska  
Oddział Łódzki SEP

W dniu 16 grudnia 2022 r. odbyło się tradycyjne spotkanie wigilijne członków i sympatyków Oddziału Łódzkiego SEP, z udziałem zaproszonych gości. W spotkaniu uczestniczyło około 100 osób.

Otwierając zebranie prezes Oddziału Łódzkiego SEP Przemysław Tabaka powitał przybyłych, w tym Członka Honorowego SEP Andrzeja Boronia. Przywitał obecnych na sali przedstawicieli łódzkiego przemysłu i członków wspierających oraz łódzkich instytucji: prorektora Politechniki Łódzkiej prof. dr. hab. inż. Pawła Strumiłło, prodziekanów Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ profesorów Łukasza i Tomasza Piotrowskich, doradcę prezesa Veolii Polska, dyrektora wykonawczego Veolii Polska Sławomira Burmanna, prezesa ZREW Transformatory S.A. Grzegorza Sołtysiaka, dyrektora handlowego, członka Zarządu ZREW Transformatory S.A. Marcina Błaszczyka, prezesa Zarządu Trafo-Technika Sp. z o.o. Andrzeja Gadulę, przedstawiciela PGE Dystrybucja S.A. Oddział Łódź Jarosława Kowalskiego, wiceprezesa Strefy Edukacji Sp. z o.o. Kamila Zjawionego, prezesa Łódzkiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT Adama Ryłskiego, dyrektora Łódzkiego Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego Janusza Moosa. Powitani zostali również: prezesi zaprzyjaźnionych oddziałów SEP, dyrektorzy instytutów i kierownicy katedr Politechniki Łódzkiej, członkowie Zarządu OŁ, Komisji Rewizyjnej i Sądu Koleżeńskiego oraz pozostali goście.

Sprawozdanie z działalności Oddziału w 2022 roku przedstawił prezes Oddziału Przemysław Tabaka. Towarzyszyła temu ilustrowana zdjęciami prezentacja multimedialna, ukazująca główne kierunki działalności OŁ SEP oraz najważniejsze wydarzenia 2022 roku. Należały do nich m.in.: Bal

Elektryka (styczeń 2022), połączone zebranie przedstawicieli Oddziału Zagłębia Węglowego SEP i Oddziału Łódzkiego SEP (kwiecień 2022), seminarium „Współczesne technologie elektryki”, podczas którego zostały wręczone Złote Dyplomy Politechniki Łódzkiej absolwentom Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki – rocznik 1972 (maj 2022), Seminarium wyjazdowe do Grecji pn.: „Energetyka Odnawialna i Jądrowa” (maj 2022), Piknik z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka (czerwiec 2022), Walne Zgromadzenie Oddziału (czerwiec 2022), szkolenie dla członków komisji kwalifikacyjnych powołanych przy Oddziale Łódzkim SEP (wrzesień/październik 2022).



Uczestnicy spotkania wigilijnego

W wystąpieniu podkreślono również, że Oddział, obok działalności gospodarczej, prowadzi różnorodne formy działalności statutowej, skierowanej do członków Stowarzyszenia i środowisk naukowo-technicznych, uczniów i studentów. Są to m.in.: wydawanie kwartalnika Biuletyn Techniczno-Informacyjny OŁ SEP, organizacja konkursów skierowanych

do studentów (najlepsza praca dyplomowa magisterska i inżynierska) oraz młodzieży szkół ponadpodstawowych, z którymi Oddział ściśle współpracuje. Działalność na rzecz młodzieży została doceniona przez Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego, które w 2022 roku uhonorowało Oddział Łódzki SEP Złotym Certyfikatem LIDER SPOŁECZNO-OŚWIATOWY.



Od lewej: Władysław Szymczyk, Zdzisław Sobczak, Henryk Więckowski, Małgorzata Höffner, Krystyna Sitek, Lucyna Drygalska, Andrzej Boroń, Józef Wiśniewski, Jacek Kuczkowski, Sergiusz Górski, Przemysław Tabaka

Ważnym dla Oddziału był również fakt pozytywnego audytu nadzoru i utrzymania certyfikatu Systemu Zarządzania Jakością według normy PN – EN ISO 9001:2015. Jest to potwierdzenie dobrej jakości wykonywanych przez Oddział usług w zakresie szkoleń, egzaminów, konferencji, działalności Ośrodka Rzeczoznawstwa, a także równie ważnej działalności stowarzyszeniowej.

W części oficjalnej prezes OŁ SEP Przemysław Tabaka i wiceprezes OŁ SEP Władysław Szymczyk wręczyli pierwsze medale ZA ZASŁUGI DLA ODDZIAŁU ŁÓDZKIEGO, przyznane najbardziej zasłużonym członkom Oddziału. Medale otrzymali:

- Andrzej Boroń,
- Lucyna Drygalska,
- Sergiusz Górski,
- Małgorzata Höffner,
- Jacek Kuczkowski,
- Krystyna Sitek,
- Zdzisław Sobczak,
- Henryk Więckowski,
- Józef Wiśniewski.



Od lewej: Paweł Różga, Jakub Gałęski, Anna Grabiszewska

W imieniu wyróżnionych nowym, jakże ważnym dla Oddziału medalem, głos zabrał Andrzej Boroń, który podziękował za to wyróżnienie i docenienie wkładu pracy i zaangażowania w działalność społeczną na rzecz Oddziału. Była to wyjątkowa i poruszająca chwila, w której wieloletni prezes i wiceprezes Oddziału podziękował również za wsparcie i słowa otuchy, jakie otrzymywał i nadal otrzymuje podczas choroby, podkreślił, że słowa SEP *Stowarzyszeniem Przyjaciół*, to nie są tylko puste słowa, o czym mógł się przekonać w tych trudnych chwilach.

Srebrną Odznakę Honorową NOT otrzymał **Edward Pilak**.

Podczas spotkania wręczono również Złote Pióro OŁ SEP za aktywny, merytoryczny oraz publicystyczno-dziennikarski wkład pracy w redagowanie Biuletynu Techniczno-Informacyjnego Oddziału Łódzkiego SEP. Pióro wręczone przez Pawła Różgę, przewodniczącego Komitetu Redakcyjnego Biuletynu T-I OŁ SEP oraz Annę Grabiszewską sekretarza Kapituły w 2022 otrzymał Jakub Gałęski, członek Oddziału Łódzkiego SEP.

Miłym akcentem spotkania było wręczenie stypendium Oddziału Łódzkiego SEP im. Lecha Grzelaka, po raz pierwszy w nowej odsłonie, jako stypendium oddziałowe. Stypendium otrzymał Adam Maślakiewicz, student Politechniki Łódzkiej i członek Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego. Okolicznościowy dyplom wręczyły Halina Grzelak małżonka Lecha Grzelaka i członek Zarządu Funduszu Stypendialnego oraz Anna Grabiszewska przewodnicząca Zarządu Funduszu Stypendialnego.



Uroczystość wręczenia stypendium Oddziału Łódzkiego SEP im. Lecha Grzelaka. Od lewej: Adam Maślakiewicz, Anna Grabiszewska, Halina Grzelak

Wręczenia dyplomów i nagród w konkursie na najlepszą pracę dyplomową inżynierską i magisterską wykonaną na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej w roku akademickim 2021/2022 dokonali: prodziekan Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ dr hab. inż. Łukasz Szymański, prof. uczelni i dr inż. Artur Szczepny – wiceprezes Oddziału. Protokoły Komisji Konkursowych przedstawił dr hab. inż. Paweł Różga, prof. uczelni, przewodniczący Komisji Konkursowych. Wyniki konkursu zostały zamieszczone na stronie 29.

Podczas spotkania wręczono również dyplomy gratulacyjne dla członków drużyny reprezentującej Oddział Łódzki SEP na XXIII Ogólnopolskich Dniach Młodego Elektryka w Krakowie, która w Lidze Elektryków zajęła pierwsze miejsce. Dyplomy otrzymali członkowie Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej: Laura Nowakowska, Adam Sztamborski, Wiktor Kunikowski, Marcel Pawlik, Jakub Farej.

Spotkanie uświetnił koncert kolęd i piosenek świątecznych w wykonaniu artystów Fundacji AVANGART, Katarzyny Zajęc-Caban i Piotra Wołosza. Artyści wprowadzili wyjątkowy świąteczny klimat. Była to prawdziwa uczta dla duszy, pięknie brzmiały tego dnia zarówno tradycyjne kolędy, jak również znane wszystkim piosenki świąteczne. Solistom przy kolędach wtórowali uczestnicy spotkania.



Występ artystów Fundacji AVANGART, soliści Katarzyna Zajęc-Caban i Piotr Wołosz wraz z muzykami

Druga, już nieoficjalna część wieczoru, w świątecznej atmosferze przebiegała podczas kolacji wigilijnej. Po ponad rocznej przerwie wszyscy byli spragnieni osobistego kontaktu, rozmów i wymiany myśli.

\*\*\*

W spotkaniu wigilijnym nie mógł uczestniczyć zaproszony na nie prezes SEP Sławomir Cieślik, ale odwiedził Oddział w dniu 19 stycznia 2023 roku wraz z wiceprezesem ds. finansowych Andrzejem Werkowskim. W spotkaniu uczestniczyli członkowie Prezydium Oddziału i dyrektor Biura. Podczas spotkania dyskutowano o bieżącej działalności Stowa-



rzyszenia z naciskiem na wzmocnienie współpracy między oddziałami, wymianę doświadczeń oraz podejmowanie wspólnych działań na rzecz SEP. Poruszono również kwestie budżetu centralnego oraz opracowania raportu dotyczącego transformacji energetycznej.

Foto: Archiwum Oddziału Łódzkiego



Wspólne kolędowanie

## Członkowie Oddziału Łódzkiego SEP z wizytą w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego

Henryka Szumigaj  
Oddział Łódzki SEP

3 lutego bieżącego roku członkowie Oddziału Łódzkiego SEP oraz uczniowie z Zespołu Szkół Nr 2 w Pabianicach zwiedzili, w ramach wycieczki naukowo-technicznej, laboratoria Łódzkiego Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego w Łodzi.

Powitał nas Janusz Moos – dyrektor Centrum i przedstawił szeroki zakres działalności ŁCDNiKP.



Dowiedzieliśmy się m.in., że ŁCDNiKP świadczy usługi edukacyjne dla nauczycieli oraz kadry kierowniczej wszystkich typów szkół, pracowników systemu doskonalenia i doradztwa, nadzoru pedagogicznego. W Centrum odbywa się również kształcenie praktyczne uczniów w ramach zajęć dydaktycznych całorocznych i w formach pracy pozalekcyjnej, z wykorzystaniem nowoczesnego, specjalistycznego wyposażenia technodydaktycznego.

Paweł Krawczak – pracownik Ośrodka Kształcenia Zawodowego i Ustawicznego przedstawił nam prezentację na temat prac podejmowanych w związku z wyposażaniem, rozbudową oraz funkcjonowaniem stanowisk laboratoryjnych, a także przygotowaniem ich do celów szkoleniowych.

Z zainteresowaniem zwiedzaliśmy laboratoria:

- programowania i obsługi obrabiarek sterowanych numerycznie CMC-HAASA,



- programowania i obsługi obrabiarek sterowanych numerycznie ECO,
- robotyki,
- inteligentnego domu,



- mechatroniki,
- systemów mechatronicznych SIEMENS,
- mechatroniki pojazdowej,
- aquatroniki,
- przetwórstwa tworzyw sztucznych.



Nasze szczególne zainteresowanie wzbudziło autoryzowane laboratorium SIEMENS, będące nowoczesnym centrum szkoleń i certyfikacji, działającym w ramach programu Siemens Mechatronic System Certification Program.

Przewodnikami po laboratoriach byli nauczyciele konsultanci ŁCD-NiKP. Objasniali nam strukturę i przeznaczenie nowoczesnych stanowisk technodydaktycznych oraz dzielili się doświadczeniami z pracy na tych stanowiskach.

Po zwiedzeniu laboratoriów spotkanie kontynuowano w sali konferencyjnej. Mieliśmy możliwość podzielenia się wrażeniami towarzyszącymi nam podczas zwiedzania laboratoriów oraz wyrażenia uznania dla nowatorskich inicjatyw ŁCDNiKP w zakresie wyposażenia centrum szkoleń i certyfikacji. Zwróciliśmy też uwagę na duże możliwości innowacyjnego programu kształcenia młodzieży.

W imieniu prezesa oraz Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP, podziękowania za serdeczne przyjęcie naszej grupy w Centrum złożyła inicjatorka spotkania, pisząca te słowa – Henryka Szumigaj.

*foto: H. Szumigaj, A. Szczyński*

# Rozstrzygnięcie konkursów na najlepszą pracę dyplomową inżynierską i magisterską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ

Do tradycyjnego konkursu na najlepszą pracę dyplomową inżynierską w roku akademickim 2021/2022, organizowanego przez Zarząd Oddziału Łódzkiego SEP i Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, zgłoszono 5 prac dyplomowych, a do konkursu na najlepszą pracę dyplomową magisterską zgłoszono 9 prac.

Konkurs przeprowadzono w trybie wspólnego konkursu dla obu typów prac, z tym, że prace oceniane były niezależnie dla obu ich rodzajów.

Komisje Konkursowe obradujące w składzie: dr hab. inż. Paweł Różga, prof. uczelni (przewodniczący), prof. dr hab. inż. Ryszard Pawlak, dr inż. Tomasz Sobieraj, dr inż. Krzysztof Tomalczyk, dr hab. inż. Michał Kaczmarek,

prof. uczelni i dr inż. Ernest Stano wybrała odpowiednio trzy najlepsze prace ze zgłoszonych do konkursu prac inżynierskich i trzy najlepsze prace ze zgłoszonych prac magisterskich. Przy ocenie prac Komisja brała pod uwagę: nowoczesność tematyki, użyteczność uzyskanych wyników badań, pracochłonność, poprawność językową, stronę graficzną oraz deklarowaną i wykorzystaną w czasie wykonywania pracy literaturę polską

i obcojęzyczną. Po przeprowadzonej analizie i dyskusji Komisja ustaliła podany niżej podział nagród.

Dyplomy i nagrody laureatom konkursu wręczono podczas tradycyjnego spotkania wigilijnego Oddziału Łódzkiego SEP w dniu 16 grudnia 2022 r. Tradycyjnie zamieszczamy poniżej streszczenia prac laureatów obu konkursów.

*Paweł Rózga*

#### KONKURS NA PRACĘ INŻYNIERSKĄ

Rodzaj nagrody	Autor	Tytuł	Promotor	Instytut lub Katedra
1	Adrianna Rosiak	Opracowanie inteligentnej przetwornicy DC/DC dla robotów mobilnych	Dr hab. inż. Grzegorz Granosik, prof. PŁ i mgr inż. Mateusz Kujawiński	Instytut Automatyki
2	Michał Śniady	Projekt systemu działającego w środowisku Internetu Rzeczy do wspomagania osób starszych i niepełnosprawnych	dr inż. Aleksandra Królak	Instytut Elektroniki
3	Dawid Janicki	Automatyczny system utrzymania optymalnych warunków wzrostu rafy koralowej w akwarium morskim	dr inż. Tomasz Rybicki	Instytut Automatyki PŁ

#### KONKURS NA PRACĘ MAGISTERSKĄ

Rodzaj nagrody	Autor	Tytuł	Promotor	Instytut lub Katedra
1	Wojciech Walewski	Cyfrowe przetwarzanie impulsów z detektorów promieniowania w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem układów programowalnych FPGA	Dr hab. inż. Dariusz Makowski, prof. PŁ	Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych
2	Damian Krawczyk	Wpływ zastosowanego luksomierza na wyniki pomiarów natężenia oświetlenia w kontekście zanieczyszczenia światłem	dr inż. Przemysław Tabaka	Instytut Elektroenergetyki
3	Filip Szewczyk	Analiza efektywności wybranych algorytmów sterowania dostawami w zautomatyzowanych systemach magazynowych	Prof. dr hab. inż. Andrzej Bartoszewicz	Instytut Automatyki

## Opracowanie inteligentnej przetwornicy DC/DC dla robotów mobilnych

Adrianna Rosiak

Celem pracy inżynierskiej jest opracowanie tytułowej przetwornicy DC/DC, umożliwiającej zarządzanie i dystrybucję energii elektrycznej w robocie mobilnym.

Przetwornicę zaprojektowano dla robota mobilnego tworzonego przez drużynę Raptors, który bierze udział w zawodach łązków

marsjańskich oraz robotów inspekcyjno-ratunkowych. Ze względu na sektory działania robota, bardzo ważna jest jego niezawodność. Awaria systemu zasilania może uniemożliwić wykonanie wyznaczonego zadania, a ingerencja człowieka jest wtedy niemożliwa.







Rys. 1. Robot Raptors w trakcie zawodów WRS 2020 w Japonii

Na podstawie projektu Raptors zdefiniowano kryteria, którym musi sprostać taki system zasilania. Należą do nich wysoka sprawność, łatwa konfigurowalność, duża niezawodność pracy, a w przypadku awarii, zapobieganie uszkodzeniom. Innowacyjność pracy systemu zasilania związana jest głównie z inteligencją oraz skalowalnością. Możliwość łączenia dowolnej liczby przetwornic oraz konfiguracji ich parametrów pracy pozwala na natychmiastowe i łatwe dostosowanie systemu zasilania do nowych urządzeń czy czujników. Właściwość ta jest bardzo ważna w robotach mobilnych, które mogą wykorzystywać wiele urządzeń w różnych konfiguracjach.

Moduł przetwornicy jest elementem systemu zarządzania energią elektryczną, kompatybilnym z oprogramowaniem ROS/ROS2. System odpowiada za cały proces dystrybucji energii z baterii, przełączania źródeł zasilania w zależności od ich priorytetu oraz konwersji napięcia na poziomy wykorzystywane w robocie.

Moduł przetwornicy jest przystosowany do napięć wejściowych od 8 do 60 V oraz możliwe jest ustawienie napięcia wyjściowego od 5 do 50 V.

Do parametrów konfigurowalnych należą również graniczne wartości napięcia oraz maksymalne prądy. Łatwe dostosowywanie parametrów pracy jest możliwe za pomocą mikrokontrolera, poprzez nadrzędny sterownik zasilania z wykorzystaniem protokołu CAN oraz przy użyciu potencjometrów analogowych, bez wykorzystania mikrokontrolera.

Modułowość systemu opiera się na dowolnej konfiguracji liczby oraz parametrów przetwornic. W przypadku zapotrzebowania na dodatkowy poziom napięcia lub większą moc, wystarczy dołożyć kolejny moduł, który po podłączeniu i skonfigurowaniu jest od razu gotowy do pracy.

Stworzenie niezawodnego systemu zasilającego jest kluczowe, ponieważ od niego zależy działanie całego robota. Dlatego ważnym kryterium jest przewidywanie i zapobieganie awariom. Moduł przetwornicy zapewnia dwupoziomowe zabezpieczenie systemu. Wykorzystano do tego układy zabezpieczające wyjścia, w których za pomocą mikrokontrolera można konfigurować minimalne i maksymalne poziomy napięć oraz maksymalny prąd. Po przekroczeniu ustawionych wartości, określone wyjście automatycznie zostanie wyłączone. Drugim poziomem zabezpieczeń są funkcje diagnostyczne obsługiwane przez mikrokontroler.



Rys. 2. Zaprojektowany moduł przetwornicy

Przetworniki analogowo-cyfrowe mierzą parametry pracy modułu, które zostają porównane z wartościami konfiguracyjnymi. W przypadku zbliżenia się do granicznej wartości, wysłane zostaje ostrzeżenie, a w przypadku przekroczenia mikrokontroler wyłączy zagrożone układy oraz poinformuje o wystąpieniu awarii. Informacje o stanie modułu, jego błędach, aktualnej konfiguracji przesyłane są za pomocą protokołu CAN do kontrolera zasilania.

W części sprzętowej omówiono dobór kluczowych układów oraz porównanie ich z innymi dostępnymi komponentami. Wybrano takie układy jak:

- regulator napięcia – PI37400,
- zabezpieczenie wyjść – TPS16630,
- potencjometr cyfrowy – MCP4451,
- mikrokontroler – STM32L433RC.

Opisano proces projektowania płytek PCB oraz skonfigurowanie układów zgodnie z ich dokumentacją techniczną i odpowiednie dobranie wartości elementów biernych. Stworzone obwody drukowane przetestowano pod względem zgodności z założeniami. Przedstawiono wszystkie napotkane błędy oraz sposoby ich rozwiązania.

W części programowej skupiono się na funkcjach odpowiadających za sterowanie modułem, ustawianie i mierzenie parametrów pracy, diagnostykę oraz komunikację.

Przeprowadzono testy sprawdzające dokładność ustawiania parametrów pracy, sprawność działania, maksymalną moc pracy oraz działanie układów zabezpieczających. Przetestowano wydajność przetwornicy dla napięć, które wykorzystywane są w robocie mobilnym, wejściowych 19 V i 24 V oraz wyjściowych 5 V, 12 V, 24 V oraz 48 V. Uzyskano zakres sprawności od 85 do 94% przy mocach dochodzących do 134 W w zależności od parametrów, a w przypadku zastosowania chłodzenia nawet do 140 W. Radiator pozwala na znaczny spadek maksymalnej temperatury osiągananej przez przetwornice, z 130°C na 109°C.

Projekt będzie dalej rozwijany, planowane jest dodanie predykcji zużycia mocy, przewidywanie uszkodzeń, określanie maksymalnej mocy wyjściowej na podstawie definicji zakresów napięć wejściowych. Jest on kluczowy w robocie drużyny Raptors i w robotach mobilnych budowanych w Instytucie Automatyki PŁ w ramach projektów badawczych.

# Projekt systemu działającego w środowisku Internetu Rzeczy do wspomaganie osób starszych i niepełnosprawnych

Michał Śniady



W dzisiejszych czasach przyjmujemy bardzo dużo leków i suplementów diety, które mają za zadanie zwalczanie określonych schorzeń lub stosowane są w celu wzmocnienia naszego układu odpornościowego, poprawy ogólnego samopoczucia lub uzupełnienia braków witamin, mikro- lub makroelementów. Wszystkie te preparaty łączy jedna wspólna cecha: aby skutecznie działały i wspomagały nasz organizm, muszą być przyjmowane regularnie i zgodnie z zaleceniami lekarza lub informacjami zawartymi w ulotce dołączonej do opakowania. Im więcej leków trzeba przyjąć, tym trudniej przestrzegać wszystkich zaleceń.

Głównym celem projektu było opracowanie prototypu urządzenia, które pozwoli monitorować każdy aspekt przyjmowania leków za pomocą aplikacji mobilnej i inteligentnego pudełka na tabletki. Zaimplementowano system składający się z aplikacji mobilnej oraz układu Arduino umieszczonego w „inteligentnym pudełku” wykonanym w technologii druku 3D.

Do opracowania aplikacji mobilnej wykorzystano framework Flutter, a kod napisano w języku programowania Dart. Taki wybór pozwala na jednoczesne rozwijanie aplikacji zarówno na platformę iOS, jak i Android, a co za tym idzie pozwala na aktualizację aplikacji do AppStore i Google Play. Do śledzenia wszystkich danych użytkownika wykorzystano bazę danych Firebase. Dzięki temu bez względu na to, z jakiego urządzenia korzysta użytkownik, dane są zawsze łatwo dostępne w chmurze. Do napisania oprogramowania dla układu Arduino wykorzystano Arduino Software Environment i język programowania C++. W projekcie wykorzystano Arduino Nano 33 BLE Sense z następującymi czujnikami: akcelerometrem LSM9DS1, który sprawdza, czy wieczko zostało otwarte i czy tabletki zostały pobrane oraz czujnikiem temperatury i wilgotności HTS221 i czujnikiem ciśnienia atmosferycznego LPS22HB do monitorowania warunków otoczenia. Inteligentne pudełko zaprojektowano przy użyciu Creo Parametric.

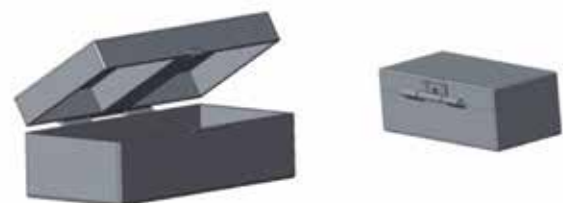
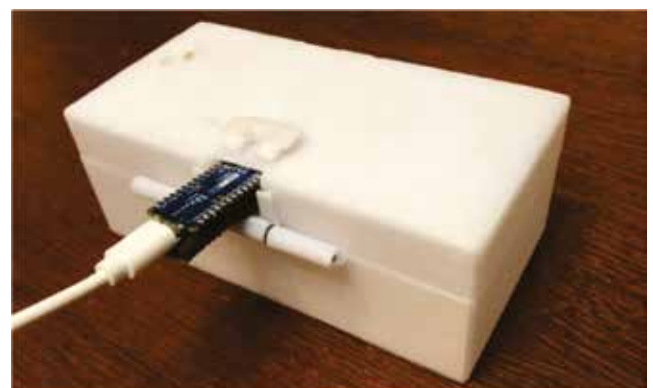
Aplikacja mobilna odpowiada za zbieranie i przetwarzanie informacji otrzymanych z pudełka takich jak: jego status (otwarte lub zamknięte), a także temperatura, wilgotność i ciśnienie otoczenia. Odpowiada ona również za zapisywanie wszystkich wprowadzonych przez użytkownika leków oraz pokazywanie tych informacji w formie kalendarza i listy leków na dany dzień. Kiedy pudełko zostaje otwarte, odpowiednie leki zostają automatycznie oznaczone jako wzięte.

W aplikacji użytkownik ma możliwość stworzenia własnego profilu, w którym będą przechowywane wszystkie informacje (rys. 1.). Aplikację podzielono na 3 części:

- przegląd profilu z wymienionymi lekami,
- szczegółowy widok kalendarza z informacją o czasie zażycia tabletek i czy tabletki zostały przyjęte,
- szczegółowy widok warunków, w których przechowywana jest inteligentna skrzynka.



Rys. 1. Ekrany aplikacji mobilnej



Rys. 2. Projekt „Inteligentnego pudełka”

Druga część prototypu, inteligentne pudełko, monitoruje i wysyła do aplikacji dane o warunkach i czasie otwarcia. Pudełko służy również jako miejsce do przechowywania całych blistrów z tabletkami użytkownika (rys. 2.).

W efekcie powstał w pełni funkcjonalny, gotowy do użycia produkt. Użytkownik tworzy w aplikacji swój profil, może zapisać w chmurze wszystkie leki, które przyjmuje, wyświetlić leki na każdy dzień za pomocą kalendarza i listy leków, otrzymuje powiadomienia o lekach, które należy przyjąć w danym momencie oraz odbiera informacje o warunkach otoczenia. Aplikacja została przetestowana za pomocą oprogramowania TestFlight i jest gotowa do przesłania do AppStore i Google Play. Inteligentne pudełko również spełnia wszystkie wymagania stawiane temu projektowi. Może pomieścić wiele blistrów tabletek, stale sprawdza, czy było otwierane i przesyła informacje o temperaturze, wilgotności i ciśnieniu, co daje nie tylko informację o warunkach, w jakich przechowywane są tabletki, ale także ogólną informację o czynnikach istotnych

dla zdrowia i dobrego samopoczucia użytkownika. Co więcej, jest to urządzenie konfigurowane jednorazowo. Po podłączeniu Arduino do źródła zasilania i umieszczeniu pudełka w wybranym miejscu nie ma już potrzeby ponownego konfigurowania. Za każdym razem, gdy telefon użytkownika znajdzie się wystarczająco blisko, aby otrzymać informacje przekazywane przez protokół komunikacji BLE, aplikacja automatycznie połączy się z urządzeniem.

Testy prototypu wykonywane przez grupę użytkowników pokazały, że produkt przyjęto bardzo dobrze. Jeśli chodzi o ulepszenia w kolejnych wersjach tego projektu, oprócz dodania dodatkowych funkcji w aplikacji, jest jedna duża zmiana, którą należy wprowadzić. Mikrokontroler powinien być zaprojektowany i stworzony specjalnie dla tego projektu. Dzięki temu urządzenie mogłoby być znacznie bardziej energooszczędne, pozwalając na pracę na bateriach zamiast ciągłego podłączania do źródła zasilania. Oznaczałoby to również, że pudełko można by przeprojektować, tworząc więcej miejsca w środku.

# Automatyczny system utrzymania optymalnych warunków wzrostu rafy koralowej w akwarium morskim

Dawid Janicki

Przedstawiona praca ukazuje proces stworzenia oraz wdrożenia automatycznego systemu służącego do utrzymywania optymalnych warunków do wzrostu rafy koralowej w akwarium morskim. Produktem końcowym jest system zapewniający utrzymanie kluczowych parametrów zarówno wody, jak i oświetlenia na wymaganych przez koralowce poziomach.

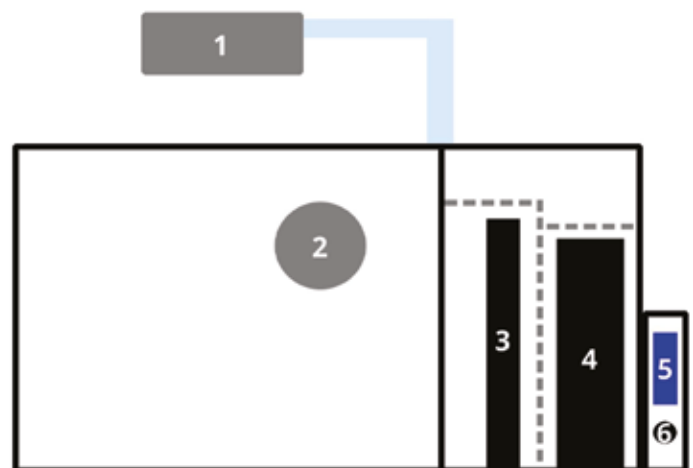


Cały proces podzielono na wiele etapów. Początkowo dokonano analizy wymagań stawianych systemom morskim przez zwierzęta zamieszkujące rafę. Pozyskane informacje wskazywały przede wszystkim na elementy systemu takie jak: oświetlenie, temperatura wody, zasolenie, poziom pH, natlenienie.

Kolejnym krokiem było porównanie otrzymanych danych z funkcjonalnościami oferowanymi przez rozwiązania komercyjne. Wynik analizy jasno wskazywał ograniczenia gotowych urządzeń, w związku z tym zaprezentowano projekt systemu oferujący rozszerzenie części oferowanych funkcjonalności, a także wprowadzający innowacyjne rozwiązania takie jak pobieranie danych pogodowych dla wybranej lokalizacji z sieci

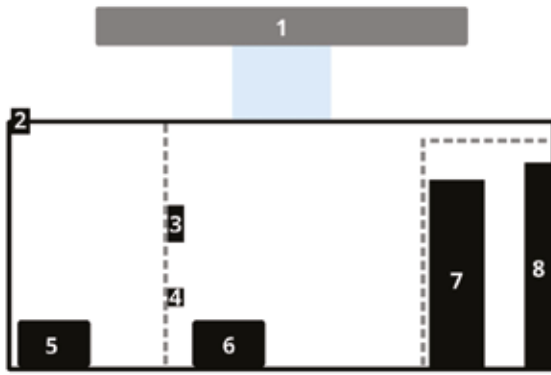
Internet, a następnie symulowanie warunków pogodowych w oparciu o otrzymane informacje.

Następnie przeprowadzono analizę urządzeń wykorzystanych w projekcie systemu wraz z ich zastosowaniem i projekt całego systemu (rys. 1. oraz rys. 2.).



Rys. 1. Widok systemu – lewa strona

Na rys. 1. przedstawiono widok z lewej strony systemu. Zarówno zbiornik główny, jak i sump oraz główny układ sterowania umieszczono na jednym poziomie celem optymalizacji potrzebnej ilości miejsca oraz zmniejszenia długości połączeń z urządzeniami peryferyjnymi. Kolejnymi numerami oznaczono: 1 – lampę LED, 2 – pompę cyrkulacyjną, 3 – grzałkę, 4 – odpieniacz białek, 5 oraz 6 – elementy panelu operatorskiego.



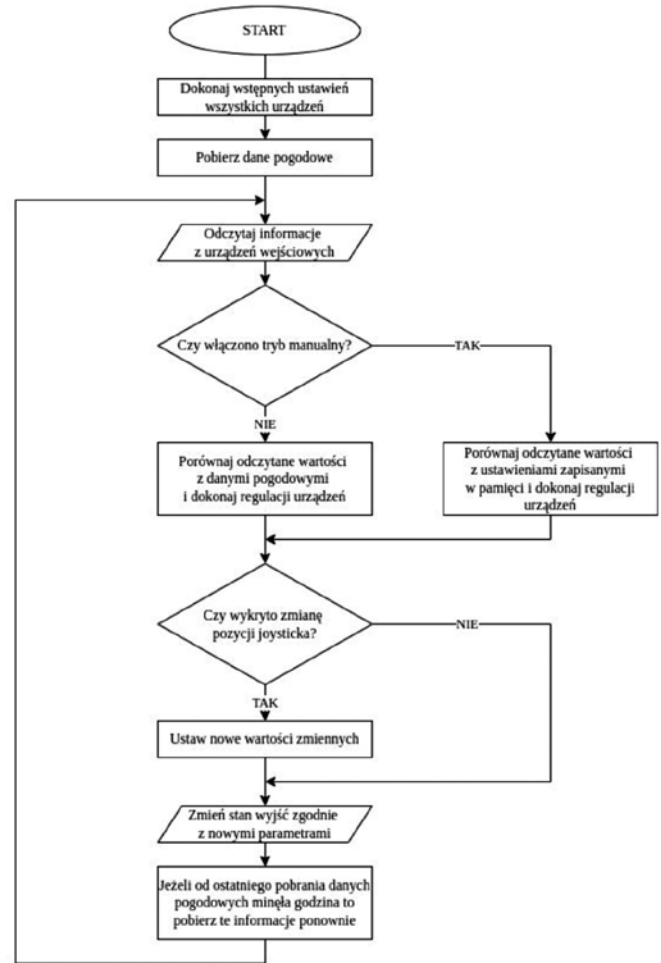
Rys. 2. Widok całego systemu – front

Rys. 2. przedstawia kolejno: 1 – lampę LED, 2 – czujnik poziomu wody w zbiorniku głównym, 3 – pomocniczy czujnik poziomu wody automatycznej dolewki, 4 – optyczny czujnik poziomu wody automatycznej dolewki, 5 – pompa automatycznej dolewki, 6 – pompa obiegowa, 7 – odpieniacz białek, 8 – grzałka.

Po wykonaniu projektu systemu oraz wybraniu komponentów wykorzystanych w projekcie, nastąpiło fizyczne wykonanie systemu. Proces podzielono na etapy:

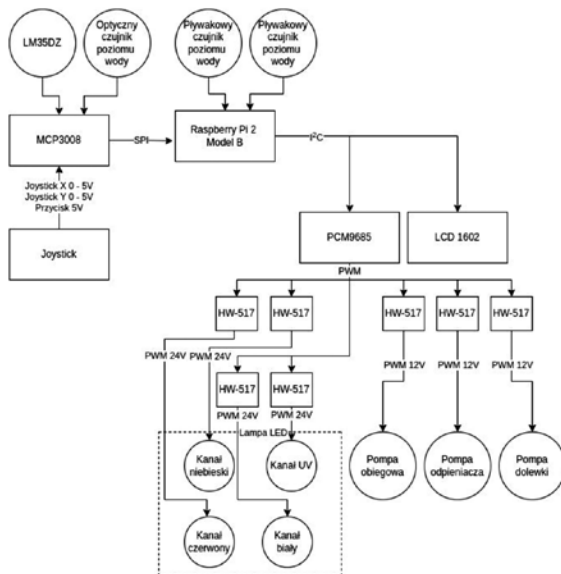
1. zakup zbiorników, wykonanie elementów hydraulicznych i elektrycznych,
2. wykonanie układu sterowania.

Początkowo zakupiono dwa zbiorniki – jeden główny o wymiarach 35x25x30 cm oraz drugi, służący jako sump, o wymiarach 35x10x30 cm. Drugim etapem było wykonanie wszystkich elementów elektrycznych, na które składają się: lampa LED, odpieniacz białek oraz zabezpieczenia przed przelaniem. Na koniec skupiono się na wykonaniu układu sterowania, którego schemat zaprezentowano na rys. 3.



Rys. 4. Algorytm programu głównego

Na koniec pracy uruchomiono system oraz przeprowadzono testy zaimplementowanych funkcjonalności. Pierwotnie system uruchomiono bez skały oraz zwierząt. Widok uruchomionego systemu przedstawiono na rys. 5.



Rys. 3. Schemat blokowy układu sterowania

Kolejny etap pracy polegał na napisaniu programu służącego do obsługi systemu od strony programowej w języku Python. System powstał w oparciu o Raspberry Pi wraz wykorzystaniem systemu operacyjnego Raspberry Pi OS. Na rys. 5. zaprezentowano schemat blokowy programu głównego.

System pobiera dane pogodowe z Internetu, dzięki czemu informacje te są aktualne. Następnie, w zależności od wybranego trybu pracy, możliwe jest wyznaczenie żądanych warunków, jakie powinny panować w akwarium według danych zaimplementowanych w procedurze startowej lub rzeczywistych. Kolejno ustawiane są stany wyjść według wyznaczonych wartości.



Rys. 5. Uruchomiony system

Pierwsze testy dotyczyły zdolności układu do utrzymania stałego poziomu wody oraz testy bezpieczeństwa przeciwko przelaniu. Test bezpieczeństwa dowiódł, iż system jest zabezpieczony przed niebezpiecznym zwiększeniem poziomu wody w zbiorniku mogącego spowodować zalanie mieszkania. Wyniki testu bezpieczeństwa przedstawiono na wykresie rys. 6.



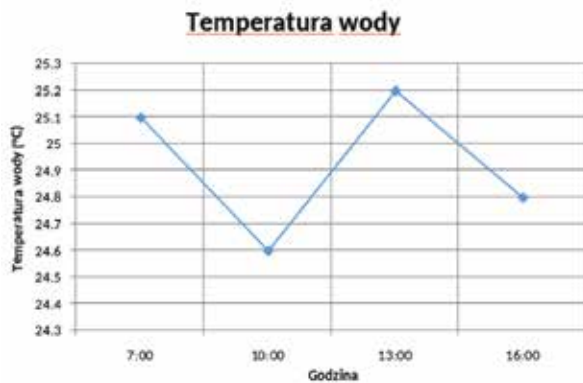
Rys. 6. Wykres wyników pomiaru poziomu wody w zbiorniku głównym w trakcie testu bezpieczeństwa

Następnie dokonano testy utrzymania stałego poziomu wody w zbiorniku głównym. Wyniki zobrazowano na rys. 7.



Rys. 7. Wykres wyników pomiarów poziomu wody w zbiorniku głównym (test stabilności)

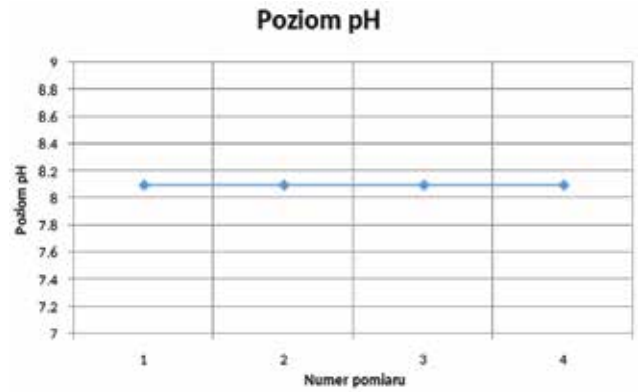
Kolejnym krokiem było przeprowadzenie testów parametrów wody takich jak: stabilność temperatury (rys. 8.), poziom zasolenia (rys. 9.) oraz poziom pH (rys. 10.).



Rys. 8. Wyniki pomiaru temperatury wody

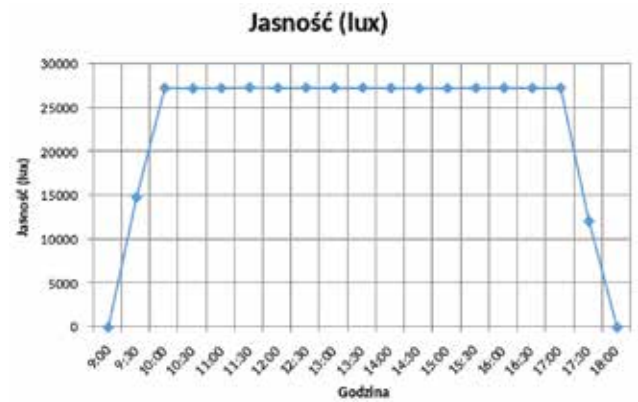


Rys. 9. Wykres wyników pomiarów poziomu zasolenia



Rys. 10. Wykres wyników pomiarów poziomu pH

Kończącym krokiem tego etapu było sprawdzenie poprawności działania algorytmów odpowiedzialnych za sterowanie oświetleniem zbiornika. Wyniki zobrazowano na rys. 11.



Rys. 11. Wykres wyników pomiarów jasności oświetlenia w ciągu dnia

Przeprowadzone testy wykazały, iż wszystkie algorytmy odpowiedzialne za sterowanie urządzeniami peryferyjnymi działają poprawnie, a system jest w stanie utrzymać najważniejsze parametry wody na stałym poziomie, co oznaczało jego gotowość do pracy z rafą koralową. Projekt uznano za ukończony powodzeniem, co obrazuje rys. 12.



Rys. 12. Końcowy efekt pracy systemu

# Cyfrowe przetwarzanie impulsów z detektorów promieniowania w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem układów programowalnych FPGA

Wojciech Walewski



Reaktory fuzji termojądrowej są obecnie jednymi z najambitniejszych projektów naukowych. Budowany obecnie Międzynarodowy Eksperymentalny Reaktor Termonuklearny (ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor) ma zadanie osiągnąć dodatni bilans energetyczny o sprawności 10, co pozwoli na wygenerowanie 500 MW energii przy dostarczeniu 50 MW. Jeżeli eksperyment uda się przeprowadzić z sukcesem, możliwe będzie w przyszłości zbudowanie elektrowni termojądrowej o większej mocy (2 GW). Wygenerowanie czystej energii z użyciem plazmy termojądrowej mogłoby w przyszłości rozwiązać problemy energetyczne, z którymi obecnie zderzyła się ludzkość. Uzyskanie i podtrzymanie procesu fuzji termojądrowej wymaga jednak wykorzystania najnowszych osiągnięć z dziedziny fizyki, materiałoznawstwa, elektroniki i informatyki.

Poprawne funkcjonowanie tokamaka ITER nadzorowane będzie przez 50 systemów diagnostycznych, pracujących w czasie rzeczywistym oraz spełniających bardzo szczegółowe wymagania czasowe. W celu zapewnienia bezpiecznej pracy maszyny oraz stabilnego utrzymania plazmy w długim czasie (ponad 30 minut) niezbędna jest akwizycja i przetwarzanie sygnałów cyfrowych nawet w czasie rzeczywistym z niskim opóźnieniem czasowym (poniżej 10 ms).

W pracy magisterskiej opisano implementację układu akwizycji i przetwarzania danych dla jednego z kluczowych systemów diagnostyki plazmy: Monitora Twardego Promieniowania X (HXRM, Hard X-Ray Monitor). System ten mierzy spektrum promieniowania X generowanego przez swobodne elektrony (ang. Runaway Electrons). Wczesne wykrycie wysokoenergetycznego promieniowania X pozwala zapobiec

uszkodzeniom reaktora oraz polepsza stabilizację plazmy generowanej w tokamaku. Praca skupia się na kluczowym aspekcie systemu HXRM, jakim jest akwizycja i cyfrowe przetwarzanie sygnałów z fotopowielaczy (PMT, PhotoMultiplier Tubes) w czasie rzeczywistym.

Z uwagi na wymagania czasowe (przetwarzanie danych w czasie mniejszym niż 10 ms) oraz znaczny strumień danych (rzędu GB/s) do realizacji systemu akwizycji i przetwarzania danych HXRM wykorzystano bezpośrednio programowalną macierz bramek (FPGA, Field Programmable Gate Array). W wykorzystanym układzie zaimplementowano wybrane algorytmy do analizy i transmisji wyznaczonego spektrum energetycznego twardego promieniowania X. Dodatkowo, opracowano także wielowątkową aplikację komputerową do wydajnego odbioru i archiwizacji uzyskanych danych.

W pracy dokonano analizy obecnego stanu wiedzy na podstawie dostępnych artykułów naukowych oraz szczegółowo opisano proces porównania i testowania kilku wybranych algorytmów detekcji i analizy impulsów pochodzących z fotopowielaczy. Po przeprowadzeniu symulacji komputerowych, algorytmy gwarantujące najlepszy kompromis pomiędzy łatwością implementacji a skutecznością przeniesiono do platformy FPGA (opis w języku Verilog) i przetestowano z rzeczywistym detektorem PMT firmy Hamamatsu oraz radioaktywną próbką Cezu 137Cs. Taki proces zastosowano w przypadku algorytmów do detekcji impulsów oraz pomiaru wysokości impulsów (spektrum energetyczne). Połączone algorytmy wykorzystano do budowy kompletnego systemu do spektroskopii czasu rzeczywistego.

Zaprojektowany w pracy układ akwizycji i przetwarzania danych jest w stanie kategoryzować impulsy z fotopowielaczy, nawet przy maksymalnej prędkości próbkowania wykorzystanej płytki do akwizycji, 1 GS/s, generującej strumień danych dochodzący do 8 GB na sekundę. W systemie, dzięki własnym rozwiązaniom przechowywania i przesyłania danych, nie występuje czas martwy, pozwalając tym samym na ciągłą transmisję danych z platformy FPGA do systemu kontroli. Osiągnięte rezultaty spełniają wymagania czasowe wyspecyfikowane dla systemów HXRM przez ITER i będą mogły być wykorzystane w przyszłych reaktorach fuzji termojądrowej.

# Wpływ zastosowanego luksomierza na wyniki pomiarów natężenia oświetlenia w kontekście zanieczyszczenia światłem

Damian Krawczyk

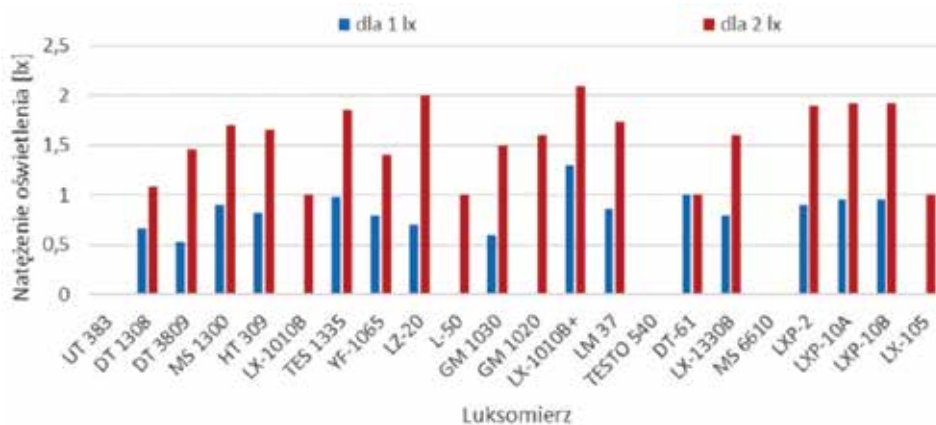
W pracy zamieszczono wyniki pomiarów natężenia oświetlenia zarejestrowane 22 luksomierzami różnych producentów. Pomiary przeprowadzono w odniesieniu do źródeł emitujących światło białe o różnych temperaturach barwowych. W pomiarach uwzględniono typowe źródła światła stosowane w oświetleniu zewnętrznym takie jak: wysokoprężną lampę sodową (2000 K), wysokoprężną lampę metalohalogenową (4000 K) oraz trzy źródła LED (2700 K, 4000 K, 6000 K). Pomiary uzupełniono rejestracją natężenia oświetlenia przy lampie żarowej (2856 K), która nadal wykorzystywana jest w laboratoriach fotometrycznych podczas wzorcowania luksomierzy.

Z użytkowaniem oświetlenia zewnętrznego wiąże się emisja strumienia świetlnego w kierunku obszarów i obiektów, które nie są celem oświetlenia. Światło docierające do okien budynków jest źródłem zanieczyszczenia światłem. Z uwagi na fakt, że zanieczyszczenie światłem jest przyczyną licznych problemów mających wpływ na samopoczucie użytkowników budynków, opracowano wymagania dotyczące ograniczenia światła przeszkadzającego. Jednym z parametrów podlegającym weryfikacji, przy ocenie ograniczenia światła przeszkadzającego, jest na-

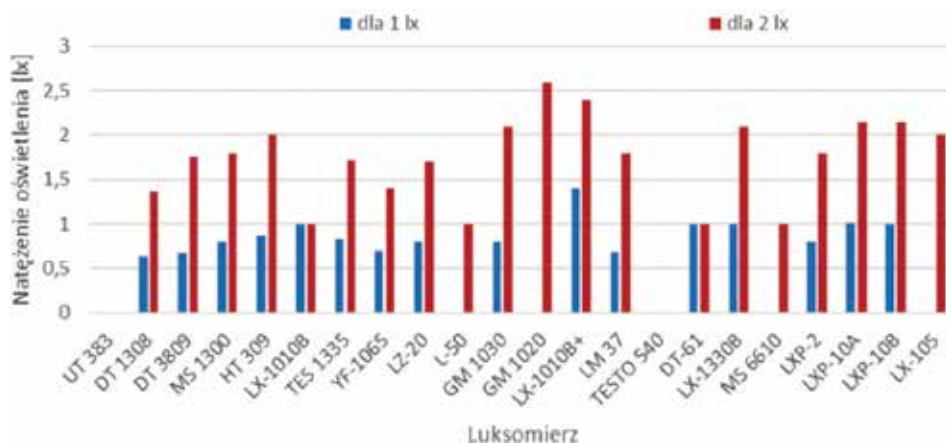


tężenie oświetlenia. W zależności od strefy środowiskowej, graniczne wartości natężenia oświetlenia nie powinny przekraczać odpowiednio: 1 lx, 2 lx, 5 lx, 10 lx i 25 lx. Dysponując 22 luksomierzami, dla wymienionych punktów pomiaru, wykonano pomiary natężenia oświetlenia. Uzyskane wyniki pomiarów laboratoryjnych jednoznacznie wskazują, iż pomimo stałych warunków oświetlenia, wskazywana wartość natężenia oświetlenia w sposób istotny zależy od użytego przyrządu pomiarowego. W zależności od zastosowanego luksomierza oraz charakterystyki widmowej źródła światła uzyskane wartości natężenia oświetlenia mogą być zaniżone lub zawyżone. Największe rozbieżności w wynikach pomiarów odnotowano przy bardzo niskich poziomach natężenia oświetlenia tj. 1 lx i 2 lx. Przykładowe wyniki pomiarów zamieszczono na rysunku.

a)



b)



Zarejestrowane wartości natężenia oświetlenia różnymi luksomierzami dla źródeł LED o różnych barwach emitowanego światła: a) 2700 K, b) 6000 K

# Analiza efektywności wybranych algorytmów sterowania dostawami w zautomatyzowanych systemach magazynowych

Filip Szewczyk

W niniejszej pracy magisterskiej przedstawiono zagadnienia związane z zarządzaniem zautomatyzowanymi systemami magazynowymi. W rozważaniach przyjęto liniowy, dyskretny model systemu magazynowego, który charakteryzuje się dużą elastycznością pod względem doboru parametrów. Czyni go to ogólnym i sprawia, że możliwe jest dopasowanie omówionych metod i ich implementacja w konkretnym systemie.



W celu oceny efektywności działania modelowanych systemów magazynowych, wyprowadzono zależności dotyczące prawdopodobieństwa. Pozwalają one na określenie zależności łączącej wykorzystane prawa sterowania z wyjściowym rozkładem prawdopodobieństwa dotyczącym uchybu regulacji. Na tej podstawie możliwe jest wyznaczenie wartości prawdopodobieństwa osiągnięcia sukcesu, tj. realizacji wszystkich dostaw bez powstania zaległych zamówień (ang. *back-orders*).

Rozpatrywane były metody regulacji przy wykorzystaniu sprzężenia od stanu, pozwalające na optymalizację procesu sterowania według

zadanego wskaźnika jakości – dead-beat oraz LQR. Pierwszy z nich jest szczególnym przypadkiem drugiego, jednakże o właściwościach tak specyficznych, że rozpatrywany jest jako zupełnie odrębna strategia sterowania.

Wspomniane wskaźniki jakości regulacji dotyczą wydatku energetycznego (w znaczeniu mocy sygnału) oraz czasu regulacji, a ich optymalizacja pozwala osiągnąć właściwy dla danego przypadku kompromis między wartościami sygnału sterującego a szybkością zanikania uchybu regulacji. Nie zawierają jednak informacji, na podstawie której można byłoby określić, czy zwiększenie wydatkowanej energii spowoduje znaczący wzrost wydajności.

Omawiany rodzaj systemów nie dotyczy bezpośrednio zagadnień związanych z energią w sensie fizycznym i należy pod tym pojęciem rozumieć koszty związane z dostarczaniem większej ilości towaru oraz jego przechowywaniem w magazynie.

Wykorzystanie rachunku prawdopodobieństwa wraz z kryterium oceny szybkości reakcji systemu magazynowego na zmiany popytu pozwala m.in. na określenie, czy zwiększenie pojemności magazynowej spowoduje wymierne korzyści wpływając na niezawodność łańcucha dostaw. Jak wynika z rozważań zawartych w pracy, odpowiedź na to pytanie nie zawsze jest oczywista. Wyprowadzone zależności poparte zostały przykładami i omówione w rozdziale podsumowującym pracę.

Słowa kluczowe: regulacja LQR, regulacja dead-beat, systemy zarządzania magazynami, teoria prawdopodobieństwa

## XXIII Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka Kraków, 17–20 listopada 2022 r.

Marcel Pawlik

Studenckie Koło SEP im. prof. Michała Jabłońskiego

W dniach 17–20 listopada ubiegłego roku w stolicy obwarzanków – Krakowie odbyła się już XXIII edycja Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka (ODME).

ODME to wydarzenie, którego głównym celem jest poszerzenie wiedzy studentów kierunków związanych z elektrotechniką, jak i wymiana doświadczeń uczestników ze społeczności studenckiej Stowarzyszenia Elektryków Polskich z całego kraju. Podsumowaniem pracy oraz wiedzy studentów jest rywalizacja w konkursach teoretycznych, praktycznych oraz sportowych podczas tzw. „Ligi Elektryka”.

Dzięki wsparciu ze strony Oddziału Łódzkiego SEP oraz dziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Automatyki i Informatyki Politechniki





Rys. 1. Uczestnicy XXIII Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka w Krakowie

niki Łódzkiej, nasze koło było reprezentowane przez pięcioosobową delegację.

Oficjalne rozpoczęcie odbyło się w czwartek, 17 listopada o godzinie 10.00 na Wydziale „Samogłosek” – Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej (AGH). Uczestnicy ODME zostali ciepło przywitani i przyjęci przez dziekanów AGH – prof. Ryszarda Srokę i dr. inż. Mikołaja Skowrona oraz dziekana Wydziału Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej (PK) – dr. hab. inż. Macieja Sułowicza, prof. uczelni. Całą ceremonię inauguracyjną zaś przeprowadzili: kol. Zuzanna Mielnik oraz kol. Aleks Piszczek. Przedstawiono reprezentantów Zarządu Głównego SEP: dr. inż. Piotra Szymczaka oraz kol. Arkadiusza Jurczakiewicza, jak i przedstawicieli firm: ABB, Elsta, Nokia. Dodatkowo zaprezentowano przedstawicieli firm partnerskich wydarzenia: E80, Lanster, Pracowni Systemów Energetycznych Kraków, Simtech, Sonel, Tauron Dystrybucja. Po przywitaniach firm, głos oddano przedstawicielowi Zarządu Głównego SEP Piotrowi Szymczakowi, a następnie prezesowi Oddziału Krakowskiego Maciejowi Burnusowi.

Szczepanik – prof. PK, dr inż. Marcin Szlosek – dyrektor Departamentu R&D ABB, mgr inż. Tomasz Tracz – Elsta.



Rys. 3. Część praktyczna Ligi Elektryka



Rys. 2. Delegacji Studenckiego Koła SEP przy Politechnice Łódzkiej

Na zakończenie oficjalnej części odbył się wykład inauguracyjny przeprowadzony przez prof. Waldemara Skomudka o sytuacji energetycznej w Polsce.

Po krótkiej przerwie kawowej kolejnym punktem programu dnia była debata „Rola i integracja mikrosieci w nowoczesnym systemie dystrybucyjnym”, w której udział wzięli: prof. Waldemar Skomudek – Tauron Dystrybucja, prof. dr hab. inż. Zbigniew Hanzelka – AGH, dr hab. inż. Jerzy

Po debacie odbyły się prezentacje firm ABB, Elsta oraz Tauron. W trakcie przerwy obiadowej oraz czasu wolnego uczestnicy mogli zwiedzić stoiska firm wystawionych na wydarzeniu. Zaś po przerwie obiadowej zaprezentowały się firmy: Sonel, Columbus, E80 oraz Lanster.

Dla uczestników ODME nie był to jednak koniec, ponieważ po wszystkich prezentacjach odbyła się teoretyczna część Ligi Elektryka, w której udział wzięły wszystkie osoby z delegacji.

W następnym etapie mogli wziąć udział dwuosobowe zespoły z każdego Oddziału, które zdobyły najwyższą liczbę punktów w teście z wiedzy teoretycznej.



Rys. 4. Stary oraz nowy Zarząd Studenckiej Rady Koordynacyjnej

Po skończeniu testu uczestnicy mogli udać się komunikacją miejską do miejsca zakwaterowania – Hotelu Novotel, by następnie pojechać

na nadwiślańską Barkę, w której odbyło się spotkanie z prezesem SEP dr. hab. Sławomirem Cieślikiem. Omawiano kwestie rozwoju młodzieży w Stowarzyszeniu, możliwości aktywności w szeregach centralnych komisji oraz bezpośrednio sprawy wyzwań związanych z negatywnymi skutkami pandemii.



Rys. 5. Kopalnia Soli w Wieliczce

Drugi dzień ODME uczestnicy zaczęli od śniadania oraz wybrania się na wycieczki techniczne do firm partnerskich wedle swoich upodobań. Delegaci Oddziału Łódzkiego SEP zdecydowali się odwiedzić siedzibę ABB, w której punktami głównymi był dział R&D automatyki i robotyki oraz dział instalacji domowych i zabezpieczeń. Wkrótce potem uczestnicy ODME zebrali się, by zjeść wspólnie obiad w jednej z restauracji na osiedlu studenckim AGH.



Rys. 6. Delegaci SK SEP PŁ na bankiecie

Po posiłku nadeszła chwila przygotowań do części praktycznej Ligi Elektryka, w której zadaniem było w ciągu 1,5 godziny uszyć rozdzielnicę ze sterowaniem „Lewo – Prawo”. Efektem eliminacji w części teoretycznej było przystąpienie ośmiu oddziałów do zadania praktycznego z trzynastu obecnych na ODME. Po wyczerpującym i pełnym wrażeń elemencie praktycznym ligi odbyło się zebranie Studenckiej Rady Koordynacyjnej (SRK), na którym został wybrany nowy Zarząd SRK. Funkcję przewodniczącego po kol. Jakubie Kaaku objął kol. Michał Cichowicz, wiceprzewodniczącego kol. Bartłomieja Bładowskiego zastąpił kol. Jakub Kulterman, zaś nowym

sekretarzem po kol. Mateuszu Armacie został przedstawiciel Oddziału Łódzkiego – Marcel Pawlik. Zakończeniem całego, pełnego emocji i wrażeń dnia była kolacja oraz wspólna integracja uczestników.

Trzeci dzień Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka poświęcono (wedle wyboru i chęci uczestników) szkoleniom lub atrakcjom turystycznym Krakowa i okolic, tj. zwiedzaniem Kopalni Soli w Wieliczce lub słynnego i znanego wszystkim amatorom polskiej kinematografii Muzeum Lotnictwa. Gdy wszystkie aktywności dobiegły końca, przyszła pora na posiłek, który przygotowywał uczestników na dalsze znoje dnia – trzecią i ostatnią część Ligi Elektryka – zmagania sportowe, w których sześć Oddziałów zmierzyło się na dwóch torach w kręglach.

Elementem kluczowym i nieodłącznym ODME jest bankiet, na którym odbywa się oficjalne zakończenie wydarzenia, ogłoszenie zwycięzców zmagania w Lidze Elektryka i wspólna zabawa i integracja. Ceremonia na bankiecie była prowadzona przez prezesów Kół Oddziału Krakowskiego SEP – kol. Zuzannę Mielnik oraz kol. Daniela Bednarczyka, którzy ogłosili, iż III miejsce zajął Oddział Tarnowski, na II miejscu podium stanęli reprezentanci Oddziału Białostockiego, I miejsce zaś było zajęte przez delegatów Oddziału Łódzkiego SEP – kol. Marcela Pawlika oraz kol. Adama Sztamborskiego, którzy dumnie i dzielnie walczyli o podtrzymanie tradycji zajęcia podium przez OŁ SEP.



Rys. 7. Puchar za I oraz II miejsce w Lidze Elektryka

W imieniu swoim, jak i wszystkich delegatów ze Studenckiego Koła, chcielibyśmy serdecznie podziękować Oddziałowi Łódzkiemu SEP oraz dziekanowi Wydziału EEIA za umożliwienie nam wyjazdu na tak niesamowite wydarzenie, jakimi są Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka, wierząc w nas i w nasze umiejętności.

# KONKURS FOTOGRAFICZNY ODDZIAŁU ŁÓDZKIEGO SEP Z OKAZJI 600. URODZIN MIASTA ŁODZI

Celem konkursu jest ukazanie (w formie fotografii) piękna i walorów historycznych MIASTA ŁODZI, miasta, w którym Oddział Łódzki SEP ma swoją siedzibę.



# STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

## Oddział Łódzki

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a  
Dom Technika, IV p., pok. 409 i 404  
tel. 42 630 94 74, 42 632 90 39  
e-mail: [sep@seplodz.pl](mailto:sep@seplodz.pl) [www.seplodz.pl](http://www.seplodz.pl)

- ❖ Egzaminacje kwalifikacyjne dla osób na stanowiskach EKSPLOATACJI i DOZORU w zakresach: elektroenergetycznym, cieplnym i gazowym
- ❖ Kursy przygotowujące do egzaminów kwalifikacyjnych (wszystkie grupy)
- ❖ Kurs POMIARY PARAMETRÓW OŚWIETLENIA ELEKTRYCZNEGO WE WNĘTRZACH
- ❖ Kursy pomiarowe (zajęcia teoretyczne i praktyczne)
- ❖ Kursy specjalistyczne na zlecenie firm
- ❖ Konsultacje jednodniowe przygotowujące do egzaminu kwalifikacyjnego
- ❖ Prezentacje firm
- ❖ Reklamy w Biuletynie Techniczno-Informacyjnym OŁ SEP
- ❖ Organizacja imprez naukowo-technicznych (konferencje, seminaria)



### OŚRODEK RZECZOZNAWSTWA OŁ SEP

oferuje bogaty zakres usług technicznych i ekonomicznych:

- Ekspertyzy i opinie urzędów i instalacji energetycznych
- Ocena usprawnień, pomysłów, projektów i wniosków racjonalizatorskich urzędów i instalacji energetycznych
- Badania techniczne urzędów energetycznych
- Opracowywanie Instrukcji Organizacji Bezpiecznej Pracy i Instrukcji Eksploatacji urzędów i instalacji energetycznych
- Wykonywanie pomiarów instalacji elektrycznych (w tym ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej)
- Prowadzenie nadzorów inwestorskich i autorskich
- Odbiory jakościowe urzędów energetycznych
- Sporządzanie świadectw charakterystyki energetycznej budynków i budowli
- Sprawdzanie stanu technicznego systemów ogrzewania z uwzględnieniem efektywności źródeł ciepła
- Sprawdzanie systemów klimatyzacji w zakresie sprawności systemu i doboru jego wielkości do wymogów chłodzenia
- Wyceny maszyn, urzędów oraz obiektów energetycznych
- Doradztwo i ekspertyzy ekonomiczne
- Audyty energetyczne
- Rekomendacje dla wyrobów i usług branży elektrycznej

**OR OŁ SEP tel. 42 632 90 39, 42 630 94 74**

**Pozycja i ranga SEP są gwarancją najwyższej jakości, niezawodności i wiarygodności**