



# BIULETYN

TECHNICZNO-INFORMACYJNY

Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 1/2024 (101)

ISSN 2082-7377

Marzec 2024



Medal dla Ośrodka Rzecznawstwa OŁ SEP



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

**21 czerwca 2024 r.**  
godz. 17:00

**Zapewniamy miły 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 11 czerwca 2024 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 VI 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

dr hab. inż. Paweł Różga, prof. PŁ

– przewodniczący

mgr inż. Jakub Staniewski

dr inż. Artur Szczęśny

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: 250 egz.

ISSN 2082-7377

- **Wpływ długości przerwy układu modelowego o polu quasi – nierównomiernym na napięcie przebicia przy uwzględnieniu różnych cieczy izolacyjnych**  
W. Kunikowski, P. Różga, B. Pasternak, J. Staniewski, F. Stuchała ..... 3
- **Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące**  
H. Aniołczyk ..... 6
- **Kodeksy etyczne za i przeciw (artykuł dyskusyjny)**  
A. Grabiszewska, K. Adamiak ..... 12
- **XVI Konferencja Naukowa „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym – SENE 2023”** ..... 14
- **Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP**  
A. Grabiszewska ..... 17
- **Zebranie Głównego Sądu Koleżeńskiego SEP**  
A. Grabiszewska ..... 19
- **Rozstrzygnięcie konkursów na najlepszą pracę dyplomową inżynierską i magisterską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ**  
P. Różga ..... 20
- **Sterowanie podajnikiem kartonowych formatek z wykorzystaniem sterownika PLC**  
P. Firek ..... 21
- **System wizyjny wykrywający zryw jednej z przesuwających się nitki w wiązce**  
M. Makucki ..... 24
- **Elektroniczny system do zarządzania farmą drobiu**  
A. Magiera ..... 26
- **Środowisko software-hardware do testowania aktuatorów miękkich z wykorzystaniem czujników elektromagnetycznych**  
T. Smaż ..... 28
- **Opracowanie i porównanie algorytmów detekcji uszkodzeń na podstawie wybranego urządzenia automatyki budynkowej**  
S. Włostowska ..... 29
- **Zbadanie wykorzystania serwera Jenkins do automatyzacji rozproszonego procesu testowania systemów hardware-in-the-loop**  
M. Dionizy ..... 31
- **Nagroda dla studenta ze Studenckiego Koła SEP w Konkursie im. Profesora Jerzego I. Skowrońskiego** ..... 33
- **Warsztaty „Digital Transformer in a Power Grid System” w Łodzi**  
J. Zaręba ..... 34
- **Nie tylko elektryka – zwiedziliśmy pałac Karola Poznańskiego**  
M. Höffner ..... 35
- **Spotkanie w Dworku**  
J. Jabłoński ..... 37
- **XXIV Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka, Gdańsk, 9-12 listopada 2023 r.**  
M. Pawlik ..... 38

# Wpływ długości przerwy układu modelowego o polu quasi – nierównomiernym na napięcie przebicia przy uwzględnieniu różnych cieczy izolacyjnych

Wiktor Kunikowski, Paweł Różga, Bartłomiej Pasternak,  
Jakub Staniewski, Filip Stuchała  
Politechnika Łódzka

Słowa kluczowe: ester syntetyczny, olej mineralny, olej biowęglowodorowy, napięcie przebicia, efekt objętości

## Wprowadzenie

W czasach szybkiego rozwoju technologii i przemysłu, kwestia utrzymania niezawodności Krajowego Systemu Elektroenergetycznego staje się priorytetem. Spowodowane jest to nie tylko komfortem odbiorców prywatnych, ale również odbiorców przemysłowych, dla których nawet najmniejsze przerwy w dostawie energii elektrycznej wiążą się z ogromnymi stratami. Węzłami sieci przesyłowej, obciążonymi odpowiedzialnością za prawidłowe przetwarzanie i dystrybuowanie energii elektrycznej, są liczne stacje elektroenergetyczne, na wyposażeniu których zawsze znajdują się transformatory mocy. Już w fazie projektowej aspekt ich niezawodności staje się podstawowym problemem stawianym inżynierom projektantom.

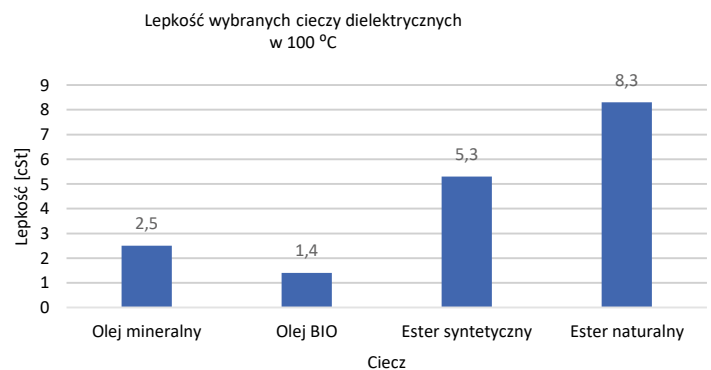
Podstawą nie tylko bezawaryjności, ale również odpowiedniej długości eksploatacji transformatora jest odpowiednio zaprojektowany układ izolacyjny. Układ, który powinien spełniać szereg restrykcyjnych wymagań, ale również powinien być dostosowany do ograniczeń, które związane są z konstrukcją transformatora energetycznego. Znacznym problemem w przypadku wszystkich transformatorów, a szczególnie transformatorów rozdzielczych, jest ilość miejsca wewnątrz konstrukcji. Należy pamiętać, że gdy mowa jest o transformatorach, należy uwzględnić nie tylko duże jednostki na stacjach 400/220/110 kV, ale również te na stacjach następowych, gdzie masy i wymiarów urządzenia nie można kształtować dowolnie z uwagi na ograniczone miejsce oraz nośność żerdzi słupów.

Transformatory z punktu widzenia układów izolacyjnych można podzielić na suche, olejowe oraz te izolowane gazami. Z punktu widzenia sieci elektroenergetycznej najpopularniejsze są konstrukcje olejowe, w których układ izolacyjny skonstruowany jest w oparciu o różnego rodzaju cieczy dielektryczne. Konstrukcja taka pociąga za sobą kolejne aspekty, o których należy powiedzieć. Przede wszystkim współpraca z izolacją papierową. Układ izolacyjny transformatora zawsze jest układem złożonym. Wtrącenie przegrody lub izolacji papierowej na uzwojeniach do cieczy izolacyjnej wpływa na rozkład natężenia pola elektrycznego w układzie, co nie zinterpretowane prawidłowo może prowadzić do przebieg lub wyładowań niezupełnych, które znacznie przyspieszają proces degradacji izolacji i skracają żywotność urządzenia.

Transformatory to urządzenia, które w znakomitej większości w trakcie pracy zostają wystawione na działanie czynników zewnętrznych. Z uwagi

na fakt, że w kadzi mogą po pewnym czasie pojawić się nieszczelności, które zostaną wykryte późno, lub nawet wcale, odpowiednie jest przewidzenie, jak ciecz izolacyjna zachowa się w kontakcie z wilgocią i innymi zanieczyszczeniami ze środowiska.

Istotnym parametrem cieczy z punktu widzenia eksploatacji transformatorów jest ich lepkość. Ciecz izolująca pełni nie tylko rolę medium izolacyjnego zabezpieczającego wewnętrzną konstrukcję urządzenia przed wysokim potencjałem, ale również jest chłodziwem. W związku z tym, mając na uwadze również fakt, że wewnątrz transformatora jest bardzo mało miejsca i między jego wyposażeniem występują szczeliny o różnych rozmiarach, cieczy muszą charakteryzować się odpowiednio niską lepkością, aby przy zapewnić odpowiednio dobry przepływ, który będzie w stanie chłodzić uzwojenia i elementy rdzenia transformatora, ale także będzie dobrze to ciepło oddawać po stronie niskiej temperatury układu. Na rys. 1. przedstawiono lepkość wybranych cieczy dielektrycznych w 100°C [1].



Rys. 1. Lepkość cieczy będących przedmiotem badań (ester naturalny dla porównania) [1]

## Ciecze dielektryczne – charakterystyka ogólna

Dzięki rozwojowi petrochemii i inżynierii chemicznej, na rynku dostępne są cieczy, które są w stanie spełnić wysublimowane wymagania stawiane transformatorom w różnych warunkach pracy.

Artykuł ten swoim zakresem obejmuje podstawowe rodzaje cieczy dielektrycznych dostępnych na rynku i powszechnie stosowane w transformatorach energetycznych.

Najbardziej podstawową grupą cieczy są oleje mineralne (MO). Są to mieszaniny węglowodorów aromatycznych, parafinowych i naftenowych [2]. Produkowane są w wyniku rafinacji ropy naftowej, co od razu powinno nasunąć na myśl ich podstawową wadę – praktycznie zerową biodegradowalność [3]. Kwestia szkodliwości dla środowiska nie została do tej pory poruszona, jednak mając na względzie dobro środowiska

i klimatu, a szczególnie jego zmiany, które dziś stanowią problem dla nas jako ludzkości, niemożliwe jest jej pominięcie. Oczywiście pociąga to za sobą kolejne konsekwencje, również projektowe, gdy w projektach stnowisk transformatorów trzeba uwzględniać środki zaradcze w przypadku rozszczelnienia kadzi, jak np. szczelne misy olejowe. Problemem olei mineralnych jest również stosunkowo niska temperatura zapłonu, która kształtuje się w okolicach 150°C [3]. Ciecze te, mimo wyżej wymienionych wad, charakteryzują się jednak wysoką wytrzymałością elektryczną, a także – co ważne – bardzo dobrą zdolnością odbierania energii cieplnej od łuku elektrycznego [4].

Jak wspomniano wyżej, oleje mineralne z punktu widzenia układu izolacyjnego nie są cieciami o złych parametrach. Naprzeciw problemowi utylizacji MO oraz ich wpływowi na środowisko naturalne wychodzą ciecze biowęglowodorowe. Ciecze biowęglowodorowe swoją budową i właściwościami są bardzo zbliżone do cieczy mineralnych. Związki węgla wchodzące w ich skład pochodzą jednak z recyklingu związków węglowodorowych oraz na drodze sekwestracji węgla, przez co ślad węglowy produkcji tych cieczy jest minimalizowany i są one względnie neutralne dla środowiska [5, 6]. Z uwagi na brak węglowodorów pierścieniowych, co stanowi kolejną różnicę względem cieczy MO, ciecze BIO mają zwiększoną biodegradowalność, co przekłada się na łatwiejszy proces utylizacji cieczy lub gleby zanieczyszczonej po awarii. W zakresie właściwości elektrycznych i eksploatacyjnych oleje BIO charakteryzują się wysoką wytrzymałością elektryczną, ale także bardzo niską lepkością, co wiąże się ze sprawniejszym chłodzeniem uzwojeń i rdzenia [1]. Problemem tej cieczy, podobnie jak cieczy mineralnej, pozostaje temperatura zapłonu, będąca jeszcze niższa niż w przypadku oleju mineralnego.

Odchodząc od procesu rafinacji ropy i procesu jej recyklingu, ciekawą alternatywą stają się estry. W ramach badań będących podstawą niniejszego artykułu przebadano ester syntetyczny. Jest to ciecz uzyskiwana na drodze reakcji estryfikacji, tj. reakcji alkoholu i wyższego kwasu karboksylowego. Właściwości tej cieczy zależą ściśle od wykorzystanego kwasu, tj. kwasy nasycone wiążą się z większą ogólną stabilnością chemiczną cieczy z uwagi na fakt, że nie ulegają dodatkowemu utlenieniu. Są to ciecze o stosunkowo dużej biodegradowalności [3]. Estry z punktu widzenia elektrycznego urządzenia wydają się być dobrym wyborem, gdyż charakteryzują się niską przebijalnością, ale przede wszystkim wykazują odporność na zawilgocenie – ich parametry izolujące nie zmieniają się drastycznie wraz z rosnącym zawilgoceniem. Niestety, ciecze te charakteryzują się stosunkowo dużą lepkością, co wpływa na pogorszenie warunków chłodzenia transformatora [7].

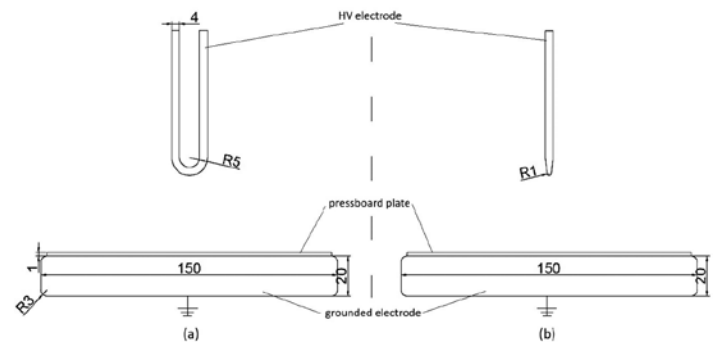
## Przedmiot badań

Badania opisane w niniejszej pracy obejmowały swoim zakresem analizę wpływu odległości przerwy międzyelektrodowej w autorskim układzie modelowym na napięcie przebiecia wybranych cieczy dielektrycznych. Analizie poddano olej mineralny inhibitowany, olej biowęglowodorowy, a także ester syntetyczny. Próby wykonano dla czterech przerw międzyelektrodowych: 2, 4, 6, 8 mm. Dla wskazanych cieczy przewidziano z wykorzystaniem aproksymacji wykładniczej wpływ objętości cieczy szczególnie naprężanej dla odległości międzyelektrodowych większych niż te wykorzystane w badaniach.

## Metodyka badań

W badaniach wykorzystano generator udarów napięciowych generujący znormalizowany udar napięciowy o parametrach 1,2/50  $\mu$ s. Udry doprowadzono do układu modelowego zanurzonego w kadzi z badaną

cieczą poprzez rezystor ograniczający, a dzielnik pojemnościowy połączony z miernikiem wartości szczytowej służył do pomiaru napięcia. W trakcie prób rejestrowano również wyładowania w cieczy za pomocą światłowodu i fotopowielacza. Badania prowadzono bazując w części na wytycznych normy IEC 897 przy wykorzystaniu metody stopniowej. Metoda ta polega na doprowadzaniu do układu elektrod udarów napięciowych o wartościach szczytowych zmieniających się o ustalony krok (z zakresu 1,5 – 3,0 kV) aż do momentu wystąpienia przebiecia. Wysoki potencjał przyłożony był do elektrody w kształcie litery „U”, zaś na elektrodzie uziemionej ułożono płytkę preszpanową impregnowaną cieczą odpowiadającą tej wykorzystanej w danej serii pomiarowej. Między udarami została zachowana przerwa czasowa regulowana normą odpowiadająca czasowi relaksacji danej cieczy po wystąpieniu odpowiednio wyładowania lub przebiecia. Po każdym przebieciu płytki preszpanowej, płytkę wymieniano na nową, a ciecz dokładnie mieszano. Kolejną serię pomiarową rozpoczęto po 15 minutach od poprzedzającego przebiecia. Dla każdej cieczy i dla każdej odległości wykonano pięć serii prowadzących do przebiecia. Układ elektrod wykorzystany do badań przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Układ elektrod wykorzystany w badaniach laboratoryjnych [8]

Kształt elektrody został dobrany tak, aby odwzorować rozkład pola elektrycznego na uzwojeniach transformatora w pobliżu kanału olejowego w rzeczywistej konstrukcji transformatora.

## Wyniki

Podstawę do opracowania analizy statystycznej stanowiło pięć napięć przeskoku dla każdej odległości i dla poszczególnych cieczy. Do opracowania wyników wykorzystano rozkład Weibulla w postaci dwuparametrycznej. Rozkład ten jest powszechnie wykorzystywany przy rozpatrywaniu wytrzymałości materiałów, w tym izolacyjnych [9, 10].

Funkcja dystrybuanty rozkładu Weibulla wyrażona jest wzorem:

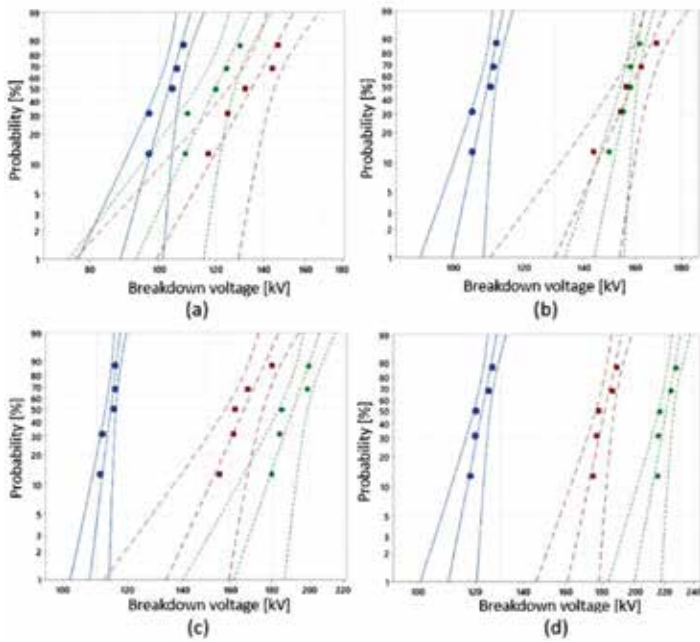
$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{X_m}\right)^k}$$

gdzie:

$X_m$  – parametr skali,

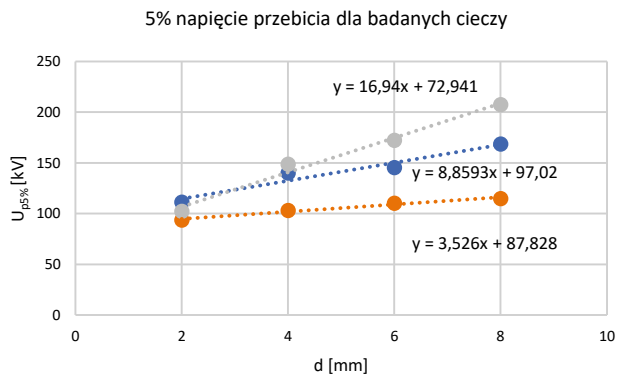
$k$  – parametr kształtu.

Powyższe współczynniki mają odzwierciedlenie w interpretacji pomiarów. Współczynnik skali w przypadku prowadzonych badań to napięcie, poniżej którego 63,2% badanych próbek ulegnie zniszczeniu [9]. Parametr kształtu obrazuje, jak zmienia się funkcja prawdopodobieństwa przy zwiększaniu napięcia doprowadzanego do układu. Dla prowadzonych badań  $k > 0$ , co oznacza, że wraz ze wzrostem napięcia szczytowego udaru wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia przeskoku w badanej cieczy [10]. Na rysunku 3. pokazano otrzymane wyniki dla każdej z badanych przerw elektrodowych.



Rys. 3. Dystrybuanty rozkładu Weibulla dla badanych cieczy i odległości: niebieski – ester syntetyczny; zielony – olej typu BIO; czerwony – olej mineralny; a) 2 mm; b) 4 mm; c) 6 mm; d) 8 mm [8]

Na podstawie wyznaczonych rozkładów prawdopodobieństwa, dla każdej z cieczy wyznaczono 5% napięcie przebicia w funkcji odległości międzyelektrodowej układu modelowego, które zestawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Uzyskane 5-procentowe napięcia przebicia dla każdej z cieczy w badanym układzie: niebieski – olej mineralny, pomarańczowy – ester syntetyczny, szary – olej typu BIO [11]

Na podstawie powyższych danych można stwierdzić, że dla niewielkich odległości elektrod najlepszymi właściwościami izolacyjnymi wykazał się olej mineralny, przy czym, patrząc na pozostałe dwie ciecze, różnica między nimi nie jest duża. Wraz ze wzrostem odległości między elektrodami zaobserwowano dynamiczne zwiększanie się wytrzymałości elektrycznej oleju biowęglowodorowego, który ostatecznie dla odległości 8 mm wykazał zdecydowanie najlepsze właściwości izolujące. Najniższe wartości napięcia przebicia i jednocześnie najmniejszy ich wzrost wraz ze zwiększaniem się rozmiaru przerwy międzyelektrodowej zaobserwowano dla estru syntetycznego.

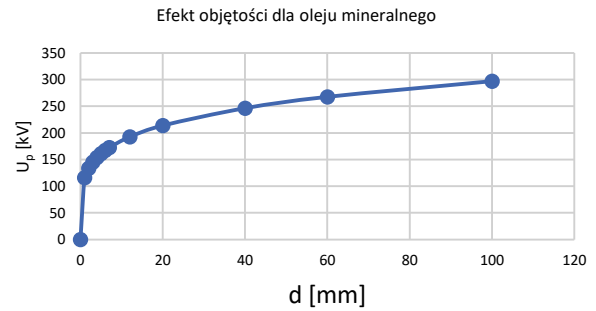
## Efekt objętości oleju

Przy wykorzystaniu danych uzyskanych na drodze badań laboratoryjnych oraz przy posłużeniu się funkcją, w której zmienną jest odstęp międzyelektrodowy, wyznaczono przewidywane napięcia przebicia

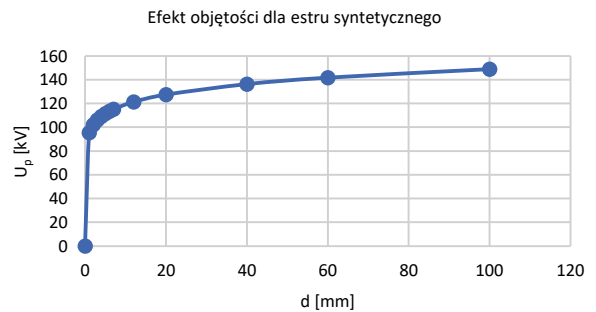
dla większych odstępów międzyelektrodowych. Funkcja ta opisana jest wzorem [12]:

$$U_p = Ad^n$$

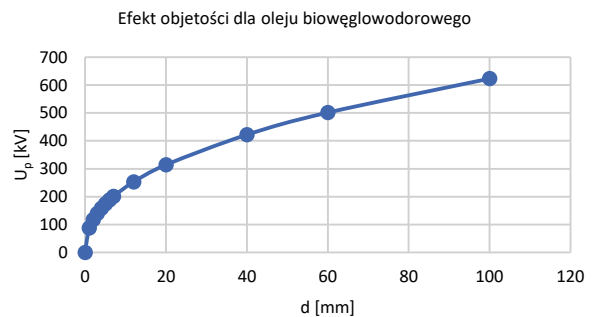
Do estymowania zależności wykorzystano metodę najmniejszych kwadratów, w wyniku czego dla każdej cieczy wyznaczono współczynniki  $n$  oraz  $A$ . Otrzymane krzywe dla każdej z cieczy przedstawiono na rysunkach 5–7.



Rys. 5. Zależność napięcia przebicia od szerokości przerwy międzyelektrodowej dla oleju mineralnego na podstawie uzyskanych średnich wartości napięć przebicia obliczone na podstawie zależności (2) [11]



Rys. 6. Zależność napięcia przebicia od szerokości przerwy międzyelektrodowej dla estru syntetycznego na podstawie uzyskanych średnich wartości napięć przebicia obliczone na podstawie zależności (2) [11]



Rys. 7. Zależność napięcia przebicia od szerokości przerwy międzyelektrodowej dla oleju BIO na podstawie uzyskanych średnich wartości napięć przebicia obliczone na podstawie zależności (2) [11]

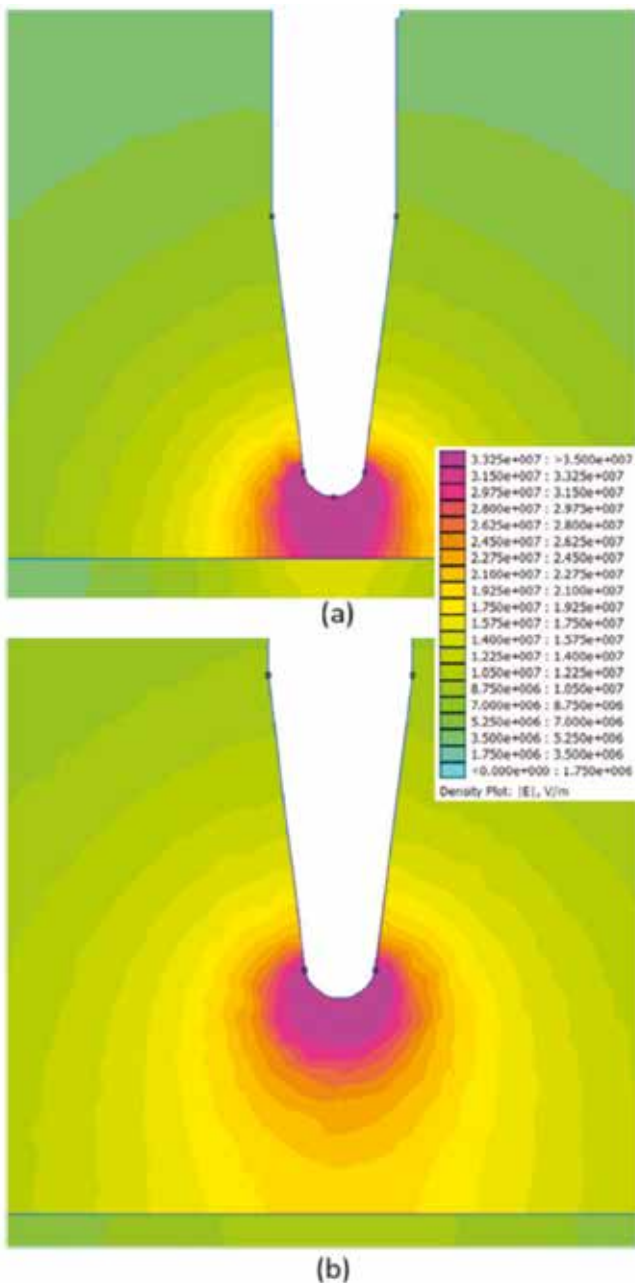
W wyniku przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że największy przyrost wytrzymałości elektrycznej wystąpi dla oleju BIO, zaś w przypadku estru syntetycznego charakterystyka  $U_p = f(d)$  jest najbardziej sztywne i dąży do najmniejszych wartości ze wszystkich przebadanych cieczy.

## Analiza natężenia pola elektrycznego

Dla każdej cieczy przeprowadzono analizę natężenia pola elektrycznego w przerwie międzyelektrodowej z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Celem analizy było zaobserwowanie zmian natężenia pola elektrycznego w przerwie elektrodowej przy zwiększaniu

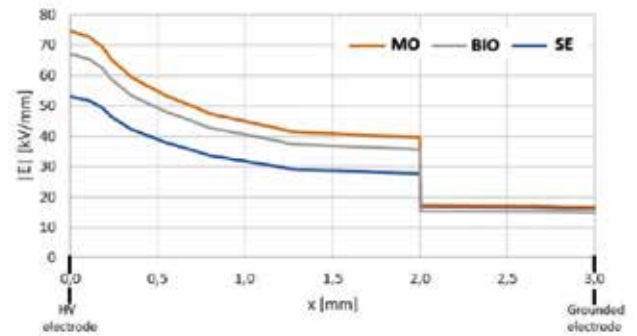
jej rozmiaru, mimo znacznie rosnącego napięcia przebicia. Zjawisko to nosi nazwę efektu objętości cieczy szczególnie naprężanej [2, 12]. Mechanizm przebicia związany z tą teorią jest zbliżony do mechanizmu pęcherzykowego. W przypadku zwiększenia pola powierzchni elektrod, a co za tym idzie przy stałym odstępnie międzyelektrodowym – przy zwiększeniu objętości cieczy między elektrodami zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia wtrąciny gazowej lub zanieczyszczenia, które mogłyby zapoczątkować rozwój wyładowania. W przypadku modelu, którym dysponowano w trakcie badań, nie było możliwości zmiany powierzchni elektrod, zatem zmianę objętości cieczy zrealizowano poprzez zmianę odstępnie międzyelektrodowego.

Analizę wykonano z wykorzystaniem programu FEMM 4.2. Dla każdej cieczy i dla każdej odległości międzyelektrodowej wyznaczono rozkład natężenia pola elektrycznego. Przykładowy graficzny rozkład przedstawiono na rys. 8.

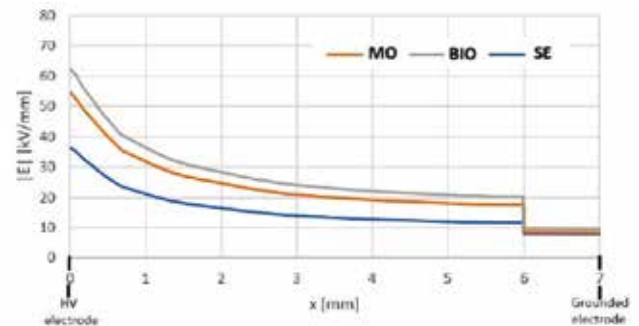


Rys. 8. Przykładowy rozkład natężenia pola elektrycznego w przerwie elektrodowej dla oleju typu BIO; a) 2 mm; b) 6 mm [8]

Na podstawie wyników opracowano wykresy natężenia pola wzdłuż przerwy dla dwóch odległości: 2 mm (rys. 9.) oraz 6 mm (rys. 10.).



Rys. 9. Wartość natężenia pola elektrycznego w przerwie elektrodowej dla odstępnie 2 mm (MO – olej mineralny; BIO – olej biowęglowodorowy; SE – ester syntetyczny) [8]



Rys. 10. Wartość natężenia pola elektrycznego w przerwie elektrodowej dla odstępnie 6 mm (MO – olej mineralny; BIO – olej biowęglowodorowy; SE – ester syntetyczny) [8]

Z powyższych danych wynika, że natężenie pola w przerwie elektrodowej jest znacznie mniejsze dla większego rozstawu elektrod, mimo zwiększonego napięcia przebicia, co stanowi zaobserwowanie efektu objętości w badanych cieczach.

## Podsumowanie i wnioski

Przedmiotem pracy była analiza wpływu odległości międzyelektrodowej w układzie o polu quasi-równomiernym na napięcie przebicia dla trzech różnych rodzajów cieczy dielektrycznych: oleju mineralnego, estru syntetycznego i oleju biowęglowodorowego. Na podstawie analizy danych uzyskanych na drodze badań laboratoryjnych, obliczeń matematycznych i symulacji rozkładu pola elektrycznego stwierdzono, że:

- najlepsze właściwości izolujące w warunkach panujących w trakcie badań wykazał olej biowęglowodorowy, przy czym jedynie w przypadku przerwy najmniejszej, tj. 2 mm, okazał się gorszy od oleju mineralnego,
- wraz ze wzrostem przerwy elektrodowej wzrastało napięcie przebicia każdej z cieczy, przy czym największą dynamiką wzrostu wykazał się olej biowęglowodorowy, zaś najmniejszą dynamiką, a także najmniejszymi wartościami napięcia przebicia – ester syntetyczny,
- przy wykorzystaniu danych pochodzących z pomiarów laboratoryjnych estymowano napięcia przebicia dla poszczególnych cieczy w funkcji odstępów większych niż te wykorzystane w badaniach i stwierdzono, że podobnie jak w przypadku odstępów od 2 do 8 mm, największą dynamiką wzrostu wytrzymałości przerwy elektrodowej charakteryzować się będzie olej biowęglowodorowy, zaś najbardziej sztywną charakterystykę posiada ester syntetyczny,
- przeprowadzona dla dwóch odstępów międzyelektrodowych (2 oraz 6 mm) analiza rozkładu pola elektrycznego w kanale olejowym wykazała, że dla odstępnie większego (tj. 6 mm) uzyskano

mniejsze natężenie pola elektrycznego, niż w przypadku odstępu mniejszego (tj. 2 mm). Obserwacja ta stanowi potwierdzenie efektu objętości dla badanych cieczy.

- Z punktu widzenia eksploatacji transformatorów energetycznych najlepszymi właściwościami wykazał się olej biowęglowodorowy. Ciecz ta charakteryzuje się największą wytrzymałością elektryczną spośród pozostałych objętych niniejszą pracą. W jej przypadku zaobserwowano największy przyrost wytrzymałości wraz ze zwiększaniem się przerwy międzyelektrodowej. Dodatkowo, olej typu BIO charakteryzuje się najmniejszą lepkością spośród cieczy wykorzystanych w badaniach, co przekłada się na zwiększoną wydajność chłodzenia urządzenia.

## Bibliografia

- [1] Wolmarans C., Pahlavanpour B., Fairholm R., Nunes J., *Performance of a Bio-based Hydrocarbon type Insulating Liquid*, IEEE Electrical Insulation Conference (EIC), 2021, .
- [2] Mosiński F., *Wytrzymałość elektryczna układów izolacyjnych pogrążonych w kąpiel oleju*. Politechnika Łódzka. Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki. [Online]. Dostępne na: <http://cybra.lodz.pl/dlibra/docmetadata?id=1160>
- [3] Rózga P., *Wytrzymałość elektryczna transformatorowych płynów izolacyjnych na bazie estrów syntetycznych i naturalnych*, Przegląd Elektrotechniczny, 2014s., 245–247.
- [4] Wira A., Zybert R., „*Laboratorium inżynierii wysokonapięciowej*.
- [5] NYNAS, *Product Data Sheet - NYTRO BIO 300X*, [www.nynas.com](http://www.nynas.com).
- [6] Fritsche R., Geissler M., Pukel G., Wolmarans C., *The use of a Bio-Based Hydrocarbon Insulating Liquid in Power Transformers*, IEEE International Conference on Dielectric Liquids (ICDL), 2022.
- [7] Rózga P., *Autoreferat dotyczący osiągnięć naukowo-badawczych kandydata do stopnia doktora habilitowanego*, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, 2016.
- [8] Kunikowski W., Rózga P., Pasternak B., Staniewski J., Stuchala F., Strzelecki K., *Impact of Electrode Distance in a Quasi-Uniform Model Electrode System on Lightning Impulse Breakdown Voltage in Various Insulating Liquids*, Energies, 2024, 17(14), 782.
- [9] Shailesh K. R., *An example on estimating Weibull scale (eta) and shape (beta) parameters from sample failure data*, 4th International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology iCATccT, 2018.
- [10] He Z., Wang Y., Li J., Gong S., Grzybowski S., *New Mixed Weibull Probability Distribution Model for Reliability Evaluation of Paper-oil Insulation*, Przegląd Elektrotechniczny, 2013, nr 1a, s. 202–2063.
- [11] Kunikowski W., *Wpływ długości przerwy układu modelowego o polu quasi – nierównomiernym na napięcie przebicia przy uwzględnieniu różnych cieczy izolacyjnych*, Praca inżynierska, Politechnika Łódzka, Łódź, 2023.
- [12] Naidu M. S., Kamaraju V., *High Voltage Engineering*, Second Edition, McGraw-Hill, 1995.

# Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące

Halina Aniołczyk  
Koło Terenowe nr 2

W dniach od 15 do 20 października 2023 roku odbyła się w Zakopanem XXVII Szkoła Jesienna Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych (PTBR) im. Marii Skłodowskiej-Curie nt. „Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące”. Zagadnienia obejmujące aspekty naukowe, praktyczne i prawne – dotyczące zagrożeń radiacyjnych oraz bezpieczeństwa i sposobów ochrony przed promieniowaniem jonizującym przedstawiono na konferencji w siedmiu sesjach tematycznych w formie 24 wykładów. Wykładowcami byli pracownicy uczelni, instytucji naukowych cywilnych i mundurowych, urzędów i służb państwowych takich jak: Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (Kraków), Państwowa Agencja Atomistyki (Warszawa), Narodowe Centrum Badań Jądrowych (Otwock), Instytut Medycyny Pracy (Łódź), Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii (Warszawa), Polskie Elektrownie Jądrowe (Warszawa), Politechnika Łódzka (Łódź), Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (Warszawa), Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (Otwock), Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej

(Warszawa), Uniwersytet Medyczny (Łódź) i Polskie Towarzystwo Badań Radiacyjnych (Warszawa). W artykule skupiono się na zagrożeniach i ochronie przed promieniowaniem jonizującym odnoszących się do ludności i środowiska naturalnego. Tematyka ta jest szczególnie ważna z uwagi na ostatnie wydarzenia w Europie (działania wojenne i terrorystyczne w Ukrainie niosące potencjalne zagrożenia od instalacji jądrowych i źródeł promieniotwórczych). Nie mniej ważne dla polskiego społeczeństwa jest wydanie decyzji lokalizacyjnej na budowę pierwszej elektrowni jądrowej na terenie Polski.

## 1. Wstęp

Współczesny człowiek podlega ekspozycji na działanie promieniowania jonizującego pochodzącego od różnych źródeł naturalnych i sztucznych. Do promieniowania jonizującego zaliczamy wszystkie rodzaje promieniowania, które powodują jonizację ośrodka, przez które ono przenika. Promieniowanie jonizujące jest to rodzaj energii uwalnianej przez atomy, która przemieszcza się w postaci cząstek (promieniowanie alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), neutronowe) lub fal elektromagnetycznych (promieniowanie gamma ( $\gamma$ ), promieniowanie X (rentgenowskie)). Właściwości



fizyczne i biologiczna skuteczność promieniowania w oddziaływaniu na człowieka zależą od rodzaju promieniowania.

Spontaniczny rozpad atomów nazywamy promieniotwórczością, a nadmiar emitowanej energii jest formą promieniowania jonizującego. Pierwiastki niestabilne, które rozpadają się i emitują promieniowanie jonizujące, nazywane są radionuklidami. Wszystkie radionuklidy są jednoznacznie identyfikowane na podstawie rodzaju emitowanego promieniowania, energii tego promieniowania i okresu półtrwania. Aktywność promieniotwórcza radionuklidu jest miarą ilości przemian promieniotwórczych w jednostce czasu i wyrażana jest w jednostce zwanej bekerelem (Bq): jeden bekerel to jeden rozpad na sekundę. Okres półtrwania pierwiastka radioaktywnego to czas, w którym rozpada się połowa jego atomów. Waha się od zaledwie ułamka sekundy do milionów lat (np. jod I-131 ma okres półtrwania 8 dni, podczas gdy węgiel C-14 ma okres półtrwania 5730 lat). Promieniowanie jonizujące i jego własności wykorzystywane jest w wielu dziedzinach. Poza medycyną, również w nauce, technice, przemyśle cywilnym i wojskowym oraz w energetyce (elektrownie jądrowe). Nowoczesne technologie będą bezpieczne pod warunkiem znajomości ryzyka zagrożeń, jakie wynikają z ich zastosowania.

Znajomość zagrożeń i zasad ochrony radiologicznej dotyczy nie tylko osób zajmujących się stosowaniem różnych urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące, ale całej populacji. Brak tej świadomości jest niekorzystny dla zdrowia człowieka, a w przypadku sytuacji awaryjnych i kryzysowych może nawet stanowić zagrożenie dla życia. Równie ważna jest ochrona środowiska naturalnego przed jego skażeniem. Narażenie człowieka na promieniowanie jonizujące to ekspozycja na naturalne promieniowanie jonizujące (emitowane przez radionuklidy występujące w środowisku oraz promieniowanie kosmiczne) i sztuczne, wynikające z działalności człowieka (sztuczne źródła to m.in. urządzenia wytwarzające promieniowanie jonizujące takie jak: aparaty rentgenowskie, akceleratorzy, reaktory jądrowe). Ustawa Prawo atomowe [1] definiuje skażenie jako niezamierzoną lub niepożądaną obecność substancji promieniotwórczych na powierzchni lub w ciałach stałych, cieczach lub gazach bądź też wewnątrz lub na powierzchni ciała ludzkiego, o poziomach aktywności promieniotwórczej wyższej od naturalnego.

## 2. Rodzaje promieniowania i ich własności

Do promieniowania jonizującego zaliczamy promieniowanie korpuskularne: promieniowanie alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), promieniowanie neutronowe oraz promieniowanie elektromagnetyczne: promieniowanie gamma ( $\gamma$ ), promieniowanie X (rentgenowskie), promieniowanie kosmiczne. Każde z tych rodzajów promieniowania ma inne właściwości.

**Promieniowanie alfa** – to strumień jąder atomów helu (tworzą je dwa protony i dwa neutrony). Jest to promieniowanie tworzone przez cząstki stosunkowo bardzo ciężkie. Ze względu na wielkość cząstek jest to promieniowanie o bardzo krótkim zasięgu w powietrzu (pojedyncze centymetry), bardzo słabo przenikliwe (kartka papieru położona na źródle tego promieniowania całkowicie je pochłonie). Jednak tak duże cząstki mają bardzo dużą zdolność jonizacji ośrodka, przez który przechodzą. I ta jego własność może stanowić główne zagrożenie.

**Promieniowanie beta** – to strumień elektronów (naładowanych ujemnie) albo pozytonów (naładowanych dodatnio) poruszających się z prędkością zbliżoną do prędkości światła. Jest dużo bardziej przenikliwe niż promieniowanie alfa, jego zasięg w powietrzu wynosi kilka – kilkanaście metrów. Ma dużo słabszą zdolność jonizacji od promieniowania alfa, co oznacza, że nie jest tak groźne jak promieniowanie alfa. Natomiast może stanowić bardzo poważne zagrożenie z uwagi na fakt, że wzbudza w materiałach, na które pada – tzw. promieniowanie hamowania.

**Promieniowanie gamma, promieniowanie X** – to rodzaje promieniowania o takich samych własnościach, różnią się tylko energią (promieniowanie X jest niskoenergetycznym promieniowaniem gamma, promieniowanie gamma powstaje w wyniku przemian jądrowych, natomiast promieniowanie X, w wyniku zderzeń elektronów z elektronami na wewnętrznych powłokach atomów). Obydwa rodzaje promieniowania są wysokoenergetycznym promieniowaniem elektromagnetycznym. Są to promieniowania przenikliwe, o bardzo dużym zasięgu w powietrzu. W oddziaływaniu materią jest pochłaniane, co odpowiada za takie zjawiska jak: wewnętrzny efekt fotoelektryczny (oddziaływanie z elektronem związanym w atomie – całkowita absorpcja kwantu gamma), efekt Comptona (rozpraszanie kwantu gamma na swobodnym elektronie – kwant gamma zmienia energię i kierunek ruchu), reakcja par (kwant gamma znika, pojawia się para elektron-pozyton), reakcje fotojądrowe.

**Promieniowanie neutronowe** – to promieniowanie składające się ze strumienia wolnych neutronów o zasięgu praktycznie nieograniczonym. Powstaje w wyniku rozszczepienia jąder atomowych. Neutrony w wyniku oddziaływania z materią wytwarzają zjonizowane cząsteczki, które oddziałując z jądrami atomów powodują powstawanie nowych izotopów. Promieniowanie to jest jedynym rodzajem promieniowania aktywowującego, co oznacza, że ośrodek napromieniowywany promieniowaniem neutronowym staje się ośrodkiem promieniotwórczym. Promieniowanie tego ośrodka trwa także po zakończeniu oddziaływania promieniowania neutronowego [2].

**Promieniowanie kosmiczne** – to promieniowanie składające się ze strumieni jąder atomowych o wysokiej energii, głównie protonów, docierające do ziemi z przestrzeni kosmicznej oraz promieniowanie wtórne wywołane przez te jądra w atmosferze ziemskiej. Promieniowanie to powoduje powstawanie w atmosferze tzw. izotopów kosmogennych węgla C-14 i trytu H-3. Dawki otrzymywane od promieniowania kosmicznego zależą od wysokości nad poziomem morza [3].

## 3. Dawka od promieniowania jonizującego

Dawka jest miarą energii przekazanej przez promieniowanie jednostce masy materii poddanej napromienianiu. Takim ośrodkiem może być ciało ludzkie.

**Dawka pochłonięta (D)** jest miarą pochłaniania energii promieniowania przez różne materiały (ośrodki), w których rozchodzi się promieniowanie. Dawkę pochłoniętą wyrażamy w grejach (Gy), czyli dżulach na kilogram (J/kg).

**Dawka równoważna (H)** jest to dawka pochłonięta w tkance lub narządzie wyznaczona z uwzględnieniem rodzaju i energii promieniowania jonizującego. Dawkę równoważną wyrażamy w siwertach (Sv).

Z uwagi na różnice w reakcji różnych tkanek na promieniowanie wprowadzono pojęcie dawki skutecznej.

**Dawka skuteczna (E)** jest to suma dawek równoważnych pochodzących od zewnętrznego i wewnętrznego narażenia z uwzględnieniem odpowiednich współczynników wagowych narządów i tkanek, obrazująca narażenie całego ciała. Dawkę skuteczną wyrażamy w siwertach (Sv).

## 4. Źródła promieniowania jonizującego naturalnie występujące w środowisku

Człowiek w ciągu życia podlega narażeniu (ekspozycji) na promieniowanie zewnętrzne i wewnętrzne pochodzące od:

- promieniowania  $\gamma$  nuklidów promieniotwórczych znajdujących się w otoczeniu oraz składowej jonizującej bezpośrednio i neutronowej promieniowania kosmicznego w przypadku źródeł promieniowania zewnętrznego;
- promieniowania naturalnych pierwiastków promieniotwórczych wchłanianych przez ludzi drogą pokarmową lub oddechową w przypadku wewnętrznych źródeł promieniowania.

Szczególne uwagę należy zwrócić na **radon** [4]. Radon jest pierwiastkiem należącym do grupy helowców, czyli gazów szlachetnych, niewidoczny, bez zapachu i smaku, łatwo rozpuszczalnym w wodzie i niektórych rozpuszczalnikach organicznych. Radon (Rn-222) ma okres połowicznego rozpadu wynoszący 3,8 dnia. Radon jest gazem, ma więc zdolność przemieszczania się, a długi okres połowicznego rozpadu umożliwia mu wędrówkę w środowisku od miejsca powstania do powietrza atmosferycznego lub przestrzeni zamkniętych takich jak jaskinie, tunele czy mieszkania. Uczestniczy więc w procesie oddychania człowieka. Skąd się bierze radon? W szeregu promieniotwórczym zaczynającym się od izotopu uranu (U-238) występuje rad (Ra-226) o okresie połowicznego rozpadu wynoszącym 1620 lat. Radon (Rn-222) powstaje z rozpadu radu (Ra-226). Radon jest kancerogenem klasy I. Pierwiastki promieniotwórcze pochodzenia naturalnego w żywności takie jak: rad, ołów, polon oraz tor dostają się do organizmu przez spożywanie produktów mlecznych, mięsnych i zbożowych. Zawierają je również warzywa liściaste, korzeniowe oraz owoce czy ryby i woda. Ogólnym parametrem oceniającym poziom narażenia populacji od różnych źródeł promieniowania jonizującego jest średnia dawka skuteczna przypadająca na statystycznego mieszkańca danego kraju. Raport Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) za rok 2021 podaje następujące wielkości:

- roczna całkowita dawka skuteczna promieniowania jonizującego otrzymana przez statystycznego mieszkańca Polski w 2021 r. – 4,19 mSv,
- **źródła naturalne – 2,68 mSv**, w tym:
  - 1,20 mSv – radon,
  - 0,80 mSv – promieniowanie gamma,
  - 0,20 mSv – promieniowanie kosmiczne,
  - 0,26 mSv – promieniowanie z ciała człowieka,
  - 0,10 mSv – toron,
  - ok. 0,091 mSv – dawka narażenia od radionuklidów pochodzenia naturalnego w żywności (Ra-226, Pb-210, Po-210 oraz U+Th) [5].

## 5. Źródła promieniowania jonizującego wynikające z działalności człowieka

Promieniowanie jonizujące i jego własności wykorzystywane są w wielu dziedzinach: medycynie (diagnostyce, radioterapii), nauce, technice, przemyśle czy energetyce (elektrownie jądrowe). Są to źródła sztuczne. Należy tu wyróżnić przede wszystkim urządzenia radiologiczne stosowane w medycynie i stomatologii. Szerokie zastosowanie promieniowania jonizującego w medycynie, różnorodność stosowanych źródeł i typów promieniowania ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , X, neutrony, protony i inne) powoduje, że 36% dawki skutecznej przypadającej na statystycznego mieszkańca Polski pochodzi od narażenia medycznego.

### 5.1. Medycyna, urządzenia radiologiczne

**Narażenie medyczne** jest specyficznym typem narażenia, które dotyczy populacji podczas badań diagnostycznych i terapii. Ekspozycja medyczna jest to ekspozycja na promieniowanie jonizujące osób w ramach medycznych procedur radiologicznych. Radiologia zabiegowa,

radiologia konwencjonalna i fluoroskopia (tomografia komputerowa), rentgenodiagnostyka, medycyna nuklearna (scyntygrafia kości), pozytonowa tomografia emisyjna (PET) to typowe dziedziny zastosowania źródeł promieniowania jonizującego. Należy też wspomnieć o diagnostyce i leczeniu stomatologicznym oraz o sposobach napromienienia pacjenta (zewnętrzne, wewnętrzne). Praktycznie całość narażenia pochodzącego od źródeł sztucznych na terenie Polski pochodzi z diagnostyki i leczenia medycznego. Wartość średniej dawki skutecznej przypadająca na statystycznego mieszkańca Polski, wynikająca z medycznych procedur radiologicznych, wzrasta. W 2009 roku wynosiła 0,8 mSv, a w roku 2021 wzrosła o 78%. Spowodowane jest to przede wszystkim coraz powszechniejszym stosowaniem tomografii komputerowej (66% dawki pochodzącej od narażenia medycznego). Medycyna nuklearna odpowiada za ok. 4% narażenia „medycznego” [6].

### 5.2. Zdarzenie radiacyjne

Ekspozycja i narażenie od źródeł sztucznych, poza ekspozycją medyczną, może wystąpić podczas tzw. **zdarzeń radiacyjnych**, w miejscach tych zdarzeń wynikających z wytwarzania, przetwarzania, przechowywania, transportu lub stosowania materiałów jądrowych, materiałów promieniotwórczych lub źródeł promieniotwórczych. W szczególności do takich miejsc należą:

- elektrownie jądrowe,
- zakłady radioterapii,
- stacje sterylizacji radiacyjnej,
- składowiska odpadów radioaktywnych,
- nuklearne zakłady zbrojeniowe lub przetwarzające paliwo jądrowe,
- poligony nuklearne,
- trasy przewozu źródeł i odpadów promieniotwórczych lub broni jądrowej.

Do głównych przyczyn zdarzenia radiacyjnego zalicza się:

- 1 – **awarie** w obiektach jądrowych (elektrowniach, zakładach zbrojeniowych lub wzbogacających paliwo nuklearne) wynikające m. in. z:
  - stopienia rdzenia reaktora jądrowego w wyniku przegrzania,
  - awarii zasilania na skutek uszkodzenia zewnętrznych systemów elektrycznych lub wewnętrznej sieci awaryjnych generatorów zapasowych;
- 2 – **wypadki** podczas transportu źródeł lub odpadów promieniotwórczych wskutek uszkodzenia osłon i/lub uwolnienie substancji promieniotwórczych do środowiska;
- 3 – awarie aparatury, oprogramowania sterującego lub błędy operatorów podczas radioterapii;
- 4 – awarie defektoskopów wykorzystywanych w radiografii przemysłowej (uszkodzenia mechanizmu odpowiedzialnego za powrót źródła do pozycji osłonowej);
- 5 – **incydenty** wynikające z zagubienia źródeł promieniotwórczych (utrata, kradzież, porzucenie);
- 6 – **błędy ludzkie** wynikające z błędnej oceny sytuacji przez operatora i odstępstwa od procedur podczas operacji terenowych (konserwacja i testowanie urządzeń wykorzystujących promieniowanie jonizujące, czy drobne wypadki);
- 7 – atak terrorystyczny na obiekt jądrowy z uszkodzeniem infrastruktury i systemów zabezpieczeń,
- 8 – **terroryzm radiacyjny lub nuklearny**;
- 9 – **klęski żywiołowe** (powódź, trzęsienie ziemi, tsunami i in. siły natury), w wyniku których dochodzi do uszkodzenia systemów zabezpieczeń i/lub infrastruktury [7].

#### 5.2.1. Reaktory badawcze

Obiektami jądrowymi w Polsce są: reaktor MARIA, reaktor EWA w likwidacji, przechowalniki wypalonego paliwa (obiekty 19 i 19A oraz basen

technologiczny reaktora MARIA). Reaktor badawczy MARIA, o nominalnej mocy termicznej 30 MW, obecnie eksploatowany jest przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych. Reaktor otoczony jest betonową ścianą o grubości 220 cm. Reaktor MARIA znajduje się w Otwocku – Świerku pod Warszawą. Wykorzystywany jest do produkcji radiofarmaceutyków (zapewnia m.in. 10% światowej produkcji molibdenu Mo-99). Jest również liczącym się światowym producentem jodu I-131. Jego praca pokrywa 100% polskiego zapotrzebowania na tę substancję. Ważnym źródłem jest też Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w miejscowości Różan koło Ostrołęki. Przechowalniki zarządzane są przez Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP) z siedzibą w Świerku. Za bezpieczeństwo eksploatacji i ochronę fizyczną tych obiektów odpowiadają ich dyrektorzy [8].

### 5.2.2. Elektrownie jądrowe

Polska nie posiada dotychczas elektrowni jądrowej. Obecnie na świecie pracuje ponad 430 energetycznych reaktorów w elektrowniach atomowych, a ponad 240 reaktorów służy do badań i produkcji radionuklidów. W większości z nich wykorzystywany jest nisko wzbogacony uran (zawierający 3 – 4% U-235), a w niektórych także pluton Pu-239. Ponad 250 zakładów zajmuje się produkcją i przerobem paliwa jądrowego i posiada składowiska tego paliwa. Większość reaktorów energetycznych zabezpieczona jest grubymi na 1,5 m kopułami żelazo-betonowymi [9]. W związku z inwazją militarną Federacji Rosyjskiej na Ukrainę w 2022 roku, niepokojące są doniesienia o działaniach wojennych obejmujących lokalizację szeroko rozumianych źródeł promieniotwórczych. W Ukrainie znajdują się 4 elektrownie jądrowe z 15 reaktorami, reaktory badawcze, składowiska wypalonego paliwa jądrowego oraz odpadów promieniotwórczych. Niestety, większość kluczowych dla bezpieczeństwa jądrowego zasad zostało w ciągu kilkunastu miesięcy trwania wojny złamanych lub poważnie naruszonych. Istnieje potencjalne niebezpieczeństwo zagrożenia zdarzeniem radiacyjnym mogącym stanowić zagrożenie dla biosfery [10].

### 5.2.3. Bezpieczeństwo jądrowe pierwszej polskiej elektrowni jądrowej

Pierwsza polska elektrownia jądrowa planowana jest w pobliżu Lubiatowa i Kopalina (Pomorze). W dniu 26 października 2023 r. wojewoda pomorski poinformował o wydaniu decyzji o ustaleniu lokalizacji dla pierwszej w Polsce elektrowni jądrowej. Odpowiedzialna za przeprowadzenie inwestycji jest spółka Polskie Elektrownie Jądrowe (PEJ). Elektrownia ma być zbudowana w oparciu o amerykańską technologię AP1000 firmy Westinghouse Electric Company (WEC). W ramach prac przygotowawczych inwestor przygotował m.in. „Raport o oddziaływaniu na środowisko” (ROOŚ, 2022).

W zakresie tego dokumentu przygotowano obliczenia i analizy związane z bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną. W szczególności wykonano obliczenia oddziaływania radiacyjnego elektrowni z reaktorem AP1000 w stanach eksploatacyjnych oraz warunkach awaryjnych takich jak ciężka awaria ze stopieniem rdzenia reaktora stanowiąca podstawę do określenia planów postępowania awaryjnego. Obliczenia przeprowadził zespół ekspertów Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) przy pomocy systemu komputerowego JRODOS (RODOS (*Real-time On-line DecisiOn Support*)). Obecna wersja jest oparta na interfejsie Javy. System JRODOS to wszechstronne narzędzie niezwykle użyteczne w ocenie m.in. zagrożeń radiacyjnych pochodzących od awarii elektrowni jądrowej i wprowadzenia działań zaradczych i interwencyjnych w celu ograniczenia wpływu awarii na zdrowie ludzi i środowisko. Tego typu obliczenia i analizy muszą być wykonywane dla każdej z działających i budowanych elektrowni jądrowych. Wynika to wprost z zaleceń międzynarodowych i wymogów praktycznie wszystkich krajów na świecie.

Program ten stanowi aktualnie podstawę ocen skutków radiacyjnych awarii jądrowych w Polsce.

W państwach Europy Środkowo-Wschodniej oraz byłych republikach radzieckich instalację systemu JRODOS przeprowadzono dzięki wsparciu programów Komisji Europejskiej (ECHO, PHARE, TACIS). Instalacja systemu do użytku w wielu krajowych centrach reagowania awaryjnego dowodzi jego potencjału do zapewnienia spójnej i efektywnej reakcji na przyszłe awarie mogące wystąpić w Europie [11].

## 5.3. Terroryzm radiacyjny, broń radiologiczna i jądrowa

Terroryzm radiacyjny to celowe narażenie ludności na działanie promieniowania jonizującego dla wywołania chorób i śmierci, ale i paniki, strachu oraz poczucia bezsilności, prowadzących do zaburzeń psychicznych. Skutki użycia broni radiacyjnej i nuklearnej (np. „brudnej bomby” – mieszanina klasycznego materiału wybuchowego i izotopów pierwiastków promieniotwórczych) to rozproszenie w środowisku izotopów promieniotwórczych. Użycie „brudnej bomby” w środowisku może nastąpić z samolotu lub drona.

Podobne skutki wywoływać mogą ataki na instalacje nuklearne czy składowiska materiałów rozszczepialnych. Nie będą to jednak masowe straty śmiertelne wśród ludności w porównaniu z użyciem broni jądrowej. Broń jądrowa („broń absolutna”) uznawana jest za najskuteczniejszy środek masowej zagłady, co wynika z jej charakterystyki, czyli generowania dwóch śmiertelnych fal uderzeniowych (mechanicznej i termicznej) oraz przenikliwego promieniowania jonizującego. W ostatnim czasie z powodu konfliktu Rosji z Ukrainą wrócił strach przed użyciem broni jądrowej. Bronią jądrową dysponuje oficjalnie dziewięć państw.

Światowy arsenał nuklearny według stanu na 2022 rok wynosił ogółem 9440 głowic raketowych, w tym 4477 w Rosji, 3708 w USA, 350 w Chinach czy 90 w Izraelu. Około 40% głowic raketowych znajdowało się w bazach sił operacyjnych. Niepokojące jest to, że terroryści mogą zdobyć gotową bombę atomową ze źle strzeżonego lub źle zabezpieczonego magazynu. Szacuje się, że w krajach byłego Związku Radzieckiego znajduje się od 10 do 17 tysięcy bomb jądrowych i około 40 tysięcy głowic nuklearnych przechowywanych w ponad 120 różnych miejscach, często niewłaściwie chronionych.

Na świecie znajduje się wiele setek ton materiałów rozszczepialnych: plutonu Pu-239 oraz WWU (wysoko wzbogacony uran, zawierający powyżej 85% uranu U-235) nadających się do produkcji ładunków jądrowych. Część z tych materiałów jest w postaci stosunkowo łatwo dostępnego w różnych krajach paliwa reaktorowego. Doprowadzenie przez terrorystów do wybuchu jądrowego jest znacznie mniej prawdopodobne niż na przykład rozproszenie substancji promieniotwórczej w środowisku czy atak bronią chemiczną lub biologiczną. Innym rodzajem terroryzmu może być doprowadzenie do detonacji reaktora lub składowiska paliwa jądrowego [9]. Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej (ICRP) zebrała ogólnie dostępne informacje dotyczące ochrony radiologicznej w przypadku wybuchu ładunku jądrowego (bomby atomowej). Treść ulotki zawierającej „Ogólne wskazówki dla ochrony ludzi w razie wybuchu jądrowego” znajduje się na stronie internetowej ICRP: <https://www.icrp.org/page.asp?id=615>.

### 5.3.1. Skala INES

W wyniku zdarzeń radiacyjnych, dodatkowym elementem zwiększającym dawkę promieniowania jest skażenie środowiska opadem radioaktywnym pochodzącym od wybuchów broni jądrowej i awarii reaktorów jądrowych. Próbné wybuchy przeprowadzane głównie w latach 60. ubiegłego wieku spowodowały, że obecnie od uwolnionych wówczas izotopów człowiek otrzymuje średnio w ciągu roku dawkę ok. 0,02 mSv. Katastrofa w elektrowni jądrowej w Czarnobylu spowodowała

skażenie ogromnych obszarów, w tym Europy. Szacuje się, że średnia wartość efektywnego równoważnika dawki po roku 1986 wynosi ok. 0,9 mSv [12]. W 1990 roku IAEA i Agencja Energii Jądrowej Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (NEA/OECD) opracowały Międzynarodową Skalę Zdarzeń Jądrowych **INES** (ang. *The International Nuclear Event Scale*) głównie do opisywania zdarzeń w elektrowniach jądrowych. Została ona ostatnio zmodyfikowana tak, aby umożliwić opisywanie potencjalnych wypadków zarówno w cywilnych instalacjach jądrowych, jak i podczas transportu materiałów promieniotwórczych. Służy ona do oceny i klasyfikacji zdarzeń jądrowych i radiacyjnych oraz jednoznacznego informowania opinii publicznej o takich przypadkach. Skalę zaprojektowano w taki sposób, że dotkliwość zdarzenia jest około dziesięciokrotnie większa dla każdego wzrostu poziomu na skali. Jest ona stosowana w ponad 60 krajach świata, w tym w Polsce. Skala obejmuje poziomy od 0 do 7 punktów: 0 – odstępstwo, 1 – 3 – incydenty, 4 – 7 awarie [13]. Zdarzenia radiacyjne i wypadki jądrowe są przedmiotem zainteresowania opinii publicznej na całym świecie. Z tego powodu IAEA prowadzi stronę internetową informującą o wypadkach jądrowych, zamieszczając raporty dotyczące poszczególnych awarii i incydentów [14]. Zawierają one m.in. szczegółową analizę przyczyn, opis podjętych działań naprawczych, informację o międzynarodowej pomocy udzielonej przez IAEA.

Awaria w elektrowni jądrowej w Czarnobylu, która miała miejsce 26 kwietnia 1986 roku, zaliczana jest do najpoważniejszej awarii jądrowej – 7 stopień w skali INES (tzw. wielka awaria). Wskutek stopienia rdzenia i eksplozji pary nastąpiło jego rozerwanie i zniszczenie budynku reaktora. W rdzeniu znajdował się grafit o bardzo wysokiej temperaturze, który po rozerwaniu korpusu i przy dostępie powietrza zaczął się palić. Pożar trwał do 4 maja 1986 roku, powodując uwolnienie do atmosfery ogromnej ilości izotopów promieniotwórczych. Substancje te rozprzestrzeniły się na terenie 125 000 – 146 000 km<sup>2</sup>, obejmując terytorium Białorusi, Ukrainy i Rosji, radioaktywna chmura rozprzestrzeniła się także po Europie. W pierwszych 10 dniach stwierdzono w powietrzu zwiększoną ilość izotopów promieniotwórczych: I-131 (1760 PBq), Cs-137 (85 PBq), Cs-134 (47 PBq). Bekerel (Bq) jest jednostką radioaktywności w układzie SI (1 Bq = 1 rozpad na sekundę (Bq = 1/s)). Szczegółowy opis wydarzeń zawarty jest w raporcie IAEA z 2008 roku [15].

Innym poważnym zdarzeniem radiacyjnym 5 stopnia w skali INES (awaria z rozległymi skutkami) jest skażenie Cs-137 (aktywność 50 TBq) w Goianii w Brazylii 13 sierpnia 1987 roku. Powstało ono na skutek otwarcia przez 2 osoby znalezionej w nieczynnym szpitalu bomby kobaltowej, wykorzystywanej do radioterapii. Dokonały one demontażu urządzenia, a samo źródło, w formie ołowianego pojemnika ważącego ponad 100 kg wywiozły poza obręb budynku. Radionuklid był w postaci chlorku cezu, soli łatwo rozpuszczalnej w wodzie i ulegającej rozproszeniu. Po rozmontowaniu obudowy i uszkodzeniu kopuły ochronnej sprzedano pojemnik w składzie złomu. Właściciel złomowiska, widząc wewnątrz przepięknie świecący, niebieski proszek, postanowił wykorzystać go do zrobienia pierścionka dla żony. Niezwykle znalezisko budziło sensację, każdy chciał dostać choć odrobinę cudownej substancji. Tymczasem wiele osób zaczęło wykazywać objawy żołądkowo-jelitowe postaci OChP, wynikające z narażenia na promieniowanie. Piętnastego dnia od posiadania źródła Cs-137, żona właściciela złomowiska zawiozła autobusem pozostałości złomu z kapsułą zapakowane w plastikową torbę do wydziału zdrowia publicznego w mieście. Lokalny fizyk jako pierwszy ocenił skalę zdarzenia i z własnej inicjatywy podjął działania. Ustalono, że ponad 120 tys. zostało narażone na skażenie radioaktywne, 249 osób uległo skażeniu, w tym 46 zostało napromieniowanych dawką zagrażającą życiu i zdrowiu, 28 osób doznało oparzeń popromiennych. Hospitalizowano 19 osób, a 4 z nich zmarły (2 pracowników złomowiska – dawka 4,5 Gy i 5,3 Gy; 6-letnia

bratanica właściciela złomowiska – dawka 6,0 Gy; żona właściciela złomowiska – 5,7 Gy). Szczegółowy opis wydarzeń zawarty jest w raporcie IAEA z 1988 roku [16]. W związku z tym, że przemysł przetwórstwa złomu jest tym, w którym istnieje największe prawdopodobieństwo znalezienia „osieroconych źródeł promieniotwórczych i związane z tym zdarzenia, IAEA wydała wytyczne dla zbieraczy złomu dotyczące wyglądu zamkniętych źródeł [17].

## 6. Ochrona radiologiczna

### 6.1. Zasady ochrony radiologicznej

W Polsce zasady ochrony radiologicznej regulowane są ustawą Prawo atomowe [1]. W załączniku nr 4 podane są wartości dawki granicznej dla ogółu ludności.

**Dla osób z ogółu ludności dawka graniczna, wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna), wynosi 1 mSv w ciągu roku kalendarzowego, przy czym dawka graniczna, wyrażona jako dawka równoważna, wynosi w ciągu roku kalendarzowego:**

- 1) **15 mSv – dla soczewki oka;**
- 2) **50 mSv – dla skóry, jako wartość średnia dla każdego obszaru 1 cm<sup>2</sup> napromienionej części skóry, niezależnie od napromienionej powierzchni.**

Ochrona radiologiczna polega na zapobieganiu narażenia ludzi i skażeniu środowiska, a w przypadku braku możliwości zapobiegania takim sytuacjom – ograniczenie ich skutków do poziomu tak niskiego, jak tylko jest to rozsądnie osiągalne, przy uwzględnieniu czynników ekonomicznych, społecznych i zdrowotnych. Obowiązuje tu więc zasada ALARA (*As Low As Reasonably Achievable* – tak nisko jak jest to realnie możliwe). Poza zasadniczą ustawą Prawo atomowe, zasady ochrony radiologicznej populacji w Polsce regulują przepisy wykonawcze i szczegółowe, na przykład Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie napromieniowania żywności promieniowaniem jonizującym [18] czy Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232, wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy [19]. W 1982 roku utworzona została Państwowa Agencja Atomistyki. Jest to centralny organ administracji rządowej w Polsce do spraw bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, którego działanie reguluje ustawa Prawo atomowe.

### 6.2. Monitoring, systemy wczesnego ostrzegania, stacje pomiarowe

Jednym z podstawowych elementów ochrony radiologicznej jest monitoring radiacyjny. Celem monitoringu jest wczesne wykrywanie i śledzenie zmian poziomu skażeń promieniotwórczych powietrza w środowisku, aby chronić człowieka i środowisko naturalne. Należy zdawać sobie sprawę z faktu, że w odległości do 300 km od granic Polski znajduje się 9 czynnych elektrowni jądrowych eksploatujących 22 reaktory energetyczne o łącznej mocy ok. 15,5 GWe (jednostka mocy elektrycznej, 1 GWe=109 W)]. W Polsce system monitoringu radiacyjnego prowadzony jest od lat 70. ubiegłego stulecia. Organem odpowiedzialnym za monitoring, zgodnie z obowiązującymi przepisami, jest Prezes PAA [1]. System monitoringu funkcjonuje 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu i umożliwia śledzenie na bieżąco sytuacji radiacyjnej na terenie kraju oraz wczesne wykrywanie potencjalnych zagrożeń. Prowadzone są pomiary mocy przestrzennego równoważnika dawki H\*(10), widma promieniowania gamma oraz badania zawartości izotopów promieniotwórczych w śro-

dowisku i produktach spożywczych. Przestrzenny równoważnik dawki  $H^*(10)$  stosowany jest dla oceny narażenia całego ciała, jednostką jest siwert (Sv). Jest to wielkość operacyjna. Pomiaru wykonywane są przez sieć stacji pomiarowych tworzących Systemy Wczesnego Wykrywania Skażeń Promieniotwórczych: Sieć Wczesnego Wykrywania (SWW), pomiarów środowiskowych (w sytuacjach zagrożenia) oraz wspomagających SWW.

Ponadto nad bezpieczeństwem radiologicznym czuwają służby jednostek eksploatujących obiekty jądrowe. Koordynatorem działań systemu jest Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych „Cezar” PAA. Prezes PAA utrzymuje w stałej gotowości ekipę dozymetryczną. Wymienione sieci tworzą m.in. stacje należące do Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR), Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej [IMGW], stacje sanitarno-epidemiologiczne, a także stacje należące do Ministra Obrony Narodowej (MON) [20].

Na mocy Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie szczegółowej organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, w rozdziale 7 doprecyzowano zadania, które musi realizować Państwowa Straż Pożarna (PSP) w razie wystąpienia zagrożenia radiacyjnego. Na terenie kraju znajdują się 84 Specjalistyczne Grupy Ratownictwa Chemiczno-Ekologicznego w 6 poziomach gotowości. Według stanu na dzień 3 lipca 2023 r., na wyposażeniu jednostek PSP znajduje się 789 elektronicznych dawkomierzy osobistych, 685 urządzeń do pomiaru mocy dawki promieniowania jonizującego, 105 urządzeń do pomiaru mocy dawki z funkcją pomiaru skażeń promieniotwórczych i 52 spektrometry promieniowania gamma. Ponadto na wyposażeniu grupy PSP w Gliwicach znajduje się pojazd DECON (docelowo będzie 8, dla każdej grupy poziomu D) przeznaczony do usuwania skażeń (dekontaminacji).

PSP ostatnio wzbogaciło się w dwa super nowoczesne laboratoria mobilne służące do wykrywania zagrożeń chemicznych, biologicznych i radiologicznych. Znajdują się one w Warszawie i Poznaniu i będą działały na terenie całego kraju [21]. Oceny narażenia osób z ogółu ludności dokonuje się raz w roku. Jest ona przedstawiana w wydawanym każdego roku Raporcie Rocznym „Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce”. Ocena ta obejmuje promieniowanie od naturalnych źródeł promieniowania jonizującego (głównie radon i produkty jego rozpadu) oraz sztucznych, w tym od tych stosowanych w diagnostyce medycznej.

## 7. Wnioski

Wybrane zagadnienia z bogatego materiału zawartego w tekstach wykładów wygłoszonych podczas XXVII Szkoły Jesiennej Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych (PTBR) im. Marii Skłodowskiej-Curie nt. „Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące” i własnych studiów literaturowych autora, dotyczyły ochrony ludzi i środowiska przed promieniowaniem jonizującym. Wynika to z aktualnych wydarzeń takich jak wojna czy terroryzm radiacyjny, działań wojennych w Ukrainie prowadzonych w lokalizacjach instalacji jądrowych lub w ich otoczeniu, stanowiących zagrożenie radiacyjne nie tylko w skali lokalnej, ale i globalnej.

Uświadomienie zagrożeń od źródeł naturalnych (radon) i wynikających z działalności człowieka źródeł sztucznych w sytuacji zdarzeń radiacyjnych, a także narażenie medyczne w trakcie badań jest bardzo ważne. Ważna jest też znajomość działań ochronnych dotyczących zapobiegania, wykrywania i usuwania skutków takich zdarzeń.

Aktualny system ochronny, oparty o monitoring krajowy i lokalny nadzorowany przez PAA w zgodzie z ustawą Prawo atomowe, stanowi nowoczesne narzędzie kontroli zagrożeń umożliwiające wczesne

ostrzeżenie. Na terenie Polski funkcjonują 52 stacje automatyczne, działające w systemach międzynarodowych UE i państw bałtyckich, monitorujące w sposób ciągły poziom promieniowania jonizującego w środowisku.

Czy na podstawie powyższych działań ludność cywilna Polski jest właściwie chroniona przed opadem promieniotwórczym w razie zdarzeń radiacyjnych na skutek terroryzmu radiacyjnego, użycia broni radiologicznej czy jądrowej? Pytanie to wynika z faktu, że w Polsce po wejściu w życie Ustawy o obronie Ojczyzny, brak jest podstaw prawnych do ochrony ludności w ramach dotychczasowej Obrony Cywilnej [22]. Pozostają więc informacje ICRP, ogólnie dostępne, dotyczące ochrony radiologicznej w przypadku wybuchu ładunku jądrowego (bomby atomowej). Treść ulotki zawierającej „Ogólne wskazówki dla ochrony ludzi w razie wybuchu jądrowego” znajduje się na stronie internetowej ICRP: <https://www.icrp.org/page.asp?id=615>.

## 8. Bibliografia

- [1] Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. - Prawo atomowe Dz.U.2023, poz. 1173
- [2] Isajenko K., *Promieniowanie jonizujące, wprowadzenie do zagrożeń radiacyjnych*, [w:] *Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące*, red. Ulański P., Długosz-Lisiecka M., Nowosielska E.M., WAT, Warszawa, 2023, 19–22.
- [3] Centrum Informatyki Energetyki, *Energetyka jądrowa – fakty i racje*, Warszawa, 1989.
- [4] Olszewski J., *Promieniowanie wokół nas w sytuacjach nieawaryjnych*, [w:] *Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące*, red. Ulański P., Długosz-Lisiecka M., Nowosielska E.M., WAT, Warszawa, 2023, 35–39.
- [5] Raport Roczny Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2022 roku, PAA Warszawa, 2023.
- [6] Kluszczyński D., *Narażenie medyczne w Polsce*, [w:] *Aktualny stan prawny ochrony przed promieniowaniem jonizującym i polami elektromagnetycznymi 0 – 300 GHz w Polsce*, red. Zmyślony M., Nowosielska E., Sobiczewska E., WAT, Warszawa, 2021, 57–64.
- [7] Cheda A., Nowosielska E., Cheda Ł., *Awaryjne jądrowe, zdarzenia radiacyjne*, [w:] *Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące*, red. Ulański P., Długosz-Lisiecka M., Nowosielska E.M., WAT, Warszawa, 2023, 56–90.
- [8] Reaktor MARIA [https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor\\_Maria](https://pl.wikipedia.org/wiki/Reaktor_Maria) (dostęp 29.01.2024).
- [9] Janiak M., *Zagrożenia bronią radiologiczną i jądrową*, [w:] *Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące*, red. Ulański P., Długosz-Lisiecka M., Nowosielska E.M., WAT, Warszawa, 2023, 147–170.
- [10] Kierepko R., *Co wydarzyło się po 24.02.2022?*, [w:] *Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące*, red. Ulański P., Długosz-Lisiecka M., Nowosielska E.M., WAT, Warszawa, 2023, 213–226.
- [11] Kopka P. i in., *Wybrane aspekty bezpieczeństwa jądrowego dla pierwszej polskiej elektrowni jądrowej: system JRODOS i jego możliwości*, [w:] *Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące*, red. Ulański P., Długosz-Lisiecka M., Nowosielska E.M., WAT, Warszawa, 2023, 189–206.
- [12] Żarnowiecki, *Analiza skażeń promieniotwórczych i zagrożenia radiologicznego w Polsce po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu*, CLOR, Warszawa, 1988.
- [13] <http://atom.edu.pl/index.php/bezpieczenstwo/skala-ines.html>.
- [14] [www.iaea.org](http://www.iaea.org). IAEA Scientific and Technical Publications of Special Interest.

- [15] *Chernobyl: looking back to go forward*, IAEA, Vienna, Austria, 2008.
- [16] *The radiological accident in Goiania*, IAEA, Vienna, Austria, 1988.
- [17] *International Atomic Energy Agency control of orphan sources and other radioactive material in the metal recycling and reduction industries specific safety guide*, IAEA, Vienna, Austria, 2012.
- [18] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie napromieniowania żywności promieniowaniem jonizującym. Dz.U. 2007 nr 121, poz. 841.
- [19] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232, wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy. Dz.U. 2021 poz. 33.
- [20] Skotniczna M., *Systemy wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych – stacje wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówki prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych*, [w:] *Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące*, red. Ułański P., Długosz-Lisiecka M., Nowosielska E.M., WAT, Warszawa, 2023, 97–100.
- [21] Łupiński M., *Rola Państwowej Straży Pożarnej w przypadku zdarzeń radiacyjnych*, [w:] *Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące*, red. Ułański P., Długosz-Lisiecka M., Nowosielska E.M., WAT, Warszawa 2023, 181–187.
- [22] Ustawa z dnia 11 marca 2022 r. o obronie Ojczyzny. Dz.U. 2022 poz. 655.

# Kodeksy etyczne za i przeciw (artykuł dyskusyjny)

Anna Grabiszewska  
Oddział Łódzki SEP

Karol Adamiak  
członek GSK SEP, przewodniczący Sądu Koleżeńskiego  
Oddziału Łódzkiego SEP

W ciągu ostatnich lat narasta publicznie wyrażana potrzeba „tworzenia” lub „odnawiania” etyk zawodowych. Związane to jest, być może, z przeobrażeniami społeczno-politycznymi, z powstaniem nowych zawodów (biznesmen, menedżer personalny, makler giełdowy, doradca inwestycyjny), z niewątpliwym kryzysem instytucji życia publicznego czy ze zmianą orientacji ideologicznych. Wzmogła się intensywność „zaistnienia”, przechodząc na grunt naszego stowarzyszenia, w mediach społecznościowych i w Internecie. Rozlewa się fala hejtu, na niespotykaną dotąd skalę. Stąd, naszym zdaniem, konieczność poprawienia czy uzupełnienia obowiązujących zasad etycznego postępowania, zredagowanego ponad dwadzieścia lat temu. Przypomnijmy więc:

*Załącznik do Regulaminu Sądów Koleżeńskich*

*Motto: „...Być narodowi użytecznym...” – Stanisław Wawrzyniec Staszic*

**Zasady etycznego postępowania członków SEP**

*Członkowie Stowarzyszenia Elektryków Polskich, świadomi znaczenia różnych dziedzin elektryki i dziedzin pokrewnych oraz ich wpływu na jakość*

*życia, rozwój gospodarki i ochronę środowiska naturalnego, biorąc osobistą odpowiedzialność za skutki swej działalności wobec kolegów, współpracowników i społeczeństwa, zobowiązują się w szczególności:*

1. *Stwarzać atmosferę koleżeńskej współpracy, szanować przełożonych, kolegów, współpracowników, niezależnie od ich przekonań czy też pozycji społecznej, pomagać im w zawodowym rozwoju i wspierać ich w postępowaniu zgodnym z zasadami etycznego postępowania.*
2. *Wykorzystywać swą wiedzę i umiejętności dla powiększania dobrobytu społeczeństwa tworząc dobra materialne, rozwijając naukę, kulturę oraz inne wartości wyższego rzędu.*
3. *Wywiązywać się ze swych obowiązków, w tym również w stosunku do stowarzyszenia, którego są dobrowolnymi członkami.*
4. *Przestrzegać, aby podejmowane decyzje spełniały wymogi bezpieczeństwa, zdrowia i dobra publicznego, a także ujawniać czynniki mogące zagrażać społeczeństwu lub środowisku naturalnemu.*
5. *Umacniać autorytet zawodu i stowarzyszenia poprzez wysoki poziom wykonywanej pracy, cenić godność osobistą oraz bezinteresowność, odrzucać nepotyzm, interesowność i przekupstwo w każdej formie.*
6. *Nie ulegać wpływom lub naciskom zewnętrznym, przeciwstawiać się wadliwym koncepcjom oraz realizacji złych rozwiązań technicznych, organizacyjnych i błędnych decyzji gospodarczych.*
7. *Podnosić swe umiejętności zawodowe i podejmować prace stosownie do posiadanych kwalifikacji, wiedzy fachowej i doświadczenia.*
8. *Sprawdzać i opiniować rzetelnie rozwiązania techniczne, przyjmować uwagi krytyczne, uznawać oraz poprawiać zaistniałe błędy.*

9. *Sprawiedliwie i obiektywnie oceniać każdą pracę, także kolegów i podwładnych, nie przypisując sobie cudzych osiągnięć oraz zasług, a w szczególności przestrzegać praw autorskich i własności intelektualnej.*

10. *Dbać o wysoki poziom kultury i etyki życia codziennego: w zachowaniu, wypowiedziach, artykułach i korespondencji.*

Potrzebę nowego kodeksu i zmian zasad etycznych poczuli lekarze, nowy kodeks uchwalają nauczyciele, weterynarze, ludzie nauki. O konieczności stworzenia kodeksu mówią dziennikarze i politycy. Czy jest owa publicznie artykułowana potrzeba kodyfikowania norm etyki zawodowej? Czy odpowiada ona rzeczywistym wymogom etycznym (jasność kryteriów ocen, usankcjonowane moralnie sposoby rozwiązywania konfliktów), czy jest jedynie znamieniem kryzysu moralnego? Jeśli tak, to czy rzeczywiście etyki zawodowe mogą go przewyciężyć? Etyka zawodowa ma swoich niewątpliwych zwolenników i konsekwentnych przeciwników. Jedni widzą potrzebę, a nawet konieczność, tworzenia specyficznych norm moralnych na potrzeby określonych zawodów, inni uważają, że potrzeba ta jest sztuczna, a nawet niebezpieczna dla moralności samej.

Prof. Leszek Kołakowski w artykule pod tytułem „Etyka bez kodeksu” przedstawił argumenty przeciwko kodeksalizmowi. Autor wskazuje na dwie formy ucieczki od odpowiedzialności. Jedna, to gdy uznajemy, że niemożliwe jest podjęcie działań mogących zmienić rzeczywistość w jakiej żyjemy – zwalniamy się z odpowiedzialności za nasz świat. Druga to postawa konserwatywna. Konserwatysta ucieka przed koniecznością dokonywania wyborów moralnych odpowiedzialnością – tworzy dla siebie stałe i hierarchiczne uporządkowane systemy wartości. Kodeks jest ucieczką od istoty życia moralnego, czyli od odróżniania dobra od zła i od konieczności dokonywania wyborów. Mówi, jakie wartości są ważniejsze, jakie nakazy są bezwarunkowe, a jakie ograniczone. Idea kodeksu ma wpisana stałą dążność do ideału, czyli takich reguł, które można zastosować w dowolnej sytuacji moralnej i zawsze ją przesądza i to jeszcze jednoznacznie. Idea kodeksu to idea życia w świecie, gdzie wszystko jest przewidywalne i uporządkowane. L. Kołakowski twierdzi, że w sytuacjach konfliktowych postępujemy w jakiś sposób dobrze i jednocześnie w jakiś sposób źle. Autor uważa, że czasami musimy zrobić coś złego, żeby zapobiec większemu złu. Łatwość z jaką dokonujemy wyborów na bazie kodeksu umacnia fanatyzm i daje świętość.

W przekonaniu przeciwników kodeksów etycznych ich działanie prowadzi do znieczulenia moralnej świadomości, fanatyzmu, uwalnia od odpowiedzialności. Kodeksy niezasadnie pretendują do cechy zupełności i rozstrzygalności, bazują nadto na fałszywym założeniu o symetryczności pomiędzy wartościami i powinnościami oraz przekonaniu o możliwości hierarchizacji wartości.

Argumenty przeciwko idei kodyfikowania etyki wysuwane są także w stosunku do etyki zawodowej. Tworzenie kodeksów etyki zawodowej krytykowane jest z tych samych powodów, co tworzenie kodeksów etycznych. Zarzuca się, że kodeksy w sposób automatyczny rozstrzygają dylematy na rzecz jednej słuszności moralnej, dyskusja i sumienie milkną wobec paragrafu, a moralność, która nie wypływa z namysłu, prowadzi do degradacji sumienia. Formalizacja etyki, zdejmując ciężar podejmowania rozstrzygnięć z sumienia jednostki, niweczy możliwość odrodzenia lub naprawienia etyki zawodowej. Zagrożenie to jest szczególnie silne, gdy dochodzi do odgórnego narzucenia kodeksu etycznego jakiejś grupie zawodowej. Prawdopodobieństwo jego faktycznego wpływu na praktykę zawodową jest wówczas znikome.

Etyka zawodowa ma wyznaczać wyższy niż przeciętnie poziom wymagań, jednak stanowi ona tylko powtórzenie zasad etyki ogólnej. Każdy zawód ma tę samą kategorię dobra. Kodeks etyki zawodowej jest najczęściej ucieczką od dokonywania wyborów. Idea kodeksu to idea

życia w świecie utopijnym. Dyskusja i sumienie, milknące wobec paragrafu oraz moralność, niewynikające z namysłu, stwarzają pole do rozwoju fanatyzmu, ponieważ uwalniają nasze sumienie od konieczności namysłu moralnego i dokonania wyboru. Jedyną znaczącą zaletą kodeksów etyki zawodowej jest upowszechnianie etyki.

Nie warto jednak popadać w skrajność i przeceniać roli tych dokumentów. Nie są one bowiem, jak zdają się sądzić niektórzy zwolennicy, „lekiem na całe zło”. Można jednak przyjąć, iż właściwie opracowany i poważnie traktowany kodeks etyczny sprzyja osiągnięciu takich celów, jak:

- przypomnienie wszystkim członkom etycznego wymiaru funkcjonowania organizacji oraz moralnego aspektu codziennych obowiązków;
- formułowanie jasnych wskazówek postępowania;
- zmniejszenie liczby przypadków korupcji, oszustw i innych nadużyć;
- pomoc w rozstrzygnięciu sytuacji konfliktowych zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz organizacji;
- kształtowanie pozytywnego wizerunku organizacji.

Wdrożenie kodeksu etycznego jest zarówno dla członków organizacji, jak i dla otoczenia zewnętrznego sygnałem, że organizacja:

- a) poważnie traktuje swoją reputację,
- b) postrzega wartości jako nieodzowny element dobrego zarządzania.

Formułowanych jest bardzo wiele postulatów dotyczących warunków, które muszą zostać spełnione, aby osiągnięcie wymienionych celów stało się możliwe. Kwestią tą zajmowało się szerokie grono autorów, wskazując szereg sposobów zwiększenia skuteczności regulowania zachowań przez kodeksy etyczne.

Odsyłamy do rozważań zawartych w pracach Ryszarda Wiśniewskiego, Iwony Boguckiej i Tomasza Pietrzykowskiego, Richarda T. De George’a, Wojciecha Gasparskiego i współpracowników oraz Mirosławy Rybak.

## Reasumując

Co chcemy zmienić w istniejących „Zasadach etycznego postępowania członków SEP”?

1. Jeśli chcemy coś zmieniać, to należałoby przeprowadzić szeroko pojęte konsultacje oddolne, zasady/kodeksy muszą być powszechnie akceptowalne przez członków SEP.
2. Tylko wtedy będą one spełniały swoją rolę.
3. Kodeksu nie można narzucać członkom organizacji, uchwalenie kodeksu etyki zawodowej stanowi zabieg pozorny, służy raczej uspokojeniu korporacyjnego sumienia, jest efektem myślenia mitycznego, że panaceum na wszelkie problemy jest ustanowienie normy.
4. Pamiętajmy o tym, iż kodeks nie ma mocy prawnej.
5. Co miałyby wnieść w stosunku do członków SEP podniesienie istniejących już „Zasad etycznego postępowania” do rangi „kodeksu”? Uważamy iż nie ma to większego znaczenia.
6. Kodeksy etycznego postępowania na ogół stosuje się w korporacjach, grupach zawodowych, firmach tam, gdzie nie ma sądów koleżeńskich.
7. W instytucjach tych na ogół powołuje się komisje do zbadania, czy np. członek danej korporacji czy członek danego zawodu, (np. lekarz) naruszył kodeks etyki zawodowej.
8. W organizacjach stowarzyszeniowych na ogół istnieją sądy koleżeńskie i to one rozpatrują naruszenia etyczne w organizacji, w oparciu o statuty organizacji, regulaminy sądów koleżeńskich, łącznie z zasadami etycznego postępowania.

Nie oznacza to, że jesteśmy przeciwni, jakimkolwiek zmianom w istniejących już „Zasadach etycznego postępowania”, ale wyrażamy pogląd, iż trzeba przeprowadzić szeroko pojęte konsultacje w oddziałach, czy ich członkowie też widzą taką potrzebę i dopiero po wypracowaniu stanowiska oddziałów, dyskusjach w ciałach statutowych SEP, można przystąpić do wypracowania ewentualnych zmian.

Nie może to odbywać się w jakis narzuconych terminach, pośpiech w tej materii nie jest wskazany.

## Bibliografia

- [1] Dr hab. Elżbieta Jędrych, dr Małgorzata Sidor-Rządkowska, *Kodeksy etyczne instrumentem good government w organizacjach*.
- [2] Prof. Leszek Kołakowski, *Etyka bez kodeksu*.
- [3] Prof. Barbara Skarga, *Usankcjonowanie niecnoty*.
- [4] Prof. M. Środa, *Argumenty za i przeciw etyce zawodowej*.

# XVI Konferencja Naukowa „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym – SENE 2023”

Odbyła się w dniach 22 – 24 listopada ubiegłego roku w Łodzi. Przy tej okazji obchodzono okrągły jubileusz 30-lecia jej istnienia. Jak zwykle zorganizował ją Instytut Automatyki Politechniki Łódzkiej. Konferencja odbywała się pod patronatem Komitetu Elektrotechniki PAN i partnera strategicznego, firmy TRUMF Huettinger Sp. z o.o., przy wsparciu Sekcji Polskiej IEEE, Oddziału Łódzkiego SEP, Oddziału Łódzkiego PTETiS oraz firmy EDU4INDUSTRY – Academic Systems Provider. 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 naukowego związanego z automatyką napędu elektrycznego i energoelektroniką, kontynuowana przez ostatnich 30 lat, a przekazywana z pokolenia na pokolenie od lat 80. ubiegłego wieku. Szesnasta edycja tej konferencji była, tak jak wszystkie poprzednie, najważniejszym, krajowym wydarzeniem naukowym w obszarze automatyki napędu elektrycznego i energoelektroniki.

Uczestnicy konferencji tym razem zostali zakwaterowani w hotelu Vienna House by Wyndham Andel's w Łodzi, gdzie także obradowano w sesjach roboczych. W dniu rozpoczęcia konferencji, przed południem odbyły się dwa tutoriali:



Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego SENE'2023 prof. Jacek Kabziński w czasie sesji jubileuszowej omawia wzrost znaczenia konferencji w krajowym środowisku naukowym jako stopniowy proces poszerzania składu jej Komitetu Naukowego (fot. Rafał Zawiślak)



Uczestnicy konferencji w czasie jednej z sesji plenarnych w czasie obrad w hotelu (fot. Rafał Zawiślak)



- „SiC MOSFET – sterowanie, charakteryzacja, zastosowania” – zorganizowany przez Jacka Rąbkowskiego (Politechnika Warszawska) i Dawida Ziębę (Politechnika Warszawska/firma Medcom) oraz
- „Magazyny energii w sieciach energetycznych i trakcyjnych” – zorganizowany przez Szymona Piaseckiego (Politechnika Warszawska/Apator) i Radosława Sobieskiego (firma Markel).



Kuluarowe rozmowy uczestników konferencji (fot. Rafał Zawiślak)

Obrady konferencji rozpoczęły się w środę po południu, na sesji „wyjazdowej”, która tym razem odbyła się całkiem niedaleko od miejsca zakwaterowania uczestników, bo w Teatrze Małym w Manufakturze, dołączyli do uczestników, by wysłuchać trzech referatów plenarnych ogłoszonych przez zaproszonych prelegentów, którymi byli:

- prof. Petros Karamanakos, Tampere University z Finlandii z referatem: „Model predictive control of power electronic systems: Methods, results, and challenges”,
- prof. Zbigniew Kaczmarczyk i prof. Marcin Kasprzak z Politechniki Śląskiej z referatem: „Wybrane zastosowania falowników rezonansowych” oraz
- dr inż. Marcin Żelechowski z firmy TRUMPF Huettinger Sp. z o.o. z referatem: „Energoelektronika w przemyśle półprzewodnikowym”.

Po tych referatach, po przerwie kawowej, dla uczestników konferencji odbył się spektakl teatralny „Geriatric show”, autorstwa Tadeusza Kuty, w reżyserii Mariusza Piławskiego.

W czwartek obrady zaczęły się od wykładu „Intelligent Control System for Low-Carbon Operation of Energy Intensive Equipment Based on End-edge-cloud Collaboration” ogłoszonego w trybie zdalnym przez prof. Tianyou Chai z Northeastern University, Shenyang w Chinach. Potem odbyła się jubileuszowa sesja specjalna „30 lat konferencji SENE – rozwój polskich szkół naukowych”, w której głos zabierali przedstawiciele różnych akademickich ośrodków naukowych dzieląc się swoimi wspomnieniami na temat historii rozwoju badań naukowych w Polsce związanych z energoelektroniką i napędem elektrycznym. Sesja specjalna „Perspektywy rozwoju energoelektroniki i napędu elektrycznego 1” rozpoczęła obrady w piątek. W ramach tej sesji referaty wygłosili:

- prof. Bartłomiej Ufnalski z Politechniki Warszawskiej – „Electrification of land, air and water transport”,
- prof. Stefan Brock z Politechniki Poznańskiej – „Selected problems in the application of machine learning methods to control systems”,
- prof. Robert Smoleński z Uniwersytetu Zielonogórskiego – „Application of machine learning in behavioral modeling of the power system”.

Tematyka tej sesji była kontynuowana w ramach sesji roboczej A4 i objęła kolejne trzy referaty:

- prof. Jacek Rąbkowski z Politechniki Warszawskiej – „Stan aktualny i trendy w rozwoju technologii półprzewodnikowych przyrządów mocy”,
- prof. Mateusz Dybkowski z Politechniki Wrocławskiej – „Napędy o zwiększonym stopniu bezpieczeństwa w elektromobilności”,
- prof. Robert Stala, mgr inż. Szymon Folmer, dr inż. Andrzej Mondzik z AGH – „Przekształtnik rezonansowy DC-DC obniżający napięcie z tranzystorami GaN w układach scalonych i diodami SiC”.



Stoisko partnera strategicznego konferencji SENE'2023, firmy TRUMPF Huettinger Sp. z o.o. (fot. Rafał Zawiślak)

Po sesjach specjalnych zarówno w czwartek, jak i w piątek zaplanowano spotkania robocze. Wszystkie sesje robocze odbywały się równolegle. W czwartek sesje robocze odbywały się trzykrotnie, w trzech odrębnych salach, a w piątek już tylko dwukrotnie i tylko w dwóch salach; łącznie odbyło się więc trzynaście sesji roboczych, które nosiły nazwy:

- A1 – Applications of mathematical nonlinear control theory,
- B1 – Układy napędowe 1,
- C1 – Analiza i optymalizacja układów energoelektroniki 1
- A2 – Innowacyjne metody i narzędzia w kształceniu,
- B2 – Układy i elementy energoelektroniki,
- C2 – Analiza i optymalizacja układów energoelektroniki 2
- A3 – Zastosowania energoelektroniki 1,
- B3 – Przekształtniki energoelektroniczne,
- C3 – Układy napędowe 2
- A4 – Perspektywy rozwoju energoelektroniki i napędu elektrycznego 2,
- B4 – Układy napędowe 3,
- A5 – Przetwarzanie sygnałów w układach napędowych,
- B5 – Zastosowania energoelektroniki 2.

Zgodnie z tradycją SENE, w specjalny sposób potraktowane zostały prezentacje przedstawiane w czwartek przez najmłodszych pracowników nauki. Były one zgłoszone do konkursu dla młodych naukowców i oceniane przez przewodniczących sesji roboczych, na których były wygłaszane oraz członków komitetu naukowego konferencji. Dotychczasowi laureaci mieli okazję przekonać się sami, że nagrody przyznawane na SENE cieszą się w środowisku naukowym wysokim prestiżem. W tym roku fundatorami i patronami nagród dla młodych badaczy ponownie byli: Polska Sekcja IEEE, Oddział Łódzki SEP oraz Łódzki oddział PTETiS. Nagrody te zostały przyznane w czasie specjalnego posiedzenia Komitetu Naukowego SENE z udziałem członków Sekcji Energoelektroniki i Napędu Elektrycznego Komitetu Elektrotechniki PAN, które odbyło się po zakończeniu roboczych obrad w czwartek.

Ciesząc się najwyższym prestiżem nagrodę Polskiej Sekcji IEEE, z upoważnienia przewodniczącego Zarządu Sekcji, prof. Adama Dąbrowskiego oraz dra Adama Milczarka, przewodniczącego polskiego oddziału

Power Electronics Society PES-35 i Industrial Electronics Society IES-13 – fundatorów tej nagrody, przyznano panu Przemysławowi Pietrzakowi z Politechniki Wrocławskiej za pracę „Zastosowanie ciągłej transformaty falkowej oraz konwolucyjnych sieci neuronowych w diagnostyce uszkodzeń uzwojeń stojana silnika synchronicznego o magnesach trwałych”.



Stoisko firmy EDUINDUSTRY – Academic Systems Provider oferującej gotowe stanowiska dydaktyczne dla uczelni i szkół technicznych, która finansowo wsparła organizację konferencji SENE'2023 (fot. Rafał Zawiślak)



Wręczenie nagrody Polskiej Sekcji IEEE panu Przemysławowi Pietrzakowi z Politechniki Wrocławskiej

Trzy równorzędne, indywidualne nagrody Oddziału Łódzkiego SEP, z upoważnienia przewodniczącego Zarządu OŁ SEP dra Przemysława Tabaki przyznano:

- Mateuszowi Wasilewskiemu z Politechniki Białostockiej za pracę „Przekształtnik DC-AC z dodatkowym, pośredniczącym przekształtnikiem DC-DC”,
- Sebastianowi Giziewskiemu z MMB Drives Sp. z o.o. za pracę „Napęd z silnikiem indukcyjnym i 4-gałęziowym falownikiem SiC do turbosprężarek powietrza ogniwo paliwowych dużej mocy”,
- Dawidowi Ziębie z Politechniki Warszawskiej za pracę „Elastyczne cewki Rogowskiego w pomiarach szybko przełączających modułów tranzystorowych SiC MOSFET – ograniczenia i wyzwania”.

W imieniu OŁ PTETiS przyznano trzy nagrody za prace zespołowe, które prezentują wybitne osiągnięcia w obszarze elektrotechniki teoretycznej o dużym potencjale aplikacyjnym, Były to:

- Medal PTETiS dla: mgra inż. Przemysława Pietrzaka, prof. Marcina Wolkiewicza z Politechniki Wrocławskiej za pracę „Zastosowanie ciągłej transformaty falkowej oraz konwolucyjnych sieci neuronowych w diagnostyce uszkodzeń uzwojeń stojana silnika synchronicznego o magnesach trwałych”,
- a także dwa wyróżnienia dla:
- dra inż. Marcina Jastrzębskiego, prof. Jacka Kabzińskiego, dra inż. Przemysława Mosiołka z Politechniki Łódzkiej za pracę „Proste, odporne sterowanie położeniem serwonapędu”,
  - mgra inż. Roberta Surusa, dra hab. Tomasza Tarczewskiego z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu za pracę „Sterowanie predykcyjne prądu dla synchronicznego silnika reluktancyjnego – analiza tętnień prądu”.



Stoisko firmy EDUINDUSTRY – Academic Systems Provider udzielającej wsparcia konferencji SENE'2023 (fot. Rafał Zawiślak)

Nagrody wręczono laureatom przed koncertem Chóru Politechniki Łódzkiej. Po występie chóru udano się na uroczystą kolację.



Występ reprezentacyjnego chóru Politechniki Łódzkiej (fot. Rafał Zawiślak)

W konferencji SENE'2024 wzięło udział ponad osiemdziesięciu zarejestrowanych uczestników oraz wielu studentów i gości zapraszanych na wybrane sesje, a w trakcie jej trwania ogłoszono 15 referatów plenarnych oraz 52 referaty i 11 komunikatów na sesjach roboczych. Materiały konferencji zostały wydane w wersji elektronicznej: ISBN 978-83-66741-94 -2. Szereg referatów stało się podstawą do opracowania artykułów skierowanych po odpowiedniej procedurze recenzji do Przeglądu Elektrotechnicznego, Bulletin of the Polish Academy of Sciences oraz czasopisma Power Electronics and Drives, wydawanego przez Politechnikę Wrocławską.

(AD)

# Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP

Anna Grabiszewska  
Oddział Łódzki SEP

W dniu 15 grudnia 2023 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 Członków Honorowych SEP prof. Jerzego Barglika i 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 Ewę Korzeniewską, Łukasza Szymańskiego i Tomasza Piotrowskiego, 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, prezesa Łódzkiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT Adama Ryłskiego. Powitani zostali również: prezesi zaprzyjaźnionych oddziałów SEP, prezes Oddziału Zagłębia Węglowego Mariusz Saratowicz oraz prezes Oddziału Piotrkowskiego SEP Marek Młynarczyk wraz z małżonką, dyrektorzy i kierownicy instytutów i katedr Politechniki Łódzkiej, członkowie Zarządu OŁ, Komisji Rewizyjnej i Sądu Koleżeńskiego oraz pozostali goście.



*Uczestnicy spotkania wigilijnego*

Sprawozdanie z działalności Oddziału w 2023 roku przedstawił prezes Przemysław Tabaka. Towarzyszyła temu ilustrowana zdjęciami prezentacja multimedialna, ukazująca główne kierunki działalności OŁ SEP oraz

najważniejsze wydarzenia 2023 roku. Należały do nich m.in.: Bal Elektryka (styczeń 2023), Seminarium wyjazdowe na Maltę pn.: „Energetyka Odnawialna i Jądrowa” (maj 2023), Piknik z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka (czerwiec 2023), sesja z okazji 600. urodzin Łodzi, szkolenie dla członków komisji kwalifikacyjnych powołanych przy Oddziale Łódzkim SEP (wrzesień 2023). Spotkania z cyklu WIECZORKI Z ELEKTRYKĄ.



*Od lewej: Janusz Moos, Jerzy Barglik, Andrzej Boron, Przemysław Tabaka*



*Od lewej: Henryka Szumigaj, Mirosław Grzelakowski, Andrzej Boron, Przemysław Tabaka*

W wystąpieniu podkreślono również, że Oddział, obok działalności gospodarczej, prowadzi różnorodne formy działalności statutowej, skierowane do członków Stowarzyszenia i środowisk naukowo-technicznych, uczniów i studentów. Są to m.in.: wydawanie kwartalnika – Biuletynu Techniczno-Informacyjnego 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 2023 roku uhonorowało Oddział Łódzki SEP Statuetką SKRZYDŁA WYOBRAŹNI, nagrodą za szczególne osiągnięcia w działalności innowacyjnej dla edukacji.

Ważnym dla Oddziału był również fakt pozytywnego audytu recertyfikacyjnego 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 również ważnej działalności stowarzyszeniowej.



*Od lewej: Jakub Gałęski, Witold Jaroszewski, Andrzej Boroń, Przemysław Tabaka*

W części oficjalnej prezes OŁ SEP Przemysław Tabaka, wiceprezes OŁ SEP Andrzej Boroń oraz prezes ŁRFSNT-NOT Adam Rylski wręczyli nadane przez ZG SEP, FSNT NOT w 2023 roku odznaczenia i medale członkom OŁ SEP:

- Medal za ZASŁUGI DLA ODDZIAŁU ŁÓDZKIEGO SEP otrzymali: prof. Jerzy Barglik i Janusz Moos,
- Szafirową Odznakę Honorową SEP otrzymały: Henryka Szumigaj i Urszula Kupis (nieobecna na spotkaniu),
- Złotą Odznakę Honorową SEP otrzymał Mirosław Grzelakowski,
- Medal im. prof. Janusza Pożaryskiego otrzymał Witold Jaroszewski,
- Medal im. prof. Romana Podoskiego otrzymał Jakub Gałęski,
- Złotą Odznakę Honorową NOT otrzymał Czesław Kaczmarek,
- Srebrną Odznakę Honorową NOT otrzymali: Adam Łuniewski i Andrzej Gorzkiewicz.



*Wręczenie ZŁOTEGO PIÓRA OŁ SEP. Od lewej: Henryka Szumigaj, Józef Wiśniewski, Anna Grabiszewska*

Miłym akcentem dla piszącej te słowa było otrzymanie z rąk prezesa Oddziału Zagłębia Węglowego SEP Mariusza Saratowicza i profesora Jerzego Barglika medalu im. dra inż. Zbigniewa Białkiewicza.

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 Józefa Wiśniewskiego, przewodniczącego Kapituły oraz Annę Grabiszewską sekretarz Kapituły w 2023 otrzymała Henryka Szumigaj, członek Oddziału Łódzkiego SEP.

Podczas spotkania wręczono stypendium Oddziału Łódzkiego SEP im. Lecha Grzelaka. Stypendium otrzymał Marcel Pawlik, student Politechniki Łódzkiej i prezes Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego. Okolicznościowy dyplom wręczył Andrzej Boroń Członek Honorowy SEP oraz Anna Grabiszewska przewodnicząca Zarządu Funduszu Stypendialnego.



*Uroczystość wręczenia stypendium Oddziału Łódzkiego SEP im. Lecha Grzelaka. Od lewej: Anna Grabiszewska, Marcel Pawlik, Andrzej Boroń i prowadzący spotkanie Artur Szczęsny*

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 2022/2023 dokonali: prodziekan Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ dr hab. inż. Łukasz Szymański, prof. uczelni i dr inż. Przemysław Tabaka, dr inż. Artur Szczęsny – wiceprezes Oddziału. Protokoły Komisji Konkursowych przedstawił dr inż. Artur Szczęsny – wiceprezes Oddziału. Wyniki konkursu zostały zamieszczone na stronie ...



*Występ artystów Fundacji AVANGART, soliści Katarzyna Zajęc-Caban i Piotr Wołosz*

Podczas spotkania wręczono również dyplomy gratulacyjne dla członków drużyny reprezentującej Oddział Łódzki SEP na XXIV Ogólnopolskich Dniach Młodego Elektryka w Gdańsku, która w Lidze Elektryków zajęła trzecie miejsce. Dyplomy otrzymali członkowie Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej: Marcel Pawlik, Jakub Farej, Adam Sztamborski i Jakub Kaźmierczak.

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.

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.

*Foto: Archiwum Oddziału Łódzkiego*

## Zebrań Głównego Sądu Koleżeńskiego SEP

Anna Grabiszewska  
Oddział Łódzki SEP

W dniu 23 lutego 2024 roku Oddział Łódzki SEP był gospodarzem zebrania Głównego Sądu Koleżeńskiego SEP. Inicjatorem spotkania był nasz przedstawiciel w Sądzie, Karol Adamiak.

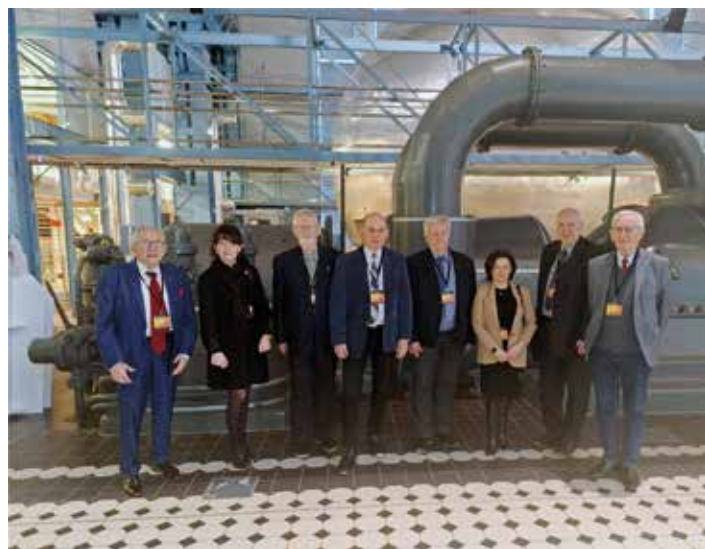
W spotkaniu wzięli udział członkowie Sądu: Bogumił Dudek, Ryszard Frydrychowski, Ryszard Grochowski, Karol Adamiak, Jan Kurek, Adam Borguński oraz pracownik Biura SEP ZG Elżbieta Rybińska. Na początku roboczej części zebrania w spotkaniu uczestniczyli przedstawiciele gospodarzy: Andrzej Boroń – wiceprezes OŁ SEP i Anna Grabiszewska – dyrektor Biura, którzy przekazali kilka informacji dotyczących bieżącej działalności Oddziału.



*Od lewej: Andrzej Boroń, Karol Adamiak, Elżbieta Rybińska, Bogumił Dudek, Ryszard Frydrychowski, Ryszard Grochowski, Adam Borguński, Jan Kurek*

Po zakończeniu roboczej części zebrania i wspólnym obiedzie, uczestnicy spotkania udali się do Centrum Nauki i Techniki EC 1, po którym oprowadzał nas Radosław Wijata, przewodnik Centrum i Andrzej Boroń, ostatni dyrektor Elektrociepłowni EC1 i wiceprezes Oddziału, dzieląc się wspomnieniami i licznymi anegdotami. Przedmiotem naszych zainteresowań była przede wszystkim ścieżka procesu przetwarzania energii z chemicznej (węgiel) na elektryczną.

W tym wyjątkowym miejscu, jakim jest zabytkowa elektrownia węglowa, poznać można świat paliw, wejść do wnętrza kotła, zobaczyć, jak turbina współpracuje z generatorem, zrozumieć, po co są transformatory i własnoręcznie „wyprodukować prąd” na stoiskach pokazujących zasady działania źródeł odnawialnych. W Centrum Nauki i Techniki EC1 można dowiedzieć się wszystkiego o przemianach energetycznych i urządzeniach pracujących w elektrowni oraz sprawdzić, czy energetyka może być ekologiczna.



*Od lewej: Andrzej Boroń, Elżbieta Rybińska, Ryszard Frydrychowski, Karol Adamiak, Ryszard Grochowski, Anna Grabiszewska, Bogumił Dudek, Jan Kurek*

Spotkanie upłynęło w bardzo miłej i serdecznej atmosferze.

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

Paweł Różga  
Oddział Łódzki SEP

Do tradycyjnego konkursu na najlepszą pracę dyplomową inżynierską w roku akademickim 2022/2023, organizowanego przez Zarząd Oddziału Łódzkiego SEP i Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, zgłoszono 6 prac dyplomowych, a do konkursu na najlepszą pracę dyplomową magisterską zgłoszono również 6 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, dr inż. Paweł Marciniak i dr inż. Mariusz Jabłoński 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:

## KONKURS NA PRACĘ INŻYNIERSKĄ

Rodzaj nagrody	Autor	Tytuł	Promotor	Instytut lub Katedra
1	Przemysław Firek	Sterowanie podajnikiem kartonowych formatek z wykorzystaniem sterownika PLC	dr inż. Tomasz Sobieraj	Instytut Automatyki
2	Marcin Makucki	System wizyjny wykrywający zryw jednej z przesuwających się nitok w wiązce	dr inż. Tomasz Rybicki	Instytut Automatyki
3	Andrzej Magiera	Elektroniczny system do zarządzania farmą drobiu	dr hab. inż. Wojciech Tylman, prof. uczelni, mgr inż. Zbigniew Kulesza	Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych

## KONKURS NA PRACĘ MAGISTERSKĄ

Rodzaj nagrody	Autor	Tytuł	Promotor	Instytut lub Katedra
1	Tomasz Smaż	Środowisko software-hardware do testowania aktuatorów miękkich z wykorzystaniem czujników elektromagnetycznych	dr inż. Igor Zubrycki	Instytut Automatyki
2	Sandra Włostowska	Opracowanie i porównanie algorytmów detekcji uszkodzeń na podstawie wybranego urządzenia automatyki budynkowej	prof. dr hab. inż. Piotr Borkowski, mgr inż. Bartłomiej Kawa	Katedra Aparatów Elektrycznych
3	Mateusz Dionizy	Examination of usage of Jenkins server for automation of distributed hardware-in-the-loop testing workflow	dr inż. Bartosz Sakowicz	Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych

Dyplomy i nagrody laureatom konkursu wręczono podczas tradycyjnego spotkania wigilijnego Oddziału Łódzkiego SEP w dniu 15 grudnia 2023 r.

Tradycyjnie zamieszczamy poniżej streszczenia prac laureatów obu konkursów.

# Sterowanie podajnikiem kartonowych formatek z wykorzystaniem sterownika PLC

## Przemysł Firek

Zautomatyzowanie podawania tektury falistej do urządzeń obróbczych różnego rodzaju (wykrawarki, drukarki) ma duże znaczenie ekonomiczne dla przedsiębiorstw zajmujących się produkcją opakowań. Niezależnie od konstrukcji i zasady działania podajników zachodzi potrzeba zautomatyzowania takich maszyn, gdyż głównym celem jest zwiększenie wydajności procesu. Maszyny te wykorzystują różnego rodzaju napędy elektryczne (silniki asynchroniczne, serwonapędy), napędy pneumatyczne (siłowniki tłoczyskowe, siłowniki liniowe beztłoczyskowe), czujniki, zawory, które są typowymi elementami wykorzystywanymi w maszynach przemysłowych. Aby mieć możliwość zebrania danych z czujników i sterowania napędami, konieczne jest wykorzystanie elementów automatyki przemysłowej, w szczególności sterownika PLC (ang. *Programmable Logic Controller*). Wykorzystanie sterownika PLC nie tylko zapewnia implementację algorytmu sterowania, ale również możliwość wykonywania różnych operacji na gromadzonych danych, a w efekcie sterowania procesem w sposób zaplanowany.

Opracowywany w ramach pracy dyplomowej system sterowania ma za zadanie sterować procesem automatycznego podawania kartonowych formatek. Jest to maszyna mająca pracować w warunkach przemysłowych, a więc projekt i wykonanie urządzenia nastawione jest przede wszystkim na niezawodność oraz łatwość wykrywania awarii. Aby zapewnić powyższe warunki wykorzystano komponenty o zastosowaniu przemysłowym spełniające odpowiednie normy. Maszyna jest prototypem, jednak na bazie projektu rozwijane będą kolejne wersje urządzenia o takiej samej zasadzie działania. System sterowania, jego dokumentacja i oprogramowanie muszą więc zapewniać łatwość późniejszego implementowania na większej liczbie urządzeń produkowanych seryjnie.

Celem pracy jest zaprojektowanie i wykonanie przemysłowego układu sterowania podajnikiem kartonowych formatek o różnych wymiarach.

System sterowania ma zapewnić automatyczną pracę podajnika według założeń projektanta oraz możliwość integracji z istniejącymi maszynami. Praca nie porusza zagadnień mechanicznych.

## Główne cele pracy:

- System musi zapewniać możliwość pracy automatycznej.
- Algorytmy związane z konfiguracją systemu przez operatora powinny zostać zaprojektowane w sposób intuicyjny (tak, żeby nie wymagały od operatora np. wykonywania skomplikowanych obliczeń).



- W przypadku awarii dowolnego z podzespołów układu sterowania, system ma informować użytkownika o rodzaju awarii.
- System musi spełniać wymagane normy bezpieczeństwa.
- Musi istnieć możliwość zmiany parametrów pracy przez menu serwisowe zabezpieczone hasłem.
- Zastosowane sterowanie powinno zapewniać odpowiednią wydajność (ok. 35 cykli na minutę).

Podajnik kartonu to urządzenie stosowane w celu:

- zautomatyzowania procesu podawania,
- zwiększenia wydajności,
- zapewnienia powtarzalności procesu,
- eliminacji zjawiska strat surowca, który w przypadku nieprawidłowo podanego materiału ulega zniszczeniu.



Rys. 1. Podajnik kartonu – widok ogólny maszyny

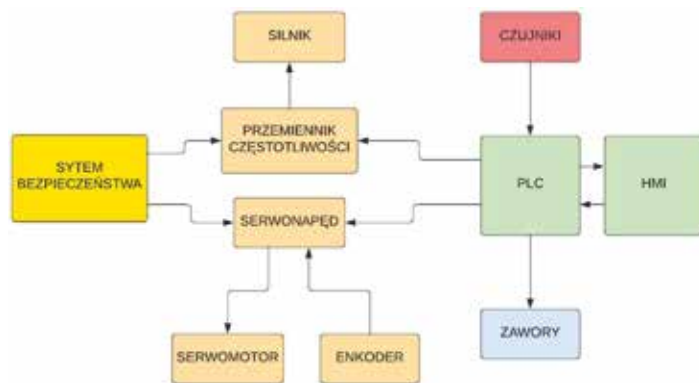
## Główne problemy podczas realizacji zadania:

1. Obliczanie prędkości maszyny głównej na podstawie impulsów z czujnika indukcyjnego (wykorzystanie szybkiego licznika).
2. Dobór czujników zapewniających bezawaryjną pracę (wykrywanie kartonów o różnych kolorach, strukturach i w różnych warunkach oświetleniowych).
3. Sposób bazowania serwowołu (enkoder inkrementalny).
4. Dobór elementów układu bezpieczeństwa zapewniających zarówno wygodną pracę operatora, jak i odpowiedni stopień bezpieczeństwa.
5. Sterowanie zwalniaikiem elektromagnetycznym tak, aby winda nie opuszczała się w momencie odpuszczania zwalniaika i przenoszenia momentu na wał silnika.

## Schemat ideowy układu sterowania

Idea układu sterowania została przedstawiona na rysunku 2. Głównym elementem systemu jest sterownik PLC, który zarządza pracą pozostałych urządzeń (przebiennik częstotliwości, serwonapęd) wykorzystując protokół komunikacyjny CANopen. Do sterownika programowalnego podłączone są sygnały wejściowe (czujniki) oraz sygnały wyjściowe (cewki elektrozaworów, lampki sygnalizacyjne). Głównym interfejsem umożliwiającym interakcję operatora z systemem jest dotykowy panel HMI.

System bezpieczeństwa stanowi niezależny układ działający bezpośrednio w połączeniu z elementami ruchomymi. Serwonapęd, wykorzystując sprzężenie zwrotne z enkodera położenia wału, steruje silnikiem. Kolejny napęd oparto o przebiennik częstotliwości i odpowiednio dobrany do aplikacji silnik asynchroniczny klatkowy ze zwalniaikiem elektromagnetycznym.

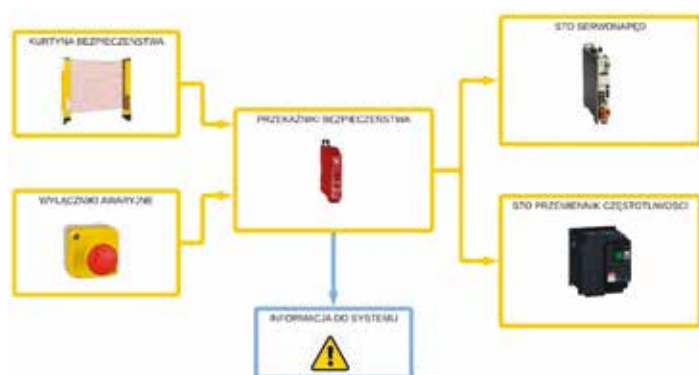


Rys. 2. Schemat ideowy układu

## Elementy bezpieczeństwa

Maszyna została wyposażona w elementy bezpieczeństwa przedstawione na grafice (rys. 3.). Zastosowano kurtynę bezpieczeństwa, która umieszczona jest na froncie maszyny i zabezpiecza operatora przed obrażeniami spowodowanymi ruchomymi elementami maszyny. Zastosowano kurtynę, ponieważ uzupełnienie tektury przez operatora wymaga wejścia w strefę niebezpieczną, gdzie występują elementy ruchome.

Wyłączniki awaryjne służą do natychmiastowego zatrzymania napędów w przypadku zagrożenia. Użyte przekaźniki bezpieczeństwa Preventa XPS mają możliwość wyboru jednej funkcji bezpieczeństwa za pomocą przełącznika na froncie obudowy. Wykorzystano więc dwa przekaźniki – jeden do obsługi kurtyny świetlnej, drugi do podłączenia wyłączników awaryjnych.



Rys. 3. Schemat układu bezpieczeństwa

## Czujniki

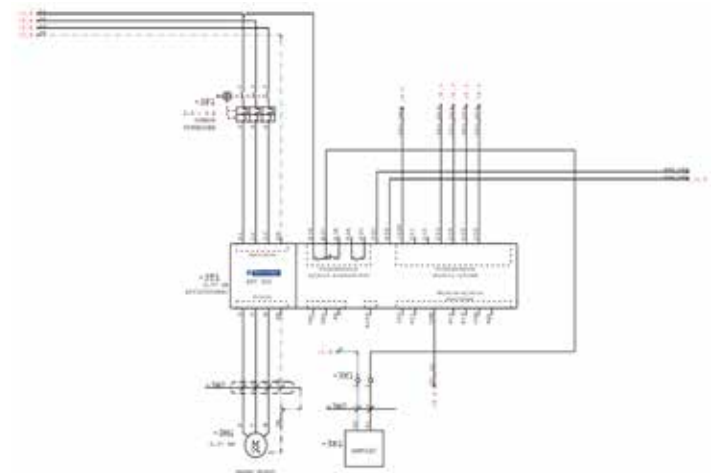
Wszystkie czujniki wykorzystane w projekcie to czujniki cyfrowe binarne. Informują one o położeniu elementów maszyny. Wszystkie zasilane są napięciem stałym 24 V. Aby zachować jednolitość, wykorzystano wyjścia normalnie otwarte ze wszystkich czujników. Część z nich to czujniki zwierające wyjście do masy (czujniki typu NPN), a część czujników to czujniki typu PNP.

Typy wykorzystanych czujników:

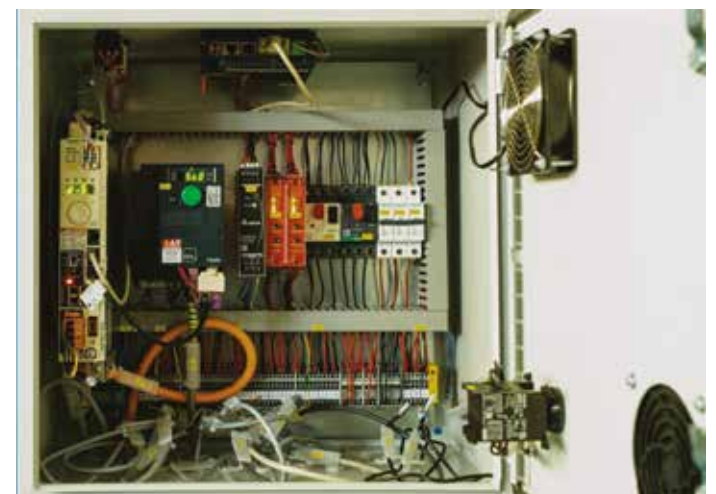
- kontaktrony – wykrywanie pozycji siłowników pneumatycznych,
- czujniki indukcyjne – wykrywanie krańcowych położen windy, odczyt prędkości wału maszyny głównej poprzez wykrywanie ruchu metalowego elementu umieszczonego na obracającym się wale,
- czujniki fotoelektryczne odbiciowe – wykrywanie położenia stosu kartonów, wykrywanie przekrzywienia kartonów na stosie,
- mechaniczny czujnik krańcowy – bazowanie serwonapędu wózka.

## Schemat elektryczny oraz szafa sterownicza

W ramach projektu dyplomowego wykonano schemat elektryczny w oprogramowaniu WSCAD (przykładowa strona na rysunku 4.) i na jego podstawie zmontowano szafę sterowniczą (rys. 5.).

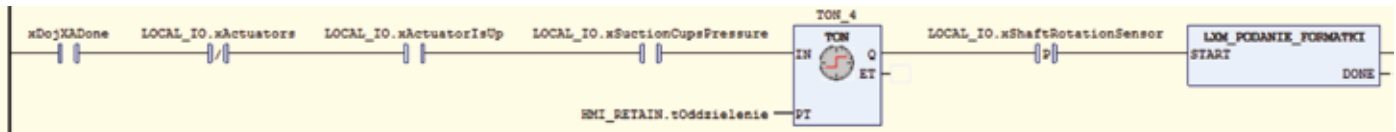


Rys. 4. Przykładowa strona schematu – napęd windy z przebiennikiem częstotliwości



Rys. 5. Podłączona i uruchomiona szafa sterownicza





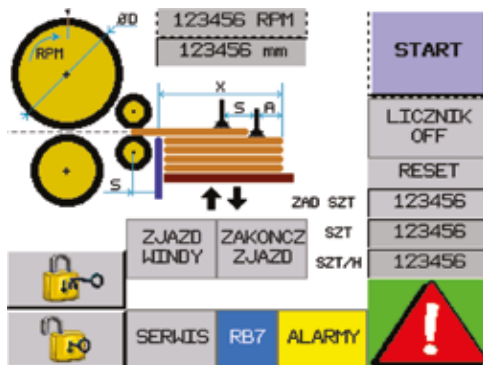
Rys. 6. Warunki podania formatki

## Konfiguracja napędów

Niezbędnym etapem tworzenia systemu automatyki wykorzystującego napędy, jest ich konfiguracja. Jest to element bardzo istotny zarówno z punktu widzenia bezpieczeństwa, jak i bezawaryjnej wieloletniej pracy maszyny. Na tym etapie należało przewidzieć wszystkie scenariusze pracy maszyny i sytuacje niebezpieczne. Należało zadbać o ograniczenie osiąganych przez elementy jezdne pozycji, wykorzystując zabezpieczenia mechaniczne (odbojniki, blokady), elektryczne, np. czujniki krańcowe oraz programowe (skonfigurowanie limitów pozycji sprawdzanych za pomocą odczytu z enkodera położenia). Do skonfigurowania napędów wykorzystano oprogramowanie SoMove.

## Algorytm, program sterujący oraz wizualizacja HMI

W ramach pracy stworzono algorytm sterujący w postaci diagramu GRAFCET oraz napisano oprogramowanie na sterownik PLC według przygotowanego wcześniej algorytmu. Następnie przygotowano wizualizację na panel operatorski HMI (rys. 7.).



Rys. 7. Wizualizacja HMI - ekran główny

Główną pętlę programu napisano w oparciu o koncepcję programowania sekwencyjnego. Nie wszystkie scenariusze przewidziano w algorytmie. Przedstawia on jedynie najważniejsze powiązania pomiędzy wejściami a wyjściami systemu. Na etapie programowania należało przewidzieć wszystkie możliwe scenariusze zachowania się maszyny. W pierwszej kolejności zadbano o odpowiednie blokady tak, aby niemożliwe było wykonanie akcji niebezpiecznych z punktu widzenia maszyny, a takich, których nie przewidział operator.

Każdy z kroków programu zawiera szereg warunków, które muszą być spełnione, aby było możliwe wykonanie danego kroku. Przede wszystkim, aby wykonany został kolejny krok, musi zakończyć się operacja poprzednia. Przykładową linię programu z szeregiem warunków przedstawiono na rysunku 6. Każdy kolejny krok programu opracowano w ten sam sposób.

Aby podana została formatka, muszą być spełnione następujące warunki:

- wykonany poprzedni krok – wózek dojechał do pozycji początkowej,
- siłowniki nie są aktywowane,
- siłowniki są w górnym położeniu,
- załączone jest ciśnienie do generatorów podciśnienia dla ssawek,

- upłynął czas potrzebny na oddzielenie się arkuszy tektury,
- wał wykrawający maszyny głównej znajduje się w odpowiednim położeniu.

## Testy i uruchomienie

Następnym krokiem były testy i uruchomienie. Testowanie maszyny zaczęto od sprawdzenia działania obwodu bezpieczeństwa. Kolejnym krokiem były testy wejść i wyjść. Po testach wejść i wyjść przystąpiono do testowania napędów. Następnym krokiem były właściwe testy oprogramowania. Przetestowano działanie poszczególnych funkcji wywołując je ręcznie, po kolei. Po sprawdzeniu działania wszystkich funkcji wgrano do sterownika właściwy program sterujący oraz wizualizację na panel operatorski. Przystąpiono do testów programu w trybie automatycznym. Przetestowano wszystkie dostępne funkcje, sprawdzono zakresy wpisywanych w menu serwisowym parametrów.

Po przetestowaniu maszyny przetransportowano ją do zakładu produkcyjnego, gdzie została podłączona i przystosowana do pracy z wykrawarką rotacyjną. Wykonano wszystkie niezbędne prace elektryczne oraz mechaniczne, aby umożliwić pracę systemu. Następnie uruchomiono i przetestowano działanie maszyny. Dokonano wszystkich niezbędnych poprawek programu i konfiguracji (głównie zwłoki czasowe pomiędzy poszczególnymi operacjami, zmiany na panelu operatorskim po konsultacjach z operatorem maszyny).

## Podsumowanie

Projekt opisany w pracy inżynierskiej pozwolił na poszerzenie wiedzy z zakresu automatyki przemysłowej, w szczególności programowania sterowników PLC i konfigurowania napędów. Stworzone urządzenie znalazło zastosowanie w zakładzie produkcyjnym. Zastosowane rozwiązania techniczne wpłynęły na szybkość i jakość produkcji, a także skróciły znacznie czas potrzebny na obsługę maszyny przez operatora. Konieczność wdrożenia projektu w zakładzie produkcyjnym oraz wyznaczony czas na realizację zadania przyczyniły się do polepszenia zdolności do szybkiego poszukiwania optymalnych rozwiązań i twórczego rozwiązywania problemów związanych ze sterowaniem w przemyśle. Pracując przy projekcie poznano zagadnienia związane z programowaniem sterowników PLC, tworzeniem wizualizacji HMI, projektowaniem schematów elektrycznych, konfiguracją napędów, bezpieczeństwem maszyn, działaniem różnego typu czujników.

W ramach pracy zrealizowane zostały następujące zadania:

- wykonano projekt elektryczny urządzenia,
- wyspecyfikowano i zamówiono potrzebne podzespoły,
- wykonano montaż szafy sterowniczej wraz z podłączeniem urządzeń,
- przygotowano konfigurację napędów,
- napisano oprogramowanie dla sterownika PLC,
- opracowano wizualizację na panel operatorski HMI,
- dobrano rozwiązania zapewniające odpowiedni stopień bezpieczeństwa,
- wyspecyfikowano typy czujników odpowiednich do wymaganych zastosowań,
- przeprowadzono niezbędne testy zarówno oprogramowania, jak i sprzętu oraz uruchomiono maszynę.

# System wizyjny wykrywający zryw jednej z przesuwających się nitki w wiązce

Marcin Makucki

## 1. Wstęp

Jednym z problemów, jaki można napotkać w pracy maszyny włókienniczej, jest zryw nitki. Automatyczna detekcja takiego przypadku jest od lat istotnym wyzwaniem w tej branży.



Automatyzacja tej czynności zapewnia odpowiednio szybką reakcję, a w efekcie redukuje ilość czasu potrzebnego na naprawę. Na rynku istnieje wiele sposobów detekcji zrywu nici, jednakże w wielu przypadkach proponowane sensory są kosztowne lub znacząco komplikują konstrukcję maszyny wymuszając przewidzenie dodatkowych punktów montażowych oraz poprowadzenie znacznej ilości dodatkowych przewodów. Aby uniknąć wyżej wymienionych problemów, z pomocą przychodzi technologia badania obrazu w postaci inteligentnego systemu wizyjnego. Niewątpliwymi zaletami tego rozwiązania są prosty montaż oraz stosunkowo niski koszt.

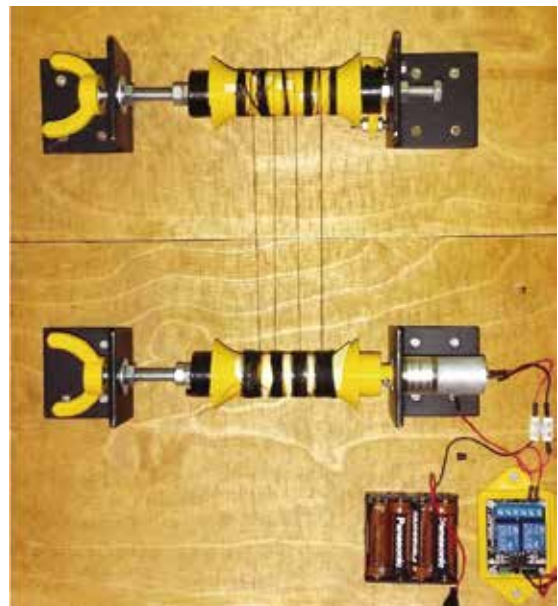
Celem pracy inżynierskiej było znalezienie wystarczająco wydajnego oraz odpornego na zakłócenia algorytmu wykrywania zrywu nici, a także jego implementacja w oparciu o szeroko dostępne komponenty oraz biblioteki.

## 2. Wykorzystane technologie

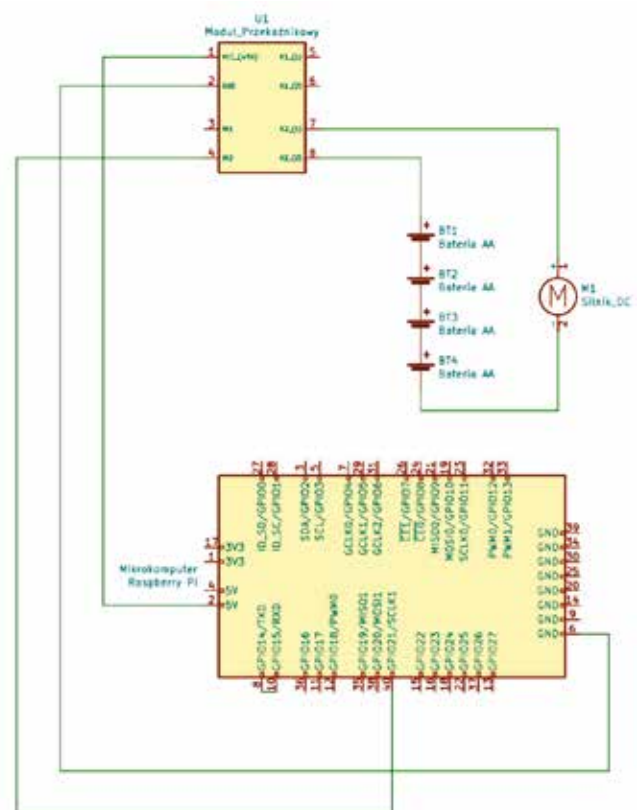
Sercem układu jest mikrokomputer Raspberry Pi 4B, który zapewnia wymaganą wydajność dla zadania przetwarzania obrazu oraz posiada komplet portów I/O umożliwiających dowolne sterowanie maszyną. Za akwizycję obrazu odpowiedzialna jest kamera Arducam OV5647, o maksymalnej rozdzielczości 2592 x 1944, wystarczającej na potrzeby badań. Algorytm napisano w języku Python ze względu na łatwość implementacji oraz pomijalne różnice wydajności względem języków niższego poziomu. Przetwarzanie obrazu wsparto biblioteką OpenCV. Do testów algorytmu wykorzystano platformę testową przygotowaną w ubiegłym roku na potrzeby pracy dyplomowej o podobnej tematyce [4].

W skład platformy wchodzi dwie szpule, na których przewijane są nici, silnik napędzający jedną z nich oraz układ przekaźnikowy umożliwiający sterowanie silnikiem z poziomu mikrokomputera. Połączenia elektryczne zaprezentowano na rysunku 2.

Drugim obiektem testowym było zdjęcie ramy [5] przygotowanej specjalnie na potrzeby tego typu badań. Rama stanowiła dodatkowe wyzwanie dla algorytmu ze względu na znacznie wyższą rozdzielczość oraz ilość nici w jednej klatce obrazu, co symuluje realne warunki pracy.



Rys. 1. Platforma testowa [4]



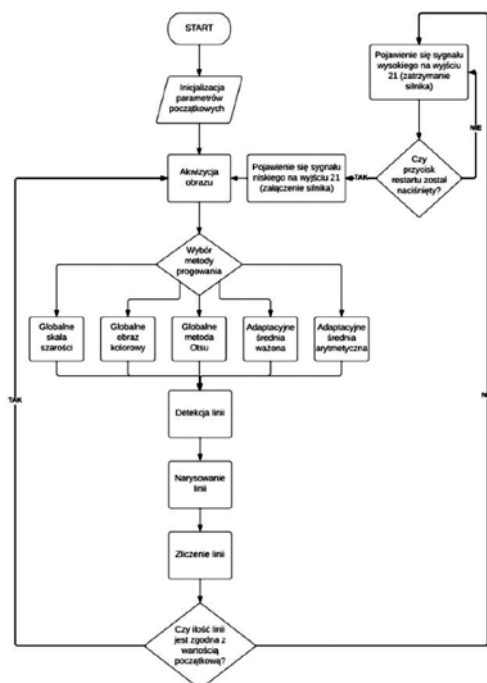
Rys. 2. Schemat połączeń elektrycznych

### 3. Zasada działania algorytmu

Algorytm ma za zadanie pobrać klatkę obrazu z kamery, a następnie dostosować ją, to znaczy usunąć szumy wynikające ze specyfikacji kamery, a także z nierównomiernego oświetlenia obiektu. Kolejnym krokiem jest odseparowanie nici od tła i zliczenie ich. Ostatecznie wykonywane jest sprawdzenie, czy ilość linii na obrazku jest zgodna ze wstępnie zadeklarowaną wartością. Jeżeli wynik tego porównania jest pozytywny, maszyna kontynuuje pracę, natomiast w przeciwnym wypadku następuje zatrzymanie maszyny i oczekiwanie na naprawę usterki. Działanie algorytmu zostało zobrazowane na schemacie blokowym na rysunku 4.



Rys. 3. Zdjęcie ramy [5]

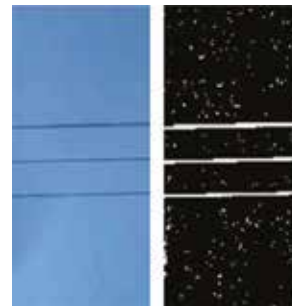


Rys. 4. Schemat blokowy algorytmu

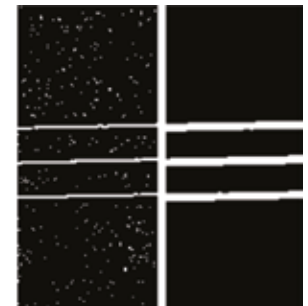
### 4. Badania

Praca obejmuje szeroko zakrojone badania metod przetwarzania obrazu. Pod uwagę wzięte zostały dwa aspekty, najważniejsze z punktu widzenia skuteczności działania: możliwość skalibrowania układu do

pracy w dowolnych warunkach oraz możliwie najwyższa wydajność algorytmu, aby zapewnić szybką reakcję na zerwanie nitki. W celu spełnienia pierwszego kryterium przeprowadzone zostały szczegółowe badania dotyczące parametrów akwizycji obrazu oraz różnych metod filtrowania zakłóceń (rys. 5. oraz 6.).

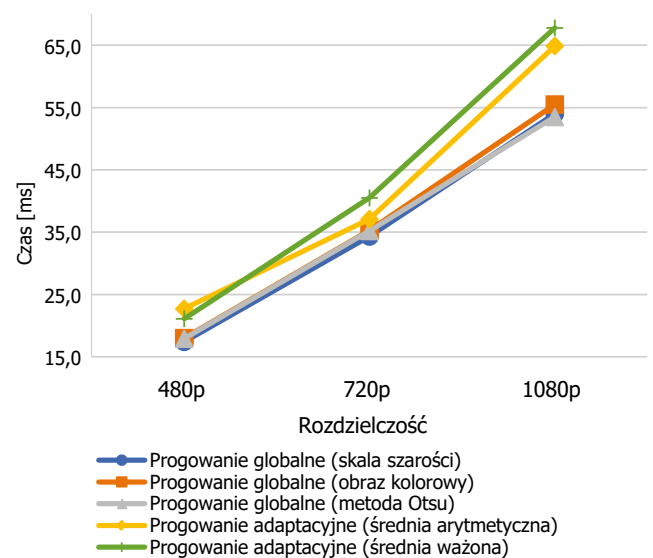


Rys. 5. Dostosowanie obrazu

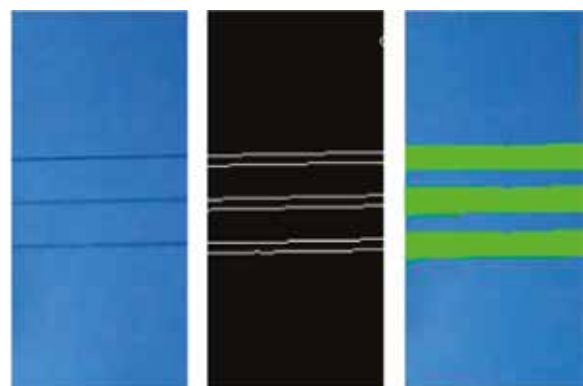


Rys. 6. Filtrowanie obrazu

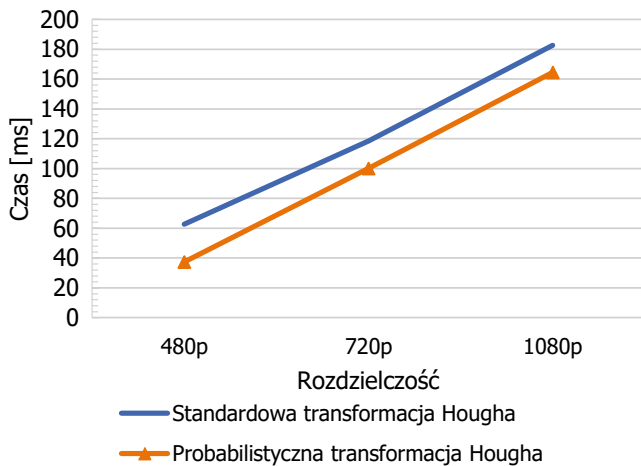
Aby osiągnąć wysoką wydajność algorytmu, przeprowadzono pomiary czasu wykonania algorytmu dla tychże metod oraz dla różnych algorytmów wykrywania linii na obrazie. Wydajność okazała się niezależna od wybranej metody filtrowania (rys. 7.), natomiast w przypadku algorytmów wykrywania linii, pod względem wydajności najlepiej wypadł ten, oparty o probabilistyczną transformację Hougha (rys. 8. oraz 9.), a przy tym okazał się również wystarczająco dokładny dla tego zastosowania. Wyniki pomiarów czasu działania kompletnego algorytmu zaprezentowane zostały na rysunku 10.



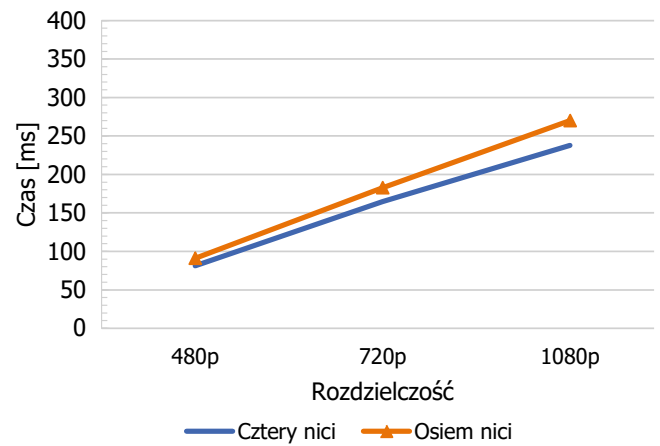
Rys. 7. Wykres porównujący średnie czasy wykonania różnych algorytmów progowania



Rys. 8. Wykrywanie linii na obrazie



Rys. 9. Wykres porównujący średni czas wykonania standardowej i probabilistycznej transformacji Hougha



Rys. 10. Wykres prezentujący czas wykonania pełnego algorytmu

## 5. Podsumowanie

Układ zrealizowany w celu wykrywania zrywu nitki w wiązce jest wydajny, a zarazem dość tani i prosty w fizycznej implementacji, co czyni go atrakcyjnym rozwiązaniem. Przedstawione pomiary oraz zależności czasowe pomiędzy poszczególnymi etapami przetwarzania obrazu mogą również stanowić punkt odniesienia dla kolejnych badań tego zagadnienia w oparciu o inne pomysły, które wykraczałyby poza ramy tej pracy, jak na przykład aktualnie szybko rozwijające się algorytmy sztucznej inteligencji.

## 6. Bibliografia

- [1] Tadeusiewicz, R, Korohoda, P., *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*. Kraków, 1997. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji.
- [2] Gonzales, Rafael C., Woods, Richard E. (2018). *Digital Image Processing. Fourth edition*. New York, 2018. Pearson.
- [3] Chen, G. F., Sun, H. C., Zhai, L. L., & Peng, L. le. *A Capacitance Based Circuit Design for Yarn Breaking Detection*. Advanced Materials Research, 2012, 562–564, 1840–1843.
- [4] Zerbe T. *System wykrywający zryw nitki z zastosowaniem czujników MEMS*. Praca dyplomowa inżynierska, 2022.
- [5] Idzik M. – materiały własne

# Elektroniczny system do zarządzania farmą drobiu

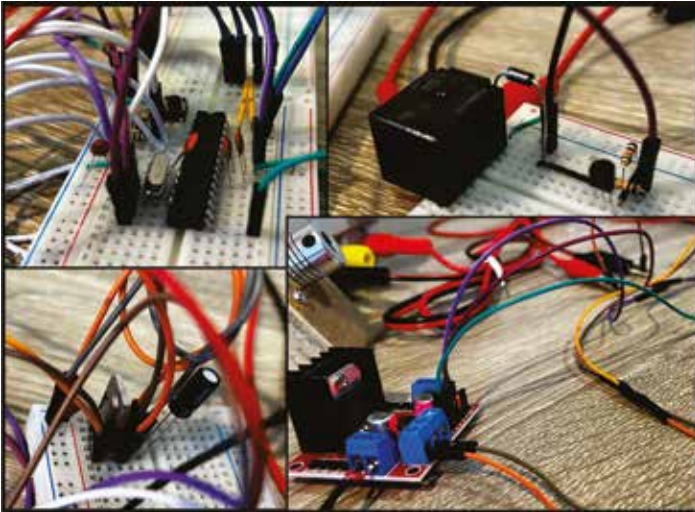
Andrzej Magiera



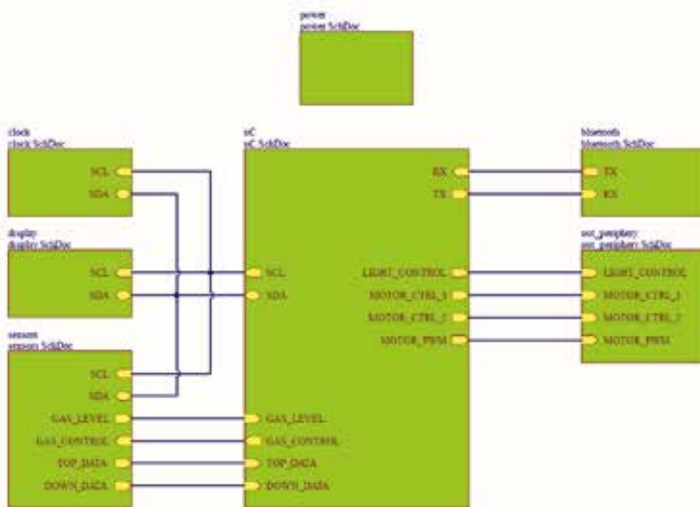
Celem pracy dyplomowej było samodzielne zaprojektowanie oraz wykonanie prototypu elektronicznego systemu zarządzania przydomową farmą drobiu wraz z pełnym oprogramowaniem napisanym w języku C. Urządzenie jest odpowiedzią na potrzeby małych hodowców drobiu, którzy zakładają kurniki dla użytku własnego, rodziny, znajomych lub sprzedają naddatek jaj. Ze względu na to, że posiadanie drobiu wiąże się z szeregiem obowiązków, pojawia się potrzeba rozwiązań umożliwiających automatyzację hodowli oraz zmniejszenie ingerencji hodowcy, tak aby mógł zająć się innymi zobowiązaniami. Po

obszernej analizie rynku, potrzeb hodowców, przegłądzie właściwych praktyk hodowli drobiu oraz braku dostępnych rozwiązań posiadających odpowiednią funkcjonalność wymaganą przez hodowców, przygotowano założenia projektowe, mające je zapewnić.

System został zaprojektowany na bazie mikrokontrolera z rodziny AVR ATmega328P. Jego zadaniem jest przetwarzanie danych zebranych z czujników wilgotności, ciśnienia, temperatury, jasności oświetlenia, amoniaku  $\text{NH}_3$ , siarkowodoru  $\text{H}_2\text{S}$  oraz dwóch kontaktronów pełniących rolę czujników krańcowych dla drzwi kurnika. Dla zapewnienia dodatkowej funkcjonalności mikrokontroler komunikuje się również z zegarem czasu rzeczywistego, wyświetlaczem LCD, sterownikiem silnika opartym o układ L298, przekaźnikiem sterującym doświetleniem drobiu oraz modulem Bluetooth będącym interfejsem komunikacyjnym ze smartfonem. Komunikacja z większością czujników oraz wyświetlaczem odbywa się z wykorzystaniem magistrali I2C, natomiast z modulem Bluetooth za pomocą protokołu UART. Na rys.2. przedstawiono schemat blokowy urządzenia.



Rys. 1. Prototypy wybranych bloków



Rys. 2. Schemat blokowy urządzenia

Oprogramowanie sterownika jest w stanie pracować w trzech trybach pracy: automatycznym (LUX), w którym na podstawie pomiaru jasności oświetlenia kurnik jest otwierany i zamykany oraz dodatkowo doświetlany przez określony przez hodowcę okres czasu, aby przedłużyć cykl niesienia jaj; automatycznym (TIME), w którym hodowca definiuje godziny otwarcia oraz zamknięcia farmy, jak i doświetlania drobiu; ręcznym, w którym użytkownik za pomocą komend otwiera i zamyka kurnik oraz steruje przekaźnikiem odpowiedzialnym za oświetlenie. Informacje z czujników, zbierane przez mikrokontroler, są przekazywane na wyświetlacz oraz, na życzenie użytkownika, za pomocą odpowiedniego polecenia do smartfona.

Do pomiaru jasności oświetlenia wybrano VEML7700 ze względu na doskonałą kompensację zmian temperatury, bardzo wysoką dokładność oraz możliwość adaptacji do zmian jasności wynikających np. z dużego zachmurzenia.

Aby umożliwić bezprzewodową komunikację sterownika z telefonem wykorzystano moduł Bluetooth HM-10. Moduł Bluetooth odbiera komendy wysyłane ze smartfona i na ich podstawie odsyła dane. Komunikacja z tym modułem jest istotna, aby użytkownik mógł zmodyfikować parametry programu takie jak godzina otwarcia/zamknięcia kurnika, czas doświetlania drobiu, zmodyfikować datę i godzinę, zmienić tryb pracy, pobrać dane zbierane przez mikrokontroler o stanie kurnika, czy też ręcznie sterować drzwiami. W tym celu zaimplementowano bufor kołowy, który po odebraniu komendy sprawdza, czy jest ona w odpowiednim formacie zgodnym z założoną specyfikacją przedstawioną w poniższej tabeli:

### Specyfikacja pojedynczej komendy

Wartość / hex	Numer bajtu	Opis
Z / 0x5A	0	Znak rozpoczynający każdą komendę,
KOD	1	Kod komendy, decyduje o wykonywanej czynności.
Argument 1	2	Opcjonalnie, jeśli brak należy wpisać 'X'.
Argument 2	3	Opcjonalnie, jeśli brak należy wpisać 'X'.
Argument 4	4	Opcjonalnie, jeśli brak należy wpisać 'X'.
Argument 5	5	Opcjonalnie, jeśli brak należy wpisać 'X'.
Argument 6	6	Opcjonalnie, jeśli brak należy wpisać 'X'.
Argument 7	7	Opcjonalnie, jeśli brak należy wpisać 'X'.
Argument 8	8	Opcjonalnie, jeśli brak należy wpisać 'X'.
<CR> / 0x0D	9	Znak kończący komendę oznaczający znak powrotu karetki (ang. carriage return)

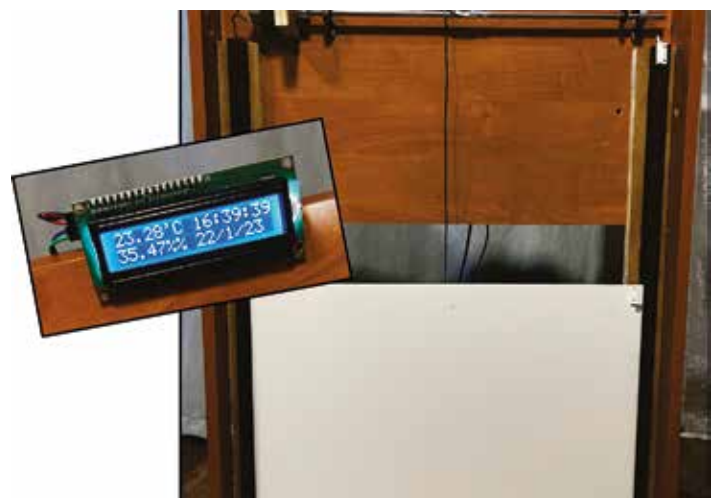
Ma to zapewnić bezpieczeństwo sterownika przed nieautoryzowanym dostępem. Wykonanie odpowiedniej komendy odbywa się dopiero w momencie, gdy zostanie przyjęty jej ostatni bajt, następnie sprawdzana jest zgodność ze specyfikacją, jeśli komenda jest odpowiednia zostaje przesłana do obsługi przez mikrokontroler.

Sterownik ma za zadanie realizację pomiaru temperatury, ciśnienia oraz wilgotności powietrza. Do tego celu użyto czujnika BME280, posiadającego możliwość pomiaru tych trzech parametrów w jednym układzie scalonym. Został on wybrany ze względu na swoją bardzo dużą dokładność, liniowość w szerokim zakresie temperatur oraz kompatybilność elektromagnetyczną.

Do pomiaru gazów wybrano MiCS-5524 w celu pomiaru amoniaku  $NH_3$  oraz siarkowodoru  $H_2S$ . Zbierane przez niego informacje służą hodowcy do oceny stanu zanieczyszczenia kurnika oraz wskazują, czy należy wymienić ściółkę bądź wentylować pomieszczenie.

W celu zapewnienia dodatkowej funkcjonalności, podłączono zegar czasu rzeczywistego DS1307. Zapewnia on hodowcy możliwość otwarcia/zamknięcia kurnika we wskazanych godzinach oraz doświetlania drobiu, pobrana przez mikrokontroler data i godzina są również wyświetlane na LCD, mogą zostać pobrane i zmodyfikowane odpowiednimi komendami poprzez interfejs Bluetooth.

Po prawidłowym podłączeniu i zaprogramowaniu urządzenia przeniesiono je na makietę testową, przedstawioną na rys. 3. oraz testowano, zanim znalazła się docelowo w farmie drobiu hodowcy.



Rys. 3. Widok makiety z zamontowanym sterownikiem

# Środowisko software-hardware do testowania aktuatorów miękkich z wykorzystaniem czujników elektromagnetycznych

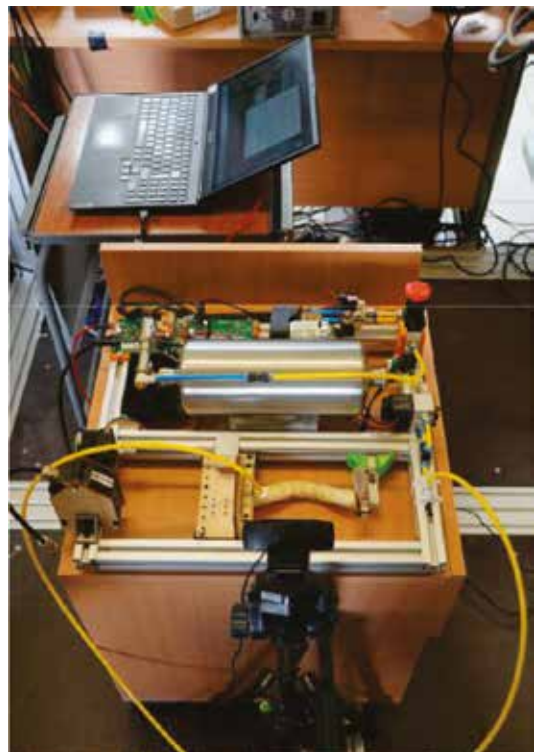
Tomasz Smaż



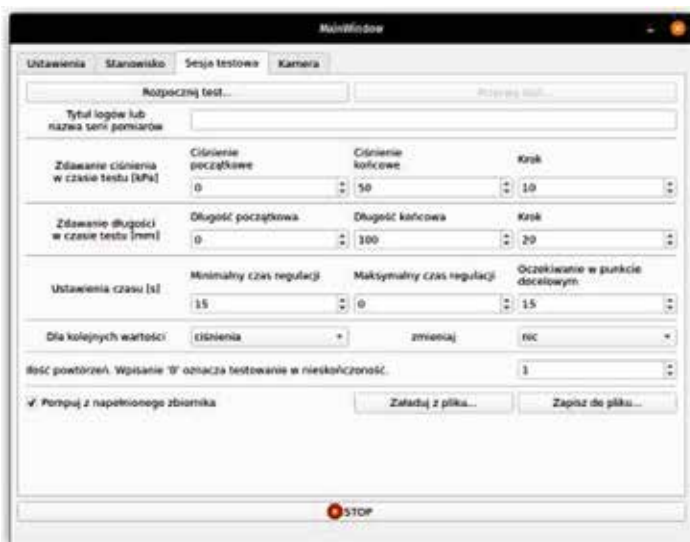
Praca dyplomowa prezentuje innowacyjne podejście do testowania i walidacji aktuatorów miękkich, kluczowych elementów w dziedzinie robotyki. W ramach pracy stworzono kompleksowe środowisko testowe, skupiające się na precyzyjnym pomiarze parametrów takich jak deformacja i siła/nacisk przy użyciu czujników elektromagnetycznych. Jest to odpowiedź na rosnące zapotrzebowanie w robotyce miękkiej na narzędzia umożliwiające dokładną analizę i ocenę skuteczności aktuatorów. Bezpośrednią motywacją do stworzenia pracy były potrzeby analizy aktuatorów powstałych w ramach projektu my-Hand – „Jednorazowe i personalizowane narzędzia wspomagające rehabilitację ręki”, w którym jestem badaczem.

Projekt środowiska obejmuje rozwój dedykowanego sterownika dla systemu 3DGuidance w systemie Linux, zapewniając efektywną komunikację z urządzeniami USB i umożliwiając precyzyjną analizę danych. Opracowane rozwiązanie umożliwia nie tylko dokładne pomiary, ale także zapewnia intuicyjne sposoby na przetwarzanie i analizę zbieranych danych.

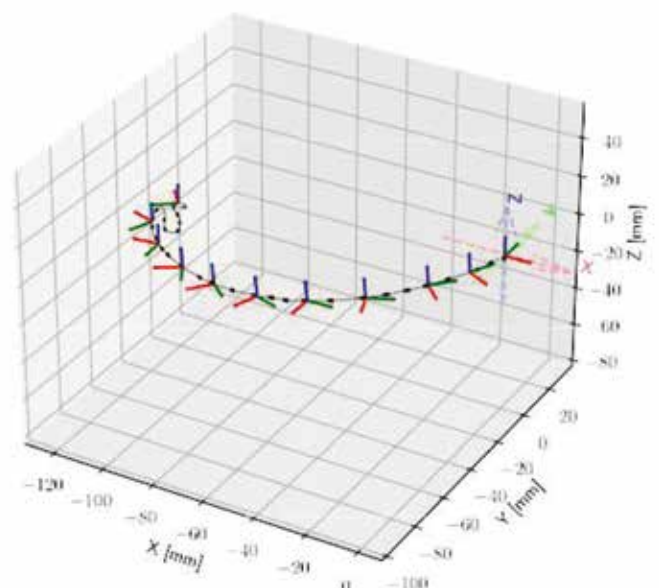
Kluczowym elementem pracy była walidacja czujników magnetycznych, co pozwoliło na dokładne określenie ich dokładności i niezawodności w różnorodnych warunkach testowych. Badania nad różnymi



Stworzone stanowisko do pomiaru aktuatorów



Stworzona aplikacja testowa



Przykładowa trajektoria zarejestrowana z wykorzystaniem opracowanego rozwiązania

typami aktuatorów (skraczające się, zginające się, prostujące się) pozwoliły na szczególne zrozumienie ich zachowań i potencjalnych zastosowań.

W ramach pracy zaprojektowano także stanowisko do pomiaru aktuatorów, wyposażone w zaawansowane komponenty takie jak: napęd liniowy, system pneumatyczny, czujniki (wizyjny, przepływu i ciśnienia powietrza, laserowy pomiaru przemieszczenia) oraz aplikację do zarządzania danymi (napisaną w środowisku Python). Stanowisko to pozwala na

przeprowadzanie szerokiej gamy testów, dostarczając cennych informacji na temat zachowania aktuatorów w różnych warunkach.

Podsumowując, opracowane środowisko testowe znacząco zwiększa możliwości badań projektu myHand, dostarczając innowacyjnych narzędzi do testowania i walidacji aktuatorów miękkich. Otwiera to nowe możliwości w projektowaniu i implementacji robotów miękkich w zastosowaniu w rehabilitacji.

# Opracowanie i porównanie algorytmów detekcji uszkodzeń na podstawie wybranego urządzenia automatyki budynkowej

Sandra Włostowska



## Wstęp

W dzisiejszym świecie dynamicznego rozwoju nowych technologii, prowadzenie prac nad systemami detekcji uszkodzeń ma istotne znaczenie dla utrzymania niezawodności i bezpieczeństwa różnorodnych procesów i urządzeń. W kontekście tego wyzwania, w prezentowanym opracowaniu skupiono się na analizie oraz porównaniu różnych algorytmów detekcji uszkodzeń. Dzięki zastosowaniu zaawansowanych technik analizy danych, zaprezentowane badania pozwalają na wybór rozwiązań, które mogą znacząco poprawić zdolność, szybkość i skuteczność wykrywania, lokalizacji i diagnozowania wszelkich nieprawidłowości w systemach automatyki budynkowej.

W pracy porównano wybrane algorytmy klasyfikujące oraz te dedykowane wykrywaniu anomalii. W modelach w roli sygnałów testowych wykorzystano pomiary temperatury w czterech pokojach symulowanych w środowisku Matlab Simscape.

Doświadczalny fragment pracy składa się z dwóch części. W pierwszej z nich, na przykładzie danych z symulowanego obiektu modelu grzewczego budynku, zbudowane zostały modele z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego nienadzorowanego i nadzorowanego. Następnie, ponownie zostały zebrane dane z obiektu przy zmienionych parametrach (awarie występowały w innych niż testowe chwilach czasowych, a przebiegi temperatur różniły się od tych zarejestrowanych i wykorzystywanych do uczenia modeli). Efekty działania algorytmów wraz z sygnałami testowymi (zmiany temperatur) zostały zapisane w dwóch bazach danych: bazie szeregów czasowych InfluxDB

oraz bazie relacyjnej PostgreSQL. Otrzymane wyniki (wykryte anomalie) przedstawiono graficznie w programie Grafana.

W drugiej części pracy zaprezentowano rozwiązanie, w którym analiza stanu pracy systemu grzewczego odbywa się w czasie rzeczywistym. Przy czym przedstawiono tu pracę algorytmów zarówno nadzorowanych (z modelem przygotowanym na podstawie danych uczących w trybie offline), jak i nienadzorowanych. Wymiana danych pomiędzy środowiskiem Matab (system operacyjny Windows) a bazą danych zainstalowaną na maszynie wirtualnej w systemie Ubuntu odbywało się pomocą serwera OPC.

Oprogramowanie Grafana, zainstalowane również w środowisku Ubuntu, skonfigurowano w taki sposób, aby oprócz standardowego prezentowania przebiegów czasowych, również były generowane alarmy.

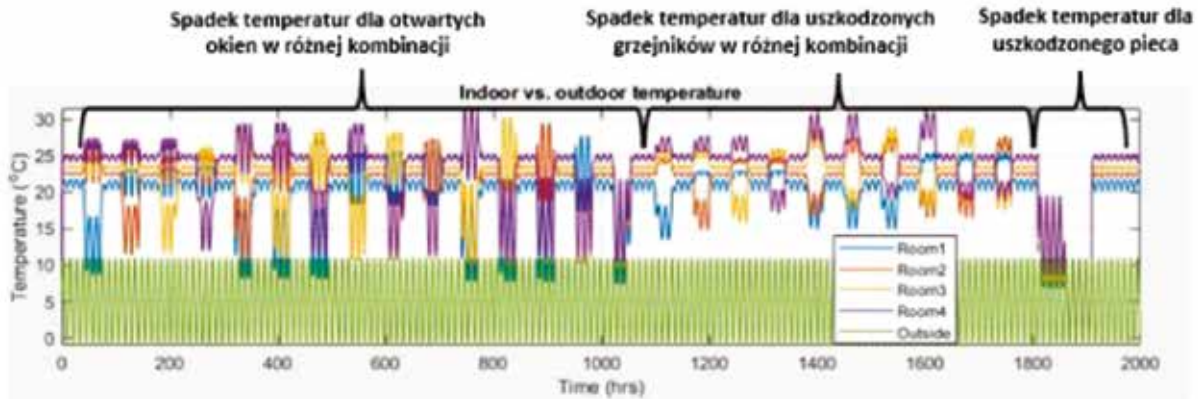
## Etapy pracy

### Wykorzystanie modelu grzewczego z biblioteki Matlab Simscape



Rys. 1. Model obiektu

Obiektem badań był model prostego systemu ogrzewania domu (rys. 1.). W środowisku Matlab zamodelowano strukturę domu, w którym są cztery pomieszczenia oraz zautomatyzowany systemem ogrzewania. Wartość temperatury zadanej została ustalona na 23°C. Każde z pomieszczeń opisano równaniami różniczkowymi cząstkowymi w taki sposób, aby w miarę dokładnie odwzorować wymianę ciepła z otoczeniem



Rys. 2. Zarejestrowane przebiegi temperatury

(poprzez ściany zewnętrzne, dach i okna). System ogrzewania składał się z pieca z regulatorem, kotła, akumulatora i pompy cyrkulującej gorącą wodę w instalacji. Regulator odpowiadał za kontrolę dopływu paliwa do pieca. Zakłóceniem w przykładzie była dobowo zmiana temperatury zewnętrznej o rozkładzie sinusoidalnym w granicach od  $-1^{\circ}\text{C}$  do  $11^{\circ}\text{C}$  z okresem 12 godzin.

### Przygotowanie danych treningowych i testowych

Cały przebieg symulacji (rys. 2.), obejmujący 2000 godzin (w przybliżeniu 3 miesiące), został podzielony na fragmenty, w których zasymulowano uszkodzenie różnych części systemu wpływających na zmianę temperatury w pokojach (np. awaria grzejnika).

### Uczenie nadzorowane algorytmów

Zbiór danych podzielono na dwa główne podzbiory: zbiór treningowy i zbiór testowy. Zbiór treningowy jest używany do nauki modelu, a zbiór testowy do oceny skuteczności działania modelu na nowych danych. Spośród wielu algorytmów wybrano pięć, które uzyskały najlepszą dokładność predykcji do dalszej analizy (tabela).

#### Algorytmy o największej skuteczności detekcji awarii

L.p.	Rodzina algorytmu	Podtyp	Dokładność
1.	Regresja logistyczna	Efficient Logistic Regression	91,10%
2.	Maszyna wektorów nośnych (SVM)	Quadratic SVM	91,74%
3.	K-najbliższych sąsiadów (KNN)	Cosine KNN	89,99%
4.	Klasyfikatory złożone	Bagged Trees	90,80%
5.	Sieci neuronowe	Trillayered Neutral Network	92,33%

### Uczenie nienadzorowane algorytmów

W odróżnieniu od modeli klasyfikacyjnych w uczeniu nadzorowanym, w przypadku uczenia nienadzorowanego nie istniała konieczność wstępnego szkolenia algorytmów na oznaczonych danych ani przypisywania im etykiet. Proces szkolenia algorytmu zachodził autonomicznie, bez potrzeby interwencji użytkownika. Na podstawie danych generowanych przez algorytm można było jednoznacznie zidentyfikować te dane, które wykazywały odstępstwa od trendu. Modele zbudowano na bazie algorytmów: K-means, One-Class SVM oraz iForest.

### Import danych do bazy InfluxDB

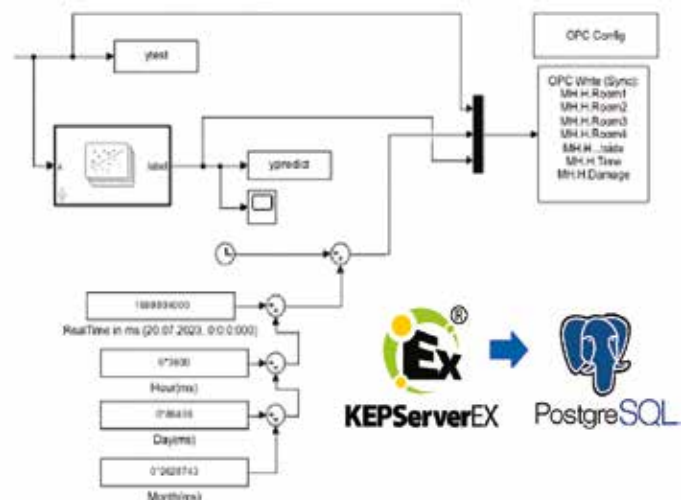
Odpowiedzi modeli zapisano w pliku CSV. W zainstalowanym serwerze InfluxDB zaimplementowano strukturę bazy danych. Następnie dane zapisano w bazie danych w systemie Ubuntu. Schematycznie przedstawiono to na rys. 3.



Rys. 3. Transfer danych do bazy InfluxDB

### Symulacja w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem serwera OPC

W celu przedstawienia potencjalnych możliwości wykorzystania mechanizmów detekcji w rzeczywistych systemach, zaproponowano strukturę symulacyjną, w której wymiana danych między środowiskiem symulacyjnym a bazą danych zachodzi w czasie rzeczywistym i jest zrealizowana przy użyciu standardowego serwera OPC (rys. 4.). Analiza detekcji odbywała się w czasie trwania symulacji, natomiast dane (przebiegi temperatur i wyniki detekcji anomalii) były zapisywane w bazie danych PostgreSQL (w systemie Ubuntu) za pośrednictwem serwera OPC. Warto podkreślić, że połączenie różnych systemów i różnych baz danych przy zastosowaniu typowego oprogramowania wykorzystywanego w przemyśle nie jest łatwym zadaniem.



Rys. 4. Połączenie środowiska Matlab z bazą danych PostgreSQL przy pomocy serwera OPC



## Wizualizacja danych i alarmy

Ostatni etap pracy obejmował wizualizację danych oraz porównanie wyników (rys. 5). Bazy danych połączono z systemem wizualizacji Grafana



Rys. 5. Wizualizacja i alarmy – GRAFANA

na. Dla symulacji w czasie rzeczywistym do wizualizacji danych dodano również oferowane przez środowisko generowanie alarmów. Dzięki temu użytkownicy mogą zostać poinformowani o awariach, wyjątkowych sytuacjach lub zachowaniach wykraczających poza narzucone ograniczenia.

## Podsumowanie

Tematyka analizy anomalii z wykorzystaniem uczenia maszynowego, rozpoczęta w prezentowanej pracy magisterskiej, będzie dalej kontynuowana w ramach pracy doktorskiej, ale już w kontekście jej praktycznego zastosowania.

Poprzez gruntowną analizę wyników testów możliwe będzie uwzględnienie warunków pracy, identyfikacja czynników zakłócających oraz zidentyfikowanie potencjalnych wyzwań związanych z wdrożeniem algorytmów.

W dalszym etapie rozwoju istotne będzie przeprowadzenie analizy kosztów i korzyści związanych z wdrożeniem opracowanych algorytmów detekcji uszkodzeń. Porównanie szacowanych korzyści z kosztami implementacji i utrzymania pozwoli na ocenę efektywności technologii w praktyce.

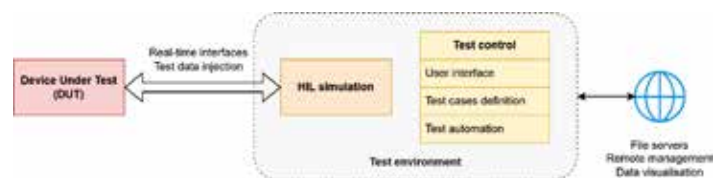
# Zbadanie wykorzystania serwera Jenkins do automatyzacji rozproszonego procesu testowania systemów hardware-in-the-loop

Mateusz Dionizy



Niniejsza praca magisterska dotyczy wykorzystania serwera Jenkins do automatyzacji rozproszonego procesu testowania hardware-in-the-loop (HIL), z naciskiem na wydajność i skalowalność. Testowanie HIL pozwala na testowanie i walidację zaimplementowanych systemów sprzętowych, oferując wydajność i korzyści finansowe. Korzystając z testów HIL, inżynierowie mogą wykrywać i naprawiać usterki na wcześniejszym etapie cyklu rozwoju, skracać ogólny czas rozwoju oraz poprawić jakość i niezawodność produktu końcowego. Uproszczony schemat testowania HIL przedstawiono na rys. 1.

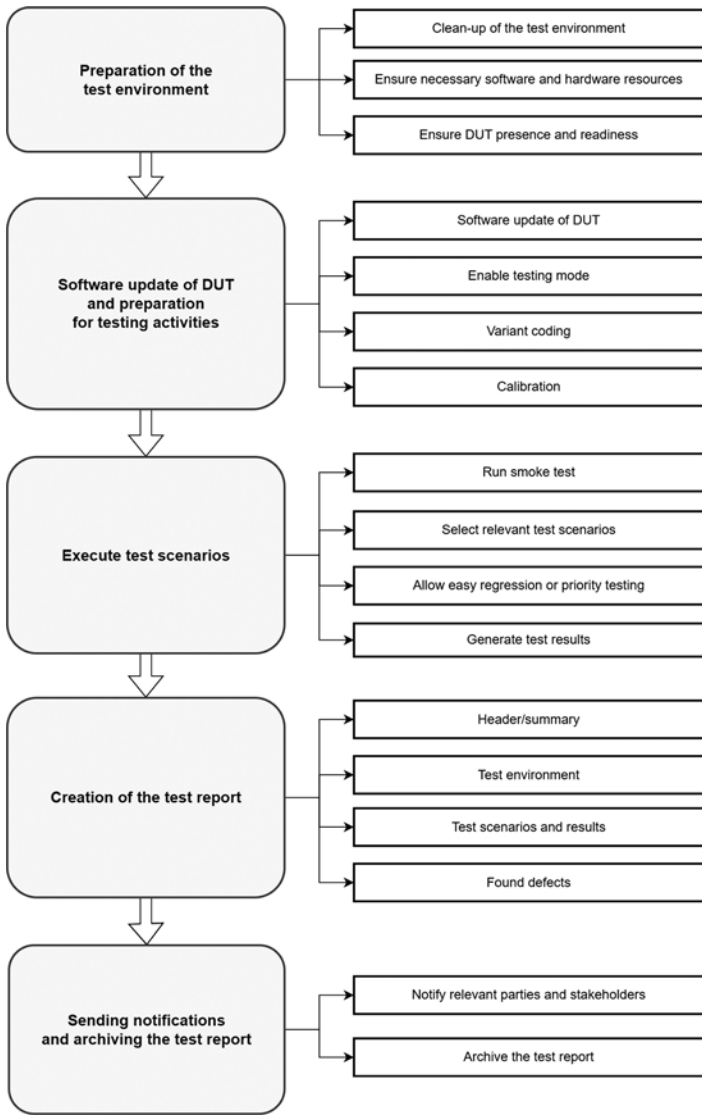
Przegląd literatury nie zidentyfikował żadnej metodologii, która zapewniłaby zautomatyzowany i skalowalny proces testowania HIL w oparciu o rozwiązania open-source. Jenkins, serwer automatyzacji o otwartym kodzie źródłowym, został oceniony pod kątem jego poten-



Rys. 1. Uproszczony schemat testowania HIL

cjału w zakresie usprawniania testów HIL poprzez umożliwienie automatyzacji, skalowalności oraz wydajności.

W pracy zaprezentowano ogólny proces testowania, wzorowany na rygorystycznych procesach w branży motoryzacyjnej i zaimplementowano go przy pomocy serwera Jenkins, wykorzystując jego możliwości do automatyzacji zadań rozproszonych. Ogólny proces testowania służy jako wzorzec, który można dostosować i zastosować w dowolnym kontekście projektowym, w którym wymagane jest testowanie systemów zaimplementowanych sprzętowo. Proces ten obejmuje stabilne funkcje monitorowania i powiadamiania o działaniach testowych oraz automatycznie generuje niezbędne pliki wyjściowe, w tym szczegółowe raporty z testów, aby spełnić wymagania interesariuszy. Schemat blokowy ogólnego procesu testowania HIL pokazano na rys. 2. Przegląd zaimplementowanych zadań w Jenkins przedstawiono na rys. 3.

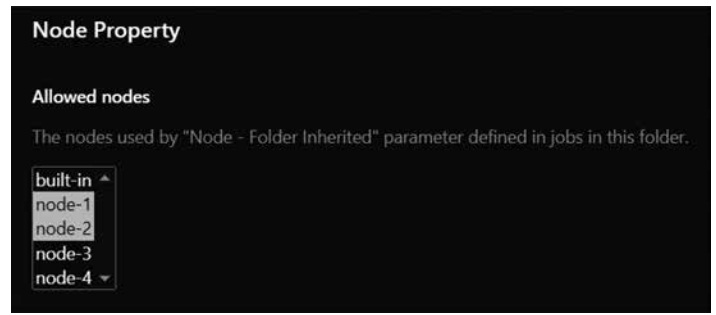


Rys. 2. Schemat blokowy ogólnego procesu testowania HIL

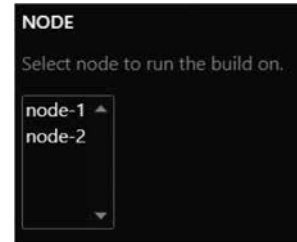
S	W	Name	Last Success	Last Failure	Last Duration
5	🌞	0. Full workflow execution	1 day 12 hr #24	1 day 13 hr #18	34 min
4	🌞	1. Preparation	1 day 12 hr #17	6 days 11 hr #3	1 min 27 sec
3	🌞	2. DUT update	1 day 12 hr #28	1 day 14 hr #20	1 min 7 sec
2	🌞	3. Execute scenarios	1 day 12 hr #16	7 days 2 hr #8	5 min 15 sec
1	🌞	4. Create test report	1 day 12 hr #15	N/A	1.4 sec
0	🌞	5. Send notifications	1 day 12 hr #28	2 days 7 hr #16	2.7 sec

Rys. 3. Przegląd zadań zautomatyzowanego procesu w serwerze Jenkins

Modularność serwera Jenkins pozwala użytkownikom zwiększać jego możliwości poprzez integrację wtyczek. Jednak istniejące rozwiązania w Jenkins oraz dostępne wtyczki nie pozwoliły na osiągnięcie oczekiwanego poziomu modularności dla zaimplementowanego procesu. W związku z tym stworzono niestandardową wtyczkę serwera Jenkins, specjalnie dostosowaną do wyzwań związanych z zarządzaniem zasobami stanowisk testowych w wielu projektach oraz wariantach sprzętowych. Korzystanie z niej pozwala na efektywne przydzielanie konfiguracji testowych do różnych działań, ułatwiając prosty nadzór nad skalowanymi zadaniami testowymi. Rys. 4. oraz 5. przedstawiają wybór stanowiska testowego podczas konfiguracji i użytkowania projektu.



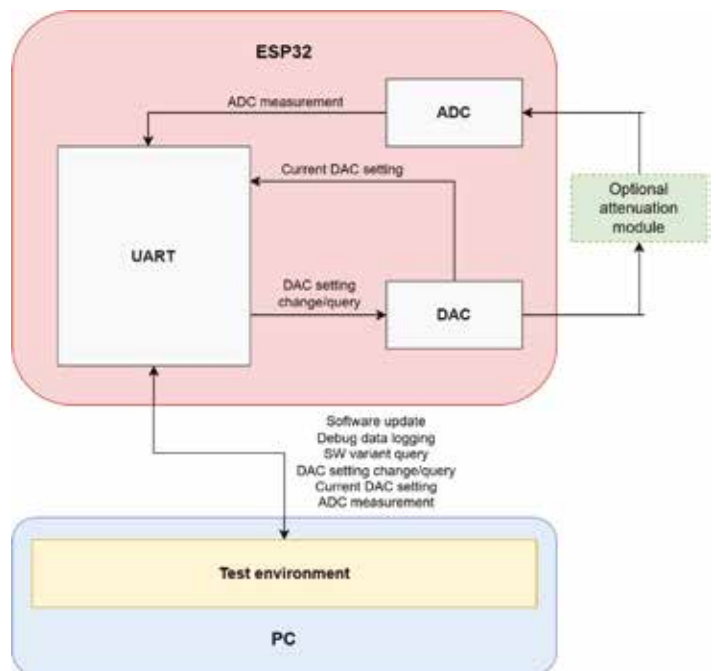
Rys. 4. Wybór sprzętowego stanowiska testowego w konfiguracji projektu



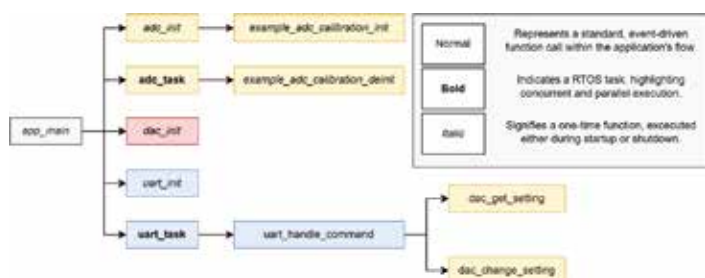
Rys. 5. Wybór stanowiska testowego podczas korzystania z procesu

Rozwój rozszerzenia przeprowadzono zgodnie ze standardami rozwoju wtyczek dla Jenkins, zapewniając kompatybilność, niezawodność i możliwość rozbudowy w ramach ekosystemu Jenkins. Dlatego też logicznym kierunkiem na przyszłość jest integracja wtyczki do oficjalnego repozytorium wtyczek Jenkins. Udostępniając ją w domenie open-source, opracowana wtyczka staje się wspólnym zasobem dla społeczności Jenkins, sprzyjając współpracy i umożliwiając jej płynne wykorzystanie w różnych przypadkach użycia, poza bezpośrednim zastosowaniem w testach HIL.

Aby zademonstrować i ocenić proponowany proces testowania, opracowano przykładowy sprzętowy system. Zaimplementowany na mikrokontrolerze ESP32 przy użyciu platformy ESP-IDF w języku C system spełnia kryteria dostosowania do różnych wariantów oprogramowania i sprzętu, demonstrując modularność i skalowalność procesu testowania. Podstawową funkcją systemu jest programowalny dzielnik napięcia z możliwością monitorowania i konfiguracji. Uproszczony schemat blokowy systemu pokazano na rysunku 6. Schemat architektury aplikacji zaprezentowano na rysunku 7.



Rys. 6. Schemat blokowy zaimplementowanego systemu



Rys. 7. Schemat architektury aplikacji zaimplementowanego systemu

Wyniki pokazały, że zaimplementowany proces testowania prowadzi do znacznego wzrostu wydajności w porównaniu do prostszych rozwiązań. Na przykładzie systemu z wieloma wariantami oprogramowania i sprzętu zaobserwowano 70-procentową redukcję czasu testowania w porównaniu do testowania ręcznego. Co więcej, rozproszone testowanie na wielu węzłach sprzętowych pozwala osiągnąć jeszcze większą oszczędność czasu, sięgającą nawet 75% w porównaniu z testowaniem nierozproszonym. Przykładowy raport z testów, jako wynik zautomatyzowanego przepływu pracy, pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Przykładowy wynik procesu: nagłówek raportu, statystyki przypadków testowych and oraz przykładowe rezultaty

Praca ma na celu wspieranie współpracy w opisywanej dziedzinie poprzez dzielenie się procesem opartym na serwerze Jenkins oraz najlepszymi praktykami w zakresie ciągłego doskonalenia automatyzacji testowania HIL. Wdrożony proces testowania, oparty na niestandardowej wtyczce, prezentuje znaczące postępy i służy jako podstawa do ciągłych badań i innowacji w tej dziedzinie.

## Nagroda dla studenta ze Studenckiego Koła SEP w Konkursie im. Profesora Jerzego I. Skowrońskiego

W dniu 19 stycznia 2024 r., o godz. 11.00 w sali 206 budynku D-20 Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej, przy ulicy Janiszewskiego 8 odbyło się otwarte spotkanie Polskiego Komitetu Materiałów Elektrotechnicznych SEP, podczas którego wręczono nagrody i wysłuchano laureatów XXXIII Konkursu Prac Dyplomowych im. Profesora Jerzego I. Skowrońskiego, organizowanego przez Politechnikę Wrocławską. Wśród najwyżżej ocenianych prac znalazła się praca członka Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej, zrealizowana na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej. Pierwszą nagrodę otrzymał inż. Wiktor Kunikowski za pracę: „Wpływ długości przerwy układu modelowego o polu quasi – nierównomiernym na napięcie przebicia przy uwzględnieniu różnych cieczy izolacyjnych”. Opiekunem pracy był dr hab. inż. Paweł Różga, prof. Pł z Instytutu Elektroenergetyki.

Organizatorem konkursu na najlepszą pracę dyplomową z zakresu elektrotechnologii, wysokich napięć lub materiałów elektrotechnicznych jest Polski Komitet Materiałów Elektrotechnicznych (PKME) oraz Stowarzyszenie Elektryków Polskich Oddział Wrocławski.

Celem konkursu jest rozwijanie nowoczesnej krajowej elektrotechnologii i materiałoznawstwa elektrotechnicznego dla uczczenia



Pamiątkowe zdjęcie laureatów Konkursu wraz z opiekunami

pamięci profesora Jerzego I. Skowrońskiego, twórcy polskiej szkoły materiałoznawstwa elektrotechnicznego. Laureaci konkursu oraz opiekunowie prac zostali uhonorowani nagrodami finansowymi oraz rzeczowymi.

# Warsztaty „Digital Transformer in a Power Grid System” w Łodzi

Jarosław Zaręba  
Trafo-Technika Sp. z o.o.

autonomicznych systemów podobciążeniowej regulacji napięcia dla transformatorów dystrybucyjnych SN/nn. Rozwiązania te umożliwiają utrzymanie odpowiedniego poziomu napięcia w sieci nn, pomimo zmienności obciążeń wynikającej z generacji energii ze źródeł fotowoltaicznych, pracy pomp ciepła czy stacji ładowania samochodów elektrycznych.

W dniach 14-15 marca 2024 w hotelu Andel's w łódzkiej Manufakturze odbyły się warsztaty „Digital Transformer in a Power Grid System”, skierowane do pracowników polskich spółek dystrybucyjnych.

Podczas dwudniowego wydarzenia uczestnicy mieli okazję zapoznać się z najnowszymi rozwiązaniami technologicznymi prezentowanymi przez firmę Maschinenfabrik Reinhausen GmbH w zakresie układów regulacji napięcia oraz osprzętu transformatorów, wspieranymi przez technologię cyfrową.

Transformacja energetyczna, ze szczególnym uwzględnieniem zwiększenia udziału rozproszonej generacji energii z odnawialnych źródeł, stawia przed operatorami systemu energetycznego nowe i coraz większe wyzwania. Warsztaty koncentrowały się na prezentacji



Przedstawiciele Maschinenfabrik Reinhausen GmbH.  
Od lewej: Franco Pizzutto, Janusz Szczechowski, Herbert Schubert, Thomas Pest

Ponadto, uczestnicy mieli okazję zapoznać się z zintegrowanym systemem operacyjnym ETHOS, który otwiera nowe możliwości w zakresie monitorowania stanu technicznego transformatorów mocy. Dzięki narzędziom analitycznym system ETHOS umożliwia analizę danych z wielu sensorów i układów monitoringu, tworząc holistyczny obraz stanu technicznego transformatora. System samodzielnie filtruje sygnały nieistotne ograniczając liczbę fałszywych alarmów, a w przypadku zdarzeń wymagających interwencji podpowiada operatorowi odpowiednie działania do podjęcia.

W spotkaniu wzięli udział przedstawiciele: PGE Dystrybucja S.A., Tauron Dystrybucja S.A., Energa Operator S.A.; Enea Operator S.A., Stoen Operator Sp. z o.o. oraz Veolia Energia Polska S.A.

Organizatorem warsztatów była Trafo-Technika Sp. z o.o.

# Nie tylko elektryka – zwiedziliśmy pałac Karola Poznańskiego

Małgorzata Höffner  
Koło Terenowe nr 2

W dniu 13 lutego 2024 r. zwiedziliśmy pałac Karola Poznańskiego, w którym mieści się obecnie siedziba główna Akademii Muzycznej im. Kiejstuta i Grażyny Bacewiczów w Łodzi. Wycieczka została zorganizowana dla członków Oddziału Łódzkiego SEP przez Koło Terenowe nr 2. w celu poznania historii i obejrzenia zrewitalizowanych wewnątrz jednego z najpiękniejszych secesyjnych budynków pofabrykanckich w Łodzi. W trwającej 2 godziny wycieczce uczestniczyły 33 osoby, w tym 28 członków naszego Oddziału i 5 osób towarzyszących.

Z satysfakcją odnotowaliśmy obecność prezesa Oddziału Przemysła Tabaki oraz dyrektora Biura Anny Grabiszewskiej.

Oprowadzał nas Paweł Wołowicz, absolwent Akademii Muzycznej z klasy fortepianu, który obecnie kieruje biurem promocji uczelni. Wyczerpująco, ze szczegółami opowiadał o architekturze zwiedzanych

pomieszczeń, pokazywał detale, a nawet grał na zabytkowych fortepianach z XIX wieku. Akademia Muzyczna jest w posiadaniu najstarszego na świecie fortepianu marki Bechstein.

Projektantem pałacu był znany architekt Adolf Zeligson. Monumentalny budynek w stylu eklektycznym znajduje się na południowo-wschodnim rogu skrzyżowania obecnych ulic Gdańskiej i 1 Maja (niegdyś ul. Długiej i Pasażu Schultza) i zachował się do dzisiaj w niezmienionej formie. Elementem charakterystycznym jest widoczna ze skrzyżowania kopuła nakrywająca narożny, półokrągły ryzalit. Rezydencja ma kształt podkowy otwartej na ogród. Budynek jest jednopiętrowy, z suterenaми, wysokim parterem i mieszkalnym poddaszem, na którym obecnie mieszczą się sale ćwiczeń. We wnętrzach możemy znaleźć mieszaninę stylów architektonicznych: włoski renesans, barok, secesję. Paradna klatka schodowa z barokową balustradą ozdobiona jest oryginalnym witrażem przedstawiającym boginię Floreę.

Ciekawostką jest fakt, że już na etapie projektowania i budowy w latach 1904–1908 budynek wyposażono w instalację elektryczną oraz centralne ogrzewanie (jako jeden z pierwszych w Łodzi). Istniały już





wówczas plany elektryfikacji miasta, gdyż w roku 1900 koncesję na budowę elektrowni miejskiej otrzymała firma Siemens&Halske. Elektrowni nie wybudowała, a koncesję na przedsięwzięcie odstąpiła Petersburskiemu Towarzystwu Oświetlenia Elektrycznego. We wrześniu 1907 roku wybudowana przy ul. Targowej elektrownia rozpoczęła dostarczanie energii elektrycznej, dzięki układanej od maja 1906 r. sieci niskiego napięcia. Możemy podejrzewać, że jednym z odgałęzień głównego kabla, poprowadzonego wzdłuż ul. Piotrkowskiej od Katedry do Starego Rynku, zasilany był pałac Karola Poznańskiego. Nie istniała jeszcze wówczas elektrownia w kompleksie fabrycznym Izraela Poznańskiego przy ul. Ogrodowej, choć w wielu obiektach fabrykancich działały lokalne generatory, a od 1887 r. w podziemiach budynku obecnego Grand Hotelu istniała elektrownia tymczasowa.

Podczas zwiedzania zobaczyć można liczne wspaniałe żyrandole w stylu empire, które zostały z pietyzmem odtworzone przy rewitalizacji. Motywy z żyrandoli powtarzają się na plafonach sufitu oraz prze-

pięknymi drewnianymi posadzkami mozaikowymi wykonanych z kilku rodzajów drewna. Razem z wykończeniem ścian i otworów stanowi to przepiękną kompozycję. W pałacu znajdują się dekoracyjne atrapy kominków, dodając szyku wystrojowi poszczególnych pomieszczeń o charakterze reprezentacyjnym.

Zwiedziliśmy pomieszczenie recepcyjne, salę balową, paradną jadalnię, salon zwany salą pistacjową, amfiladowy zespół prywatnych pomieszczeń żony Karola – Felicji z d. Osser złożony z buduaru, garderoby, antyszambru i łazienki, przepiękną klatkę schodową, hol główny.

Zdobienia poszczególnych pomieszczeń wykonane są z 24 karatowego złota – jak za czasów dawnych właścicieli. „Wisienką” na tym historycznym „torcie” jest przepięknie odrestaurowany ogród zimowy z fontannami i precudnym przeszkleniem, w którym niegdyś zamontowane były wypukłe szyby. W oranżerii odtworzono oryginalny system cyrkulacji wody w fontannach i basenie.

Budynek i wiele detali wystroju oraz wyposażenia zachowały się dzięki temu, że w czasach II wojny światowej mieściła się w nim Niemiecka Miejska Szkoła Muzyczna. Natomiast natychmiast po wyzwoleniu rozgościła się tam Szkoła Filmowa wraz z Państwowym Konserwatorium Muzycznym, w którym zajęcia rozpoczęły się już 24 marca 1945 r.



Akademia Muzyczna w Łodzi w przyszłym roku będzie obchodziła swoje osiemdziesiąte urodziny. Zabytkowy pałac, w którym się mieści, ma już 115 lat. Dostosowane do potrzeb koncertowych, zrewitalizowane pomieszczenia są reprezentacyjną wizytówką naszego miasta. Warto zwiedzić ten wyjątkowy obiekt, ale warto też posłuchać koncertów, które się w nim odbywają. Na wiele z nich wstęp jest za darmo lub za symboliczną opłatą.



Czas spędzony w pałacu Karola Poznańskiego upłynął nam niepostrzeżenie. Uczestnicy bardzo pozytywnie ocenili wycieczkę.

Foto: Małgorzata Höffner, Karolina Höffner

Źródła:

[www.lodz-future.eu](http://www.lodz-future.eu) [www.zabytek.pl](http://www.zabytek.pl)

[www.amuz.lodz.pl](http://www.amuz.lodz.pl)

# Spotkanie w Dworku

Janusz Jabłoński  
Koło SEP przy Veolia Energia Łódź S.A.

Na noworocznej imprezie w formie zebrania otwartego koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A. spotkaliśmy się w Dworku na Chojnach – zabytkowym dworze Benedykta Górskiego, zbudowanym na przełomie XVIII i IX wieku we wsi Chojny. Do 1945 roku budynek był własnością Franciszka Zimmermana.

Spotkanie otworzył prezes koła Gabriel Kowalczyk. Następnie Andrzej Wojtczak odczytał protokół z ostatniego zebrania koła. Prezes omówił organizowane w 2023 roku przez zarząd koła wycieczki techniczne dla członków SEP.



W dniu 18 kwietnia 2023 r. wycieczkę do Kopalni Soli w Kłodawie i do Łęczycy przygotował i poprowadził Gabriel Kowalczyk. Dwie wycieczki po elektrowniach wodnych na rzece Ner wymyślił i organizował w czerwcu i lipcu Jacek Kuczkowski. Kolejną, w dniach 11–13 września, na zlecenie Zarządu Oddziału, jak co roku, na 36. Międzynarodowe Targi Energetyczne Energetab w Bielsku-Białej zorganizował Gabriel Kowalczyk przy wsparciu Stanisława Burdy.

Relacje z tych imprez zamieszczono w kolejnych numerach biuletynu: 2/2023, 3/2023 i 4/2023.

Nasi koledzy uczestniczyli, z sukcesem, w konkursie fotograficznym Oddziału Łódzkiego, którego celem było ukazanie w formie fotografii piękna i walorów historycznych Łodzi.

Następnie Janusz Jabłoński odczytał poniższy fragment wspomnień ostatniego przed II wojną światową i pierwszego po wojnie prezesa Oddziału Łódzkiego SEP Czesława Dąbrowskiego.



## WSPOMNIENIA UCZNIĄ Z PIERWSZYCH LAT SZKOŁY (1906–1914)<sup>1</sup>

Pierwszy rocznik opuścił mury naszej uczelni, po ukończeniu ośmiu klas, w 1911 roku. Maturę otrzymało 6 uczniów. W 1914 roku było wraz ze mną 11 maturzystów.

W otrzymanym przeze mnie świadectwie ukończenia nauki podana w tytule nazwa Szkoły ma następujące ujęcie: „8-klasowa męska szkoła prywatna utrzymywana przez Towarzystwo „Uczelnia” kursem gimnazjów męskich Ministerjum Oświaty m. Łodzi”. W świadectwie wymienione są kolejno następujące przedmioty lub ich grupy, ocenione stopniami: religia, polski z literaturą, rosyjski z literaturą, łaciński, francuski, niemiecki, historia, prawoznawstwo, logika i psychologia, matematyka/arytmetyka, algebra, geometria, trygonometria, zasady geometrii analitycznej, fizyka, kosmogrofia, przyrodoznawstwo/botanika, zoologia, biologia/higiena, geografia, rys rysu i kreślenie. Oceniane to było 16 stopniami. Plan zajęć na skutek nacisku władz nie zezwalał na naukę historii i geografii Polski, wobec czego wydzielono na nie potajemnie część godzin z języka polskiego.

Jak wynika z powyższego zestawienia, uczyliśmy się do pięciu języków. Nie był wtedy „modny” język angielski. W starszych klasach lekcje języków: rosyjskiego, francuskiego i niemieckiego prowadzili nauczyciele cudzoziemcy o dużej wiedzy. Dzięki temu uczniowie nabywali znacznej wprawy w czytaniu, pisaniu i w mowie. Ułatwiało to naukę w uczelniach zachodnich i umożliwiało korzystanie z obcej literatury.

Sprawy natury dydaktycznej i wychowawczej uległy znacznej poprawie po objęciu w 1912 roku kierownictwa Szkoły przez dyrektora Jana Czeraszewicza. Wymagania zaczęły wzrastać, a oceny wiadomości uczniów przez nauczycieli nie sięgały zbyt łatwo, do górnej granicy skali ocen.

Wzrastające represje rosyjskich władz oświatowych powodowały częste kontrole Szkoły, podczas których sprawdzano głównie znajomość języka

<sup>1</sup> Tekst wspomnień przytoczono z książki „NASZ WIEK. Gimnazjum i Liceum im. Mikołaja Kopernika w Łodzi, 1906–2006”. Zarys historyczny. Łódź 2006.



Czesław Dąbrowski.

Spotkanie w Szkole członków Stowarzyszenia Wychowanków (początek lat siedemdziesiątych).

rosyjskiego. W pewnym okresie zażądano nawet prowadzenia nauki historii i geografii po rosyjsku. Ilustracją tego niech będzie fakt tkwiący mi w pamięci dotychczas fragment pobytu w Szkole wizytatora z ministerstwa oświaty w Petersburgu. Przyszedł ze swą żoną i z dyr. Czaraszkiwiczem do mojej klasy na lekcje fizyki i zażądał, aby prof. Edward Zawadzki „wyrwał” do tablicy jednego z uczniów, który na zadane pytania ma odpowiadać po rosyjsku. Muszę tu nadmienić, że wiadomości z fizyki (nauczanej po polsku) uzupełniałem w domu z dobrego podręcznika rosyjskiego (fizyka i matematyka miały wówczas dość wysoki poziom w szkolnictwie rosyjskim). Wizytator zapytał, co powstanie na palcu ręki po dotknięciu nim gorącego żelaza. Odrzekłem natychmiast „puzyrkiok” (pęcherzyk). Na prośbę o wyjaśnienie odpowiedziałem płynnie po rosyjsku, że strumień ciepła przepływa gwałtownie przez małą powierzchnię dotyku, co spowoduje oparzenie. Drugie pytanie dotyczyło dotknięcia palca do bryły lodu o bardzo niskiej temperaturze. Wyjaśniłem, że objawy będą podobne, gdyż ciepło przejdzie wtedy od palca do bryły.

Wizytator zakończył: „Dosyć. Bardzo dobrze” po czym wyszedł ze żoną z klasy. Odetchnęliśmy wszyscy. Po opuszczeniu szkoły przez przybyłych spotkał mnie dyr. Czaraszkiwicz, uściśnął rękę i powiedział: „Dąbrowski, uratowałeś nam Szkołę”. Musiał być bardzo przejęty dyrektorem, dbały o dobro Szkoły, jeżeli wypowiedział te miłe dla mnie słowa.

W pewnym okresie należałem w Szkole do zespołów: orkiestry smyczkowej, chóru i gimnastyki. Po uzyskaniu odpowiednich wyników chór i zespół gimnastyczny występowały niekiedy na zewnątrz.

Pod koniec mojej nauki w Szkole na horyzoncie politycznym, coraz częściej widoczne były błyski nadciągającej burzy, wywołane głównie przez potęgę, które przed wielu laty występowały zgodnie przeciw Polsce. Napięcia wzrastały, zwiększały się zbrojenia. Wybuch wojny nastąpił 1 sierpnia 1914 roku.

Nie zdążyłem wyjechać na studia za granicę. Rozpocząłem naukę w polskiej politechnice w Warszawie, uruchomionej w listopadzie 1915 roku. Przed wyjazdem do Warszawy musiałem uzyskać, po długim oczekiwaniu, zgodę policyjnych władz niemieckich. Dzięki dobremu wdrożeniu do pracy w szkole, szczególnie w ostatnich klasach, oraz gruntownemu przygotowaniu z matematyki i z fizyki wyniki moje z tych przedmiotów w politechnice, mimo półtorarocznej przerwy, były bardzo dobre.

Mimo trudności, które trzeba było przeżywać prawie podczas całego okresu nauki, mimo różnych trosk i niewygód, wpływających na naukę, muszę wyrazić po wielu latach od opuszczenia murów uczelni, słowa najwyższego zadowolenia iż uczęszczałem do naszej Szkoły. Wychowała ona w ciężkich wówczas warunkach młodzież na dzielnych obywateli, dawała duży zasób wiadomości, wzmacniała uczucia patriotyczne w okresie ponurej niewoli państwowej.

Czesława Dąbrowskiego wspominali jego studenci Jacek Kuczowski i Władysław Szymczyk.

Spotkanie upłynęło w sympatycznej i koleżeńskej atmosferze, a odbyło się przy wsparciu finansowym OŁ SEP.

Foto: Jerzy Bogacz

## XXIV Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka Gdańsk, 9-12 listopada 2023 r.

Marcel Pawlik  
Studenckie Koło SEP im. prof. Michała Jabłońskiego  
przy Politechnice Łódzkiej

W dniach 9–12 listopada ubiegłego roku odbyła się już XXIV edycja Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka (ODME), mająca miejsce w stolicy stoczni – Gdańsku.

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”. W tym roku wydarzenie to było jeszcze większe, ze względu na połączenie ODME oraz Gdańskich Dni Elektryki.

Dzięki wsparciu ze strony Oddziału Łódzkiego SEP, nasze koło było reprezentowane przez czteroosobową delegację.

Oficjalne rozpoczęcie wydarzenia odbyło się w czwartek, 9 listopada o godzinie 9 na Politechnice Gdańskiej. Uczestnicy ODME zostali ciepło przywitani i przyjęci przez gospodarzy oraz przedstawicieli sponsorów wydarzenia takich jak: Orsted Polska OF Services, Elmech-ASE, Seaonics Polska oraz Sonel. Po przywitaniach firm, głos zabrał przedstawiciel Zarządu Głównego SEP, a następnie prezes Oddziału Gdańskiego.

W ramach zakończenia oficjalnej części odbywały się interesujące wykłady: inauguracyjny o rozwoju energetyki jądrowej w kraju, a następnie



o sytuacji energetycznej w Polsce, regulacji dużej mocy farm fotowoltaicznych, wpływie projektowania linii HVDC Północ-Południe i wiele innych.



*Zebranie Studenckiej Rady Koordynacyjnej*

Dla uczestników ODME nie był to jednak koniec, ponieważ po wszystkich prezentacjach odbyła się teoretyczna część „Ligi Elektryka”, w której udział wzięli wszyscy uczestnicy wydarzenia oraz debata z przedstawicielem Zarządu Głównego dotycząca aktualnej sytuacji młodzieży w akademickich kołach. Równolegle do części teoretycznej odbywało się również pierwsze posiedzenie Centralnej Komisji Młodzieży SEP.

Następnym punktem zwieńczającym cały, zdecydowanie pełen wrażeń dzień, było zakwaterowanie w hotelu Mercure oraz integracja młodzieży w gdańskim lokalu Fahrenheit przy ul. Długiej.

Drugi dzień „odmowicze” rozpoczęli od śniadania hotelowego, a następnie wybrali firmę partnerską, do której udadzą się na przewidziane szkolenie. Delegacja Oddziału Łódzkiego zdecydowała się odwiedzić Laboratorium LINTE 2 (Laboratorium Innowacyjnych Technologii Elektroenergetycznych i Integracji Odnawialnych Źródeł Energii), gdzie uczestnicy mieli okazję zobaczyć, jak działa w praktyce imponująco rozległy oraz rozbudowany system SCADA.



*Stary oraz nowy Zarząd Studenckiej Rady Koordynacyjnej*

Po wycieczkach delegaci zjedli pyszny i ciepły posiłek w lokalnym barze mlecznym Stągiewna, zlokalizowanym przy głównej ulicy Gdańska. Już na obiedzie dawało się odczuć panujące w powietrzu napięcie i stres przed nadchodzącą częścią praktyczną zmagania w „Lidze Elektryka”. W tym roku jednak gospodarze bardzo zaskoczyli wszystkich, gdyż częścią praktyczną było Case-Study zaproponowane przez sponsorów wydarzenia. Problemy związane z branżami firm były wyzwaniem i okazały się dużo głębsze niż niejeden uczestnik mógł pierwotnie myśleć, dlatego reprezentacji Oddziału Łódzkiego, czyli kol. Adamowi Sztamborskiemu oraz kol. Jakubowi Farejowi tym bardziej należą się ogromne gratulacje.

Uczestnicy po skończeniu testu mogli udać się komunikacją miejską do miejsca zakwaterowania, by następnie wziąć udział w ostatnim posiedzeniu Studenckiej Rady Koordynacyjnej, w której skład wchodził

prezes Studenckiego Koła przy Politechnice Łódzkiej, kol. Marcel Pawlik. W trakcie zebrania przeprowadzono również szkolenie dotyczące pozyskiwania nowych środków do projektów realizowanych przez środowiska akademickie. Ostatnie zebranie oczywiście nie mogło obyć się bez wybrania nowego Zarządu SRK, w którym aktualnie są: kol. Zuzanna Mielnik z Oddziału Krakowskiego jako przewodnicząca, kol. Anita Malicka z Oddziału Poznańskiego oraz kol. Wojciech Jaszcz jako sekretarza. Jeszcze raz serdecznie gratulujemy i życzymy powodzenia. Drugi dzień zakończył się integracją uczestników Gdańskich Dni Elektryki oraz ODME w klubie „Bunkier”.

Trzeciego dnia, po porannym posiłku, szykującym uczestników na dzień pełen wrażeń, nadeszła chwila na zwiedzanie atrakcji Trójmiasta: Akwarium Gdyńskiego, Sopotckiej Galerii Sztuki oraz Europejskiego Centrum Solidarności w Gdańsku. Po wycieczkach oraz marszu z okazji święta 11-go listopada delegaci udali się na posiłek obiadowy, ponownie w barze mlecznym Stągiewna, by zregenerować siły przed szkoleniem z umiejętności miękkich w hotelu oraz samym uroczystym bankietem.



*Marsz z okazji Święta Niepodległości w Gdańsku.*

W trakcie bankietu ogłoszono miejsce, w którym odbędą się następne, XXV Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka, przedstawiono wyniki konkursów stypendialnych Zarządu Głównego oraz podium „Ligi Elektryka”. Reprezentacja Oddziału Łódzkiego zajęła trzecie miejsce, tym samym kultywując tradycję Łodzi na podium, drugie miejsce zajęli delegaci z Oddziału Szczecińskiego, a pierwsze miejsce przypadło delegacji z reaktywowanego akademickiego Koła Uniwersytetu Zielonogórskiego.



*Podium w Lidze Elektryka*

W imieniu swoim, jak i wszystkich delegatów ze studenckiego koła, chcielibyśmy serdecznie podziękować Oddziałowi Łódzkiemu SEP za umożliwienie nam wyjazdu na tak niesamowite wydarzenie, jakimi są Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka, wierzę w nas, jak i nasze umiejętności.



# 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**

# ZAPLANUJ JUŻ DZIŚ!

# SAVE THE DATE!

## Konferencja

# TRAFO <sup>2024</sup>

### "Niezawodność i bezpieczeństwo eksploatacji transformatorów"

Wrocław, 12-14 czerwca 2024 r.

Hotel HP Park Plaza \*\*\*\*

Rejestracja i warunki uczestnictwa na: [trafo.ecol.eu](https://trafo.ecol.eu)

Zgłoszenia referatów  
do 31 marca

### Partnerzy Konferencji:

Patronat Naukowy:



Politechnika Łódzka



Politechnika  
Wroclawska

Patronat Techniczny:



Stowarzyszenie Elektryków Polskich  
Oddział Łódzki

Partner Strategiczny:



Shell Polska Sp. z o.o.

Partnerzy Technologiczni Konferencji:



Maschinenfabrik Reinhausen  
GmbH

PET

Powered by KONČAR D&T

Power Engineering Transformatory  
Sp. z o.o.

### Organizatorzy konferencji:



# TRAFO TECHNIKA

Z NAMI MOŻESZ MIEĆ PEWNOŚĆ

ODBIORY FABRYCZNE

---

NADZORY NAD PRODUKCJĄ

---

EKSPERTYZY POAWARYJNE

---

OCENY STANU TECHNICZNEGO

---

ZAAWANSOWANA DIAGNOSTYKA



[www.trafo-technika.pl](http://www.trafo-technika.pl)