



BIULETYN

TECHNICZNO-INFORMACYJNY

Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 1/2019 (84)

ISSN 2082-7377

Marzec 2019



Statuetka
z okazji 100-lecia
Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Bal Elektryka 2019



26 stycznia 2019 r., Łódź, Dwór Artusa

BIULETYN TECHNICZNO- INFORMACYJNY OŁ SEP

Wydawca:

Zarząd Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

90-007 Łódź

pl. Komuny Paryskiej 5a,
tel./fax 42-632-90-39, 42-630-94-74

Konto:

Bank Zachodni WBK SA XV O/Łódź
nr 21 1500 1038 1210 3005 3357 0000

e-mail: sep@seplodz.pl
www.seplodz.pl

Komitet Redakcyjny:

mgr inż. Andrzej Boroń
dr hab. inż. Andrzej Dębowski, prof. UTP
mgr Anna Grabiszewska – sekretarz
dr inż. Adam Ketner
inż. Katarzyna Kolanek
dr inż. Tomasz Kotlicki
mgr inż. Jacek Kuczkowski
dr inż. Wojciech Łyżwa
prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński
dr hab. inż. Paweł Różga
– przewodniczący
dr inż. Artur Szczyński
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.

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: Drukarnia BiK Marek Bernaciak

95-070 Antoniew, ul. Krucza 21
tel. 42-676-07-78

Nakład: 350 egz.

ISSN 2082-7377

- **Wpływ niedopasowania widmowego luksomierzy na dokładność wykonywanych pomiarów natężenia oświetlenia**
– P. Tabaka, I. Fryc 2
- **Włókiennicze materiały barierowe chroniące przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM)**
– B. Wiśniewski, B. Filipowska, E. Wilk 7
- **Diagnostyka DGA transformatorów w eksploatacji w aspekcie kwalifikowania do remontu lub wymiany transformatora**
– R. Modrak 10
- **Nowe tendencje w elektroenergetyce krajów rozwiniętych**
– J. S. Zieliński 16
- **Nagroda Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla Pawła Różgi** 18
- **Gala 50-lecia EC3**
– A. Boroń 18
- **Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP**
– A. Grabiszewska 20
- **Akcenty łódzkie na spotkaniu wigilijnym SEP w Warszawie**
– A. Grabiszewska 22
- **Rozstrzygnięcie Konkursu na najlepszą pracę dyplomową magisterską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej** 24
- **Projekt i realizacja układu sterowania linii produkcyjnej z wykorzystaniem sterowników PLC**
– D. Sitek 25
- **Badanie i implementacja algorytmów detekcji drogi przy wykorzystaniu cyfrowego przetwarzania obrazów**
– Ł. Folwarczyk 27
- **Oprogramowanie do planowania misji i koordynacji współpracy heterogenicznych robotów mobilnych**
– A. Węgierska 28
- **Reaching law based discrete time sliding mode control of dynamical systems (Dyskretne ślizgowe sterowanie obiektami dynamicznymi z zastosowaniem predefiniowanych przebiegów zmiennej przełączającej)**
– K. K. Adamiak 29
- **Detekcja wczesnych stadiów chorób wśród zwierząt hodowlanych przy wykorzystaniu termografii oraz statystycznych metod przetwarzania danych**
– P. Kielanowski 30
- **Analiza pojemnościowego sprzężenia zwrotnego w interfejsach biosensorycznych**
– K. Kwiatek 31
- **I Podlaskie Dni Młodego Elektryka**
– P. Seta, A. Śmigieński 35
- **III Edycja Konkursu Wiedzy o Stowarzyszeniu Elektryków Polskich z okazji 100-lecia SEP** 36

Zachęcamy do korzystania z programu rabatowego dla członków SEP posiadających nowe legitymacje członkowskie.

Szczegóły na stronie internetowej Oddziału Łódzkiego SEP

www.seplodz.pl

po kliknięciu na poniższy banner

EURC **rabat**
dla posiadaczy legitymacji SEP

Wpływ niedopasowania widmowego luksomierzy na dokładność wykonywanych pomiarów natężenia oświetlenia

dr inż. Przemysław Tabaka
Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki
dr hab. inż. Irena Fryc
Politechnika Białostocka, Katedra Elektroenergetyki,
Fotoniki i Techniki Świetlnej

1. Wstęp

Wyznaczanie parametrów technicznych źródeł światła i oświetlanych obiektów jest przedmiotem zainteresowania metrologii techniki świetlnej. Pomiar wielkości świetlnych stały się popularną praktyką w różnych dziedzinach życia, począwszy od fotografii, a na aplikacjach przemysłowych kończąc. Konieczność przeprowadzania tego rodzaju pomiarów nie wynika jedynie z doraźnych potrzeb producentów czy projektantów oświetlenia, ale jest także efektem wynikającym z regulacji prawnych. Na terenie Polski rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [10] zobowiązuje pracodawców do przeprowadzania pomiarów i oceny parametrów jakości oświetlenia w środowisku pracy. Zgodnie z wymaganiami zawartymi w tym rozporządzeniu pracodawca zobowiązany jest do zapewnienia oświetlenia elektrycznego o parametrach zgodnych z wymaganiami Polskich Norm [7]. Najczęściej weryfikowana jest wartość natężenia oświetlenia przy użyciu luksomierza. Zaleca się, aby używane luksomierze były wyzorcowane przez akredytowane laboratorium wzorcujące, tj.

takie, w których kalibracja luksomierzy jest przeprowadzana zgodnie z wymaganiami zawartymi w dokumencie ISO/IEC 17025:2005 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”. W Polsce przepisy metrologiczne dotyczące luksomierzy zawarte są w zarządzeniu nr 31 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 30 marca 1995 roku. W dokumencie tym zamieszczone jest stwierdzenie, że luksomierze muszą odpowiadać wymaganiom zawartym w: Publikacji CIE 69–1987 Methods of Characterizing Illuminance Meters and Luminance Meters [2], PN 83/E–04040 Pomiary fotometryczne i radiometryczne - Pomiar natężenia oświetlenia [9], PN 90/E–01005 Technika świetlna. Terminologia [8].

2. Konstrukcja i parametry luksomierzy

Istnieje wiele konstrukcji tego typu mierników. Przykładowe zdjęcia luksomierzy różnych producentów zamieszczono na rysunku 1. Wobec faktu, że artykuł nie stanowi rekomendacji produktów jakiegokolwiek firmy, miejsca za podaną nazwą producenta oraz symbolem luksomierza przesłonięto czarnym prostokątem. Ogólnie rzecz biorąc, w każdym luksomierzu można wyróżnić dwa (połączone ze sobą elektrycznie) zasadnicze elementy: głowicę fotometryczną (1) oraz miernik prądu (rzadziej napięcia) fotoelektrycznego wyskalowany w luksach (2). Historycznie rzecz ujmując



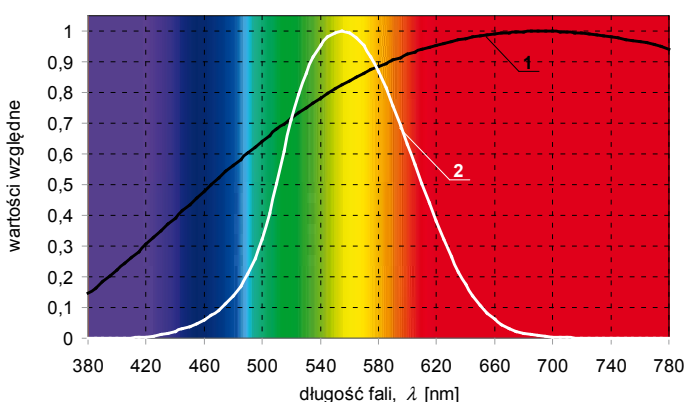
Rys. 1. Zdjęcia przykładowych luksomierzy: a) miernik analogowy, b) – j) mierniki cyfrowe, 1 – głowica fotometryczna, 2 – miernik prądu (rzadziej napięcia) fotoelektrycznego wyskalowany w luksach

jąc pierwsze luksomierze były miernikami analogowymi. Urządzeniem odczytowym była wskazówka umieszczona nad tarczą z naniesioną podziałką (rys. 1a). Na tarczy podziałkowej producenci zamieszczali symbol wielkości mierzonej. Przyrząd wyposażony jest w przełącznik zakresów. Każdej pozycji przełącznika odpowiada cyfra oznaczająca zakres mierzonego natężenia oświetlenia (w przypadku miernika zamieszczonego na rysunku 1a są to: 5, 15, 50, 150, 500, 1500, 5000, 15 000, 50 000, 150 000).

Szybki rozwój elektroniki spowodował, że obecnie produkowane są w zasadzie wyłącznie luksomierze cyfrowe. Wskazują one wartość zmierzoną bezpośrednio (w postaci liczby), bez potrzeby mnożenia liczby działek (co miało miejsce w przypadku mierników analogowych) przez odpowiednią stałą, która wynikała z nastawionego zakresu.

Zazwyczaj głowica fotometryczna luksomierza nie jest zintegrowana z miernikiem (rys. 1a – 1h). Rozwiązanie to umożliwia podczas przeprowadzania pomiarów odsunięcie głowicy, przez co możliwe jest uniknięcie zasłaniania jej przez osobę dokonującą odczytu wyniku pomiaru. Konstrukcje luksomierzy zamieszczone na rysunkach 1i oraz 1j nie są preferowane podczas przeprowadzania profesjonalnych pomiarów natężenia oświetlenia.

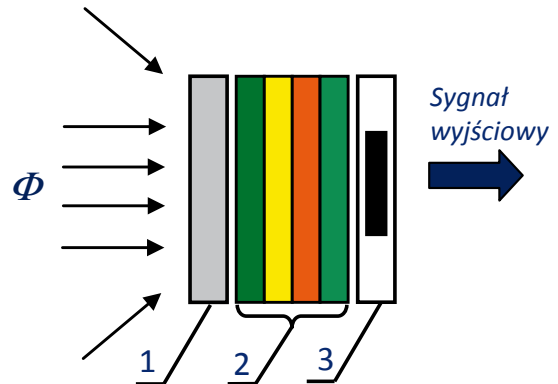
Wszystkie luksomierze wykorzystywane do profesjonalnych pomiarów natężenia oświetlenia muszą spełniać szereg wymagań. Wobec faktu, że pomiary fotometryczne (do których zalicza się m.in. pomiar natężenia oświetlenia) dotyczą zjawisk odbieranych przez ludzkie oko, dlatego też widmowa czułość fotoogniwa na padające na jego powierzchnie promieniowanie (o różnym rozkładzie widmowym) powinna być taka, jak czułość ludzkiego oka. Oczywiście przebiegi czułości widmowej u poszczególnych osób nie są identyczne (zależą od indywidualnych cech narządu wzroku człowieka), dlatego też Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa CIE (fr. *Commission Internationale de l'Eclairage*) przyjęła zunifikowane wartości względnej czułości oka $V(\lambda)$ przy widzeniu dziennym (fotopowym). W takich warunkach oko ludzkie największą czułość wykazuje dla promieniowania o długości fali 555 nm. Taki obserwator, którego krzywa względnej czułości widmowej zgodna jest z krzywą $V(\lambda)$ dla widzenia dziennego, w terminologii techniki świetlnej nazywany jest obserwatorem fotometrycznym CIE normalnym. A zatem jednym z podstawowych wymagań stawianym luksomierzom jest dopasowanie czułości ogniwa (w które wyposażony jest luksomierz) do krzywej czułości obserwatora fotometrycznego CIE normalnego (rys. 2.).



Rys. 2. Krzywe czułości widmowej: 1 – fotoogniwa krzemowego, 2 – obserwatora fotometrycznego CIE normalnego

Spotykane są też luksomierze na bazie smartfonów, ale są to jedynie wskaźniki, a nie przyrządy pomiarowe [4]. Częścią składową głowicy pomiarowej luksomierza jest detektor fotoelektryczny. Detektor ten powinien zapewniać niezmiennosc swoich parametrów w czasie eksploatacji miernika. W związku z czym stosuje się detektory krzemowe. Jednakże czułość widmowa detektorów krzemowych (rys. 2.) w znacznym stopniu

odbiega od wymaganej czułości widmowej luksomierza $V(\lambda)$. W związku z tym, luksomierze w swej konstrukcji zawierają filtr korekcji widmowej (rys. 3.). Zgodność wskazań miernika z kosinusem kąta padania światła zapewnia w luksomierzu element rozpraszający (oznaczony cyfrą 1 na rysunku 3.).



Rys. 3. Elementy składowe typowej głowicy fotometrycznej luksomierza: 1 – element korekcji przestrzennej, 2 – zestaw filtrów absorpcyjnych korekcji widmowej, 3 – detektor

3. Parametry techniczne luksomierzy

Obecnie w ofertach handlowych dostępne są luksomierze w cenach, które różnią się między sobą o rzędy wielkości. Oczywiście jest, że przyrządy oferowane w niskiej cenie cieszą się dużym zainteresowaniem kupujących. Bardzo często ich koszt jednostkowy jest niższy od ceny wzorcowania. W związku z tym należy szczególną uwagę zwracać na parametry techniczne oferowanych przyrządów. Standard ISO/CIE 19476:2014 „Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters” [3] wskazuje na 18 wielkości charakteryzujących jakość luksomierzy. Jednymi z istotniejszych wymagań dotyczących luksomierzy [5, 6] są wartości błędów korekcji widmowej f_1' oraz błędów f_1 wynikających z różnic w rozkładzie widmowym źródła mierzonego i kalibracyjnego.

Błąd niedopasowania widmowego f_1'

W praktyce nie ma możliwości idealnego skorygowania detektora do wymaganej krzywej czułości widmowej. A zatem, chcąc za pomocą jednej liczby opisać stopień niedopasowania luksomierza do wymaganej krzywej czułości widmowej Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa CIE wprowadziła parametr f_1' (równanie 1.), będący miarą niedopasowania czułości luksomierza do krzywej $V(\lambda)$. Wielkość f_1' definiowana jest przy kalibrowaniu luksomierza iluminatorem A , tj. źródłem żarowym o $T_b = 2856$ K. Względne rozkłady widmowe iluminantu A oraz lamp żarowych zamieszczono na rysunku 4.

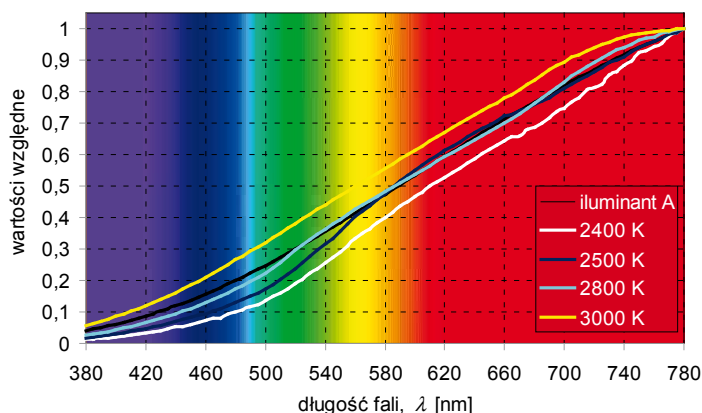
$$f_1' = \frac{\int_{380}^{780} E_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} E_A(\lambda) S(\lambda) d\lambda} \cdot \frac{\int_{380}^{780} V(\lambda) d\lambda}{S(\lambda) - V(\lambda)} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

$E_A(\lambda)$ – względny rozkład widmowy mocy promieniowania, przy którym przeprowadzono wzorcowanie głowicy fotometrycznej,

$V(\lambda)$ – wymagana względna czułość widmowa głowicy fotometrycznej,

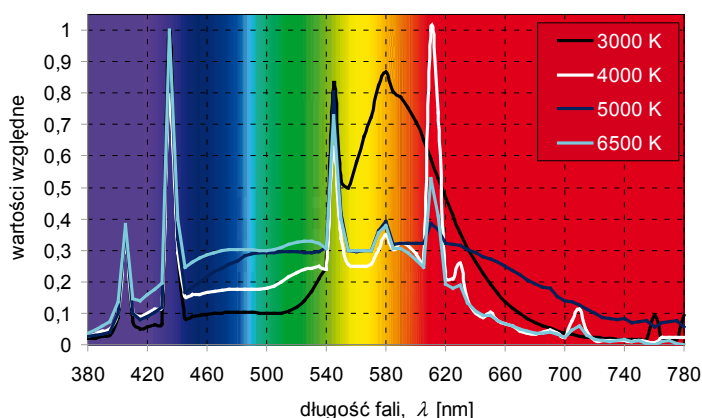
$S(\lambda)$ – względna rzeczywista czułość widmowa głowicy fotometrycznej.



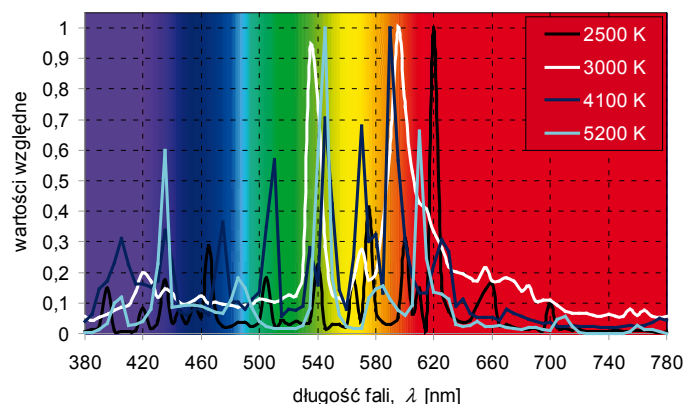
Rys. 4. Względny rozkład widmowy mocy promienistej iluminantu A oraz lamp żarowych (INC) o różnych mocach

Luksomierze klasy laboratoryjnej to takie, których wartość błęd $f_1' \leq 1,5\%$. Dla wartości f_1' powyżej 1,5%, ale nie przekraczającej 3%, luksomierz określany jest jako bardzo dobrej jakości – klasy A. Dla mierników średniej jakości, tj. takich, których wartość błęd f_1' zawiera się w granicach od 3% do 6% przyjmuje się klasę B. Natomiast klasa C dotyczy luksomierzy których wartość błęd f_1' zawiera się pomiędzy 6% a 9%. Do weryfikacji parametrów natężenia oświetlenia na ogół używa się luksomierze klasy B lub C.

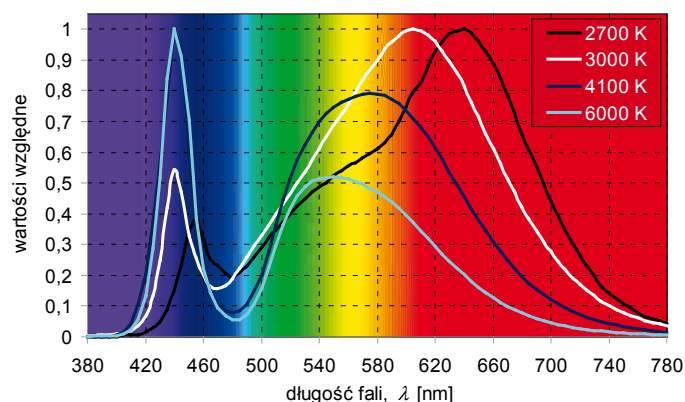
Warto jednak pokreślić, że luksomierze nie są używane jedynie do pomiarów jakości oświetlenia pochodzącego od źródeł światła, przy którym były kalibrowane. Współcześnie do oświetlania wnętrz (pomijając gospodarstwa domowe), z uwagi na niską skuteczność świetlną, w zasadzie nie stosuje się już żarowych źródeł światła (rys. 4). Ich miejsce zajęły bardziej wydajne lampy, do których zalicza się źródła wyładowcze (rys. 5., rys. 6.) oraz coraz częściej stosowane diody elektroluminescencyjne LED [1] (rys. 7). Rozkłady widmowe promieniowania emitowanego przez współczesne źródła światła, z uwagi na inny sposób wytwarzania światła, mają odmienny charakter niż w przypadku źródeł temperaturowych. W efekcie różnią się one znacznie od tego, przy którym przeprowadzono wzorcowanie luksomierza. Jest to źródłem błęd pomiarowego określanego przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową CIE jako f_1 . Względne rozkłady widmowe promieniowania emitowanego przez współczesne źródła światła zamieszczono na rysunkach 5., 6., 7. Zamieszczone w legendzie liczby to wartości temperatury barwowej najbliższej (wyrażone w Kelwinach) – parametru, który wykorzystywany jest w technice świetlnej do określania barwy emitowanego promieniowania przez źródła światła. Im temperatura barwowa najbliższa jest niższa, tym barwa światła jest cieplejsza (przesunięta w stronę czerwieni). Natomiast im temperatura barwowa najbliższa jest wyższa, tym barwa światła jest zimniejsza.



Rys. 5. Względne rozkłady widmowe mocy promienistej świetlówek liniowych (FL) o różnych barwach emitowanego promieniowania



Rys. 6. Względne rozkłady widmowe mocy promienistej wysokoprężnych lamp metalohalogenkowych (MH)



Rys. 7. Względne rozkłady widmowe mocy promienistej LED

Błąd f_1

Wartość błęd luksomierza f_1 informującego o wpływie zmiany źródła mierzonego na inne niż kalibracyjne, zależy od stopnia dopasowania czułości widmowej fotoogniwa do krzywej obserwatora fotometrycznego CIE normalnego. Wartość błęd luksomierza f_1 informującego o wpływie zmiany źródła mierzonego na inne niż kalibracyjne, zależy od stopnia dopasowania czułości widmowej fotoogniwa do krzywej $V(\lambda)$ i od charakteru rozkładu widmowego mierzonego promieniowania (równanie 2).

Chcąc korygować wyniki wskazań, w celu określenia prawidłowych wartości pomiarowych, należy wprowadzić współczynniki korekcyjne k (równanie 2).

$$f_1 = \frac{\int_{380}^{780} E_Z(\lambda) S(\lambda) d\lambda \int_{380}^{780} E_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} E_Z(\lambda) V(\lambda) d\lambda \int_{380}^{780} E_A(\lambda) S(\lambda) d\lambda} - 1 = k - 1 \quad (2)$$

gdzie:

$E_Z(\lambda)$ – względny rozkład widmowy mocy promieniowania, badanego źródła światła, pozostałe oznaczenia identyczne jak w zależności (1).

4. Przedmiot i zakres rozważań

W celu przeanalizowania wpływu niedopasowania widmowego głowic luksomierzy na wyniki pomiarów natężenia oświetlenia, pod uwagę wzięto 13 względnych krzywych czułości widmowych rzeczywistych luksomierzy. Względne krzywe czułości poszczególnych luksomierzy zamieszczono na rysunku 8., wprowadzając na osi rzędnych skalę liniową (rysunki z oznaczeniem a) oraz skalę logarytmiczną (rysunki z oznaczeniem b). Zamieszczone na rysunkach dane (rys. 8.) pozyskano ze specyfikacji luksomierzy rozmaitych producentów. Celem artykułu nie jest rekomendacja produktów jakiegokolwiek firmy, lecz zwrócenie uwagi na problem, jakim

jest wpływ niedopasowania widmowego czułości głowic luksomierzy na wyniki pomiarów natężenie oświetlenia przy zastosowaniu źródeł światła o różniącym się rozkładzie widmowym od lampy, przy której przeprowadza się wzorcowanie luksomierzy. W rozważaniach uwzględniono lampy żarowe (rys. 4.), świetlówki liniowe (rys. 5.), wysokoprężne lampy metalohalogenkowe (rys. 6.) oraz źródła LED (rys. 7.) o różnych barwach emitowanego promieniowania.

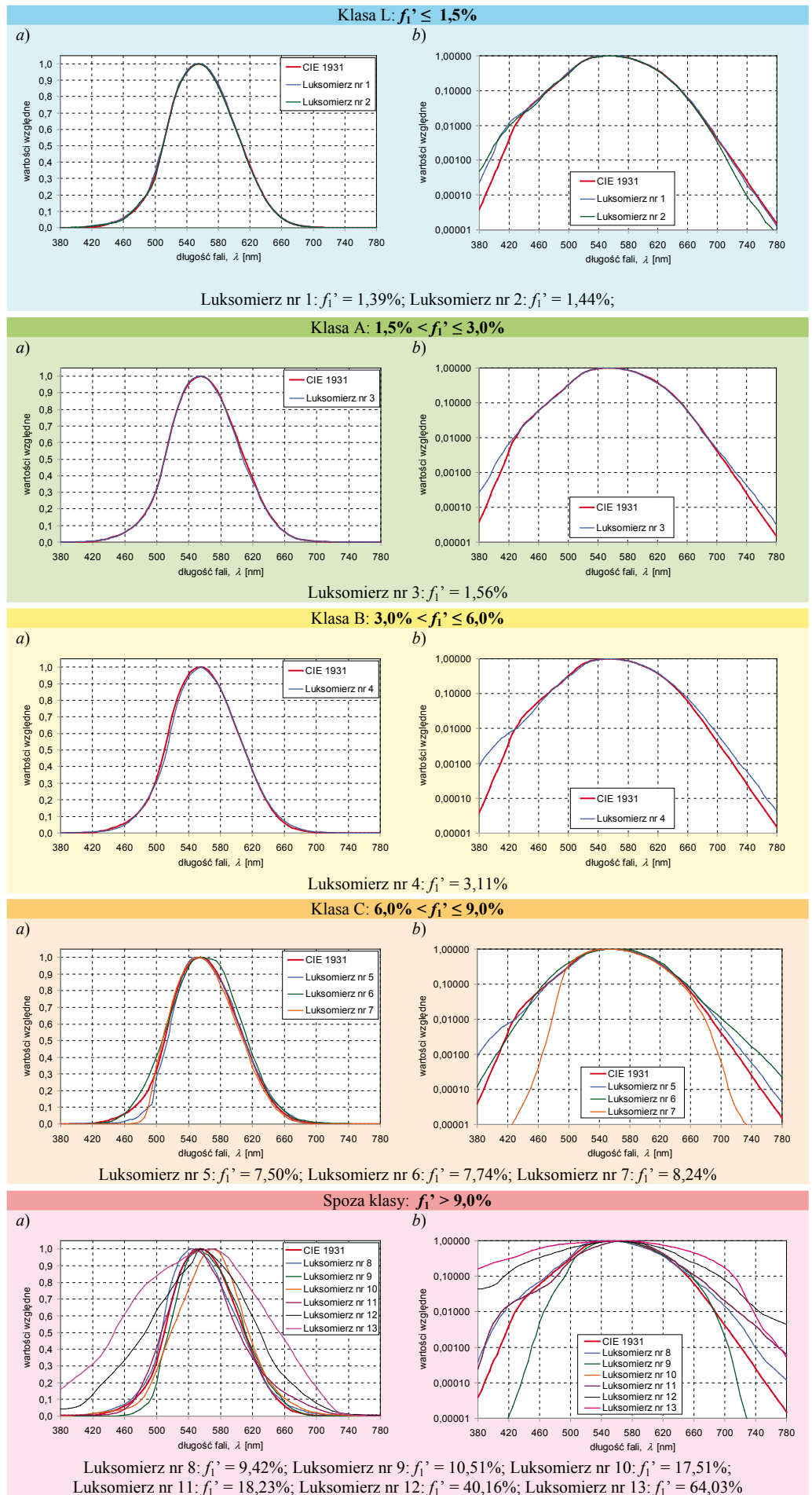
Wpływ niedopasowania widmowego luksomierza na wartość błęd f_1

Dla poszczególnych luksomierzy, którym na potrzeby niniejszej pracy nadano numery od 1 do 13, obliczono współczynnik korekcji k przy pomiarach różnych źródeł światła o identycznej lub zbliżonej barwie emitowanego światła. Pomimo identycznej bądź podobnej barwy promieniowania wytworzonego przez różne typy lamp, współczynniki korekcji nie będą identyczne, co potwierdzają dane zamieszczone na rysunku 9. Wynika to z faktu różnych charakterystyk widmowych mierzonych źródeł światła (rys. 4–7). Obliczone współczynniki korekcji dla poszczególnych lamp badanych różnymi luksomierzami przedstawiono na rysunkach 9–13.

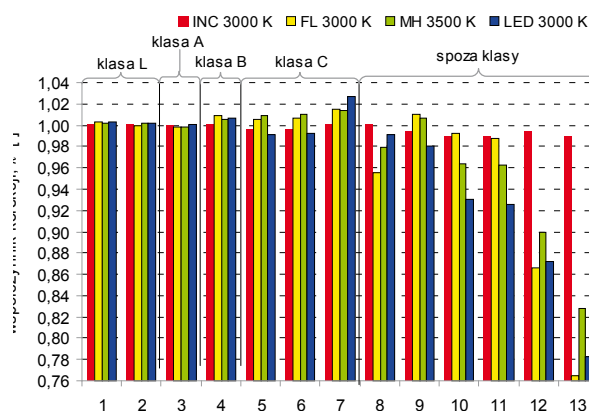
W przypadku pomiaru lamp żarowych różnymi luksomierzami (także tymi spoza klasy, których wartość błęd f_1 przekracza 9%), różnice w uzyskiwanych pomiarach nie będą znaczne (rys. 10.).

Największe rozbieżności w obliczonych współczynnikach korekcyjnych otrzymano w przypadku źródeł LED. W celu uzyskania prawidłowych wyników (bez względu na rodzaj zastosowanych źródeł światła) należy stosować takie fotometry, których czułość na promieniowanie o określonej długości fali będzie w jak największym stopniu zbliżona do czułości krzywej $V(\lambda)$. Niestety w celu dobrego dopasowania czułości odbiorników fotoelektrycznych do wymaganej krzywej czułości zachodzi potrzeba zastosowania zestawu odpowiednio dobranych filtrów korekcyjnych, co znacząco wpływa na koszt luksomierza.

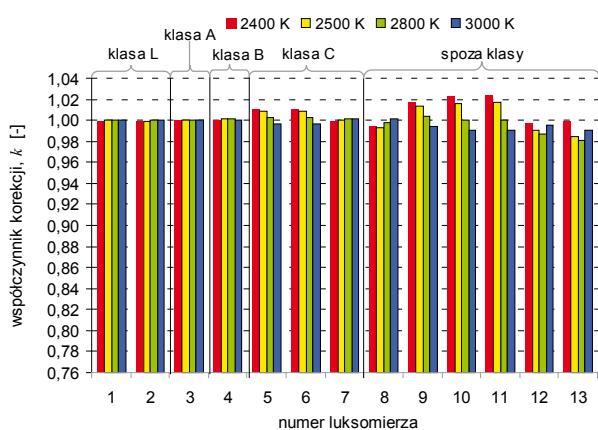
Na stronie internetowej jednego ze znanych producentów przyrządów pomiarowych (w tym luksomierzy) zostały zamieszczone fragmenty tekstu pochodzące z artykułu pokonferencyjnego autorów, opublikowanego w Zeszytach Naukowych Wydziału Elektrotechniki



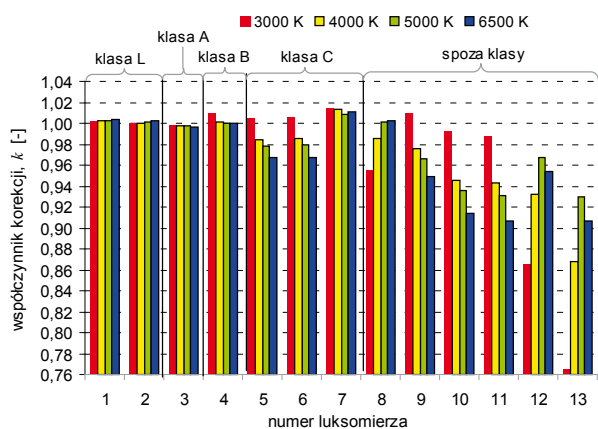
Rys. 8. Względne czułości widmowe głowic fotometrycznych luksomierzy wraz z naniesioną krzywą czułości obserwatora fotometrycznego CIE normalnego (krzywa opisana jako CIE 1931)



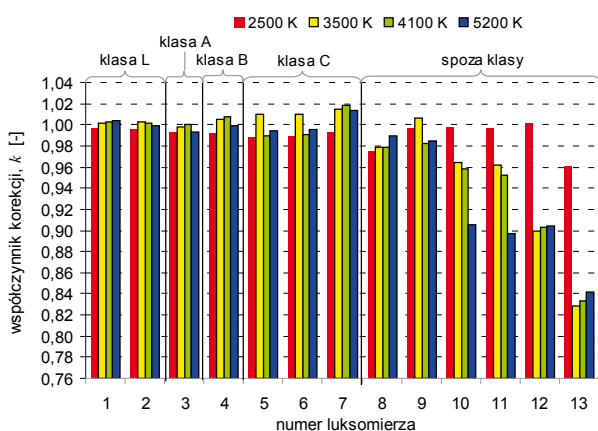
Rys. 9. Współczynniki korekcyjne dla lamp o identycznej lub podobnej temperaturze barwowej



Rys. 10. Współczynniki korekcyjne dla lamp żarowych

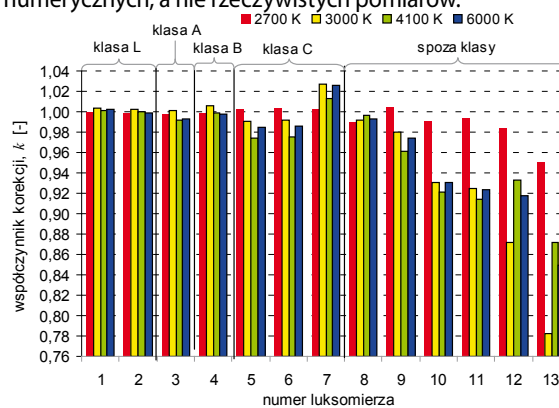


Rys. 11. Współczynniki korekcyjne dla świetlówek



Rys. 12. Współczynniki korekcyjne dla wysokoprężnych lamp metalohalogenkowych

i Automatyki Politechniki Gdańskiej nr 54. Zamieszczone w nim informacje, a także przekopiowane wyniki obliczeń (zaprezentowane w postaci wykresów kolumnowych) mogą prowadzić Czytelników do błędnych wniosków, jakoby autorzy niniejszej pracy poddali pomiarom luksomierze będące w ofercie tej firmy i z uwagi na małe wartości wyznaczonych współczynników korekcji rekomendują je. Autorzy niniejszej pracy pragną zwrócić uwagę, że celem artykułu nie jest rekomendowanie produktów jakiegokolwiek firmy, a zamieszczone dane (na rys. 9–12) są wynikiem obliczeń numerycznych, a nie rzeczywistych pomiarów.



Rys. 13. Współczynniki korekcyjne dla lamp LED

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można sformułować następujące wnioski: im będzie większa różnica pomiędzy krzywą czułości głowicy fotometrycznej luksomierza a tą wymaganą, tym w większym stopniu uzyskiwane wyniki będą uzależnione od charakterystyki widmowej mierzonego promieniowania. W celu dobrego dopasowania czułości odbiorników fotelektrycznych do wymaganej krzywej czułości zachodzi potrzeba zastosowania zestawu odpowiednio dobranych filtrów korekcyjnych, co znacząco wpływa na koszt luksomierza. Niestety, wśród wielu osób przeprowadzających pomiary luksomierzem jest niska świadomość tego faktu. Bardzo często traktują oni świadectwo wzorcowania jako gwaranta poprawności wskazań.

6. Bibliografia

- [1] Banaszak A., Tabaka P. Wtorkiewicz J. *Analiza wybranych właściwości różnych typów luksomierzy*, Prace Instytutu Elektrotechniki, Zeszyt 268.
- [2] CIE 69–1987 Methods of Characterizing Illuminance Meters and Luminance Meters.
- [3] ISO/CIE 19476:2014 Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters.
- [4] ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [5] Fryc I.: Spectral correction of detector used in illuminance measurements, Proc. SPIE Vol. 3820.
- [6] Fryc I. *Korekcja widmowa i przestrzenna fotometrów*, Rozprawy Naukowe Nr 71, Politechnika Białostocka, Białystok 2000.
- [7] PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Oświetlenie miejsc pracy we wnętrzach.
- [8] PN 90/E – 01005 Technika świetlna. Terminologia.
- [9] PN 83/E–04040 Pomiary fotometryczne i radiometryczne – Pomiar natężenia oświetlenia.
- [10] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r.

Zamieszczone w pracy wyniki zostały zaprezentowane podczas XLIX Międzuczelnianej Konferencji Metrologów, która odbyła się w dniach 4–6 września 2017 r. na Politechnice Częstochowskiej.

Włókiennicze materiały barierowe chroniące przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM)

dr inż. Błażej Wiśniewski
dr inż. Barbara Filipowska
mgr inż. Edward Wilk
Instytut Włókiennictwa

1. Wstęp

W aktualnych czasach obserwuje się gwałtowny rozwój gospodarczy, który spowodował znaczny wzrost emisji promieniowania elektromagnetycznego. Źródłem szkodliwych fal są nie tylko stacje radiowe i telewizyjne, systemy radarowe, ale różne urządzenia techniczne, takie jak: kucharki mikrofalowe, telewizory, grzejniki indukcyjne, telefony komórkowe itp. [1, 2]. Telefon bezprzewodowy, telefon komórkowy i jego nowsze wersje (smartfon czy tablet z wbudowanym modemem) są najczęściej stosowanymi urządzeniami użytku osobistego przez współczesnego człowieka [3]. Znaczne zwiększenie emisyjności spowodowało, iż coraz częściej konieczne jest odizolowywanie czułych urządzeń elektronicznych oraz organizmów żywych od szkodliwego działania sztucznie wytworzonego promieniowania elektromagnetycznego [4]. Niezamierzone promieniowanie elektromagnetyczne towarzyszy wszelkim urządzeniom zasilanym energią elektryczną. Człowiek nie jest w stanie go wyeliminować, lecz może je ograniczyć podejmując odpowiednie działania techniczne lub organizacyjne [5].

Jednym ze sposobów ograniczania ryzyka zawodowego przy źródłach pól elektromagnetycznych jest ekranowanie elektromagnetyczne. Wykorzystanie „bariery” jest podstawą zarówno klasycznego ekranowania lokalizującego (tj. ekranowania źródła pola otaczającym go ekranem), jak i osłaniającego (tj. ekranowania stanowiska pracownika ekranem usytuowanym jedynie przy nim), którego przypadkiem szczególnym jest ekranowanie pracownika za pomocą odzieży ochronnej.

Podstawowym parametrem charakteryzującym właściwości ekranujące materiału jest skuteczność ekranowania. Skuteczność ekranowania (SE) jest wskaźnikiem osłabienia pola elektromagnetycznego, występującego w określonym punkcie przestrzeni, wskutek wprowadzenia materiału ekranującego (bariery) pomiędzy tym punktem a źródłem pola [6].

Postęp technologiczny sprawia, że obok stosowanych od wielu lat takich materiałów ekranujących, jak blachy, siatki lub obudowy metalowe, pojawiają się ich nowe rozwiązania. Obecnie do ekranowania pola elektromagnetycznego mogą być stosowane różne inne materiały, np: ferromagnetyczne, ferroelektryczne, papier i folie elektroprowadzące, kompozyty włókiennicze. Do ekranowania pola elektromagnetycznego, głównie jego składowej elektrycznej, stosowane są materiały tekstylne o wysokiej przewodności elektrycznej, rzędu MS/m. W celu uzyskania takich właściwości materiału tekstylnego, do jego konstrukcji wprowadzane są elementy elektroprowadzące, np. ze stali nierdzewnej, srebra, niklu,

miedzi i węgla lub ich połączeń. Do wyrobów tekstylnych o właściwościach elektroprowadzących zalicza się również włókny wykonane z udziałem włókien metalowych lub węglowych, tkaniny, włókny z naniesionym metalem przy zastosowaniu metody plazmowej (np. rozpylanie magnetronowe) oraz różne inne typy materiałów kompozytowych [6]. Układy kompozytowe można podzielić na jednowarstwowe, wielowarstwowe oraz na materiały domieszkowane w postaci włókien, płatków, cząstek. Efektywność ekranowania materiałów kompozytowych określona jest na podstawie udziału objętościowego wtrąceń, właściwości elektrycznych i magnetycznych, kształtu, rozmiaru inkluzji oraz sposobu ich uporządkowania, częstotliwości pola elektromagnetycznego, liczby i kolejności warstw. Powierzchnia materiałów kompozytowych, która odbija falę, musi być elektrycznie przewodząca. Oznacza to, że w przypadku materiału kompozytowego zawierającego przewodzący wypełniacz, nie jest wymagane połączenie przewodzące jednostek wypełniacza, chociaż takie połączenie wzmacnia ekranowanie [7–11]. W związku z pojawieniem się nowych technologii w przetwórstwie materiałów, pojawiają się różne połączenia materiałów metalowych z tworzywami sztucznymi. Dzięki takim połączeniom uzyskuje się elastyczne i lekkie materiały ekranujące fale elektromagnetyczne. Materiały te służą najczęściej do uszczelniania elektromagnetycznego. Najczęściej spotykane połączenia to elastyczne tworzywo sztuczne jak np. guma, silikon lub pianka z dodatkiem metalowej siatki lub drobin metalu przewodzącego jak np. miedź [12]. W Instytucie Włókiennictwa w Łodzi w ramach projektu POIG nr 01.03.01-00-006/08 pt: „Barierowe materiały nowej generacji chroniące człowieka przed szkodliwym działaniem środowiska” (Envirotex) opracowano i otrzymano dwa rodzaje włókienniczych ekranów elektromagnetycznych: modyfikowane powierzchniowo włókny oraz tkaniny z przedz elektroprowadzących.

2. Włókninowe materiały barierowe przed polem elektromagnetycznym (PEM)

Włókninowe materiały barierowe otrzymano modyfikując powierzchnię włókny polipropylenowej (PP) poprzez nanoszenie powłok metalicznych. Do tworzenia różnych powłok metalicznych zastosowano technikę rozpylania magnetronowego.

2.1. Urządzenie do procesu nanoszenia powłok metalicznych na materiały włókiennicze

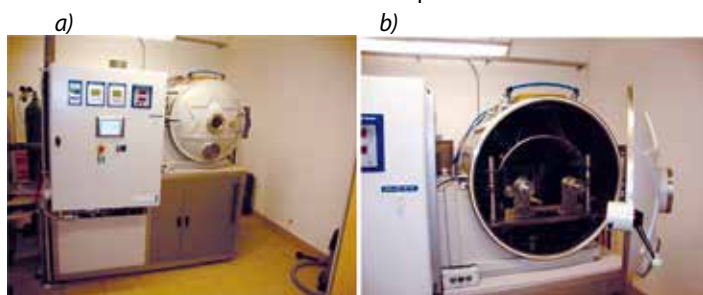
Nanoszenie powłok metalicznych na nośnik włókienniczy odbywa się przy zastosowaniu specjalistycznego urządzenia, które wykorzystuje technikę rozpylania magnetronowego w plazmie.

Urządzenie to umożliwia nanoszenie w sposób ciągły („roll to roll”) cienkich powłok metali, stopów oraz tlenków metali w pojedynczych

warstwach lub układach wielowarstwowych, jednostronnie lub obustronnie na nośnik włókienniczy o szerokości do 60 cm i długości od kilku do kilkunastu metrów. Materiał włókienniczy umieszczany jest na wałkach w komorze roboczej i przewijany jest z jednego wałka na drugi przechodząc przez strefę rozpylania magnetronowego. O grubości osadzonej powłoki decyduje czas przebywania nośnika włókienniczego w strefie reakcyjnej komory (liczba przebiegów).

Proces rozpylania może przebiegać w samym gazie obojętnym (argonie) i wówczas otrzymujemy powłoki metaliczne na materiałach włókienniczych o składzie takim samym jak skład zastosowanej elektrody (targetu metalicznego) w komorze procesowej. W wyniku reaktywnego rozpylania materiały mogą być pokryte także związkami chemicznymi będącymi produktem reakcji rozpylanego materiału (targetu) z gazem reaktywnym, np. tlenem, azotem, otrzymując powłoki tlenków, azotków metali. Powstające powłoki mogą posiadać grubość od kilkunastu do kilkuset nanometrów, w zależności od ustalonych warunków technologicznych urządzenia.

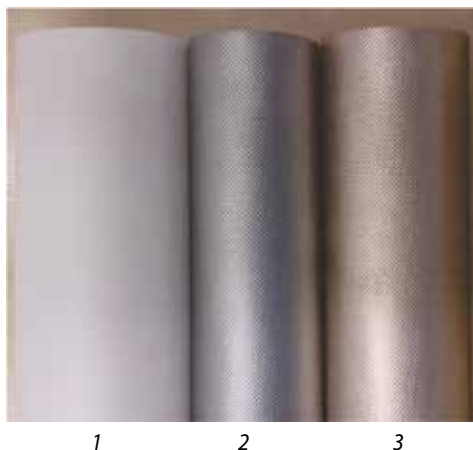
Układ sterowania zapewnia ciągły pomiar parametrów procesu rozpylania, takich jak: ciśnienie gazów roboczych, moc efektywna (moc wydzielona na targacie), moc cyrkulująca, prędkość przesuwu materiału włókienniczego, liczba cykli przebiegów materiału na wałkach, długość pokrytego powłoką materiału. Urządzenie dysponuje również możliwością sterowania ręcznego. Zaletą pracy urządzenia jest brak zanieczyszczeń. Jest to metoda bezściekowa i bezodpadowa.



Rys. 1. Urządzenie do ciągłego procesu nanoszenia powłok na materiały włókiennicze metodą magnetronową: a) widok ogólny, b) wnętrze komory roboczej

2.2. Charakterystyka włókienniczych materiałów ekranujących

Przedstawione włókiennicze materiały do ochrony przed działaniem pola elektromagnetycznego wykonano stosując włókienną polipropylenową (PP), jako nośnik, na którym osadzono powłoki następujących stopów metali: miedź/cyna (Cu/Sn), miedź/cynk/nikiel (Cu/Zn/Ni) (rys. 2.).



Rys. 2. Włókiennina polipropylenowa przed (1) i po naniesieniu powłok zawierających: stop miedź/cynk/nikiel Cu/Zn/Ni (2), stop miedź/cyna Cu/Sn (3)

Wyniki efektywności tłumienia pola elektromagnetycznego oceniano na podstawie pomiarów skuteczności ekranowania (SE) prób materiałów dla różnych częstotliwości (od 30 MHz do 1800 MHz) (tabela).

Właściwości barierowe przed PEM oraz rezystancja powierzchniowa włókienniny PP zawierającej różne powłoki metaliczne

Lp.	Skuteczność ekranowania SE [dB] *)					Średnia rezystancja pow. **)
	27,12 MHz	97,75 MHz	434 MHz	915 MHz	1795 MHz	
powłoka (Cu/Zn/Ni)						
1	38	36	33	33	32	5,35
2	37	35	32	32	31	6,75
3	32	30	27	27	26	8,63
powłoka (Ni/Cu/Fe)						
4	23	22	19	18	18	14,2
5	22	20	17	17	16	20,4
6	29	27	23	23	22	7,16
powłoka (Cu/Sn)						
7	40	39	36	35	34	5,72
8	45	43	39	39	38	1,84
9	41	39	36	36	35	6,02
powłoka (Ni/Cr)						
10	20	18	15	15	15	22,0
11	21	19	16	16	15	20,1
12	17	16	13	13	13	29,9

*) metoda ASTM Standard D4935 – 10 Politechnika Wroclawska

**) norma PN-91/P-04871 Tekstylia. Wyznaczanie rezystywności elektrycznej. Instytut Włókiennictwa w Łodzi

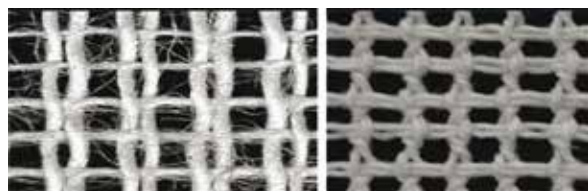
Znaczący wpływ na wartość skuteczności ekranowania ma skład chemiczny naniesionej powłoki oraz warunki technologiczne procesu jej naniesienia. Maksymalna skuteczności ekranowania (SE), dla otrzymanych materiałów barierowych wynosi od 38 do 45 dB (powłoka Cu/Zn/Ni i Cu/Sn) dla częstotliwości 27,12 MHz. Najniższą skuteczność ekranowania w granicach 17–20 dB posiadały próby zawierające powłoki: nikiel/chrom (Ni/Cr) dla tej samej częstotliwości. Wartość średniej rezystancji powierzchniowej dla najlepszych prób materiałów wynosiła kilka omów. Na tej podstawie można było wytypować materiały barierowe o najlepszej skuteczności ekranowania, które mogą mieć zastosowanie do ekranowania architektonicznego wewnątrz budynków. Zmodyfikowane powierzchniowo włókienniny mogą być zastosowane wewnątrz budynków jako okładziny ścienne, tapety, bądź umieszczane pod płytę kartonowo-gipsową na specjalnie przygotowanym podłożu budowlanym.

3. Tkaninowe materiały barierowe przed polem elektromagnetycznym (PEM)

Tego typu materiały barierowe wykonywane są metodą tkacką z zastosowaniem przędzy elektroprowadzących. Elementem elektroprowadzącym w tego rodzaju przędach może być:

- 1 – miedź, jako rdzeń przędzy rdzeniowej w oplocie włókien poliestrowych,
- 2 – stal w postaci staplowych włókien w mieszance z włóknami poliestrowymi,
- 3 – srebro w postaci cienkiej warstwy pokrywającej ciągłe włókno poliamidowe.

Tkaniny mogą być wykonane w splocie płóciennym lub gazejskim (rys. 3.).



Splot płócienny Splot gazejski

Rys. 3. Sploty tkanin: płócienny i gazejski

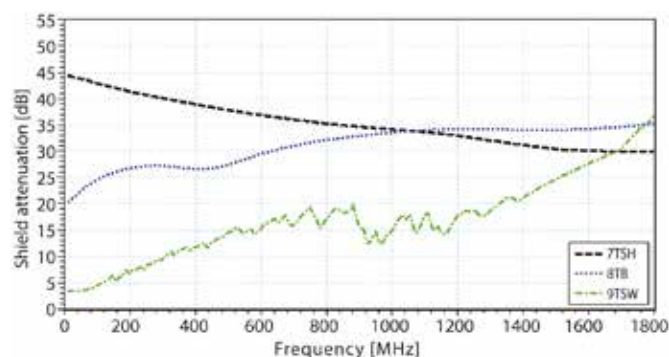
Na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie w tego rodzaju tkaninach powiązania nitki osnowowych i wątkowych przędz elektroprowadzących za pomocą splotu gazejskiego. Tkaniny wykonane w tym splotcie charakteryzują się małym zużyciem przędz elektroprowadzących, niskim wypełnieniem powierzchniowym dającym możliwość uzyskania prześwitów, przy jednoczesnym zachowaniu cech barierowych.

W zależności od rodzaju zastosowanych przędz, struktury tkaniny i zawartości metalu w tkaninie można uzyskać zróżnicowaną wielkość skuteczności ekranowania PEM w zakresie częstotliwości 30 MHz – 1800 MHz.

Przykładowo maksymalne wartości tłumienia PEM:

- od 30 do 40 dB dla tkanin zawierających stal;
- od 30 do 50 dB dla tkanin zawierających miedź;
- od 36 do 52 dB dla tkanin zawierających srebro.

Przykładowy wykres skuteczności ekranowania od częstotliwości dla tkanin tłumiących PEM przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Właściwości tłumiące przed PEM lekkich tkanin (o masie 90 g/m²) wykonanych w splotcie gazejskim zawierających różne elementy elektroprowadzące. 7TSH- tkanina zawierająca srebro (6,4 g/m²), 8TB – tkanina zawierająca stal (19,2 g/m²), 9TSW- tkanina zawierająca miedź (7,6 g/m²)

Zróżnicowane założenia konstrukcyjne dotyczące splotu, gęstości osnowy i wątku, rodzaju zastosowanej przędz elektroprowadzącej, pozwalają na otrzymanie szerokiego asortymentu tkanin barierowych o zróżnicowanych cechach użytkowych, takich jak: masa, układalność, przewiewność.



Rys. 5. Przykłady wzornicze tkanin barierowych przed PEM

Nadanie dodatkowych efektów wzorniczych poprzez barwienie i drukowanie pozwala rozszerzyć zakres zastosowania tkanin ekranujących PEM.

Barierowe tkaniny mogą być zastosowane jako elementy uzupełniające materiały architektoniczne do ekranowania PEM w postaci: zasłon, kurtyn, firanek, pokrowców na sprzęt elektroniczny i specjalistycznych namiotów ekranujących PEM.

4. Zastosowanie materiałów barierowych przed polem elektromagnetycznym jako ekranów modelowych w symulowanych warunkach rzeczywistych

W celu potwierdzenia wyników badań laboratoryjnych wykonano badania w warunkach symulujących rzeczywistość w pomieszczeniu budowlanym (domku modelowym) posiadającym okno i drzwi wejściowe. Wytypowane włókniny i tkaniny barierowe o najlepszych właściwościach tłumiących pole elektromagnetyczne umieszczono na odpowiednio przygotowanym podłożu każdej ze ścian wewnątrz pomieszczenia (rysunek 6 a–c). Na ściany zamontowano włókniny metalizowane, a na okno i drzwi tkaninę ekranującą PEM (materiał z drugiej grupy włókienniczych ekranów). Po zamontowaniu materiałów dokonano pomiarów tłumienia pola elektromagnetycznego dla wybranych częstotliwości.

W badaniach symulujących warunki rzeczywiste najlepsze wyniki skuteczności ekranowania SE – 25 dB (wartość średnia) oraz 31 dB (wartość maksymalna) uzyskano dla częstotliwości 735,25 MHz (telewizja) oraz 25 dB (wartość średnia) i 45 dB (wartość maksymalna) dla częstotliwości 1849,20 MHz (telefonia komórkowa GSM).

W badaniach Instytutu Medycyny Pracy ustalono, że wystarczającym kryterium SE materiałów barierowych dla PEM występujących w środowisku życia i pracy współczesnego człowieka są wartości 10 – 40 dB.



Rys. 6. a–c. Pomieszczenie budowlane „domek modelowy” z przykładowym sposobem montażu materiałów barierowych wewnątrz pomieszczenia

Zgodnie z wymaganiami normy tajwańskiej FTTS-FA-003 (2005) dla zastosowań ogólnych skuteczność ekranowania powyżej 30 dB uważana jest za doskonałą. Stąd nowo wytworzone materiały barierowe spełniają założone kryteria.

5. Podsumowanie

W Instytucie Włókiennictwa w ramach projektu POIG Envirotex opracowano i otrzymano włókiennicze materiały barierowe do ochrony przed działaniem pola elektromagnetycznego (PEM) na bazie włókniny polipropylenowej zawierającej cienkie powłoki stopów metali: Cu/Sn, Cu/Zn/Ni, Ni/Cu/Fe oraz tkanin zawierających różną zawartość przędzy elektroprzewodzących. Przeprowadzone badania skuteczności ekranowania potwierdziły ich wysoką skuteczność tłumienia w szerokim zakresie częstotliwości (od 30 do 52 dB dla częstotliwości od 30 MHz do ok. 2 GHz). Włókiennicze materiały przebadano również w warunkach symulujących warunki rzeczywiste. Badania potwierdziły ich przydatność w ekranowaniu architektonicznym wewnątrz pomieszczeń budowlanych. Materiały te mogą być wykorzystane w następujących obszarach: do ograniczenia ekspozycji człowieka na działanie zewnętrznego pola elektromagnetycznego, w przypadku stwierdzenia przekroczenia dopuszczalnych poziomów natężenia pola (np. w szpitalach, szkołach, przedszkolach, żłobkach, budynkach biurowych, mieszkalnych itp.), do ograniczenia zakłóceń pracy urządzeń elektronicznych (np. w centrach obliczeniowych, bankach, pomieszczeniach giełdowych, bankach danych, centralach telefonicznych, lokalach biurowych i mieszkalnych w pobliżu lotnisk, stacji radiolokacyjnych, stacji rozdzielczych i linii wysokiego napięcia) oraz do poprawy bezpieczeństwa np. w wojsku, policji i w obszarze ochrony danych osobowych.

6. Bibliografia

- [1] Sokalski L. *Pola elektromagnetyczne i ich niejonizujące oddziaływanie na organizmy żywe*. Przegląd Elektrotechniczny, 1999, 4, s. 100–103.
- [2] Wac-Włodarczyk A., Mazurek P.A. *Analiza zaburzeń elektromagnetycznych emitowanych w lokalnej sieci przez komputery PC*. Przegląd Elektrotechniczny, 2003, 12, s. 890–893.

- [3] Mamrot P., Mariańska M., Aniołczyk H., Politański P. *Pola elektromagnetyczne w otoczeniu telefonów bezprzewodowych i komórkowych*. Medycyna Pracy, 2015, (66), 6, s. 803–814.
- [4] Ozimek M., Wilczyński W. *Zastosowanie cienkich warstw Ni-Fe w ekranowaniu pól elektromagnetycznych*. Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 241, 2009, s. 39–50.
- [5] Kiciński W., Żera A. *Pole elektromagnetyczne w środowisku człowieka*. II Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w Elektronice” Przemysłowy Instytut Elektroniki, Warszawa 5–6.12.2002.
- [6] Gryz K., Karpowicz J., Kurczewska A., Stefko A.: *Ograniczanie ryzyka zawodowego przy źródłach pól elektromagnetycznych – przegląd wybranych materiałów barierowych*. Bezpieczeństwo Pracy, 03/2009, s. 22–26
- [7] Ziaja J. *Cienkowarstwowe struktury metaliczne i tlenkowe. Właściwości, technologia, zastosowanie w elektrotechnice*. Prace Naukowe Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012, 48, nr 17, s. 1–126.
- [8] Hoang N. H., Wojkiewicz J. L., Miane J. L., Biscarro R. S. *Lightweight electromagnetic shields using optimized polyaniline composites in the microwave band*. Polym. Adv. Technol., 2007, 18, s. 257–262.
- [9] Jaroszewski M., Pospieszna J., Ziaja J. *Dielectric properties of polypropylene fabrics with carbon plasma coatings for applications in the technique of electromagnetic field shielding*. Journal of Non-Crystalline Solids, 2010, 356, s. 625–628.
- [10] Perumalraj B. S., Dasaradan B. S. *Electromagnetic shielding effectiveness of doubled copper cotton yarn woven materials*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 2010, vol. 18, nr 3(80), s. 74–80.
- [11] Sarto M. S., Tamburrano A. *Innovative Test Method for the Shielding Effectiveness Measurement of Conductive Thin Films in a Wide Frequency Range*. IEEE Transactions On Electromagnetic Compatibility, 2006, vol. 48, nr 2, s. 331–341.
- [12] Bambynek D., Jakubas A., Jabłoński P. *Badanie możliwości ekranowania pola elektromagnetycznego przez wybrane kompozyty polimerowe*. Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, nr 1/2017, s. 121–124.

Badania prowadzono w ramach Projektu ENVIROTEX PO IG nr 01.03.01-00-006/08 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 – 2013.

Diagnostyka DGA transformatorów w eksploatacji w aspekcie kwalifikowania do remontu lub wymiany transformatora

Ryszard Modrak
Veolia Energia Łódź S.A.

W artykule omówiono diagnostykę DGA w procesie kwalifikowania do remontu lub wymiany transformatorów na przykładzie dwóch transformatorów blokowych w Veolia Energia Łódź S.A.

Aktualnie w Veolii Energii Łódź S.A. pracują dwie elektrociepłownie EC3 i EC4. Łącznie w obu elektrociepłowniach zainstalowanych jest 19 transformatorów olejowych o mocach od 8 MVA do 150 MVA, wypro-

dukowanych w latach od 1967 do 2018. W EC3 większość transformatorów została wyprodukowana w latach 1967–1976, a w EC4 w latach 1975–1989. Od momentu zainstalowania każdy z transformatorów miał przeprowadzane okresowe badania, m.in. w zakresie właściwości fizykochemicznych oleju. Od roku 1993 w zakres badań olejowych została włączona analiza chromatograficzna.

Początkowo każdy z zakładów wtedy pracujących, czyli EC1, EC2, EC3 i EC4, prowadził odrębną politykę w zakresie terminów wykonywania badań transformatorów. Od roku 2006 zasady te zostały ujednoczone. Z uwagi na wiek transformatorów oraz ich stan techniczny przyjęto następujące terminy wykonywania badań:

- badanie właściwości fizykochemicznych oleju – raz do roku,
- analiza chromatograficzna gazów rozpuszczonych w oleju – raz do roku,
- badanie zawartości związków furanu – raz do roku,
- badania okresowe – raz na pięć lat,
- badanie podobciążeniowych przełączników zacze­pów – raz na trzy lata.

Na podstawie powyższych badań zostały wyznaczone trendy zmian poszczególnych parametrów, na podstawie których rekomendowane były działania przeglądowe lub remontowe transformatorów.

Sposób kwalifikowania do przeglądu, remontu lub wymiany zostanie przedstawiony na przykładzie dwóch transformatorów o oznaczeniu T3 w EC3 i TB1 w EC4.

Oba transformatory są tego samego typu, o parametrach przedstawionych w tabeli poniżej, różnią się tylko datą produkcji: transformator T3 o numerze fabrycznym 131155 został wyprodukowany w 1973 r., transformator TB1 o numerze fabrycznym 148368 – w 1976 r.

Dane techniczne transformatorów T3 i TB1

1.	Producent		ELTA
2.	Typ transformatora		TFR3a 63 000/121 x
3.	Rodzaj wykonania		olejowy, napowietrzny
4.	Liczba uzwojeń		3
5.	Liczba faz		3
6.	Częstotliwość znamionowa	Hz	50
7.	Moc znamionowa		
	Uzwojenie GN	kVA	63 000
	Uzwojenie SN	kVA	45 000
	Uzwojenie DN	kVA	63 000
8.	Napięcie znamionowe GN/SN/DN	kV	121/16,5/10,5
9.	Układ połączeń		YNd11d11
10.	Rodzaj chłodzenia		OFAF

1. Transformator T3

Transformator został przekazany do eksploatacji w 1974 r. i pracował jako blokowy.

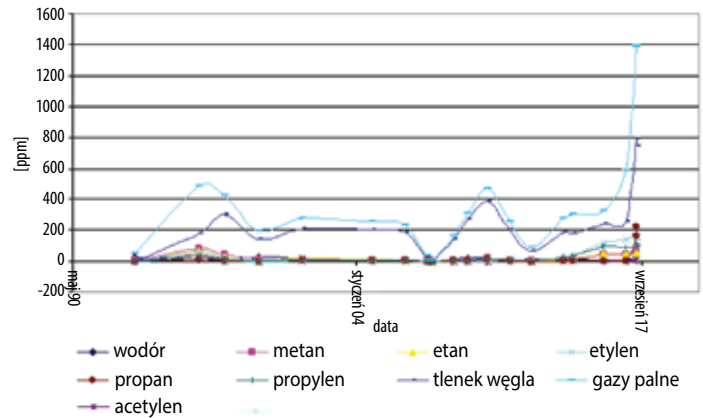
Transformator przechodził okresowe pomiary i badania, a od 1993 r. również badania DGA. W roku 1998 transformator został przekazany do przeglądu wykonanego przez jego producenta. Głównym powodem takiej decyzji było znaczne zawilgocenie izolacji papierowej i oleju. Badania oleju, w tym również analiza chromatograficzna gazów, nie wykazywały przekroczenia wartości dopuszczalnych.

Z uwagi na wiek transformatora (25 lat), oprócz suszenia izolacji papierowej zdecydowano, że w przeglądzie zostanie wykonane również:

- przepakietowanie rdzenia,
- przegląd, czyszczenie i doszczelnienie chłodnic olejowych,
- wymiana pomp olejowych,
- przegląd i naprawa podobciążeniowego przełącznika zacze­pów strony 110 kV oraz beznapięciowego przełącznika strony 15 kV,
- wymiana instalacji elektrycznych, w tym wyposażenia skrzynki sterowniczej układu chłodzenia, przekładników gazowo-podmucowych.

Po wyjęciu części aktywnej okazało się, że izolacja uzwojeń jest silnie zanieczyszczona substancjami smolistymi pochodzącymi z termicznego rozkładu izolacji papierowej i oleju. Olej był także silnie zanieczyszczony, a na dnie kadzi była duża warstwa smolistej mazi. Olej i izolacja papierowa miały barwę ciemnobrązową. Wykonane badania izolacji papierowej wykazały znaczne jej zesterzenie. W związku z tym podjęto decyzję o wykonaniu nowych uzwojeń 110, 15 i 10,5 kV.

Transformator po remoncie został uruchomiony jesienią 1998 r. Od tego czasu prowadzone były bardziej systematyczne badania oleju – początkowo co dwa lata, od 2006 r. co rok (rysunek poniżej).



Rys. 1. Transformator T3 nr 131155 63 MVA.
Zestawienie wyników analizy chromatograficznej

Do roku 2015 wykonywane badania oleju nie wskazywały na występowanie negatywnych zjawisk w transformatorze. Przeprowadzone w 2015 r. badania chromatograficzne wykazały prawie 2,5-krotne przekroczenie granicznej koncentracji propylenu wskazujące na wysokotemperaturowe przegrzanie połączone z termicznym bądź elektrycznym rozkładem celulozy. Koncentracje pozostałych gazów były poniżej wartości dopuszczalnych według Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów. Również pomiary właściwości fizykochemicznych i zawartości związków furanu rozpuszczonych w oleju wskazywały, że badany olej spełnia wymagania stawiane olejom w eksploatacji wg wyżej wspomnianej Instrukcji. Zalecono przeprowadzenie badań sprawdzających w roku następnym. Wykonane w roku 2016 badania dały wyniki podobne jak rok wcześniej, z niewielkim obniżeniem koncentracji propylenu i podobnymi zaleceniami.

W roku 2017 zostały przeprowadzone badania okresowe i oleju transformatora. Analiza chromatograficzna wykazała znaczne przekroczenie granicznych koncentracji dla czterech gazów: propanu 163,1 ppm (dopuszczalne 40), propylen 97,6 ppm (dopuszczalne 40), tlenek węgla 791,4 ppm (dopuszczalne 280), dwutlenek węgla 16 081,4 ppm (dopuszczalne 3500). Badanie sprawdzające wykonane po dwunastu dniach wykazało jeszcze wyższą koncentrację propanu – 228,1 ppm oraz propylenu – 108,6 ppm.

W trakcie badań okresowych pomiary rezystancji uzwojeń wykazały znaczne zwiększenie rezystancji uzwojenia SN 15 kV w stosunku do pomiarów wykonanych po przezwojeniu transformatora. Po wykonaniu inspekcji poprzez otwory w pokrywie stwierdzono uszkodzenia przełączników zacze­pów wszystkich faz. W związku z powyższym zdecydowano o przeprowadzeniu przeglądu transformatora w bazie remontowej. Zakres przeglądu obejmował:

- wykonanie pomiarów wstępnych i rewizji wewnętrznej transformatora,
- opracowanie raportu z rewizji wewnętrznej z określeniem zakresu uszkodzeń i niezbędnego zakresu naprawy transformatora,
- zmostkowanie przełącznika zacze­pów uzwojenia 15 kV na wybranych zacze­pie,
- przegląd pomp i chłodnic oleju,
- suszenie próżniowe,
- wymianę niezbędnych uszczelnień.

W otrzymanym raporcie z rewizji wewnętrznej transformatora została dokonana ocena stanu technicznego części aktywnej oraz osprzętu zewnętrznego wraz z wnioskami i zaleceniami.

1.1. Na podstawie przeprowadzonych oględzin części aktywnej stwierdzono:

- a) wypalenia i przegrzania na beznapięciowych jednofazowych przełącznikach zacsepów (zdjęcie 1.) – zalecana wymiana na nowy, 3-fazowy lub zmostkowanie na wybranej pozycji,



Zdjęcie 1. Wypalenia i przegrzania na beznapięciowych jednofazowych przełącznikach zacsepów

- b) zanieczyszczenie izolacji uzwojeń substancjami smolistymi pochodzącymi z termicznego rozkładu izolacji papierowej i oleju (zdjęcie 2. i 3.),



Zdjęcie 2. Część aktywna zanieczyszczona substancjami smolistymi rozkładu izolacji papierowej i oleju



Zdjęcie 3. Zanieczyszczenie izolacji uzwojeń substancjami smolistymi rozkładu izolacji papierowej i oleju

- c) ślady drobin, opiłków metalicznych na elementach izolacji wyrównawczej (zdjęcie 4.),
- d) zanieczyszczenie oleju produktami termicznego starzenia – ciemnobrazowa barwa oleju,
- e) odbarwienia termiczne na wyprowadzeniu fazy B uzwojenia strony DN (10,5 kV),
- f) przegrzane i odbarwione termicznie elementy uziemiające rdzeń,
- g) ślady uszkodzeń izolacji na wyprowadzeniach uzwojeń GN (121 kV).

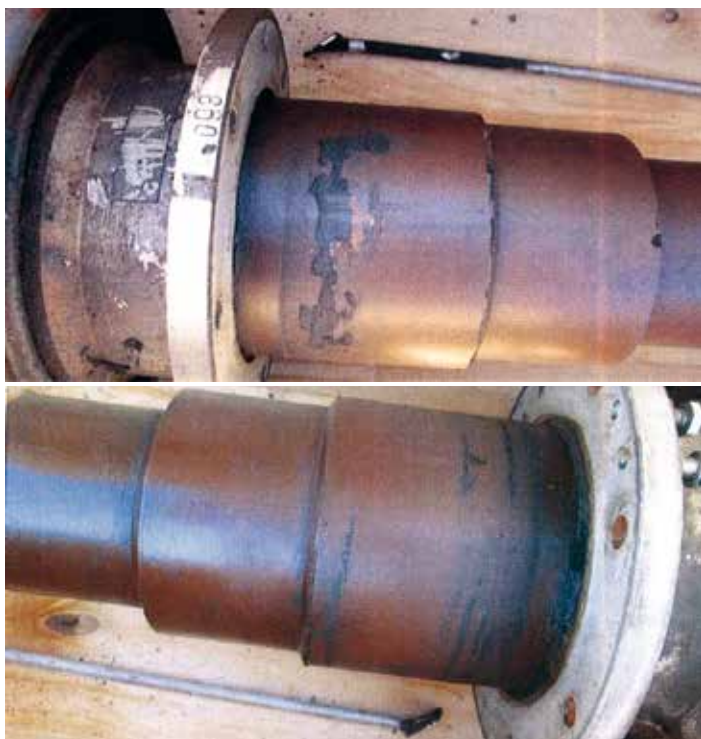


Zdjęcie 4. Ślady drobin, opiłków metalicznych na elementach izolacji wyrównawczej

1. 2. Ocena stanu technicznego osprzętu zewnętrznego transformatora:

- a) izolatory przepustowe strony GN z widocznymi uszkodzeniami części kondensatorowej (zdjęcie 5.) – zalecana wymiana na nowe,
- b) izolatory strony SN i DN z widocznymi uszkodzeniami elementów porcelanowych – zalecana wymiana na nowe,
- c) liczne nieszczelności na chłodnicach olejowo-powietrznych – zalecana wymiana na nowe (przeгляд i uszczelnienie mogą być nieskuteczne z uwagi na sposób łączenia kolektorów z rurami chłodzącymi przez rozwalcowywanie),
- d) uszkodzone przepływomierze oleju – zalecana wymiana,
- e) przekaźnik gazowo-przepływowy Buchholza w złym stanie technicznym – zalecana wymiana na nowy,
- f) szafa napędu przełącznika zacsepów – zły stan techniczny – zalecany przegląd z wymianą zużywających się elementów i aparatów na nowe,
- g) szafa sterownicza w zadowalającym stanie – zalecana wymiana na szafę zapewniającą równomierne zużywanie się chłodnic (sterowanie sterownikiem programowalnym),
- h) zawór odcinający konserwator w złym stanie technicznym – zalecana wymiana na nowy,
- i) stwierdzono odkształcenia podwozia transformatora i wgniecenia kadzi w miejscach jego mocowania – zalecany przegląd i wzmocnienie konstrukcji,
- j) konieczna wymiana wszystkich uszczelnień gumowych na kadzi transformatora i rurociągach,

- k) stwierdzono zły stan techniczny zaworów – zalecana wymiana na nowe kulowe,
- l) stwierdzono zły stan odwilżaczy silikażelowych – konieczna wymiana na nowe,
- m) stwierdzono zły stan powłok malarskich na kadzi transformatora i elementach osprzętu zewnętrznego – konieczne piaskowanie i malowanie kadzi.



Zdjęcie 5. Izolatory przepustowe strony GN z widocznymi uszkodzeniami części kondensatorowej

1.3. Wyniki pomiarów

Wyniki badań stopnia zesterzenia izolacji celulozowej z próbek pobranych z zewnętrznych warstw odpływów wskazują na ok 50-procentowe zesterzenie izolacji. Biorąc pod uwagę, że miejsca pobrania próbek mają bardzo dobre warunki chłodzenia, można przypuszczać, że stopień zesterzenia izolacji w obszarze uzwojeń o znacznie wyższej temperaturze pracy jest bardzo wysoki. Celuloza o wysokim stopniu zesterzenia jest krucha i łamliwa, co stanowi bezpośrednie zagrożenie dla transformatora zarówno w eksploatacji, jak również podczas procesu suszenia próżniowego oraz doprasowywania uzwojeń.

Pomiary zostały wykonane na wyjętej z kadzi części aktywnej. Otrzymane wyniki pomiarów potwierdzają uszkodzenie na przełącznikach bez napięciowych strony SN. Pomimo pozytywnych wyników pozostałych pomiarów, na bazie opisanego powyżej stanu części aktywnej (np. przegrzane uziemienia i zanieczyszczenie układów izolacyjnych), nie można wykluczyć innych uszkodzeń w części aktywnej (rdzeń, uzwojenia).

1.4. Olej transformatorowy

Na podstawie wyników badania właściwości dielektrycznych i fizykochemicznych stwierdzono, że olej elektroizolacyjny:

- a) spełnia wymagania zalecane przez Ramową Instrukcję Eksploatacji Transformatorów dla transformatorów grupy II w eksploatacji, jednakże pomierzone wartości rezystywności są niskie i niewiele przewyższają wartości dopuszczalne w eksploatacji,
- b) nie spełnia wymagań określonych w Instrukcji badań oleju transformatorowego ZREW Transformatory dla olejów z transformatorów o mocach 1,7–100 MVA (tzw. grupa II).

Analiza chromatograficzna wykazała przekroczenie typowych wartości propanu, propylenu, tlenku i dwutlenku węgla. W porównaniu do badania z 12.12.2016 r. stwierdzono znaczny wzrost koncentracji gazów rozpuszczonych w oleju. Diagnoza wskazuje na możliwe uszkodzenie transformatora obejmujące m.in. lokalne przegrzania w zakresie $< 700^{\circ}\text{C}$.

Wykonane oznaczenie zawartości związków furanu rozpuszczonych w oleju świadczy o zaawansowanym procesie zesterzenia izolacji papierowej. W porównaniu do badań wykonanych w grudniu 2016 r. stwierdzono znaczny wzrost zawartości 2FAL oraz 5MEF.

1.5. Wnioski i zalecenia

Po wykonaniu oględzin wyjętej z kadzi części aktywnej oraz wykonanych pomiarach, można stwierdzić, że wykonanie remontu w zakresie prac zawartym w ofercie przeglądu nie zagwarantuje poprawnej pracy transformatora. W celu przywrócenia pełnej sprawności technicznej transformatora oraz zapewnienia wieloletniej, bezawaryjnej eksploatacji zaleca się wykonanie poniższego zakresu prac:

1. demontaż części aktywnej,
2. wymiana kompletu układów izolacyjnych,
3. wykonanie kompletu nowych uzwojeń wszystkich faz GN, SN i DN,
4. wymiana na nowy rdzenia transformatora (możliwe jest uzyskanie obniżenia strat jałowych z obecnego poziomu 65,7 kW do wartości poniżej 35 kW, czyli o ok. 30 kW mniej niż obecnie),
5. montaż części aktywnej,
6. wymiana na nowy beznapięciowego przełącznika zaczepów,
7. wymiana na nowe chłodnic olejowo-powietrznych wraz z pompami oleju i przepływomierzami,
8. wymiana kompletu przepustów strony GN (trzy fazowe i zerowy),
9. wymiana porcelan przepustów strony SN i DN,
10. wymiana przekaźnika Buchholza kadzi głównej i przełącznika,
11. wymiana oleju transformatorowego na nowy,
12. piaskowanie i malowanie kadzi i pokrywy oraz pozostałego osprzętu,
13. wymiana instalacji elektrycznej,
14. suszenie próżniowe transformatora,
15. przegląd podobciążeniowego przełącznika zaczepów wraz z remontem szafy napędu PPZ,
16. montaż szafy sterowniczej wyposażonej w sterownik programowalny zapewniający równomierne zużywanie chłodnic,
17. naprawa podwozia i wzmocnienie jego konstrukcji,
18. wymiana na nowe zaworów,
19. wymiana odwilżaczy silikażelowych,
20. wymiana wszystkich uszczelnień,
21. przegląd pozostałego osprzętu.

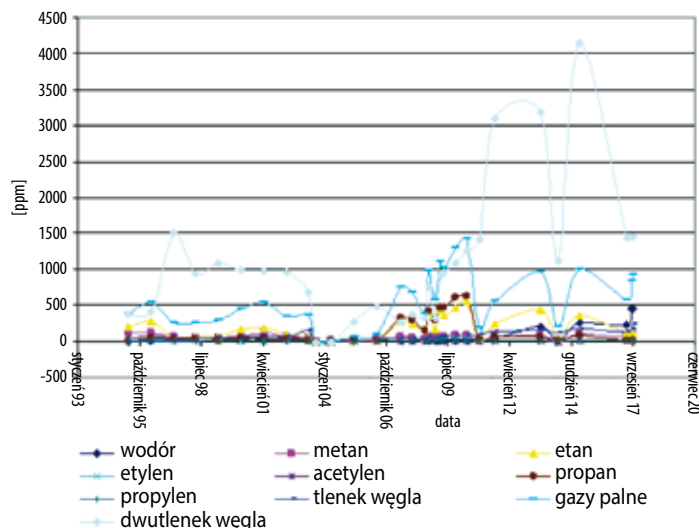
Po przeprowadzeniu wspólnie z Inżynierią Grupy Veolia Energia Polska analiz technicznych i ekonomicznych rozwiązań naprawy transformatora T3 zaproponowanych w raporcie zdecydowano o wymianie transformatora na nowy.

2. Transformator TB1

Transformator został przekazany do eksploatacji w 1976 r. i pracował jako blokowy. Transformator przechodził okresowe pomiary i badania, a od 1995 r. również badania DGA (rys. 2.).

Transformator pierwszy raz do przeglądu został skierowany po siedemnastu latach eksploatacji, w roku 1993. W jego zakres wchodziło wyjęcie oraz rewizja części aktywnej, przeglądy przełączników zaczepów, drobne naprawy armatury i pomiary poremontowe.

Następne działania remontowe tego transformatora były już podejmowane na podstawie wyników badań w tym w szczególności analizy chromatograficznej gazów rozpuszczonych w oleju (rys. 2.)



Rys. 2. Transformator TB1 nr 148368 63 MVA. Zestawienie wyników analizy chromatograficznej

Od roku 2001 zaobserwowano wzrost koncentracji wszystkich gazów, z przekroczeniem wartości dopuszczalnej dla acetyleny. W latach 2001 – 2002 wartość tego parametru utrzymywała się na poziomie 40 – 70 ppm, przy dopuszczalnym 20 (transformator blokowy) lub 70 (transformator sieciowy). Po analizie również badań właściwości fizykochemicznych oleju transformatora doszliśmy do wniosku, że przyczyną jest nieszczelność beczki przełącznika zacsepów. W roku 2003 beczka została doszczelniona w bazie remontowej. Po ponownym napełnieniu kadzi transformatora olejem został on odwirowany. Przez następne 3 lata koncentracja gazów rozpuszczonych w oleju utrzymywała się na niskim poziomie. Po tym okresie nastąpiło zjawisko ciągłego powiększania się ilości etanu od 267,7 ppm oraz propanu 328,5 ppm w czerwcu 2007 r., do odpowiednio 439,3 ppm oraz 463,7 ppm w marcu 2009 r. Według RIET wartości dopuszczalne dla tego typu transformatora wynoszą: etan – 170ppm, propan – 30 ppm. Także koncentracja gazów palnych w oleju transformatorowym wzrosła od 746,5 ppm w 2007 r. do 1099,3 ppm w 2009 r. Przeprowadzane corocznie badania właściwości fizykochemicznych oleju pokazywały ciągły trend spadkowy rezystywności.

Na podstawie wyników powyższych badań w roku 2010 transformator został wysłany do bazy remontowej w celu dokonania przeglądu w zakresie:

- rewizja części aktywnej (ogłędziny, badania i ustalenie pełnego zakresu przeglądu i ewentualnej naprawy),
- demontaż uzwojeń,
- przełożenie blach rdzenia z wykonaniem przekładek izolacyjnych oraz poprawa izolacji blach,
- przegląd przełączników zacsepów,
- sprawdzenie szczelności beczki przełącznika zacsepów,
- mycie i suszenie uzwojeń,
- montaż uzwojeń,
- wymiana oleju transformatorowego.

Po wyjęciu części aktywnej i częściowym demontażu stwierdzono następujący stan:

- przegrzane i uszkodzone blachy rdzenia (zdjęcie 6.),
- zwęglenie izolacji dolnych odpływów SN,

- odbarwienia miedzi odpływu SN (zdjęcie 7.),
- miejscowe zwęglenie tulei wewnętrznej uzwojenia GN oraz uszkodzenie izolacji pierścienia ekwipotencjalnego uzwojenia DN (zdjęcie 8.),
- miejscowe uszkodzenia izolacji zwojowej uzwojenia DN,
- uszkodzenie izolacji pierścienia ekwipotencjalnego uzwojenia RG oraz uszkodzenia kołnierza kąтового uzwojenia RG (zdjęcie 9.),
- uszkodzenie izolacji pierścienia ekwipotencjalnego uzwojenia GN (zdjęcie 10.).



Zdjęcie 6. Uszkodzone i przegrzane blachy rdzenia



Zdjęcie 7. Odbarwienia miedzi odpływu SN



Zdjęcie 8. Punktowe uszkodzenia tulei uzwojenia DN



Zdjęcie 9. Uszkodzenie izolacji pierścienia ekwipotencjalnego uzwojenia RG oraz uszkodzenia kołnierza kąтового uzwojenia RG



Zdjęcie 10. Uszkodzenie izolacji pierścienia ekwipotencjalnego uzwojenia GN

W trakcie działań remontowych naprawiono miejscowe uszkodzenia izolacji papierowej, wymieniono układ izolacyjny na nowe, twarde izolacje międzycewkowe oraz twarde kołnierze kątowe wszystkich trzech faz uzwojenia GN, doizolowano połączenia pomiędzy uzwojeniami a izolatorami przepustowymi. Transformator zmontowano, zalano nowym olejem i przeprowadzono pomiary poremontowe.

Stwierdzono wysoki poziom wyładowań niezupełnych w dolnej części transformatora. Powodem było niewłaściwe wykonanie uziemienia belki dolnego jarzma rdzenia transformatora – uziemienie poprawiono.

Pozostałe wyniki pomiarów nie budziły zastrzeżeń. Transformator został dostarczony na stanowisko i uruchomiony jesienią 2010 r.

Podjęte działania remontowe nie przyniosły spodziewanych rezultatów. Analiza chromatograficzna wskazała przekroczenie dopuszczalnych poziomów koncentracji etanu: 240,7 ppm w 2011 r. i 430,3 ppm w 2013 r. oraz propanu 55 ppm. Dopuszczalne wartości to 160 ppm dla etanu i 40 ppm dla propanu. Obserwowano również wysoki poziom dwutlenku węgla – wartości prawie 3200 ppm. Pomiary poziomu wyładowań niezupełnych także wykazywały ich podwyższoną wartość. Wykonawca remontu transformatora w ramach praw gwarancyjnych zdecydował się na rewizję wewnętrzną poprzez właz rewizyjny na stanowisku transformatora. Wykonanie rewizji było możliwe w 2014 r. W jej trakcie naprawiono uziemienie belek jarzmowych oraz uszkodzone linki uziemiające poszczególne pakiety rdzenia dwuramowego. Wykonano także wirowanie oleju. Wykonane po naprawie sprawdzające pomiary poziomu wyładowań niezupełnych nie wykazały nieprawidłowości.

Wykonywane w latach następnych badania wykazały postępujący w dalszym ciągu proces degradacji technicznej transformatora.

- W badaniu zawartości związków furanu w oleju w 2015 r. stwierdzono wzrost zawartości 2 FAL, co świadczy o postępującym procesie starzenia izolacji.
- W badaniu chromatograficznym gazów rozpuszczonych w oleju z 2015 r. stwierdzono przekroczenie granicznych poziomów gazów: etanu, propanu i dwutlenku węgla. W stosunku do 2014 r. koncentracja gazów wzrosła. Diagnoza wskazuje na przegrzanie transformatora w zakresie temperatur <300 stopni Celsjusza.
- Badanie właściwości fizykochemicznych oleju oraz okresowych z 2015 r. potwierdziło spełnienie wymagań dla transformatorów w eksploatacji wg RIET.
- Pomiary cykliczne oleju w czerwcu 2017 r. wykazały dalszy przyrost koncentracji gazów rozpuszczonych w oleju.
- Pomiary okresowe oraz właściwości fizykochemicznych oleju wykonane we wrześniu 2017 r. potwierdziły spełnienie wymagań dla transformatorów w eksploatacji.
- Powtórzone, sprawdzające badania chromatograficzne z dnia 01.09.2017 r. potwierdziły dalszy przyrost koncentracji gazów rozpuszczonych w oleju. **Dynamika przyrostu przeszło 2-krotnie przekracza dopuszczalną w okresie jednego miesiąca.** Diagnoza – lokalne przegrzanie transformatora $t < 300$ stopni Celsjusza.
- Powtórzone badania sprawdzające z dnia 18.09.2017 r. wykazały dalszy gwałtowny przyrost koncentracji gazów: wodoru, etanu, metanu, tlenu węgla. **Dynamika przyrostu blisko 3-krotnie przekracza dopuszczalną w okresie jednego miesiąca.** Diagnoza – lokalne przegrzanie transformatora $t < 300$ stopni Celsjusza.
- We wrześniu 2017 r. wykonano również pomiar współczynnika stratności dielektrycznej przepustów – wyniki zgodne z wymaganiami normy.
- Dodatkowo w końcu września 2017 r. wykonano badania sprawdzające poziom wyładowań niezupełnych metodą emisji akustycznej – badania wskazały 4 obszary podniesionych poziomów

wyładowań niezupełnych. Zalecono zwiększenie częstości pomiarów chromatograficznych gazów rozpuszczonych w oleju.

Analiza wyników badań oraz przebiegu dotychczasowych działań naprawczych wskazuje, że remont obecnego transformatora jest niecelowy, a należy w trybie pilnym dokonać wymiany transformatora na nowy.

3. Wnioski

- Systematycznie wykonywane analizy chromatograficzne gazów rozpuszczonych w oleju dają dużą wiedzę o postępującej degradacji stanu części aktywnej transformatora i oleju.
- Podjęte we właściwym czasie działania naprawcze pozwalają uniknąć strat w produkcji, ewentualnego pożaru transformatora i degradacji środowiska produktami spalania lub rozlanym olejem.
- Wiedza o stanie technicznym transformatora umożliwia planowanie terminu oraz kosztów działań naprawczych.
- Celowym jest, aby pomiary były wykonywane przez tę samą jednostkę badawczą. Ma to na celu wyeliminowanie wpływu sposobu pobiera-

nia próbek olejowych z transformatora oraz badań w chromatografii na zmienność danych pomiarowych.

- Badania właściwości fizykochemicznych oleju w wielu przypadkach wskazują na spełnienie wymagań stawianych olejom w eksploatacji, pomimo znacznego przekroczenia koncentracji gazów rozpuszczonych w oleju.
- Celowym jest wykonywanie jak najszerszych badań nowych transformatorów i po remontach kapitalnych celem stworzenia bazy danych dla porównania pomiarów w eksploatacji.

4. Bibliografia

- [1] „Ramowa Instrukcja Eksploatacji Transformatorów” Energopomiar-Elektryka Gliwice 2012.
- [2] „Raport z oceny stanu technicznego transformatora T3 typu TFR3a 63 000/121x nr fabr. 131155 Elektrociepłownia nr 3” ZREW Transformatory SA 2017.
- [3] Raporty pomiarowe firm ABB, ZREW Transformatory SA, Ethos Energy, Fabryka Transformatorów w Żychlinie, Energopomiar-Elektryka.

Nowe tendencje w elektroenergetyce krajów rozwiniętych

prof. dr hab. inż. Jerzy Stanisław Zieliński
Katedra Informatyki Uniwersytetu Łódzkiego

1. Wprowadzenie

Ponad wiek prąd przemienny i hierarchiczny system zarządzania dominowały w przesyłach, rozdzielaniu i użytkowaniu energii elektrycznej. Awaryjne wyłączanie zasilania gęsto zaludnionych rejonów (blackouty), występujące w wysoko rozwiniętych krajach w drugiej połowie ubiegłego wieku, spowodowane niedostatkami paliw kopalnych, niewystarczającą liczbą źródeł energii, za małą przepustowością linii przesyłowych, spowodowały konieczność nowej organizacji pracy sieci elektroenergetycznej, nazwanej siecią inteligentną (Smart Grid – SG). Jedną z podstawowych właściwości takiej sieci jest zasada dołączenia do systemu elektroenergetycznego każdego (nawet małego) źródła energii elektrycznej, co spowodowało zmianę z hierarchicznego na rozproszony system zarządzania systemem elektroenergetycznym. Powiększająca się liczba źródeł prądu stałego i przekształtników prądu stałego na przemienny zaowocowała myślą zastosowania prądu stałego w sieciach rozdzielczych i mikrosieciach. Równocześnie wprowadzono przesył prądu stałego z morskich farm wiatrowych na ląd, uruchamianie linii przesyłowych prądu stałego w USA, Ameryce Południowej, Azji i Afryce [13].

Tak więc w pierwszej dekadzie dwudziestego pierwszego wieku pytanie: *czy stosować prąd stały w przesyłach i rozdzielaniu?* zastępowane jest pytaniami: *kiedy i gdzie zastosować prąd stały?, jak zorganizować współpracę systemu prądu przemiennego z prądem stałym?* Odpowiedzi na te pytania wymagają rozwiązania wielu zagadnień, które w dalszym tekście zasygnalizujemy, przedstawiając je w dwóch grupach, jako zagadnienia ekonomiczne i społeczne oraz rozwiązania techniczne.

2. Zagadnienia ekonomiczne i społeczne

2.1. Orientacja na odbiorcę

W tradycyjnym, hierarchicznym systemie zarządzania elektroenergetyką podstawową uwagę skupiano na źródłach, co nie uchroniło, jak wspomniano powyżej, przed dotkliwymi blackoutami. Wprowadzenie do systemu elektroenergetycznego źródeł odnawialnych spowodowało rozwój nowej grupy uczestników systemu elektroenergetycznego – prosumentów, będących odbiorcą lub dostawcą energii elektrycznej w wyniku zainstalowanych źródeł energii (głównie fotowoltaicznych), wpływając tym samym na rozdział (a w pewnym zakresie i przesył) energii elektrycznej. Spowodowało to konieczność badań nad efektywnym wykorzystaniem prosumentów w pracy systemu elektroenergetycznego, co

znalazło odbicie m.in. w uruchomieniu kilkunastu projektów badawczych finansowanych przez UE, np. projekt *e-balance* [2].

Společną konsekwencją takiego rozwoju elektroenergetyki stało się zwiększenie zatrudnienia, podniesienie poziomu wiedzy, konieczność wykształcenia nowej kadry technicznej i ekonomicznej niezbędnej do pracy w nowych, bardziej złożonych warunkach organizacyjnych i technicznych.

2.2. Źródła odnawialnej energii (OZE)

Istotną właściwością tych źródeł jest wykorzystanie lokalnych, zwykle małych, zasobów takiej energii pierwotnej (biomasa, ciekłe wodne, wody geotermalne i in.) do wytwarzania energii elektrycznej. W zależności od lokalnych warunków, uzasadnione jest tworzenie tzw. mikro sieci, będących własnością grupy mieszkańców (wsi, gminy, regionu), które poprawiają zasilanie lokalnych odbiorców, dają zatrudnienie oraz dodatkowy dochód i współuczestniczą w ochronie środowiska [8].

2.3. Dekarbonizacja

Jest to ogólne określenie obszernej grupy działań mających na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych powstających w wyniku spalania paliw kopalnych, powodujących poważne zagrożenie dla ziemskiej biosfery. Mimo powszechnej znajomości tego zagrożenia, światowe potęgi ekonomiczne i rozwijające się kraje Afryki i Azji, jak wykazała konferencja w Katowicach w 2018 roku, nie zamierzają ograniczać użytkowania paliw kopalnych. Na tym tle wyróżnia się polityka UE, nakładająca na kraje członkowskie obowiązek stałego ograniczania użytkowania paliw kopalnych, wprowadzająca wzrastające opłaty za wyemitowane gazy.

Dekarbonizacja wkracza w różne dziedziny gospodarki, takie jak: zaniechanie budowy nowych elektrowni węglowych, stosowanie różnorodnych magazynów energii (elektrycznej, cieplnej, mechanicznej), ocieplanie budynków; w transporcie zastąpienie silników spalinowych elektrycznymi, wycofywanie samochodów z silnikami Diesla.

2.3. Zaprojektowanie i wdrożenie nowych rynków energii

stało się koniecznością wynikającą ze zwiększenia się liczby zróżnicowanych źródeł energii, niejednokrotnie o przeciwstawnych strategiach (wykorzystanie gazu do produkcji energii elektrycznej) [12].

3. Nowe rozwiązania techniczne

3.1. Prąd stały wkracza tam, gdzie dominował niepodzielnie prąd przemienny, zatem muszą być rozwiązane problemy współpracy technicznej i ekonomicznej tych dwóch różnych systemów. Znajduje to swoje odbicie w literaturze fachowej w ostatnim okresie, w liczbie publikacji poświęconych tej tematyce [13, 14]. Szczególnie aktualne jest stosowanie prądu stałego w sieciach rozdzielczych, z którymi współpracują mikro sieci z dominującymi źródłami stałoprądowymi. W dniu 17 stycznia 2019 r. Tech Alert (IEEE) podało informację, że państwowy operator sieci w Beijing (Chiny) włączył do eksploatacji linię prądu stałego 1100 kV o możliwości przesyłania 12 GW na odległość przekraczającą 3000 km.

3.2. Phasor Measurement Unit – PMU (system do pomiaru fazorów) jest rozwiązaniem umożliwiającym pomiar napięć i prądów w różnych węzłach rozległego systemu elektroenergetycznego w tym samym czasie, z dokładnością do 1 μ s (jedna mikrosekunda) [1]. Początkowo PMU były stosowane tylko w sieciach przesyłowych najwyższych napięć, obecnie w Chinach stosowane są nawet w sieciach rozdzielczych [13].

3.3. Nowe narzędzia informatyki i komunikacji powstają w miarę ogólnego postępu technologicznego. Wśród nich znaczącą rolę odgrywają różne rodzaje internetu wszystkiego (a nie „internetu wszechrzeczy”, bo ludzie i zwierzęta nie są rzeczami) – Internet of Everything (IoE), w tym szczególnie internet rzeczy IoT [3, 5, 6]. Dzięki sieci sensorów dołączone do niej urządzenia mogą bezpośrednio przekazywać między sobą informacje i mogą być zdalnie sterowane. Znaczenie internetu wszystkiego zwielokrotni się w ciągu kilku lat, gdy nowy system łączności bezprzewodowej 5G, zwiększający ponad tysiąc razy w stosunku do obecnie możliwych parametrów podstawowe wskaźniki określające IT, będzie zapewniał łączność bezprzewodową.

4. Podsumowanie

Wprowadzenie wymienionych wyżej nowości technicznych i organizacyjnych wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, nie tylko w elektroenergetyce, ale i w przemyśle, instytucjach badawczych i uczelniach. Wszystko to implikuje konieczność opracowania przemysłowej strategii rozwoju i skoordynowania działań, przedstawiając zbiór warunków umożliwiających prawidłowy postęp cywilizacyjny połączony z zachowaniem i ochroną ziemskiej ekosfery.

5. Bibliografia

1. Bush S. F. *Smart Grid/ Communication-Enabled Intelligence For the Electric Power Grid*. IEEE Wiley 2014.
2. Matusiak B. E., Zieliński J. S. *Internet of Things in Smart Grid Environment*. Rynek Energii, 3/(112) – 2014, 115–119.
3. Matusiak B. E., Piotrowski K., Zieliński J. S. *Internet of Things in the e-balance project*. Rynek Energii 1/116 2015, 98–103.
4. Zieliński J. S. *Prąd stały czy przemienny? (a może razem)*. Biuletyn Techniczno-Informacyjny Oddziału Łódzkiego SEP, 1/2014 (64), ISSN 2082-7377, 18–19.
5. Zieliński J. S. *Internet of Things (IoT) and Internet of Everything (IoE) in Management*. Knowledge management, Learning, Information Technology, UE in Katowice, 24–27 June 2015.
6. Zieliński J. S. *Internet of Everything (IoE) in Smart Grid*. Przegląd Elektrotechniczny 3/2015, 157–159.
7. Zieliński J. S. *DC in Microgrids and Distribution Grids*. Konferencja Naukowa „Energetyka prosumencka w wymiarach zrównoważonego rozwoju”, 21.10.2015, Koszęcin.
8. Zieliński J. S. *DC in Microgrids and Distribution Grids*. Monografia ENERGETYKA PROSUMENCKA, Politechnika Śląska. Gliwice 2016, 228–231.
9. Zieliński J. S. *Smart Grid i nowe narzędzia informatyczne*. Biuletyn Techniczno-Informacyjny Oddziału Łódzkiego SEP, 4/2017 (62), ISSN 2082-7377, 2–5.
10. Zieliński J. S. *Does Smart Grid Need New Infotmatics Tools?* Przegląd Elektrotechniczny 4/2018, 30–33.
11. Zieliński J. S. *Hosting Capacity Influence on Management in Power System*. Rynek Energii 2/2018, 86–88.
12. Zieliński J. S. *Future Benefits Offered by Smart Grids Require New Emeryg Market Development*. Rynek Energii 5/2018, 83–886.
13. Zieliński J. S. *What Is the Distance Between the Power Energy Sector of European Developing Countries and the World That Is Aiming at the Information Society?* (w druku).
14. Zieliński J. S. *Direct Current in Transmission, Distribution and Microgrid* (w druku).

Nagroda Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla Pawła Różgi

3 grudnia 2018 roku w Starej Oranżerii w Łazienkach Królewskich w Warszawie Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego Jarosław Gowin wręczył coroczne nagrody za wybitne osiągnięcia naukowe, indywidualne i dydaktyczne oraz sukcesy organizacyjne. Nagrody te są jednym z najbardziej prestiżowych wyróżnień w polskiej nauce i przyznawane są najlepszym przedstawicielom środowiska akademickiego – naukowcom, dydaktykom i organizatorom. W minionym roku, podczas uroczystej gali, nagrodzonych zostało 69 akademików.

Z przyjemnością informujemy, że jedną z nagrodzonych osób był kol. dr hab. inż. Paweł Różga, wiceprezes ds. naukowo-technicznych Oddziału Łódzkiego SEP, który z rąk wicepremiera Jarosława Gowina odebrał *Nagrodę Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za osiągnięcia naukowe I stopnia*. Eksperti MNiSW docenili cykl publikacji dr. hab. Pawła Różgi pt. „Ocena porównawcza sposobu propagacji wyładowań elektrycznych w elektroizolacyjnych estrach biodegradowalnych i oleju mineralnym przy udarze napięciowym piorunowym w małych przerwach układu elektrod ostrze-izolowana płyta”, który stanowił podstawę nadania mu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika.

Serdecznie gratulujemy i życzymy dalszych sukcesów.

alnego i dydaktycznego oraz sukcesy organizacyjne. Nagrody te są jednym z najbardziej prestiżowych wyróżnień w polskiej nauce i przyznawane są najlepszym przedstawicielom środowiska akademickiego – naukowcom, dydaktykom i organizatorom. W minionym roku, podczas uroczystej gali, nagrodzonych zostało 69 akademików.



Paweł Różga odbiera nagrodę z rąk wicepremiera Jarosława Gowina. Źródło: MNiSW, fot.: Przemysław Blechman

Gala 50-lecia EC3

Andrzej Boroń
Oddział Łódzki SEP

22 stycznia 2019 r. w Centrum Dialogu im. Marka Edelmana w Łodzi odbyła się Gala z okazji jubileuszu 50-lecia działalności Elektrociepłowni EC3. Była to okazja do spotkania osób zajmujących się budową i eksploatacją tej elektrociepłowni, jednej z dwóch aktualnie pracujących

zakładów wytwórczych EC Veolii Energii Łódź w łódzkim systemie ciepłowniczym, produkującą ciepło systemowe i energię elektryczną w kogeneracji. Była to też okazja do wspomnień, przypomnienia najważniejszych zdarzeń w tej kilkudziesięcioletniej historii zakładu oraz przypomnienia ludzi tam wcześniej i obecnie pracujących. Wydarzenie pozwoliło na spotkanie pokoleń łódzkich energetyków związanych z EC3 oraz dyskusję na temat rozwoju i przyszłości energetyki łódzkiej i krajowej.

Spotkanie prowadził Robert Warchoń – dyrektor PR Veolii Energii Łódź. Uroczystość poprzedził krótki film o uruchomionej 50 lat temu

elektrociepłowni, który wprowadził w tematykę historii EC i pokazał, jak ta elektrociepłownia wygląda dziś.



Oficjalną część gali otworzyła prezes Zarządu Veolii Energii Łódź S.A. Anna Kędziora-Szwagrzak (na zdjęciu obok), która przywitała obecnych na sali: Frederica Faroche – prezesa Zarządu Grupy Veolia w Polsce, dyrektora generalnego Grupy Veolia w Polsce, Philippe Gastaud – członka Zarządu Veolia Energia Polska, dyrektora operacyjnego Grupy Veolia w Polsce.

Przywitalo również prezesów Dalkii i Veolii Energii: Jacky'ego Lacombe'a i Andrzeja Szymanka oraz dyrektorów EC3 – Jerzego Kosiorowskiego, Zygmunta Karalusa, Andrzeja Boronia i obecnego dyrektora – Andrzeja Radzyńskiego.

Historię EC3 przybliżył wiceprezes zarządu Veolii Energii Łódź – Sławomir Burmann.

Tuż po wojnie, pod koniec 1948 roku powstała koncepcja uciepłownienia Łodzi poprzez budowę czterech elektrociepłowni i adaptację Elektrowni Łódzkiej do pracy ciepłowniczej. Obok elektrowni (EC1), w połowie lat pięćdziesiątych powstała duża elektrociepłownia EC2, zadaniem której, poza ogrzewaniem mieszkań, było dostarczenie pary technologicznej do zakładów przemysłu włókienniczego. Powstał również nowy zakład – Zakład Sieci Ciepłych, będący w strukturach organizacyjnych energetyki zawodowej.



W połowie lat sześćdziesiątych bilans potrzeb grzewczych miasta nie był kompensowany możliwościami wytwórczymi dwóch podstawowych źródeł: EC2 i EC1 oraz kotłowni lokalnych i przemysłowych. Na placu pomiędzy ulicami: Letnią (dziś Aleja Włóknarzy), Limanowskiego, Swojską i Pojezierską powstała nowa elektrociepłownia: EC3. 31 grudnia 1968 roku przekazano w EC3 do eksploatacji pierwszy kocioł typu OP-130 (termin ten uważa się za inauguracyjny dla działalności EC3), w dwa miesiące później drugi, zaś w kwietniu 1969 r. współpracujący z kotłami, czeski turbozespół upustowo-przeciwprężny o mocy 33,5 MW.

W tym miejscu należy podkreślić rolę, jaką w historii łódzkiej energetyki odegrał inż. Eugeniusz Graczyk, wieloletni dyrektor kolejno: EC2 – w budowie, Zakładu Sieci Ciepłej – w budowie i EC3 – w budowie. Był to pełen energii dyrektor, na miarę tamtych czasów wyróżniający się umiejętnością kompletowania kadr i załatwiania spraw niemożliwych.

To z jego inicjatywy z placów magazynowych elektrowni Chorzów przywieziono do EC3 pierwszy kocioł OP-130. To on również był inicjatorem budowy EC4. Zwraca uwagę fakt, że dyr. Graczyk działał głównie jako budowniczy elektrowni w Polsce i w naszym mieście, wcześniej w Mielchowie na Śląsku, a następnie przeniósł się do rodzinnego miasta.



Lata siedemdziesiąte to burzliwy okres rozwoju łódzkiej energetyki. Nie ma prawie roku, w którym w jednej choćby elektrociepłowni nie przekazano do eksploatacji kotła energetycznego czy bloku. W 1971 roku w EC3 oddano pierwszy blok ciepłowniczy BC-50 (kocioł Rafako typu OP-230 z turbozespołem upustowo-przeciwprężnym 55 MW). W 1997 roku zakończono budowę urządzeń podstawowych w EC3 przekazaniem do eksploatacji kolejnego bloku BC-50. Dziś w EC3, zmodernizowanej i przystosowanej do wymogów ochrony środowiska, zainstalowana moc elektryczna wynosi 205,85 MW, a moc cieplna - 804 MWt. W elektrociepłowniach EC3 i EC4 przewidziano dostosowanie obiektów Veolii do zaostrzonych norm środowiskowych. Powstały tam m.in. nowe instalacje odsiarczania, odazotowania i odpylania.

Po zakończeniu części oficjalnej zebrani udali się do holu Centrum na symboliczną lampkę wina i poczęstunek. Była to okazja do wspomnień, ale i wspólnych zdjęć. W holu wyłożona była Księga pamiątkowa, do której ustawiła się kolejka gości. Księga ta ma być udostępniona uczestnikom spotkania.



Jerzy Kosiorowski wpisuje się do Księgi pamiątkowej

Spotkanie zakończyło zwiedzanie Centrum. Dlaczego spotkanie odbyło się w Centrum Dialogu im. Marka Edelmana? Z wielu względów. Wybrano Centrum Dialogu jako obiekt związany z Łodzią i jej międzynarodowym charakterem. Należy tu przypomnieć, że przed 1939 rokiem

żyło w Łodzi ponad 600 tysięcy ludzi, w tym 60 tys. Niemców oraz ponad 200 tysięcy Żydów.

Marek Edelman przyszedł na świat prawdopodobnie w 1921 roku w Homlu na Białorusi (data jego narodzin nie jest dokładnie znana). Był jednym z przywódców podczas powstania w getcie warszawskim. W Łodzi pracował jako lekarz, działacz polityczny. Jego rodzice nie byli osobami apolitycznymi, matka Cecylia z domu Percowska była członkinią kobiecego odłamu Bundu (Powszechny Żydowski Związek Robotniczy na Litwie, w Polsce i Rosji), ojciec zaś był związany z socjalistycznymi rewolucjonistami rosyjskimi. Marek Edelman podczas drugiej wojny światowej

należał do Powszechnego Żydowskiego Związku Robotniczego, a także był współtwórcą organizacji ŻOB, czyli Żydowskiej Organizacji Bojowej. Był ostatnim ich przywódcą podczas walk w getcie.

Po wojnie ukończył Akademię Medyczną w Łodzi. Od lat 80. związany był z „Solidarnością”. Po zmianie ustroju w Polsce związany był z Unią Demokratyczną i Unią Wolności. Zmarł w październiku 2009 roku. Dla osób, które go spotkały, był przede wszystkim Człowiekiem.

Zachęcam wszystkich do zwiedzenia Centrum. Można się tu zapoznać z historią naszego miasta, historią Żydów w Łodzi i życiem wspaniałego człowieka, jakim był Marek Edelman.

Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP

Anna Grabiszewska
Oddział Łódzki SEP

W dniu 14 grudnia 2018 r. odbyło się tradycyjne spotkanie wigilijne członków i sympatyków Oddziału Łódzkiego SEP z udziałem zaproszonych gości. W spotkaniu uczestniczyło około 120 osób.

Otwierając zebranie prezes Oddziału Łódzkiego SEP Władysław Szymczyk powitał przybyłych: prezesa SEP, Członka Honorowego SEP – dr. Piotra Szymczaka, Członka Honorowego SEP – Tadeusza Malinowskiego, Członka Honorowego SEP – prezesa Oddziału Zagłębia Węglowego SEP prof. Jerzego Barglika, Członka Honorowego SEP – prof. Franciszka Mosińskiego, Sławomira Burmanna – wiceprezesa Zarządu, dyrektora operacyjnego Veolii Energii Łódź S.A., Grzegorza Sołtysiaka – prezesa ZREW Transformatory S.A., Marcina Błaszczyka – dyrektora handlowego, członka Zarządu ZREW Transformatory S.A., Jerzego Sokółowskiego – dyrektora Oddziału Urzędu Dozoru Technicznego w Łodzi, Mirosława Urbaniaka – prezesa Łódzkiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT, Janusza Moosa – dyrektora Łódzkiego Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego, przedstawicieli członków wspierających OŁ SEP, prezesów zaprzyjaźnionych oddziałów, prezesów i dyrektorów firm współpracujących, dyrektorów Instytutów i Katedr Politechniki Łódzkiej, członków Zarządu OŁ, Komisji Rewizyjnej i Sądu Koleżeńskiego oraz pozostałych gości.

Sprawozdanie z działalności Oddziału w 2018 roku przedstawił prezes Oddziału Władysław Szymczyk. Towarzyszyła temu ilustrowana zdjęciami prezentacja multimedialna, przedstawiająca główne kierunki działalności OŁ SEP oraz najważniejsze wydarzenia ostatniego roku. Należały do nich m.in.: spotkanie Prezydium Oddziału Łódzkiego SEP z prezesami sąsiadujących Oddziałów SEP (styczeń 2018), uroczyste, ostatnie w kadencji 2014–2018 wspólne spotkanie Zarządu, Komisji Rewizyjnej i Sądu Koleżeńskiego (marzec 2018), Walne Zgromadzenie Oddziału (marzec 2018), IV Dyskusyjne Forum Kobiet SEP (kwiecień 2018), seminarium wyjazdowe do Hiszpanii pn.: „Energetyka Odnawialna i Jądrowa” (maj 2018), którego głównym punktem była wizyta w firmie ORMAZABAL, piknik z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka (czerwiec 2018), udział delegatów Oddziału Łódzkiego SEP w Walnym Zjeździe Delegatów SEP w Poznaniu

(czerwiec 2018), 15 Międzynarodowa Konferencja Europejski Rynek Energii EEM (czerwiec 2018), szkolenie dla członków komisji kwalifikacyjnych powołanych przy Oddziale Łódzkim SEP (wrzesień 2018), XII Konferencja Naukowo-Techniczna Transformatory Energetyczne i Specjalne. Patronat nad konferencją objął między innymi Oddział Łódzki SEP (październik 2018). Były to także cieszące się dużym zainteresowaniem Wieczorki z elektryką.

W prezentacji 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 Biuletyn Techniczno-Informacyjny OŁ SEP, organizacja konkursów dla studentów (najlepsza praca dyplomowa magisterska i inżynierska) oraz młodzieży szkół ponadgimnazjalnych, z którymi Oddział ściśle współpracuje. Działalność na rzecz młodzieży została doceniona przez Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego, które w 2018 roku uhonorowało Oddział Łódzki SEP Złotym Certyfikatem KREATOR INNOWACJI.

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 Rzecznawstwa, a także równie ważnej działalności stowarzyszeniowej.



Od lewej: Władysław Szymczyk, odznaczony Złotą Odznaką Honorową SEP
Jerzy Nowicki, Piotr Szymczak



Od lewej: Władysław Szymczyk, odznaczeni Srebrną Odznaką Honorową SEP: Zbigniew Miszczak, Edward Pilak, Anna Grabiszewska oraz wręczający odznaczenia i medale – Piotr Szymczak

Po prezentacji działalności Oddziału głos zabrał prezes SEP Piotr Szymczak, który podziękował za dotychczasową współpracę z Oddziałem również przy organizacji imprez organizowanych przez centralę, takich jak Forum Kobiet, a także przybliżył zebrany plany obchodów Jubileuszu 100-lecia SEP.



Od lewej: uhonorowani medalem im. prof. Eugeniusza Jezierskiego – Władysław Szymczyk i Zdzisław Zarzycki oraz wręczający medale Piotr Szymczak i Franciszek Mosiński



Od lewej: Władysław Szymczyk, uhonorowany medalem im. inż. Kazimierza Szpotańskiego Jerzy Jagas, uhonorowana medalem im. prof. Janusza Groszkowskiego Alicja Oleska, uhonorowany medalem im. inż. Kazimierza Szpotańskiego Ryszard Sadowski, Piotr Szymczak

W części oficjalnej prezes SEP Piotr Szymczak, prezes OŁ SEP Władysław Szymczyk, członek Zarządu OŁ SEP prof. Franciszek Mosiński oraz



Od lewej: Władysław Szymczyk, uhonorowani Srebrną Odznaką Honorową NOT Czesław Kaczmarek i Krzysztof Karolczak, Mirosław Urbaniak

prezes ŁRFSNT-NOT prof. Mirosław Urbaniak wręczyli nadane przez ZG SEP, FSNT NOT w 2018 r. odznaczenia i medale członkom OŁ SEP:

- Złotą Odznaką Honorową SEP otrzymał **Jerzy Nowicki**;
- Srebrną Odznaką Honorową SEP otrzymali: **Zbigniew Miszczak, Janusz Ozimek, Edward Pilak, Anna Grabiszewska**;
- Medal im. prof. Eugeniusza Jezierskiego otrzymali: **Władysław Szymczyk i Zdzisław Zarzycki**;
- Medal im. prof. Janusza Groszkowskiego otrzymała **Alicja Oleska**;
- Medal im. inż. Kazimierza Szpotańskiego otrzymali: **Jerzy Jagas i Ryszard Sadowski**;
- Medal im. prof. Mieczysława Pożaryskiego otrzymał **Zenon Sowa**;
- Medal im. Michała Doliwo-Dobrowolskiego otrzymał **Robert Gąsiorowicz**;
- Srebrną Odznaką Honorową NOT otrzymali: **Krzysztof Dzieciatkowski, Krzysztof Karolczak i Czesław Kaczmarek**.

Po raz trzeci wręczono również Złote Pióra OŁ SEP za aktywny, merytoryczny oraz publicystyczno-dziennikarski wkład pracy w redagowanie Biuletynu Techniczno-Informacyjnego Oddziału Łódzkiego SEP. Pióra wręczone przez Pawła Różgę, wiceprezesa OŁ SEP, przewodniczącego Komitetu Redakcyjnego Biuletynu w 2018 otrzymali: prof. Jerzy St. Zieliński (niestety nieobecny podczas spotkania) i Przemysław Tabaka.



Od lewej: Władysław Szymczyk, laureat ZŁOTEGO PIÓRA OŁ SEP Przemysław Tabaka, Paweł Różga

Miłym akcentem spotkania było wręczenie stypendium im. Lecha Grzelaka, które otrzymał Michał Lech – student Politechniki Lubelskiej na kierunku elektrotechnika, specjalność: projektowanie urządzeń elektrycznych. Okolicznościowy dyplom wręczyła Halina Grzelak i Władysław Szymczyk, prezes Oddziału Łódzkiego SEP.



Halina Grzelak wręcza Michałowi Lechowi stypendium im. Lecha Grzelaka

Wręczenia dyplomów i nagród w konkursie na najlepszą pracę dyplomową magisterską wykonaną na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej w roku akademickim 2017/2018 dokonali: prezes Władysław Szymczyk i dr hab. inż. Andrzej Kanicki, prof. nadzw., przewodniczący Komisji Konkursowej. Komisja nagrodziła i wyróżniła następujące prace:

- I miejsce – **Dariusz Sitek** za pracę pt.: „Projekt i realizacja układu sterowania linii produkcyjnej z wykorzystaniem sterowników PLC”. Promotor: dr inż. Tomasz Sobieraj;
- II miejsce – **Łukasz Folwarczyk** za pracę pt.: „Badanie i implementacja algorytmów detekcji drogi przy wykorzystaniu cyfrowego przetwarzania obrazów”. Promotorzy: dr hab. inż. Grzegorz Granosik, prof. PŁ, mgr inż. Kacper Andrzejczak;
- III miejsce – **Agnieszka Węgierska** za pracę pt.: „Oprogramowanie do planowania misji i koordynacji współpracy heterogenicznych robotów mobilnych”. Promotorzy: dr hab. inż. Grzegorz Granosik, prof. PŁ, mgr inż. Kacper Andrzejczak;
- wyróżnienie – **Katarzyna Karolina Adamiak** za pracę pt.: „Reaching law based discrete time sliding mode control of dynamical systems”. Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Bartoszewicz;

- wyróżnienie – **Paweł Kielanowski** za pracę pt.: „Detekcja wczesnych stadiów chorób wśród zwierząt hodowlanych przy wykorzystaniu termografii oraz statystycznych metod przetwarzania danych”. Promotor: dr hab. inż. Anna Fabijańska, prof. PŁ;
- wyróżnienie – **Kamil Kwiatek** za pracę pt.: „Analiza pojemnościowego sprzężenia zwrotnego w interfejsach biosensorycznych”. Promotor: dr inż. Roman Gozdur.

Na zakończenie części oficjalnej wręczono legitymacje członkowskie nowym członkom Oddziału Łódzkiego SEP. Legitymacje te wręczane są uroczysto kilka razy w roku, m.in. podczas Wigilii dla członków Oddziału.

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



Występ artystów Fundacji AVANGART, soliści Katarzyna Zając-Caban i Piotr Wołosz wraz z kwartetem smyczkowym z towarzyszeniem fortepianu

Drugą, już nieoficjalną część wieczoru rozpoczęto od tradycyjnego podzielenia się opłatkiem i poczęstunkiem zestawu potraw wigilijnych. W świątecznej atmosferze, komentowano mijający rok i składano sobie życzenia.

Foto: Archiwum Oddziału Łódzkiego SEP

Akcenty łódzkie na spotkaniu wigilijnym SEP w Warszawie

Anna Grabiszewska
Oddział Łódzki SEP

W dniu 11 grudnia 2018 roku odbyło się tradycyjne spotkanie świątecznie-norowoczne członków i sympatyków Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Na miejsce spotkania wybrano Hotel Radisson Blu Sobieski, znajdujący się w centrum Warszawy. Tegoroczna uroczystość miała szcze-

gólny wymiar, jako że w jej trakcie zainaugurowano obchody 100-lecia SEP. W spotkaniu uczestniczyło ponad 300 osób z całego kraju. Oddział Łódzki reprezentowali: Władysław Szymczyk, Andrzej Boroń, Henryka Szumigaj, Karol Adamiak, Adam Pawełczyk, Lucyna Drygalska, Marcin Stanek i Anna Grabiszewska.

Prowadzenie uroczystości prezes SEP powierzył znanemu aktorowi filmowemu i teatralnemu, na co dzień związanemu z warszawskim Teatrem „Rampa” – Robertowi Tonderze, który przywitał przybyłych i podziękował firmom wspierającym uroczystość. Specjalne podziękowania prowadzą-

cy skierował do Polskiej Izby Gospodarczej Elektrotechniki – fundatora stypendiów specjalnych.

Podczas spotkania prezes SEP Piotr Szymczak nakreślił najważniejsze zamierzenia, jakie Stowarzyszenie będzie podejmowało w jubileuszowym, 2019 roku. Należą do nich będą:

- III Kongres Elektryki Polskiej (02–03.04.2019 r.), nad którym intensywnie pracuje Komitet Sterujący pod kierunkiem prof. Andrzeja Jakubiaka;
- uroczystości kulminacyjne, które odbędą się 6–7 czerwca 2019 r. na Politechnice Warszawskiej, w ramach których odbędzie się Jubileuszowy XXXIX Nadzwyczajny Walny Zjazd Delegatów, w programie m.in. odsłonięcie pomnika-ławeczki pierwszego prezesa SEP prof. Mieczysława Pożaryskiego;
- uroczystości jubileuszowe we Lwowie, w końcu września 2019 roku;
- debata nt. strategii Stowarzyszenia, mająca na celu wypracowanie nowoczesnego modelu jego działalności, jako organizacji zrzeszającej profesjonalistów.

W swoim przemówieniu prezes powiedział m.in.: *Kontynuując chlubne karty i tradycje działalności społecznej, przez blisko pięć pokoleń Stowarzyszenie wspierało rozwój przemysłu elektrotechnicznego, nauki i techniki oraz kształcenie kadr dla gospodarki narodowej. Zainaugurowane obchody pozwolą poznać piękną tradycję i przyczynią się do pielęgnowania dobrego imienia Stowarzyszenia Elektryków Polskich w nowym stuleciu.*

Miłym akcentem uroczystości był występ zespołu Dixie Warsaw Jazzmen, weteranów polskiej muzyki jazzowej, którzy grali w najlepszych zespołach jazzu tradycyjnego na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat. W skład zespołu wchodzi: Zygmunt Krzysztof Jagodziński, lider zespołu (banjo i vocal), także autor polskich tekstów do utworów, Andrzej Bigolas (klarnet i vocal), Włodzimierz Halik (saksofon basowy) i Janusz Kwiecień (saksofon tenorowy i klarnet). Spotkanie z warszawskimi jazzmanami było podróżą przez minione 100 lat dwudziestego i dwudziestego pierwszego wieku. Zespół wykonał kilka standardów muzyki nowoorleańskiej, ciepło przyjętej przez słuchaczy.

Inauguracyjne spotkanie było też okazją do wręczenia odznak, medali, statuetek w konkursie o tytuł „Wyróżniającego się nauczyciela, opiekuna i sojusznika młodzieży” oraz stypendiów naukowych i organizacyjnych, a także nagród w konkursie imienia profesora Adama Smolińskiego na najlepsze prace z dziedziny optoelektroniki. I w tej właśnie części spotkania miały miejsce ważne akcenty dla naszego Oddziału. Dwa wyróżnienia odebrały osoby związane z Oddziałem Łódzkim SEP.

Jednym z priorytetów SEP jest popularyzowanie działalności Stowarzyszenia wśród młodzieży szkół średnich i wyższych. SEP od wielu lat wyróżnia i wspiera najlepszych uczniów, studentów, młodych pracowników nauki oraz ich nauczycieli i opiekunów. W tym roku statuetki w Konkursie o tytuł „Wyróżniającego się nauczyciela, opiekuna i sojusznika młodzieży” otrzymali:

- **Lucyna Drygalska (Oddział Łódzki),**
- Piotr Zbigniew Filipek (Oddział Lubelski),
- Mariusz Ciesielczyk (Oddział Koniński),
- Andrzej Hachoł (Oddział Wrocławski),
- Radosław Szczerbowski (Oddział Poznański).

Statuetki wręczyli prezes SEP Piotr Szymczak oraz wiceprzewodniczący Kapituły Konkursu prof. Dionizy Saniawa.

Lucyna Drygalska jest członkiem Międzyszkolnego Koła Pedagogicznego SEP i członkiem SEP od 2006 roku. Jest autorką artykułów publikowanych w Biuletynie Techniczno-Informacyjnym OŁ SEP dotyczących innowacyjnych rozwiązań działalności edukacyjnej w ZZSP

w zakresie współpracy z pracodawcami z branży. Publikowała artykuły o szkole w Przeglądzie Edukacyjnym WODN, w Ilustrowanym Tygodniku Zgierskim, na stronie internetowej Starostwa Powiatu Zgierskiego oraz na portalu www.ezg.info.pl.



Organizuje od wielu lat w szkole konkursy prac dyplomowych oraz prac modelowo-konstrukcyjnych. Wykonane przez młodzież modele (4–5 rocznie) są wykorzystywane do prowadzenia badań w pracowni elektrycznej, a prezentacje multimedialne na zajęciach teoretycznych przedmiotów zawodowych. Wraz z członkami Szkolnego Koła SEP organizuje co roku konkurs „Najlepsi z Najlepszych” dla młodszych klas elektrycznych. W 2012 r. zorganizowała konkurs dla gimnazjalistów powiatu zgierskiego „Mój zawód – moje miejsce pracy”. W roku szkolnym 2012/2013 z jej inicjatywy uczniowie wzięli udział w konkursie ogólnopolskim „Nowatorska Elektryka” organizowanym przez Fundację „Akademia Chint” i ZSP nr 20 w Łodzi. Efektem tego było otrzymanie przez szkołę Certyfikatu Członkostwa Akademii Chint. W 2018 r., podczas wycieczki na targi ENERGETAB, członkowie Szkolnego Koła SEP wzięli udział w konkursie zorganizowanym przez Międzyszkolne Koło Pedagogiczne OŁ SEP „Zadbaj o swoją przyszłość”. Zadaniem uczniów było zaprezentowanie jednej z firm uczestniczących w targach, która najbardziej ich zainteresowała. Na trzy przyznane przez jury nagrody główne, dwie zdobyli jej uczniowie.

Wdraża uczniów do korzystania z pozapodręcznikowych źródeł informacji. Inspiruje ich do opracowywania referatów i multimedialnych prezentacji dydaktycznych. Jest aktywnym członkiem Komisji ds. Młodzieży i Studentów Oddziału Łódzkiego SEP. Przygotowuje młodzież do pracy zawodowej. Podejmuje inicjatywy, które podnoszą efektywność kształcenia zawodowego, dostosowywała programy kształcenia do nowości technicznych. Wiele czasu poświęca na zajęcia dodatkowe. Na lekcjach otwartych dzieli się swoją wiedzą z nauczycielami powiatu zgierskiego. Jest cenionym wychowawcą za wiedzę, umiejętności, zaangażowanie w działania na rzecz młodzieży.

To osoba, dla której praca z młodzieżą jest nie tylko wykonywanym zawodem, ale przede wszystkim pasją, robi to z ogromnym zaangażowaniem i troską o każdego ucznia. Jest przy tym osobą niezwykle sympatyczną, ciepłą i życzliwą.

W dalszej kolejności prezes SEP oraz przewodniczący Zarządu Funduszu Stypendiów Naukowych SEP Wojciech Kocańda wręczyli dyplomy wyróżnionym młodym członkom Stowarzyszenia. I tutaj w kategorii

MŁODZI PRACOWNICY NAUKI przyznano 4 stypendia, a jedno z nich otrzymał członek Oddziału Łódzkiego SEP **Marcin Stanek**, związany z Oddziałem od 2012 roku. Jest on absolwentem Technikum Elektronicznego w Zespole Szkół Elektronicznych im. Stanisława Staszica. Tytuł inżyniera zdobył na kierunku Elektronika i Telekomunikacja (Politechnika Łódzka), a temat pracy dyplomowej inżynierskiej brzmiał: „Zastosowanie termowizji w badaniach nieniszczących”. W 2014 r. obronił pracę magisterską „Lightning strength of synthetic esters”, dotyczącą zagadnień biodegradowalnych cieczy elektroizolacyjnych. W tym roku również



rozpoczął studia doktoranckie, a jego opiekunem naukowym jest dr hab. inż. Paweł Różga. W maju 2017 roku otworzył przewód doktorski, a zakres tematyczny rozprawy doktorskiej to: „Wykorzystanie pomiaru intensywności światła emitowanego przez wyładowania elektryczne rozwijające się w biodegradowalnych estrach izolacyjnych do oceny ich wytrzymałości udarowej”.

Marcin Stanek jest członkiem Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej. Brał udział przy organizacji: Forum Pracodawców, II Studenckiego Forum Naukowego „Młody inżynier na

miarę XXI w.”, Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka oraz II Międzyszkolnej Olimpiady Naukowej. Publikacje, których jest autorem lub współautorem, oraz konferencje, w których brał udział, były brane pod uwagę jako dorobek na rzecz koła SEP w konkursie na *Najaktywniejsze Koło SEP*.

Z zaangażowaniem wspiera merytoryczne projekty realizowane przez Studenckie Koło SEP. W roku 2018 brał czynny udział w przygotowaniu XV Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka. Celem tego przedsięwzięcia jest promocja Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej oraz szerzenie wiedzy z zakresu szeroko rozumianej elektryki wśród uczniów szkół ponadgimnazjalnych. W pracy zawodowej zajmuje się zagadnieniami związanymi z elektroenergetyką i pracą sieci SN. Odpowiada za funkcjonowanie laboratorium kompatybilności elektromagnetycznej EMC. Poza pracą naukową i zawodową interesuje się motoryzacją i amatorsko uprawia kajakarstwo i żeglarstwo. Jest bardzo zaangażowany w to, czego się podejmuje, wytrwale realizuje postawione sobie cele i stale się rozwija.

To wyjątkowe chwile, kiedy członkowie Oddziału otrzymują wyróżnienia za pracę zawodową, ale również za zaangażowanie w pracę społeczną na rzecz naszego Stowarzyszenia. Oddział wspiera swoich członków w rozwijaniu pasji i zainteresowań, służy radą i pomocą. Bo siła Oddziału tkwi w sile jego członków.

Głównym akcentem spotkania było odczytanie przez prezesa SEP Piotra Szymczaka „Apelu do Członków SEP, Przyjaciół Stowarzyszenia i społeczności elektryków w Polsce” w związku z inauguracją Roku Jubileuszu 100-lecia SEP przypadającego w 2019 roku.

Bezpośrednio po odczytaniu apelu, prezes SEP poinformował zebranych, że obecny na spotkaniu były prezes, członek honorowy SEP prof. Stanisław Bolkowski następnego dnia obchodził będzie 88. urodziny. Cała sala z towarzyszeniem zespołu Dixie Warsaw Jazzmen odśpiewała zacnemu Jubilatowi *100 lat*. Profesor przyjął również gratulacje i życzenia od prezesa Piotra Szymczaka, byłego prezesa Jerzego Barglika oraz innych gości. Nie kryjąc wzruszenia jubilat podziękował w serdecznych słowach wszystkim uczestnikom uroczystości.

Źródło: www.sep.com
Foto: Archiwum OŁ SEP

Rozstrzygnięcie Konkursu na najlepszą pracę dyplomową magisterską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej

Do tradycyjnego konkursu na najlepszą pracę dyplomową magisterską w roku akademickim 2017/2018 organizowanego przez Zarząd Oddziału Łódzkiego SEP i Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej zgłoszono 12 prac dyplomowych ocenionych przez Komisję Konkursową w składzie: dr hab. inż. Andrzej Kanicki (przewodniczący), dr hab. inż. Szymon Grabowski prof. nadzw., dr hab. inż. Ryszard Pawlak prof. nadzw., dr hab. inż. Maciej Sibiński, dr hab. inż.

Franciszek Wójcik, dr inż. Jerzy Powierza, dr inż. Witold Marańda, dr inż. Krzysztof Tomalczyk, dr inż. Tomasz Sobieraj

Przy ocenie prac Komisja brała pod uwagę: nowoczesność tematyki, użyteczność i przydatność dla gospodarki narodowej 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 w tabeli podział nagród:

Wręczenie dyplomów i nagród odbyło się w dniu 14 grudnia 2018 r. podczas tradycyjnego spotkania wigilijnego Oddziału Łódzkiego SEP.

W dalszej części zamieszczamy streszczenia prac laureatów trzech pierwszych miejsc oraz osób wyróżnionych.

Na podstawie protokołu Komisji Konkursowej (AG)

Rodzaj nagrody	Autor	Tytuł	Promotor	Instytut lub Katedra
I nagroda	Dariusz Sitek	Projekt i realizacja układu sterowania linii produkcyjnej z wykorzystaniem sterowników PLC	dr inż. Tomasz Sobieraj	Instytut Automatyki
II nagroda	Łukasz Folwarczyk	Badanie i implementacja algorytmów detekcji drogi przy wykorzystaniu cyfrowego przetwarzania obrazów	dr hab. inż. Grzegorz Granosik, prof. PŁ, mgr inż. Kacper Andrzejczak	Instytut Automatyki
III nagroda	Agnieszka Węgierska	Oprogramowanie do planowania misji i koordynacji współpracy heterogenicznych robotów mobilnych	dr hab. inż. Grzegorz Granosik, prof. PŁ, mgr inż. Kacper Andrzejczak	Instytut Automatyki
1 wyróżnienie	Katarzyna Karolina Adamiak	Reaching law based discrete time sliding mode control of dynamical systems	prof. dr hab. inż. Andrzej Bartoszewicz	Instytut Automatyki
1 wyróżnienie	Paweł Kielanowski	Detekcja wczesnych stadiów chorób wśród zwierząt hodowlanych przy wykorzystaniu termografii oraz statystycznych metod przetwarzania danych	dr hab. inż. Anna Fabijańska, prof. PŁ	Instytut Informatyki Stosowanej
3 wyróżnienie	Kamil Kwiatek	Analiza pojemnościowego sprzężenia zwrotnego w interfejsach biosensorycznych	dr inż. Roman Gozdur	Katedra Przyrządów Półprzewodnikowych i Optoelektronicznych

Projekt i realizacja układu sterowania linii produkcyjnej z wykorzystaniem sterowników PLC

Dariusz Sitek

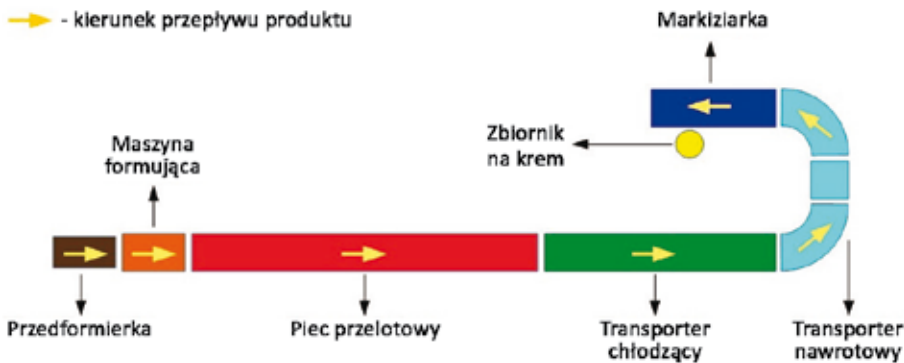


Wymagania stawiane współczesnym układom sterowania procesów produkcyjnych prowadzą do zwiększania stopnia automatyzacji maszyn. Linia produkcyjna opisywana w pracy składa się z maszyn, które wykonują kolejne etapy procesu technologicznego, a także transporterów służących do przemieszczania produktu. W ramach pracy dyplomowej zaprojektowano układy sterowania oraz szafy sterownicze poszczególnych maszyn,

wykonano połączenia przewodów w szafach sterowniczych, opracowano programy na sterowniki PLC oraz panele operatorskie. Dodatkowo zaproponowano autorskie rozwiązania problemów, które pojawiły się podczas przeprowadzania testów maszyn.

Założenia przedstawione przez klienta przewidywały produkcję różnych rodzajów produktów na jednej linii produkcyjnej, po mechanicznej zmianie konfiguracji urządzeń. Układ maszyn w linii produkcyjnej przedstawiony został na rysunku 1.

Każda z maszyn odpowiada za realizowanie pojedynczego etapu z procesu technologicznego. Ustawienie ich w kolejności przedstawionej na rysunku 1., umożliwia produkcję kilku rodzajów produktów. Dla



Rys. 1. Układ maszyn w linii produkcyjnej

każdej maszyny zaprojektowany oraz zrealizowany został odpowiedni układ sterowania.

Przedformierka jest pierwszą maszyną w linii produkcyjnej. Zadaniem realizowanym przez przedformierkę jest dostarczanie surowego ciasta do maszyny formującej. Ciasto jest dostarczane na taśmie przedformierki do kosza maszyny formującej. Przedformierka została wyposażona w układ sterowania, który kontroluje pracę silników, zapewniając odpowiednią ilość surowca w koszu maszyny formującej.

Maszyna formująca jest odpowiednio wybierana w zależności od produktu, który ma zostać produkowany. Może to być wyłaczarka lub wyłaczarko-nadziwarka. Przy pomocy wyłaczarki produkowane są ciastka suche lub z posypką. Natomiast przy pomocy wyłaczarko-nadziwarki produkowane są ciastka z nadzieniem. Pracę maszyn formujących kontrolują sterowniki PLC. Parametry, z jakimi mają pracować maszyny ustawiane są przy pomocy panelu operatorskiego. Opracowany został również system receptur, które operator może zapisywać i odczytywać.

Kolejną maszyną w linii produkcyjnej jest piec gazowy. Piec posiada zabezpieczenia, które minimalizują możliwość wystąpienia awarii maszyny oraz zapewniają bezpieczeństwo dla operatora maszyny. Piec jest rozgrzewany do temperatury zadanej przez operatora. Nad pracą palników gazowych kontrolę sprawują regulatory temperatury. Produkt jest wypiekany podczas transportu na metalowej taśmie przez wnętrze pieca.

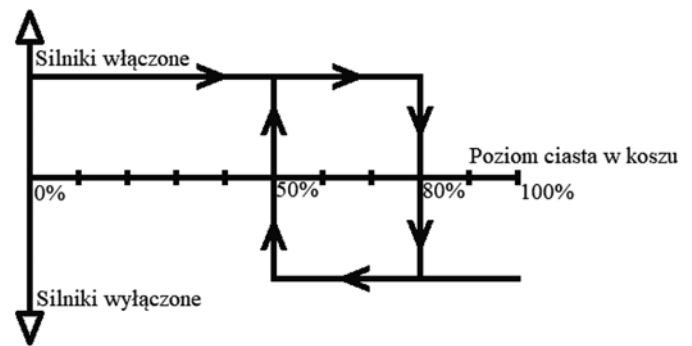
Wypieczony produkt podawany jest na transporter chłodzący, który obniża temperaturę produktu oraz ze względu na zastosowanie siatki transportowej oddziela od produktu mniejsze fragmenty ciasta, które mogły dostać się do pieca wraz z produktem.

Transporter nawrotowy został zastosowany ze względu na konieczność ograniczenia długości linii produkcyjnej.

Markiziarła została zaprojektowana do produkcji markiz, składa się z kolejnych stacji, na których suchy herbatnik poddawany zostaje obróbce, by po opuszczeniu maszyny uzyskać markizę gotową do pakowania. Herbatnik do markiziarły podawany jest tak jak wyjeżdża z pieca gazowego. Pierwsza stacja szereguje herbatniki w równych rzędach po 12 sztuk. Następnie, ciastka naprzemiennie zostają odwrócone spodem do góry. Tak ułożone herbatniki zostają ponownie ustawione w rzędy. Kolejnym etapem produkcji markiz jest podanie kremu na odwrócone ciastko. Następnie ciastko suche jest nakładane na ciastko z kremem. Ostatnim etapem jest dociśnięcie herbatników do siebie, w taki sposób, aby zostały połączone przez krem znajdujący się między nimi. W układzie sterowania markiziarły również został zastosowany sterownik PLC oraz panel operatorski. Parametry maszyny zostają ustawione przez operatora przy pomocy interfejsu na panelu operatorskim. Podobnie jak w maszynach formujących, w markiziarce również można zapisać oraz odczytać wszystkie parametry maszyny przy pomocy systemu receptur.

Autorskie rozwiązania zaimplementowane w projekcie

System zapewniający odpowiedni poziom ciasta w koszu maszyny formującej. Zastosowany został czujnik fotoelektryczny, który steruje pracą silników przedformierki w taki sposób (rysunek 2.), aby zapewnić odpowiedni poziom ciasta w koszu maszyny formującej.



Rys. 2. Sposób włączania silników podczas podawania ciasta do maszyny formującej

System automatycznego prowadzenia taśmy maszyn formujących. W maszynach produkowanych komercyjnie regulacja toru, po jakim porusza się taśma wymagana była od operatora maszyny. Nieprawidłowa regulacja taśmy mogła doprowadzić do awarii maszyny. Zaproponowany został system automatycznej regulacji, który przy pomocy siłowników pneumatycznych (2 – rysunek 3.) oraz czujników fotoelektryczny (1 – rysunek 3.) zapewnia prawidłową regulację taśmy przez zmianę położenia belki regulującej (3 – rysunek 3.).



Rys. 3. System prowadzenia taśmy

System zapobiegający wypływaniu kremu na taśmę markiziarły. Podczas testów markiziarły zauważono, że pomiędzy cyklami dozowania kremu wypływa on z dysz dozownicy na taśmę maszyny. Zaproponowane zostało rozbudowanie dozownicy o wał zębaty, który został zamontowany w dozownicy kremu. Po zakończeniu dozowania wał obracany jest w kierunku przeciwnym do kierunku dozowania wciągając krem, który został w dyszach, do środka dozownicy.

Badanie i implementacja algorytmów detekcji drogi przy wykorzystaniu cyfrowego przetwarzania obrazów

Łukasz Folwarczyk



Przedmiotem niniejszej pracy jest przegląd metod wykorzystywanych przy detekcji dróg lądowych oraz implementacja wybranych rozwiązań w pojazdach kołowych w środowisku symulacyjnym i rzeczywistym. Szczegółowej analizie poddano rozwiązania wykorzystujące obraz pochodzący z kamer systemu wizyjnego.

Detekcja drogi ma kluczowe znaczenie w przypadku pojazdów częściowo bądź w pełni autonomicznych. Aplikacje implementujące podobną funkcjonalność stanowią fundament zaawansowanych systemów wspomagania kierowców ADAS. Najprostsze z nich mają jedynie wspierać kierowcę podczas prowadzenia pojazdu, zaś te najbardziej złożone zapewniać pełną autonomię jazdy. Zwolennicy tego typu technologii podkreślają, że podobne systemy przyczynią się do znacznego wzrostu bezpieczeństwa na drodze.

Problem percepcji drogi stanowi szczególne wyzwanie ze względu na fakt, że nie stanowi ona tworzywa posiadającego sprecyzowaną definicję określającą jej względy wizualne. Literatura przedmiotu bogata jest w rozwiązania, które wykorzystują szeroką gamę urządzeń stosowanych przy problemie detekcji dróg lądowych, a przystosowanych do implementacji w pojazdach kołowych. W ramach niniejszej pracy dokonano przeglądu tych metod, starano się przy tym przedstawić wady i zalety każdej z nich.

Na podstawie dokonanego przeglądu wysnuł wniosek, że zdecydowanie najczęściej wykorzystywanym przez aplikację detekcji drogi urządzeniem jest system wizyjny bazujący na pojedynczej kamerze, który przy stosunkowo niewielkiej cenie dostarcza dużą ilość danych. Toteż postanowiono dokonać implementacji dwóch algorytmów detekcji drogi opartych na cyfrowym przetwarzaniu obrazów.

W pierwszym z proponowanych rozwiązań problem percepcji drogi został sprowadzony do problemu detekcji w obrazie linii prostych stanowiących krawędzie pojedynczego pasa ruchu. Przeprowadzone testy algorytmu wskazują, że odznacza się dużą skutecznością na drogach dobrze ustrukturyzowanych. Podatny jest przy tym na zmienne warunki panujące na drodze, dlatego też postanowiono przygotować interfejs graficzny pozwalający na łatwą edycję podstawowych parametrów algorytmu, aby przystosować go możliwie najlepiej do aktualnych warunków panujących na drodze.

W warunkach symulacyjnych wykazano również, że aplikacja ta mogłaby posłużyć do sterowania robota kołowego poruszającego się po drodze.

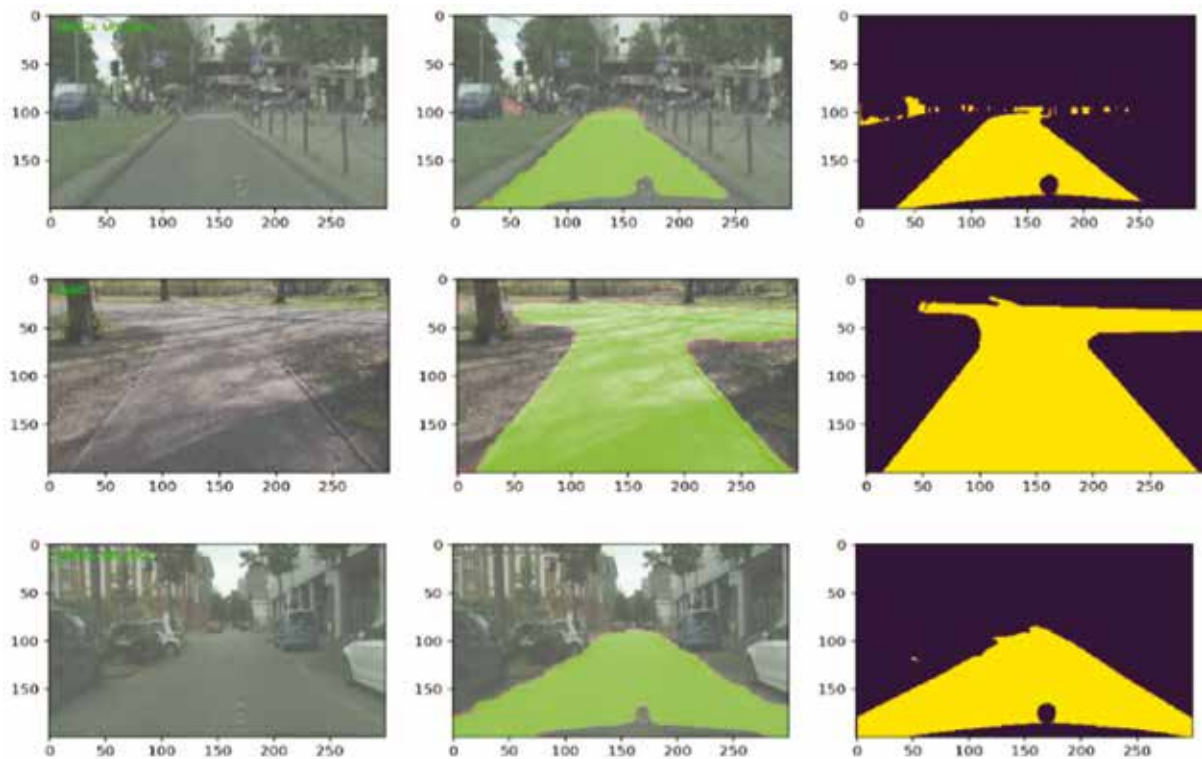
W drugim zaimplementowanym algorytmie problem detekcji drogi został sprowadzony do problemu segmentacji oraz klasyfikacji. Zadaniem algorytmu było sklasyfikowanie pojedynczych pikseli występujących w obrazie jako należących lub nienależących do nawierzchni drogi, a także wskazanie typu drogi, po której porusza się pojazd. Stwierdzono, że informacja ta może okazać się kluczowa dla algorytmu sterowania pojazdem. Działanie algorytmu oparte zostało na uczeniu maszynowym, w szczególności głębokich sieciach neuronowych. Testy aplikacji przeprowadzono w środowisku rzeczywistym, przez które rozumieć należy materiały w postaci zdjęć przedstawiających widoki dróg.



Rys. 1. Zastosowanie algorytmu detekcji krawędzi do sterowania modelem kołowego robota mobilnego

Otrzymane wyniki wskazują, że zaimplementowany algorytm odznacza się dużą odpornością na zmienne warunki oświetleniowe oraz problem niejednoznaczności sposobu postrzegania drogi, czyli czynniki

stanowiące największą trudności w systemach bazujących na prostszych algorytmach cyfrowego przetwarzania obrazu.



Rys. 2. Algorytm detekcji nawierzchni drogi. Kolumna I – obraz oryginalny, kolumna II – wynik algorytmu, kolumna III – etykieta

Oprogramowanie do planowania misji i koordynacji współpracy heterogenicznych robotów mobilnych

Agnieszka Węgierska



Celem mojej pracy magisterskiej jest stworzenie aplikacji do zarządzania i planowania misji robotów lądowych i latających wykorzystywanych przez grupę Raptors z Politechniki Łódzkiej. W pracy opisano roboty wykorzystywane przez drużynę, metody klasyfikacji systemów wielorobotowych, dostępne rozwiązania komercyjne i badawcze, a także opis prototypów oprogramowania bazujących na mojej wcześniejszej pracy inżynierskiej.

Pierwsza wersja oprogramowania stworzona w ramach zawodów ERL Emergency Robots 2017 zorientowana była na wymianę komunikatów pomiędzy robotami z różnych domen (lądowe, latające i podwodne). Dodatkowym utrudnieniem był fakt, że drużyna Raptors nie posiada robota podwodnego, dlatego podjęła współpracę z zespołem z Węgier.

Zespoły ustaliły wspólny komunikat, który był wymieniany pomiędzy robotami.

W rezultacie powstała aplikacja umożliwiająca rejestrowanie tego komunikatu oraz raportowanie postępów misji przez koordynatora. Aplikacja podzielona została na trzy różne interfejsy użytkownika odpowiedzialne za komunikację z węzłem ROS, lokalizację położenia robotów na mapie oraz moduł do koordynacji przebiegu misji. Umożliwia również nadawanie komunikatów do innych robotów. Jedną z wad zaproponowanego rozwiązania jest skomplikowany interfejs użytkownika, wynikający z braku automatyzacji pomiędzy formularzem do raportowania postępów misji oraz oddzielnym do raportowania znalezionych przedmiotów. Kolejną zasadniczą wadą, a jednocześnie zaletą, są wykorzystywane w trakcie misji w większości dwa okna aplikacji (do wyświetlania lokalizacji na mapie oraz do koordynacji misji). Wszystko zależy od tego, czy do wyświetlania okien wykorzystywany jest jeden czy więcej ekranów.

Na podstawie zdobytych doświadczeń, w drugiej wersji aplikacji postanowiono skoncentrować się na zaprojektowaniu prostszego interfejsu użytkownika, dostosowanego do jednego ekranu łączącego wszystkie



Rys. 1. Interfejs użytkownika – pierwsza wersja



Rys. 2. Interfejs użytkownika – druga wersja

okna aplikacji z pierwszej wersji w jedno, tym samym redukując liczbę ekranów w stacji bazowej. Kolejną zaletą jest dynamiczna rekonfiguracja kolejności zadań, wprowadzanie nowych zadań, zapis i odczyt zaplano-

wanego scenariusza z pliku, wskazywanie zadań opóźnionych względem założonego wcześniej planu.

Kolejnym atutem zaproponowanego rozwiązania jest możliwość wygenerowania pliku kml/kmz, który umożliwia analizę zmiany położenia robota w czasie na mapie terenu, wskazanie lokalizacji na mapie znalezionych przedmiotów wraz z ich zdjęciem.



Rys. 3. Raport kml/kmz – Science Task URC 2018

Podsumowując zaproponowane, autorskie rozwiązania spełniają stawiane im podstawowe wymagania. Oprócz wygodnego interfejsu użytkownika, pozwalającego na śledzenie bieżących postępów, równie ważne jest wygenerowanie czytelny raportu natychmiast po zakończeniu misji, gdyż dla zadań inspekcyjno-ratowniczych ważna jest szybka analiza zebranych danych w celu podjęcia właściwych działań związanych z ratowaniem ludzi, czy naprawą nieprawidłowości działania urządzeń.

Reaching law based discrete time sliding mode control of dynamical systems (Dyskretne ślizgowe sterowanie obiektami dynamicznymi z zastosowaniem predefiniowanych przebiegów zmiennej przełączającej)

Katarzyna Karolina Adamiak



Praca przedstawia analizę i porównanie sześciu algorytmów dyskretnego sterowania ślizgowego wykorzystujących predefiniowane przebiegi zmiennej przełączającej.

We wstępie przedstawiono krótki zarys historyczny i podstawy matematyczne sterowania o zmiennej strukturze. Na podstawie przeglądu aktualnej literatury tematu wyróżniono dwa etapy ruchu ślizgowego.

W pierwszym, zwanym fazą osiągnięcia, punkt opisujący dynamikę obiektu przemieszcza się monotonicznie w kierunku płaszczyzny ślizgowej, a dynamika obiektu ograniczona jest zgodnie z przyjętą regułą predefiniującą trajektorię zmiennej przełączającej.

Natomiast w fazie drugiej, ślizgowej, punkt reprezentujący dynamikę obiektu porusza się w otoczeniu płaszczyzny ślizgowej. Ruch obiektu w fazie quasi-ślizgowej można definiować na dwa sposoby. Pierwsza z definicji stanu quasi-ślizgowego zakłada, że punkt opisujący dynamikę obiektu przecina płaszczyznę ślizgową w skończonym czasie, a po pierwszym jej przecięciu znak zmiennej przełączającej zmienia się ponownie w każdym następnym kroku. Druga z definicji ruchu quasi-ślizgowego jest mniej restrykcyjna i zakłada, że punkt reprezentujący dynamikę obiektu pozostaje w obrębie określonej warstwy wokół płaszczyzny, ale

nie musi jej przecinać. Niezależnie od przyjętej definicji, po osiągnięciu trybu ślizgowego, dynamika obiektu zostaje ograniczona do określonej warstwy wokół płaszczyzny ślizgowej, co zapewnia odporność układu na zakłócenia i niepewności modelu, a zarazem stanowi główną zaletę sterowania ślizgowego.

W następnych rozdziałach pracy przeanalizowano sześć różnych, obecnych w literaturze przedmiotu, reguł definiujących trajektorię układu.

Trzy z nich zapewniają przełączający typ ruchu ślizgowego, a trzy kolejne oparte są na nieprzełączającej definicji. Każdą ze strategii przeanalizowano pod kątem sposobu doboru parametrów sterowania, wielkości wymaganego sygnału sterującego i szerokości uzyskiwanej warstwy quasi-ślizgowej. Ponadto w pracy rozważono problem związku wartości uchybów zmiennych stanu z uzyskiwaną szerokością warstwy ślizgowej. Dotychczasowa literatura tematu ograniczała się jedynie do analizy szerokości warstwy i tempa zbiegania układów.

Zupełnie nowym podejściem jest wyznaczenie dokładnego związku pomiędzy szerokością warstwy ślizgowej a uchybami poszczególnych

zmiennych stanu. W pracy przedstawiono i udowodniono wzór opisujący uchyby regulacji w fazie ślizgowej i ich maksymalne ograniczenia przy pomocy maksymalnych wartości zmiennej przełączającej.

Rezultat ten jest w pełni oryginalny i stał się podstawą artykułu zatytułowanego „Model reference discrete-time variable structure control” opublikowanego przez Katarzynę Adamiak i prof. dr hab. inż. Andrzeja Bartoszewicza w International Journal of Adaptive Control and Signal Processing (DOI: 10.1002/acs.2922).

Właściwości wszystkich analizowanych strategii zostały zweryfikowane poprzez przykład symulacyjny, co potwierdziło wyniki analityczne. Porównując analizowane algorytmy wykazano, że predefiniowane trajektorie zmiennej przełączającej niewymagające przecinania płaszczyzny ślizgowej zapewniają węższą warstwę ślizgową, co bezpośrednio przekłada się na zwiększenie odporności układu oraz wymagają mniejszych nakładów na sterowanie, dzięki czemu mogą znaleźć szersze zastosowanie praktyczne.

Detekcja wczesnych stadiów chorób wśród zwierząt hodowlanych przy wykorzystaniu termografii oraz statystycznych metod przetwarzania danych

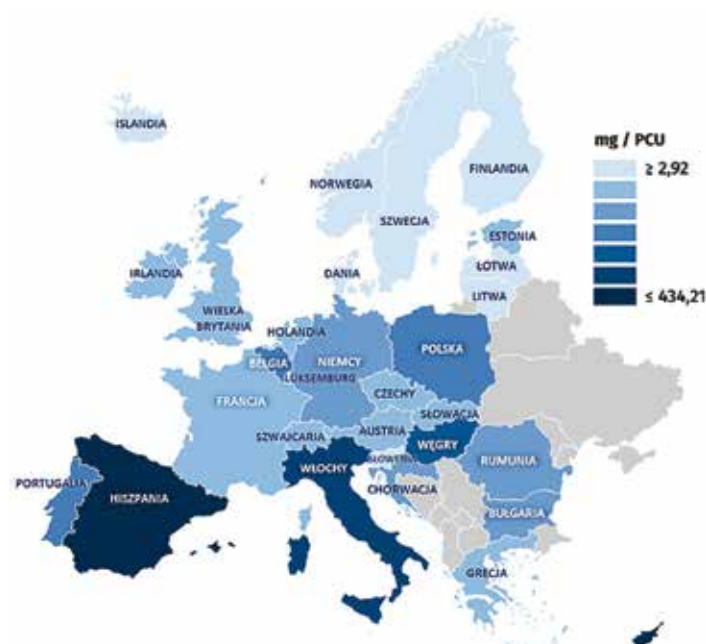
Paweł Kielanowski



W dzisiejszym świecie konsumpcja mięsa ciągle rośnie. Wzrost w ostatnich latach szacuje się na poziomie 5,5% w skali roku na całym świecie. W Polsce najchętniej spożywanym rodzajem mięsa jest wieprzowina, która w odniesieniu rocznego spożycia stanowi około 41 kilogramów na osobę. Autor podkreśla, iż w Polsce stężenie antybiotyków w mięsie, które spożywamy jest około 50–60 razy wyższe niż w krajach referencyjnych takich jak Dania i wynosi około 200–300 mg na jeden kilogram mięsa. Oznacza to, iż w porównaniu do państw najlepiej wypadających w tym kryterium, Polska wypada poniżej przeciętnej. Sam fakt został zauważony w raporcie bieżącego roku, który sporządził NIK (Najwyższa Izba Kontroli).

Dzieje się tak głównie z powodu prewencyjnego stosowania antybiotyków oraz braku możliwości monitorowania stanu zdrowia wszystkich hodowanych zwierząt. Autor, jako rozwiązanie proponuje innowacyjny system detekcji wczesnych stadiów chorobowych u zwierząt, wykorzystując do tego czujniki bolometryczne o małych rozdzielczościach. Rozwiązanie dotyczy wybranego rodzaju zwierząt – trzody chlewnej. Wybór czujników z niewielkimi matrycami autor tłumaczy poprzez ekonomię, bez której urządzenie nie miałoby możliwości przyszłej komercjalizacji.

Przedstawione w pracy dyplomowej urządzenie wraz z systemem składa się z części sprzętowej oraz autorskiego oprogramowania. Część



Rys. 1. Sprzedaż przeciwbakteryjnych leków w Polsce i na świecie. PCU to czysto techniczna jednostka. Najczęściej 1 PCU = 1 kg różnych kategorii żywego inwentarza

dotycząca oprogramowania to przede wszystkim program decyzyjny, umożliwiający detekcję potencjalnie chorych zwierząt. Część sprzętowa skupia się głównie na akwizycji obrazu pochodzącego z niskorozdzielczo-



Rys. 2. Zainstalowany system. W belce zamontowane są czujniki bolometryczne, które są skierowane na miejsca o najlepszej wymianie termicznej u zwierząt

ściowych czujników bolometrycznych oraz na umożliwieniu hodowcom identyfikacji chorych zwierząt. Identyfikacja ta odbywa się za pomocą oznakowania danego zwierzęcia tuszem spożywczym, wykorzystując do tego celu dysze spryskujące.

Urządzenie składa się z belki, w której umiejscowionych jest kilka, w zależności od szerokości urządzenia, czujników bolometrycznych. Całość jest montowana w dedykowanych miejscach, które są cyklicznie odwiedzane przez zwierzęta, takich jak: karmniki, wodopoje, bramki, przez które przechodzą.

Weryfikacji urządzenia oraz algorytmiki autor dokonał poprzez porównanie pomiarów temperatury rektalnie wykonanych przez weterynarza z pomiarami dokonanymi przez system. Do odwzorowania porównania temperatury zewnętrznej zwierząt z temperaturą wewnętrzną autor wykorzystał wzór pochodzący z wcześniejszych badań literaturowych. Błąd dla zbioru porównawczego $n = 50$ wyniósł $r = 0,18^{\circ}\text{C}$.

Autor w czasie prowadzenia swoich badań i działania urządzenia wykrył pięć alarmów, gdzie wzrost temperatury był spowodowany stresem zwierząt, co również stanowi istotną informację przy monitorowaniu dobrobytu zwierząt.

Dane odwzorowujące temperatury dotyczące zwierząt, dla których został wykryty alarm

Mediana [°C]	Temperatura maksymalna [°C]	Temperatura minimalna [°C]	Odchylenie standardowe [°C]	Pomiar rektalny [°C]
28,4	33,5	16,2	0,63	39,1
27,1	33,3	16,4	0,65	39
29,5	33,7	16,5	0,55	39,3
27,4	33,2	17,0	0,68	38,8
26,8	33,3	16,8	0,59	39,2

Analiza pojemnościowego sprzężenia zwrotnego w interfejsach biosensorycznych

Kamil Kwiatek



Praca magisterska na temat analizy pojemnościowego sprzężenia zwrotnego w interfejsach biosensorycznych opiera się na projekcie badawczym, którego celem jest opracowanie i przebadanie prototypowego toru sprzężenia zwrotnego wykorzystującego pojemnościowe elektrody EKG do zastosowań w autonomicznych systemach diagnostyki medycznej. Głównym założeniem projektu jest zastosowanie sprzężenia pojemnościowego jako metody bezkontaktowego pomiaru EKG w pojazdach autonomicznych. Zakłada ono umieszczenie na oparciu fotela elektrod pojemnościowych, między

którymi mierzone jest napięcie różnicowe. Koncepcja ta przewiduje wykorzystanie elektrody referencyjnej zlokalizowanej w okolicy pośladkowej na siedzisku, pełniąc funkcję sprzężenia zwrotnego dostarczającego z powrotem do badanej osoby sygnał pomiarowy w celu minimalizacji wpływu zakłóceń elektroenergetycznych.

Ponadto, podczas realizacji założeń projektu wynikło, iż zakres zastosowań pojemnościowego sprzężenia zwrotnego jest szeroki i pozwala na zintegrowanie obiektu (ciała) z sensorem wykorzystując interakcję z polem elektrycznym. Fakt ten umożliwia pomyślne zastąpienie dotychczasowych metod detekcji pozycji i ruchu obiektu w przestrzeni opartych na czujnikach zbliżeniowych. Projekt zakłada zastosowanie dwóch oddalonych od siebie sensorów (elektrod) pojemnościowych w celu pomiaru różnicy wartości skutecznych napięć poszczególnych czujników. Na podstawie znaku oraz wartości otrzymanego pomiaru wnioskowane jest przestrzenne położenie obiektu (dłoni) względem elektrod.

Praca dyplomowa składa się z trzech głównych części: teoretycznej, praktycznej i badawczej.

Pierwsza z nich wprowadza czytelnika w fizykę fundamentalnego zjawiska, jakim jest sprzężenie pojemnościowe należące do grupy sprzężeń elektromagnetycznych polegających na przekazywaniu pola elektrycznego pomiędzy odseparowanymi między sobą galwanicznie obwodami elektrycznymi, np. ciało i elektroda. Jako przykład został przedstawiony kondensator, którego zasada działania opiera się na ww. zjawisku. Różnica potencjału pomiędzy okładkami powoduje zgromadzenie się na nich różnoimiennych ładunków elektrycznych „przenoszonych” za pomocą pola elektrycznego. Elektrony przemieszczają się z jednej okładki na drugą bez galwanicznego połączenia, co czyni metodę pojemnościowego sprzężenia zwrotnego bezkontaktową i niesie ze sobą szereg korzyści.

Część ta wprowadza czytelnika w teoretyczne podstawy bioelektryki, od anatomii, przez fizjologię serca, aż do rejestracji sygnału elektrokardiograficznego za pomocą dotychczasowych i nowatorskich metod pomiaru EKG. Przedstawiono jedną z prekursorskich metod pomiaru EKG wykorzystującą elektrody bezkontaktowe, sprzężone z ciałem na drodze pojemnościowej, opierające się na transimpedancyjnym wzmacniaczu operacyjnym pełniącym funkcję bufora wejściowego kondycjonującego mierzony sygnał. Pomiar ten został umożliwiony dzięki rozwojowi w dziedzinie mikroelektroniki. Miniaturyzacja, zwiększenie czułości, dokładności i szybkości, a także automatyzacji wyników pomiaru pozwoliły na „oddalenie” aparatury pomiarowej od pacjenta na odległość umożliwiającą pomiar bez bezpośredniego kontaktu ze skórą badanego, dzięki czemu użytkownik jest odseparowany galwanicznie od aparatury pomiarowej.

Część druga przedstawia kolejne etapy powstawania prototypowego toru sprzężenia zwrotnego, poczynając od wymagań i założeń projektu, przez dobór elementów i struktury układu, aż do uzyskania obiektu rzeczywistego opartego na pakiecie badań, symulacji oraz wiedzy teoretycznej i specjalistycznej. Postawione wymagania zakładają uzyskanie możliwie najdokładniejszego odwzorowania potencjału czynnościowego serca, przy jednoczesnej minimalizacji zakłóceń pomiaru EKG spowodowanych m.in.:

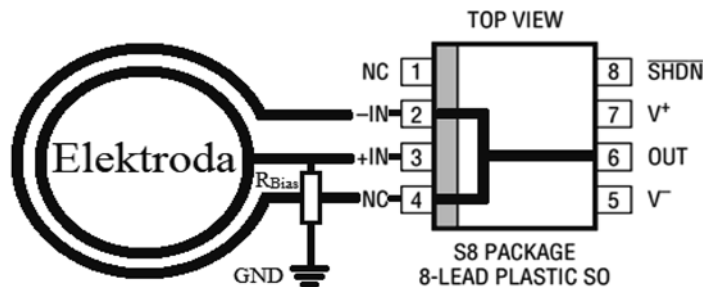
- czynnościami biofizycznymi człowieka podczas pomiaru,
- zakłóceniami zewnętrznymi (sieci elektroenergetycznej 50/60 Hz),
- procesami przejściowymi układu pomiarowego (wzmacniacza operacyjnego),
- kwantyzacją przetwornika analogowo-cyfrowego.

W przypadku zastosowania elektrod pojemnościowych niewymagających bezpośredniego kontaktu ze skórą pacjenta należy uwzględnić wpływ takich czynników na pomiar jak:

- artefakty ruchowe wynikające z przemieszczania elektrod powodujące zmiany impedancji wejściowej na drodze skóra – izolator – elektroda,
- różnice wartości sygnału wejściowego spowodowane umiejscowieniem elektrod w przestrzeni oraz warunkami fizycznymi cechującymi danego pacjenta.

Przedstawione wymagania pomogły w ustaleniu głównego założenia pracy, jakim jest przeanalizowanie pojemnościowego sprzężenia zwrotnego w interfejsach biosensorycznych.

W tym celu dobrano wyspecjalizowany wzmacniacz operacyjny **LTC6268**, spośród wielu dostępnych na rynku, na podstawie parametrów wewnętrznych sprzyjających pomiarom wielkości bioelektrycznych oraz budowy zewnętrznej (konfiguracji pinów) umożliwiających zastosowanie



Przykładowy schemat poprowadzenia ścieżek aktywnego sensora pojemnościowego

pierścienia ekranującego (wokół elektrody pomiarowej) dołączonego do pętli sprzężenia zwrotnego wzmacniacza. Rozwiązanie to ma za zadanie absorbować prądy upływu płynące od sąsiednich ścieżek, co zostało zaprezentowane na poniższym schemacie.

W celu przeprowadzenia badań wpływu parametrów sensora na pomiar zamodelowano obiekt opisany poniższą zależnością matematyczną (transmitancją):

$$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = G(s) = \frac{sR_{in}C_{ext}}{sR_{in}(C_{ext} + C_{in}) + 1}$$

gdzie:

$V_{in}(t)$ – napięcie wejściowe (potencjał na ciele człowieka),

$C_{ext} = 1 \text{ nF}$ – pojemność zewnętrzna pomiędzy elektrodą a ciałem osoby badanej,

$R_{in}(R_{bias}) = 20 \text{ G}\Omega$ – rezystancja wejściowa w celu zapewnienia poprawnej pracy układu,

$C_{in} = 15 \text{ pF}$ – pojemność pasozytnicza spowodowana sąsiednimi ścieżkami,

$V_{out}(t)$ – napięcie wyjściowe (sygnał użyteczny).

Na podstawie wyznaczonej transmitancji sensora pojemnościowego przebadano wpływ pojemności zewnętrznej C_{ext} , pojemności pasozytnicznej C_{in} oraz rezystancji wejściowej $R_{in}(R_{bias})$ na charakterystyki częstotliwościowe w celu osiągnięcia dużej impedancji wejściowej i pasma przenoszenia w zakresie sygnałów biologicznych do zastosowań w interfejsach biosensorycznych, co zostało następnie potwierdzone symulacjami LTspice.

W rzeczywistości na wzrost pojemności zewnętrznej C_{ext} pozwoliło zwiększenie powierzchni elektrody a o kształtach cechujących się dużym stosunkiem pola do obwodu, tak jak ma to miejsce w przypadku koła i kwadratu. Rozumowanie to ma potwierdzenie w poniższym wzorze na pojemność kondensatora płaskiego:

$$C_{ext} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r a}{d}$$

ϵ_0 – przenikalność elektryczna próżni,

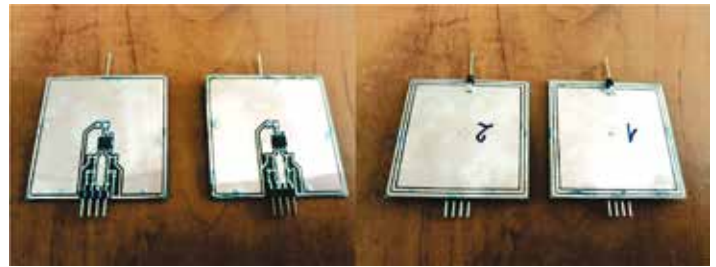
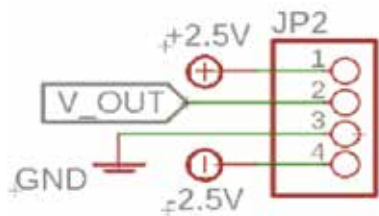
ϵ_r – względna przenikalność elektryczna ośrodka dielektrycznego znajdującego się pomiędzy powierzchnią elektrody a ciałem osoby badanej (docelowo grubość odzieży),

a – powierzchnia elektrody pomiarowej,

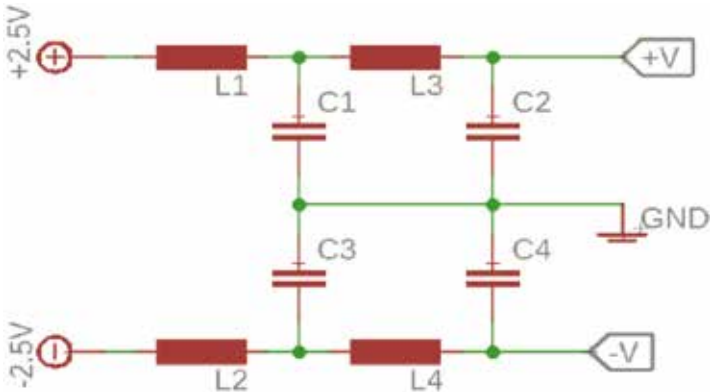
d – odległość pomiędzy powierzchnią elektrody a ciałem osoby badanej (odzież).

Zmniejszenie pojemności pasozytnicznej C_{in} uzyskano dzięki zastosowaniu pierścienia ekranującego wokół elektrody pomiarowej, natomiast dużą rezystancję wejściową zawdzięczamy wykorzystaniu wyspecjalizowanego rezystora o rezystancji $20 \text{ G}\Omega$.

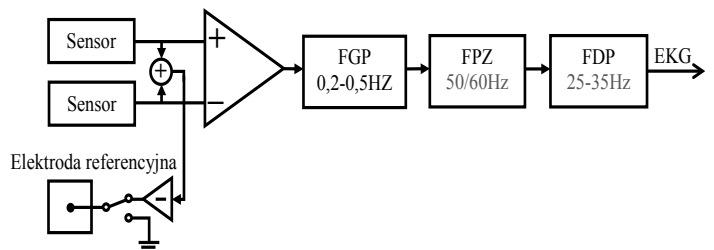
Na bazie pozytywnych wyników badań oraz symulacji stworzono schemat elektryczny.



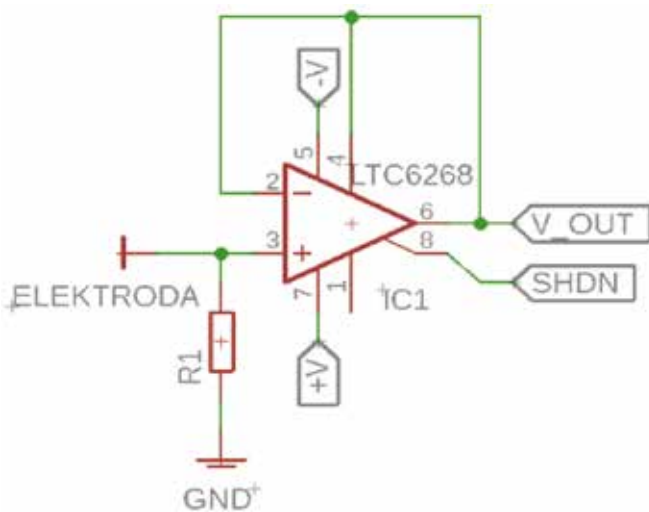
Wytrawione i polutowane dwuwarstwowe płytki drukowane sensora pojemnościowego



Kolejnym etapem projektowania bezkontaktowej metody pomiaru EKG przy użyciu elektrod pojemnościowych było stworzenie schematu blokowego, na podstawie którego zaimplementowano cyfrowy tor przetwarzania sygnału wraz z wizualizacją zarejestrowanych sygnałów bioelektrycznych.

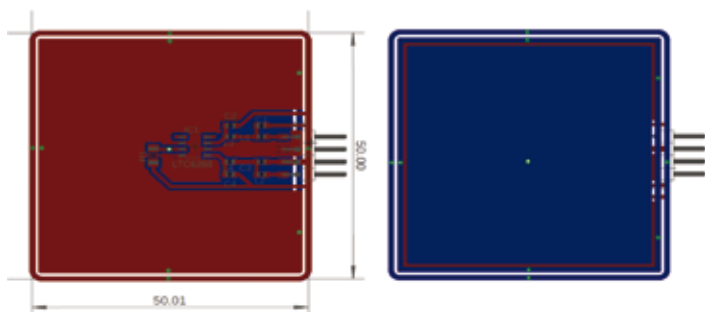


Schemat blokowy układu pojemnościowego pomiaru EKG z filtracją i elektrodą



Schemat aktywnego sensora pojemnościowego z filtracją zasilania

Na podstawie schematu zaprojektowano dwuwarstwową płytkę pcb wraz z pierścieniem ekranującym wokół elektrody pojemnościowej.



Projekt płytki drukowanej sensora pojemnościowego

Dwuwarstwowa płytką drukowaną została wykonana metodą termotransferu, na którą zostały naniesione i polutowane elementy elektroniczne.

Schemat przedstawia dwie elektrody pojemnościowe, pomiędzy którymi mierzony jest sygnał różnicowy, który następnie jest filtrowany przy użyciu trzech stopni odpowiedzialnych za usunięcie danego zakłócenia, w skład których wchodzi:

- filtracja górnoprzepustowa (usuwanie dryftu linii izoelektrycznej) - 0,2-0,5 Hz,
- filtracja pasmowo-zaporowa (usuwanie zakłóceń sieci elektroenergetycznej) - 50 Hz,
- filtracja dolnoprzepustowa (usuwanie zakłóceń mięśniowych) - 25 Hz-35 Hz.

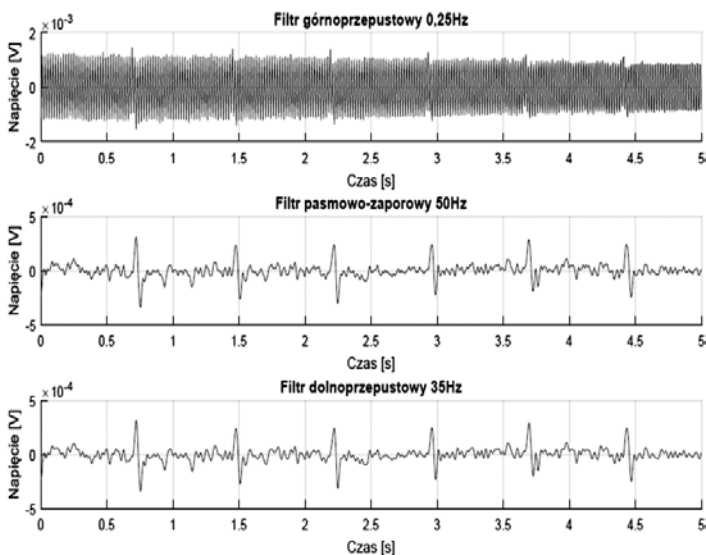
Dodatkowo zastosowano w tym rozwiązaniu elektrodę referencyjną mogącą pełnić funkcję potencjału odniesienia lub sprzężenia zwrotnego w celu minimalizacji zakłóceń sieciowych.

Realizację sprzętową cyfrowego toru przetwarzania sygnału zapewniła 24-bitowa karta pomiarowa PCI-4462 z przetwornikiem Delta-Sigma od firmy National Instruments. Zastosowanie wysoce wyspecjalizowanej karty pomiarowej pozwoliło na zminimalizowanie negatywnego wpływu zjawiska szumu kwantyzacji na pomiar, co przyczyniło się do uzyskania możliwie najwierniejszego odwzorowania i stabilności sygnału bioelektrycznego.

Do implementacji cyfrowego toru pomiarowego oraz wizualizacji pomiarów posłużył program NI SignalExpress. Za jego pomocą jesteśmy zdolni do pozyskiwania, analizy i prezentowania danych pomiarowych bez konieczności programowania.

Ostatnia część pracy prezentuje gotowy interfejs biosensoryczny, oparty na pojemnościowym sprzężeniu zwrotnym, na podstawie którego został przeprowadzony szereg badań czynników zewnętrznych mających wpływ na jakość pomiaru i parametrów uzyskanego sprzężenia pojemnościowego.

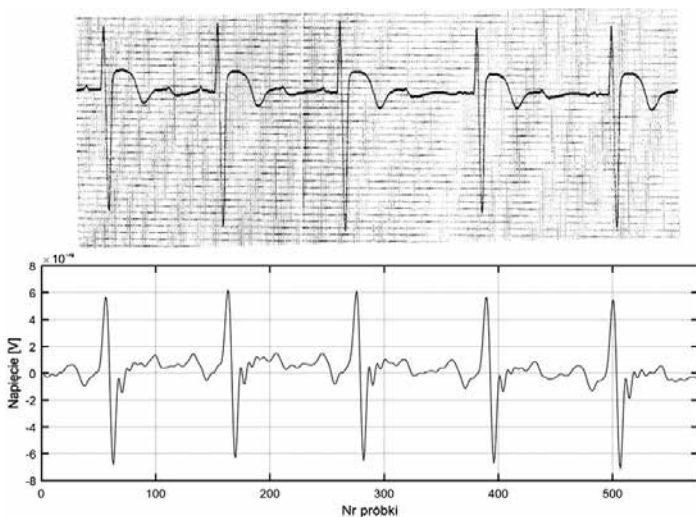
W celu zbadania wpływu poszczególnych stopni filtrujących i przetwarzających na sygnał pierwotny przeprowadzone zostały badania sygnałów wyjściowych dla kolejnych etapów.



Filtracja sygnału różnicowego z elektrod pojemnościowych

Jak można łatwo zauważyć, największy wpływ na jakość sygnału użytecznego ma dobór odpowiedniego filtra pasmowo-zaporowego na częstotliwość graniczną 50 Hz. Udział zakłócenia z sieci elektroenergetycznej ma dominujący wpływ na uzyskanie zadowalających efektów filtracji sygnału EKG. W związku z tym warto skupić uwagę na tym filtrze, w celu opracowania algorytmu odszumiania adaptacyjnego dla tej konkretnej częstotliwości sygnału.

Kolejne badanie miało na celu określenie dokładności odzwierciedlenia przebiegu EKG dla metody bezkontaktowej w porównaniu z aparatem elektrokardiograficznym M-TRACE, co zostało zobrazowane na poniższych przebiegach.



Porównanie rzeczywistego EKG z metodą wykorzystującą pojemnościowe EKG

Otrzymane rezultaty dla obu metod są porównywalne. Zauważalne są charakterystyczne załamki, na podstawie których jesteśmy w stanie określić funkcje biomedyczne takie np. jak częstość skurczów serca, dzięki czemu możemy wnioskować o obecności pacjenta na fotelu. Pomiar ten jest bezinwazyjny i może posłużyć do identyfikacji funkcji życiowych człowieka, np. w samochodach i pojazdach autonomicznych.

Uzyskanie zadowalających rezultatów pozwoliło na przeprowadzenie szeregu badań wpływu czynników zewnętrznych na jakość pomiaru EKG, takich jak: przestrzenne rozmieszczenie elektrod (wysokość, szerokość, odległość), ilość odzieży wierzchniej (grubość warstwy

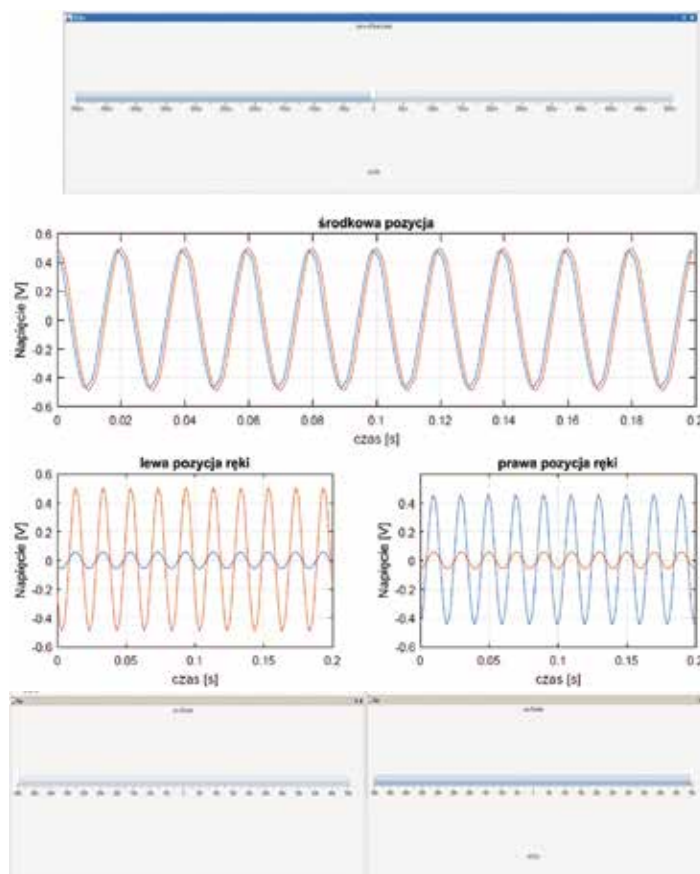
izolacyjnej) oraz wymiary i materiał, z którego wykonano elektrody referencyjnej.

Badania zostały wykonane na przedstawionym stanowisku pomiarowym składającym się z fotela, na oparciu którego umieszczone są dwa sensory pojemnościowe oraz elektrody referencyjnej umieszczonej na siedzisku.



Stanowisko pomiarowe przystosowane do badania wpływu wymiarów i materiału, którego wykonano elektrody referencyjnej oraz liczby warstw izolatora (odzieży)

Sprzężenie pojemnościowe, poza możliwością pomiaru EKG, pozwala również na selektywną detekcję położenia i ruchu ręki, opartą o zjawisko interakcji naładowanego ciała człowieka znajdującego się w pobliżu sensora i sieci elektroenergetycznej, wpływając na amplitudę sygnału mierzonego za pomocą czujnika pojemnościowego. Na tej podstawie jesteśmy zdolni wnioskować o pozycji i ruchu ręki w czasie rzeczywistym, co przedstawiają poniższe wykresy dla poszczególnych pozycji.



Prezentacja metody bezkontaktowej detekcji pozycji i ruchu ręki: niebieski wykres (lewy sensor), pomarańczowy wykres (prawy sensor)

Posiadając interfejs wyposażony w operację różnicy z pomiarów wartości skutecznej sygnałów obu sensorów, jesteśmy w stanie wnioskować o pozycji ręki w przestrzeni. Na tej podstawie możliwe jest opracowanie systemów automatyki opartych na sprzężeniu ciała człowieka z interfejsem na drodze pojemnościowej.

Podsumowując, cel pracy został osiągnięty. Pojemnościowe sprzężenie zwrotne może być z powodzeniem wykorzystywane do zastosowań w interfejsach biosensorycznych. Wszystkie zawarte w pracy hipotezy zostały potwierdzone i mają uzasadnienie w wiedzy teoretycznej oraz przedstawionych badaniach praktycznych.

I Podlaskie Dni Młodego Elektryka

Piotr Seta, Adam Śmigieński
Studenckie Koło SEP im. prof. Michała Jabłońskiego

W dniach 27 lutego – 2 marca 2019 r. dwóch członków Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego miało zaszczyt uczestniczyć w „I Podlaskich Dniach Młodego Elektryka” odbywających się w Białymstoku. Obchody zorganizowane zostały przez tamtejsze koło SEP oraz Wydział Elektryczny Politechniki Białostockiej.

Pierwszego dnia miało miejsce uroczyste rozpoczęcie PDME, w którym został przybliżony przebieg dalszych obchodów. Następnie dziekan Wydziału Elektrycznego oraz rektor PB przedstawili historię oraz osiągnięcia uczelni, a także perspektywy na dalszy rozwój tej największej uczelni technicznej na Podlasiu.



Piotr Seta podczas prezentacji o kole na spotkaniu SRK. Foto: Adam Śmigieński

Po tym krótkim wstępie rozpoczęła się część wykładów oraz prelekcji pracowników wydziału oraz przedstawicieli zaproszonych firm. Pierwsza z prelekcji, Marcina Prokopa z firmy „Electrum”, omawiała temat potencjalnej kariery absolwentów uczelni technicznych w firmach o profilu elektrycznym oraz elektroenergetycznym. Drugi wykład prof. Macieja Zajkowskiego dotyczył wpływu na otoczenie energetyki oraz sposobów, jak zmniejszyć jej niekorzystny wpływ na nasze życie. Następnie czas na prezentacje miały firmy będące sponsorami obchodów. Podczas swoich prelekcji przedstawili nam historie firm oraz potencjalne możliwości pracy w swoich zakładach.

Po przerwie obiadowej rozpoczął się panel dyskusyjny absolwentów Wydziału Elektrycznego pod tytułem „Dyplom, który ma wartość”. Dyskutowano na temat wpływu ukończenia uczelni na rozwój kariery. Po tym wydarzeniu rozpoczęły się Energetyczne Targi Pracy, podczas których można było porozmawiać z przedstawicielami firm z regionu, jak i z całej Polski. Dzień zakończyła zabawa w postaci testu wiedzy elektrycznej, w której udział wzięli delegaci z kół naukowych SEP z całej Polski. Po zakwaterowaniu i chwili czasu wolnego przyszedł czas na wspólną integrację.



Panel dyskusyjny z firmami sponsorskimi. Foto: Piotr Seta

Dzień drugi Podlaskich Dni Młodego Elektryka rozpoczęliśmy śniadaniem. Następnie uczestnicy wydarzenia udali się na Wydział Elektryczny Politechniki Białostockiej, gdzie odbyły się wybrane szkolenia. Do wyboru było jedno z czterech szkoleń tematycznych: szkolenie z mierników Sonel, szkolenie z programu EPLAN, szkolenie Finder, szkolenie z umiejętności miękkich. Delegaci naszego koła wzięli udział w szkoleniu prowadzonym przez Stanisława Raka z firmy Finder. Po skończonym szkoleniu odbyło się spotkanie Studenckiej Rady Koordynacyjnej SEP, na którym Piotr Seta przedstawił prezentację dotyczącą działalności koła w 2018. Po spotkaniu delegaci udali się do hotelu na krótki odpoczynek. Na koniec dnia odbył się bankiet kończący I Podlaskie Dni Młodego Elektryka.

Udział w podlaskiej imprezie pozwolił oddelegowanym członkom Studenckiego Koła SEP na poszerzenie wiedzy technicznej, a także dał możliwość poznania wielu ciekawych osób ze środowiska branżowego, stowarzyszeniowego oraz studenckiego. W tym miejscu chcielibyśmy pogratulować organizatorom PDME za sprawne i ciekawe przeprowadzenie spotkania, które dało wiele niezapomnianych wrażeń i doświadczeń. Chcielibyśmy również podziękować OŁ SEP za umożliwienie wyjazdu.

III Edycja Konkursu Wiedzy o Stowarzyszeniu Elektryków Polskich z okazji 100-lecia SEP

1.	Kto został prezesem Stowarzyszenia Elektrotechników Polskich w 1919 r.	a) K. Szpotański	b) M. Pożaryski
2.	Który z prezydentów Polski jest/był Honorowym Członkiem SEP?	a) żaden	b) I. Mościcki
3.	Gdzie pochowany jest pierwszy powojenny prezes OŁ SEP?	a) cmentarz przy Ogrodowej	b) cmentarz na Dołach
4.	Kto był pierwszym przewodniczącym Polskiego Komitetu Elektrotermii?	a) M. Mazur	b) B. Sochor
5.	Ilu członkom Oddziału Łódzkiego SEP nadano godność Honorowego Członka SEP?	a) 8	b) 9
6.	Który z tytułów był pierwszym oficjalnym czasopismem SEP?	a) Przegląd Elektrotechniczny	b) Wiadomości Elektrotechniczne
7.	Komu dedykowane jest stypendium im. Lecha Grzelaka?	a) studentom	b) młodym pracownikom naukowym uczelni technicznych
8.	Który z przyznawanych medali ustanowiony został przez Oddział Łódzki SEP?	a) medal im. prof. Eugeniusza Jezierskiego	b) medal im. prof. Romana Podolskiego
9.	Ile kół Oddziału Łódzkiego za patronów ma Członków Honorowych SEP?	a) jedno	b) dwa
10.	W którym roku zorganizowano pierwsze Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka?	a) 1997	b) 1999

Każde z pytań ma 2 odpowiedzi w tym jedną prawidłową.

Karty z prawidłowymi odpowiedziami wezmą udział w losowaniu trzech nagrodzonych miejsc. Nagrody będą wręczone na Pikniku z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka w dniu 14 czerwca 2019 r. Laureaci otrzymają wstęp wolny na Piknik.

Odpowiedzi prosimy przysyłać elektronicznie na adres biura oddziału sepl@seplodz.pl **do dnia 31 maja 2019 r.**

Konkurs kontynuowany od 2017 roku, według pomysłu kol. Janusza Jabłońskiego (Koło SEP przy Veolia Energia Łódź SA), który jest także autorem pytań obecnej edycji.



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

PIKNIK

z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka

ustanowionego w rocznicę śmierci (10.06.1836 r.)
francuskiego uczonego André Marie Ampère'a

który odbędzie się w Restauracji „Dworek”
ul. Rogowska 24

14 CZERWCA 2019 R.

GODZ. 17:00

*Zapewniamy miły nastrój
i spotkanie koleżeńskie
przy muzyce i poczęstunku.*



Zapisy oraz opłatę organizacyjną w kwocie 15 zł od osoby przyjmuje
kol. Anna Grabiszewska w Biurze Oddziału Łódzkiego SEP
(pl. Komuny Paryskiej 5a, Dom Technika, pok. 404)
od poniedziałku do piątku w godzinach 8:00 – 16:00 w terminie do 18 maja 2019 r.

Uprzejmie informujemy, że zapewniamy dojazd autobusem na miejsce pikniku.
Odjazd autobusu godz. 16:15 z pl. Komuny Paryskiej 5A.
Odjazd autobusu z ul. Rogowskiej 24 - godz. 21:00.

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH



Oddział Łódzki

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a

Dom Technika, IV p., pok. 409 i 404

tel./fax 42 630 94 74, 42 632 90 39

e-mail: sep@seplodz.pl

www.seplodz.pl

- ◆ Egzaminy kwalifikacyjne dla osób na stanowiskach EKSPLOATACJI i DOZORU w zakresach: elektroenergetycznym, ciepłym i gazowym
- ◆ Kursy przygotowujące do egzaminów kwalifikacyjnych (wszystkie grupy)
- ◆ Kursy pomiarowe (zajęcia teoretyczne i praktyczne)
- ◆ **NOWOŚĆ!** Kurs dla instalatorów systemów fotowoltaicznych uprawniający do ubiegania się o TYTUŁ CERTYFIKOWANEGO INSTALATORA SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH
- ◆ Kursy specjalistyczne na zlecenie firm
- ◆ **Konsultacje jednodniowe przygotowujące do egzaminu kwalifikacyjnego**
- ◆ **Ekspresowe kursy pomiarowe w zakresie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej do 1 kV dla STUDENTÓW i ABSOLWENTÓW WEEIA PŁ**
- ◆ Szkolenia BHP dla wszystkich stanowisk
- ◆ Pomiary i ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej
- ◆ Prezentacje firm
- ◆ Reklamy w Biuletynie Techniczno-Informacyjnym OŁ SEP
- ◆ Rekomendacje dla wyrobów i usług branży elektrycznej
- ◆ Organizacja imprez naukowo-technicznych (konferencje, seminaria)

Ceny szkoleń organizowanych przez OŁ SEP są zwolnione z podatku VAT

OŚRODEK RZECZOZNAWSTWA OŁ SEP

oferuje bogaty zakres usług technicznych i ekonomicznych:

- Projekty techniczne i technologiczne
- Ekspertyzy i opinie
- Badania eksploatacyjne
- Badania techniczne urządzeń elektrycznych, elektronicznych i elektroenergetycznych
- Ocena zagrożeń i przyczyn wypadków powodowanych przez urządzenia elektryczne
- Ocena prototypów wyrobów, maszyn i urządzeń produkcyjnych
- Ocena usprawnień, pomysłów, projektów i wniosków racjonalizatorskich
- Opracowywanie projektów przepisów wewnętrznych bhp oraz instrukcji eksploatacji
- Wykonywanie wszelkich pomiarów w zakresie elektryki
- Prowadzenie nadzorów inwestorskich i autorskich
- Wykonywanie ekspertyz o charakterze prac naukowo-badawczych
- Odbiory jakościowe
- Wyceny maszyn, urządzeń oraz obiektów energetycznych
- Tłumaczenia dokumentacji technicznej i literatury fachowej
- Doradztwo i ekspertyzy ekonomiczne
- Audyty energetyczne
- Przygotowanie dokumentów dla przekształceń własnościowych

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

Pozycja i ranga SEP jest gwarancją najwyższej jakości, niezawodności i wiarygodności