



100 LAT BADAŃ I KSZTAŁCENIA W ELEKTROTECHNICE

Konferencja Naukowo - Techniczna

6 - 7 CZERWCA 2022

WARSZAWA

100
lat

**Wydział
Elektryczny**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

100
lat

WYDZIAŁU
ELEKTRYCZNEGO
Politechniki Warszawskiej

www.BKE100.pl

Materiały Konferencyjne

Dziękujemy za wsparcie w organizacji Konferencji
oraz Jubileuszu 100-lecia Wydziału Elektrycznego

ASTAT



MESCO

WIBAR®
instalacje

PSE

Polskie Sieci
Elektroenergetyczne

ETI

WIBAR®
technology

TRUMPF



MEDCOM

PSE

Polskie Sieci
Elektroenergetyczne

BENNING



DACPOL

Strom Power

ENCO®

APS
SOLUTION

electric



FAST Group
bezpieczna
infrastruktura IT

MAZOWIECKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

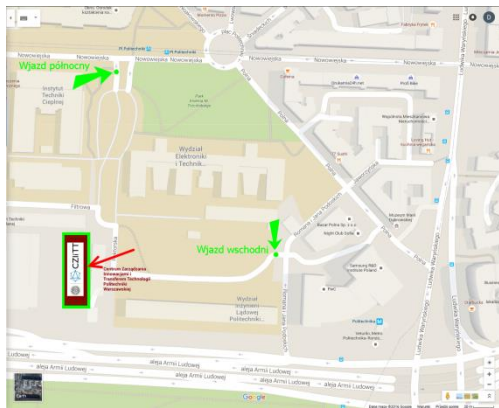
sawe

Szanowni Państwo,



Serdecznie dziękujemy za udział w konferencji "100 lat Badań i Kształcenia w Elektrotechnice" BKE-100. Jest to jedno z wydarzeń organizowanych w ramach obchodów 100-lecia działalności Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Dzięki realizacji tej Konferencji pragniemy zaprezentować aktualne, ważne dla szeroko rozumianej elektrotechniki wyzwania naukowe i dydaktyczne. Poprzez prezentację zagadnień realizowanych na Wydziale Elektrycznym oraz wystąpień Partnerów Przemysłowych jesteśmy w stanie określić przyszłościowe kierunki gwarantujące harmonijny rozwój tej ważnej dla całego społeczeństwa dziedziny nauki. Z prawdziwą przyjemnością oddajemy w Państwa ręce zestaw streszczeń wystąpień prezentowanych podczas konferencji BKE-100. Wierzymy, że prezentowane materiały staną się przyczynkiem do nawiązania współpracy gwarantującej wysoki poziom oryginalnych rozwiązań w zakresie współczesnej elektrotechniki.

Wszystkie sesje i panele dyskusyjne odbywają się w Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii Politechniki Warszawskiej, ul. Rektorska 4:



Uroczysta Gala Wydziału Elektrycznego odbędzie się w poniedziałek 06.06.2022 w Gmachu Fizyki znajdującym się na terenie kampusu Głównego Politechniki Warszawskiej:



Agenda konferencji BKE-100

Dzień 1 (poniedziałek, 6.06.2022)

Godzina	Rodzaj wydarzenia	Strony
9.30 – 10.30	Rejestracja uczestników powitalny poczęstunek	-
10.30- 12.30	• Uroczyste otwarcie konferencji - Prof. dr hab. inż. Lech Grzesiak • Wręczenie Medali 100-lecia Wydziału Elektrycznego • Włodzimierz Dąbrowski - Kształcenie na Wydziale Elektrycznym dziś i jutro • Wystąpienia Gości z innych Uczelni	10.30-10.50 - 10.50-11.30 - 11.30-11.50 Str. 5 11.50-12.30 -
12.30-13.30	Obiad	
13.30-15.05	Sesja 1 (referaty i panel dyskusyjny) • Badania naukowe realizowane w Instytutach WE ◦ Sylwester Robak - IEN ◦ Jacek Starzyński - IETiSIP ◦ Andrzej Dzieliński - ISEP • POB Energy: Bartłomiej Ufnalski – funkcjonowanie POB oraz aktualne plany i zamierzenia • Lech Grzesiak, Grzegorz Iwański, Arkadiusz Kaszewski, Marek Michalczyk, Bartłomiej Ufnalski - Nowoczesne układy napędowe dla zastosowań mobilnych i przemysłowych • ASTAT: Grzegorz Urbaniak: Komora Astat Gigahertz TEM jako środowisko testowe EMC	13.30-13.45 Str. 6 13.45-14.00 Str. 8 14.00-14.15 Str. 10 14.15-14.35 - 14.35-14.55 Str. 15 14.55-15.05 Str. 48
15.05-15.30	Przerwa kawowa	
15.30-17.00	Sesja 2(referaty i panel dyskusyjny) Prowadzący: prof. Andrzej Dzieliński • Mirosław Parol: "Mikrosieci - nowe struktury zasilania odbiorców energii. Stan aktualny i perspektywy rozwoju" • Dominik Sierociuk - Układy niecałkowitego zmiennego rzędu - teoria i wybrane zastosowania • Ryszard Kowalik, Marcin Szewczyk, Tadeusz Daszczyński, Marcin Januszewski: Współczesne laboratoria i zagadnienia badawcze realizowane w zakładzie AiA IEN • Żaneta Świdorska-Chadaj - Wykryć niewidoczne. Zastosowanie SI w medycynie • MESCO: Tomasz Kądziołka - Symulacje elektromagnetyczne: rzeczywistość czy science-fiction?	15.30-15.50 Str. 12 15.50-16.10 Str. 16 16.10-16.30 Str. 18 16.30-16.50 Str. 20 16.50-17.00 Str. 49
17.00-18.00	Przerwa	
18.00-22.00	Uroczysta Gala w Auli Gmachu Fizyki	Gala WE

Dzień 2 (wtorek, 7.06.2022)

Godzina	Rodzaj wydarzenia	Strony
9:10-10:20	Sesja 1 (referaty) Prowadzący: prof. Sylwester Robak - Sebastian Słomiński - Wieloetapowe zadanie analityczno-projektowe związane z określeniem kryteriów porównawczych oraz propozycją projektu nowatorskich urządzeń oświetleniowych LED – podsumowanie zakończonego projektu Bony na innowacje - Michał Śmiałek - BalticLSC - europejski klaster do obliczeń wielkoskalowych. - Dariusz Sawicki: Pomiar ośnienia - czy problem tylko metrologiczny - ASTAT: Izabela Wiśniewska, Grzegorz Urbaniak - Współpraca projektowa Astat z Uczelniami	9:10-9:30 Str. 22 9:30-9:50 Str. 26 9:50-10:10 Str. 32 10:10-10:30 Str. 48
10:30-11:00	Przerwa kawowa	
11:00-12:35	Sesja 2 (referaty) Prowadzący: prof. Roman Barlik - Sebastian Styński, Tomasz Święchowicz - System kondycjonowania jakości energii elektrycznej z magazynem energii dla sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia - Piotr Grzeszczak, Roman Barlik - Inteligentny modułowy system bloków przekształcania energii elektrycznej dla mikrosieci prądu stałego z jednostkami wytwarzania OZE i magazynowania energii - TrumpfHuettinger: Paweł Ozimek - 100 lat TRUMPF Huettinger i Wydziału Elektrycznego PW. Nauka i doświadczenie przekute w sukces na rynku High Tech. - FAST Group: Aleksander Redlich - Nowoczesne i energooszczędne serwerownie według koncepcji FAST Group sp. z o.o.	11:00-11:25 Str. 28 11:25-11:50 Str. 35 11:50-12:20 Str. 42 12:20-12:35 Str. 47
12:35-14:00	Obiad	
14:00-15:35	Sesja 3 (panel dyskusyjny) Prowadzący: prof. Jacek Starzyński - Mariusz Kłos - Hybrydowe układy wytwórcze i mikrosieci jako element rozwoju Generacji Rozproszonej - Andrzej Majkowski: Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do oceny zmęczenia pracownika na wybranych stanowiskach pracy - Zuzanna Krawczyk - Generacja optymalnego rozkładu dawki w planowaniu radioterapii z wykorzystaniem metod uczenia głębokiego - Strom Power LLC: Sebastian Smater - Rewolucja Energetyczna w Stanach Zjednoczonych - APS Energia	14:00-14:20 Str. 34 14:20-14:40 Str. 37 14:40-15:00 Str. 40 15:05-15:20 Str. 46 15:20-15:35 Str. 45
15.40-16.10	Zakończenie konferencji	



Tradycja i nowoczesność

Wydział Elektryczny szczyci się 100 letnią tradycją kształcenia, prowadzenia badań naukowych i wdrażania innowacji w gospodarce. Dziś jest jednym z największych wydziałów Politechniki Warszawskiej. Zatrudnia ponad 160 naukowców i dydaktyków, a w jego murach studiuje ponad trzy tysiące studentów z Polski i ze świata.

Kształcenie na Wydziale Elektrycznym

jest silnie powiązane z badaniami naukowymi i pracami wdrożeniowymi. Ma to swoje odzwierciedlenie w wysokim poziomie prowadzonych studiów: Elektrotechnika, Automatyka i Robotyka Stosowana, Informatyka Stosowana oraz Elektromobilność. Wszystkie uwzględniają w programach trendy rynkowe, kształcenie ukierunkowane jest problemowo i oparte na projektach i warsztatach.

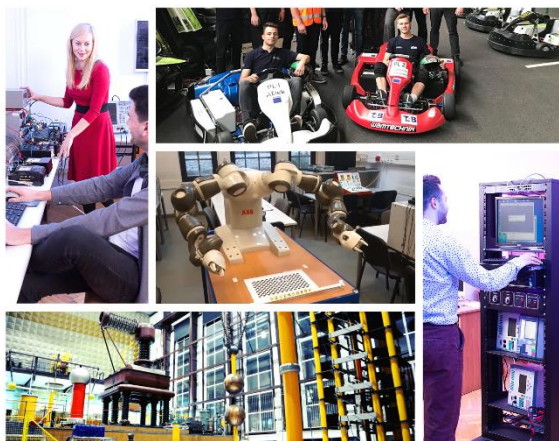
Wydział posiada kategorię naukową A nadaną przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, co potwierdza wysoki potencjał naukowy jednostki. Co roku też główne kierunki studiów prowadzone na Wydziale plasują się na I miejscu rankingu kierunków studiów fundacji edukacyjnej Perspektywy.

Na co dzień Wydział Elektryczny łączy tradycję z nowoczesnością. Zlokalizowany w 5 historycznych budynkach głównego kampusu Politechniki Warszawskiej, na 8 tys. m² powierzchni, posiada nowoczesną bazę laboratoryjną wyposażoną w sprzęt komputerowy, specjalistyczne oprogramowanie oraz urządzenia i maszyny.

Tradycją i czymś co cenią sobie szczególnie studenci, jest panująca tu przyjazna i otwarta atmosfera. Na Wydziale działa wiele kół naukowych, które odnoszą sukcesy w swoich dziedzinach, również na arenie międzynarodowej. Studenci chętnie angażują się w różne przedsięwzięcia, projekty i organizacje studenckie, a także pomagają sobie nawzajem i innym.

Aktualna struktura organizacyjna

podział na trzy instytuty – wynika z dekad ewolucji obszarów badawczych i dydaktycznych uprawianych na Wydziale.



Wstęp

Instytut Elektroenergetyki Politechniki Warszawskiej istnieje od 1970 r. Jest jedną z wewnętrznych jednostek organizacyjnych Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Instytut Elektroenergetyki został utworzony do prowadzenia działalności naukowej oraz realizowania zadań dydaktycznych w obszarze dyscypliny elektrotechnika. Ponad 50 lat historii Instytutu to długi okres, w którym dzięki wielu nauczycielom akademickim o wielkich umiejętnościach, aktywnie wspieranym przez pracowników administracyjnych i technicznych, Instytut Elektroenergetyki zawsze był zdolny podolać stawianym wyzwaniom.

Rys historyczny

W 1921 roku w Politechnice Warszawskiej utworzony został Wydział Elektrotechniczny, który w 1924 roku przemianowano na Elektryczny. Jednakże już w roku 1919 powołana została Katedra Urządzeń Elektrycznych, której kierownik prof. Stanisław Odrowąż-Wysocki prowadził przedmiot „Urządzenia elektryczne” obejmujący całokształt zagadnień wchodzących w skład elektroenergetyki. Na początku lat 20-tych XX wieku w Katedrze Urządzeń Elektrycznych wykładana była tematyka dotycząca oświetlenia. Natomiast trakcja elektryczna jako odrębna tematyka badawcza pojawiła się w Politechnice Warszawskiej w roku akademickim 1919/20 za sprawą prof. Romana Podoskiego. W chwili wznowienia działalności Wydziału Elektrycznego w 1945 roku, po okresie wojennym, funkcjonowało 11 katedr w tym Katedra Kolejnictwa Elektrycznego oraz Katedra Urządzeń, a także Katedra Sieci Elektrycznych. W okresie lat 50-tych i 60-tych Wydział Elektryczny przechodził liczne zmiany organizacyjne.

W 1970 roku nastąpiła duża zmiana struktury organizacyjnej Politechniki Warszawskiej. W miejsce katedr zostały powołane większe jednostki – instytuty. Instytut Elektroenergetyki powstał w oparciu o cztery katedry: Elektrowni i Gospodarki Elektroenergetycznej, Sieci i Układów Elektroenergetycznych, Elektrotermii, Techniki Świetlnej. Pierwszym dyrektorem Instytutu Elektroenergetyki został mianowany prof. Tadeusz Kahl. Kolejnymi dyrektorami Instytutu Elektroenergetyki byli prof. Stefan Bernas, prof. Ryszard Matla, prof. Tadeusz Beldowski, dr Marian Dołowy, prof. Jan Machowski, dr hab. Sylwester Robak. W instytutowej strukturze organizacyjnej Wydział Elektryczny funkcjonuje do chwili obecnej.

a)



b)



Rys. 1.a) Profesor Stanisław Odrowąż-Wysocki - pierwszy kierownik Katedry Urządzeń Elektrycznych Politechniki Warszawskiej” (źródło: Narodowe Archiwum Cyfrowe), b) Profesor Tadeusz Kahl - pierwszy dyrektor Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Warszawskiej

Dzień dzisiejszy

Instytut Elektroenergetyki realizuje swoją misję poprzez zapewnienie najwyższych standardów jakości kształcenia, dążenie do doskonałości w badaniach naukowych oraz współpracę naukowo-techniczną z otoczeniem społeczno-gospodarczym.

Zasadniczą strukturę organizacyjną Instytutu stanowią zakłady realizujące działalność w obszarze badań naukowych oraz kształcenia studentów. W Instytucie funkcjonują cztery zakłady:

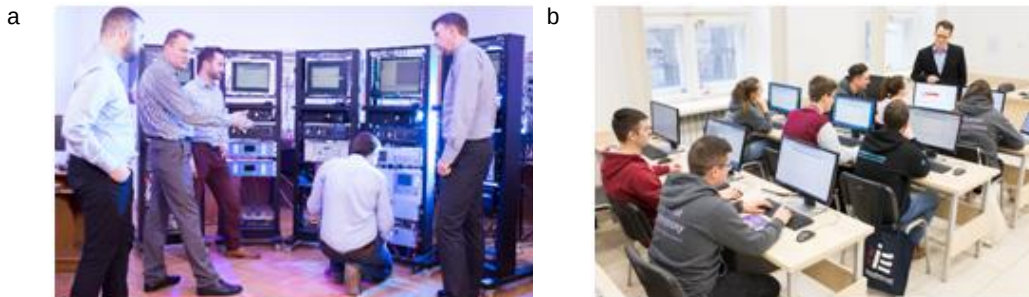
- Zakład Aparatów i Automatyki Elektroenergetycznej,
- Zakład Sieci i Systemów Elektroenergetycznych,
- Zakład Techniki Świetlnej.
- Zakład Trakcji i Gospodarki Elektroenergetycznej

Aktualnie prowadzone w Instytucie Elektroenergetyki interdyscyplinarne badania i kształcenie mają na celu poznanie i przekazywanie wiedzy dotyczącej zjawisk i procesów, a także opracowanie rozwiązań na najwyższym poziomie z zakresu elektroenergetyki, a w szczególności sieci i systemów elektroenergetycznych, aparatów i automatyki elektroenergetycznej, elektrowni i gospodarki elektroenergetycznej, trakcji elektrycznej, elektrotermii oraz techniki świetlnej. Prowadzone badania wykorzystują wiedzę z elektrotechniki, elektroniki, automatyki, informatyki, telekomunikacji i mechaniki do rozwiązywania aktualnych problemów naukowych i technicznych.

Tematyka badań naukowych

W okresie ostatnich 10 lat w Instytucie były i są realizowane liczne krajowe i międzynarodowe projekty badawcze oraz prace badawczo-rozwojowe (B+R) na rzecz przedsiębiorstw. Tematyka projektów badawczych dotyczy: mikrosieci na terenach wiejskich, układów generacyjnych i magazynów energii, modeli pierścieni magnetycznych, rozplywu energii w układzie pojazdów tramwajowych, badań starzeniowych baterii litowo-jonowych, układów stykowych wyłączników, identyfikacji odbiorników w sieci zasilania, technologii wirtualnej (VR) i rozszerzonej rzeczywistości (AR).

Tematyka zrealizowanych w Instytucie prac B+R nawiązuje do aktualnych wyzwań gospodarczych, między innymi dotyczących transformacji energetycznej, a przez to dotyczy morskich farm wiatrowych, morskich sieci elektroenergetycznych prądu przemiennego i stałego, elektrowni jądrowych, przyłączania odnawialnych źródeł energii do sieci dystrybucyjnej, rozwój elektromobilności w Polsce, prototypów nowych urządzeń oświetleniowych, systemów zdalnego nadzoru urządzeń automatyki stacji elektroenergetycznych, układu zasilania dla nowych linii kolejowych związanych z budową Centralnego Portu Komunikacyjnego, technologii ładowania autobusów elektrycznych, kształtowania rozkładu luminancji, odladania sieci trakcyjnej.



Rys. 2. a) Laboratorium Automatyki Elektroenergetycznej, b) Zajęcia dydaktyczne w Laboratorium Komputerowym

Podsumowanie

Instytut Elektroenergetyki Politechniki Warszawskiej jest instytucją trwale zaangażowaną w działalność naukową, dydaktyczną i wdrożeniową, zwłaszcza w zakresie innowacyjnych rozwiązań dla szeroko rozumianej elektroenergetyki. Od początku działalność Instytutu związana jest z najnowszymi rozwiązaniami w zakresie wytwarzania, dystrybucji oraz konwersji energii. Aktualnie w Instytucie prowadzone są interdyscyplinarne badania i kształcenie na światowym poziomie. Efekty działalności Pracowników Instytutu były wielokrotnie doceniane, zarówno w zakresie wyników badań naukowych, jak i realizacji zaawansowanych projektów. Zapraszamy do odwiedzenia strony www.ien.pw.edu.pl, gdzie zaprezentowano szczegółowo działalność Instytutu Elektroenergetyki.

Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych

Jacek Starzyński

Krótką historia Instytutu

Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i Miernictwa Elektrycznego powstał w roku 1970 z połączenia Katedr: Elektrotechniki Teoretycznej prof. Tadeusza Cholewickiego i Miernictwa Elektrycznego prof. Stefana Lebsona. Dyrektorem został prof. Tadeusz Cholewicki, a potem funkcję tę pełnili kolejno: prof. Zdzisław Trzaska (1973-78), prof. Waldemar Kwiatkowski (1978-1990), prof. Kazimierz Mikołajuk (1990-2008) i prof. Andrzej Michalski (2008-2016). Obecna nazwa Instytutu (IETiSIP) pojawiła się w roku 2008 jako konsekwencja zmian specyfiki zakładów wchodzących w jego skład. W roku 2012 instytut został wzmocniony poprzez przyłączenie Zakładu Wysokich Napięć, a w 2016 roku do IETiSIP dołączył Zakład Konstrukcji Urządzeń Elektrycznych.

Od końca lat siedemdziesiątych XX w. w Instytucie rozpoczęto prace nad wykorzystaniem metod numerycznych w elektrotechnice, a od początku lat dziewięćdziesiątych Instytut był motorem zmian dydaktycznego profilu Wydziału. W konsekwencji coraz większego zainteresowania zastosowaniami informatyki w teorii obwodów i pola elektromagnetycznego jako podstawowej dziedziny prac naukowych, zwiększała się potrzeba wprowadzenia do dydaktyki także podstawowych przedmiotów informatycznych, co zakończyło się powołaniem studiów na kierunku Informatyka (a następnie Informatyka Stosowana) prowadzonych przez Wydział Elektryczny. Obecnie zastosowania informatyki w szeroko pojętej technice, nie tylko klasycznej elektrotechnice, są głównym obszarem działalności naukowej dużej części pracowników Instytutu. Obok metod numerycznych stosowanych do symulacji w elektrotechnice i elektronice trzeba tu na pewno wymienić szeroko pojęte zastosowania uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji: przetwarzanie sygnałów i obrazów, diagnostyka systemów i urządzeń, diagnostyka medyczna i projektowanie przebiegu terapii. Kształt zainteresowań naukowych i dydaktycznych Instytutu określają trzy zakłady.

Zakład Elektrotechniki Teoretycznej i Informatyki Stosowanej

Zakład prowadzi szeroką działalność naukową i dydaktyczną w trzech dyscyplinach naukowych: Automatyka, elektronika i elektrotechnika, Informatyka techniczna i telekomunikacja oraz Inżynieria biomedyczna. Liczy 18 pracowników badawczych i dydaktycznych, w tym 5 profesorów i profesorów uczelni. Naukowcy zatrudnieni w Zakładzie są najczęściej specjalistami zarówno w zakresie elektrotechniki jak i informatyki. Problemy badawcze obejmują bardzo szerokie spektrum zagadnień od klasycznych problemów związanych z teorią obwodów aż po zaawansowane zagadnienia z pogranicza medycyny i informatyki. Przykładowe tematy prac badawczych to: dynamiczna i statyczna kompensacja mocy biernej w systemach elektroenergetycznych, identyfikacja i lokalizacja uszkodzeń w obwodach i urządzeniach elektrycznych, predykcja zapotrzebowania na energię i zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, zaawansowane metody optymalizacji, zagadnienia cyberbezpieczeństwa w systemach komputerowych, cyfrowe przetwarzanie sygnałów i obrazów medycznych wspomagających diagnostykę chorób człowieka, obliczenia rozproszone i w chmurze, zastosowanie metod sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego w zagadnieniach technicznych i biomedycznych.

Pracownicy Zakładu prowadzą zajęcia dydaktyczne na wszystkich kierunkach nauczania na Wydziale Elektrycznym PW, a także na Wydziale Chemicznym, Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej oraz Wydziale Zarządzania.

Zakład Systemów Informacyjno-Pomiarowych

W roku 1922, w rok po uruchomieniu samodzielnego Wydziału Elektrotechnicznego na Politechnice Warszawskiej powstała Katedra Miernictwa Elektrycznego, kierowana przez prof. Kazimierza Drewnowskiego. W 1970 r. Katedrę przemianowano na Zakład Miernictwa Elektrycznego włączając go w skład Instytutu Elektrotechniki Teoretycznej i Miernictwa Elektrycznego. Od 2003 roku zakład nosi nazwę Zakład Systemów Informacyjno-Pomiarowych. Obecnie liczy 15 nauczycieli akademickich, w tym 3 profesorów.

Rdzeniem szerokiego zakresu działalności naukowej Zakładu, w ujęciu historycznym, jest metrologia. W obszarze zainteresowań znajduje się wiele zagadnień badawczych leżących na granicy pomiędzy klasyczną metrologią, a nowoczesną informatyką: poczynając od podstaw technik pomiarowych, poprzez sieci sensorów, złożone systemy informacyjno-pomiarowe, cyfrowe przetwarzanie sygnałów pomiarowych, aż do zaawansowanych problemów analizy i klasyfikacji sygnałów. W tym zakresie warto wymienić zagadnienia związane z pomiarami środowiskowymi oraz jakością energii elektrycznej. Na szczególną uwagę zasługują też zagadnienia związane z pomiarami biomedycznymi (EKG, EEG) oraz komunikacją człowiek-komputer, w tym interfejs mózg-komputer (BCI). Szerokie spektrum badań jest unikalną cechą Zakładu. Od 2016 r. w Zakładzie prowadzona jest specjalność Systemy Wbudowane, ciesząc się bardzo dużym zainteresowaniem studentów.

Zakład Wysokich Napięć i Kompatybilności Elektromagnetycznej

Początki historii Zakładu sięgają roku 1922, kiedy w Gmachu Fizyki powstało samodzielne Laboratorium Wysokich Napięć. Było ono częścią kierowanej przez prof. Drewnowskiego Katedry Miernictwa Elektrycznego, która w 1927 roku zmieniła nazwę na „Katedra Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć”. W 1962 roku wysokonapięciowa część katedry przeszła do nowo utworzonej Katedry Materiałoznawstwa, w której w 1963 roku powstały zakłady: Przepięć i Ochrony Przepięciowej oraz Wyładowań i Izolacji Wysokonapięciowej. W 1970 roku Katedra stała się Instytutem Wysokich Napięć, który w 1991 roku zmienił nazwę na Instytut Wielkich Mocy i Wysokich, w którym zaczął funkcjonować Zakład Techniki Wysokich Napięć. W roku 2001 liczbę zakładów zredukowano, a w 2004 Instytut skurczył się ponownie do Katedry Wysokich Napięć i Aparatów Elektrycznych, która w 2012 roku stała się Zakładem Wysokich Napięć i Kompatybilności Elektromagnetycznej w IETISIP. Druga część Katedry została dołączona do Instytutu Energetyki.

Zakład liczy obecnie 17 pracowników badawczych i dydaktycznych, w tym 4 profesorów i profesorów uczelni. Prowadzi badania w zakresie szeroko rozumianej techniki i technologii układów wysokonapięciowych – zabezpieczenia linii i urządzeń wysokiego napięcia. Prowadzone są działania w zakresie projektowania zabezpieczeń i konstrukcji odgromowych oraz budowane są również indywidualnie dopasowywane układy probierczo-pomiarowe. Główną specjalnością naukową w zakresie wysokich napięć Zakładu jest budowa i badania mobilnych generatorów impulsów wysokiej energii. W ramach kompatybilności elektromagnetycznej zespół rozwija metody pomiaru skuteczności ekranowania materiałów i obudów. Prowadzi doradztwo w zakresie doboru i projektowania sieciowych filtrów przeciwzakłóceńowych częstotliwości RF zarówno w laboratorium Zakładu, jak i *in situ*. Pracownicy Zakładu wielokrotnie pomagali różnym przedsiębiorstwom w rozwiązywaniu pilnych problemów związanych z kompatybilnością. Prowadzą szkolenia z zakresu kompatybilności, zamawiane przez firmy zewnętrzne oraz są proszeni o prezentacje na warsztatach EMC.

W obszarze informatyki prowadzone są prace w zakresie wspomagania badań kompatybilności elektromagnetycznej, automatyzacji diagnostyki urządzeń i instalacji w zakresie wyładowań niezupełnych oraz tworzenia narzędzi do skutecznego przetwarzania i wykorzystania medycznego efektów obrazowania medycznego.

W obszarze dydaktyki pracownicy Zakładu prowadzą zajęcia w zakresie: technologii materiałowych, wysokich napięć, skuteczności uziomów, kompatybilności elektromagnetycznej, teorii elektromagnetyzmu, metod numerycznych i obliczeń wielkoskalowych, technik i języków programowania. Prowadzona przez Zakład specjalność Technika Wysokich Napięć cieszy się ogromnym zainteresowaniem studentów na studiach niestacjonarnych.

Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej (ISEP) jest wiodącą w skali międzynarodowej jednostką naukowo-badawczą i edukacyjną w dziedzinach energoelektroniki, napędu elektrycznego, automatyki i informatyki. Działalność naukowa Pracowników Instytutu owocuje wieloma projektami naukowymi finansowanymi ze środków krajowych i międzynarodowych, licznymi publikacjami w prestiżowych czasopismach i na najważniejszych konferencjach światowych oraz wdrożeniami opracowanych rozwiązań.

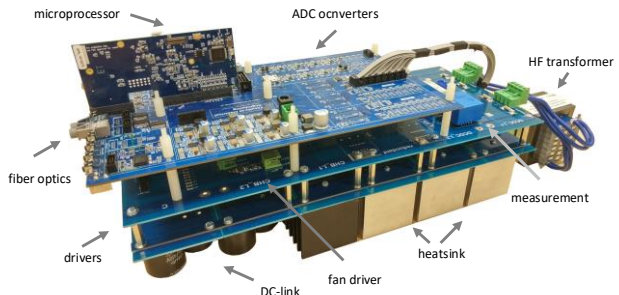
W instytucie pracują 92 osoby, w tym 59 pracowników na etatach badawczych i badawczo-dydaktycznych. Do tego kadre ISEP tworzy też 17 pracowników na etatach dydaktycznych oraz liczący 16 osób personel administracyjno-techniczny.

Tylko w roku 2021 w instytucie realizowane były 32 projekty badawcze krajowe i międzynarodowe na kwotę 26,9 mln zł. Należy wyróżnić 3 projekty finansowane w ramach programu Horyzont 2020, gdzie nasi pracownicy wchodzi w skład wielonarodowych konsorcjów. Do projektów międzynarodowych zalicza się także projekty realizowane w ramach Funduszy Norweskich i współpracy polsko-tajwańskiej. Warto także podkreślić, że pracownicy ISEP pozyskują regularnie prestiżowe granty z Narodowego Centrum Nauki (w 2021 były to 2 projekty na sumę 2,2 mln zł). Istotną pozycją na liście projektów są te realizowane we współpracy z partnerami przemysłowymi, tylko w 2021 roku realizowanych było 6 przedsięwzięć o łącznym budżecie 2,37 mln zł). Co istotne, nasi pracownicy są także bezkonkurencyjni w pozyskiwaniu środków na badania w ramach Inicjatywy Doskonałości – Uczelnia Badawcza. W roku 2021 realizowali aż 12 takich projektów o łącznym budżecie wynoszącym ponad 2 mln zł.

Nasze ostatnie prace badawcze skupiają się między innymi na:

- zastosowaniu technologii elementów półprzewodnikowych SiC i GaN,
- kondycjonowaniu jakości energii elektrycznej,
- module hybrydowym do zasilania urządzeń i maszyn jezdnych,
- układzie napędowym z maszyną SRM,
- topologiach w pełni miękkiego przełączającego przekształtnika prądu stałego z kondensatorem o zmiennym potencjale,
- generowaniu opisu werbalnego obrazów cyfrowych,
- modelowaniu układów dynamicznych z wykorzystaniem rachunku różniczkowego niecałkowitego stałego i zmiennego w czasie rzędu.

Pracownicy Instytutu regularnie publikują w czasopismach międzynarodowych i krajowych. Do dorobku naukowego w roku 2021 należy zaliczyć 52 artykuły w czasopismach z listy JCR, 31 artykułów w innych czasopismach, a także, mimo ograniczeń związanych z pandemią, 3 referaty konferencyjne. Wchodzi także w skład komitetów redakcyjnych prestiżowych czasopism międzynarodowych (m.in. *IEEE Transactions on Power Electronics*, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, *Bulletin of Polish Academy of Science*, *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, *Power Electronics and Drives*,



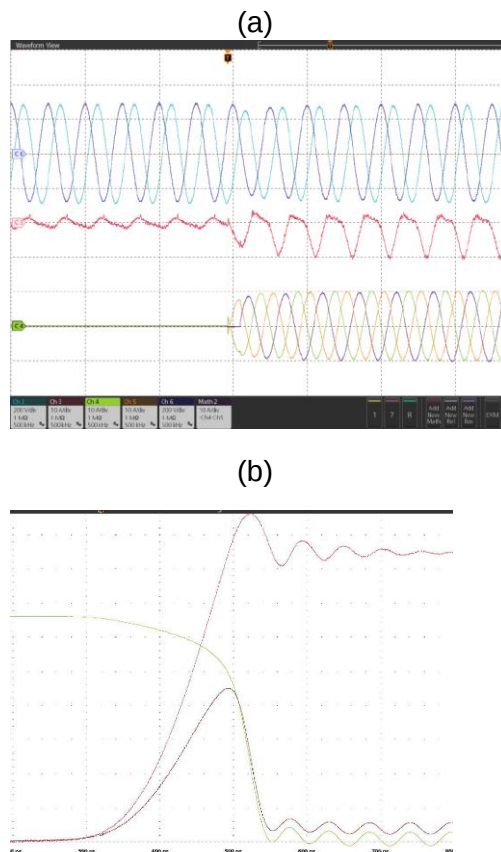
Rys. 1 Moduł przekształtnikowy do Smart Transformer

IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Industrial Electronics, IEEE IES Industrial Electronics Technology News, Circuits, Systems and Signal Processing, International Journal of applied Mathematics and Computer Science) i krajowych oraz komitetów organizacyjnych konferencji krajowych i międzynarodowych (European Conference on Power Electronics and Applications, Progress in Applied Engineering, IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference, IECON21, The International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics). Pracownicy ISEP pełnią także odpowiedzialne funkcje w organizacjach krajowych i międzynarodowych, by wymienić Komitet Elektrotechniki PAN, Komitet Automatyki i Robotyki PAN, Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Polskie Towarzystwo Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej czy Polską Sekcję IEEE oraz IEEE Industrial Electronics Society. Przy Instytucie od lat aktywnie działa połączony oddział stowarzyszenia IEEE Industrial Electronics/Power Electronics Society.

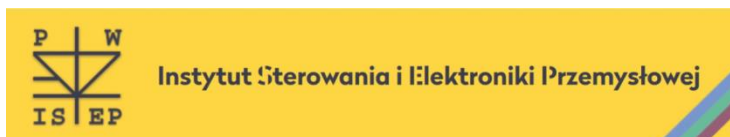
W procesie ewaluacji jednostek naukowych za lata 2016–2021 średnia punktów na pracownika istotnie przekroczyła średnią dla całej dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika w Politechnice Warszawskiej, przy czym nasz Instytut był największą jednostką na uczelni ocenianą w tej dyscyplinie.

Nasza współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym to nie tylko wspólna realizacja projektów czy prac zleconych (tu wymienimy choćby APS Energia, Markel, Trumpf-Huettinger, Zakład Energoelektroniki TWERD, Wibar), lecz także wspólne z firmami prowadzenie zajęć i projektów studenckich oraz studiów podyplomowych (m.in. AVL, Apator, Ekoenergetyka, Medcom, Microstrategy, Qlick, Lenovo Polska, Clouds on Mars, AWS Polska). Wspólnie z partnerami zewnętrznymi prowadzone są również doktoraty wdrożeniowe.

Wyniki prowadzonych prac badawczych są szeroko rozpowszechniane poprzez publikacje i wystąpienia, a przy tym stanowią istotny wkład do zajęć dydaktycznych prowadzonych przez pracowników ISEP. Jesteśmy obecni na wszystkich czterech kierunkach: Elektrotechnice, Informatyce Stosowanej, Automatyce i Robotyce, a także na niedawno otworzonej – pierwszej w Polsce – Elektromobilności. Pracownicy Instytutu prowadzą w roku akademickim ponad 20 tys. godzin zajęć dydaktycznych na studiach dziennych i zaocznych oraz w ramach projektu OKNO. Nasi pracownicy byli również wielokrotnie nagradzani za wysoką jakość prowadzonych zajęć dydaktycznych, regularnie zdobywając wyróżnienie Złota Kreda nadawane przez studentów Wydziału.



Rys. 2 Modułowy przekształtnik GaN (a) i wyłączanie tranzystora SiC MOSFET (b)



Mikrosieci – nowe struktury zasilania odbiorców energii.

Stan aktualny i perspektywy rozwoju

Mirosław Parol

Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki

Słowa kluczowe: mikrosieci, zasilanie odbiorców energii, stan aktualny, perspektywy rozwoju

Keywords: microgrids, supply of energy receivers, current state, development perspectives

Wstęp

W ostatnich latach sformułowano wiele różnorodnych wymagań stawianych pod adresem elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych, opisanych m.in. w [1, 2]. W celu spełnienia choćby niektórych z tych wymagań, zaproponowano kilka nowatorskich koncepcji odnoszących się do przyszłościowych struktur i zasad funkcjonowania sieci dystrybucyjnych. Wśród tych koncepcji na pierwszym miejscu znajduje się idea inteligentnych elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych (smart power distribution grids – SPDG), obejmująca swoim zakresem mikrosieci średnich i niskich napięć oraz wirtualne elektrownie [1, 2]. SPGD jest systemem, który z założenia ma zarządzać w sposób inteligentny pracą wszystkich podmiotów, które uczestniczą w procesie wytwarzania, przesyłu, dystrybucji, magazynowania i użytkowania energii elektrycznej.

W niniejszym referacie główny nacisk położono na zagadnienie mikrosieci, pokrótce scharakteryzowano mikrosieci niskiego napięcia prądu przemiennego (AC), mikrosieci prądu stałego (DC), mikrosieci hybrydowe (AC/DC) oraz mikrosieci energetyczne wielonośnikowe. Analizie poddano stan aktualny prowadzonych prac badawczych i wdrożeniowych, a także wyzwania i perspektywy rozwojowe dotyczące mikrosieci.

Referat zakończono podsumowaniem i przedstawieniem wniosków dotyczących rozważanej tematyki.

Mikrosieci niskiego napięcia prądu przemiennego

Mikrościeć niskiego napięcia prądu przemiennego (AC) jest autonomicznym mikrosystemem elektroenergetycznym [1, 2], który może obejmować swoim zakresem źródła wytwarzania energii elektrycznej (mikroźródła), magazyny energii, odbiory mocy elektrycznej, urządzenia sterujące oraz łączące je linie niskich napięć (nN). Rozróżnia się dwa rodzaje odbiorów mocy i energii [1, 2], tj. odbiory sterowalne i odbiory niesterowalne. Przyłączanie niektórych mikroźródeł, a także magazynów energii oraz odbiorów sterowalnych do sieci nN odbywa się przy użyciu przekształtników energoelektronicznych.

Istotną kwestią jest relacja zachodząca między mikrością a siecią Operatora Systemu Dystrybucyjnego (OSD). Pod tym względem mikrościeć może pracować równolegle (synchronicznie) z siecią OSD lub może działać w trybie wyspowym.

Biorąc pod uwagę funkcjonowanie mikrosieci, rozróżnia się dwie strategie sterowania jej pracą [1, 2], tj. sterowanie scentralizowane oraz sterowanie zdecentralizowane (rozproszone). W trybie sterowania scentralizowanego istnieje centralny sterownik mikrosieci oraz sterowniki lokalne (mikroźródła, zasobniki (magazyny) energii, sterowalne odbiory mocy). Natomiast, w trybie sterowania zdecentralizowanego „inteligentne” sterowniki lokalne (przy braku sterownika centralnego) powinny mieć zdolność do komunikowania się ze sobą.

Mikrosieci niskiego napięcia prądu stałego

Zasada pracy mikrosieci prądu stałego (DC) i jej struktura zostały opisane w wielu publikacjach m.in. w [1].

W przypadku mikrosieci DC mikroźródła (w zależności od ich rodzajów) są przyłączane do „szyny” DC za pośrednictwem przekształtników energoelektronicznych DC/DC lub DC/AC, zaś magazyny energii za pośrednictwem przekształtników DC/DC. Większość odbiorów jest przyłączanych za pomocą przekształtników DC/AC, niektóre zaś są przyłączane bezpośrednio lub za pomocą przekształtników DC/DC [1].

Hybrydowe mikrosieci AC/DC

Uważa się, że perspektywnymi rozwiązaniami w zakresie mikrosieci są hybrydowe mikrosieci AC/DC, które sprzyjają integracji infrastruktury DC z istniejącymi systemami AC [1]. Zastosowaniu przesyłu energii elektrycznej za pomocą technologii DC sprzyja wiele okoliczności, wymienionych m.in. w [1]. Okoliczności te przyczyniają się właśnie do powstawania hybrydowych mikrosystemów AC/DC, w których dwukierunkowe

konwertery sprzęgają ze sobą „szyny” AC i DC. Hybrydowe mikro sieci AC/DC są traktowane jako optymalne podejście systemowe, gdyż łączą one główne zalety mikro sieci AC i mikro sieci DC [1].

Wielonośnikowe mikro sieci energetyczne

Innym perspektywicznym rozwiązaniem w zakresie mikro sieci są wielonośnikowe mikro sieci energetyczne (WME). Są to rozwiązania zapewniające zintegrowaną dostawę na poziomie lokalnym energii elektrycznej, ciepła i chłodu [1]. Rozwiązania te mają sprzyjać minimalizacji kosztów zużycia wszystkich dostępnych nośników energii i pozwalać na uzyskanie znaczącego efektu synergii. Uważa się, że odpowiednie połączenie charakterystycznych cech różnych nośników energii może pozwolić na osiągnięcie znacznych korzyści technicznych i ekonomicznych [1]. WME, jako system lokalnej dostawy energii, obejmuje swoim zakresem: źródła, zasobniki i odbiory różnych postaci energii. Podstawowym elementem strukturalnym mikro sieci wielonośnikowej jest tzw. koncentrator energetyczny. Pełni on rolę interfejsu między infrastrukturą odnoszącą się do wytwarzania, rozdziału i zużycia poszczególnych nośników energii.

Dotychczasowe prace dotyczące mikro sieci w Zakładzie Sieci i Systemów Elektroenergetycznych PW

Przez ostatnich 18 lat w Zakładzie Sieci i Systemów Elektroenergetycznych Politechniki Warszawskiej (ZSiSE PW) zostało wykonanych dużo prac badawczych i publikacji dotyczących mikro sieci niskiego napięcia. W szczególności były to rozprawy doktorskie, projekty badawcze, monografie i rozdziały w monografiach, artykuły do czasopism i referaty na konferencje, a także prace dyplomowe. Warto podkreślić, że zdecydowana większość zrealizowanych prac dotyczyła mikro sieci niskiego napięcia prądu przemiennego. Tematyka hybrydowych mikro sieci AC/DC była i jest rozwijana przez Łukasza Rokickiego, zaś tematyka wielonośnikowych mikro sieci energetycznych była rozwijana głównie przez Jacka Wasilewskiego.

Autor niniejszego referatu był promotorem trzech rozpraw doktorskich dotyczących tematyki mikro sieci, a także kierownikiem dwóch zespołów realizujących projekty badawcze poświęcone tej tematyce. Pierwszy, krajowy projekt badawczy dotyczył analizy stanów pracy elektroenergetycznych sieci rozdzielczych niskich napięć z zainstalowanymi źródłami generacji rozproszonej (mikro sieci). Drugim wykonywanym projektem badawczym był projekt międzynarodowy o nazwie „Rural Intelligent Grid (RIGRID)” – nazwa polska „Inteligentne Sieci Elektroenergetyczne na obszarach wiejskich”. Projekt ten był realizowany w latach 2016 – 2018 przez międzynarodowe konsorcjum, którego liderem był Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF z Niemiec. Politechnika Warszawska – Instytut Elektroenergetyki była jednym z uczestników konsorcjum z Polski. Warto wspomnieć, że projekt RIGRID zdobył w 2019 roku nagrodę *Runner-up* (inaczej *Second Best*) w konkursie Award of Excellence organizowanym przez IGSAN (International Smart Grids Action Network).

Realizacja wymienionych projektów badawczych, jak również wcześniejsze i późniejsze prace badawcze dotyczące mikro sieci (wykonywane w ZSiSE PW) pozwoliły na powstanie dużej liczby publikacji: monografii i rozdziałów w monografiach, artykułów do czasopism i referatów na konferencje. Jeśli chodzi o artykuły do czasopism oraz referaty na konferencje o tematyce mikro sieci, to w latach 2004 – 2022 w ZSiSE PW zostało wykonanych około 25 takich publikacji, w większości ich autorem lub współautorem był autor niniejszego referatu, a także: Bartłomiej Arendarski, Dariusz Baczyński, Stephan Balischewski, Bartosz Fetiński, Piotr Helt, Piotr Kapler, Krzysztof Księżyk, Szczesny Kujczyk, Marcin Kuźma, Marek Maniecki, Jerzy Marzecki, Zbigniew Nahorski, Rafał Parol, Mariusz Piotrowski, Paweł Piotrowski, Michał Polecki, Łukasz Rokicki, Jacek Wasilewski, Christoph Wenge i Tomasz Wójtowicz.

W ZSiSE PW w latach 2009 – 2022 zostało też wykonanych ponad 15 prac dyplomowych inżynierskich oraz magisterskich, w których projektowane i analizowane były mikro sieci. Osobami kierującymi tymi pracami był autor niniejszego referatu oraz Łukasz Rokicki.

Mikro sieci – aktualne prace badawcze

Poniżej zostały zaprezentowane zagadnienia poruszane w latach 2019 – 2022 w artykułach opracowanych z dużym, bardzo dużym lub całkowitym udziałem pracowników ZSiSE PW:

- optymalne sterowanie pracą wiejskich mikro sieci niskiego napięcia,
- efektywne podejście do rozproszonego optymalnego sterowania pracą wiejskich mikro sieci niskiego napięcia,
- optymalne zarządzanie mocą i energią w mikro sieciach niskiego napięcia przy użyciu algorytmów ewolucyjnych i magazynowania energii,
- prognozowanie ultrakrótkoterminowe (10-sekundowe) zapotrzebowania na moc odbiorów o dużej zmienności poboru mocy dla potrzeb sterowania pracą mikro sieci,

- optymalizacja konfiguracji i stanów pracy hybrydowej mikro sieci niskiego napięcia AC/DC przy użyciu algorytmu selekcji klonalnej,
- zaawansowane metody prognostyczne dotyczące 5-minutowej generacji mocy w systemie PV dla potrzeb sterowania pracą mikro sieci.

Wyzwania na przyszłość i perspektywy rozwoju mikro sieci

Dla mikro sieci AC należałoby w szczególności zwrócić uwagę na takie zagadnienia, jak:

- praca wyspowa mikro sieci (w kontekście jakości energii, odbudowy struktury mikro sieci po wyeliminowaniu ewentualnych uszkodzeń w jej obrębie, działania układów automatyki zabezpieczeniowej oraz skuteczności ochrony przeciwporażeniowej);
- sterowanie pracą mikro sieci w warunkach rozproszonej struktury właścicielskiej;
- wybór właściwej strategii (trybu) sterowania pracą mikro sieci – sterowanie scentralizowane czy zdecentralizowane (rozproszone);
- budowa algorytmów i opracowanie na ich podstawie systemów informatycznych do zarządzania pracą mikro sieci w trybie rzeczywistym (obejmujących m.in. prognozowanie ultrakrótkoterminowe zapotrzebowania na moc, prognozowanie ultrakrótkoterminowe generacji mocy w OZE, optymalizację działania magazynów energii, optymalne zarządzanie pracą odbiorów sterowalnych);
- budowa specjalnych systemów zarządzania energią, pozwalających na optymalne sterowanie procesem ładowania i rozładowania akumulatorów zainstalowanych w samochodach elektrycznych.

W przypadku hybrydowych mikro sieci AC/DC należałoby się koncentrować głównie na poprawie działania algorytmów rozdziału obciążenia pomiędzy źródła przyłączone do „szyn” AC i DC systemu hybrydowego [1].

Należy przewidywać stosunkowo duże perspektywy rozwojowe dotyczące wielonośnikowych mikro sieci energetycznych. Perspektywy te wynikają m.in. z zapisów odpowiednich dokumentów prawnych, takich jak „Polityka Energetyczna Polski do roku 2040” czy „Polska strategia wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku”. W przypadku mikro sieci wielonośnikowych jest też kilka wyzwań związanych z ich pracą.

Analizując perspektywy rozwoju mikro sieci, należy również wspomnieć o możliwej współpracy i wieloaspektowych interakcjach zachodzących między mikro siecią i budynkami (domami), które określa się mianem inteligentnych. W budynkach tego typu jest dużo zaawansowanych systemów automatyki budynkowej oraz odpowiednie systemy zarządzania. Ponadto na poziomie budynków inteligentnych dochodzi do procesów integracji i zarządzania energią, z uwzględnieniem takich aspektów, jak generacja energii w OZE, magazynowanie energii, sterowanie poborem mocy przez odbiory sterowalne, ładowanie pojazdów elektrycznych itp. W kontekście możliwego rozwoju mikro sieci na terenach miejskich należy też powiedzieć o rozwijanej i upowszechnianej od co najmniej kilku lat koncepcji *Smart Cities*. Z kolei w przypadku obszarów wiejskich definiuje się koncepcję *Smart Villages*. Obydwie te koncepcje niewątpliwie będą kształtować przyszły obraz mikro sieci i wyznaczać możliwe perspektywy ich rozwoju.

LITERATURA

- [1] Parol M.: Mikro sieci - przyszłościowe struktury sieci dystrybucyjnych. *Przegląd Elektrotechniczny*, 92 (2016), Nr 8, 1-5
- [2] Baczyński D., Księżyk K., Parol M., Piotrowski P., Wasilewski J., Wójtowicz T.: *Mikro sieci niskiego napięcia. Praca zbiorowa pod redakcją Mirosława Parola*. Monografia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013

Nowoczesne układy napędowe dla zastosowań mobilnych i przemysłowych

Lech Grzesiak, Grzegorz Iwański, Arkadiusz Kaszewski, Marek Michalczuk, Bartłomiej Ufnalski

Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej

Słowa kluczowe: napęd elektryczny, węglík krzemu, azotek galu, ogniwa paliwowe, lekkie statki powietrzne, stery aerodynamiczne, silnik reluktancyjny przełączalny, redukcja tętnień momentu

Keywords: electric drives, silicon carbide, gallium nitride, fuel cell, light aircrafts, aerodynamic rudders, switched reluctance motor, torque oscillations cancellation

Streszczenie

Napęd elektryczny jest obszarem elektrotechniki integrującym zagadnienia maszyn elektrycznych, energoelektroniki, sterowania, techniki mikroprocesorowej, i w pewnych aspektach również informatyki przemysłowej. Ten rodzaj napędu w wielu przypadkach zastąpił napęd parowy, spalinowy, hydrauliczny czy pneumatyczny. W zasadzie tylko napęd rakietowy ze względu na swoją specyfikę nie znalazł elektrycznego odpowiednika.

Energoelektroniczne regulowane układy napędowe rozwijane są od lat 60 XX wieku. W latach '80 po erze układów tyrystorowych do przemysłu wprowadzono regulowane napędy tranzystorowe sterowane techniką modulacji szerokości impulsów. Układy te znalazły szereg zastosowań takich jak regulowane energooszczędne napędy maszyn przepływowych (np. pompy, wentylatory, sprężarki), napędy maszyn wyciągowych i transportujących (dźwigi, taśmociągi, suwnice), napędy precyzyjne w układach automatyki przemysłowej i obrabiarkach, napędy pojazdów szynowych, a w ostatnim czasie również samochodowych. Hamowanie odzyskowe napędów elektrycznych o regulowanej prędkości znalazło również zastosowanie w wytwarzaniu energii elektrycznej ze źródeł niekonwencjonalnych (turbiny wodne i wiatrowe, spalinowe zespoły prądotwórcze).

Dzięki zastosowaniu układów energoelektronicznych stało się możliwe sterowanie maszyn elektrycznych o konstrukcjach nietypowych, których zasilanie za pomocą nieregulowanych źródeł zasilania jest albo niemożliwe, albo bardzo kłopotliwe i niepraktyczne. Ponadto, szybkie cyfrowe układy sterowania oparte na mikroprocesorach lub układach swobodnie programowalnych pozwalają na niemal dowolne kształtowanie odpowiedzi, odporność na zakłócenia, oraz wysoką jakość momentu elektromagnetycznego rozumianą jako redukcja tętnień momentu spowodowanych bądź to konstrukcją samej maszyny elektrycznej, bądź to innymi zjawiskami jak np. wpływem asymetrii i harmonicznych napięcia sieci przy pracy generatorowej maszyn podłączonych do sieci.

Referat prezentuje wyniki wybranych prac badawczych realizowanych w Zakładzie Napędu Elektrycznego. Wybrane zostały zagadnienia przedstawiające rozwiązania napędów elektrycznych, stanowiących rozszerzenie głównego nurtu zastosowań. Celem takiego wyboru zagadnień jest pokazanie, że zarówno w obszarze zastosowań jak i rozwiązań napęd elektryczny jest wciąż rozwijającym się obszarem, który wpływa pośrednio również na rozwój innych obszarów techniki. Referat prezentuje wyniki zakończonych w ostatnim czasie projektów badawczych:

1. „Napęd hybrydowy lekkiego statku powietrznego wykorzystujący ogniwa paliwowe” finansowany przez NCBiR, numer PBS3/A6/24/2015, termin realizacji 2015-2019
2. „Opracowanie projektu układu napędowego dla serwomechanizmu sterów aerodynamicznych”, realizowany na zlecenie firmy Mesco S.A., termin realizacji 2017-2018.
3. „Technologie materiałów półprzewodnikowych dla elektroniki dużych mocy i wysokich częstotliwości – WidePOWER”, finansowany przez NCBiR, numer TECHMATSTRATEG1/346922/NCBR/2017, termin realizacji 2017-2021

Układy niecałkowitego zmiennego rzędu - teoria i wybrane zastosowania

Dominik Sierociuk

Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej, Politechnika Warszawska
Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, dominik.sierociuk@pw.edu.pl

Słowa kluczowe: rachunek różniczkowy niecałkowitego rzędu, operatory niecałkowitego zmiennego rzędu
Keywords: fractional calculus, fractional variable-order calculus

Streszczenie

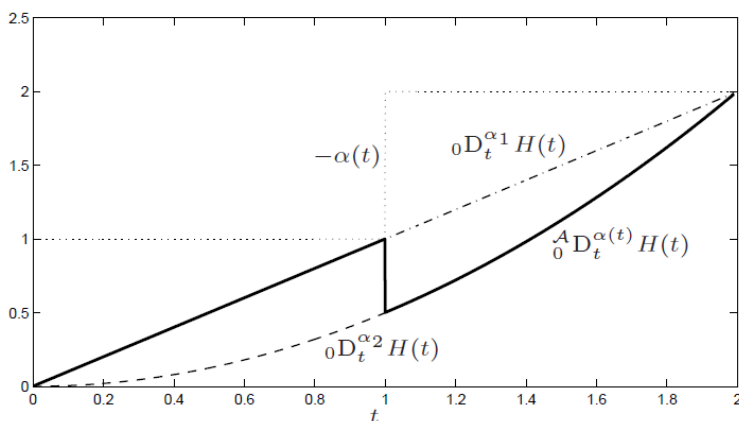
Rachunek różniczkowy niecałkowitego rzędu jest naturalnym rozszerzeniem tradycyjnego rachunku całkowitego i różniczkowego na przypadek, gdy rząd całki i pochodnej może występować w rządach niecałkowitych (ułamkowych). Bardzo dobrym przykładem intuicyjnego zobrazowania pochodnej niecałkowitego rzędu jest proces transportu ciepła, który może być opisany tradycyjnym równaniem dyfuzji:

$$\frac{\partial^2}{\partial \lambda^2} T(t, \lambda) = a^2 \frac{\partial}{\partial t} T(t, \lambda)$$

W rozwiązaniu typowego problemu jednostronnego ogrzewania jednolitego pręta możemy zauważyć relację pomiędzy temperaturą w danym punkcie pręta, a strumieniem cieplnym w tymże punkcie, która wyrażona w dziedzinie operatora Laplace'a zawiera czynnik $\sqrt{s}$, który w dziedzinie czasu możemy interpretować jako pochodną rzędu 0.5. Dla przypadków, gdy materiał ogrzewanego ośrodka jest niejednorodny, jak to pokazaliśmy w naszych pracach, rząd pochodnej będzie różny od 0.5.

Gdy struktura układu będzie się zmieniała w czasie, możemy mieć do czynienia ze zmiennym w czasie rzędem układu. Opis rachunku różniczkowego niecałkowitego zmiennego rzędu jest znacznie bardziej złożony niż w przypadku stałego rzędu. Możemy wyróżnić kilka sposobów zmiany rzędu, które będą opisywane różnymi formułami matematycznymi (definicjami). Dla przykładu Definicja typu A dana jest poniższą relacją, a przykładowy wynik na Rysunku 1.

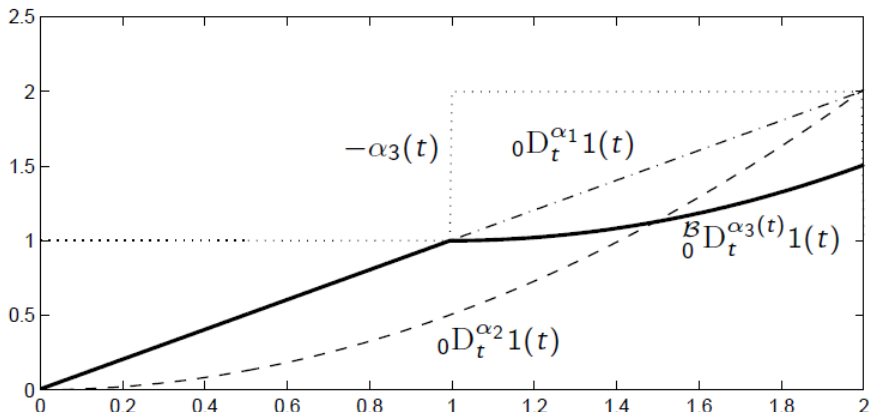
$${}_0^A D_t^{\alpha(t)} f(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h^{\alpha(t)}} \sum_{r=0}^n (-1)^r \binom{\alpha(t)}{r} f(t - rh).$$



Rysunek 1 Pochodna zmiennego rzędu skoku jednostkowego według definicji A

Natomiast Definicja typu B dana jest następującą relacją, a przykładowy wynik na Rysunku 2.

$${}_0^B D_t^{\alpha(t)} f(t) = \lim_{h \rightarrow 0} \sum_{r=0}^n \frac{(-1)^r}{h^{\alpha(t-rh)}} \binom{\alpha(t-rh)}{r} f(t-rh).$$



Rysunek 2 Pochodna zmiennego rzędu skoku jednostkowego według definicji B

Jak można na Rysunkach 1 i 2 zauważyć wyniki otrzymane dla tej samej zmiany rzędu dla różnych definicji różnią się znacząco.

W prezentacji będą przedstawione podstawowe sześć sposobów zmiany rzędu wraz z odpowiadającymi im definicjami. Omówione zostaną także podstawowe własności tych definicji w tym własności dualności pomiędzy definicjami iteracyjnymi i rekurencyjnymi.

Następnie pokazane zostaną przykłady zastosowań operatorów niecałkowitego zmiennego rzędu do modelowania procesu nagrzewania medium o zmiennej strukturze. Jako przykładowe medium o zmiennej strukturze zostanie pokazana płytka ze zmieniającą się wielkością otworów. Otrzymane w symulacji typu elementów skończonych zostaną porównane z wynikami symulacji numerycznych otrzymanymi z użycie różnych typów definicji operatorów niecałkowitego zmiennego rzędu. Otrzymane wyniki pozwolą na określenie odpowiedniego typu przełączania rzędu odpowiadającego temu sposobowi zmiany struktury układu. Zostanie także przedstawione zastosowanie operatorów niecałkowitego zmiennego rzędu do budowy algorytmów sterowania przeciwdziałającemu niekorzystnemu zjawisku Windup'u.

Aparaty Elektryczne i Automatyka Zabezpieceniowa w Politechnice Warszawskiej: wczoraj, dziś i jutro

Ryszard Kowalik, Marcin Januszewski, Marcin Szewczyk¹

(1) Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, Instytut Elektroenergetyki

Słowa kluczowe: aparaty elektryczne, automatyka zabezpieczeniowa, łączniki, rozdzielnice

Keywords: electrical apparatus, protection system, switching devices, switchgear

Aktualnie funkcjonujący Zakład Aparatów i Automatyki Elektroenergetycznej (ZAiAE) powstał z Zakładu Automatyki Elektroenergetycznej (ZAE) po dołączeniu Zespołu Aparatów Elektrycznych (ZA).

Historia Automatyki Elektroenergetycznej jako jednostki organizacyjnej Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej sięga 1953 r., kiedy to na Wydziale Elektrycznym w Katedrze Elektrowni powstaje Zespół Automatyki Zabezpieceniowej oraz utworzony zostaje specjalizacja dyplomowania Zabezpieczenia Elektroenergetyczne. W 1962 r. Zespół zostaje przeniesiony do Katedry Sieci i Układów Elektroenergetycznych, gdzie w 1963 r. zostaje przekształcony w Zakład Zabezpieczeń i Automatyki Elektroenergetycznej pod kierunkiem prof. Józefa Żydanowicza. Następuje rozwój bazy laboratoryjnej w oparciu o zabezpieczenia elektromechaniczne. W 1970 r. z polecenia władz następuje restrukturyzacja Wydziału Elektrycznego polegająca na likwidacji katedr i powołaniu pięciu instytutów w tym Instytutu Elektroenergetyki. Zakład Zabezpieczeń i Automatyki zostaje przekształcony w zespół w Zakładzie Sieci i Systemów Elektroenergetycznych wchodzący w skład Instytutu Elektroenergetyki. W 1979 r. z inicjatywy doc. Mariana Namiotkiewicza zespół ten zostaje przekształcony w Zakład Elektroenergetycznej Automatyki Zabezpieceniowej (ZEAZ). Powstaje Laboratorium Problemowe Elektroenergetycznej Automatyki Zabezpieceniowej oparte technice półprzewodnikowej. W 1989 r. na stanowisko kierownika zakładu powołany zostaje doc. Jan Machowski (profesor od 1994 r.). Rozpoczyna się tworzenie Laboratorium Cyfrowej Automatyki Zabezpieceniowej. W latach 2000-2007 powstają nowe laboratoria: Laboratorium Teletechniki oraz Laboratorium Techniki Mikroprocesorowej. W 2001 r. z inicjatywy prof. J. Machowskiego nazwa Zakładu EAZ zostaje zmieniona na Zakład Automatyki Elektroenergetycznej (ZAE). W 2008 r. na stanowisko kierownika zakładu zostaje powołany dr hab. inż. Desire Rasolomampionona (profesor PW od 2010 r.), zaś prof. dr hab. inż. J. Machowski pełni funkcję Dyrektora Instytutu Elektroenergetyki. Aktualnie od 2021 r. kierownikiem Zakładu AiAE jest dr hab. Ryszard Kowalik prof. PW.

Historia Aparatów Elektrycznych jako jednostki organizacyjnej Wydziału Elektrycznego sięga 1951 r., gdy powstała Katedra Przyrządów Rozdzielczych z prof. J. Kryńskim na czele, twórcy warszawskiej szkoły naukowej aparatów elektrycznych i wychowawcy swoich godnych następców w osobach doc. A. Au, prof. K. Auleytnera, prof. Z. Cioka, prof. J. Maksymiuka, których był promotorem prac doktorskich. Przemianowano ją w 1961 r. w Katedrę Aparatów Elektrycznych, a dalsze jej losy związane były z Instytutem Wysokich Napięć utworzonym z polecenia władz w 1970 r. z połączenia jeszcze dwóch innych Katedr: Wysokich Napięć i Materiałoznawstwa Elektrycznego - kierowanym przez prof. Z. Cioka (1970-1984) i (1987-1990) oraz prof. J. Maksymiuka (1984-1987). W następnych latach nazwa uległa zmianie na Instytut Wielkich Mocy i Wysokich Napięć pod dyktando prof. Z. Cioka (1990-2000). W 2003 r. instytut został przekształcony w Katedrę WM i WN pod kierownictwem prof. H. Rawy (2003-2011).

W wyniku restrukturyzacji Wydziału Elektrycznego w 2012 r. i likwidacji Katedry WM i WN Zespół Aparatów Elektrycznych zostaje dołączony do Zakładu Automatyki Elektroenergetycznej. Nazwa zakładu zostaje zmieniona na Zakład Aparatów i Automatyki Elektroenergetycznej (ZAiAE).

Zakład Aparatów Elektrycznych i Automatyki Zabezpieceniowej (ZAiAE) działa w ramach Wydziału Elektrycznego PW w Instytucie Elektroenergetyki. Od początku istnienia (początkowo zespołu i później zakładu) pracownicy wykonywane były liczne prace badawcze i ekspertyzy na rzecz elektroenergetyki. Od 1996 r. zakład jest producentem systemów zdalnego dostępu do

urządzeń automatyki stacji elektroenergetycznych nazywanego również łączem inżynierskim. Zespół opracował kilka generacji urządzeń systemu, a ostatnia jego wersja jest wyposażona w funkcje cyberbezpieczeństwa i posiada akceptację do stosowania w stacjach PSE S.A. W Polsce użytkowane jest około 60 systemów zdalnego nadzoru zabezpieczeń opracowanych, wykonanych i serwisowanych przez zespół. W ramach realizowanych prac badawczych wymienić można: opracowanie systemów zdalnego dostępu oraz wymagań dotyczących urządzeń automatyki elektroenergetycznej stosowanych w stacjach przesyłowych PSE S.A., testowanie terminali zabezpieczeniowych, testowanie urządzeń telekomunikacyjnych wykorzystywanych w elektroenergetyce, testowanie systemów sterowania oraz używanych w nich urządzeń dla takich firm jak PSE S.A., ZPrAE Sp. z o.o., Computers & Control Sp. z o.o., GE, Schneider Electric, Elektrometal-Energetyka S.A., Elester - PKP Sp. z o.o. Zespół uczestniczył również w opracowaniu nieinwazyjnego systemu monitorowania i analizy zużycia energii elektrycznej w obszarze użytkowania końcowego. Opracował koncepcję techniczno-organizacyjną funkcjonowania mikrosieci GK PGE, Miastkowo, Polska Grupa Energetyczna PGE S.A. Konfiguracja łącza inżynierskiego na stacji EE przy użyciu opracowanego oprogramowania została wdrożona platformie sprzętowej Innogy STOEN Operator sp. z o.o. Zespół jest również dostawcą usług badawczych m.in. nad zabezpieczeniami różnicowymi dedykowanymi dla linii SN. W zakresie Aparatów Elektrycznych wykonywane są badania rozdzielnic nN i SN (testy konstruktorskie), testowanie aparatury rozdzielczej w tym wyłączników nN i SN, wykonywanie ekspertyz i opinii technicznych poawaryjnych dla instalacji elektrycznych nN, SN i WN, prace rozwojowe w obszarze oprogramowania BIM dotyczące różnego rodzaju instalacji budowlanych, opracowanie urządzeń elektroenergetycznych (generatorów, inwerterów) pracujących w systemach OZE.

Laboratorium EAZ wyposażone jest w najnowocześniejsze testery mikroprocesorowe, aplikacje symulacyjnych pozwalających na odwzorowanie stanów zakłóceńowych, zabezpieczenia elektroenergetyczne dedykowane do ochrony wszystkich elementów systemu elektroenergetycznego, urządzenia oraz narzędzia do budowy cyfrowych stacji elektroenergetycznych IEC61850. Laboratorium TELETECHNIKI wyposażone jest w urządzenia telekomunikacyjne pozwalające na odwzorowanie układów telekomunikacyjnych wykorzystywanych w stacjach elektroenergetycznych, zegary czasu rzeczywistego o dużej dokładności, symulatory protokołów komunikacyjnych oraz ich analizatory. Laboratorium IEC61850 wyposażone jest w urządzenia wykorzystywane w cyfrowych stacjach elektroenergetycznych pozwalających na realizację układów wykorzystujących standard IEC61850, zegary czasu rzeczywistego (GPS) wspierających protokoły PTP, IRIG -B, SNTP, PPS, urządzenia MU, urządzenia zabezpieczeniowe dopasowane do rozwiązań cyfrowych stacji. Laboratorium APARATÓW ELEKTRYCZNYCH I PROCESÓW ŁĄCZENIOWYCH wyposażone jest w źródła wieloprądowe o obciążalności ciągłej do 10 kA, układ zwarciaowy bezpośredni o prądzie szczytowym do 100 kA oraz układ pośredni syntetyczny do prób zdolności łączeniowej wyłączników SN o prądzie szczytowym do 63 kA i składowej podstawowej napięcia powrotnego do 32 kV, oprogramowanie symulacyjne pozwalające na odwzorowanie procesów łączeniowych i zjawisk fizycznych istotnych dla pracy aparatów elektrycznych, m.in. PSCAD/EMTDC, EMTD-ATP, Matlab/Simulink.

Zastosowanie sztucznej inteligencji w medycynie

Żaneta Świdarska-Chadań

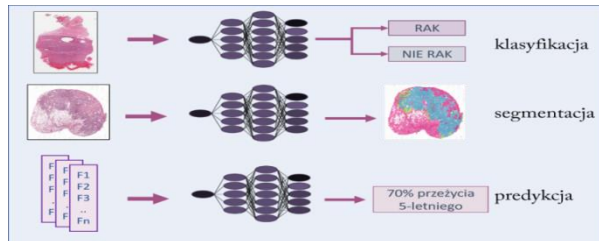
Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, analiza obrazów, analiza danych medycznych

Keywords: artificial intelligence, image analysis, medical data analysis

W ostatnich latach obserwujemy dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji (SI), w tym głębokich sieci neuronowych. Przyczyniło się to do powstania wielu nowych rozwiązań związanych z samo jeżdżącymi pojazdami [1], monitorowaniem ruchu drogowego [2], rekonstrukcją danych [3,4,5], rozwojem asystentów głosowych [6,7] czy też medycyną [8,9,10]. Bez problemu jesteśmy w stanie znaleźć wiele przykładów z otaczającej nas rzeczywistości, gdzie zastosowano algorytmy oparte na sztucznej inteligencji.

W obrębie metod sztucznej inteligencji wyróżniamy sztuczne sieci neuronowe (SN), które są strukturami wykorzystywanymi w zadaniach klasyfikacji, segmentacji czy też predykcji (rysunek 1). Ich działanie i struktura są inspirowane biologicznymi sieciami neuronowymi. Perfekcyjne rozwiązania obserwowane w naturze, w tym przypadku sposób przesyłania informacji pomiędzy neuronami i kryterium podejmowania działania, stanowią inspirację dla sztucznych sieci neuronowych. Wzrost siły obliczeniowej przyczynił się do dynamicznego rozwoju szczególnej grupy sieci neuronowej, jaką są konwolucyjne głębokie sieci neuronowe (CNN). Ich cechą charakterystyczną jest pełnienie jednocześnie funkcji generatora cech diagnostycznych dla analizowanego procesu oraz finalnego klasyfikatora bądź układu regresyjnego. Oznacza to, że sieci CNN same wykrywają istotne wzorce, które są klasyfikowane do odpowiednich klas. Początkowe warstwy sieci odpowiadają za wykrywanie cechy ogólnych, takich jak krawędzie, natomiast warstwy głębokie pozwalają na wykrycie cechy o wysokim stopniu abstrakcji, które mogą nie być widoczne „gołym okiem” [11]. Otwiera to nowe możliwości w dziedzinie analizy danych, w tym danych obrazowych i detekcji skomplikowanych wzorców, pozwalający tym samym „zobaczyć” więcej.



Rys. 1 Przykłady zastosowania głębokich sieci neuronowych do analizy danych medycznych

Diagnostyka medyczna jest jednym z obszarów, w którym dynamiczny rozwój SI, widzenia komputerowego oraz wzrost możliwości obliczeniowych przyczyniły się do znacznego postępu związanego z opracowaniem licznych systemów wspierających diagnozę [9,10,12]. W tym momencie może pojawić się pytanie dotyczące celowości i zasadności opracowywania takich systemów. Warto zwrócić uwagę, na liczbę lekarzy specjalistów, która jest ograniczona. Jednocześnie nasze społeczeństwo jest społeczeństwem starzejącym się, co w połączeniu ze wzrostem liczby zachorowań na choroby cywilizacyjne przekłada się na wzrost liczby wykonywanych badań. Prowadzi to do przepracowania ekspertów oraz wydłużenie czasu diagnozy. Są to problemy występujące na całym świecie. Wyjątkowo długi oraz kosztowny proces kształcenia lekarzy specjalistów uniemożliwia łatwe ich rozwiązanie. Zastosowanie systemów wspierających diagnostykę medyczną pozwala na jej usprawnienie poprzez wsparcie ekspertów w ich codziennej pracy. Algorytmy oparte o sieci neuronowe (SN) stosowane są do analizy obrazowych danych medycznych, takich jak dane rentgenowskie, rezonans magnetyczny czy cyfrowa patologia (digitalna pathology). Co ważne, ostateczna diagnoza jest zawsze po stronie lekarza a rolą systemów jest wspieranie diagnostyki poprzez wskazanie regionów zainteresowania (np. obszarów nowotworowych), lokalizacji określonych struktur (np. komórek w fazie mitozy) czy też

uwidocznienie obszarów zawierających zmiany (rysunek 1). Celem jest usprawnienie procesów diagnozy, nie zastąpienie lekarzy.

Wśród licznych algorytmów wspierających diagnostykę medyczną można wyróżnić algorytm do detekcji i gradacji raka prostaty. Rak prostaty jest wykrywany rokrocznie u około 16 tysięcy Polaków. W celu uzyskania informacji o stopniu jego zaawansowania konieczne jest wykonanie oceny preparatu histologicznego. Jest to żmudne badanie wymagające dużego doświadczenia. Zastosowanie algorytmów wspierających ten proces pozwala na usprawnienie diagnozy oraz zwiększenie powtarzalności wyników [13,14].

Rozwój konwulucyjnych sieci neuronowych pozwala sięgać dalej w celu wykrycia wzorców niewidocznych gołym okiem oraz pozwala na formułowanie i rozwiązywanie nowych problemów badawczych poszerzając tym samym naszą wiedzę o chorobach i ich rozwoju. Przykładem tego jest zastosowanie CNN do wykrywania występowania mutacji genetycznej MYC+ na podstawie analizy obrazów histopatologicznych barwionych HE [15]. Barwienie HE jest podstawową i taną metodą stosowaną w histologii, która pozwala na uwidocznienie struktur tkanki. Obecnie stosowaną metodą do wykrycia mutacji MYC+ jest badanie FISH (fluorescence in situ hybridization), które nie jest powszechnie dostępne, jest kosztowne i konieczne jest jego zlecenie (zazwyczaj do zewnętrznych laboratoriów), co powoduje wydłużenie czasu oczekiwania na wynik. Algorytmy wykorzystujący CNN [15] pozwalają na określenie występowania mutacji MYC+ na podstawie analizy skanu preparatu histopatologicznego. Zastosowanie tego typu algorytmu jako szybkie i tanie wstępne badanie przesiewowe, mogłoby być podstawą do warunkowania wykonania drogich i skomplikowanych testów genetycznych FISH, tym samym pozwalając na usprawnienie diagnozy oraz obniżenie jej kosztu.

Systemy wykorzystujące sztuczną inteligencję stanowią nieodłączny element rozwoju nowoczesnej medycyny pozwalając na rozwiązywanie zadań, które do teraz nie były rozwiązywalne, przeprowadzenie nowych badań poszerzających naszą wiedzę o chorobach i ich przebiegu oraz na wsparcie pracy ekspertów poprzez automatyzację procesów oceny. Dzięki temu korzyści wynikające z rozwoju technologii znajdują swoje odzwierciedlenie we wsparciu medycyny, przynosząc tym samym korzyści dla pacjentów.

spis literatury

- [1] Rao, Qing, and Jelena Frtunikj. "Deep learning for self-driving cars: Chances and challenges." Proceedings of the 1st International Workshop on Software Engineering for AI in Autonomous Systems. 2018.
- [2] Zhang, Xu, et al. "Intelligent Video Ingestion for Real-time Traffic Monitoring." ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN) (2022).
- [3] Wang, Ge, Jong Chul Ye, and Bruno De Man. "Deep learning for tomographic image reconstruction." Nature Machine Intelligence 2.12 (2020): 737-748.
- [4] de Haan, Kevin, et al. "Deep-learning-based image reconstruction and enhancement in optical microscopy." Proceedings of the IEEE 108.1 (2019): 30-50.
- [5] Yu, Jiaxu, and Bangyu Wu. "Attention and hybrid loss guided deep learning for consecutively missing seismic data reconstruction." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 60 (2021): 1-8.
- [6] Sarala, S. M., DH Sharath Yadav, and Asadullah Ansari. "Emotionally adaptive driver voice alert system for advanced driver assistance system (ADAS) applications." 2018 International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT). IEEE, 2018.
- [7] Lokitha, T., et al. "Smart Voice Assistance for Speech disabled and Paralyzed People." 2022 International Conference on ComputerCommunication and Informatics (ICCCI). IEEE, 2022.
- [8] Haenlein, Michael, and Andreas Kaplan. "A brief history of artificial intelligence: On the past, present, and future of artificial intelligence." California management review 61.4 (2019): 5-14.
- [9] Litjens, Geert, et al. "A survey on deep learning in medical image analysis." Medical image analysis 42 (2017): 60-88.
- [10] Litjens, Geert, et al. "Deep learning as a tool for increased accuracy and efficiency of histopathological diagnosis." Scientificreports 6.1 (2016): 1-11.
- [11] LeCun, Yann, YoshuaBengio, and Geoffrey Hinton. "Deep learning." nature 521.7553 (2015): 436-444.
- [12] Min, Seonwoo, Byunghan Lee, and Sungroh Yoon. "Deep learning in bioinformatics." Briefings in bioinformatics 18.5 (2017): 851-869.
- [13] Bulten, Wouter, et al. "Artificial intelligence assistance significantly improves Gleason grading of prostate biopsies by pathologists." Modern Pathology 34.3 (2021): 660-671.
- [14] Bulten, Wouter, et al. "Artificial intelligence for diagnosis and Gleason grading of prostate cancer: the PANDA challenge." Nature medicine (2022): 1-10.
- [15] Swiderska-Chadaj, Z., Hebda, K. M., van den Brand, M., Litjens, G.: „Artificial intelligence to detect MYC translocation in slides of diffuse large B-cell lymphoma", VirchowsArchiv, 2020, 1-5, DOI: 10.1007/s00428-020-02931-4

Wieloetapowe zadanie analityczno-projektowe związane z określeniem kryteriów porównawczych oraz propozycją projektu nowatorskich urządzeń oświetleniowych LED

Sebastian Słomiński

Politechnika Warszawska Instytut Elektroenergetyki, sebastian.slominski@pw.edu.pl

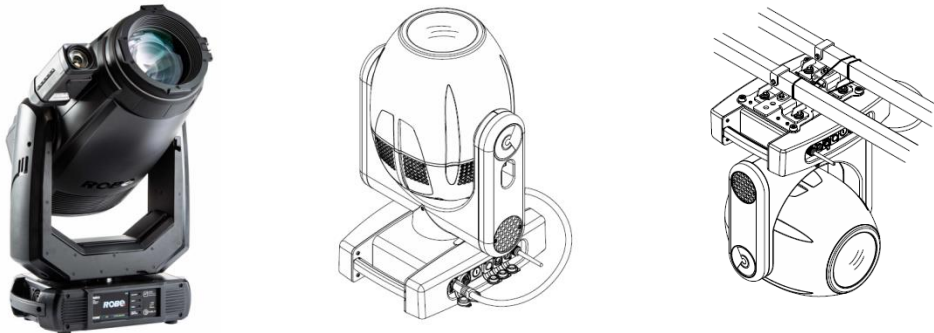
Słowa kluczowe: technika świetlna, oświetlenie LED, ruchome głowy, układy optyczne LED

Keywords: lighting technology, LED lighting, moving heads, LED optics

Rynek szeroko rozumianego oświetlenia efektowego, w obszarze studyjnym, teatralnym oraz architektonicznym charakteryzuje się ogromną różnorodnością stosowanych rozwiązań technicznych. Urządzenia wykorzystywane we wspomnianych obszarach nie są konstrukcyjnie ustandaryzowane i pochodzą od wielu różnych producentów rozsianych po całym świecie. W następstwie tego urządzenia te znacznie różnią się pod względem: zastosowanych rozwiązań technicznych, jakości wykonania czy standaryzacji wynikającej z rodzimego rynku. Specyfika zastosowań powoduje, iż zarówno użytkownicy jak i firmy projektujące systemy oświetleniowe na potrzeby oświetlenia efektowego poruszają się daleko od techniki świetlnej w ujęciu technicznym, koncentrując się na walorach artystycznych. Nie zmienia to faktu, iż wymagania, oczekiwania rynku oraz trendy na polu oświetlenia efektowego są w pełni zbieżne z wymaganiami, oczekiwaniami i trendami w dziedzinie nowoczesnej techniki świetlnej. Porównanie szerokiego spektrum urządzeń, w którym pozornie takie same urządzenia oświetleniowe mają diametralnie inne zastosowanie, jest bez wprowadzenia koniecznej ogólnej standaryzacji i opracowania nowatorskich metod pomiarowych oraz sterujących, bardzo trudne i daje ogromne pole do nadużyć. Później niemal identyczne oprawy oświetleniowe typu „ruchoma głowa” (rys. 1), mogą służyć wyłącznie do wytwarzania tzw. „efektów atmosferycznych” – typ „beam”, w których jakość światła opuszczającego oprawę ma drugorzędne znaczenie. Podstawą jest jak największa wartość strumienia świetlnego wysyłanego w ekstremalnie małym kącie bryłowym, wynoszącym 1,5 – 3 stopni. Światłości często przekraczają 2.000.000 cd (dla porównania maksymalna światłość reflektora samochodowego, realizującego światło mijania to ok. 50.000 cd). Skrajnie różną dziedzinę opraw w stosunku do „beam” reprezentują urządzenia wyglądające niemal identycznie, jednak realizujące potrzeby oświetlenia ludzi i kluczowych elementów scenograficznych w telewizji i studiach filmowych. Są to urządzenia typu „Profil”. W przypadku tych rozwiązań, jakość światła docierającego do oświetlanych osób lub elementów scenografii musi być perfekcyjna. Zarówno takie parametry jak równomierność luminancji oraz barwy w obrębie plamy świetlnej, brak przebarwień na krawędzi plamy świetlnej wynikających z jakości projektowanej optyki oraz wskaźnik oddawania barw CRI, znacznie przekraczający 90, muszą być na najwyższym poziomie. Aspekty te rodzą poważne skutki dla użytkowników, którzy nie mając świadomości oraz rzetelnych źródeł wiedzy, często pozyskują urządzenia słabej jakości, nie spełniające żadnych norm, kierując się tylko ceną oraz wybiórczą deklaracją dostawcy. Deklaracją, której w żaden sposób nie można zweryfikować ze stanem faktycznym, ponieważ brak jest zarówno ustandaryzowanych procedur pomiarowych jak i niezależnych ośrodków które mogłyby je przeprowadzić. Istniejące normy oraz przepisy w przeważającej mierze dotyczą standardowych opraw oświetleniowych i sprowadzają się w zasadzie wyłącznie do weryfikacji parametrów oświetleniowych, które są wypadkowymi brył fotometrycznych opraw oświetleniowych. Postępowanie takie ma swoje uzasadnienie w czystej technice oświetlania, niestety biorąc pod uwagę skomplikowaną naturę techniki świetlnej i techniki multimedialnej, istniejące metody pomiarowo-kontrolne są dalece niewystarczające. Należy podkreślić, iż sami wiodący na świecie producenci nie potrafili jednoznacznie zdefiniować podstawowych parametrów, takich jak strumień świetlny, podając w karcie katalogowej jednego urządzenia 3 różniące się nawet o 30% wartości. Wartość strumienia świetlnego, mierzona w kuli całkującej, policzona z bryły fotometrycznej i szacowana na podstawie wartości strumienia świetlnego samych źródeł światła i projektowej wartości sprawności układu optycznego. Należy zwrócić uwagę, iż żadna z tych wartości nie pozwala na wyciągnięcie obiektywnych wniosków dotyczących możliwości oświetleniowych konkretnego urządzenia.

Przejęcie dominujących rozwiązań, opartych o halogenowe i wyładowcze źródła światła na nowoczesne diody elektroluminescencyjne(LED), spowodowało dodatkowe komplikacje. Te ostatnie nie

zastąpiły bezpośrednio swoich poprzedników z powodu zupełnie innej charakterystyki widmowej, wielkości i specyfiki źródła światła, rozkładów luminancji, odpowiadających za generowanie bryły fotometrycznej, innego sposobu wytwarzania ciepła jak i zachowania podczas regulacji strumienia świetlnego (ściemniania). Źródła LED nazywane są silnikami (ang. Engine) z tego powodu, że jedno źródło LED zastosowane w urządzeniach efektowych z reguły składa się z wielu pojedynczych źródeł światła i dodatkowej pierwotnej optyki. Tak skomplikowane układy, w zależności od zastosowanych komponentów, użytych rozwiązań technicznych oraz chwilowych parametrówysterowania prądowego, a nawet w zależności od ustawionej rozbieżności wiązki świetlnej, mają zupełnie inne wartości wyjściowego strumienia świetlnego.



Rys. 1. Budowa typowych konstrukcji opraw oświetleniowych typu „ruchoma głowa”

Podstawowe cele badań realizowanych w ramach projektu z podziałem na etapy:

- Analiza rynkowa urządzeń według starych kategorii
- porównanie charakterystyk urządzeń Led z urządzeniami poprzedniej generacji
- zaproponowanie nowego podziału zgodnego z funkcjonalnością urządzeń opartych na źródłach LED i obecnych standardach technologicznych
- określenie potrzeb użytkowników i sprecyzowanie parametrów pomiarowych,
- opracowanie metod pomiarowych, sposobu ich wykonywania, prezentacji i porównania
- opracowanie nowatorskich metod katalogowania wyników pomiarów

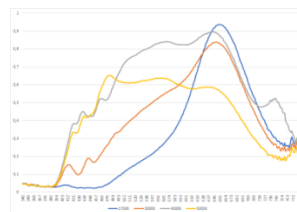
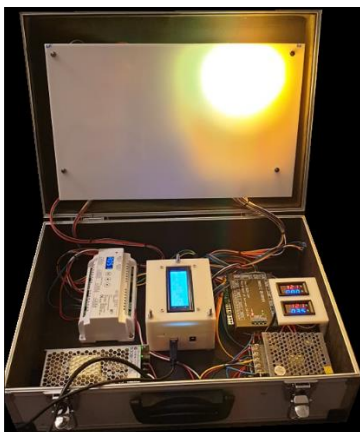
Na podstawie wykonanych prac zostały zrealizowane dwa główne projekty, związane z usprawnieniem istniejących urządzeń.

- Zoptymalizowanie źródła LED w celu jak najwierniejszym odwzorowania charakterystyki źródeł halogenowych z uwzględnieniem zmiany temperatury barwowej w czasie ściemniania, a w szczególności zapewnienie możliwie jak najwyższego wskaźnika oddawania barwy
- Wykorzystanie modelowania optyki do symulacji urządzeń symetrycznych i asymetrycznych w celu równomiernego oświetlania powierzchni z jak najmniejszej odległości

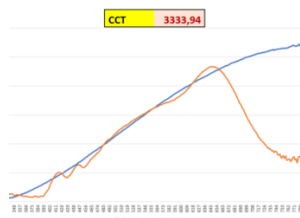
W ramach realizacji zadania: „Zoptymalizowanie źródła LED w celu jak najwierniejszym odwzorowania charakterystyki źródeł halogenowych z uwzględnieniem zmiany temperatury barwowej w czasie ściemniania, a w szczególności zapewnienie możliwie jak najwyższego wskaźnika oddawania barwy” zbudowano demonstrator (rys. 2a), składający się z wydzielonych 5 sekcji wielobarwnych LED DMX. Na potrzeby sterowania opracowano autorski oprogramowanie i system sterowania oparty na mikrokontrolerze ATmega328. Oprogramowanie umożliwiło niezależne kontrolowanie każdej barwy znajdującej się w ramach danej sekcji z precyzją 8 lub 16 bitów. Dzięki temu możliwe jest optymalizacyjne odwzorowanie dowolnego rozkładu widmowego w zakresie 380-780nm. W ten sposób opracowano LED-owe wielobarwne moduły symulacji zmian temperatury barwowej żarówki halogenowej w funkcji temperatury żarnika. Jeden ze zrealizowanych wariantów z uzyskanym oraz docelowym rozkładem widmowym przedstawiono na rysunku 2c.

a)

b)



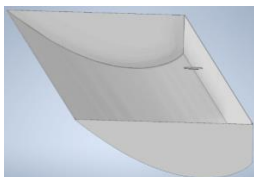
c)



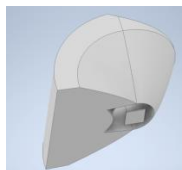
Rys. 2. Budowa demonstratora z uruchomioną sekcją 1 (a) / Rozkłady widmowe diod wielobarwnych dla kanałów DMX 57-60 (b) / Wynik optymalizacji sekcji DMX 57 – 60. CT = 3311K (c)

W ramach realizacji zadania: „Wykorzystanie modelowania optyki do symulacji urządzeń symetrycznych i asymetrycznych w celu równomiernego oświetlenia powierzchni z jak najmniejszej odległości” zrealizowano 4 projekty optyczne. Ostatecznie wykorzystano 2 warianty zgodne z przyjętymi założeniami (rys. 3). Układy optyczne (odbłyśnikowy 3a oraz kolimatorowy 3b), zaprojektowane zostały w postaci pełnego „freeformingu”. Założeniem projektowym było uzyskanie możliwości równomiernego oświetlenia płaszczyzn o wysokości 8 metrów z odległości poniżej 1 metra. Asymetryczne układy pozwalają na uzyskanie efektu równomiernego oświetlenia płaszczyzn o dowolnej szerokości dzięki naturalnej możliwości łączenia brył fotometrycznych poszczególnych soczewek w ustawieniu sąsiadującym (rys. 4) zarówno jednostronnie jak i w systemie naprzeciwległym.

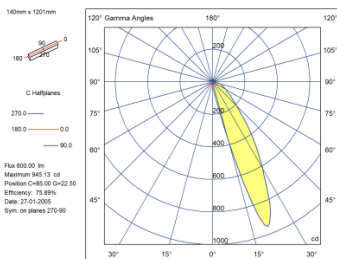
a)



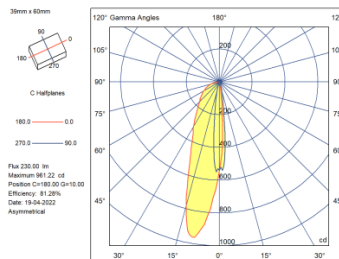
c)



b)

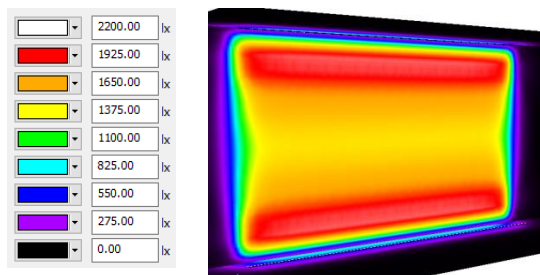


d)



Rys. 3. Wizualizacja projektu oświetleniowego w układzie odbłyśnikowym (a) wraz z uzyskanym rozsyłem światłości (b) oraz w układzie kolimatora (c) wraz z uzyskanym rozsyłem światłości (d)

Oprawami wzorcowymi na potrzeby tej fazy projektu były urządzenia o wiodących parametrach rynkowych ADB KLEMANTIS LED oraz ETC ColorSource CYC.



Rys. 4. Wizualizacja efektu oświetleniowego w skali barwnej „falsecolor” dla opraw oświetleniowych, składających się z 10 soczewek (każda), umieszczonych w odległości 50mm od siebie. Odległość opraw od ściany: 1m. Wysokość ściany 8m.

Projekt obejmował prace trwające od 01.01.2021 do 31.03.2022 roku. Przeprowadzony został w Zakładzie Techniki Świetlnej Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Warszawskiej na zlecenie firmy Prolight Sp. z o.o. Kierownikiem projektu był dr inż. Sebastian Słomiński.

BalticLSC – europejski klaster do obliczeń wysokoskalowych

Michał Śmiałek, Kamil Rybiński, Krzysztof Marek, Radosław Roszczyk,
Marek Wdowiak

Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny

Słowa kluczowe: obliczenia wysokoskalowe, aplikacje obliczeniowe, języki wizualne
Keywords: High Performance Computing, computation applications, visual languages

Wprowadzenie

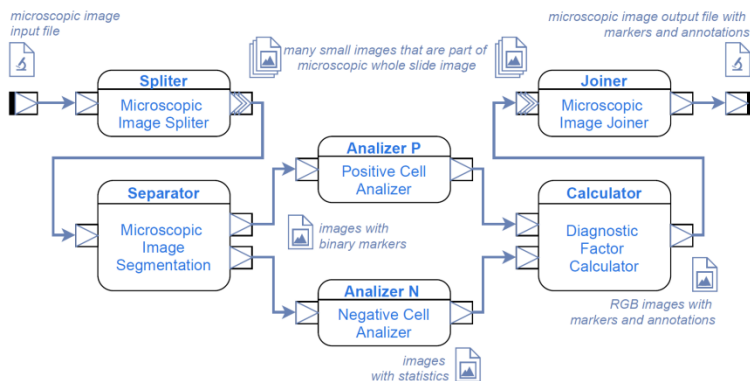
Współczesne zespoły badawcze często potrzebują rozwiązywać złożone problemy obliczeniowe na dużych zbiorach danych. Stwarza to dwie zasadnicze bariery: niewystarczające zasoby dla tworzenia aplikacji obliczeniowych (doświadczeni programiści) oraz niewystarczające zasoby do uruchamiania tych aplikacji w sposób efektywny (centra obliczeń wysokoskalowych – HPC). Jest to szczególnie widoczne dla małych zespołów, które mają ograniczony dostęp do takich zasobów. Aby pokonać te bariery, proponujemy połączenie dwóch obszarów badawczych: środowiska wizualne dla HPC oraz środowiska programistyczne typu low-code. Pierwszy obszar zajmuje się redukcją złożoności obliczeń rozproszonych i równoległych poprzez zastosowanie wysokopoziomowych języków wizualnych (graficznych). Drugi obszar jest stosunkowo młody i jest zorientowany na badania nad tworzeniem aplikacji webowych przy wykorzystaniu środowisk on-line i również w oparciu o języki wizualne („prawie bez kodu”). W rezultacie powstał system BalticLSC, który umożliwia tworzenie aplikacji obliczeniowych wysokiej skali przy wykorzystaniu języka wizualnego.

Język CAL

Podstawowym elementem naszego rozwiązania jest powstanie nowego języka wizualnego do obliczeń wysokoskalowych CAL (Computation Application Language). Celem tego języka jest łatwość tworzenia aplikacji, modularyzacja algorytmów obliczeniowych oraz reprezentacja obliczeń równoległych poprzez wizualizację przepływów danych. Język CAL zawiera jedynie trzy typy elementów, pokazane na rysunku 1. Piny danych (ang. Data Pin) oznaczane są przy pomocy małych kwadratów z wpisanymi trójkątami (strzałkami). Oznaczają one określone elementy danych – dane wejściowe i wyjściowe. Rozróżniamy piny typu „pojedyncze dane” (np. pojedynczy plik danych), „wielokrotne dane” (np. katalog plików) oraz „wielokrotne tokeny” (np. sekwencja plików). Piny danych są powiązane z wywołaniami modułów (ang. Module Call), które reprezentują instancje modułów obliczeniowych. Każdy moduł może wykonywać określone obliczenia wykorzystując dane określone przez piny danych. Piny danych połączone są przepływami danych (ang. Data Flow), które przedstawiają ścieżki przepływu danych między instancjami modułów. Przepływ danych reprezentowany jest w działającym systemie poprzez tzw. tokeny, które przekazują wskazania na konkretne zbiory danych.

Rysunek 1 przedstawia przykładową aplikację zapisaną w języku CAL. Aplikacja ta rozwiązuje rzeczywisty problem przetwarzania danych mikroskopowych (analiza komórkowa). Obraz wejściowy jest na początku rozbijany na wiele mniejszych obrazów. Następnie, każdy z tych obrazów jest segmentowany i przetwarzany równolegle przez dwie różne instancje „analizatorów komórek”. Rezultaty pracy tych analizatorów są następnie przesyłane do modułu, który dokonuje kolejnych obliczeń i tworzy obrazpośrednie z zawartymi w nim oznaczeniami komórek. W ostatnim module, wszystkie obrazy pośrednie są scalane i wysyłane do pliku końcowego, który jest ostatecznym rezultatem obliczeń.

Pomimo tak prostej składni języka CAL, jego semantyka pozwala na wykonywanie złożonych sieci obliczeń poprzez synchronizację przepływu działań poprzez zarządzanie przesyłanymi tokenami oraz zrównoleglenie obliczeń poprzez automatyczną dystrybucję tokenów między instancjami modułów. Dla przykładu, aplikacja z rysunku 1 pozwala na równoległe przetwarzanie wielu rozdzielonych fragmentów obrazu początkowego, a poszczególne instancje modułu „Calculator” są synchronizowane poprzez oczekiwanie na przybycie tokenów z odpowiednich instancji modułów „Analyzer”.



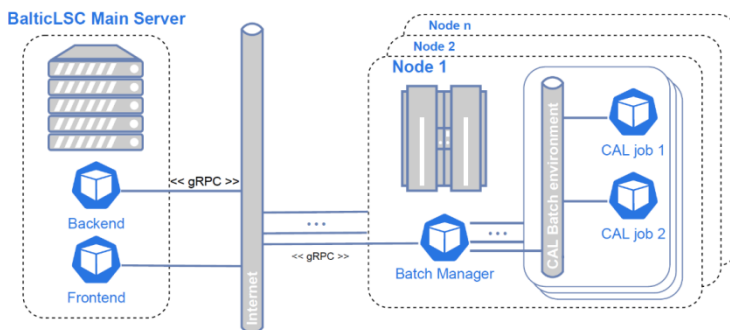
Rys. 1. Przykładowa aplikacja w języku CAL

System BalticLSC

Składnia języka CAL została zaimplementowana przy wykorzystaniu metamodelu. Jego semantyka została określona w sposób hybrydowy (operacyjno-translacyjny). Zdefiniowaliśmy język pośredni (CAL-Executable), który może być bezpośrednio wykonywany przez maszynę wykonawczą, wbudowaną w środowisko BalticLSC. Semantyka języka CAL-Executable została zdefiniowana poprzez odpowiednią maszynę abstrakcyjną oraz powiązany system translacyjny. System ten definiuje translację z języka CAL do języka CAL-Executable.

Środowisko BalticLSC (dostępne pod adresem www.balticlsc.eu) zawiera edytor języka CAL, jego translator oraz interpreter języka CAL-Executable (środowisko czasu wykonania). Struktura systemu BalticLSC jest pokazana na rysunku 2. Jego centralnym elementem jest węzeł główny (Main Server) zawierający środowisko języka CAL (Frontend) oraz główną logikę wykonawczą dla aplikacji w języku CAL (Backend). Moduł wykonawczy zarządza także komunikacją z powiązanymi (wieloma) węzłami obliczeniowymi (Node). Węzły otrzymują z centralnego modułu wykonawczego zadania do wykonania. Komunikacja realizowana jest poprzez wysyłanie tokenów, plików z danymi oraz komunikatów zarządzania zadaniami. W węzłach obliczeniowych, zadania są zarządzane przez moduły zarządzające zadaniami (Batch Manager). Współpracują one ze standardowymi środowiskami kontenerowymi (Kubernetes, Docker Swarm).

W ramach walidacji systemu BalticLSC opracowano szereg aplikacji obliczeniowych, w tym projektów dotyczących konkretnych zastosowań komercyjnych oraz projektów studenckich.



Rys. 2. Architektura fizyczna platformy BalticLSC

System kondycjonowania jakości energii elektrycznej z magazynem energii dla sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia

Sebastian Styński, Tomasz Świąchowicz

Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej, Politechnika Warszawska, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Słowa kluczowe: kondycjoner jakości energii elektrycznej, przekształtnik 4-gałęziowy, kompensacja mocy biernej

Keywords: power quality conditioner, 4-leg converter, reactive power compensation

Wstęp

Energia elektryczna (EE) w formie dostarczanej odbiorcom poprzez sieci elektroenergetyczne (SEE) ma kilka parametrów, które określają jej użyteczność. Z punktu widzenia jej użytkowania pożądane jest, aby napięcie zasilające miało stałą częstotliwość, sinusoidalny kształt przebiegu czasowego i stałą amplitudę. Niska jakość energii elektrycznej (JEE) wynika ze stałych i okresowych zaburzeń napięcia SEE takich jak: wahania, zapady i skoki, przerwy w zasilaniu, stany przejściowe (podczas załączania i rozłączania elementów SEE), asymetria napięć, zawartość wyższych harmonicznych, jak również jest wynikiem wysokiej i zmiennej w czasie (zależnie od typu i charakteru obciążeń) impedancji SEE w punkcie przyłączenia (PP) [1]. Zaburzenia te mają nieprzewidywalny charakter pod względem czasu wystąpienia, czasu trwania oraz typu. Jeśli napięcie zasilające odbiornik EE zawiera któreś z wymienionych zaburzeń to odbiornik może pracować nieprawidłowo, co prowadzi do skrócenia cyklu życia lub jego uszkodzenia.

Obecnie JEE staje się jednym z najważniejszych problemów współczesnej elektrotechniki [1], [2]. Przyczynia się do tego rosnąca liczba nowoczesnych urządzeń elektrycznych, zawierających z reguły wiele elementów elektronicznych o dużym stopniu integracji wrażliwych na złą JEE. Dodatkowo wraz ze zmianami wprowadzonymi przez prawo energetyczne i stopniowym urynkowaniem obrotu EE, wielu odbiorców zaczyna w coraz większym stopniu zwracać uwagę na jakość dostarczanej EE tak, jak zwraca się uwagę na jakość kupowanego towaru. Odpowiedzialnością za niedostateczną JEE nie można jednak obarczać jedynie jej dostawców, lecz w coraz większym stopniu przyczyniają się do tego sami odbiorcy. Nowoczesne urządzenia, tak wrażliwe na niewłaściwe parametry EE, często bowiem same oddziałują szkodliwie na SEE a przez to również na pracę innych urządzeń [1]. W następstwie rozwoju technologii elementów półprzewodnikowych dużej mocy oraz rewolucji mikroprocesorowej umożliwiającej realizację coraz bardziej wyrafinowanych algorytmów sterowania, wszechobecne stały się – instalowane pomiędzy SEE a odbiorami finalnymi – energoelektroniczne układy przetwarzania EE (przekształtniki energoelektroniczne - PE) w inne, bardziej użyteczne formy. W efekcie zaobserwować można lawinowy wzrost liczby i mocy jednostkowej niestabilnych, nieliniowych, niekiedy również niesymetrycznych odbiorników w ogólnym bilansie energetycznym do takiego poziomu, że w napięciu SEE pojawiły się niespotykane dotąd zjawiska i problemy np.: wyższe harmoniczne, wahania, stany przejściowe i asymetria połączona z przeciążeniem przewodu neutralnego. Jednocześnie ze względu na niejednostkowy współczynnik mocy zmniejszeniu uległa sprawność SEE (moc bierna ogranicza zdolności przesyłowe SEE i wpływa na straty w jej komponentach), szczególnie przy scentralizowanej strukturze SEE, gdzie elektrownie dużej mocy zasilają ogromne obszary. Problemy te potęgowane są tylko przez rosnący udział bilansie rozproszonych odnawialnych źródeł energii (OZE) i magazynów energii (ME). OZE i ME, dołączane do SEE także poprzez PE, wchodzi we wzajemne, często negatywne interakcje z ww. typem nieliniowych, niekiedy również niesymetrycznych odbiorników [3], [4].

Natychmiastowa poprawa JEE i ciągłości jej dostawy z poziomu producentów EE i operatorów SEE nie jest możliwa – wymaga przedsięwzięć organizacyjnych i technicznych oraz znaczących nakładów finansowych. Dlatego też po stronie odbiorców EE – szczególnie przemysłowych, którzy płacą kary w przypadku chwilowych i okresowych przekroczeń mocy biernej – stosuje się różnego typu rozwiązania, których celem jest ograniczenie oddziaływania odbiorników i wprowadzanych przez nie zaburzeń na napięcie SEE. Są to układy 3-fazowe 4-przewodowe. Wśród nich prym wciąż wiodą pasywne filtry do

kompensacji mocy biernej, których wadą jest rozdzielczość kompensacji (zależna od wartości mocy biernej indukcyjnej lub pojemnościowej członu filtra) oraz niemożność sprowadzenia mocy biernej do zera. Jednakże rozwiązania bazujące na PE (z jednej strony jednych z najbardziej dominujących źródeł zaburzeń niskiej częstotliwości w przypadku algorytmów regulacji prądu nieodpornych na zaburzenia napięcia SEE) stają się (z drugiej strony) coraz doskonalszym i coraz powszechniej stosowanym środkiem technicznym do ich eliminacji [5]. Najbardziej rozpowszechnione są wśród nich aktywne filtry równoległe do statycznej (za okres pierwszej harmonicznej napięcia SEE) kompensacji mogące sprowadzić moc bierną do zera lub pracować z zadanym współczynnikiem mocy oraz symetryzować moc czynną pierwszej harmonicznej w PP. Drugą grupą urządzeń, znacznie mniej rozpowszechnioną, są filtry aktywne równoległe dynamiczne: kompensują wszystkie zniekształcenia prądu (w tym wyższe harmoniczne) a co za tym idzie kompensują moc bierną oraz symetryzują moc czynną w PP ale bez możliwości niezależnej kontroli wartości mocy czynnej i biernej oraz każdej z harmonicznych z osobna – wartościami regulowanymi są wartości chwilowe. Najrzadziej stosowane są filtry aktywne szeregowo do kompensacji odkształceń napięcia linii zasilającej, symetryzacji i stabilizacji napięcia na odbiorniku a także zintegrowane układy poprawy jakości energii elektrycznej będące połączeniem aktywnych filtrów równoległych i szeregowych.

Z punktu widzenia odbiorcy najbardziej korzystnym rozwiązaniem do poprawy JEE w PP jest zastosowanie PE realizującego funkcjonalności filtrów aktywnych równoległych: statycznego oraz dynamicznego [6], zapewniającego:

- kompensację mocy biernej dołączonych obciążeń;
- symetryzację 3-fazowych prądów lub mocy czynnej w PP;
- aktywną, selektywną filtrację wyższych harmonicznych prądu.

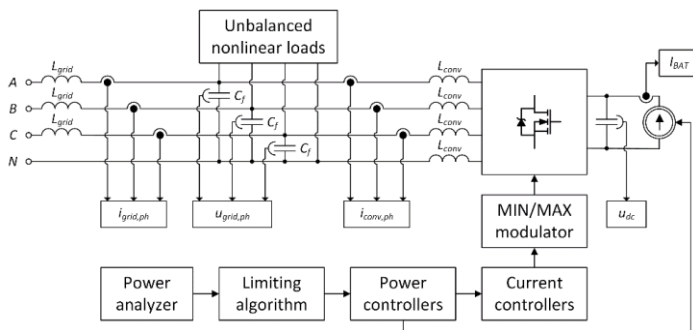
W takim przypadku odbiorca będzie postrzegany przez SEE – niezależnie od zniekształceń czy zaburzeń napięcia – jak symetryczny 3-fazowy odbiornik rezystancyjny pobierający sinusoidalne, symetryczne prądy fazowe przestając negatywnie wpływać na JEE a każda z faz SEE jest równomiernie obciążona. Z jednej strony podnosi to sprawność SEE a z drugiej pozwala na ograniczenie mocy przyłączeniowej użytkownika do SEE. Takie kompleksowe układy poprawy JEE w PP noszą nazwę systemów kondycjonowania JEE (SKJEE).

PE dedykowane dla OZE i ME realizują przeważnie część funkcji SKJEE, takich jak możliwość generacji mocy biernej na żądanie operatora SEE czy też kompensację wyższych harmonicznych generowanych prądów. Integracja OZE i/lub ME z SKJEE dodaje dodatkową funkcjonalność do ww. w postaci możliwości zapewnienia niezawodności zasilania dla odbiorcy [3], [7]. Jednakże połączenie wszystkich funkcjonalności w jednym urządzeniu niesie za sobą konieczność zapewnienia ograniczania prądów fazowych w funkcji prądu w przewodzie neutralnym SKJEE – zadane wartości prądów w poszczególnych gałęziach PE obejmujące kompensację mocy biernej, symetryzację mocy czynnej w PP i kompensację wyższych harmonicznych w połączeniu z wartościami generowanymi przez OZE i/lub pobieranymi lub oddawanymi do SEE z ME mogą skutkować nawet 3-krotnym przekroczeniem dopuszczalnego limitu amplitudy prądu w przewodzie neutralnym.

Przegląd literatury jak i – co ważniejsze – analiza rynkowa wskazują, że istnieją rozwiązania dedykowane poszczególnym, ww.funkcjonalnościom, jednak brak jest jednego kompleksowego rozwiązania wszystkich adresowanych problemów szczególnie w zakresie ograniczania prądów fazowych w funkcji prądu w przewodzie neutralnym wynikających z określonych priorytetów (co jest ważniejsze: kompensacja mocy biernej, symetryzacja mocy czynnej czy kompensacja wyższych harmonicznych) tak, aby w pełni wykorzystać moc pozorną PE przy osiągnięciu limitu prądu fazowego lub prądu w przewodzie neutralnym.

Opis rozwiązania

W ramach prezentacji przedstawiony zostanie algorytm sterowania dla 3-fazowego 4-przewodowego SKJEE dla SEE niskiego napięcia (rys. 1) z czwartą gałęzią aktywną bazującego na PE o topologii dwupoziomowej realizującego wymienione wcześniej funkcjonalności filtrów aktywnych równoległych: statycznego oraz dynamicznego z możliwością dołączenia do obwodu pośredniczącego prądu stałego ME.



Rys. 1. Przebiegi napięć oraz prądów w PP przy: a) braku oraz b) zastosowaniu SKJEE

W pierwszym kroku konieczne jest precyzyjne wyznaczanie wartości chwilowych mocy czynnej i biernej obciążeń oraz PE na podstawie zmierzonych wartości prądów sieci $i_{grid,ph}$ oraz PE $i_{conv,ph}$ a także napięć SEE $u_{grid,ph}$ na kondensatorze filtra LC (gdzie *ph* oznacza daną fazę; prąd obciążenia wyznaczany jest jako różnica prądów $i_{grid,ph}$ oraz $i_{conv,ph}$). Nie jest to możliwe na bazie klasycznej teorii mocy [8] przy asymetrii napięć SEE w zakresie przesunięć fazowych pomiędzy napięciami. Problem ten jest pomijany w stosowanych algorytmach. Opracowany blok analizatora mocy na bazie regulatorów rezonansowych pozwala na precyzyjne wyznaczenie składowych ortogonalnych pierwszej harmonicznej prądów oraz napięć, a co za tym idzie niezależnie od zaburzeń napięcia sieci na wyliczenie ww. mocy. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie dokładności kompensacji mocy biernej dołączonych obciążeń z dokładnością kompensacji >99.5%. Analizator mocy uwzględnia możliwość pomiaru prądu $i_{grid,ph}$ na bazie przekładników prądu (rozwiązanie stosowane w praktyce w 95% przypadków), które należy odpowiednio kompensować w celu poprawnej pracy całego SKEE ze względu na niepożądany efekt przesunięcia fazowego oraz zmienne wzmocnienie zależne od amplitudy prądu (negatywny wpływ na dokładność kompensacji mocy biernej).

Następnie zgodnie z przyjętymi priorytetami w bloku limitowania wyznaczane są wartości referencyjne zadanych prądów PE w osiach *d* i *q* tak, aby bez przekroczenia dopuszczalnych limitów amplitudy prądów fazowych w pełni wykorzystać moc pozorną PE. Wymaga to znalezienia globalnego optimum dla poniższego układu równań:

$$(1) \quad I_{conv,ph} = \sqrt{(I_{q,ph} \cdot k_{q,ph})^2 + (I_{d,ph} \cdot k_D + I_{DC})^2}$$

$$(2) \quad \vec{I}_{conv,n} = \vec{I}_{Q,a} \cdot k_{Q,a} + \vec{I}_{Q,b} \cdot k_{Q,b} + \vec{I}_{Q,c} \cdot k_{Q,c} + k_D (\vec{I}_{D,a} + \vec{I}_{D,b} + \vec{I}_{D,c})$$

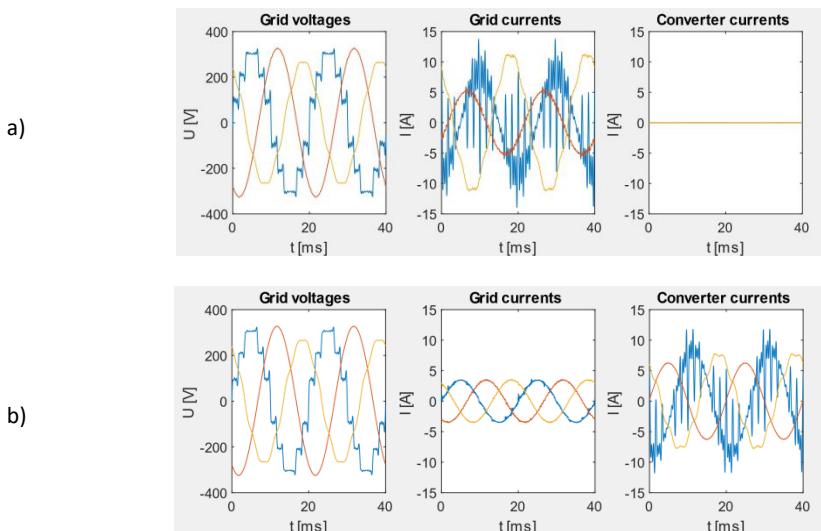
gdzie: $I_{q,ph}$ – referencyjna wartość skuteczna prądu fazowego w osi *q* wymaganego do skompensowania mocy biernej, $I_{d,ph}$ – referencyjna wartość skuteczna prądu fazowego w osi *d* wymaganego do symetryzacji mocy obciążenia, I_{DC} – referencyjna wartość skuteczna prądu fazowego w osi *d* /do ME, $I_{conv,ph}$ – wartość skuteczna prądu fazowego PE po limitowaniu wartości referencyjnych, $k_{q,ph}$ – współczynnik limitowania zadanej wartości $I_{q,ph}$, k_D – współczynnik limitowania zadanej wartości $I_{d,ph}$

W celu wyznaczenia współczynników $k_{Q,ph}$ (dla każdej z faz z osobna) oraz k_D (jeden globalny odpowiedzialny za symetryzację mocy czynnej obciążeń) wymagano zastosowania algorytmów optymalizacyjnych. Rozwiązania takie nie są opisywane w literaturze – w przypadku przekroczenia limitu zakłada się zamiast stopniowego ograniczenia czy to kompensacji mocy biernej czy symetryzacji mocy czynnej wyłączenie jednej z tych funkcji.

Następnie blok regulatorów mocy wyznacza poprawki wartości zadanych prądów po limitowaniu. Nieliniowości przekształtnika, w tym błąd wyznaczenia kątów fazowych przez 3-fazowy algorytm synchronizacji fazowej przy przesunięciach pomiędzy fazami napięć SEE innych niż 120° sprawiają, że zadane wartości prądów fazowych dq pomimo prawidłowo wyznaczonych wartości w analizatorze mocy nie odpowiadają wartościom rzeczywistym. Regulatory mocy kompensują te błędy jednocześnie wyznaczając wartość referencyjną prądu ME, który – w celu zapewnienia odporności na zapady i zaniki napięcia SEE – odpowiedzialny jest za utrzymanie napięcia obwodu pośredniczącego prądu stałego u_{dc} .

Na koniec prądy zadane po limitowaniu z poprawką podawane są na wejścia regulatorów prądu z aktywną filtracją wyższych harmoniczných (do 49-ej) prądu obciążenia. W tym celu zastosowane zostały regulatory rezonansowe z kompensacją opóźnień. Ponadto, zastosowano algorytm limitowania kompensacji wyższych harmoniczných, jeżeli ich zawartość w prądzie kompensującym $i_{conv,ph}$ przekroczyłaby dopuszczalny limit wartości RMS lub wartości szczytowej. W takim przypadku zamiast kompensować wyższe harmoniczne prądów obciążenia SKJEE zaczyna częściowo kompensować harmoniczne własne.

Wyniki eksperymentalne działania opracowanego SKJEE przedstawiono na rysunku 2. Po załączeniu SKJEE prądy sieci są symetryczne, w fazie z napięciem SEE, a wyższe harmoniczne – do 49-ej – nie występują w prądzie sieci.



Rys. 2. Przebiegi napięć oraz prądów w PP przy: a) braku oraz b) zastosowaniu SKJEE

Literatura

- [1] A. A. Sallam, and O. P. Malik, *Electric Distribution Systems*, Wiley-IEEE Press, 2019
- [2] M. McGranaghan, and B. Roettger, "Economic Evaluation of Power Quality", IEEE Power Eng. Rev., vol. 22, no. 2, pp. 8-12, Feb 2002
- [3] A. Tavakoli, S. Saha, M. T. Arif, M. E. Haque, N. Mendis, and A. M.T. Oo, "Impacts of grid integration of solar PV and electric vehicle on grid stability, power quality and energy economics: a review", IET Energy Systems Integration, vol. 2, no. 3, pp. 243 - 260, Oct 2020
- [4] M. A. Hossain, H. R. Pota, M. J. Hossain, et al.: "Evolution of microgrids with converter-interfaced generations: challenges and opportunities", Int. J. Electr. Power Energy Syst., vol. 109, pp. 160-186, Jul 2019
- [5] B. Singh, K.Al-Haddad, and A. Chandra, "A review of active filters for power quality improvement", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 46, no. 5, pp. 960-971, Oct 1999
- [6] O. P. Mahela and A. G. Shaik, "Topological aspects of power quality improvement techniques: A comprehensive overview", Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 58, pp. 1129-1142, May 2016
- [7] N. Patel, N. Gupta, and C. Babu, "Photovoltaic system operation as DSTATCOM for power quality improvement employing active current control", IET Generation, Transm. & Distrib., vol. 15, no. 17, pp. 3518 - 3529, Aug. 2020
- [8] R. S. Herrera, P. Salmerón, and H. Kim, "Instantaneous reactive power theory applied to active power filter compensation: Different approaches, assessment, and experimental results", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no. 1, pp. 184-196, Jan. 2008.
- [9] L. Wang; C.-S. Lam, and M.-C. Wong, "Hybrid Structure of Static Var Compensator and Hybrid Active Power Filter (SVC//HAPF) for Medium-Voltage Heavy Loads Compensation", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 65, no. 6, pp. 4432 - 4442, Jun. 2017.

Pomiar olśnienia – czy problem tylko metrologiczny

Dariusz Sawicki⁽¹⁾, Agnieszka Wolska⁽²⁾

(1) Politechnika Warszawska, (2) Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Słowa kluczowe: olśnienie, ocena olśnienia przykrego, pomiar wskaźnika UGR, pomiar wskaźnika GR
Keywords: glare, discomfort glare assessment, measurement of UGR index, measurement of GR index

Wprowadzenie

Olśnienie jest to pewien stan widzenia, podczas którego występuje odczucie niewygodę lub zmniejszenia zdolności spostrzegania na skutek nadmiernych luminancji lub niewłaściwego rozkładu luminancji w polu widzenia. Może to być związane z powstaniem nadmiernych kontrastów luminancji zarówno w przestrzeni jak i w czasie. Najczęściej z taką sytuacją mamy do czynienia, gdy w polu widzenia człowieka znajduje się jaskrawe źródło światła – jest to przypadek olśnienia bezpośredniego. Podobne wrażenie powstanie, gdy światło dotrze do oczu po odbiciu kierunkowym od powierzchni zwierciadlanych – olśnienie odbiciowe. Główną przyczyną powstawania olśnienia jest zbyt duża ilość światła docierająca do oka. Może to być związane ze zbyt dużą powierzchnią świecąca, albo zbyt dużą wartością luminancji. Niezależne analizy pokazują, że olśnienie jest jednym z czynników zagrożenia w miejscu pracy i częstą pośrednią przyczyną wypadków przy pracy.

Wyróżnia się dwa główne rodzaje olśnienia:

- Olśnienie przykre – wywołujące niewygodę, ale bez upośledzenia widzenia obiektów.
- Olśnienie przeszkadzające – ograniczające zdolności spostrzegania, a więc upośledzające widzenie obiektów.

Dla celów praktycznych wyróżnia się także olśnienie oślepiające, jako szczególny przypadek olśnienia przeszkadzającego. Olśnienie oślepiające powoduje zanik zdolności widzenia na pewien zauważalny czas. Żaden obiekt nie może być w tym czasie dostrzeżony.

Ocena olśnienia przykrego

Jeśli ograniczone jest olśnienie przykre, to tym samym ograniczone jest olśnienie przeszkadzające. Stąd ocena olśnienia sprowadza się zasadniczo do oceny olśnienia przykrego. Ocena olśnienia jest zadaniem trudnym, interdyscyplinarnym, wymagającym wiedzy nie tylko z techniki świetlnej, ale także z fizjologii widzenia i psychologii. Z jednej strony jest to zjawisko subiektywnie postrzegane przez człowieka. Z drugiej strony wrażenie i poziom olśnienia zależą od wielu czynników zewnętrznych, będących w skomplikowanych relacjach między sobą i wymagających niezależnych analiz. O skali trudności oceny olśnienia świadczy fakt, że nie istnieje jedna uniwersalna miara olśnienia pozwalająca ocenić poziom zjawiska w dowolnych warunkach oświetleniowych. Znanych jest kilkadziesiąt wskaźników olśnienia zdefiniowanych dla specyficznych warunków. Odczuwalny poziom olśnienia zależy głównie od luminancji źródła olśnienia (źródła światła), luminancji tła (luminancji adaptacji), wielkości kątowej źródła olśnienia oraz położenia źródła w polu widzenia. Wartość odpowiedniego wskaźnika jest wyznaczana na podstawie zależności matematycznych uwzględniających wartości parametrów opisujących wymienione wyżej czynniki. Normy międzynarodowe określają poziom olśnienia w miejscu pracy w trzech niezależnych kategoriach:

- Dla miejsc pracy we wnętrzach, stosowany jest wskaźnik UGR (Unified Glare Rating) – od 2021 roku oznaczany jako R_{UGL} .
- Dla miejsc pracy na zewnątrz, stosowany jest wskaźnik GR (Glare Rating) – od 2014 roku oznaczany jako R_G .
- Dla oświetlenia drogowego, stosowany jest wskaźnik TI (Threshold Increment).

Normy zawierają dopuszczalne wartości graniczne odpowiednich wskaźników opracowanych do oceny olśnienia dla odpowiednich stanowisk pracy.

Jedną z metod praktycznej oceny olśnienia jest ocena subiektywna, polegająca na przypisaniu przez oceniającą osobę wrażenia olśnienia do odpowiedniego poziomu na umownej znormalizowanej skali. Problemem jest tutaj powtarzalność ocen przy odpowiedniej rozdzielczości skali. W praktyce stosuje się skale zawierające od pięciu do dziesięciu poziomów olśnienia. Ocena olśnienia może być także

dokonana symulacyjnie na etapie projektowania oświetlenia. Najskuteczniejsza jest ocena obiektywna – pomiar wskaźnika oślnienia w miejscu pracy. Jest to dokonywane na podstawie analizy rozkładu luminancji z punktu widzenia pracownika na danym stanowisku, z wykorzystaniem matrycowego miernika luminancji. Dodatkowa trudność takiego pomiaru wynika, poza wymienionymi już czynnikami, z bardzo szerokiego zakresu wartości luminancji występującego w takiej sytuacji. Szczególnie jest to istotne przy zastosowaniu współczesnych źródeł światła LED.

Praktyka pomiaru wskaźników oślnienia

Autorzy prowadzą badania nad wpływem różnych czynników na powstawanie i odczucie oślnienia na wybranych stanowiskach pracy. Opracowali także metodę pomiaru wskaźnika oślnienia dla zewnętrznych stanowisk pracy. Jednocześnie przeprowadzili setki pomiarów wskaźników oślnienia na różnych stanowiskach pracy, zarówno w warunkach wewnętrznych jak i zewnętrznych. Wyniki pomiarów wskaźnika UGR dla wewnętrznych stanowisk pracy w Polsce raczej nie zaskakują. Zarówno projekty oświetlenia jak i ich instalacje są realizowane zgodnie z wymaganiami normy i rzadko spotyka się sytuacje przekroczenia wartości wskaźnika dla stanowisk pracy we wnętrzach. Jedynym problemem, na który warto zwrócić uwagę są czasami oryginalne projekty opraw oświetleniowych, w których ochrona użytkownika przed oślnieniem ustąpiła miejscaciekawej formie. Szczególnie jest to widoczne dla opraw LEDowych. Problemem natomiast jest zachowanie odpowiednich wartości wskaźnika oślnienia dla stanowisk pracy na zewnątrz.

Autorzy przeprowadzili badanie oślnienia w 19 zakładach przemysłowych na 93 zewnętrznych stanowiskach pracy. Jest to pierwsza w Polsce obiektywna ocena oślnienia na zewnętrznych stanowiskach przeprowadzona w tak szerokim zakresie. Analiza wyników wykazała, że w 21,5% badanych obszarów wykonywania zadań wyznaczony stopień oślnienia (zmierzone wartości GR lub ocena subiektywna) przekroczył limity określone w normie. Dodatkowo w 11,8% obszarów zadań stwierdzono wysoki stopień ryzyka zawodowego związanego z oślnieniem.

Wprowadzie instalacje oświetleniowe na zewnętrznych stanowiskach pracy realizowane są zgodnie z zaleceniami normatywnymi, ale weryfikacja projektu oświetlenia odbywa się wyłącznie na podstawie symulacji komputerowych. Na żadnym z analizowanych stanowisk, oślnienie nie było oceniane w rzeczywistych warunkach pracy. Pokazuje to problem niedocenia potrzeby oceny oślnienia w miejscach pracy na zewnątrz. Jednocześnie publikowane są dane dotyczące wypadków przy pracy i ofiar śmiertelnych na skutek oślnienia, które potwierdzają potrzebę przeprowadzenia rzeczywistej oceny oślnienia.

Wnioski

Po ponad 10 latach zajmowania się analizą zjawiska oślnienia i pomiarami wskaźników oślnienia autorzy skłaniają się do wniosku, że głównym problemem w ocenie oślnienia nie jest dzisiaj problem pomiarowy – techniczny. Głównym problemem wydaje się być czynnik ludzki. I to nie tylko brak świadomości zagrożenia oślnieniem wśród pracowników, ale także, a może przede wszystkim, delikatne lekceważenie tego problemu przez projektantów i kadrę kierowniczą. Pewnym usprawiedliwieniem może być fakt subiektywnego postrzegania niebezpieczeństwa w kontakcie z określonymi narzędziami, maszynami czy czynnikami zagrażającymi w miejscu pracy. Czym innym jest wyobrażenie kontaktu z ostrymi narzędziami maszyn o dużej mocy, a czym innym oddziaływanie silnego źródła światła, które przecież z pozoru „niczego złego nie robi, a co najwyżej spowoduje, że będzie nieco jaśniej”. Prowadzenie badań i upowszechnianie informacji o problemie może przyczynić się do poprawy sytuacji. Jednocześnie rozpowszechnienie metod obiektywnej oceny oślnienia (szczególnie na zewnętrznych stanowiskach pracy) może przyczynić się do jej praktycznego stosowania.

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Hybrydowe układy wytwórcze i mikrosieci jako element rozwoju Generacji Rozproszonej

Mariusz Kłos, Józef Paska

Instytut Elektroenergetyki Politechnika Warszawska.

Słowa kluczowe: generacja rozproszona, energetyka obywatelska, hybrydowe układy wytwórcze, smart grid.
Keywords: distributed generation, energycommunity, hybrid power systems, smart grid.

Generacja rozproszona to małe i średnie układy wytwórcze energii elektrycznej i ciepła (w tym chłodu), mogące również pracować w skojarzeniu. Wykorzystuje się tu zarówno konwencjonalne jak i alternatywne technologie energetyczne. Układy te wykorzystują różne nośniki energii pierwotnej, zarówno klasyczne jak również odnawialne i alternatywne. Zakłada się, że generacja rozproszona powinna współpracować z istniejącymi i nowo budowanymi sieciami dystrybucyjnymi średniego i niskiego napięcia.

Sposobem na efektywne wykorzystanie odnawialnych i rozproszonych zasobów energii pierwotnej są hybrydowe układy (systemy) wytwórcze (HUW), w których ma miejsce integracja i swego rodzaju synergia różnych technologii wytwarzania energii elektrycznej, które umożliwiają zaspokojenie potrzeb energetycznych pojedynczych odbiorców lub lokalnych społeczności. Budowa hybrydowych układów wytwórczych średniej i małej mocy, wykorzystujących odnawialne i rozproszone zasoby energii pierwotnej, które będą zlokalizowane blisko odbiorców, pozwoli uniknąć części kosztów przesyłu i dystrybucji. Tego typu układy mają niebagatelne znaczenie dla ochrony środowiska, gdyż wiele ze stosowanych w nich źródeł nie emituje zanieczyszczeń. Hybrydowe układy wytwórcze stwarzają także możliwości produkcji ciepła, zarówno rozdzielonej, jak też skojarzonej.

Dzięki zaawansowanym technologicznie urządzeniom energetycznym charakterystycznym dla generacji rozproszonej do których zaliczamy:

- mikro i małe systemy wytwórcze, wykorzystujące technologie konwencjonalne, alternatywne i odnawialne (turbiny wiatrowe i panele fotowoltaiczne, przetworniki energoelektroniczne),
- urządzenia do kompensacji/regulacji mocy biernych,
- układy do poprawy parametrów jakościowych energii elektrycznej
- układy do rekuperacji energii w różnych procesach technologicznych,
- stacje ładowania pojazdów elektrycznych,
- magazyny energii elektrycznej i ciepła
- technologie teleinformatyczne ICT umożliwiające budowę zaawansowanych systemów diagnostyczno-sterujących w ujęciu lokalnych i obszarowym (pomiar, analiza danych, diagnostyka predykcyjna, prognozowanie produkcji OZE, prognozowanie zużycia po stronie odbiorcy końcowego, generowanie sygnałów sterujących).

występują lokalnie zjawiska chwilowego samobilansowania się fragmentów istniejących sieci dystrybucyjno-rozdziałczych i przemysłowych bez udziału scentralizowanego systemu elektroenergetycznego. Integracja różnych rozwiązań technologicznych przyczyniła się do stworzenia idei ewolucyjnej dla dalszego rozwoju sektora elektroenergetycznego – idei SMART GRID.

Prezentowany materiał przedstawia syntetyczny przegląd problematyki hybrydowych układów wytwórczych i mikrosieci jako sposobu na integrację różnych technologii wytwórczych realizując założenia rozwoju generacji rozproszonej.

Inteligentny modułowy system bloków przekształcania energii elektrycznej dla mikrosieci prądu stałego z jednostkami wytwarzania OZE i magazynowania energii

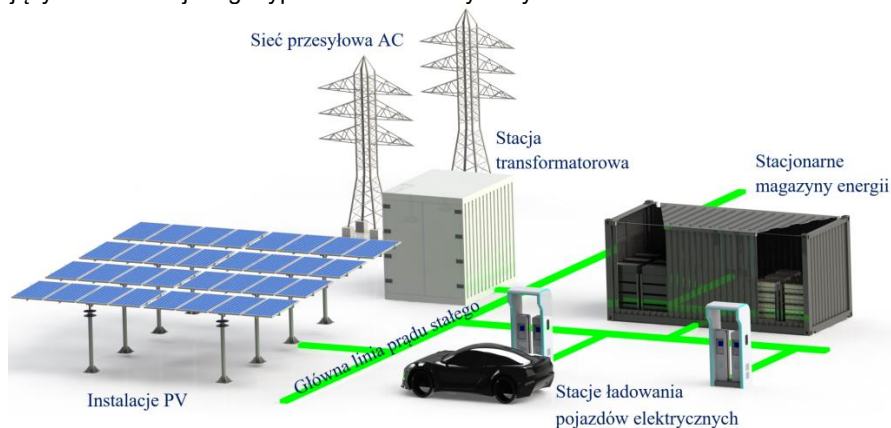
Piotr Grzejszczak¹, Roman Barlik¹, Mikołaj Koszel¹, Bartosz Nowatkiewicz²

(1) Politechnika Warszawska, Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej, (2), Wibar Instalacje Sp. z o. o.

Słowa kluczowe: mikrosieć prądu stałego, magazynowanie energii, elektromobilność, fotowoltaika
Keywords: DC microgrid, energy storage, electromobility, photovoltaics

Streszczenie

Perspektywa rozwoju sieci elektroenergetycznych w kierunku systemów inteligentnych typu „smart grid” obliguje ośrodki R&D do projektowania i wdrażania rozwiązań uwzględniających nieuchronne zmiany w systemie elektroenergetycznym w kraju i na świecie, są to m.in. rozwój rynku prosumenckiego (użytkowanie energii i wytwarzanie, z wykorzystaniem rozproszonych zasobników energii w postaci przydomowych mikromagazynów, czy akumulatorów w samochodach elektrycznych – systemy typu G2V i V2G (odpowiednio z ang. grid to vehicle i vehicle to grid)) oraz rynku usług systemowych DSR (ang. DemandSideResponse). Istnieje szereg czynników stymulujących do rozwoju tego typu zaawansowanych systemów.



Rys. 1. Koncepcja realizacji mikrosieci prądu stałego SIMES

Pierwszym z nich są coraz bardziej rygorystyczne wytyczne do ograniczania negatywnego wpływu przemysłu na środowisko naturalne. Sprzyjają one dynamicznemu rozwojowi energetyki odnawialnej. Przy tworzeniu licznych lokalnych źródeł odnawialnych (OZE) należy mieć na uwadze zapewnienie poprawnej współpracy systemu elektroenergetycznego z lokalnymi źródłami OZE, z uwzględnieniem dodatkowych możliwości bilansowania energii z wykorzystaniem lokalnych magazynów energii.

Kolejnym istotnym czynnikiem sprzyjającym jest pilna potrzeba instalacji dużej liczby publicznych punktów ładowania pojazdów elektrycznych w kraju. Analizując rynki zachodnie, na których intensywność wprowadzania rozwiązań z zakresu zero-emisyjnego transportu jest dużo bardziej zaawansowana, wyraźnie widać, że warunkiem niezbędnym do osiągnięcia dużej dynamiki rozwoju tego rynku elektromobilności jest powszechna i łatwo dostępna infrastruktura ładowania na terenie całego kraju.

Równie ważne dla tego typu systemów, ze względu na przeznaczenie użytkowe, jest zapewnienie trwałego i niezawodnego zasilania, a w przypadku zaistnienia awarii, możliwość automatycznej eliminacji uszkodzonego podzespołu bez znacznego pogorszenia parametrów użytkowych, a także łatwość przywrócenia pełnej funkcjonalności w możliwie jak najkrótszym czasie.

Odpowiedzią na powyższe wymagania jest proponowany **Inteligentny modułowy system bloków przekształcania energii elektrycznej dla mikro sieci prądu stałego z jednostkami wytwarzania OZE i magazynowania energii**, pod nazwą SIMES, wykorzystujący ideę integracji wszystkich elementów mikro sieci poprzez centralną linię prądu stałego (rys. 1).

Ta pionierska w skali kraju koncepcja mikro sieci SIMES, wykorzystująca zunifikowane moduły energoelektroniczne prądu stałego, umożliwia bezpośrednią integrację z OZE, poprzez dołączenie tego systemu do głównej linii DC. Dzięki zintegrowanym zasobnikom energii (SME) zwiększona zostaje efektywność wykorzystania OZE w systemie i w samym procesie ładowania pojazdów elektrycznych i zasilania odbiorników, także dzięki możliwości magazynowania nadwyżek energii w czasie szczytowej generacji i oddawaniu energii w okresach braku generacji ze źródeł odnawialnych.

Głównym czynnikiem wyróżniającym koncepcję SIMES od rozwiązań konkurencyjnych jest modułowa budowa mikro sieci, która polega na zastąpieniu jednego toru przetwarzania energii na rozwiązanie składające się z kilku mniejszych bloków energoelektronicznych o takiej samej strukturze i parametrach znamionowych. Taka budowa umożliwia uzyskanie zupełnie nowych i atrakcyjnych cech całego systemu, które poprawiają właściwości techniczne, ale również ekonomiczne w stosunku do konkurencji. Zastosowanie kilku bloków w miejsce jednego, umożliwia budowę systemów redundantnych i rekonfigurowalnych – zwiększających niezawodność dostarczania energii i łatwość adaptacji w różnych aplikacjach.

Zastosowanie nowoczesnych technologii półprzewodnikowych i magnetycznych do budowy modułów przekształtnikowych pozwala znacząco poprawić jakość energii pobieranej z publicznej sieci AC, a jednocześnie zmniejszyć gabaryty i masę elementów biernych stosowanych do ich budowy, czyli zmniejszyć koszty modułów i podnieść wskaźnik gęstości mocy.

Zastosowanie wysokowydajnych algorytmów zarządzania energią w mikro sieci oraz przyjęta koncepcja sterowania wielomodułowym i wielofunkcyjnym systemem energoelektronicznym daje wiele stopni swobody w realizacji założonych strategii działania i będzie stanowić znaczącą przewagę w stosunku do konwencjonalnych rozwiązań. Wśród najważniejszych funkcji układu sterowania można wymienić:

- Maksymalizację produkcji energii z OZE,
- Szybkie ładowanie pojazdów elektrycznych,
- Bilansowanie energii za pomocą SME,
- Regulacja wymiany energii z systemem elektroenergetycznym (dynamiczny handel energią),
- Kompensacja mocy biernej w punkcie przyłączenia do SEE (współpraca z OSD),
- Strategia zarządzania energią na wypadek stanów awaryjnych (np. zaniku napięcia w SEE).

Do realizacji powyższych zadań planowane jest wykorzystanie zaawansowanych metod sterowania, w tym logiki rozmytej i sztucznych sieci neuronowych, a także algorytmów predykcyjnych uzależniających wybór strategii zarządzania energią np. od prognozowanych warunków atmosferycznych oraz na podstawie analizy profilu zużycia energii danego odbiorcy lub grupy odbiorców, a także prognozowanych cen energii na rynku dnia następnego.

Mimo, że pierwotna koncepcja mikro sieci SIMES przewidywała zastosowanie jej raczej w obszarach o charakterze przemysłowym, takich jak lokalne klastry energii, producentów energii elektrycznej (instalacje PV dużej i średniej mocy), duże zajezdnie autobusowe oraz stacje ładowania aut elektrycznych przy drogach ekspresowych i autostradach, czy też centra handlowe i obiekty użyteczności publicznej, to biorąc pod uwagę bardzo dużą dynamikę na rynku prosumenckim, oraz ostatnie zmiany regulacyjno-prawne w tym obszarze, przedstawiona powyżej idea mikro sieci SIMES z powodzeniem znajdzie zastosowanie w przydomowych mikro instalacjach PV z lokalnymi zasobnikami energii elektrycznej, których zastosowanie zwiększy opłacalność tego typu inwestycji.

Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do oceny zmęczenia pracownika na wybranych stanowiskach pracy

Andrzej Majkowski, Marcin Kołodziej, Dariusz Sawicki,

Remigiusz J. Rak, Paweł Tarnowski

Politechnika Warszawska, Instytut Elektrotechniki Teoretycznej i Systemów Informacyjno-Pomiarowych

Słowa kluczowe: detekcja zmęczenia, uczenie maszynowe, analiza sygnałów, klasyfikacja

Keywords: fatigue detection, machine learning, signal analysis, classification

Rozpoznawanie zmęczenia – przebieg eksperymentu

Procedurą badawczą została objęta grupa 32 zdrowych osób (7 kobiet, 25 mężczyzn), w wieku od 19 do 30 lat (średnia wieku 22,3). Zadaniem uczestników było wykonywanie zadania *N-back* przez 60 minut. W trakcie badań rejestrowano sygnały elektrofizjologiczne: elektroencefalograficzny (EEG), elektrookulograficzny (EOG), aktywności elektrodermalnej (GSR/EDA), częstość uderzeń serca (HR) oraz obraz twarzy (tab.1). Na użytek dalszych eksperymentów uznano, że w pierwszych 10 minutach badania wszyscy byli wypoczęci, natomiast końcowe 10 minut eksperymentu przypisano do kategorii zmęczenia. Założenie to zweryfikowano poprzez analizę subiektywnej oceny zmęczenia na początku i na końcu eksperymentu (w postaci ankiety wypełnianej przez uczestników).

Tabela 1. Zestawienie rejestrowanych sygnałów behawioralnych i fizjologicznych

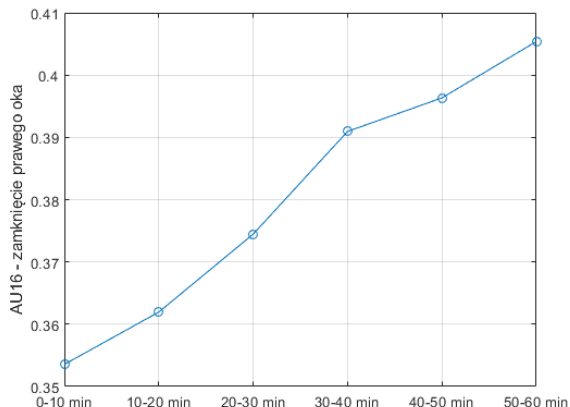
Urządzenie	Rejestrowany sygnał fizjologiczny	Analizowane cechy sygnału
Elektroencefalograf (g.TEC g.USBamp 2.0)	EEG	Energia w podpasmach (alfa, beta gamma, delta, theta), złożoność sygnału
Elektrookulograf (g.TEC g.USBamp2.0)	EOG	Czas mrugnięcia, częstotliwość mrugnięcia, amplituda mrugnięcia
Skaner 3D (Kinect 360)	Skan twarzy	Analiza położenia punktów charakterystycznych twarzy
Kamera	Mimika twarzy	Parametry mrugania, ziewanie, pochylenie głowy
Smartwatch E4	Częstość uderzeń serca (HR), aktywność elektrodermalna (GSR/EDA)	Puls, aktywność elektryczna skóry

Analiza sygnałów na użytek detekcji zmęczenia

Analiza mimiki twarzy i ruchów ciała

Za pomocą urządzenia Kinect zarejestrowano 17 współczynników Action Units związanych z ruchami mimicznymi oraz współrzędne (x, y, z) 35 punktów charakterystycznych twarzy, a także współrzędne (x, y, z) 25 różnych części ciała uczestników badań. Współczynniki Action Units opisują konkretne ruchy mimiczne, np. zamknięcie prawego oka, czy też opuszczenie prawej brwi. Mogą one przyjmować wartości z zakresu od -1 do 1 co opisuje, w jakim stopniu dany ruch mimiczny jest wykonany. Dla współczynnika AU16 związanego z zamknięciem prawego oka wartość 1 oznacza oko całkowicie zamknięte, a wartość -

1 oko szeroko otwarte. Podglądowo na rysunku 1 przedstawiono uśrednioną dla wszystkich uczestników wartość tego współczynnika. Zwiększenie wartości średniej współczynnika AU16 może oznaczać, że w trakcie badania osoba miała tendencję do przemykania oka i/lub częstotliwość mrugania wzrosła.



Rys. 1. Uśredniony współczynnik AU16 w trakcie wykonywania testu *n-back*

Analiza sygnału EOG

Ważnym elementem badań, była automatyczna detekcja mrugnięć. Zarejestrowane sygnały elektrookulograficzne (EOG) zostały poddane przetwarzaniu wstępnemu. Celem przetwarzania wstępnego było usunięcie artefaktów technicznych oraz wyodrębnienie składowych sygnału EOG związanych z mruganiem. W celu usunięcia częstotliwości sieciowej 50Hz zastosowano wąsko-zaporowy (48-52Hz) filtr cyfrowy Butterworta 4 rzędu. Następnie, aby wyodrębnić składową sygnału EOG związaną z mrugnięciem, zastosowano analizę składowych niezależnych ICA. Do analizy mrugnięć wykorzystano detekcję maksimów sygnału EOG, przekraczających zadany próg. Proóg detekcji wyznaczono doświadczalnie. Dla każdego wykrytego mrugnięcia obliczono cechy w postaci amplitudy mrugnięcia i czasu mrugnięcia oraz czasu pomiędzy poszczególnymi mrugnięciami. Amplitudę mrugnięcia określono jako wartość maksymalną sygnału EOG. Jako czas trwania mrugnięcia przyjęto czas, dla którego amplitudy próbek sygnału EOG dla mrugnięcia przekraczały wartość progową równą 0,2. Odstępy czasu pomiędzy mrugnięciami wyznaczono jako czas pomiędzy wartościami maksymalnymi sygnału EOG dla kolejnych mrugnięć.

Zgromadzone dane wykorzystano do nauki klasyfikatora kwadratowej analizy dyskryminacyjnej (QDA) z zastosowaniem testu krzyżowego dziesięciokrotnego (10-CV). Obliczono osobno trafności klasyfikacji dla cech: czas pomiędzy mrugnięciami, amplituda mrugnięć, czas mrugnięcia, oraz dla wszystkich trzech cech łącznie. Najlepsze średnie wyniki klasyfikacji wynoszące 93% otrzymano wykorzystując łącznie wszystkie 3 cechy. Wyniki trafności klasyfikacji dla cechy, jaką jest czas pomiędzy mrugnięciami wyniosły 78%, dla cechy jaką jest amplituda mrugnięcia wyniosły 82%, a dla cechy jaką jest czas mrugnięcia wyniosły 82%.

Analiza sygnału EEG

W analizie sygnału EEG zastosowano dwa podejścia, pierwsze bazujące na energii sygnału oraz drugie z wykorzystaniem entropii. Zarejestrowany sygnał EEG podzielono na okna o długości 5 sekund. Dla każdej z elektrod i każdego okna obliczono cechy sygnału. Do obliczenia energii sygnału EEG zastosowano filtry cyfrowe. Zarejestrowane sygnały EEG, dla 14 elektrod, poddawane zostały filtracji w pasmach Alpha (8-13Hz), Beta (12-30Hz) i Theta (4-7Hz). Następnie obliczona została energia w każdym podpaśmie, z wykorzystaniem wariancji sygnału. Entropię obliczono dla sygnału EEG w paśmie 1-30Hz. Na użytek badań zaproponowano trzy rodzaje cech związanych z kombinacją pasm: Alpha, Beta i Theta. Pierwsza cecha jest obliczona jako stosunek energii w paśmie Alpha i Beta. Druga cecha jest stosunkiem energii w paśmie Alpha i paśmie Beta+Theta. Trzecia cecha obliczona jest jako entropia sygnału EEG.

Otrzymane wyniki wskazują, że możliwe jest wykorzystanie cech związanych z energią w paśmie Beta i Alpha/Theta na użytek detekcji zmęczenia. Szczególnie cechy obliczone dla elektrod P4, Pz, P3

oraz Oz wydają się mocno powiązane ze zmęczeniem. Natomiast miara jaką jest entropia nie okazała się być użyteczna w tym zakresie.

Analiza HR

Zostały zarejestrowane sygnały częstości uderzeń serca (HR) oraz przyspieszenia nadgarstka ręki (ACC) z pomocą smartwatch'a E4. Sygnał HR był rejestrowany z częstotliwością 1Hz, natomiast sygnał przyspieszenia ACC – 32Hz. Sygnał ACC został obliczony jako moduł przyspieszenia z kierunków przyspieszeń w osiach x, y, z. Z każdego 1 minutowego okna dla sygnału HR wyznaczono 2 cechy: średnią częstość uderzeń serca na minutę oraz wariancję tego sygnału. Z każdego 1-minutowego okna dla sygnału ACC wyznaczono 1 cechę: wariancję sygnału. Zmęczenie próbowano wykryć z wykorzystaniem poszczególnych cech oraz ich połączenia. W pierwszym przypadku wykorzystano tylko średnią częstość uderzeń serca HR jako cechę. Klasyfikację przeprowadzono w wykorzystaniu testu krzyżowego dziesięciokrotnego (10-CV) dla klasyfikatorów maszyny wektorów nośnych z liniową funkcją jądra (SVM-L) i najbliższych sąsiadów (KNNk=1). W obu przypadkach uzyskano 100% trafność klasyfikacji. W drugim przypadku wykorzystano tylko wariancję sygnału HR jako cechę. Klasyfikację przeprowadzono w wykorzystaniu testu 10-CV. Trafność klasyfikacji wynoszącą 75% uzyskano dla klasyfikatorów liniowej analizy dyskryminacyjnej (LDA) oraz maszyny wektorów nośnych z kwadratową funkcją jądra (SVM-Q). Zatem wariancja sygnału HR wydaje się być gorszą cechą niż średnia częstość uderzeń serca. Następnie wykorzystano tylko wariancję sygnału przyspieszenia nadgarstka ręki (ACC) jako cechę. Klasyfikację przeprowadzono w wykorzystaniu testu 10-CV. Uzyskano 95% trafności klasyfikacji dla klasyfikatora LDA i 90% dla klasyfikatora SVM-L. W przypadku wykorzystania wszystkich trzech cech razem (średnia częstość uderzeń serca HR, wariancja sygnału HR, wariancja sygnału przyspieszenia nadgarstka ręki) dla testu 10-CV otrzymano 100% trafność klasyfikacji dla klasyfikatorów SVM-L, SVM-Q oraz LDA. Zatem użycie razem tych trzech cech wydaje się umożliwiać skuteczne rozpoznanie zmęczenia.

Analiza obrazu twarzy

Celem analizy obrazu zarejestrowanego kamerą była detekcja i pomiar liczby mrugnięć, liczby ziewnięć, liczby krótko-czasowego zamknięcia oczu (trwającego krócej niż 300ms), minimalnej wartości kąta pochylenia na boki głowy, maksymalnej wartości kąta pochylenia na boki głowy.

Zarejestrowany obraz został poddany wstępnej analizie w celu lokalizacji punktów charakterystycznych. Wykorzystany algorytm lokalizacji punktów charakterystycznych bazuje na analizie tekstury we wcześniej wyodrębnionym obszarze zainteresowania (ROI) z zastosowaniem detektora bazującego na algorytmie Viola-Jones. Najbardziej obiecujące okazało się badanie kąta pochylenia głowy. Na podstawie tego kąta w przypadku 21 osób na 26 okazało się, że można poprawnie wykryć zmęczenie.

Fuzja danych

Bazując na analizach przeprowadzonych dla poszczególnych sygnałów i obrazów, podjęto próbę stworzenia systemu rozpoznającego zmęczenie z wykorzystaniem kilku modalności (sygnały EOG, EEG, HR, ACC, obraz twarzy). Autorzy mieli nadzieję, że zastosowanie wielu cech z różnych modalności pozwoli na uzyskanie lepszych wyników detekcji zmęczenia. Do badań wykorzystano test krzyżowy 10-CV oraz klasyfikatory LDA i SVM z liniową funkcją jądra. Otrzymano wyniki trafności klasyfikacji wynoszące 81.9% dla klasyfikatora LDA i 78.7% dla klasyfikatora SVM. Zatem, wykorzystanie wielu cech przyczynia się do polepszenia trafności rozpoznania zmęczenia. W następnym kroku, zastosowano klasyfikator SVM z jądrem wielomianowym trzeciego stopnia. Otrzymano trafność klasyfikacji wynoszącą 96.1%.

Przeprowadzono również badania związane z budową drzewa decyzyjnego z wykorzystaniem wszystkich cech. Dla testu 10-CV otrzymano wynik trafności klasyfikacji wynoszący 96.4%. Takie wysokie poziomy wykrywania zmęczenia pozwalają na stwierdzenie, że opracowany model decyzyjny pozwala skutecznie rozpoznawać zmęczenie użytkownika.

Generacja optymalnego rozkładu dawki w planowaniu radioterapii z wykorzystaniem metod uczenia głębokiego

Zuzanna Krawczyk (1), Robert Szmurło (1), Paweł Zawadzki (1),
Jacek Starzyński (1), Estera Kot (1), Anna Zawadzka (2)

(1) IETiSiP, Wydział Elektryczny, Politechnika Warszawska

(2) Centrum Onkologii - Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie

Słowa kluczowe: uczenie głębokie, konwolucyjne sieci neuronowe, radioterapia, rozkład dawki

Keywords: deep learning, convolutional neural networks, radiotherapy, dose distribution

Radioterapia wiązkami zewnętrznymi stanowi jedną z kluczowych metod leczenia onkologicznego. Polega ona na napromienianiu obszaru nowotworu promieniowaniem jonizującym. W procesie leczenia istotne jest dostarczenie odpowiedniej dawki promieniowania do chorych tkanek z marginesem bezpieczeństwa (określanych jako PTV (ang. Planning Target Volume)), przy jednoczesnej minimalizacji dawki promieniowania dostarczanej do tkanek zdrowych, w szczególności do narządów krytycznych. Aby przeprowadzić pomyślnie terapię, konieczne jest przygotowanie planu leczenia. Jest to złożony proces, który opiera się na rozwiązaniu problemu odwrotnego. Celem przeprowadzonych badań jest rozwój metod wspomagających proces planowania radioterapii prowadzących do przyspieszenia jego przygotowywania poprzez automatyzację zapewniającą generowanie rozkładu dawki terapeutycznej spełniającej parametry akceptacji klinicznej. Wszystkie rozważane przypadki stanowią pacjenci leczeni techniką VMAT (Volumetric Modulated Arc Therapy). W pracach skupiono się na danych dotyczących pacjentów z rakiem sutka – najczęściej występującym i jednym z najbardziej śmiertelnych nowotworów złośliwych u kobiet. Niniejsze streszczenie stanowi opis badań wykonywanych w ramach grantu wewnętrznego wspierającego prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Szczegółowe wyniki badań zostały opublikowane w [1].

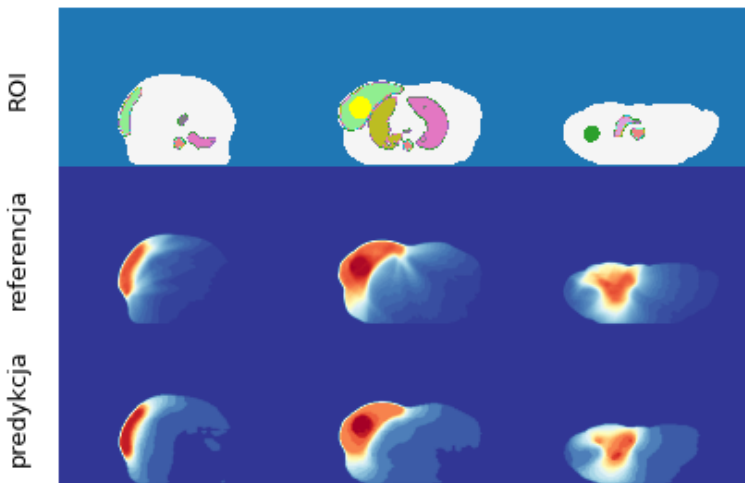
W ramach przeprowadzonych prac opracowano i zaimplementowano metody generujące na podstawie danych wejściowych (takich jak segmentacje narządów krytycznych (OAR) oraz segmentacje tkanek chorych z marginesem bezpieczeństwa (PTV) przestrzenny rozkład dawki dostosowany do konkretnego pacjenta. Dobrej jakości automatycznie wygenerowany rozkład dawki może przyspieszyć tworzenie optymalnych planów leczenia, a także zredukować koszty leczenia. Rozwinięte metody oparto o modele konwolucyjnych sieci neuronowych (CNN). Problem generacji rozkładu dawki traktowany jest jako zadanie segmentacji: obraz z segmentacjami narządów krytycznych oraz PTV traktowany jest jako dane wejściowe sieci, a obraz wyjściowy reprezentuje rozkład dawki. Klasy segmentacji na obrazie wyjściowym reprezentują określone poziomy dawek.

Zbiór danych uczących wykorzystanych do treningu sieci składa się z 85 przypadków pacjentów leczonych na raka piersi. Każdy przypadek zawiera serię tomografii komputerowej, segmentacje narządów krytycznych oraz chorych tkanek, jak również referencyjny, wyznaczony przez eksperta optymalny rozkład dawki potrzebny w procedurze planowania napromieniania. W danych można wyróżnić dwa rodzaje przypadków: pacjentów napromienianych po mastektomii piersi (M) oraz pacjentów napromienianych po operacji oszczędzającej piersi (B). Obie kategorie różnią się od siebie poziomem przepisanej dawki oraz uwzględnianymi obszarami PTV. 15 przypadków zostało wydzielonych ze zbioru jako przypadki testowe i nie brało udziału w procedurze treningu sieci. Z pozostałych 70 przypadków wydzielono zbiór treningowy i zbiór walidacyjny w stosunku 90:10.

W przeprowadzanych badaniach skupiono się na trzech popularnych modelach sieci wykorzystywanych w zadaniu segmentacji: U-net, ResNet+Unet oraz ResNet+PSPNet. Procedura treningu sieci składała się z dwóch etapów. W pierwszym etapie wszystkie modele trenowane były przez 300 epok, a wielkość partii została ustawiona na wartość równą 2, w każdej epoce wykonywano 512 kroków. Do trenowania sieci użyto optymalizatora „adam”, a jako funkcję straty zastosowano kategorię entropii krzyżową. Podczas treningu zastosowano 5-krotną walidację krzyżową, aby lepiej ocenić zdolność generalizacji modeli. Do dalszych badań wybrano ten z modeli sieci, który osiągnął największą wartość miary podobieństwa rozumianej jako indeks Jaccarda, uśredniony dla wszystkich poziomów dawki. Wybrany model wytrenowano w różnych konfiguracjach w celu doboru hiperparametrów takich jak wielkość partii.

Skuteczność wytrenowanych sieci oceniono przy pomocy trzech różnych miar podobieństwa graficznego. Dla modelu sieci uzyskującego najwyższą wartość indeksu Jaccardauzyskany rozkład dawkioceniono również pod kątem miar klinicznych. Oceniono średnią wartość dawki zdeponowaną w regionach PTV, sercu i obu płucach. Dla poszczególnych przypadków testowych wygenerowano również histogramy dawka-objętość.

Najlepszym modelem sieci okazała się sieć ResNet+Unet, trenowana przez 114 epok z wielkością partii równą 8 pozwalająca na generację dostosowanych do konkretnego przypadku rozkładów dawki. Przykładowe uzyskane rozkłady dawek wraz z odpowiadającymi im segmentacjami narządów przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Rozkład dawki uzyskany przez sieć ResNet+Unet dla przykładowego pacjenta

Podsumowanie

W ramach przeprowadzonych prac zbadano przydatność modeli powszechnie stosowanych w zadaniu segmentacji do zadania przewidywania przestrzennego rozkładu dawki dla konkretnego pacjenta. Nawet zastosowanie typowej głębokiej sieci neuronowej, o domyślnej strukturze pozwala uzyskać obiecujące wyniki. Najlepszą z rozważanych sieci okazał się model ResNet+Unet uzyskując najwyższe wartości miary Jaccarda oraz niemal tak samo dobrą predykcję rozkładu dawki dla obu rozważanych typów przypadków.

Automatyczna generacja przestrzennego rozkładu dawki może przyspieszyć proces planowania leczenia radioterapeutycznego i dostarczyć nowych informacji specjalście odpowiedzialnemu za jej planowanie. Wykorzystanie do tego celu modelu CNN pozwala na generowanie rozkładu dawki bez konieczności ręcznej selekcji cech, jak ma to miejsce w tradycyjnych metodach uczenia maszynowego.

Obecne badania skupiają się na implementacji sieci trójwymiarowej o strukturze inspirowanej siecią V-net, która pozwoli na jeszcze lepsze odwzorowanie przestrzennego, trójwymiarowego charakteru generowanego rozkładu dawki.

1. Z. Krawczyk, R. Szmurło, P. Zawadzki, E. Kot, J. Starzyński and A. Zawadzka, "Volumetric Modulated Arc Therapy Dose Distribution Prediction for Breast Cancer Patients: CNN Approach," 2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2021, pp. 1-10, doi: 10.1109/IJCNN52387.2021.9533826.



Rekrutujemy
TRUMPF Huettinger

**Zajrzyj
#zCiekawości**

Zostań z wyboru

Koordinator ds. automatyki w R&D
Kreuj technologie przyszłości,
rozwijaj kluczowe projekty

www.zajrzyjciekawosci.pl

Dane kontaktowe

TRUMPF Huettinger Sp. z o. o.

Marecka 47, 05-220 Zielonka

tel. 22 761 38 00

https://www.trumpf.com/pl_PL/

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE DLA EKOLOGICZNEGO TRANSPORTU

- Napędy trakcyjne
- Przetwornice pomocnicze
- Systemy TCMS

dla pojazdów metra, eżt, szt, tramwajów,
lokomotyw, trolejbusów, autobusów
elektrycznych, wagonów pasażerskich

Produkujemy nasze urządzenia bazując na komponentach przyjaznych dla środowiska. Nasze rozwiązania wspierają gospodarkę racjonalnie zarządzającą zasobami energetycznymi, sprzyjają ochronie klimatu i budowały świat oparty na elektromobilności.

Produkowane przez MEDCOM urządzenia to nowatorskie projekty, powstałe dzięki wiedzy i doświadczeniu naszych specjalistów.

Oferujemy szereg nowoczesnych rozwiązań w pełnej technologii SiC, dedykowanych konkretnym typom pojazdów, w tym kompleksowe układy napędowe, układy zasilania, sterowania i informacji pasażerskiej, kompletne systemy infrastruktury ładowania, obejmujące całą gamę rozwiązań: od mobilnych ładowarek przeznaczonych dla zajeżdźni, poprzez ładowarki nocne, aż po stacyjne ładowarki pantografowe wysokich mocy instalowane na przystankach, a także urządzenia serii E-recycler do odzysku i magazynowania energii generowanej w trakcie hamowania pojazdów elektrycznych.

MEDCOM Sp. z o.o., Polska

www.medcom.com.pl

MEDCOM electrify.

Dane kontaktowe

Medcom Sp. z o.o.
ul. Jutrzenki 78A, 02-230 Warszawa
tel.: 22 314 42 00
<https://www.medcom.com.pl/>

Polskie Sieci Elektroenergetyczne



Opis działalności

Polskie Sieci Elektroenergetyczne są strategiczną spółką Skarbu Państwa. Odpowiadamy za niezawodne działanie sieci przesyłowej i bezpieczną pracę krajowego systemu elektroenergetycznego. Jesteśmy właścicielem ponad 15 tys. km linii oraz 109 stacji najwyższych napięć.

Aktywnie uczestniczymy w transformacji rynku energii i szukamy nowoczesnych rozwiązań odpowiadających na wyzwania przyszłości. Należymy do największych operatorów sieci przesyłowej w Europie i jesteśmy zaangażowani w proces synchronizacji systemu elektroenergetycznego państw bałtyckich z systemem Europy kontynentalnej.

Opublikowaliśmy raport wpływu, w którym opisaliśmy, jak zarządzamy wpływem naszej działalności na gospodarczy, środowiskowy oraz społeczny rozwój kraju. Więcej na <https://raport.pse.pl>

Dane kontaktowe

Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.

ul. Warszawska 165, 05-520 Konstancin-Jeziorna

e-mail: pse@pse.pl

<https://www.pse.pl/>



SYSTEMY ZASILANIA GWARANTOWANEGO

APS ENERGIA SA obecna na rynku od ponad 27 lat, jest projektantem i producentem systemów zasilania gwarantowanego dla wielu sektorów gospodarki. Firma współpracuje z ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą oraz zatrudnia najlepszych absolwentów uczelni technicznych. Posiada własny dział badawczo-rozwojowy, stawia na innowacyjność i projektuje indywidualne rozwiązania o najwyższych dostępnych na rynku parametrach. Produkcja odbywa się w Polsce i w Jekaterynburgu w Rosji, a urządzenia dostarczane są na cały świat. Spółki zależne wchodzące w skład Grupy APS Energia SA znajdują się w Polsce, Rosji, Czechach, Kazachstanie, Azerbejdżanie, Turcji i na Ukrainie.

PROJEKTUJEMY INDYWIDUALNE ROZWIĄZANIA

Urządzenia produkowane w APS Energia SA są dostosowane do indywidualnych potrzeb klientów. Nasi inżynierowie analizują zapotrzebowanie i parametry techniczne każdego systemu i projektują rozwiązania gwarantujące niezawodne zasilanie naważających odbiorców.

KNOW-HOW

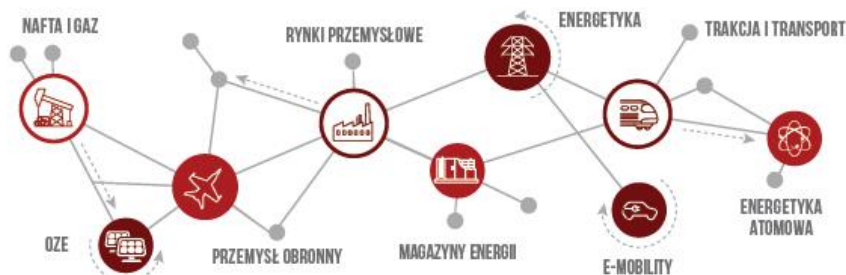
Współpraca z Politechniką Warszawską oraz innymi jednostkami naukowymi w kraju i za granicą daje nam nieograniczony dostęp do najnowszych rozwiązań w dziedzinie elektroenergetyki. Zgodnie z nimi udoskonalamy nasze urządzenia, oferując klientom najwyższą jakość.



DZIELIMY SIĘ WIEDZĄ

Nasz zespół inżynierski prowadzi szkolenia i doradztwo w zakresie systemów zasilania dla energetyki i przemysłu. Organizujemy seminaria i konferencje naukowo-techniczne, podczas których prezentowane są najnowsze rozwiązania w dziedzinie elektroenergetyki. Z naszej wiedzy i doświadczenia korzystają inżynierowie, projektanci urządzeń oraz działy eksploatacji z branży energetycznej.

OBSZARY NASZEJ DZIAŁALNOŚCI



APS Energia SA
ul. Strużńska 14
05-126 Stanisławów Pierwszy

tel: +48 (22) 762 00 00
fax: +48 (22) 762 00 01
serwis@apsenergia.pl
www.apsenergia.pl



Opis działalności

Strom Power is a leading global proprietary investment firm focused on competitive wholesale energy and commodities markets worldwide.

Our bespoke investment capabilities span the globe and utilize a wide range of strategies covering public and private markets.

Strom Power's investment philosophy is driven by an integrated process that draws from Strom's experienced team of professionals, combined with deep industry expertise, enabling us to overcome complexity while developing innovative investment strategies.

Our research fundamentals are based on advanced electrical engineering science.

Disciplined investment process integrates advanced engineering, technical and statistical research, macroeconomic analysis and risk management.

The company has committed to hiring the best talent in the industry in order to fulfill its vision and strategy.

Company values: entrepreneurial, ambitious, high performance, collaborative, continuous improvement, respectful, honest, ethical and humble.

Dane kontaktowe

Magdalena Matwiejczuk magda@strompower.com

Fabiano Silveira Aguilar fabiano@strompower.com

<https://strompower.com/>

Opis działalności

FAST Group sp. z o.o. kontynuuje działalność od 1990 roku. W tym roku obchodzimy 32 lecie działalności. Jednym z założycieli i obecnym Prezesem Zarządu jest Aleksander Redlich – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Od kilku lat firma jest 100% firmą rodzinną, którą kierują absolwenci WE PW, którym jest również Michał Redlich (Vice Prezes).

Od powstania naszym celem było rozwijać firmę o charakterze inżynierskim, podejmującą się ambitnych zadań. Z tego powodu firma ewoluowała w kierunku specjalizacji w projektowaniu, budowie i utrzymaniu obiektów typu DATA CENTER.

Naszą ideą jest projektowanie i budowa DATA CENTER niezawodnych, energooszczędnych i skalowanych.

Inwestujemy w szkolenia pracowników i obecnie mamy wielu certyfikowanych inżynierów w zakresie DATA CENTER w różnych branżach inżynierskich (architekt, inżynierowie elektrycy, sanitarni).

Poprzez naszą spółkę zależną zajmujemy się profesjonalnie systemami przeciwpożarowymi, w tym w gaszeniu suchym (np. serwerowni).

Najnowszym działem firmy jest dział kogeneracji, który rozwijamy teraz aktywnie.

W najbliższym czasie spodziewamy się pierwszego kompleksowego projektu dotyczącego budowy serwerowni zasilanej w całości energią ze źródeł odnawialnych.

Dane kontaktowe

FAST Group SP. z o.o.
Al. 3 Maja 12, 00-391 Warszawa
www.FAST-Group.com.pl
+48 22 625 10 18
info@FAST-Group.com.pl

Opis działalności

Astat sp. z o.o. to ponad **30-letnie doświadczenie na rynku**, merytoryczna wiedza branżowa w zakresie oferowanych produktów oraz fachowe doradztwo techniczno-handlowe.

Firma Astat zajmuje się dystrybucją rozwiązań z dziedziny **energetyki, automatyki przemysłowej** oraz prowadzi kompleksową obsługę zagadnień z zakresu **kompatybilności elektromagnetycznej**.

Duża różnorodność oraz dostępność to zalety naszej oferty. Asortyment firmy ASTAT tworzą **produkty i rozwiązania 200 krajowych oraz zagranicznych, renomowanych producentów**. Klientom naszej firmy oferujemy bardzo szeroką gamę profesjonalnych rozwiązań.

Działamy kompleksowo. Udzielamy profesjonalnego wsparcia w procesie wyboru optymalnych rozwiązań, będąc do Państwa dyspozycji w biurze ASTAT, jak również zapewniamy pomoc naszych mobilnych doradców, którzy dojadą we wskazane przez Państwa miejsce.

Dzięki wieloletniej i efektywnej współpracy z naszymi dostawcami, naszym Klientom zapewniamy także konkurencyjne ceny oraz krótkie terminy dostaw.

Dział Kompatybilności Elektromagnetycznej, specjalizuje się w takich dziedzinach jakich jak:

- Projektowanie, montaż i uruchomienie komór bezodbićowych, rewerberacyjnych, GTEM oraz klatek Faradaya.
- Weryfikacja obiektów ekranowanych, bezodbićowych, zarówno dla norm cywilnych jak i wojskowych.
- Tworzenie gotowych stanowisk pomiarowych poprzez integrowanie dedykowanego pod normy sprzętu pomiarowego.
- Dostarczanie, uruchamianie oraz serwisowanie urządzeń do badań EMC w zakresie emisji i odporności sprzętów cywilnych i wojskowych.
- Kompleksowe dostarczenie elementów filtrujących, ekranujących, uszczelniających oraz absorbujących EMI dla produkcji zarówno mała jak i wieloseryjnej.
- Doradztwo i pomoc przy projektowaniu min. prototypowe rozwiązania elementów, modyfikacje urządzeń pod kątem zgodności z EMC w naszym laboratorium.
- Innowacyjne materiały termoprzewodzące.
- Skanowanie urządzeń, płytek drukowanych w zakresie emisji elektromagnetycznej i odporności czyli wskazywanie źródeł zaburzeń.
- Usługa automatycznego nanoszenia uszczelnień EMI oraz malowania farbą przewodzącą.

Szkolenia dotyczące szeroko pojętej kompatybilności elektromagnetycznej EMC.

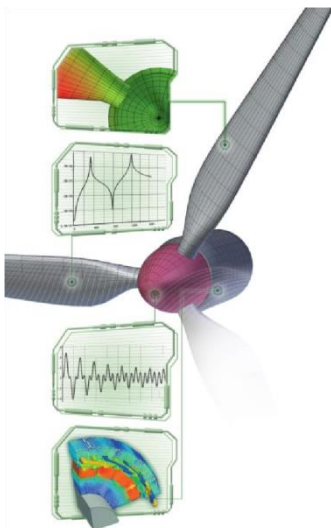
Dane kontaktowe

ASTAT sp. z o.o.

ul. Dąbrowskiego 441, 60-451 Poznań,

tel. (61) 848 88 71, fax. (61) 848 82 76, e-mail: info@astat.pl

Opis działalności



Jesteśmy grupą pasjonatów, profesjonalnie zajmujących się symulacją komputerową – pomagamy naszym Klientom tworzyć lepsze produkty, technologie i procesy. Połączenie pasji, ambitnego i kreatywnego zespołu z ekosystemem przypominającym startup, pozwala nam realizować najbardziej zaawansowane projekty, wychodząc poza standardowe narzędzia i rozwiązania. Stawiamy sobie za cel bycie najlepszą firmą w branży, co poza profesjonalną sprzedażą oprogramowania, prowadzeniem szkoleń, wsparcia technicznego czy realizacji projektów, zobowiązuje nas do dużo szerszych działań.

Korzystaj z oprogramowania ANSYS w swoich badaniach!

Badaj dowolne zjawiska fizyczne i ich wzajemne oddziaływania dzięki licencjom oprogramowania ANSYS dostępnym na Twojej uczelni.

Zeskanuj kod QR i dowiedz się więcej o licencjach badawczych i dydaktycznych na Twojej uczelni.



Dane kontaktowe

MESco sp. z o.o.
Aleja Legionów 4
41-902 Bytom

www.mesco.com.pl
info@mesco.com.pl
+48 32 661 94 36

WIBAR-Instalacje sp. z o.o. sp. j.

WIBAR Technology sp. z o.o.

WIBAR
instalacje

WIBAR
technology

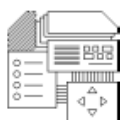
Opis działalności



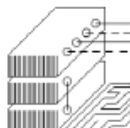
**PROJEKTOWANIE
ELEKTRONIKI**



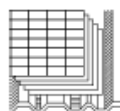
**INFORMATYKA
PRZEMYSŁOWA**



**SYSTEMY
STEROWANIA**



**MAGAZYN
ENERGII**



**ENERGETYKA
ODNAWIALNA**



**TESTY
PRODUKTU**

Dane kontaktowe

handlowy@wibar.pl



wibar.pl



wibar.tech



wibar-group/

Opis działalności

Od roku 1950 aż do chwili obecnej, ETI rozwija się jako przodujący światowy dostawca produktów i usług w dziedzinie instalacji elektrycznych i jako poważny producent ceramiki elektrotechnicznej, narzędzi, wyrobów z tworzywa sztucznego oraz gumy technicznej. Podstawowym czynnikiem powodującym rozwój strategiczny firmy ETI są jej oddziały w Słowenii i w innych państwach a także bliska kooperacja ze strategicznymi partnerami.

Koncern ETI zatrudnia dzisiaj ponad 1900 pracowników, a jego wyroby są sprzedawane w ponad 60 krajach świata. Firma ETI inwestuje bardzo duże środki w badania naukowe i rozwój oraz działalność innowacyjną. Jest jedną z pierwszych firm słoweńskich, która zdobyła certyfikat jakości ISO 9001 i certyfikat zarządzania środowiskiem ISO 14000. Jakość wyrobów oraz usług jest ciągle doskonała dla satysfakcji klientów i doskonałości biznesowej. Wszystkie nasze produkty posiadają międzynarodowe certyfikaty i wiele znaków jakości. Odnieśliśmy sukces w kreowaniu międzynarodowej konkurencji jako nastawionego na rozwój stabilnego zespołu, który nie może zostać zatrzymany ani poprzez nacisk konkurencji ani poprzez odczuwalną w ostatnich latach recesję. W przyszłości nadal będziemy rozwijać naszą ofertę wysokiej jakości produktów i usług a zyski będą inwestowane w wiedzę, rynek i rozwój technologiczny firmy.

Firma ETI Polam jest firmą – córką, która została powołana w 1997 r. przez dwie firmy:

1. FSE „Polam-Pułtusk” S.A. (Polska) z udziałem kapitałowym 40%
2. ETI ELEKTROELEMENT d.d. IZLAKE (Słowenia) z udziałem kapitałowym 60%.

W roku 2001 po porozumieniu się w/w firm ETI ELEKTROELEMENT d.d. zostało jedynym właścicielem firmy ETI Polam Sp. z o.o. ze 100% udziałem kapitałowym.

Celem działalności firmy ETI Polam Sp. z o.o. jest zapewnienie kompleksowej oferty zabezpieczeń:

- instalacji elektrycznych przed przetężeniem,
- obsługi urządzeń elektrycznych przed porażeniem,
- instalacji i urządzeń przed przepięciem.

Dane kontaktowe

ETI Polam Sp. z o.o.

ul. Jana Pawła II 18, 06-100 Pułtusk

<http://www.etipolam.com.pl> | Mail: etipolam@etipolam.com.pl

Tel. +48 (23) 691 93 00 | Fax +48 (23) 691 93 60



Opis działalności

Jest firmą produkcyjno-handlową działającą na europejskim rynku od 1995 r. Obecnie swój dynamiczny rozwój nasza firma zawdzięcza wieloletniemu doświadczeniu kadry technicznej, nowatorskim projektom wdrażanym do realizacji przez naszych inżynierów, którzy uwzględniając obowiązujące normy, wykorzystując najnowsze technologie, zachowując wysoki standard, starają się dostosowywać nasze produkty, jakimi są nowej generacji zestawy wielopompowe przeznaczone do podnoszenia ciśnienia wody do potrzeb i oczekiwań naszych klientów.

Wyróżnia nas nowoczesny potencjał produkcyjny, bogaty park maszynowy, najwyższa jakość stosowanych pomp, fachowa wiedza techniczna, którą chętnie jesteśmy skłonni się podzielić ze wszystkimi, którzy zdecydują się z nami współpracować, własny serwis gwarancyjny i pogwarancyjny, doskonała organizacja pracy, oraz ukierunkowana na wyniki współpraca pomiędzy wszystkimi działami naszej firmy.

To wszystko pozwala wytworzyć zestawy wielopompowe spełniające wymogi rynku, dorównujące a nawet przewyższające jakością produkty naszej konkurencji, odznaczające się starannością wykonania, energooszczędne, sprawdzające się w ekstremalnych warunkach pracy, wyposażone w innowacyjną automatykę, precyzyjną aparaturę kontrolno-pomiarową i niezawodną armaturę gwarantującą komfort obsługi, wysoką sprawność i wieloletnią bezawaryjną eksploatację.

Oferujemy pompy i zestawy hydroforowe do

- | | |
|--------------------------------------|--|
| • budownictwa | • transportu wody pitnej i deszczowej. |
| • przemysłu | • ścieków |
| • rolnictwa, ogrodnictwa i leśnictwa | • aplikacji domowych |
| • instalacji przeciwpożarowych | • ciepłownictwa i wody użytkowej |
| • gospodarki wodnej | • techniki basenowej |

Zapraszamy do współpracy projektantów, instalatorów, deweloperów, hurtowników oraz indywidualnych klientów, którzy cenią na rynku

- | | |
|--|---|
| • profesjonalną i rzetelną obsługę | • terminowe dostawy |
| • doradztwo techniczne | • obszerną dokumentację DTR |
| • nowatorskie rozwiązania w racjonalizatorskich projektach | • wyspecjalizowany serwis gwarancyjny i pogwarancyjny |
| • wysoką jakość świadczonych usług | • komfort eksploatacji |
| • najwyższej klasy, nowoczesne produkty | • oszczędność energii elektrycznej i ochronę środowiska |

Dane kontaktowe

BELSAN Sp. z o.o.

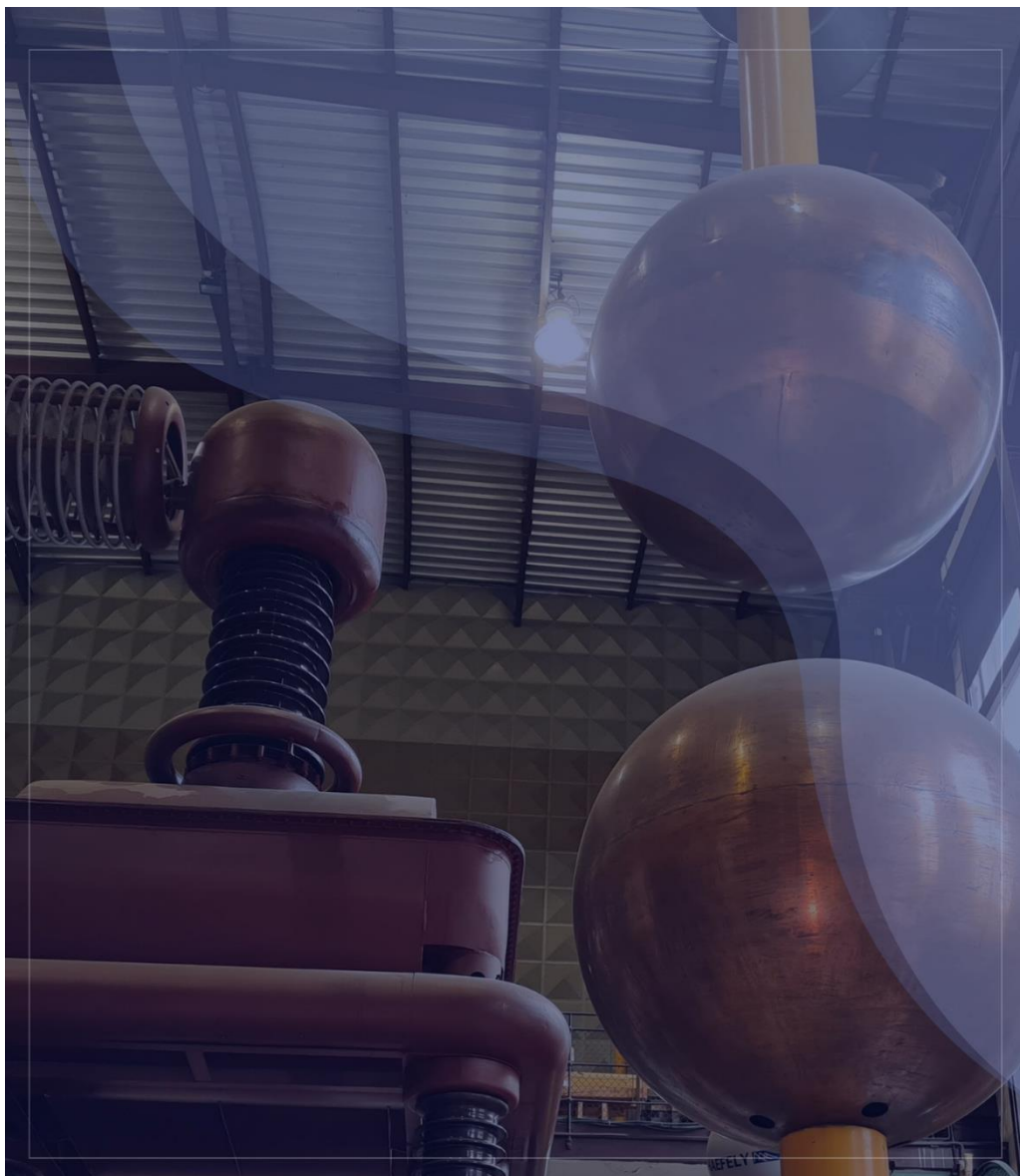
ul. Stężycka 9, 04-461 Warszawa

belsan@belsan.pl, <https://www.belsan.pl/>



Politechnika Warszawska

Wydział Elektryczny
Plac Politechniki 1
00-661 Warszawa
tel. 22 234 72 28
info.ee@pw.edu.pl
www.ee.pw.edu.pl



Konferencja Naukowo - Techniczna

100 LAT BADAŃ I KSZTAŁCENIA W ELEKTROTECHNICE

6 - 7 CZERWCA 2022 | WARSZAWA



**Wydział
Elektryczny**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

www.BKE100.pl