



# BIULETYN



Czerwiec 2021

64

# Członkowie wspierający

**TAURON DYSTRYBUCJA**  
**ODDZIAŁ W TARNOWIE**  
ul. Lwowska 72-96b  
33-100 Tarnów  
tel. 14 631 10 00  
[www.tauron-dystrybucja.pl](http://www.tauron-dystrybucja.pl)



## HURTOWNIA MATERIAŁÓW ELEKTRYCZNYCH



**HURTOWNIA:**

33-100 Tarnów,  
ul. Kryształowa 1/3  
tel. 14 630 10 30  
tel. 14 630 10 40

**SPRZEDAŻ HURTOWA I DETALICZNA**

# Biuletyn Oddziału Tarnowskiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 64

Tarnów

Czerwiec 2021

do użytku wewnętrznego



Wydawca:  
Zarząd Oddziału  
Tarnowskiego  
SEP  
Tarnów  
Rynek 10  
tel. 14 621-68-13

Kolegium  
redakcyjne:

Red. Naczelny  
mgr inż.  
A. Wojtanowski,

Red. działów:  
mgr inż.  
A. Liwo

Za treść ogłoszeń  
Redakcja nie  
ponosi żadnej  
odpowiedzialności

## Do czytelników

Nawiązując do poprzedniego wydania Biuletynu mamy obowiązek nadmienić, że w Polsce nadal mamy pandemię COVID-19. Chociaż należy zaznaczyć, że w dniu oddania do druku niniejszego Biuletynu znacznie spadła ilość zachorowań i w znacznym stopniu zredukowano obostrzenia wynikające z profilaktyki pandemicznej. Niestety swoje żniwo pandemia zebrała wśród naszego koleżeństwa co ma swój wymiar we wspomnieniach zamieszczonych wewnątrz.

Pomimo takich utrudnień należy podkreślić, że przy dużym zaangażowaniu naszych członków zorganizowano w maju tego roku Tarnowskie Dni Elektryki w formie wideo-konferencji. Zainteresowanie Konferencją przerosło oczekiwania organizatorów. Ciekawsze streszczenia referatów z Konferencji zamieszczamy wewnątrz wydania. Odbyły się również „Dni Techniki” w dniach 1-2 czerwca w Zespole Szkół Technicznych w Tarnowie. Na łamach Biuletynu prezentujemy skrót pracy dyplomowej wyróżnionej w tegorocznym *Konkursie prac dyplomowych SEP*. Koledzy z Regionu Najwyższych Napięć podzielili się z Nami wiedzą historyczną z zakresu prac pod napięciem – polecamy. W Biuletynie poruszamy po raz pierwszy ważną tematykę wykonywania audytów energetycznych. Kontynuujemy ciekawy cykl kilku artykułów z tematyki instalacji w strefach EX. Przedstawiamy informację nt. działalności NOT w Tarnowie.

Zapraszamy do lektury.

*Kolegium Redakcyjne  
Andrzej Wojtanowski*

## Z życia Oddziału

**30.04.2021 r.** wręczono coroczne nagrody im. Jana Szczepanika. Nagroda im. Jana Szczepanika została ustanowiona przez Zarząd Tarnowskiego Oddziału Stowarzyszenia Elektryków Polskich dla uczczenia Jan Szczepanika genialnego wynalazcy, wielkiego Polaka i znakomitego Obywatela miasta Tarnowa. W Zespole Szkół Mechaniczno-Elektrycznych w Tarnowie, Prezes O/T Janusz Onak, uhonorował dwóch uczniów Cristian Niwelt oraz Jeremiasz Śliwiński. W Zespole Szkół Technicznych im. Ignacego Mościckiego w Tranowie nagrody otrzymali uczniowie Łukasz Niedziela oraz Wojciech Górgul, Nagrody zostały wręczone przez V-ce Prezesa Tarnowskiego Oddziału SEP Krzysztofa Mikulskiego. Kolejną szkołą w której miało miejsce wręczenie nagród był Zespół Szkół Zawodowych nr 1 im. Jana Pawła II w Dębicy. Za szczególne osiągnięcia zostali wyróżnieni Kamil Ciesielka oraz Bartłomiej Osak. Nagrody wręczył Grzegorz Bosowski członek Zarządu OT/SEP.

**14.05.2021 r.** miało miejsce uroczyste zakończenie roku szkolnego dla absolwentów Zespołu Szkół Technicznych i Branżowych im. Bohaterów Westerplatte w Brzesku. W tej szkole Nagrody im. Jana Szczepanika odebrali Jakub Ziobrowski oraz Jakub Horodko, a wręczał je Grzegorz Bosowski członek Zarządu OT/SEP.

**18.05.2021 r.** odbyły się tradycyjne Tarnowskie Dni Elektryki jednak ze względu na pandemię w formie online gdzie gospodarzem spotkania było PWSZ w Tarnowie i tylko jednodniowe. W ramach wykładów przedstawiono: referat z firmy HUAWEI: „*Siec elektroenergetyczna jako wspólne dobro - jak prosumenci mogą przyczynić się do jej stabilizacji?*”, z COPERNICUS CENTER wykład popularnomatematyczny pt. „*Liczby nie-rzeczywiste*”, który dotyczył systemów liczbowych wykraczających poza liczby rzeczywiste gdyż autor omawiał kwaterniony, liczby p-adyczne czy pozaskończone, ze szczególnym uwzględnieniem ich zastosowań. Następnym wystąpieniem był wykład zatytułowany „*Technologie i wymagania dla infrastruktury komunikacyjnej w nowoczesnych systemach elektroenergetycznych z protokołami IEC 61850*”; przedstawionym przez firmę BITSTREAM, natomiast ostatnim

był *"Bezpieczeństwo i diagnostyka stacji ładowania pojazdów elektrycznych"* zaprezentowanym przez firmę SONEL.

W trakcie spotkania odtworzono zarejestrowaną w dniu 17.05.2021 r. uroczystość wręczenia nagród w konkursie na najlepszą pracę dyplomową PWSZ z szeroko pojętej elektryki zorganizowanego jak co roku przez OT SEP. Spotkanie odbyło się w Sali Senackiej PWSZ, a poza nagrodzonymi studentami uczestniczyli w niej Dziekan Wydziału Politechnicznego dr hab. inż. Łukasz Jęczmionek, Prezes Tarnowskiego Oddziału SEP Janusz Onak oraz Przewodniczący Komisji Konkursowej Grzegorz Bosowski.

I nagrodę otrzymał Damian Zając, za pracę pt. „System fotowoltaiczny z układem nadążającym za słońcem zintegrowany z inwerterem TMDS SOLAR UINVKIT” Autor: Promotor tej pracy był dr inż. Grzegorz Szerszeń Wyróżnieniami nagrodzeni zostali Łukasz Mikos za pracę pt. „Lasery CNC”.

Promotor pracy: dr inż. Łukasz Mikos oraz Adam Drożdż za pracę pt. „Projekt i integracja autonomicznego mikrośmigłowca bezzałogowego” Promotor pracy: dr inż. Tomasz Drabek.

**01.06.2021 r.** w Zespole Szkół Technicznych im. Ignacego Mościckiego w Tarnowie odbyły się Dni Techniki. Towarzyszyło mu tradycyjne motto „Od Technika do Inżyniera”. Uczniowie ZST mieli okazję wysłuchać wykładów zaproszonych gości z PWSZ w Tarnowie oraz znanych firm z branży elektrycznej, elektronicznej i informatycznej.

W spotkaniu uczestniczył v-ce Prezes O/T SEP kol. Antoni Maziarka.

**08.06.2021 r.** odbyło się na platformie Teams Prezydium Zarządu OT SEP. W porządku obrad było m.inn. podjęcie uchwał w spr. nowego cennika usług szkoleniowych, poziomu płac oraz informacja o budżecie za 2020 r., a także Informacja o Tarnowskich Dniach Elektryki, informacja o wynikach konkursów Jana Szczepanika i prac dyplomowych, omówienie zadań na najbliższy kwartał. Uzgodniono także konieczność zorganizowania spotkania integracyjnego dla wszystkich członków oddziału w dniu 02.07.2021 r.

## **Dni Techniki w Zespole Szkół Technicznych**

Dni Techniki w Zespole Szkół Technicznych im. Ignacego Mościckiego w Tarnowie odbyły się w tym roku w dniach 1-2 czerwca. Towarzyszyło mu tradycyjne motto „Od Technika do Inżyniera”. Uczniowie ZST mieli okazję wysłuchać wykładów zaproszonych gości z PWSZ w Tarnowie oraz znanych firm z branży elektrycznej, elektronicznej i informatycznej.

W pierwszym dniu uczestnikami sesji oprócz uczniów ZST byli: Zbigniew Paprocki- Członek Zarządu Grupy Azoty S.A., Artur Kopeć – były członek Zarządu Grupy Azoty S.A., Renata Łabędź – prezes NOT w Tarnowie oraz wiceprezes SEP Antoni Maziarka. Zaproszenie przyjęli również Stanisław Oczkowicz z SITPCHEM- u, Robert Wielgat z PWSZ w Tarnowie ( kierownik Katedry Elektroniki, Telekomunikacji i Mechatroniki) oraz pan Krzysztof Kołaciński – emerytowany dyrektor ZST.

Uczniowie ZST wysłuchali ciekawych prezentacji, mieli okazję porozmawiać z prezesami firm, poznać ofertę zaproszonych gości, zapoznać się z badaniami naukowymi. Szczegółowy wykaz prelekcji w załączonym programie Dni Techniki.

Wykład inauguracyjny „ Wynałazki, rozwój, nowe światy ... , czyli kiedy kultura spotyka się z techniką” wygłosiła pani dr Eliza Krzyńska – Nawrocka z PWSZ w Tarnowie. Kolejny prelegent dr. Inż. Jakub Sobota, pracownik naukowy PWSZ i absolwent ZST opowiedział uczniom klas chemicznych o zastosowaniach srebra i aluminium. Młodzi technolodzy mieli niepowtarzalną okazję poznać wyniki badań, które Pan doktor prowadził nad stopami tych pierwiastków. Kolejny wykład poświęcony kontroli jakości złączy spawanych przygotowali pracownicy Gaz Systemu S.A., firmy która ściśle współpracuje z ZST, panowie Dariusz Radwan i Maciej Zaniewski. Uczniom szczególnie podobała się część pokazowa, w której mogli wziąć udział. Pierwszy dzień zakończyła prezentacja bionicznej dłoni, efekt swoich naukowych zainteresowań przedstawił Piotr Wawryka, również absolwent ZST.

Uczniowie klas elektrycznych i elektronicznych uczestniczyli w wykładach firm SATEL i SONEL, które odbyły się w formie zdalnej.

W drugim dniu tematyka była zróżnicowana, od rozważań nad energią wiatrową, czy na pewno jest zielona, które omawiał pan Stanisław Oczkowicz z SITPCHEM-u, po przedstawienie badań prowadzonych w CERNie (autor prezentacji pan dr inż. Łukasz Mik z PWSZ jest również absolwentem ZST). Prawdziwym przebojem drugiego dnia okazały się jednak spotkania z przedstawicielami firm informatycznych: Gate Software ora Teyon. Jak założyć sklep internetowy?, Jak dostać się na staż do firmy? Czy to możliwe, by będąc uczniem technikum założyć firmę, zaprojektować grę komputerową? Odpowiedzi na te pytania POZNALI uczniowie klas informatycznych, a dodatkowo mogli je poprzeć swoimi doświadczeniami uczniowie starszych klas i obecni absolwenci, którzy pracują w najlepszych firmach jak np. Wiktor Kryzia, który na Dni Techniki przyjechał do szkoły z prezesem firmy Teyon. Pani Dorota Lis, dyrektor ZST zapewnia:

„Takie spotkania z Nauką i Techniką są dla wszystkich inspiracją i motywują do podejmowania wyzwań i odkrywania zagadek ze świata techniki. Najcenniejszą jednak lekcją są zawsze spotkania z ludźmi-pasjonatami. Bardzo cieszy fakt, że wśród prelegentów było wielu absolwentów ZST. Historia ich kariery zawodowej jest przykładem, że ukończenie Technikum Nr 1 w Mościcach otwiera przed młodymi ludźmi nieograniczone możliwości rozwoju. Mamy nadzieję, że w przyszłym roku w Dniach Techniki w ZST będą mogli wziąć udział również uczniowie ze szkół podstawowych, zwłaszcza ci zainteresowani podjęciem nauki w Technikum Nr 1 w Mościcach. Oferta ZST jest bardzo atrakcyjna, młodzi ludzie mogą tu kształcić się w wielu zawodach: technik technologii chemicznej, fotografii i multimediiów, elektryk, elektronik, mechanik, informatyk, analityk. W tym roku w październiku ZST obchodzić będzie Jubileusz 90-lecia. Taka tradycja, wybitni absolwenci oraz współpraca z takimi pracodawcami jak Grupa Azoty, Gaz –System S.A., TAURON, jak również uczelniami wyższymi, np. PWSZ w Tarnowie i Politechniką Rzeszowską oraz stowarzyszeniami technicznymi, np. NOT, SITPCHEM, SEP zobowiązują do pracy i inspirują nas wszystkich.”



## **Działalność statutowa OT SEP promująca wiedzę z zakresu techniki - wręczenie nagród**

Nagroda im. Jana Szczepanika została ustanowiona przez Zarząd Tarnowskiego Oddziału Stowarzyszenia Elektryków Polskich dla uczczenia Jan Szczepanika genialnego wynalazcy, wielkiego Polaka i znakomitego Obywatela miasta Tarnowa. Nagroda ma na celu popularyzowanie osiągnięć Jana Szczepanika a także - szczególnie wśród młodzieży - propagować kulturę techniczną i podnosić na wyższy poziom wiedzę z dziedzin szeroko pojętej elektryki.

30 kwietnia 2021 r. w Zespole Szkół Mechaniczno-Elektrycznych w Tarnowie, Janusz Onak, Prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich Oddział w Tarnowie, wręczył coroczne nagrody im. Jana Szczepanika. W tym roku uhonorowani zostali dwaj uczniowie: Cristian Niwelt oraz Jeremiasz Śliwiński. Zgodnie z regulaminem, nagroda może być przyznana uczniom, którzy posiadają najwyższą średnią ocen z przedmiotów zawodowych oraz znaczące sukcesy w olimpiadach i konkursach przedmiotowych na poziomie krajowym. Cristian Niwelt to finalista XLIII i XLIV Ogólnopolskiej Olimpiady Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej organizowanej przez AGH w Krakowie. Jeremiasz Śliwiński to finalista XLIII Ogólnopolskiej Olimpiady Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej i laureat XLIV Ogólnopolskiej Olimpiady Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej gdzie zajęli wysokie 4 miejsce.

Dostrzegamy potrzebę wspierania kształcenia zawodowego na poziomie szkół średnich. Chcemy doceniać aktywność i kreatywność młodych ludzi, uczniów szkół technicznych, którzy chcą wykraczać poza tradycyjny program nauczania i odnosić sukcesy naukowe. Poprzez fundowanie nagród chcemy w jakiś sposób przyczynić się do kształcenia nowych kadr dla lokalnego przemysłu. Ten cel udaje nam się skutecznie realizować. Dziś spotykamy się w miłym gronie po to, żeby uhonorować laureatów nagrody – powiedział Janusz Onak, Prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich Oddział w Tarnowie.

Wręczenie nagród odbyło się w obecności Pani Grażyny Smolińskiej-Wygrzywalskiej, która jest prezesem Koła SEP nr 9



działającego w ZSME oraz dyrektora szkoły dr inż. Grzegorza Szerszenia.



Od lewej: nagrodzeni Jeremiasz Śliwiński i Cristian Niwelt, Prezes OT/SEP Janusz Onak, Grażyna Smolińska – Wygrzywalska nauczyciel i Prezes Koła przy ZSME, Dyrektor ZSME Grzegorz Szerszeń

W tym samym dniu odbyła się również uroczystość wręczenia Nagród uczniom w Zespole Szkół Technicznych im. Ignacego Mościckiego w Tranowie. Nagrody otrzymali uczniowie Łukasz Niedziela oraz Wojciech Górgul, którzy również uzyskali bardzo wysokie średnie ocen z przedmiotów zawodowych, brali udział w konkursach i olimpiadach elektrycznych oraz aktywnie uczestniczyli w życiu szkoły angażując się w pracę na jej rzecz. Nagrody zostały wręczone przez V-ce Prezesa Tarnowskiego Oddziału SEP Krzysztofa Mikulskiego w obecności Dyrekcji i nauczycieli szkoły.



Od lewej: Marek Gajda nauczyciel ZST, Łukasz Niedziela, Andrzej Kieć nauczyciel ZST oraz Prezes Koła przy ZST, Jacek Różycki V-ce Dyrektor ZST, Krzysztof Mikulski OT/SEP, Beata Łabno V-ce Dyrektor ZST oraz Wojciech Gurgul.

Kolejną szkołą w której w dniu 30.04.2021 roku miało wręczenie Nagród jest Zespół Szkół Zawodowych nr 1 im. Jana Pawła II w Dębicy. Za szczególne osiągnięcia podczas pobierania nauki, udział w konkursach i olimpiadach zostali wyróżnieni Kamil Ciesielka oraz Bartłomiej Osak. Spotkanie odbyło się w obecności pani Dyrektor Bożeny Zielińskiej nauczycieli oraz koleżanek i kolegów klasy nagrodzonych uczniów. Nagrody wręczył Grzegorz Bosowski członek Zarządu OT/SEP, który skierował do uczniów gratulacje i życzenia dalszych sukcesów.

Nieco później, bo 14.05.2021 roku miało miejsce uroczyste zakończenie roku szkolnego dla absolwentów Zespołu Szkół Technicznych i Branżowych im. Bohaterów Westerplatte w Brzesku. W tej szkole Nagrody im. Jana Szczepanika odebrali Jakub Ziobrowski oraz Jakub Horodko, a wręczał je Grzegorz Bosowski członek Zarządu OT/SEP. Uroczystość miała bardzo podniosły charakter. Uczestniczył w niej Starosta Brzeski Andrzej Potępa, który wręczał szereg innych nagród wyróżnionym uczniom oraz Kierownik Katedry Elektroniki, Telekomunikacji i Mechatroniki w PWSZ w Tarnowie dr inż. Robert Wielgat, który z kolei zachęcał uczniów do dalszego kształcenia w tarnowskiej uczelni. Po przekazaniu uczniom gratulacji, zaproszeni goście mieli okazję zwiedzić bazę dydaktyczno – warsztatową, w której zdobywają praktyczną wiedzę przyszli technicy, a dzięki staraniom Dyrekcji szkoły jest ona stale rozbudowywana i unowocześniana.



Nagrodzeni uczniowie: z lewej Jakub Horodko, z prawej Jakub Ziobrowski,  
w środku Grzegorz Bosowski OT/SEP

W roku 2021 Tarnowski Oddział SEP tradycyjnie ogłosił „Konkurs na najlepszą pracę dyplomową wyższych szkół technicznych regionu tarnowskiego”. Jak zwykle, zgłoszone przez absolwentów PWSZ

w Tarnowie prace były na bardzo wysokim poziomie, a tematyka bardzo ciekawa i nadążająca za aktualnymi technologiami. Po zapoznaniu się ze wszystkimi pracami, poza nagrodą główną Komisja przyznała jeszcze dwa wyróżnienia.

### **Wyniki Konkursu:**

#### Najlepsza praca dyplomowa

Praca dyplomowa pt. „System fotowoltaiczny z układem nadążającym za słońcem zintegrowany z inwerterem TMDS SOLAR UINVKIT”

Autor: Damian Zając

Kierunek: Elektronika i Telekomunikacja

Promotor pracy: dr inż. Grzegorz Szerszeń

#### Wyróżnienia

Praca dyplomowa pt. „Laserowy grawer CNC”

Autor: Łukasz Mikos

Kierunek: Elektronika i Telekomunikacja

Promotor pracy: dr inż. Łukasz Mik

Praca dyplomowa pt. „Projekt i integracja autonomicznego mikrośmigłowca bezzałogowego”

Autor: Adam Drożdż

Kierunek: Elektrotechnika

Promotor pracy: dr inż. Tomasz Drabek



Od lewej: Grzegorz Bosowski, Łukasz Mikos, Łukasz Jęczmionek, Damian Zając, Adam Drożdż, Janusz Onak

Ponieważ uroczystość wręczenia nagród laureatom Konkursu nie mogła odbyć się w szerszym gronie, dlatego została zorganizowana w dniu 17.05.2021 roku w Sali Senackiej PWSZ, a poza nagrodzonymi studentami uczestniczyli w niej Dziekan Wydziału Politechnicznego dr hab. inż. Łukasz Jęczmionek, Prezes Tarnowskiego Oddziału SEP Janusz Onak oraz Przewodniczący Komisji Konkursowej Grzegorz Bosowski. Cała uroczystość została zarejestrowana i odtworzona podczas zorganizowanego w trybie online przez Tarnowski Oddział SEP Seminarium naukowego w dniu 18.05.2021 roku.

*Grzegorz Bosowski*

## **Informacja o konkursach w 2020**

Na początku marca 2020 roku został ogłoszony przez Tarnowski Oddział SEP cykliczny „Konkurs na najlepszą pracę dyplomową wyższych szkół technicznych regionu tarnowskiego”. Niestety kolejny dni przyniosły istotne ograniczenia związane z pandemią i tym samym zmiany w funkcjonowaniu uczelni. Studenci nie mieli możliwości uczestniczyć w zajęciach oraz przeprowadzić obrony swoich prac dyplomowych w zaplanowanych terminach. Nie zrezygnowaliśmy jednak z przeprowadzenia Konkursu i przesunęliśmy termin składania prac na październik dając tym samym możliwość uczestnictwa w nim absolwentom, którzy obronili swoje prace dyplomowe.

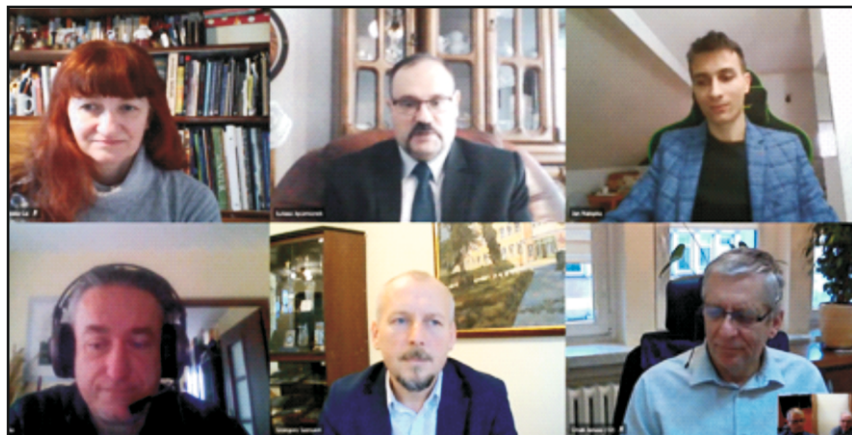
Pomimo iż ilość przesłanych na Konkurs prac była nieco mniejsza niż w latach poprzednich to ich poziom był wysoki, a tematyka bardzo aktualna i ciekawa. Komisja Konkursowa po zapoznaniu się ze wszystkimi pracami i dyskusji na ogłosiła następujące wyniki:

Jako najlepsza praca dyplomowa została wybrana praca pana Damiana Zygadło pt. „Prototyp falownika ze zmiennym algorytmem sterowania”, której promotorem był dr inż. Grzegorz Szerszeń.

W Konkursie została również wyróżniona jedna praca pana Jana Nalepki pt. „Projekt urządzenia pomiarowego napięcia na układzie STM32”, której promotorem był dr inż. Ryszard Klempka.

Dotychczas ogłaszanie wyników i wręczenie nagród miało uroczysty charakter gdyż odbywało się podczas Tarnowskich Dni Elektryki w trakcie Seminarium w auli PWSZ. W tym roku z oczywistych

względów ogłoszenie wyników odbyło się w innej formie na ile to było możliwe zachowując uroczysty charakter. W dniu 10.12.2020 roku zorganizowano wideokonferencję, w której uczestniczyli: laureat wyróżnienia pan Jan Nalepka, Dziekan Wydziału Politechnicznego PWSZ dr hab. inż. Łukasz Jęczmionek, Promotorzy prac dr Ryszard Klempka oraz dr Grzegorz Szerszeń, Prezes Koła przy PWSZ Agnieszka Lisowska - lis, Prezes OT/SEP Janusz Onak i V-ce Prezes Antoni Maziarka oraz Przewodniczący Komisji Konkursowej Grzegorz Bosowski. Zwycięzca konkursu pan Damian Zygałdo niestety nie mógł uczestniczyć w spotkaniu. Na wstępie spotkania Prezes OT/SEP przekazał kilka informacji o działalności OT/SEP, a następnie zostały ogłoszone wyniki Konkursu. W trakcie wideokonferencji laureatom zostały złożone gratulacje przez przedstawicieli uczelni oraz OT/SEP, natomiast przekazanie dyplomów wraz z nagrodami zostanie ustalone indywidualnie. Na koniec podkreślono, że zarówno PWSZ jak i OT/SEP jest zadowolony z tej formy współpracy i będzie ją kontynuował w kolejnych latach.



Góra od lewej: Agnieszka Lisowska-Lis (Prezes Koła przy PWSZ),  
dr hab. inż. Łukasz Jęczmionek (Dziekan Wydziału Politechnicznego PWSZ)  
Jan Nalepka (laureat wyróżnienia), dół od lewej: dr Ryszard Klempka (Promotor),  
dr Grzegorz Szerszeń (Promotor), Janusz Onak (Prezes OT/SEP) w małym oknie:  
Grzegorz Bosowski (Przewodniczący Komisji Konkursowej), Antoni Maziarka (v-ce Prezes OT/SEP)

Miłym akcentem doceniającym dotychczasową działalność Oddziału w zakresie współpracy z młodzieżą były przesłane przez pana Dziekana

podziękowania wraz z życzeniami z okazji 50-lecia Oddziału.

*Szanowny Pan Prezes Janusz Onak  
Stowarzyszenie Elektryków Polskich  
NOT, Rynek 10, 33-100 Tarnów*

*Bardzo dziękuję za otrzymane wydawnictwo, okolicznościową monografię. W swoim imieniu jak też w imieniu Wydziału Politechnicznego Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Tarnowie pragnę Państwu serdecznie pogratulować 50-lecia działalności Oddziału Tarnowskiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Nasza uczelnia, a szczególnie Wydział Politechniczny od początku istnienia tarnowskiej uczelni współpracowała ze Stowarzyszeniem. Jesteśmy wdzięczni za Państwa zaangażowanie w edukację młodych pokoleń inżynierów, pomoc w organizacji praktyk, szkoleń, materiałów dydaktycznych i szkoleniowych, współorganizację wydarzeń edukacyjnych i konferencji. Niestety, czas obchodów jubileuszu przypadł na okres pandemii i po raz pierwszy w tym roku nie odbyła się nasza wspólna cykliczna sesja edukacyjna: Tarnowskie Dni Elektryki. Ufam jednak, że sytuacja wkrótce wróci do normy a zaplanowane na ten rok wydarzenia będą mogły się odbyć w najbliższej przyszłości. Mam nadzieję, że kolejne lata zaowocują kolejnymi osiągnięciami Stowarzyszenia, i dalszą współpracą z Wydziałem Politechnicznym PWSZ w Tarnowie.*

*Pozdrawiam  
Z poważaniem  
Dziekan Wydziału Politechnicznego  
dr hab. inż. Łukasz Jęczmionek*

Drugim corocznym elementem współpracy Oddziału z młodzieżą jest przyznawania Nagrody im. Jana Szczepanika absolwentom średnich szkół technicznych regionu tarnowskiego. Nagroda jest przyznawana uczniom, którzy podczas pobierania nauki w średniej szkole wyróżnili się szczególnymi osiągnięciami w konkursach, aktywnie uczestniczyli w działalności szkoły oraz uzyskali najwyższą średnią ocen z przedmiotów zawodowych. Wzorem lat ubiegłych do OT/SEP wpłynęły z czterech szkół wnioski o wyróżnienie nagrodą uczniów wytypowanych

przez Rady Pedagogiczne.

Nagrody im. Jana Szczepanika otrzymali:

**Krzysztof Krzyżak, Kacper Osika** z Zespołu Szkół Mechaniczno – Elektrycznych w Tarnowie.

**Przemysław Kusior i Tomasz Łoboda** z Zespołu Szkół Technicznych w Tarnowie – Mościcach.

**Mikołaj Grzybek, Kacper Müller** z Zespołu Szkół Technicznych i Branżowych w Brzesku

**Michał Jezuit** z Zespołu Szkół Zawodowych nr 1 im. Jana Pawła II w Dębicy.

Niestety ograniczenia spowodowane pandemią uniemożliwiły zorganizowanie uroczystości zakończenia roku szkolnego, które corocznie odbywały się na koniec kwietnia. Dyplomy z nagrodami dla absolwentów zostały dostarczone do szkół, które przekazały je laureatom nagrody. Jedynie w Zespole Szkół Technicznych i Branżowych w Brzesku zorganizowano na koniec czerwca zakończenie roku szkolnego w ograniczonej formie, podczas których była możliwość osobistego wręczenia nagród.

*Damian Zając,*

*Promotor pracy: Dr inż. Grzegorz Szerszeń*



**Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa  
w Tarnowie Wydział Politechniczny  
Kierunek: Elektronika I Telekomunikacja**

***Skrót pracy inżynierskiej***  
**System fotowoltaiczny z układem nadążającym za słońcem  
zintegrowany z inwerterem TMDS SOLAR UINVKIT**

## **Wstęp**

Rozwój systemów fotowoltaicznych (z ang. Photovoltaics, PV) jest jednym z najszybciej rozwijających się sektorów odnawialnych źródeł energii (OZE) na całym świecie jak i w Polsce. Ta gałąź techniki wciąż rośnie w siłę, stawiając nowe możliwości ułatwiają nam codzienne życie.

Szerokość geograficzna większości krajów, o silnie rozwijającym się rynku paneli PV powoduje, że instalacje fotowoltaiczne stand-still umożliwiają produkcję energii elektrycznej przez średnio 3-4 godziny w ciągu dnia. Skuteczniejszym rozwiązaniem jest wykorzystanie systemu automatycznego nadążania za słońcem (z ang. solar tracker). W dalszej części pracy dla zachowania przejrzystości opisu będzie stosowany akronim "ST". Układy PV wykorzystujące systemy nadążne pozwalają zwiększyć efektywność pozyskiwania energii nawet o 60%.

Niniejsza praca dotyczy dwóch przewodnich zagadnień. Pierwszy odnosi się do ST - system automatycznego nadążania za słońcem, który dzięki innowacyjnym rozwiązaniom ustawia się w optymalnej pozycji w stosunku do słońca, nawet podczas zachmurzonego nieba. W ruchomych systemach fotowoltaicznych wykorzystuje się systemy umożliwiające ruch w jednej płaszczyźnie- pionowej lub poziomej oraz systemy podwójne które umożliwiają ruch paneli zarówno w pionie jak i poziomie. Rynek ST dobrze rozwinął się w USA, zaraz po Chinach, które są liderem na rynku fotowoltaicznym na świecie.

W drugiej części poruszony został temat microinwertera TMDS SOLAR UINVKIT. Mikro falowniki są obecne na rynku fotowoltaicznym od niedawna, a ich rynek szybko się rozwija. Na początku wykorzystywano je głównie w małych instalacjach dachowych, ale obecnie są stosowane również w większych przemysłowych instalacjach. Technologia micro inwerterów ciągle dojrzewa i przekonuje się do coraz większego grona odbiorców. Ich zaletą są mniejsze problemy z pracą instalacji w przypadku pojedynczego inwertera, lepsza diagnostyka, większa niezawodność i możliwość szybszej naprawy. W tej pracy przedstawiony został zestaw ewaluacyjny C2000 Piccolo solar micro inwerter wykorzystujący mikrokontroler C2000 o mocy 250W, przy użyciu karty kontrolnej Piccolo-B(F28035) zawiera wszystkie niezbędne funkcje falowników fotowoltaicznych.

## **Cel i założenia pracy**

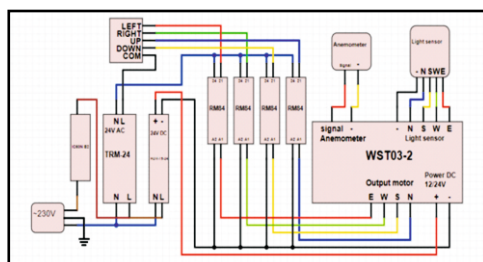
Celem niniejszej pracy jest zbudowanie systemu fotowoltaicznego z układem nadążającym za słońcem zintegrowanym z inwerterem TMDS SOLAR UINVKIT. Głównym zadaniem było zaprojektowanie i zbudowanie własnego układu, który będzie umożliwiał



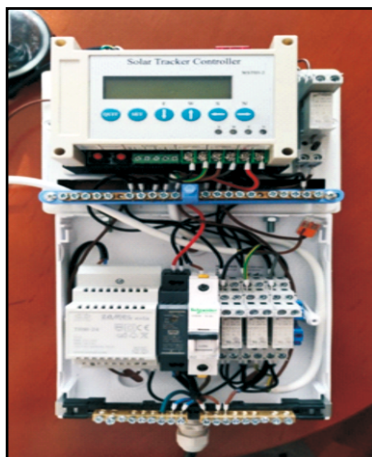
wyznaczanie natężenia światła słonecznego i sterował silnikami ustawiając je w odpowiedniej pozycji w stosunku do źródła światła. Dodatkowo układ zostanie wyposażony w wiatromierz, dzięki, któremu podczas silnego wiatru panel będzie znajdował się w pozycji bezpiecznej. Zostanie wykreślona charakterystyka prądowo - napięciowa, a na jej podstawie zostanie obliczona maksymalna moc, współczynnik wypełnienia oraz sprawność ogniwa. Następnie drugim etapem będzie zintegrowanie automatycznego systemu nadążania za słońcem z układem C2000 PICCOLO. Posłuży do tego graficzny interfejs użytkownika (GUI), który pozwoli sterować mikro inwerterem i odczytywać najważniejsze parametry układu. Zostanie przedstawiona również konfiguracja inwertera do pracy z panelem oraz przeprowadzone badania i analiza, a na ich podstawie przedstawione charakterystyki i pomiary.

## 1. Budowa systemu automatycznego nadążania za słońcem

Schemat układu



Układ sterowania



## 2. System automatycznego nadążania za słońcem

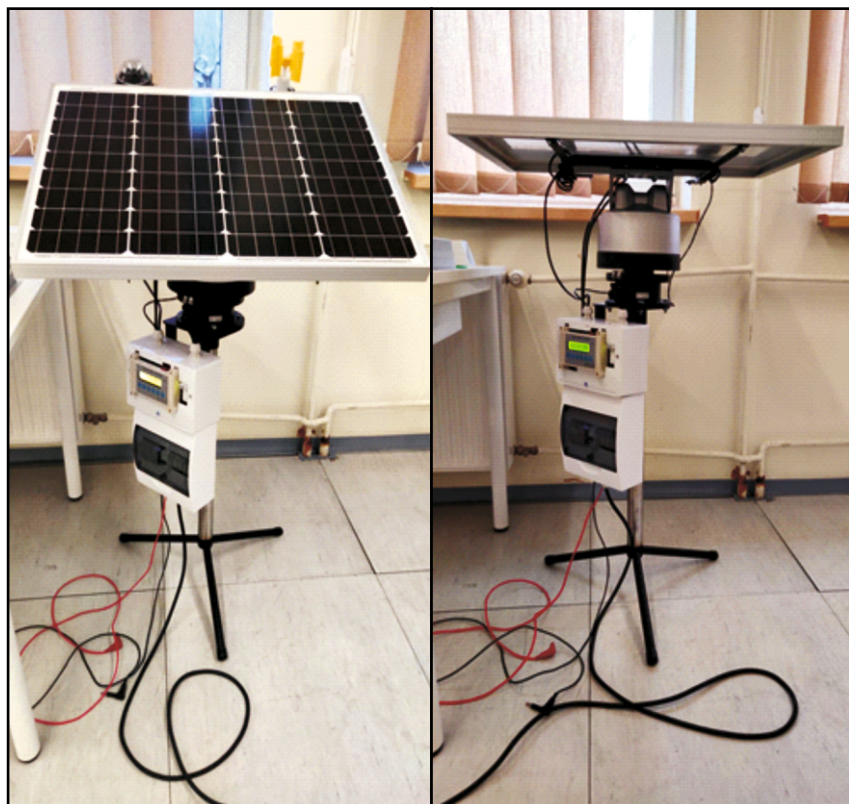
Wysokość automatycznego systemu nadążania za słońcem wynosi 113 cm. Badania testowe przeprowadzono dla kilku wybranych nastaw systemu ST. Poniżej przedstawiono dwie wybrane konfiguracje, które różnią się miejscem, i źródłem światła.

Ustawienie ST w pomieszczeniu zamkniętym dla sztucznego światła:

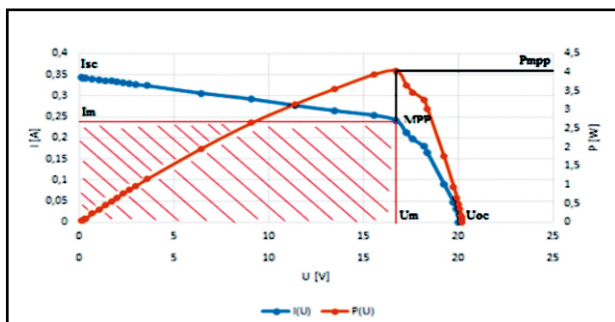
$V1=0.01$ ,  $V2=0.51V$ ,  $V3=0.15V$ ,  $T13=7s$ ,  $T12=0s$ ,  $T11=0s$ ,  $T10=0s$ ,  
 $T9=16s$ ,  $T8=20s$ ,  $T7=15s$ ,  $T6=0$ ,  $T5=15s$ ,  $T4=0$ ,  $T3=0$ ,  $TY=11s$ ,  $TX=11s$ .

Przykładowe ustawienia ST dla promieni słonecznych :

$V1=0.01$ ,  $V2=0.75V$ ,  $V3=1,75V$ ,  $T13=60s$ ,  $T12=0s$ ,  $T11=0s$ ,  $T10=0s$ ,  
 $T9=16s$ ,  $T8=8000s$ ,  $T7=501s$ ,  $T6=0$ ,  $T5=15s$ ,  $T4=0$ ,  $T3=0$ ,  $TY=200s$ ,  
 $TX=200s$ .



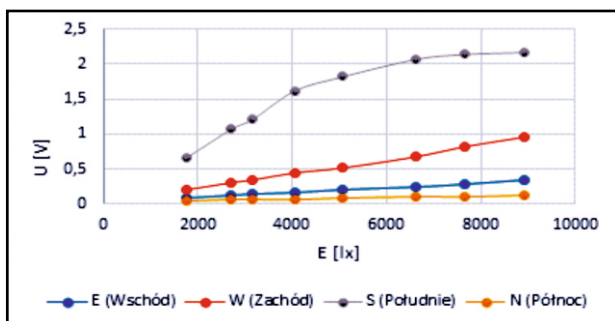
### 3. Charakterystyka prądowo-napięciowa oraz moc ogniwa w funkcji napięcia dla ogniwa PV SS50-36M



Badania zostały przeprowadzone przy sztucznym świetle, luksomierz wskazał wartość 1775 Luksów. przedstawiony został wykres krzywej prądowo-napięciowej oraz moc ogniwa w funkcji napięcia, gdzie moc w maksymalnym punkcie pracy jest równa zakreskowanemu polu prostokąta. Punkt, który przecina charakterystykę ogniwa jest nazywany maksymalnym punktem pracy MPP.

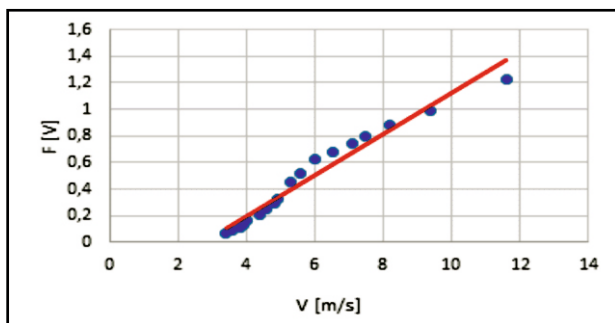
Prąd zwarcia $I_{sc}$ [A] dla $R=0$	343,2 [mA]
Napięcie otwartego obwodu $U_{oc}$ [V] dla $R=10^5 \Omega$	20,2 [V]
Maksymalna moc ogniwa	4,3 [W]
Współczynnik wypełnienia	0,58
Sprawność ogniwa PV	4,52

### 4. Charakterystyka czujnika światła



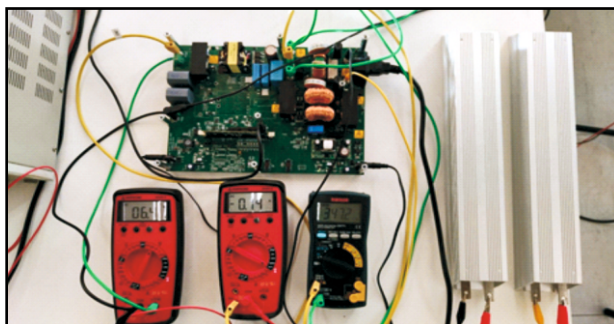
Podczas pomiaru czujnika światła, która steruje ST była oświetlana sztucznym światłem - halogenem z kilku położeń. Oznacza to, że lampa była ustawiana w poziomie na tej samej wysokości, pod kilkoma różnymi kątami w stosunku do czujnika.

## 5. Charakterystyka wiatromierza

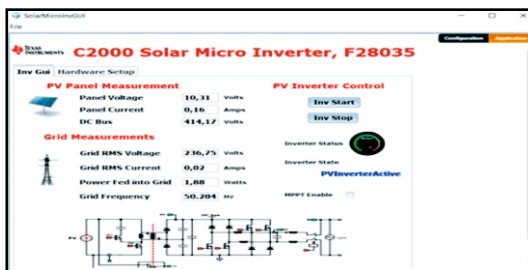


Charakterystyka wiatromierza przedstawia zależność pomiędzy napięciem na wyjściu układu pomiarowego  $U_F$ , a prędkością wiatru  $F[V]$ . Prosta przedstawiona na wykresie jest aproksymacją wyników przedstawionych w pracy. Jest to funkcja, która przebiega w pobliżu danych punktów.

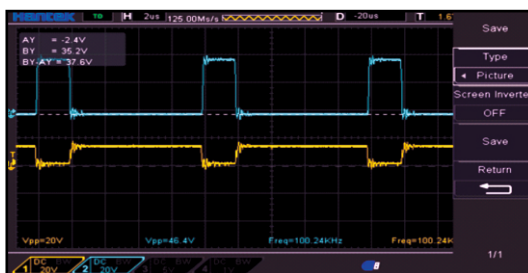
## 6. Połączenie mikro inwertera podczas badań



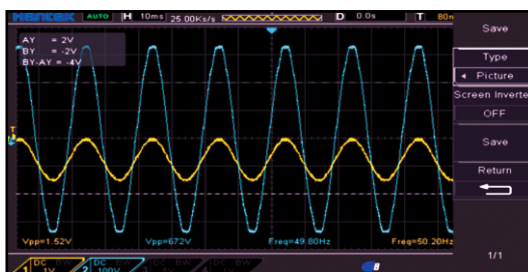
## 7. GUI do wyzwalania mikro inwertera solarnego



## 8. Przebiegi sygnału w punkcie PWM3A i PWM3B na płycie C2000 Solar Micro Inwerter. Sygnał sterowania bramkami tranzystorów MOSFET



## 9. Napięcie wyjściowe i prąd przy 230 V, 50Hz



## Podsumowanie

Celem niniejszej pracy inżynierskiej było zbudowanie systemu automatycznego nadążania za słońcem oraz zintegrowanie go z inwerterem TMDS SOLAR UINVKIT. W rezultacie stworzony został

układ dwuosioowego solarnego układu nadążnego oraz jego analiza wydajności. Jego możliwości są obszerne, na przykład funkcja regulacji dokładności z jaką ST porównuje odczyty z czujnika nasłonecznienia, lub napięcie przy jakim ST rozpoczyna śledzenie źródła światła. Wymienione parametry oraz wiele innych można ustawiać dzięki dużemu zakresowi menu konfiguracyjnego. Dodatkowo istnieje możliwość połączenia układu z wiatromierzem, który pozwoli nam również za pomocą sterownika regulować napięciem, czyli ustawiać limit prędkości wiatru, przy którym ST potrafi przejść do pozycji bezpiecznej. Zrealizowane badania wiatromierza przebiegły pomyślnie, musiały się one odbyć ze względu na to, że na panelu sterownika, ilość nasłonecznienia lub prędkość wiatru, są przedstawiane w jednostce napięcia. Lepszym rozwiązaniem w tym przypadku byłoby charakteryzować ilość nasłonecznienia w luksach, a wiatromierz podawałby wówczas wartości w m/s.

Pomiary parametrów modułu ogniwa fotowoltaicznego, pozwoliły na wyznaczenie maksymalnej mocy panelu, określenia współczynnika wypełnienia FF oraz sprawności fotoogniwa. Podczas badań wystąpiły ograniczone możliwości, dlatego badania były przeprowadzane przy sztucznym świetle. Można zaobserwować, że moduł, który był badany nie jest ogniwem z wyższej półki, współczynnik wypełniania według obliczeń nie mieści się nawet w niskiej klasie ogniw. Sprawność modułu nie należy do najwyższych, można zaobserwować wzrost sprawności modułu, pod wpływem wzrostu natężenia padającego promieniowania czemu towarzyszy wzrost mocy maksymalnej. Jako, że halogen świecił na największym możliwym natężeniu uzyskana moc była maksymalna. W celu zwiększenia sprawności modułu należałoby albo zwiększyć powierzchnię ogniwa, albo pokryć ją powłoką antyrefleksyjną. Zintegrowanie modułu z inwerterem TMDSSOLARUINVKIT, było jednym z głównych celów tej pracy inżynierskiej. Za pomocą graficznego interfejsu użytkownika była możliwość sterować mikro inwerterem oraz odczytywać najważniejsze parametry pracy układu. Konfiguracja układu przebiegła pomyślnie, a badania były przeprowadzane w stanie jałowym DC-DC bez obciążenia z wyłączonym i włączonym MPPT oraz łącząc przetwornice DC-DC z inwerterem DC-AC, a na wyjściu układu łącząc obciążenie, również z wyłączonym i włączonym MPPT.



## Seminarium naukowe online



### organizatorzy

Stowarzyszenie Elektryków Polskich Oddział Tarnowski  
PWSZ w Tarnowie

# TARNOWSKIE DNI ELEKTRYKI 2021

18 maja 2021 godz. 9:00

### Program:

- x *Sieć elektroenergetyczna jako wspólne dobro – jak prosumenci mogą przyczynić się do jej stabilizacji?* - Szymon Witoszek, Marcin Kłomski – HUAWEI
- x *Liczyby nie-rzeczywiste* - Tomasz Miller - COPERNICUS CENTER
- x *Technologie i wymagania dla infrastruktury komunikacyjnej w nowoczesnych systemach elektroenergetycznych z protokołami IEC 61850*  
- Krzysztof Nowacki – BITSTREAM
- x *Bezpieczeństwo i diagnostyka stacji ładowania pojazdów elektrycznych*  
- Grzegorz Cisak – SONEL

Link (Microsoft Teams): [TarnowskieDniElektryki2021](#)

uczestnicy proszeni są o wpisanie imienia i nazwiska przy dołączeniu do spotkania

### Partnerzy wydarzenia



Copernicus  
Center



BITSTREAM®

## **Liczby nie-rzeczywiste**

Trudno wyobrazić sobie dzisiejszą naukę i technikę bez pojęcia liczby. W końcu określenie „nauki ścisłe” odnosi się między innymi do tego, że stosują one ujęcie ilościowe. W jego ramach wielkościom fizycznym, parametrom urządzeń, wszelkiego typu danym wejściowym i wyjściowym przypisuje się liczby lub zestawy liczb, a nie na przykład tylko opisy słowne.

Czym jednak właściwie są liczby? Odpowiedź, że są to abstrakcyjne obiekty matematyczne służące do opisu ilości, na których można wykonywać podstawowe operacje takie jak dodawanie i mnożenie, wciąż pozostawia sporą dowolność - istnieje bowiem bardzo wiele różnych rodzajów tak rozumianych liczb. Kilka z nich poznajemy w szkole: od liczb naturalnych, przez całkowite i wymierne, aż do rzeczywistych. Ta ostatnia nazwa sugeruje, że są to już w pewnym sensie wszystkie liczby, z jakimi stykamy się w otaczającym świecie, a cała reszta to już sztuczne twory wymyślone przez oderwanych od rzeczywistości matematyków. Okazuje się jednak, że nie jest to wcale tak proste i jednoznaczne.

Aby się o tym przekonać, przyjrzyjmy się krótko trzem przykładowym rodzajom liczb nierzeczywistych. Pierwszy z nich jest doskonale znany nie tylko matematykom, ale także inżynierom i fizykom. Drugi dopiero zaczyna nieśmiało wychodzić poza czystą matematykę. Natomiast trzeci – odkryty ledwie 50 lat temu – nie jest powszechnie znany nawet wśród matematyków.

## **Liczby zespolone**

Jak zauważa matematyk i popularyzator nauki Keith Devlin, "we współczesnej nauce i technice niewiele jest obszarów, które w taki czy inny sposób nie opierają się o liczby zespolone." Elektryków nie trzeba co do tego przekonywać – liczb tych używa się wszak do opisu obwodów prądu przemiennego. Bazują też na nich podstawowe metody analizy i przetwarzania sygnałów, na czele z analizą fourierowską (harmoniczną). Ta ostatnia ma zresztą zastosowanie nie tylko w elektrotechnice, ale też w elektronice i telekomunikacji, analizie i kompresji dźwięków i obrazów, a nawet w zaawansowanej fizyce teoretycznej – zwłaszcza w mechanice kwantowej.



Liczby zespolone nie zawsze jednak cieszyły się takim wzięciem. Wprost przeciwnie – przez kilka stuleci od ich odkrycia (którego dokonał włoski matematyk epoki renesansu Girolamo Cardano w pierwszej połowie XVI w.) miały one status czegoś bardzo podejrzanego, choć jednocześnie intrygującego. Trudno się temu dziwić – w końcu archetypową liczbą zespoloną jest pierwiastek kwadratowy z  $-1$ , zwany *jednostką urojoną*. Nadmienmy, że same liczby ujemne były w tamtych czasach traktowane podejrzliwie – co dopiero więc ich pierwiastki.

Dla porządku przypomnijmy, że liczby zespolone to obiekty postaci  $x + iy$ , gdzie  $x$ ,  $y$  są liczbami rzeczywistymi, natomiast „ $i$ ” to wspomniana już jednostka urojona, która ma własność  $i^2 = -1$  (elektrycy standardowo używają litery „ $j$ ” zamiast „ $i$ ”, aby uniknąć kolizji z chwilowym natężeniem prądu; tu jednak będziemy się trzymać konwencji stosowanej przez matematyków). Podkreślmy, że zbiór liczb zespolonych *rozszerza* zbiór liczb rzeczywistych, albowiem na każdą liczbę rzeczywistą  $x$  można patrzeć jako na wyrażenie  $x + i \cdot 0$ . Obiekty te faktycznie zasługują na miano liczb w tym sensie, że – podobnie jak na liczbach rzeczywistych – można wykonywać na nich cztery podstawowe działania arytmetyczne: dodawanie, odejmowanie, mnożenie i dzielenie (poza, rzecz jasna, dzieleniem przez zero). Co więcej, możliwe jest nawet zespolone *potęgowanie*. Okazuje się na przykład, że wyrażenie  $i$  („ $i$  do potęgi  $i$ -tej”) ma sens liczbowy i jest, co ciekawe, liczbą rzeczywistą.

Liczby zespolone posiadają także wygodną interpretację geometryczną. Przypomnijmy sobie ze szkoły, że zbiór liczb rzeczywistych standardowo wizualizuje się za pomocą *osi liczbowej*, czyli prostej, której każdy punkt odpowiada pewnej liczbie rzeczywistej. Wyobraźmy sobie teraz, że dorysowujemy drugą oś liczbową, prostopadłą do tej pierwszej i przecinającą ją w punkcie  $0$ . Wówczas każdy punkt płaszczyzny rozpiętej przez te dwie osie, o współrzędnych  $(x, y)$ , można powiązać z liczbą zespoloną  $x + iy$ . Tak otrzymaną „płaszczyznę liczbową” nazywa się (niezbyt odkrywczco) *płaszczyzną zespoloną*.

Nie sposób przecenić wpływu, jaki liczby zespolone wywarły na rozwój matematyki, fizyki i pośrednio techniki. Bez wątpienia są one bardzo wygodnym narzędziem, które często znacznie upraszcza obliczenia. Pozostaje jednak (nieco filozoficzne) pytanie – skoro liczby służą do opisu ilości, to *czego* ilość opisują liczby zespolone? Innymi słowy, czy gdzieś w przyrodzie istnieją takie wielkości fizyczne, dla których opisu stare,

dobrze liczby rzeczywiste nie wystarczą? Okazuje się, że tak! O ile bowiem obwody prądu przemiennego dałoby się od biedy opisywać wyłącznie przy użyciu liczb rzeczywistych, to już opis najbardziej fundamentalnych składników materii: pól kwantowych, cząstek elementarnych i oddziaływań między nimi, nie byłby możliwy bez pomocy liczb zespolonych. W pewnym sensie można więc powiedzieć, że są one bardziej rzeczywiste (a w każdym razie bliższe rzeczywistości) niż liczby zwane rzeczywistymi.

### Liczby $p$ -adyczne

Gdy w XIX wieku matematycy ostatecznie przekonali się do liczb zespolonych, poczuli się ośmieleni do coraz odważniejszego poszukiwania jeszcze bardziej „egzotycznych” systemów liczbowych wykraczających poza oś liczbową. Zaczęto się nawet zastanawiać, czy samych liczb rzeczywistych (które matematycznie są dość skomplikowanym pojęciem) nie da się zastąpić jakimś alternatywnym rodzajem liczb.

Jak wiadomo, liczbę rzeczywistą standardowo wyraża się za pomocą jej rozwinięcia dziesiętnego, czyli ciągu cyfr od 0 do 9 przedzielonego w pewnym miejscu przecinkiem, przy czym na lewo od przecinka znajduje się skończenie wiele cyfr, a na prawo od przecinka – nieskończenie wiele cyfr. Przypomnijmy, że liczby wymierne w takim zapisie wyróżnia to, że ich rozwinięcie dziesiętne jest od pewnego momentu okresowe, np.  $5/6 = 0,83333\dots = 0,8(3)$ . Rzecz jasna, liczby o skończonym rozwinięciu dziesiętnym, np.  $1/4 = 0,25$ , także mieszczą się w tym opisie – po prostu ich dalsze rozwinięcie składa się z samych zer, które pomija się w zapisie.

Na przełomie XIX i XX w. niemiecki matematyk Kurt Hensel odkrył, że możliwa jest pozornie absurdalna modyfikacja ułamków dziesiętnych, w której to na lewo od przecinka znajduje się nieskończenie wiele cyfr, a na prawo od niego – skończenie wiele cyfr. Hensel wykazał, że na takich dziwacznych obiektach można wykonywać wszystkie cztery podstawowe działania arytmetyczne, przy czym dzielenie jest wykonalne pod jednym warunkiem: że liczba dostępnych cyfr jest liczbą *pierwszą*.

Tak właśnie na matematycznej scenie pojawiły się tzw. liczby  $p$ -adyczne, gdzie  $p$  jest liczbą pierwszą oznaczającą, ile cyfr mamy do dyspozycji. Mamy więc liczby 2-adyczne (np. ...11001,1101), liczby 3-adyczne

(np... ...210112,201), liczby 5-adyczne, 7-adyczne, 11-adyczne itd. Jeśli w tym momencie nasuwają się komuś skojarzenia z zapisem dwójkowym (binarnym), trójkowym itd., to dobrze – właśnie w ten sposób na każdą liczbę naturalną można patrzeć jako na liczbę  $p$ -adyczną. Przykładowo, liczba naturalna 9, zapisana jako liczba 2-adyczna to 1001, jako liczba 3-adyczna to 100, a z kolei traktując ją jako 5-adyczną, zapiszemy ją jako 14.

To skojarzenie działa jednak tylko dla liczb naturalnych – liczby  $p$ -adyczne są bowiem czymś zupełnie innym niż liczby rzeczywiste zapisane w systemie pozycyjnym o podstawie  $p$ . Aby to zrozumieć, musimy wpięrow wyjaśnić, jak wykonywać na nich działania arytmetyczne.

Dla ustalenia uwagi, skupmy się na liczbach 5-adycznych. Jak dodać do siebie dwie takie liczby, np. ...200140,34014 oraz ...232341,12? Odpowiedź jest dziecinnie prosta – pisemnie! Zapisujemy te dwie liczby jedna pod drugą i (niemal) jak w podstawówce dodajemy do siebie słupek za słupkiem, pamiętając, że mamy do dyspozycji tylko cyfry 0,1,2,3,4:

$$\begin{array}{r} \dots 200140,34014 \\ + \quad \dots 232341,12 \\ \hline \dots 433032,01014 \end{array}$$

Analogicznie wykonuje się odejmowanie. Zobaczmy na przykład, co otrzymamy, odejmując liczbę 5-adyczną 14 od zera:

$$\begin{array}{r} \dots 000000 \\ - \quad \quad \quad 14 \\ \hline \dots 444431 \end{array}$$

Okazuje się więc, że liczbą przeciwną do 14 jest liczba ...44431 = (4)31. A zatem liczby 5-adyczne zawierają liczby ujemne, przy czym do ich zapisu nie jest potrzebny symbol minusa.

Podobnie można wykazać (choć jest to już bardziej skomplikowane), że każda liczba *wymierna* daje się zapisać jako liczba  $p$ -adyczna. Przykładowo, ułamek 1/3 zapisany jako liczba 5-adyczna to (13)2, albowiem mnożąc tę liczbę przez 3 (również pisemnie) otrzymamy 1:

$$\begin{array}{r} \dots 313132 \\ - \quad \quad \quad 3 \\ \hline \dots 000001 \end{array}$$

W tym momencie może się wydawać, że liczby  $p$ -adyczne są po prostu dziwnym sposobem zapisu liczb rzeczywistych – ot po prostu alternatywa dla zapisu dziesiętnego. Tak jednak nie jest. Choć zarówno

liczby rzeczywiste, jak i  $p$ -adyczne zawierają wszystkie liczby wymierne, to istnieją liczby rzeczywiste niedające się wyrazić jako  $p$ -adyczne (np. w liczbach 5-adycznych nie istnieje pierwiastek kwadratowy z 2), a także liczby  $p$ -adyczne nienależące do zbioru liczb rzeczywistych (taką liczbą 5-adyczną jest np. nieokresowy ciąg  $c = \dots 2431212$ , który spełnia równanie  $c^2 + 1 = 0$  i jako taki nie może być liczbą rzeczywistą). Mało tego, różne od siebie są także zbiory liczb  $p$ -adycznych dla poszczególnych  $p$  – w istocie Hensel odkrył więc nie jeden, lecz nieskończenie wiele nowych systemów liczbowych.

Liczby  $p$ -adyczne znalazły zastosowanie w niektórych działach matematyki, a od jakiegoś czasu interesują się nimi fizycy, kryptolodzy, informatycy teoretyczni, a także biologzy i genetycy. Ma to związek z tym, że liczby  $p$ -adyczne posiadają naturalną interpretację geometryczną w terminach *fraktali*, czyli strzępiastych, samopodobnych struktur, z którymi zaskakująco często stykamy się w przyrodzie. Niektórzy badacze mają nadzieję, że właśnie w obszarach, w których pojawiają się fraktale, a także różne rozwidlające się struktury hierarchiczne, liczby  $p$ -adyczne wykażą swoją przewagę nad liczbami rzeczywistymi w modelowaniu rzeczywistości.

### **Liczby nadrzeczywiste**

Ostatnim przystankiem na naszej krótkiej wyprawie poza rzeczywistość są obiekty skonstruowane przez angielskiego matematyka Johna Hortona Conwaya, który zajmował się między innymi matematycznym badaniem klasycznych gier planszowych, takich jak starochińska gra go. To właśnie w tym kontekście na początku lat 70. natknął się na struktury, które okazały się być „podobne” do liczb rzeczywistych, ale zawierały też coś więcej. *Znacznie więcej.*

Odkrycie Conwaya ujrzało światło dzienne w roku 1974 za sprawą jego przyjaciela Donalda Knutha. Conway opowiedział mu o swoim wyniku przy obiedzie na uniwersyteckiej stołówce. Knuth tak się zainspirował nowym rodzajem liczb, które nazwał „liczbami nadrzeczywistymi”, że wkrótce napisał na ich temat... popularnonaukową powiastkę. Książeczka pod dość ekscentrycznym tytułem „Surreal Numbers. How Two Ex-Students Turned on to Pure Mathematics and Found Total Happiness” („Liczby nadrzeczywiste. Jak dwoje eks-studentów nakręciło się na matematykę i odnalazło pełnię szczęścia”), która jak dotąd nie

doczekała się polskiego wydania, jest chyba jedynym przypadkiem w nowożytnej historii królowej nauk, gdy nowa idea matematyczna została zaprezentowana po raz pierwszy nie w fachowej publikacji, a w formie przystępnie napisanego, fikcyjnego dialogu.

Nie miejsce tu na streszczenie dziełka Knutha ani na przedstawianie szczegółów konstrukcji Conwaya. Wspomnijmy tylko, że wychodzi ona od pojedynczego obiektu – interpretowanego jako liczba 0 – i za pomocą ledwie dwóch reguł w kolejnych krokach konstruuje z niego coraz to dalsze liczby. Po nieskończeniu wielu krokach otrzymuje się w ten sposób wszystkie liczby rzeczywiste, a oprócz nich także „liczbę nieskończenie wielką” (oznaczoną grecką literą  $\omega$ ) oraz „liczbę nieskończenie małą” albo „infinitesimalę” (oznaczoną grecką literą  $\epsilon$ ), które są wzajemnie swoimi odwrotnościami:  $\omega \cdot \epsilon = 1$ . I teraz najlepsze: mimo wykonania już nieskończenie wielu kroków, konstrukcję tę można kontynuować, produkując coraz większe nieskończoności i coraz mniejsze infinitesymale. Tak skonstruowane uniwersum liczb nadrzeczywistych jest tak ogromne, że samo pojęcie „zbioru” nie jest w stanie go objąć (to nie żart – matematycy nie mówią o zbiorze, lecz o klasie liczb nadrzeczywistych).

Mimo upływu pół wieku i wysiłków Conwaya, Knutha i wielu innych znakomitych matematyków, liczby nadrzeczywiste wciąż są stosunkowo słabo poznane. Sam Conway (który zmarł podczas pierwszej fali pandemii w 2020 r.) liczył, że odkryte przez niego liczby znajdą zastosowanie w fizyce fundamentalnej, ale to jak dotąd się nie ziściło – nawet wśród matematyków nie są one obecnie powszechnie znane i uchodzą raczej za egzotyczną ciekawostkę. Jeśli jednak czegoś nas uczy historia liczb, to tego, że takie „egzotyczne”, „absurdalne”, „dziwaczne”, czy wręcz „urojone” obiekty mogą w toku rozwoju nauki okazać się dużo bliższe rzeczywistości, niż sobie wyobrażaliśmy.

## **Jak zbudować nowoczesny system teletransmisyjny zgodny z 61850 od podstaw**

**Streszczenie:** *Dynamiczna zmiana w obszarze generacji energii elektrycznej, wynikająca z dodania do scentralizowanej generacji opartej na źródłach kopalnych energii z rozproszonych źródeł odnawialnych, powoduje znaczne zwiększenie dynamiki niekorzystnych zjawisk w sieci elektroenergetycznej. W celu utrzymania stabilności i niezawodności systemu oraz wymaganej jakości dostarczanej energii elektrycznej, konieczna staje się niezwłoczna modernizacja elementów monitorujących i zabezpieczających stan pracy sieci na takie, które będą zdolne odwzorować, monitorować i przekazywać informacje o zmianach z odpowiednią dynamiką. Wykorzystanie wymaganych do realizacji tego celu technologii zdefiniowanych w zbiorze norm IEC 61850 takich jak SV (Sampled Values), GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events), czy też rozwiązań PMU (Phasor Measurement Unit) obliuguje do zmiany technologicznych sieci transmisji danych z dotychczas używanych na zsynchronizowane, deterministyczne i szybkie sieci Ethernet.*

### **1. Wstęp**

Proces zmian w obrębie generacji energii elektrycznej, polegający na znacznym zwiększeniu udziału w wytwarzanej energii odnawialnych źródeł rozproszonych geograficznie, zmienia zakres i rodzaj problemów, z którymi muszą się mierzyć zespoły zaangażowane w projektowanie, nadzór i utrzymanie systemu elektroenergetycznego. Zasięg tych zmian nie będzie dotyczył tylko spółek dystrybucyjnych, ale również podmiotów odpowiedzialnych za przesyłanie energii. Utrzymanie sieci elektroenergetycznej na wymaganym i coraz wyższym poziomie niezawodności oraz dostarczanie energii elektrycznej o gwarantowanych odbiorcy parametrach wymagać będzie niezwłocznej transformacji stosowanych rozwiązań. Poprzez transformację, możemy rozumieć tu zmiany zarówno rozwiązań w obrębie automatyki stacyjnej,

metod i protokołów, ale również ewolucję w służbach odpowiadających za łączność, zarówno na poziomie technologicznym, jak również na poziomie sieci IT. Wymagane technologie są już są już gotowe do wdrożenia, a ich funkcjonalność oparta została na mechanizmach zdefiniowanych w zbiorze norm IEC 61850 oraz standardach z nią powiązanych. Należy jednak stwierdzić, że z doświadczeń krajów opartych na energetyce odnawialnej, wprowadzenie tych zmian wymaga pogłębionej świadomości, wiedzy oraz korelacji działań w całej strukturze. Skupiając się na infrastrukturze komunikacyjnej, dział IT musi patrzeć szerzej i rozumieć wymagania płynące z zastosowanych technologii, które nie pozwalają patrzeć na zastosowane rozwiązania teleinformatyczne w sposób szablonowy. Osoby odpowiedzialne za infrastrukturę technologiczną sieci komunikacyjnej, prócz wymagań stawianych przez zastosowane technologie powinny rozumieć aspekty bezpieczeństwa. Służby odpowiedzialne za automatykę stacijną powinny umieć zdefiniować wymagania dla sieci technologicznej pod kątem jej determinizmu i przepustowości, tak aby była możliwa realizacja obecnych i przyszłych aplikacji. W publikacji zostaną przybliżone technologie wpływające na determinizm sieci transmisji danych oraz podane przykłady rozwiązań komunikacji i synchronizacji pozwalających na spełnienie wymagań normy IEC 61850.

## **2. Technologie determinujące wymagania dla sieci transmisji danych na stacji i pomiędzy stacjami elektroenergetycznymi**

Spośród technologii zdefiniowanych dla cyfrowych stacji elektroenergetycznych, zmieniających w sposób istotny możliwości oceny zdarzeń ich predykcji oraz zapobiegania, można wymienić dwie najbardziej istotne tj. SV (Sampled Values) specyfikowaną przez IEC 61850-9-2 i jej najczęściej implementowaną wersję IEC 61850-9-2LE oraz technologię synchronizacyjną tj. PMU (Phasor Measurement Unit) specyfikowaną przez normy IEEE C37.118 oraz IEC 61850-90-5. Cechą charakterystyczną obu jest próbkowanie wartości napięć i prądów oraz fazy sygnałów i podawanie tych próbek w odniesieniu do precyzyjnego czasu uniwersalnego do jakiego muszą być zsynchronizowane urządzenia realizujące próbkowanie. W przypadku SV urządzeniem realizującym próbkowanie i generację wartości w formie pakietowej jest

MU (Merging Unit) określana jako „SV publisher”. Jak wspomniano jednostka MU musi być synchronizowana z precyzyjnym czasem uniwersalnym ze względu na to, że początek wysyłania próbek jest wyznaczany przez start impulsu sekundowego i każda próbka musi wyjść z urządzenia publikującego w enumerowanej sekwencji z interwałem wynikającym z ustawionej liczby próbek na sekundę. Ponadto, zostaje opatrzona znacznikiem czasu precyzyjnego „timestamp”. Dokładność czasu dostarczonego do urządzeń obsługujących SV nie powinna być gorsza niż +/-1us. We wczesnych rozwiązaniach wbudowywano serwer czasu synchronizowany z GNSS (Global Navigation Satellite Systems) bezpośrednio do urządzenia. Takie rozwiązanie ma jednak wiele wad i obecne rozwiązania posiadają możliwość synchronizowania z sieci Ethernet poprzez porty światłowodowe z wykorzystaniem protokołu IEEE1588 PTP (Precision Time Protocol) w wersji przeznaczony dla zastosowań w energetyce tj. Power Profile specyfikowany przez IEC 61850-9-3 lub IEEE C37.238. Jest to o tyle istotne, że różni się on zasadniczo trybem pracy od najczęściej spotykanego profilu telekomunikacyjnego nagłówkami oraz częstotliwością komunikatów informacyjnych i synchronizujących. Synchronizacja ta musi być również dostarczona do urządzenia wykonawczego „SV subscriber” np. wyłącznika. W takim przypadku, urządzenie wie kiedy może oczekiwać próbek i jeśli nawet one zostaną przesunięte poprzez urządzenia sieciowe urządzenie może je wyrównywać. Nie mniej jednak przesunięcie nie może wynieść więcej niż 3ms dla danej próbki.

Istotną cechą rozwiązania SV jest to, że wysyłanie próbek odbywa się w warstwie drugiej bez możliwości repetycji. Każda utrata pakietu to utrata cennych informacji o stanie sieci. Opracowano zatem rozwiązania bezstratnej redundancji w sieci Ethernet specyfikowanej w standardzie IEC 62439-3 jako PRP (Parallel Redundancy Protection) i HSR (High-availability Seamless Redundancy). PRP stosowane jest w architekturze punkt-punkt. HSR natomiast w strukturze pierścienia. W obu rozwiązaniach cechą istotną z punktu widzenia równomiernego rozłożenia próbek jest zerowe opóźnienie przełączania na protekcję.

Zastosowanie rozwiązania cyfrowych wartości próbkowanych na stacji w miejsce metod analogowych ma następujące zalety:

- znaczną redukcję okablowania w stacji elektroenergetycznej,
- zaawansowaną odporność na zakłócenia elektromagnetyczne



transmisji danych,

- zapewnienie izolacji galwanicznej obwodów,
- zaawansowaną niezawodność transmisji danych (kontrola dostępności kanału komunikacyjnego i integralności danych),
- zwiększoną dokładność pomiarów,
- możliwość zastosowania nowoczesnych metod pomiarowych.

Jednocześnie powstały pewne wyzwania przyczyniające się do spowalniania rozwoju aplikacji SV, dziś już nie stanowiące przeszkód, takich jak:

- duże zapotrzebowanie na moc obliczeniową urządzeń zabezpieczeniowych i sterujących IED do przetwarzania danych wejściowych i względnie duży ruch generowanych pakietów,
- konieczność posiadania precyzyjnej synchronizacji czasu na stacji elektroenergetycznej.

Urządzenia PMU tworzą „fazory” w miejscu instalacji, których metoda wyznaczenia została określona w specyfikacji IEEE C37.118.1. Fazor składa się z iloczynu modułu wartości mierzonej oraz operatora kąтового, w postaci zespolonej, wyznaczanego na podstawie odniesienia do precyzyjnego czasu UTC. Pojawia się zatem znowu konieczność dostarczenia precyzyjnej synchronizacji czasu w miejsce instalacji urządzenia z dokładnością nie gorszą niż +/-1us. Wymóg ten jest związany bezpośrednio z parametrem Total Vector Error (TVE). Błąd TVE nie może przekraczać 1% amplitudy i 1% błędu fazy co daje  $0.573^\circ$  przesunięcia kąta wektora względem wektora idealnego. Ponadto, konieczność dostarczenia precyzyjnej synchronizacji czasu w miejsce instalacji urządzenia z dokładnością nie gorszą niż +/-1us. Ponadto, format prezentacji danych z PMU wyspecyfikowany we standardzie IEEE C37.118.2 wymaga podobnie jak w przypadku SV, precyzyjnego znacznika czasu wygenerowanej próbki. Podobnie również jak w przypadku urządzeń MU, dotychczas stosowane były bezpośrednio odbiorniki sygnału GNSS. Obecnie standardem jest już pobieranie synchronizacji z interfejsu sieciowego z wykorzystaniem protokołu PTP w konfiguracji Power Profile.

Stosując w sieci jednostki PMU wzdłuż linii przesyłowych pozyskujemy dane, które stwarzają następujące możliwości:

- monitorowanie kąta fazowego,
- wykrywanie i monitorowanie oscylacji (przeciwdziałanie „blackout”,

pracy wyspowej, etc),

- monitorowanie stabilności napięcia (problematyka pracy z OZE),
- predykcja zdarzeń, zarządzanie i przywracanie,
- wykrywanie problemów sprzętowych (zmniejszenie czasu niedostępności),
- rozszerzenie świadomości związanej ze zdarzeniami w sieci i ich korelacją z przyczynami,
- możliwości uczenia się na systemie i jego zachowaniach,
- walidacja i kalibracja modelu,
- analiza po zdarzeniach np. dla algorytmów sztucznej inteligencji,
- integracja źródeł odnawialnych,
- szkolenie operatorów.

Do wyżej omówionych dwóch rozwiązań zmieniających jakościowo możliwości automatyzacji oceny stanu i podejmowania decyzji należy dołączyć GOOSE, który jest systemem komunikatów używanym przez urządzenia IED (Intelligent Electronic Devices) i aplikacje krytyczne do informowania o zdarzeniach w stacji elektroenergetycznej, wysyłania poleceń, alarmów, itp. Typowe zastosowania to np. wyzwalenie, uruchamianie rejestratorów zakłóceń, komunikacja dla telezabezpieczeń. Protokół zdefiniowany jest dla warstwy drugiej i trzeciej modelu OSI. GOOSE pracuje w czasie rzeczywistym w sieci Ethernet i służy do szybkiej i niezawodnej dystrybucji danych. Podobnie jak w przypadku SV wykorzystywana jest metoda publisher-subscriber. Publisher IED wysyła komunikat, który może być odczytany przez wiele odbiorników. Reakcja każdego odbiornika zależy od jego funkcjonalności i konfiguracji. Na przykład komunikat informuje o położeniu wyłącznika (otwarty, zamknięty, pośredni). Protokół nie ma potwierdzeń, ale wiadomości są powtarzane cyklicznie. Gdy komunikat GOOSE jest generowany przez IED, używa on warstwy L2 multicast do wysłania zdarzenia w sieć. Urządzenia odbierające, tj. subskrybenci, zapisują się na adres multicastowy wiadomości, aby móc szybko przefiltrować informacje i wykonać wymagane zadanie. Wymagania dotyczące niektórych wiadomości GOOSE są rygorystyczne - nie może upłynąć więcej niż 4 ms od momentu wystąpienia zdarzenia do momentu odebrania komunikatu, co nakłada wymagania na parametr opóźnienia w sieci.

Podsumowując wykorzystanie rozwiązań SV, PMU i GOOSE, definiuje nam to wymagania na sieć transmisji danych tj. maksymalne opóźnienie,

packet jitter oraz jakość synchronizacji czasu, którą musimy dostarczyć do urządzeń. Dodatkowo zdefiniowane w wymienionych standardach zostały warstwy modelu OSI/ISO, dla których jest realizowana komunikacja ww. rozwiązań, aby osiągnąć wymagane kryteria jakościowe. Podsumowanie parametrów determinujących poprawną pracę zostały przedstawione w poniższych Tabelach 1, 2, 3.

Tabela 1 – Opóźnienie linii transmisyjnej – klasyfikacja dla aplikacji

IEC TR61850-90-1 klasa opóźnienia	Maksymalne opóźnienie [ms]	Klasa transferu wg IEC61850-5	Przykład aplikacji
TR1	<3ms	TT6	Trip, blocking
TR2	<10ms	TT5	Releases, status changing
TR3	<15ms	(TT5)	Trip, analog
TR4	<20ms	TT4	Fast automatic interactions

Tabela 2 – Wymagana dokładność synchronizacji czasu

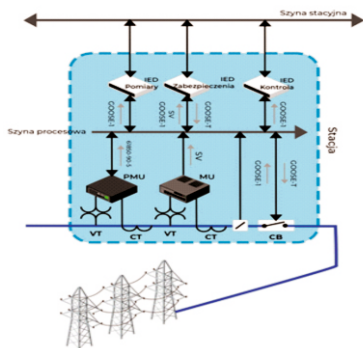
IEC TR61850-5 klasa synchronizacji	Maksymalne opóźnienie [us]	Dokładność detekcji fazy 50Hz [stopień]	Warstwa transmisji	Przykład aplikacji
T5	<1	0,02	L2	SV, PMU
T4	<4	0,1	L2	SV, PMU
T3	<25	0,5	L2/L3	GOOSE
T2	<100	1,8	L3/L3	OTHERS

Tabela 3 – Maksymalne opóźnienie przełączenia protekcji – klasyfikacja dla aplikacji

Klasa opóźnienia	Maksymalne opóźnienie przełączenia [ms]	Metoda protekcji	Przykład aplikacji
TR0	<0	PRP, HSR	SV, PMU, TRIP
TR50	<5	G.6032 EPRS	GOOSE
TR500	<500	RSTP	IP trafic

### 3. Struktura sieci transmisji danych na stacji elektroenergetycznej

Analizując wymagania stawiane przez urządzenia na stacji, ich położenie i funkcjonalność, zdecydowano się podzielić strukturę komunikacji na stacji na dwa obszary. Obszar magistrali procesowej i obszar magistrali stacyjnej. Umowną strukturę sieci na stacji i urządzenia pracujące w jej obrębie przedstawiono na Rysunku 1.



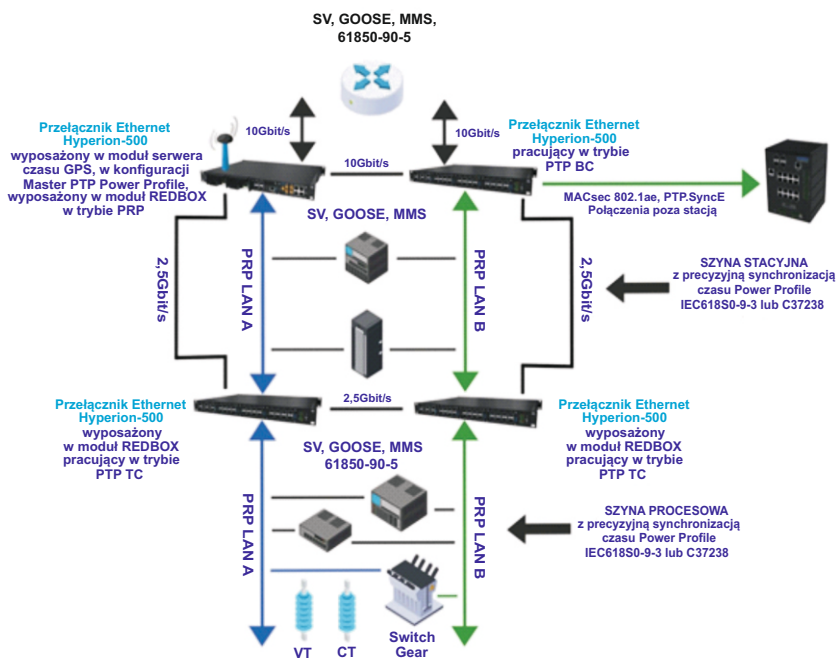
Rysunek 1. Struktura komunikacji na stacji elektroenergetycznej z zaznaczonymi przykładami wymiany komunikatów.

Magistrala procesowa łączy główne urządzenia pomiarowe i sterujące z urządzeniami IED, np. przekaźnikami zabezpieczającymi. Magistrala procesowa zazwyczaj przenosi wartości próbkowane SV, polecenia wyzwalania GOOSE, sterowanie MMS oraz nieodzowną synchronizację IEC 61850-9-3 lub IEEE C37.238. Jak wspomniano na magistrali procesowej standardem jest wykorzystanie metod redundancji bezstratnej PRP/HSR w adekwatnych topologiach gwiazdy lub pierścienia. Jak to zostało omówione wcześniej, istnieją wysokie wymagania wydajnościowe i jakościowe dla tej komunikacji w czasie rzeczywistym w odniesieniu do czasu transferu czasu transmisji (opóźnienia), synchronizacji czasu, integralności danych, niezawodności i dostępności. Zwykły Ethernet zapewnia priorytetyzację ruchu w oparciu o Class of Service, ale nie zapewnia możliwości rezerwacji zasobów, szczególnie pasma łącza. Skutkiem tego jest, że ruch o wysokim i niskim priorytecie dzieli pasmo łącza na zasadzie „wąskich drzwi”. Ruch o wysokim i niskim priorytecie zakłóca się wzajemnie na wspólnych

łączach, a stopień interferencji zazwyczaj wzrasta wraz z poziomem zajętości pasma łącza. To zjawisko jest łagodzone poprzez ograniczanie średniego ruchu lub, innymi słowy, poprzez pozostawienie wystarczającej ilości wolnego pasma do nominalnej przepustowości łącza przepustowości łącza. Osiąga się to na przykład poprzez ograniczenie liczby urządzeń w pierścieniach Ethernet oraz fizyczną separację ruchu. To ostatnie oznacza, że np. ruch danych procesowych z jednej strony, a ruch inżynierski i zarządzający z drugiej strony jest czasami przenoszony przez oddzielne sieci Ethernet LAN, do których urządzenia IED są podłączone za pomocą oddzielnych interfejsów. Powoduje to zwiększenie liczby komponentów sieciowych oraz zwiększenie nakładów na okablowanie i zarządzanie siecią. Obecnie istnieją już jednak na tyle wydajne rozwiązania przełączników sieciowych o szybkościach interfejsów optycznych 1Gbit/s, 2,5Gbit/s, czy nawet 10Gbit/s dedykowanych dla stacji IEC61850-3, że problem ten jest łatwy do wyeliminowania poprzez dobór odpowiedniego rozwiązania.

Magistrala stacyjna łączy całą stację i zapewnia łączność ze SCADA oraz pomiędzy centralną inżynierią i zarządzaniem stacji z jednej strony, a poszczególnymi polami i ich urządzeniami IED z drugiej. Stosowane są topologie pierścieniowe, gwiazdziste oraz kraty. W dużych stacjach magistrala stacji jest zorganizowana hierarchicznie i podzielona na segmenty. Łączy ona wiele urządzeń IED, stacji roboczych i innych urządzeń (np. telefony VoIP, kamery monitoringu, itp). Wykorzystanie pasma na łączach centralnych może być odpowiednio wysokie. Magistrala stacyjna przenosi typowy ruch oparty o TCP/IP i UDP/IP (IEC 60870-5-104, MMS, HTTPS, NTP, SNMP, FTP, ), IEC 61850-9-3 PTP, komunikaty sterujące protokołem, a także GOOSE i SV dla niektórych aplikacji z mniejszymi w porównaniu do magistrali procesowej wymaganiami odnośnie wymagań wydajnościowych. Oddziaływanie pomiędzy aplikacjami może być zredukowane przez fizyczną i wirtualną segmentację sieci (VLAN), przycinanie ruchu, filtrowanie multicastów, priorytetyzację ruchu w oparciu o Class of Service, ograniczenie liczby urządzeń na segment oraz nadmiar przepustowości łącza. Staranne projektowanie sieci w oparciu o zasady i doświadczenia jest bardzo ważne. Jak wspomniano, istnieją urządzenia IED z aplikacjami czasu rzeczywistego, takie jak MU czy PMU w stacjach, które komunikują się przez sieć WAN z odpowiednikami w innych podstacjach lub centrach

sterowania w oparciu o IEEE C37.118.1 lub IEC TR61850-90-5. Te urządzenia IED zazwyczaj nie były podłączone do routerów brzegowych w magistralę stacji, ponieważ routery nie były w stanie spełnić wysokich wymagań wymaganiom tych aplikacji. Obecnie jednak dla wysokowydajnych przełączników nie jest to już istotna przeszkoda. Wysokie wymagania dotyczące niezawodności i dostępności komunikacji również osiąga się poprzez zastosowanie protokołów PRP i HSR. Nie mniej jednak stosuje się dalej mechanizmy redundancji RSTP, ITU-T G.8032 czy też DHP (Dual Homing Protocol). Rysunek 2 przedstawia architekturę sieci na stacji z wykorzystaniem wysoko wydajnych przełączników firmy BITSTREAM rodziny HYPERION-500 dedykowanych do zastosowań w architekturach sieci opartych na IEC 61850 i spełniających wszystkie wymogi dotyczące synchronizacji, opóźnień, zdolności przełączania ruchu, a przede wszystkim synchronizacji czasu precyzyjnego PTP.



Rysunek 2. Przykładowa architektura sieci transmisji danych na stacji elektroenergetycznej.

W przedstawionym przykładzie w części magistrali stacyjnej został umieszczony przełącznik HYPERION-500 z wbudowanym serwerem czasu precyzyjnego GNSS. Jest to rekomendowane rozwiązanie, aby umieszczać serwer czasu bezpośrednio na stacji ze względu na wymaganą precyzję synchronizacji, która ma być dostarczona do urządzeń IED nie gorszą niż  $\pm 1\mu\text{s}$ . Umieszczenie serwera czasu w lokalizacji poza stacją, może uniemożliwić spełnienie warunku. Przy rozważaniach należy pamiętać, że dla konfiguracji P2P (peer to peer) PTP Power profile, każdy przełącznik umieszczony pomiędzy serwerem czasu a IED będzie wносił niedokładność zależnie od konfiguracji do 200ns dla trybu pracy PTP BC (Boundary Clock) i do 50ns dla trybu pracy (TC) Transparent Clock. Wystarczy, więc zaledwie 4 węzły BC, aby być blisko limitu. Można stosować tryb pracy TC w przełącznikach, ale należy pamiętać, że w długich łańcuchach pozbawiamy się możliwości śledzenia stanu synchronizacji na węzłach. W przypadku konieczności poszukiwania problemów z synchronizacją, będziemy mieli bardzo utrudnione zadanie i może zaistnieć konieczność użycia wyspecjalizowanych sond lub testerów. W rozwiązaniu z urządzeniem HYPERION-500 możemy wspomóc tryb pracy BC synchronizacją poprzez Synchroniczny Ethernet (SyncE). Zmniejsza to istotnie niedokładność w trybie pracy BC.

Drugi przełącznik w szynie stacyjnej realizuje redundancję sprzętową, rozszerza liczbę przyłączonych urządzeń i jest zdolny przyjąć synchronizację PTP z sąsiednich stacji w przypadku zaniku synchronizacji na stacji lokalnej. Zwiększa to odporność na ataki typu „jamming” czy „spoofing”. Urządzenia na szynie stacyjnej są podłączone do magistrali PRP zwiększającej niezawodność połączeń poprzez funkcjonalność REDBOX dostępną w urządzeniu. Łączność pomiędzy częścią stacyjną i procesową realizowana jest przez połączenia 2,5Gbit/s, co eliminuje problemy opóźnień i packet jitter wspomniane wcześniej. Szyna procesowa zawiera podobny schemat redundancji sprzętowej i połączeniowej PRP, korzystając z precyzyjnego czasu przekazywanego przez protokół PTP. W przedstawionej architekturze dokładność czasu osiągnana przez jednostki zainstalowane na szynie procesowej może sięgać  $\pm 300\text{ns}$ , co daje znakomitą zdolność detekcji zmiany fazy dla jednostek PMU.

Jako, że protokoły synchronizacji czasu, SV i GOOSE, są definiowane dla warstwy drugiej, w celach bezpieczeństwa, istnieje możliwość

zaszyfrowania danych pomiędzy węzłami i połączeniami wychodzącymi np. poza obręb stacji w wykorzystaniu szyfrowania MACsec L2 256 bit specyfikowanego przez IEEE 802.1ae. Jest to ważna funkcja przełącznika HYPERION-500 podnoszona w najnowszej wersji standardu PTP IEEE 1588 v.2 :2019.

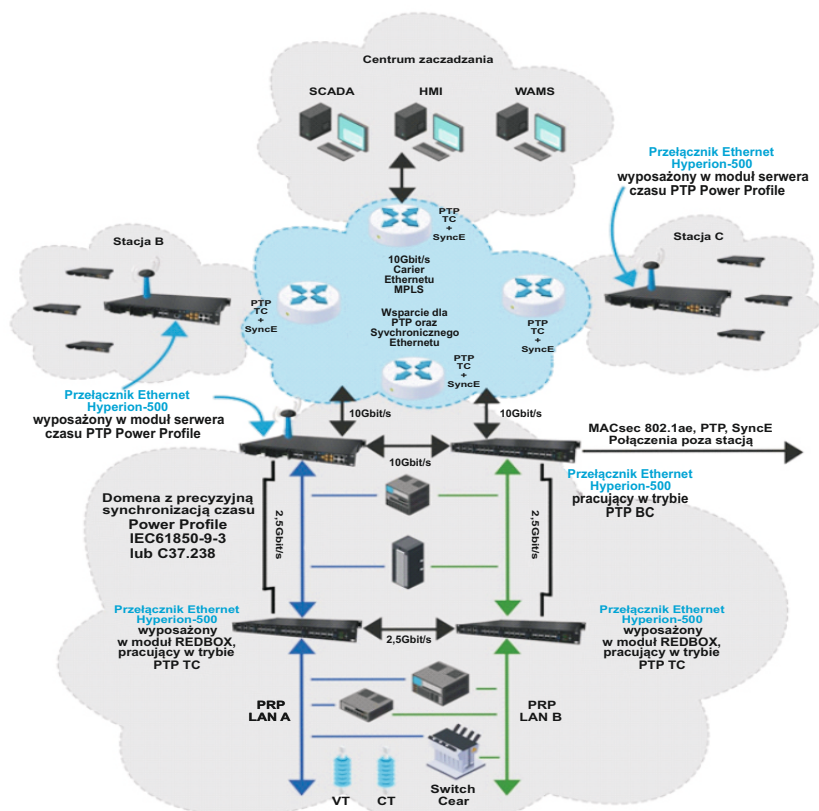
Przedstawioną konfigurację można swobodnie rozszerzać w ramach rozrostu stacji wykorzystując zapas przepustowości (10Gbit/s na połączeniach międzystacyjnych), margines synchronizacji, jak również poprzez modularność urządzenia umożliwiającego skalowalność portów i technologii.

#### **4. Struktura sieci transmisji danych pomiędzy stacjami elektroenergetycznymi**

Architektura połączeń między stacyjnymi, w praktyce może być realizowana w technikach mieszanych (hybrydowych) zawierających poprzednio stosowane rozwiązania SDH i EoSDH (Ethernet over SDH), Carrier Ethernet, jak również techniki optycznego zwielokrotnienia falowego xWDM (Wavelength Division Multiplexing). W węzłach mogą pojawiać się routery lub przełączniki ze wsparciem dla warstwy L3. Coraz częściej pojawiają się natomiast urządzenia ze wsparciem MPLS (Multi-Protocol Label Switching). Odpowiedź na pytanie jaka technika powinna być preferowana, można udzielić przez rozważenie ograniczeń. Komunikacja zrealizowana w technikach EoSDH ma dwa podstawowe ograniczenia. Pierwsze to nietransparentność dla protokołu PTP. Druga to stosunkowo duże i w pewnych warunkach zmienne opóźnienie wnoszone przez węzły z racji zastosowanej enkapsulacji GFP (Generic Frame Procedure) i LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme). Problematyczne więc staje się wykorzystanie tego typu łączy do opisanych zastosowań. W przypadku aplikacji routerów, na ogół te wysokowydajne stosowane w telekomunikacji mają problem z profilami energetycznymi PTP i wspierają nieprzydatne profile telekomunikacyjne. Wymagane będzie stosowanie zabiegów adaptacyjnych. Pojawią się problemy z dostępnością zapasowego źródła synchronizacji czasu na stacji i w konsekwencji konieczne będzie stosowanie podwójnych serwerów czasu precyzyjnego, co znacząco zwiększa koszty implementacji i nie likwiduje problemów z atakiem typu „jamming”. Z tego punktu widzenia wydaje się rozsądnym zastosowanie w węzłach szybkich



przełączników Carrier Ethernet z funkcją routowania L3 oraz możliwością zestawiania tuneli MPLS-TP (Multiprotocol Label Switching - Transport Profile). Tego typu rozwiązania wspierają protokoły synchronizacji czasu PTP Power Profile wraz ze wsparciem technik Synchronicznego Ethernet (SyncE). Wykorzystanie MPLS-TP umożliwia tunelowanie usług z odpowiednim CoS, co wpływa korzystnie na parametr opóźnienia i packet jitter. Przykład takiego rozwiązania został przedstawiony na Rysunku 3. Dotychczas istniejące systemy SDH mogą zostać pozostawione dla celów usług głosowych i transmisji starych protokołów IEC 60870-5-103, 104, DNP 3.0, MODBUS.



Rysunek 3. Przykładowa architektura komunikacji na stacji elektroenergetycznej i pomiędzy stacjami elektroenergetycznymi.

Zaletą przedstawionego rozwiązania jest możliwość wzajemnej redundancji serwerów czasu rozlokowanych geograficznie. Funkcja ta istotnie podnosi bezpieczeństwo precyzyjnej synchronizacji czasu PTP. Ponadto, redukuje koszt zegara stacyjnego ze względu na niższe wymagania na podtrzymanie (holdover). Ważnym jest, żeby zapasowy zegar nie był oddalony o zbyt dużą liczbę węzłów. Z tej przyczyny w urządzeniach HYPERION-500 stosowane są opracowane algorytmy wyboru zegara najbliższego.

Istotnym elementem rozważań jest bezpieczeństwo komunikacji stacyjnej i międzystacyjnej, a także komunikacji poza stacją dla generacji rozproszonej. Niektóre możliwe do zastosowania mechanizmy zostały wymienione w prezentowanym artykule. Rekomendacje dotyczące bezpieczeństwa opisuje zbiór dokumentów IEC TS 62351 "Power systems management and associated information exchange – Data and communications security". Ze względu na obszerność zagadnień jest to przedmiot osobnych rozważań.

## LITERATURA

1. IEC 61850-9-2 LE (Lite Edition). Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers using IEC 61850-9-2.
2. IEC 62439-3 (International Standard). Industrial Communication Networks – High Availability Automation Networks – Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR).
3. IEEE Std C37.238™-2017, IEEE Standard Profile for Use of IEEE 1588™ Precision Time Protocol in Power System Applications
4. IEC TR 61850-90-12 :2020 Communication networks and systems for power utility automation - Part 90-12: Wide area network engineering guidelines
5. IEEE 1588-2019 - IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems
6. IEC TR 61850-90-5:2012 Communication networks and systems for power utility automation - Part 90-5: Use of IEC 61850 to transmit synchrophasor information according to IEEE C37.118
7. Practical aspects of IEC 61850-9-2 implementation in microprocessor-based protection and control IEDs
8. WP-IEC-61850-Architectures – 2021
9. IEC 61850-5:2013 - Communication requirements for functions and device models

## Szybkie i nowoczesne metody diagnostyczne stacji ładowania pojazdów elektrycznych



Rys.1. Pomiary stacji ładowania pojazdów za pomocą SONEL EVSE-01 i MPI-540.

Powoli - ale systematycznie! - z roku na rok na naszych drogach rośnie ilość pojazdów elektrycznych. Obserwujemy również zwiększającą się liczbę publicznych i prywatnych stacji ładowania, stanowiących niezbędną infrastrukturę. Tempo rozwoju tego sektora, jak i zainwestowane w niego środki pozwalają domniemywać, że jest to trend, który będzie się nasilał w kolejnych latach.

W przypadku instalacji nowych punktów i stacji ładowania niezwykle istotną sprawą są prawidłowo wykonane badania odbiorcze, aby nie dopuścić do użytku niesprawnego urządzenia. Kluczowe dla bezpieczeństwa użytkowników są również badania okresowe, przeprowadzane już podczas eksploatacji.

W obszarze bezpieczeństwa i odpowiedniego zarządzania infrastrukturą sprzętu do ładowania pojazdów EV dopiero w ostatnim czasie zaczęto wdrażać odpowiednie przepisy regulujące podstawowe zagadnienia. W ustawie z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych w pkt. 16 określono, iż stacje ładowania i punkty

ładowania stanowiące element infrastruktury drogowego transportu publicznego podlegają badaniom technicznym przeprowadzanym przez Urząd Dozoru Technicznego.

Bardzo ogólne zapisy powyższej ustawy doprecyzowuje Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wymagań technicznych dla stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu. Rozporządzenie to weszło w życie 30 lipca 2019 r. Od tej daty wszystkie tego typu urządzenia - w przypadku oddania do eksploatacji, a także po naprawie, modernizacji, lub przeniesieniu w inne miejsce - powinny być zgłoszone do UDT wraz z odpowiednią dokumentacją. Zgłaszający zobowiązany jest, by w komplecie dokumentacji dostarczyć m.in. protokoły z pomiarów elektrycznych, zatwierdzone przez osobę ze świadectwem kwalifikacji w zakresie dozoru (wraz z kopią świadectwa). Minimalny zakres pomiarów to:

1. ciągłość przewodów ochronnych, włącznie z przewodami w połączeniach wyrównawczych głównych i dodatkowych oraz – w przypadku pierścieniowych obwodów odbiorczych – przewodów czynnych,
2. rezystancja izolacji przewodów elektrycznych, mierzona między przewodami czynnymi oraz między przewodami czynnymi przewodem ochronnym przyłączonym do układu uziemiającego,
3. rezystancja uziemień roboczych, o ile są stosowane,
4. sprawdzenie działania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych,
5. zbadanie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

Prawo nakazuje, by powyższym badaniom poddać publiczne stacje świadczące usługę ładowania. Oczywistym jest jednak to, że - ze względu na bezpieczeństwo użytkowników, jak i dobrą praktykę inżynierską - zalecane są one również dla urządzeń nie objętych nadzorem UDT.

Część z pomiarów można wykonać w podobny sposób, jak w przypadku standardowej instalacji niskiego napięcia. Niektóre jednak z nich wymagają wprowadzenia stacji w odpowiedni stan, co może być trudne bez właściwego sprzętu i urządzeń pomiarowych. Pomocnym tutaj okaże się z pewnością adapter EVSE-01 dedykowany do badań stacji ładowania AC wyposażonych w złącze typu 2-go, jaki firma Sonel wdrożyła na rynek. Będąc jednym z największych producentów wysokiej jakości przyrządów pomiarowych, Sonel zdecydowanie zaznacza w ten

sposób swoją obecność w nowym obszarze gospodarki, jakim jest elektromobilność.

Adapter współpracuje z rodziną mierników wielofunkcyjnych **Sonel MPI**. Pozwala na wykonanie kompleksowych pomiarów zgodnie z obowiązującymi przepisami. Ponadto umożliwia również podstawową diagnostykę układu sterowania. Symulując kabel ładujący (linia *proximity pilot* - PP) i status podłączenia pojazdu (linia *control pilot* - CP), wprowadzimy stację w różne stany pracy, sprawdzając jednocześnie sygnały sterujące zdefiniowane przez normę PN-EN 61851. W celu ułatwienia diagnostyki na jedno z gniazd EVSE-01 wyprowadzono również sygnał modulacji szerokości impulsu (PWM).

Wykonanie pomiarów stacji ładowania może być zrealizowane w połączeniu z każdym miernikiem z rodziny przyrządów wielofunkcyjnych MPI (z uwzględnieniem możliwości i parametrów technicznych danego modelu). Na ich tle wyróżnia się jednak flagowy **MPI-540**. Zaprogramowano w nim **sekwencje pomiarów automatycznych, dedykowanych do stacji ładowania**. Jest to funkcjonalność, dzięki której wykonamy pomiary najszybciej i najsprawniej. Z kolei pełna obsługa stacji trójfazowych sprawia, że unikniemy zbędnego przepinania przewodów przy pomiarze kolejnych faz obwodu.

W połączeniu z ergonomią i łatwością obsługi, powyższe funkcjonalności sprawiają, iż adapter EVSE-01 jest doceniony i pożądany wśród pomiarowców.



Rys. 2. Adapter SONEL EVSE-01 (po lewej) i miernik wielofunkcyjny MPI-540 (po prawej).

## **AUDYTY ENERGETYCZNE PRZEDSIĘBIORSTW TRANSPORTOWYCH, LOGISTYCZNYCH I PRODUKCYJNYCH**

*Zarówno polskie, jak i unijne regulacje prawne nakładają na firmy większe niż małe i średnie, obowiązek dokonywania audytów energetycznych co 4 lata począwszy od 30 września 2017 roku. Za brak audytu energetycznego grozi takim firmom kara do 5 proc. przychodu kontrolowanego przedsiębiorcy, osiągniętego w poprzednim roku podatkowym. Chcąc uniknąć tak potężnej kary, kolejny audyt przedsiębiorcy - również z branży transportowej, logistycznej czy produkcyjnej – muszą wykonać najpóźniej do 30 września 2021 roku. Czym jest audyt, jak go przeprowadzić, jakie rozwiązania wybrać i komu powierzyć jego przeprowadzenie, żeby był on najbardziej obiektywny?*

Sposób i częstotliwość przeprowadzenia audytów energetycznych dużych przedsiębiorstw określa Dyrektywa 2012/27/UE (EED) w sprawie efektywności energetycznej: „Państwa członkowskie zapewniają, aby przedsiębiorstwa niebędące MŚP zostały poddane audytowi energetycznemu przeprowadzonemu w niezależny i odpłatny sposób przez wykwalifikowanych lub akredytowanych ekspertów lub zrealizowane i nadzorowane przez niezależne organy na podstawie przepisów krajowych, do 5 grudnia 2015 roku oraz co najmniej co cztery lata od daty poprzedniego audytu energetycznego.”

Zapis ten został wdrożony w Polsce poprzez ustawę o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 roku, która zobowiązuje duże przedsiębiorstwa do wykonywania audytu co 4 lata, począwszy od 30.09.2017 roku. Oznacza to, że następny termin, do którego duże przedsiębiorstwa są zobowiązane przedstawić Urzędowi Regulacji Energetyki (URE) wyniki audytu energetycznego, mija 30.09.2021 roku.

### **5 proc. przychodu za brak audytu**

Za niewykonanie tego obowiązku ustawa przewiduje kary do 5 proc.

przychodu kontrolowanego przedsiębiorcy, osiągniętego w poprzednim roku podatkowym. Oznacza to, że w najbliższym czasie można się spodziewać rozszerzenia obowiązku wykonywania audytu energetycznego na średnie przedsiębiorstwa, które dotąd były jedynie do tegożachęcane (np. poprzez dotacje).

Audyt energetyczny przedsiębiorstwa (art. 37 pkt 1. Ustawy o efektywności energetycznej) „jest procedurą mającą na celu przeprowadzenie szczegółowych i potwierdzonych obliczeń dotyczących proponowanych przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej oraz dostarczenie informacji o potencjalnych oszczędnościach energii”.

Audyt energetyczny przedsiębiorstwa wg art.37

- pkt 2. „zawiera szczegółowy przegląd zużycia energii w budynkach lub zespołach budynków, w instalacjach przemysłowych oraz w transporcie, odpowiadających łącznie za co najmniej 90 proc. całkowitego zużycia energii przez to przedsiębiorstwo”; oraz

- pkt 3. „powinien opierać się, o ile to możliwe, na analizie kosztowej cyklu życia budynku lub zespołu budynków oraz instalacji przemysłowych, a nie na okresie zwrotu nakładów, tak, aby uwzględnić oszczędności energii w dłuższym okresie, wartości rezydualne inwestycji długoterminowych oraz stopy dyskonta”.

Zatem audyt energetyczny przedsiębiorstwa musi zawierać:

- bilans min. 90 proc. energii zużywanej przez przedsiębiorstwo;
- analizę ekonomiczną modernizacji opartą nie o wyliczenie prostego czasu zwrotu inwestycji (SPBT), ale o oszczędności dla całego okresu funkcjonowania proponowanych w audycie zmian z jednoczesnym wyliczeniem rezultatów ekonomicznych NPV po uwzględnieniu stopy dyskonta.

Niezmiernie ważne są też pozostałe postanowienia ustawy, mówiące o tym, że:

- „audyt należy przeprowadzać na podstawie aktualnych, reprezentatywnych, mierzonych i możliwych do zidentyfikowania danych dotyczących zużycia energii oraz – w przypadku energii elektrycznej – zapotrzebowania na moc” (Art. 37 pkt. 1).

- „Przedsiębiorca przechowuje do celów kontrolnych, dane, dotyczące audytu energetycznego przedsiębiorstwa przez 5 lat” (Art. 37pkt. 3)

## Korzyści dla przedsiębiorcy

Wiedza na temat zużycia energii w przedsiębiorstwie jest podstawą podejmowania racjonalnych decyzji na temat poprawy efektywności energetycznej.

Centra logistyczne składające się z dużych hal magazynowych oraz biur charakteryzują się dużym zużyciem energii elektrycznej oraz ciepłej (w różnej postaci: ciepło sieciowe, gaz ziemny, itd.).

W przypadku, gdy przedmiotem działania takiego przedsiębiorstwa są artykuły spożywcze, znaczna część powierzchni magazynowych to chłodnie lub mroźnie. Podobny problem jest np. w branży farmaceutycznej. Tu nie ma konieczności mrożenia, ale medykamentom należy zapewnić odpowiednie warunki składowania, co wymusza klimatyzowanie całych hal magazynowych, by nie dopuścić do przekroczenia maksymalnej dopuszczalnej temperatury przechowywania. Praca agregatów chłodniczych w obu przypadkach implikuje duże zużycie energii elektrycznej. Przykładowa proporcja takiego zużycia może wyglądać następująco:

Tab. 1. Przykładowe zużycie energii w przedsiębiorstwie

rodzaj energii	kWh	GJ	TOE	% udziału
gaz ziemny	143 430,68	147,53	3,524	12,89 %
energia elektryczna	612 257,40	2 204,13	52,645	55,01 %
paliwa samochodowe	357 370,94	1 286,54	30,728	32,11 %
<b>suma</b>	<b>1 113 059,02</b>	<b>3 638,19</b>	<b>86,897</b>	<b>100,00 %</b>

Tabela już wiele mówi o kierunkach rozpatrywanych modernizacji w audycie:

1. Jak wynika z zestawienia, ogrzewanie nie jest głównym problemem w firmie. Zatem, termomodernizacja w tym przypadku nie musi być rozpatrywana.
2. Zdecydowanie największy udział w zużyciu stanowi energia elektryczna. Na tym, w pierwszej kolejności, powinna się skupić analiza możliwych oszczędności.
3. Kolejna pozycja po energii elektrycznej to paliwa samochodowe.

Rozpatrując wykorzystanie energii elektrycznej bardziej szczegółowo,



dojdziemy do wniosku, że jej zużycie to w większości chłodzenie: wspomniane chłodnie i mroźnie, w mniejszym stopniu klimatyzacja. Aby zmniejszyć zużycie energii elektrycznej pobieranej z sieci elektroenergetycznej, można zastosować kilka rozwiązań:

## **1. WYMIANA AGREGATÓW CHŁODNICZYCH**

Wymiana agregatów chłodniczych na bardziej efektywne energetycznie, np. zastosowanie free-cooling, odzysku ciepła z układów chłodniczych mroźni i wykorzystanie go do ogrzewania c.w.u. lub centralnego ogrzewania pozostałych obiektów, np. biur w okresie sezonu grzewczego. Podejmowanie tak rozbudowanych inwestycji ma sens wtedy, gdy układy chłodnicze są stare, wyeksploatowane, o niskiej sprawności. W przeciwnym razie, jeśli modernizacja da tylko niewielką poprawę sprawności, czas zwrotu inwestycji może przekraczać przewidywany czas eksploatacji nowego urządzenia.

## **2. ZASTOSOWANIE KOGENERACJI**

Ustawa z 14 grudnia 2018 r. o promowaniu energii elektrycznej z wysokosprawnej kogeneracji (proces technologiczny jednoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i użytkowego ciepła w elektrociepłowni) wraz z aktami wykonawczymi przewiduje dodatkową premię gwarantowaną, która podnosi rentowność inwestycji. W ramach takiego rozwiązania można zamienić istniejące agregaty chłodnicze elektryczne (jeśli są sprawne, można je pozostawić w rezerwie) na agregaty absorpcyjne, czyli zasilane ciepłem z kogeneracji, zamiast energii elektrycznej. Samo to spowoduje znaczne obniżenie zużycia energii elektrycznej poprzez zamianę tego zużycia na ciepło. Jest to wskazane, ponieważ w ten sposób układ kogeneracyjny może pracować cały rok, mając zapewniony odbiór energii cieplnej nawet latem. Ponadto, układ kogeneracyjny wyprodukuje nam własną energię elektryczną na pozostałe potrzeby. Proporcje produkcji w układach kogeneracyjnych są takie, że zwykle 20–40 proc. energii to energia elektryczna, pozostałe 60–80 proc. to ciepło. Jedynym problemem jest zapewnienie odbioru ciepła. Dlatego odbiór ciepła warunkuje możliwość pracy układu. Jednak wydatek inwestycyjny może być znaczny.


### 3. FOTOWOLTAIKA

Kolejną możliwością jest skompensowanie zużycia energii elektrycznej latem przez zastosowanie fotowoltaiki. Czasy zwrotu takiej inwestycji, dzięki spadkowi cen sprzętu i jednoczesnemu wzrostowi cen energii elektrycznej, stały się bardzo zachęcające do wyboru tego rozwiązania.

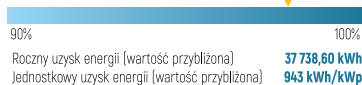
**Przykład: przedsiębiorstwo zużywające rocznie 200 MWh energii elektrycznej.** Przy doborze fotowoltaiki należy położyć nacisk nie na stuprocentowe pokrycie zapotrzebowania, ale na to, by cała energia wyprodukowana z instalacji fotowoltaicznej mogła być zużyta bezpośrednio w przedsiębiorstwie. Jest to warunek uzyskania dobrego czasu zwrotu inwestycji.

### 4. MODERNIZACJA OŚWIETLENIA

W ramach rozważania metod oszczędzania energii elektrycznej, w następnej kolejności należy zwrócić uwagę na metody oszczędzania energii elektrycznej na oświetleniu. Tu również metody mogą być różne. Najpopularniejszą jest wymiana oświetlenia na LED. Czas zwrotu inwestycji zależy od czasu świecenia rocznie. W przypadku pracy na 2 lub 3 zmiany te czasy zwrotu są kilkuletnie, zatem inwestycja jest opłacalna. Pojawiają się jednak pewne ograniczenia:

Liczba modułów fotowoltaicznych Moc szczytowa	Ustawienie Sposób montażu
160 modułów 40,00 kWp	 dach    południe 0°    kąt 35°

Współczynnik wykorzystania falownika: 97,9% 



Współczynnik samowystarczalności

16,1%

Udział procentowy zużycia energii na potrzeby własne

85,3%

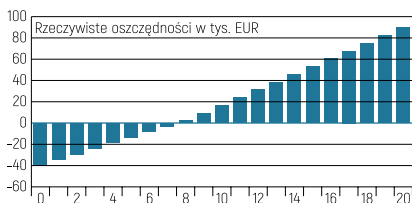
Rozdział energii fotowoltaicznej

Uzysk energii	Oddawanie energii do sieci	Zużycie energii na potrzeby własne
37 739 kWh	5 562 kWh	32 176 kWh

Pobór mocy z sieci 168 MWh

Koszt instalacji:	ok. 172 500 zł netto
Cena energii elektrycznej:	ok. 0,55 zł netto
Czas zwrotu inwestycji:	ok. 8 lat

Rzeczywiste oszczędności

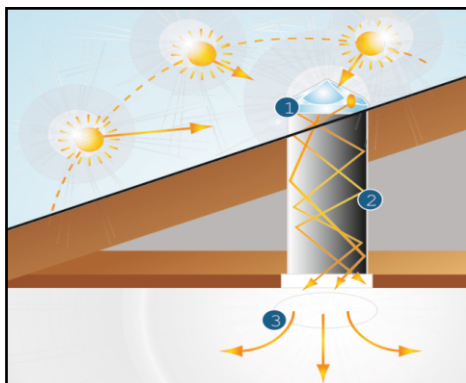


Rys.1. Oszczędności przy zastosowaniu fotowoltaiki

1. Jeśli hala ma już nowoczesne oprawy metahalogenkowe, oszczędności przy wymianie opraw na LED są na poziomie ok.  $\frac{1}{4}$  zużycia energii, co powoduje, że czas zwrotu inwestycji potrafi sięgnąć kilkunastu lat. Taka modernizacja nie jest więc opłacalna.
  2. Ze względu na przeciętny czas pracy źródeł światła LED, przy pracy ciągłej, źródła te trzeba wymieniać co parę lat, np. żywotność 50 tys. h wydaje się duża, ale 50 tys. h (24 h x 365 dni) = 5,7 lat pracy. Oznacza to wymianę źródeł światła co 6 lat.
- W obu przypadkach warto rozważyć też inne rozwiązania.

## 5. ZASTOSOWANIE RUR ŚWIETLNYCH

Zasadę działania tego rozwiązania przedstawia rys. nr 2



Rys.1. Zasada działania tuby światłonośnej

### 1. Kopała

- Przechwytuje i załamuje naturalne światło padające pod niskim kątem
- Dostarcza zrównoważone oświetlenie w ciągu całego dnia

### 2. Tuba światłonośna

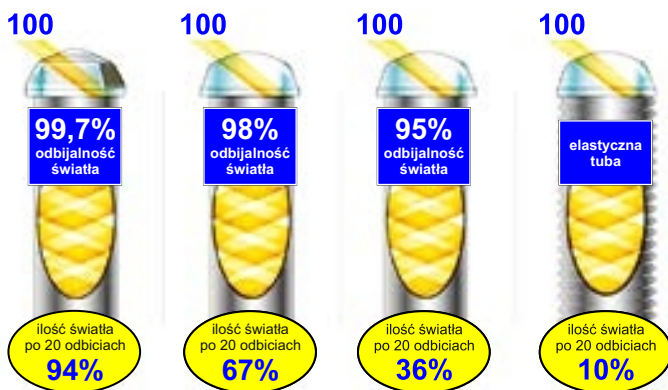
- Doprowadza naturalne światło na odległość nawet 30 metrów
- Najbardziej refleksyjny materiał na świecie, odbijający światło na poziomie 99,7%

### 3. Dyfuzor

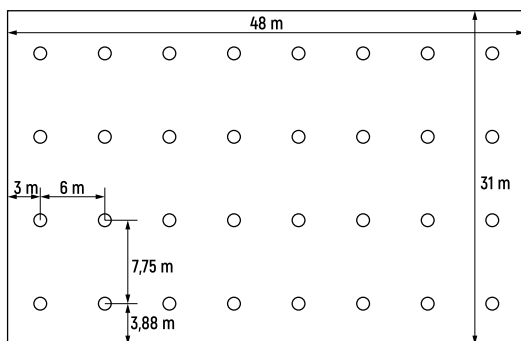
- Rozprasza naturalne światło, blokując szkodliwe promieniowanie UV
- Regulator światła umożliwia pełną kontrolę nad naturalnym

Soczewka skupia światło w rurze, a na wyjściu soczewka rozpraszająca powoduje jego przekazanie na oświetlenie większej powierzchni. Najważniejsze zatem w tym systemie jest to, by światło wędrujące przez rurę, na skutek kolejnych odbić, traciło najmniej ze swej mocy. Zastosowane rozwiązanie charakteryzuje się wysokim współczynnikiem odbicia promieniowania na poziomie 99,7 proc. Znaczenie tego faktu wyjaśnia rysunek 3.

Przykładowe rozmieszczenie tub świetlnych na dachu hali pokazuje rysunek 4.

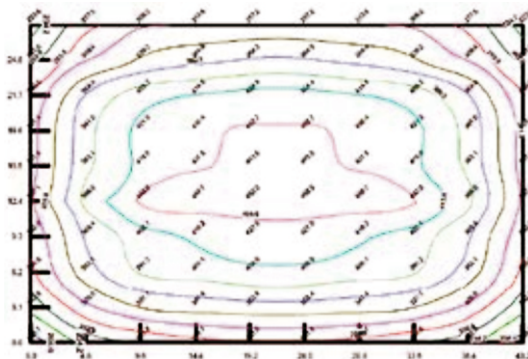


Rys. 3. Ilustracja działania rur przekazujących światło naturalne przy różnych współczynnikach odbicia.



Rys. 4. Rozmieszczenie tub świetlnych na dachu hali

Wyniki symulacji poziomu oświetlenia hali w warunkach jesienno - zimowych przedstawia wydruk z programu komputerowego.



Rys. 5. Wyniki symulacji natężenia światła pochodzącego z rur świetlnych w hali.

W okresie letnim przewidywane wyniki będą ok. 2 razy wyższe. Takie rozwiązanie nie tylko eliminuje większość zużycia energii elektrycznej na oświetlenie w ciągu dnia, ale również zapewnia krótki czas zwrotu takiej inwestycji.

#### [Ocena i wybór przedsięwzięcia prowadzącego do zmniejszenia kosztów energii elektrycznej](#)

Stawka energii elektrycznej - 0,6444 zł/kWh

##### Opis:

Przewiduje się instalację Tubowych Urządzeń Światła Dziennego dostarczających naturalne światło słoneczne do hali sportowej. Tubowe Urządzenie Światła Dziennego składa się z 3 podstawowych elementów:

- Kopuły umieszczonej na dachu budynku przez którą wpada światło,
- Tuby światłonośnej, która na zasadzie odbijania wpadającego światła przenosi je do wewnątrz,
- Dyfuzora światła montowanego wewnątrz pomieszczenia na stropie.

Proces przechwytywania światła zaczyna się od kopuły znajdującej się na dachu. Specjalna budowa kopuły pozwala na dopasowanie wpadającego światła o wszystkich porach dnia oraz wyłapywanie i załamywanie promieni słonecznych padających pod najmniejszym kątem. Tuba światłonośna przenosi wpadające światło do wewnątrz pomieszczenia dzięki specjalnej powierzchni o wysokim procentowym

współczynnika odbijalności. Dyfuzor natomiast oświetla pomieszczenie naturalnym światłem. Posiada on możliwość regulacji natężenia światła w dzień oraz możliwość wykorzystania świetlika jako źródła światła w nocy.

**Tab. 2.** Podsumowanie produkcji i zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepłą dla wybranego w audycie zestawu działań. W poszczególnych wierszach obliczenia dla miesiący w roku styczeń - grudzień. Ostatni wiersz to bilans roczny energii.

Lp.		Jednostka	Stan aktualny	Wariant 2
1	Roczne zużycie energii elektrycznej	kWh/a	249 024	249 024
2	Oszczędność energii ektrycznej	%	0	57,77
3	Oszczędność energii ektrycznej	kWh/a		143 861
4	Koszt zużycie energii elektrycznej	zł/a	160 471,07	67 766,93
5	Roczna oszczędność kosztów	zł/a		92 704,13
6	Koszt modernizacji	zł		171 176,46
7	SPBT	lata		1,8

Podstawa przyjętych modernizacji, Dobór systemu, Tubowych Urządzeń Światła Dziennego oraz jego wycena na podstawie oferty dostawcy.  
Koszt: 171 176,64 SPBT: 1,8 lat

Po szczegółowej analizie dochodzimy do wniosku, że w halach, gdzie można w ten sposób dostarczyć światło dzienne do środka, obniżamy znacznie zużycie energii elektrycznej na oświetlenie. Przy okazji, skracając dobowy czas świecenia lamp LED, wydłużamy ich żywotność, gdyż zmniejsza się ilość wymian, które w halach, ze względu na wysokość oraz np. pracę w ruchu ciągłym, nie są proste i tanie.

Jeżeli hala poprzednio miała świetliki dostarczające światło dzienne, zastępując świetliki rurami świetlnymi, zmniejszamy straty ciepła. Rura przeprowadza promieniowanie słoneczne skoncentrowane przez soczewkę skupiającą, a jej średnica to 30 cm, podczas gdy świetlik, by dać podobny rezultat, musiałby mieć powierzchnię nieporównywalnie większą. Te oszczędności nie były uwzględniane w obliczeniu prostego czasu zwrotu inwestycji.

Ciekawostką jest to, że wykorzystanie rur świetlnych do oświetlenia jest zastosowaniem odnawialnego źródła energii, jakim jest słońce.

Poprawia to charakterystykę energetyczną budynku. Tak więc wykorzystanie energii słonecznej w budynku, nie musi się ograniczać do kolektorów słonecznych i fotowoltaiki.

## 6. AUTOMATYCZNA REGULACJA POZIOMU OŚWIETLENIA.

Aby móc dynamicznie sterować poziomem oświetlenia, należy na poziomie stanowisk pracy zamontować czujniki poziomu oświetlenia i połączyć je z programem do zarządzania energią. System ten może dynamicznie, w zależności od ilości światła naturalnego, regulować poziom strumienia światła sztucznego, tak, by zachować wymagany poziom oświetlenia, ale ograniczyć jego przekroczenia. Warunkiem dodatkowym jest zastosowanie źródeł światła, których natężenie może być regulowane prądem. Są takie rozwiązania wśród źródeł światła LED, ale trzeba to uwzględnić przy zakupie.

Wartości porównawcze i kryteria projektowania oświetlenia w budynkach

Tab. 3. Maksymalne wartości wskaźników zużycia energii elektrycznej na oświetlenie (wg PN-EN 15293:2010P).

Rmódzaj budynku	Klasa jakości	P <sub>em</sub> [kWh/m <sup>2</sup> •rok]	P <sub>pc</sub> [kWh/m <sup>2</sup> •rok]	PN [W/m <sup>2</sup> ]	Bez cte natężenia oświetlenia		Z cte natężenia oświetlenia	
					LENI	LENI	LENI	LENI
					Wartość graniczna		Wartość graniczna	
					Ręcznie	Auto	Ręcznie	Auto
					[kWh/m <sup>2</sup> •rok]		[kWh/m <sup>2</sup> •rok]	
Biuro	*	1	5	15	42,1	35,3	38,3	32,2
	**	1	5	20	54,6	45,5	49,6	41,4
	***	1	5	25	67,1	55,8	60,8	50,6
Szkoła	*	1	5	15	34,9	27,0	31,9	24,8
	**	1	5	20	44,9	34,4	40,9	31,4
	***	1	5	25	54,9	41,8	49,9	38,1
Szpital	*	1	5	15	70,6	55,9	63,9	50,7
	**	1	5	25	115,6	91,1	104,4	82,3
	***	1	5	35	160,6	126,3	144,9	114,0

Oszczędności można oszacować na podstawie normy PN-EN 15193:2010P: „Charakterystyka energetyczna budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia. Norma zawiera tablicę, w której umieszczone są wskaźniki dla oświetlenia poszczególnych rodzajów budynków”, np. Przykładowo: dla dobrego poziomu oświetlenia w biurze (w tabeli 3), stosując automatykę, można zredukować współczynnik LENI, czyli roczną ilość kWh energii na oświetlenie  $1 \text{ m}^2$  z 67,1 na 50,6. To stanowi  $(67,1-50,6)/67,1=24,59$  procent, czyli ok. 1/4 dodatkowej oszczędności energii elektrycznej na oświetlenie.

Tab. 4. Czas zwrotu modernizacji oświetlenia w dwóch wariantach

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	W1	W2
1	Moc jednostkowa opraw oświetlenia podstawowego w budynku $P_n$	W/m <sup>2</sup>	5,63	2,32	2,32
2	Czas użytkowania oświetlenia podstawowego w ciągu dnia $t_o$	h	4 468	4 468	4 468
3	Czas użytkowania oświetlenia podstawowego w ciągu nocy $t_o$	h	1 372	1 372	1 372
4	Współczynnik uwzględniający obniżenie natężenia oświetlenia do poziomu wymaganego $F_c$	—	1,00	1,00	0,93
5	Współczynnik uwzględniający nieobecność użytkowników w miejscu pracy $F_o$	—	1,00	1,00	0,80
6	Współczynnik uwzględniający wykorzystanie światła dziennego $F_o$	—	1,00	1,00	0,80
7	Liczbowy wskaźnik energii oświetlenia LENI	kWh/m <sup>2</sup> •rok	32,9	13,6	8,6
8	Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku dla wbudowanej instalacji oświetleniowej $Q_{kl}=A_f \cdot \text{LENI}$	kWh/rok	139 178,9	57 465,6	36 213,0
9	Roczne oszczędności energii końcowej po modernizacji systemu oświetlenia $\Delta Q_{kl}$	kWh/rok		81 713,3	102 965,9
10	Jednostkowe opłaty za energię elektryczną $C_{jed}$	zł/kWh	0,25154		
11	Roczne koszty zmienne zużycia energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia wbudowanego K	zł/rok	35 009,06	14 454,90	9 109,01
12	Roczne oszczędności kosztów zużycia energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia $\Delta Q_k$	zł/rok		20 554,16	25 900,04
13	Koszt modernizacji systemu oświetlenia $N_o$	zł		20 842,36	132 775,96
14	Prosty czas zwrotu SPBT	lat		1,0	5,1



Nie ulega wątpliwości, że w przyszłości wraz ze wzrostem cen energii elektrycznej, systemy z zastosowaniem automatyki będą pojawiać się coraz częściej. Obecnie, ze względu na wysoki koszt LED sterowanych oraz elementów wykonawczych programu do zarządzania energią, czasy zwrotu takiej inwestycji najczęściej są dłuższe niż standardowych rozwiązań. Przykład pokazuje tabela 4. Wariant W1 to standardowe oprawy LED bez sterowania, W2 – z wyżej opisanym sterowaniem automatycznym.

## **TRANSPORT**

W przypadku przedsiębiorstw typowo transportowych, jako działanie oszczędzające energię należy wziąć pod uwagę wymianę samochodów na nowe. Podobnie w sytuacji, gdy chcemy rozważyć modernizację transportu, jako pozycji 3. tabeli zużycia energii w wyżej rozpatrywanym przykładzie. Różnica w spalaniu jest zauważalna, natomiast nie można oczekiwać, by zakup nowego pojazdu zwrócił się tylko z oszczędności na paliwie. Tabela poniżej przedstawia wnioski z takich obliczeń audytorskich.

Cena oleju napędowego podana w tabeli jest kwotą netto (bez VAT). Jak widać, ponad 12 - letni czas zwrotu z oszczędności, to okres przekraczający przewidywany czas zwrotu pojazdu. Jednak flotę pojazdów i tak trzeba odnawiać, zatem inwestycja jest nieunikniona. Biorąc to pod uwagę, jednym z kryteriów zakupu powinna być przewidywana oszczędność paliwa, gdyż to w części zwróci koszty zakupu lub leasingu nowego pojazdu. Jeszcze innym rozwiązaniem, dającym oszczędności i korzyści dla ochrony środowiska naturalnego, jest zainstalowanie w zestawach transportowych napędzanych olejem napędowym instalacji do napędu gazem LNG i CNG wraz ze zbiornikami na gaz.

Ciekawym wyjątkiem może być działalność np. firm kurierskich na rynku lokalnym. Kolejny przykład obliczeń dotyczy firmy, która używa samochody dostawcze do zaopatrywania klientów zlokalizowanych w Warszawie i najbliższej okolicy. Pozwala to na rozważanie pojazdów

elektrycznych, gdyż dzienny przebieg nie przekracza ich zasięgu. W tym przypadku zamiana samochodów na elektryczne daje znaczne oszczędności, nie tylko energii, ale też kosztu eksploatacji.

Połączenie tego rozwiązania z fotowoltaiką do ładowania samochodów może dać dalsze oszczędności.

Podsumowując, warto zauważyć, że audyty energetyczne pełnią pozytywną rolę w procesie inwestycyjnym, gdyż pozwalają oddzielić opłacalne modernizacje od tych nierentownych. Stąd w interesie przedsiębiorcy jest, by proces inwestycyjny, który może pochłonąć duże pieniądze, był poprzedzony taką analizą. Ponieważ audyty energetyczne przedsiębiorstw to nowa dziedzina, nie wszyscy przedsiębiorcy mają świadomość korzyści płynących z ich przeprowadzenia.

#### Ocena i wybór przedsięwzięcia prowadzącego do zmniejszenia zapotrzebowania na energię na potrzeby transportu

średnia cena ON - 3,57 zł/l

Opis:

Modernizacja polega na wymianie aut na nowe modele. Oszczędność energii wynika tutaj z obniżonego spalania nowych jednostek, ponadto zredukowana zostaje emisja CO<sub>2</sub> w związku z nowoczesnymi normami emisji spalin wdrożonymi w ciągnikach siodłowych.

Tab. 5. Analiza wymiany samochodów na nowe

Lp.	Opis	Jedn.	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Roczne zużycie paliwa modernizowanych pojazdów	ON l/rok	511 740	388 800
2	Oszczędność zużycia paliw modernizowanych pojazdów	ON l/rok		122 940
3	Roczne zużycie energii modernizowanych pojazdów	ON GJ/rok	18 484,0	14 043,5
4	Oszczędność zużycia energii modernizowanych pojazdów	ON GJ/rok		4 440,6
5	Roczna oszczędność kosztów modernizowanych pojazdów	zł/rok		<b>438 772,86</b>
6	Koszt modernizacji	zł		5 429 466,00
7	SPBT	lata		12,4

Podstawa przyjętych kosztów modernizacji: Koszt modernizacji przyjęty na podstawie informacji inwestora.

Uwaga: Ceny są cenami netto i zostały przyjęte na podstawie

<http://www.e-petrol.pl/notowania>

Koszt: 5 429 466,00 zł SPBT: 12,4 lat

Ocena i wybór przedsięwzięcia prowadzącego do zmniejszenia zapotrzebowania na energię na potrzeby transportu

średnia cena ON-3,57 zł/  
 średnia cena PB - 3,97 zł/  
 średni koszt energii elektrycznej - 255,74 zł/MWh

Opis:

Modernizacja polega na wymianie wszystkich samochodów dostawczych na nowe modele oraz samochodów osobowych.

Tab. 6. Analiza zamiany samochodów na elektryczne

Lp.	Opis		Jedn.	Stan istniejący	Stan modernizacji		
					W1	W2	W3
1	Roczne zużycie paliwa	ON	1/rok	161 443	0	0	0
		PB	1/rok	6 570	0	0	0
		energia elektr.	Mwh/rok	0,000	244,035	246,667	243,287
2	Oszczędność zużycia paliw	ON	1/rok		161 433	161 433	161 433
		PB	1/rok		6 570	6 570	6 570
		energia elektr.	Mwh/rok		-244,035	-246,667	-243,287
3	Roczne zużycie energii	ON	Mwh/rok	1 619,812	0,000	0,000	0,000
		PB	Mwh/rok	61,040	0,000	0,000	0,000
		energia elektr.	Mwh/rok	0,000	244,035	246,667	243,287
		razem	Mwh/rok	1 680,852	244,035	246,667	243,287
4	Oszczędność zużycia energii	ON	Mwh/rok		1 619,812	1 619,812	1 619,812
		PB	Mwh/rok		61,040	61,040	61,040
		energia elektr.	Mwh/rok		-244,035	-246,667	-243,287
		razem	Mwh/rok		1 436,817	1 434,185	1 437,565
5	Roczna oszczędność kosztów		zł/rok		540 025,10	539 351,99	540 216,29
6	Koszt modernizacji		zł		4 557 723,56	4 460 162,59	4 518 699,17
7	SPBT		lata		8,4	8,3	8,4

Być może dlatego nowa Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002/UE z 11 grudnia 2018 roku zmieniająca dyrektywę 2020/27/UE (EED) w sprawie efektywności energetycznej, idzie dalej niż poprzednia. Przewiduje, że Komisja Europejska do końca 2019 r. dokona oceny skuteczności wdrażania definicji MŚP do celów art. 8 ust. 4

dyrektywy EED, który dotyczy obowiązku wykonania raz na cztery lata audytu energetycznego przedsiębiorstwa. Oznacza to, że w przyszłości obowiązkiem audytu mogą zostać objęte kolejne grupy przedsiębiorstw, np. średnie.

Jednocześnie warto podkreślić, że nie ma żadnych przepisów krajowych czy unijnych, które nakazywałyby wdrażanie zaleceń audytu w razie jego przeprowadzenia. Audyt energetyczny pozostaje więc rzetelnym i obiektywnym źródłem informacji dla przedsiębiorcy o możliwych modernizacjach. Obiektywnym, gdyż niezależny audytor nie jest przedstawicielem jakiegokolwiek producenta czy dostawcy, a przepisy nakazują rozważanie w audycie wariantów modernizacji opartych o różne technologie. Decyzja o wdrożeniu zaleceń audytu lub ich odrzuceniu pozostaje wyłącznie w gestii przedsiębiorcy.

*Roman Stadnicki*

## **Instalacje i urządzenia elektryczne w strefach EX**

### **Cz. 2/3**

- **Ochrona instalacji przed przepięciami.**

Ze względu na ograniczoną odporność uderową izolacji przewodów, sprzętu elektrycznego i elektronicznego instalacje elektryczne w obiektach EX obowiązkowo podlegają ochronie przed przepięciami. Szczególnie niebezpieczne są przepięcia łączeniowe, o niewielkiej wartości szczytowej napięć rzędu 2,5 – 4-krotnej wartości napięcia fazowego, ale o długim czasie trwania (czoło ponad 200  $\mu$ s, do półszczytu ok. 3000  $\mu$ s). Odporność izolacji na te przepięcia jest mniejsza o ok. 15% niż na przepięcia atmosferyczne. Przepięcia mogą być przenoszone z sieci rozdzielczej albo generowane w sieci wewnętrznej. Przepięcia generowane w sieci wewnętrznej powstają w czasie załączania lub wyłączania obwodów elektrycznych (np.. przepalenie bezpiecznika, wyłączanie silnika indukcyjnego lub

transformatora, itp.). Wymagania dotyczące ochrony instalacji przed przepięciami atmosferycznymi przenoszonymi przez sieć rozdzielczą i przepięciami łączeniowymi są określone w normie PN-HD 60364-4-443:2016-3 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Dla ochrony urządzeń niskiego napięcia przed skutkami przepięć stosuje się ograniczniki przepięć (SPD) z iskiernikiem, diodą gazowaną i warystorem. Ograniczniki są urządzeniami do ograniczania napięć udarowych i odprowadzania do ziemi prądów udarowych. Ograniczniki przepięć wykonywane są w 3 klasach z przeznaczeniem do stosowania w odpowiednich miejscach instalacji: B w złączu – ogranicznik klasy I, C w rozdzielnicach – ogranicznik klasy II, D w puszkach lub gniazdach wtyczkowych urządzeń elektronicznych – ogranicznik klasy III. Zacisk uziemiający ogranicznika powinien być połączony z uziemioną szyną wyrównawczą. Ograniczniki z warystorem powinny być wyposażane w odpowiednie zabezpieczenia termiczne. Ograniczniki te muszą podlegać kontroli ze względu na możliwe nagrzewanie spowodowane prądem upływu.

- **Urządzenia elektryczne w strefach EX.**

W strefach EX wolno stosować urządzenia spełniające wymagania Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 6 czerwca 2016 roku w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (Dz.U. poz. 217). Urządzenia te spełniają zasadnicze wymagania dyrektywy ATEX i określone są jako posiadające budowę przeciwybuchową. Są to elektryczne urządzenia, w budowie których zastosowano środki konstrukcyjne zapobiegające zapaleniu atmosfery wybuchowej, która może wystąpić w ich otoczeniu. Oznakowanie standardu budowy urządzenia przeciwybuchowego poprzedzone jest symbolem Ex, po którym umieszczone jest oznaczenie literowe rodzaju budowy np.: d – budowa ognioszczelna, e – wzmocniona, p – przewietrzana, l – iskrobezpieczna, m – hermetyzowana masą, q – piaskowa, po czym umieszczony jest symbol grupy wybuchowości (górnictwo I, chemia: IIA, IIB, IIC) i symbol klasy temperaturowej (T1-T6).

Urządzenia przeciwybuchowe stosuje się w strefach EX wg oznakowania ATEX zawierającego: symbol przeznaczenia urządzenia - cyfra rzymska I lub II (I urządzenia dla górnictwa, II urządzenia dla

przemysłów pozostałych); oznaczenie kategorii - cyfra arabska 1, 2, 3 (1 do stref 0 lub 20, 2 do stref 1 lub 21, 3 do stref 2 lub 22); oznaczenie literowe rodzaju atmosfery wybuchowej - G gazowa, D pyłowa. Kategoria urządzenia przeciwwybuchowego określa jego bezpieczeństwo w wypadku uszkodzenia: kategoria 1- bezpieczne nawet w przypadku rzadko występujących uszkodzeń; kategoria 2 – bezpieczne przy często występujących uszkodzeniach; kategoria 3 – bezpieczne tylko w warunkach normalnego działania.

Grupa wybuchowości i klasa temperaturowa, która jest oznakowana na urządzeniu powinna odpowiadać analogicznym określeniom dotyczącym atmosfery wybuchowej mogącej wystąpić w danej strefie EX. Standardowo urządzenia Ex są wykonywane na temperatury otoczenia –20 °C do +40 °C.

W praktyce, stosując urządzenia przeciwwybuchowe, często uwzględnia się dodatkowo takie okoliczności jak: sposób użytkowania – urządzenia przenośne lub montowane na stałe; funkcja – urządzenia rozdzielcze, silniki, oprawy oświetleniowe, wyłączniki i przyciski, aparaty pomiarowe i sygnalizacyjne, gniazda wtykowe.

W strefach 0 i 1 należy o ile to możliwe, ograniczyć stosowanie urządzeń elektrycznych tylko do niezbędnie tam potrzebnych. Ograniczenie to dotyczy może przenośnych silników i opraw oświetleniowych, urządzeń rozdzielczych, gniazd wtykowych i wyłączników. Niezbędne urządzenia - silniki i oprawy oświetleniowe powinny być montowane na stałe. O doborze urządzeń elektrycznych do pracy w strefach EX decyduje projektant, posiadający uprawnienia budowlane z tego zakresu. Urządzenia przeciwwybuchowe są polecane do stosowania także w miejscach zagrożonych pożarem.

### ● Instalowanie urządzeń

Urządzenia elektryczne Ex należy instalować:

- zgodnie z Projektem Technicznym, przepisami i normami. Jakkolwiek doróbki, przeróbki, zmiany wykonane bez dokumentacji są określane jako modyfikacje nieuprawnione i są zabronione;
- zgodnie z „Instrukcją montażu i użytkowania” lub DTR producenta;

- po porównaniu oznaczeń na tabliczce znamionowej urządzenia z opisem w dokumentacji projektowej;
- po sprawdzeniu braku widocznych uszkodzeń, wad;
- po sprawdzeniu kategorii urządzenia, klasy temperaturowej, grupy wybuchowości oraz rodzaju strefy i właściwości atmosfery wybuchowej;
- zgodnie z uwagami podanymi w certyfikacie z literą „X”;
- przez przeszkolonych, uprawnionych i upoważnionych pracowników;
- w sposób zabezpieczający przed oddziaływaniami zewnętrznymi (chemicznymi, mechanicznymi, termicznymi, wibracją, wilgocią).

#### ● **Zabezpieczenia elektryczne.**

W strefach zagrożenia wybuchem, ważne jest aby silniki elektryczne nie stanowiły źródła zapłonu atmosfery wybuchowej. W pracy silnika najbardziej niebezpieczne są stany nieustalone powodujące szybkie nagrzewanie (rozruch, regulacja obrotów). Przyczyną nagrzewania silników mogą być także przeciążenia mechaniczne, obniżone napięcie zasilające, brak fazy, zwarcie zwojowe, zwarcie blach rdzenia magnetycznego, zbyt częste uruchomienia, brak chłodzenia. Każde z tych zaburzeń może być przyczyną uszkodzenia silnika a nawet pożaru czy wybuchu. Podstawowym zabezpieczeniem silników jest zabezpieczenie przetężeniowe. Zabezpieczenie to może być realizowane jako wspólne od zwarć i przeciążeń - za pomocą wyłączników, przekaźników elektronicznych lub jako oddzielne: od przeciążeń – przekaźniki termiczne, zabezpieczenie temperaturowe (termistory, termopary) i od zwarć – bezpieczniki, przekaźniki elektromagnetyczne.

Przekaźnik termiczny to uzależnione prądowo urządzenie zabezpieczające, działające ze zwłoką czasową, kontrolujące wszystkie trzy fazy, nastawione co najwyżej na prąd znamionowy maszyny, które zadziała przed upływem 2h lub wcześniej przy 1,2 krotnym prądzie nastawczym i nie zadziała przed upływem 2h przy 1,05 krotnym prądzie nastawczym. Silniki klatkowe budowy wzmocnionej „e”, przeznaczone do pracy ciągłej, o łatwych i rzadkich rozruchach wyposaża się w przekaźniki

termiczne nadprądowe o zwłocze zależnej powodujące, że utknięty silnik zostanie wyłączony przed upływem czasu  $t_E$  podanego na jego tabliczce znamionowej. Czas  $t_E$  jest to czas, w którym utknięty silnik nagrzewa się od temperatury dopuszczalnej przy pracy znamionowej do temperatury dopuszczalnej dla danej klasy temperaturowej. Jeżeli utknięty silnik zostanie wyłączony przed upływem tego czasu, wówczas nie dojdzie do zapłonu atmosfery wybuchowej, która może wystąpić w jego otoczeniu. Użytkownik powinien przechowywać charakterystyki przekaźników termicznych. Silniki o ciężkim rozruchu, silniki uruchamiane często, oraz silniki zasilane z przetwornic częstotliwości wyposaża się w zabezpieczenia temperaturowe, a w razie potrzeby w niezależne chłodzenie.

- **Warunki użytkowania urządzeń w strefach EX.**

Każde urządzenie elektryczne musi posiadać sprawne zabezpieczenia elektryczne chroniące przed skutkami zwarć, przeciążeń, doziemień

i przepięć oraz odpowiednie zabezpieczenie przed porażeniem prądem elektrycznym.

Każde urządzenie elektryczne musi posiadać możliwość wyłączenia bez pośrednictwa oprogramowania z blokadą możliwości ponownego uruchomienia oraz możliwość odłączenia izolacyjnego.

Urządzenia elektryczne zainstalowane w strefach Ex muszą posiadać indywidualny lub wspólny wyłącznik awaryjnego wyłączenia umieszczony w miejscu bezpiecznym, to jest poza strefą EX.

Każde urządzenie powinno posiadać tabliczkę znamionową z danymi: nazwa i adres producenta, typ, nr fabryczny, moc, napięcie, prąd, obroty, IP, oznakowanie CE, oznakowanie ATEX oraz oznakowanie standardu budowy Ex, grupy wybuchowości i klasy temperaturowej;

Każde urządzenie elektryczne powinno posiadać: deklarację zgodności oraz instrukcję montażu i użytkowania;

Każde urządzenie należy oznakować numerem ewidencyjnym nadanym przez użytkownika;

Dla każdego urządzenia należy założyć kartotekę z danymi znamionowymi i danymi obsługowymi (kontrola, konserwacja).



- **Systemy kablowe stosowane w strefach EX**

W strefach zagrożenia wybuchem rozróżnia się następujące systemy okablowania: system amerykański - przewody układane są w rurach stalowych; system angielski – stosowane są kable opancerzone; system niemiecki – wykorzystuje kable o izolacji i powłoce z tworzywa sztucznego.

Najbardziej rozpowszechniony jest ostatni system. Zaletą systemu amerykańskiego jest dobra ochrona mechaniczna przewodów w rurach oraz łatwa ekwipotencjalizacja. Do wad tego systemu należą: wysokie koszty, konieczność zapewnienia bardzo dobrego uszczelnienia przewodów w rurach w miejscach wprowadzeń do urządzeń, oraz konieczność skutecznego odwodnienia rur.

Angielski system okablowania kablami opancerzonymi zapewnia bardzo dobrą ochronę mechaniczną kabli, ochronę przed polami elektromagnetycznymi oraz możliwość ekwipotencjalizacji. W tym celu wymaga jednak stosowania specjalnych wpustów kablowych zapewniających ciągłość drogi prądowej przez pancerz.

Najtańszym systemem okablowania jest system niemiecki. Do zalet tego systemu należą łatwość układania kabli oraz nieskomplikowane uszczelnienie wpustów kablowych. Wadą jest podatność na uszkodzenia mechaniczne.

Kable układane w strefach EX powinny posiadać izolację i powłokę z tworzyw bezhalogenowych. Kable takie, w czasie pożaru nie rozprzestrzeniają płomienia ani nie wydzielają palnych i toksycznych gazów ograniczających widzialność. Poza tym, przewody i kable powinny być dobrane ze względu na: wytrzymałość mechaniczną, napięcie znamionowe izolacji, obciążalność długotrwałą, wytrzymałość zwarciovą i spadek napięcia.

#### **Oprzewodowanie stałe w strefie 0 lub 20:**

urządzenia iskrobezpieczne: wg wymagań normy;

urządzenia nieiskrobezpieczne: wg przepisów krajowych.

#### **Oprzewodowanie stałe w strefach 1 i 2 lub 21 i 22:**

kabel z pancerzem lub bez; kable o przekroju żył do 10 mm<sup>2</sup> - miedziane; żyły Al o przekroju co najmniej 16 mm<sup>2</sup>; izolacja nierozprzestrzeniająca

*ptomienia*, powłoka termoplastyczna, termoutwardzalna, elastomerowa albo metalowa z izolacją mineralną. Żyły wielodrutowe powinny być zabezpieczone za pomocą złączek lub tulejek do zakańczania żył lub końcówek.

**Oprzewodowanie do urządzeń przeciwybuchowych przenośnych:**

kable miedziane w oponie polichloroprenowej, elastomerowej, gumowej. Przekrój poszczególnych drutów tworzących żyłę kabla nie powinien być mniejszy niż 1 mm<sup>2</sup>.

**CDN**

*Z kart historii Rejonu/Regionu  
Wysokich Napięć w Tarnowie*

## **Prace pod napięciem – szkolenia 1990 – 1991 rok**

W drugiej połowie lat 80 - tych ujawnił się szczególny problem eksploatacyjny w liniach 400 kV. Wysoka awaryjność izolatorów szklanych typu PS (produkowanych w ZSRR) zastosowanych do ich budowy zainspirowała Instytut Energetyki do zastosowania technologii prac pod napięciem przy naprawie uszkodzonych łańcuchów izolatorowych. W 1989 roku zakupiono technologię i sprzęt w Niemieckiej Republice Demokratycznej jednak realizacja kontraktu przypada już po zjednoczeniu Niemiec w latach 1990 i 1991. W program ten zaangażowało się 9 zakładów energetycznych z Polski - w tym Zakład Energetyczny Tarnów, które eksploatowały znajdujące się na ich terenie linie 400 kV, tworzące rozległą sieć ogólnokrajową. Pierwszy etap obejmował adaptację technologii i sprzętu niemieckiego do warunków występujących w naszym kraju. Sprzęt wykorzystywany w NRD przystosowano do konstrukcji słupów linii 400 kV występujących w Polsce a technologia obejmowała głównie wymianę izolatorów metodą "na potencjale". Drugi etap to szkolenie grupy 20 polskich instruktorów prac pod napięciem. Było ono prowadzone w Ośrodku Szkolenia Zawodowego i Postępu Technicznego ZE Gdańsk w Straszynie k/Pruszcza Gdańskiego przez specjalistów z Berlińskiego Zakładu Energetycznego.



Polscy instruktorzy przez kolejne miesiące 1991 roku prowadzili szkolenie brygad monterskich w tym samym ośrodku szkoleniowym, wyposażonym w poligon z liniami najwyższych napięć i wysokiego napięcia. Ogółem szkolenie ( w różnym zakresie) ukończyło i upoważnienie do prac pod napięciem uzyskało 13 monterów Rejonu Energetycznego Najwyższych Napięć Tarnów - Mościce (RENN) w tym dwóch brygadzystów (kierujących zespołami) – Krzysztof Rogowski i Jerzy Kabat. Uprawnienia do wystawiania poleceń pisemnych na prowadzenie prac w technologii PPN uzyskali kol. Kazimierz Pasierb, a od roku 1998 również Andrzej Migdał.

W trakcie szkoleń ćwiczący a następnie wdrożono do praktyki realizacyjnej następujące prace opisane niżej wymienionymi kartami technologicznymi.

T001-T005	wymiana izolatorów na słupach przelotowych 400 kV
T007-T010	wymiana izolatorów na słupach mocnych 400 kV
T011	praca z wózkiem
T012	usuwanie ciał obcych z konstrukcji słupów
T013	silikonowanie na stacjach
T014	wymiana izolatorów na słupach przelotowych 400 kV ŁPV "w oknie"

Na podstawie zaświadczeń o ukończeniu kursu w OSzZiPT w Straszynie nadano pracownikom w ZE Tarnów SA uprawnienia do prowadzenia prac pod napięciem w liniach 400 kV w dwóch zakresach:

A. uprawnienia do kierowania zespołem i wykonywania prac pod napięciem

B. uprawnienia do wykonywania prac pod napięciem

Uprawnienia „A” do kierowania zespołem i wykonywania prac pod napięciem w liniach 400 kV otrzymali Krzysztof Rogowski i Jerzy Kabat. Uprawnienia „B” do wykonywania prac pod napięciem w całym powyższym zakresie uzyskali: Marek Baszczewski, Józef Drwał, Krzysztof Drwał, Zenon Dubiel, Marek Pajdo, Wiesław Rabenda. Kilku elektryków ze względu na udział tylko w jednej części kursu otrzymała upoważnienie do wykonywania prac pod napięciem w zakresie wyłącznie słupów przelotowych (Paweł Myjkowski) albo wyłącznie słupów

mocnych (Robert Półkoszek, Mariusz Pranica, Piotr Czerwiński, Bogdan Kawa). Ponadto po szkoleniach przeprowadzonych w Tarnowie przez instruktorów z RENN grupa osób uzyskała uprawnienia w ograniczonym zakresie tzn. do wykonywania prac pomocniczych na poziomie gruntu przy pracach pod napięciem w liniach 400 kV. Po czasie intensywnych szkoleń jesienią 1991 roku Pracownicy RENN rozpoczęli i kontynuowali przez kolejnych 15 lat prowadzenie prac w technologii PPN na liniach 220 i 400 kV dla potrzeb Zakładu Energetycznego Tarnów i Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A. O przeprowadzonych pracach w technologii PPN prowadzonych w sieci przesyłowej Najwyższych Napięć, warunkach pracy i doświadczeniach w realizacji opiszemy i przedstawimy w kolejnym materiale.

Jan Sznajder, Kazimierz Pasierb, Andrzej Migdał

*(Autorzy proszą osoby posiadające materiały dokumentujące szkolenia lub prowadzenie prac w technologii PPN na Liniach Najwyższych Napięć w Zakładzie Energetycznym Tarnów w latach 1990 - 2005 o kontakt poprzez stronę SEP Oddział Tarnów)*

sep.tarnow@poczta.tarman.pl

*Jan Sznajder*

## **Janusz Ziewacz 1964 - 2021**



Urodził się 19 lutego 1964 roku w Tarnowie. W energetyce był zatrudniony od 3 września 1979 roku, rozpoczynając naukę w szkole zawodowej przyzakładowej Zakładu Energetycznego Tarnów. Po jej ukończeniu, w czerwcu 1982 roku, rozpoczął pracę w Rejonie Wysokich Napięć jako elektromonter linii napowietrznych (w latach 1982-1988), a następnie, w latach 1988-1994 jako elektromonter urządzeń rozdzielczych i stacyjnych. W tym,

czasie, pracując, ukończył technikum elektryczne. Od 01.02.1994 roku pełnił funkcję Technika Koordynatora Prac, a od 01.04.2010 roku Mistrza Działu Wykonawstwa w Rejonie Wysokich Napięć. Od 2015 roku był Mistrzem ds. Sieci WN w Regionie Wysokich Napięć Oddziału w Tarnowie TAURON Dystrybucja S.A., specjalizując się w utrzymaniu urządzeń w stacjach elektroenergetycznych o napięciu 110/SN, przejętych dla całego obszaru Oddziału tarnowskiego.

Cały, ponad 41-letni, przebieg kariery zawodowej Pana Janusza Ziewacza był związany z obszarem obsługi urządzeń najwyższych napięć 400, 220 i 110 kV. W tej dziedzinie był specjalistą znającym doskonale urządzenia rozdzielcze budowane i eksploatowane od lat 50. ubiegłego wieku, po dzień dzisiejszy. Posiadał w tym zakresie unikalne umiejętności i doświadczenie, stanowił autorytet dla kolejnych pokoleń pracowników, przekazując posiadaną wiedzę techniczną, ucząc i wymagając dobrej organizacji prac, tworząc przy tym doskonałą atmosferę pracy w kierowanych zespołach pracowników.

Był ekspertem w diagnostyce i przy prowadzeniu oceny stanu technicznego wysokonapięciowej aparatury elektroenergetycznej. Wieloletnie doświadczenie i zaangażowanie w rozwiązywaniu zagadnień organizacyjnych i technicznych, zdecydowało o powołaniu Pana Janusza, od roku 2015 roku, na stanowisko Mistrza sieci WN, z znacznie większym zakresem działań obejmujących aparaturę stacyjną średnich napięć. Z zaangażowaniem podjął nowe wyzwanie, wdrażając nowoczesne rozwiązania techniczne i nowe technologie robót. Był merytorycznym - inżynierskim wsparciem dla zespołów opracowujących zapisy instrukcji i zasad dotyczących bezpieczeństwa pracy na urządzeniach elektroenergetycznych obsługiwanych przez Region Wysokich Napięć. Z dużym wyprzedzeniem przewidywał potrzeby techniczne obszaru Regionu, był mocno zaangażowany w rozwój techniczny i stałe podnoszenie kwalifikacji podległych pracowników. Koleżeński - dbał o utrzymanie serdecznych, wręcz rodzinnych relacji, pomiędzy pracownikami w zespołach. Zawsze szczery, nie mający oporu przed wyrażaniem własnego zdania, często odmiennego od innych; w dyskusjach używając wyłącznie merytorycznych i logicznych argumentów.

Czynnie uczestniczył przy wdrożeniu modułów prowadzenia zabiegów eksploatacyjnych w sieciach i urządzeniach WN z wykorzystaniem

nowoczesnych technologii i systemów informatycznych wspomaganie eksploatacji. W roku 2014 TAURON Dystrybucja S.A. przyznał mu Odznaczenie Honorowe „Za Zasługi dla Energetyki”. Zawsze chętnie wszystkim służył pomocą, nie tylko przy wykonywaniu obowiązków służbowych, ale również aktywnie uczestnicząc przez długie lata w pracach Komisji Socjalnej. Był wieloletnim członkiem i działaczem Zarządu Międzyzakładowego Związku Zawodowego Energetyków TPE S.A. Oddział Tarnów, a w Regionie Wysokich Napięć pełnił społecznie funkcję Przewodniczącego. Zawsze był wyczułony na potrzeby drugiego człowieka, w przypadkach koniecznych, podejmował niezwłoczne i skuteczne działania, aby pomóc i wesprzeć osoby w potrzebie.

Od stycznia 1998 roku działał w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich, gdzie dał się poznać jako wspaniały kolega zaangażowany w działalność społeczną, opiekun miejsc spoczynku naszych zmarłych wcześniej koleżanek i kolegów.

Odszedł od nas w pełni sił, energiczny Człowiek - mocna osobowość z charakterem, w czasie pandemii COVID-19, w dniu 2 maja 2021 r.

### **Wspomnienia Członków SEP o Koledze Januszu Ziewaczu z marca 2021 r.**

W połowie miesiąca marca 2021 r. w stacji elektroenergetycznej 110/15 kV Jadowniki, wystąpiła usterka wyłącznika próżniowego typu HVX-E Un 24 kV z członem wysuwym o prądzie znamionowym 2500 A w polu transformatora 110/15 kV sekcji rozdzielni 15 kV. Skutkowało to brakiem możliwości zasilania rozdzielni 15 kV z transformatora 110/15 kV przyłączonego do sekcji 1.

Niezwłoczne podjęte działania, dokonane przez elektromonterów specjalizujących się w naprawach wyłączników SN, wykazały usterkę napędu wyłącznika, której usunięcie wymagało posiadania specjalistycznej wiedzy, części zamiennych oraz specjalistycznych narzędzi do naprawy. W trybie pilnym zwrócono się do dostawcy urządzeń Schneider Electric Polska, aby w ramach naprawy serwisowej usunąć usterki i przywrócić urządzenie do ruchu w możliwie krótkim czasie.

W tym roku kraj, świat i my borykamy się z pandemią i każde współdziałanie, a tym bardziej nieplanowane, szczególnie z firmami zewnętrznymi (osobami i przedstawicielami) rodzi wiele problemów,

a udział osobowy jest mocno ograniczany. W tej sytuacji wykonanie pilnej naprawy, ustalenie terminu, szczegółowych warunków realizacji pracy i przyjazdu serwisantów, wymagało wielu zabiegów. Przesłany szczegółowy opis usterki, czynności jakie były wykonywane przy uszkodzonym aparacie, szereg przesłanych zdjęć i dodatkowych wyjaśnień w trakcie prowadzonej korespondencji w formie elektronicznej, ułatwiły podjęcie działań i właściwe przygotowanie serwisu do realizacji prac. Uzgodnienia trwały dwa dni, a na kolejny dzień ustalono przybycie grupy serwisowej z Warszawy i przeprowadzenie naprawy urządzenia. Działania, o których tutaj wspominamy i organizację prac w celu przywrócenia urządzeń do sprawności i włączenia do ruchu prowadził nasz Kolega, członek tarnowskiego środowiska technicznego SEP Janusz Ziewacz.

To było dla niego kolejne zawodowe wyzwanie, jedno z wielu, z którymi niejako rutynowo zmagał się od wielu lat, posiadając dogłębną wiedzę o konstrukcjach wyłączników, tych z lat 40 i 50 ubiegłego wieku, aż do najnowszych, stosowanych obecnie rozwiązań. Znał tajniki dotyczące specyficznych rozwiązań różnych typów wyłączników, ich niejednokrotnie bardzo skomplikowanych napędów, blokad mechanicznych i elektrycznych. Posiadał wiedzę, umiejętności i uprawnienia UDT do nadzoru i obsługi urządzeń wypełnionych SF6. Czuł się doskonale w tematyce komór gaszeniowych oraz wykorzystywanych do gaszenia łuku elektrycznego środków (sprężone powietrze, SF6, olej elektroizolacyjny, próżnia) w wyłącznikach dla napięć na poziomie 220, 110, 30 i 15 kV. Niestety, jak się wkrótce okazało, naprawa wyłącznika w stacji Jadowniki stała się jednym z jego ostatnich wyzwań zawodowych, w którym wykorzystał w pełni swoje kompetencje organizacyjne i techniczne, zdobyte w trakcie ponad 40 letniej pracy.

Prace związane bezpośrednio z usunięciem usterki napędu wyłącznika były prowadzone na wydane przez niego pisemne polecenie, przez wykonawców serwisowych dostawcy urządzeń (Schneider Electric) i przy udziale elektromonterów Regionu WN. Janusz zaangażował się bezpośrednio przy pracach naprawczych, uczestnicząc osobiście w szczegółowym rozpoznaniu przyczyn uszkodzenia napędu wyłącznika, procesu wykonania jego naprawy i regulacji poszczególnych podzespołów wyłącznika po jego powtórny montażu. Usterka związana z uszkodzeniem napędu tego typu wyłączników była pierwszą, jaka



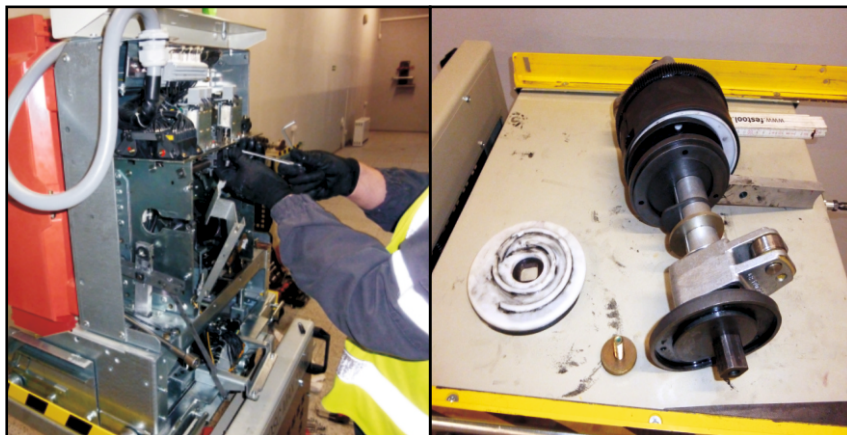
została stwierdzona w Regionie w trakcie kilkunastoletniej ich eksploatacji, dlatego tak ważne było ustalenie jej przyczyn.



Janusz Ziewacz pierwszy z lewej – dalej: dwaj pracownicy serwisu firmy Schneider Electric i dwaj elektrycy uniwersalni Regionu WN Tauron Dystrybucja Oddział w Tarnowie: Sławomir Gomułka i Andrzej Biedroń

(Prace na GPZ Jadowniki w okresie pandemii Covid-19 – marzec 2021 r.)

W jego obecności napęd wyłącznika rozebrany został na czynniki pierwsze, usterka dokładnie zdiagnozowana i przyczyna jej powstania również.



Po lewej – prace przy demontażu napędu wyłącznika HVX na stole serwisowym w pomieszczeniu rozdzielni 15 kV stacji Jadowniki oraz po prawej wał napędu z uszkodzonym elementem blokady napędu wykonanego z tworzywa sztucznego, który w trakcie naprawy został wymieniony. (Prace prowadzone na GPZ Jadowniki – marzec 2021 r.)

Usterka została usunięta poprzez wymianę uszkodzonego elementu napędu i przystąpiono do niełatwego, jak się okazało, montażu powrotnego napędu do wyłącznika. Ilość etapów, prowadzonych czynności montażowych z wykorzystaniem specjalistycznego oprzyrządowania, potwierdzanych po każdym kroku wykonaniem pomiarów i sprawdzeniem z parametrami i wymaganiami producenta oraz czasu poświęconego i wymaganego na wykonanie tych czynności, była dla nas sporym zaskoczeniem. Ponadto serwisanci korzystali kilkakrotnie z telefonicznej konsultacji technicznej oraz wspomagali się nagranyymi filmami technologicznymi, w celu precyzyjnego i właściwego ustawienia aparatów oraz napędu.



Między Januszem Ziewaczem (pierwszy z prawej), a serwisantami i elektrykami, uczestniczącymi w naprawie, trwała ożywiona dyskusja dotycząca sposobu podejmowania prac przy sprawdzaniu wyłączników, a w szczególności działania napędów w celu zapewnienia ich sprawności i unikania uszkodzeń w przyszłości.

Wiedza zdobyta w trakcie rozpoznawania usterki, przygotowania do jej usunięcia i wykonania naprawy, doświadczenie z montażu i demontażu urządzeń, a w szczególności z regulacji wyłącznika i sprawdzeniem kroków montażu w celu zachowania wymaganych parametrów pracy jego stały się doskonałą lekcją - poligonem doświadczalnym dla profesjonalnej obsługi aparatów, przy realizacji działań eksploatacyjnych w rozdzielniach, w których są zabudowane wyłączniki próżniowe, w szczególności HVX. Janusz miał „pociągnąć temat dalej” czyli wspólnie z kolegami zajmującymi się obwodami

wtórnymi i zabezpieczeń, rozpoznać szczegółowo wpływ zewnętrznego pobudzenia i działania blokad mechaniczno-elektrycznych w przypadku wytoczenia wyłącznika z pola rozdzielni do pozycji próba, na poprawność przeniesienia i odwzorowania symulacji blokad na elementy wykonawcze napędu wyłącznika w trakcie prowadzenia planowych próbek eksploatacyjnych. Miał pomysł na to, miał to „na widelcu” jak mówił, przedyskutował nawet wstępną propozycję podjęcia tematu ze swoimi pracownikami. Niestety nie zdążył wcielić tego pomysłu w życie. Teraz my zadamy o jego kontynuację. Bez przemyśleń i cennych wniosków Janusza, nie będzie to już to samo. Wielka szkoda i żal.

Na zdjęciach jednodniowy marcowy epizod z życia zawodowego Janusza Ziewacza.

Koledzy - członkowie z SEP  
Regionu WN w Tarnowie

*Marek Przebięda*



W dniu 30 marca 2021 roku przeżywszy 79 lat zmarł nasz kolega wieloletni członek Stowarzyszenia Elektryków Polskich kolega Stanisław Baran. Msza św. pogrzebowa odbyła się 10 kwietnia 2021 roku o godzinie 13.00 w kościele p.w. Św. Mikołaja w Liszkach, po czym nastąpiło odprowadzenie Zmarłego do grobu rodzinnego na cmentarzu parafialnym w Liszkach. Kolega Stanisław Baran przez wiele lat był pracownikiem Zakładów Azotowych w Tarnowie - Mościcach S.A., dyrektorem Centrum Elektrociepłowni a następnie pracownikiem firmy Control Process S.A. W latach 1992 - 1998 był członkiem Komisji Przedsiębiorstwa NSZZ "S" w Zakładach Azotowych S.A., delegatem na WZD Regionu Małopolskiego i Krajowego Sekretariatu Przemysłu Chemicznego. Kolega Stanisław Baran jako członek Zarządu Oddziału

Tarnowskiego SEP i równocześnie pracownik firmy Control Process był inicjatorem utworzenia w dniu 7 listopada 2005 roku koła nr 7 w Tarnowskim Oddziale Stowarzyszenia Elektryków Polskich przy tej firmie w dużej mierze przyczyniając się do jego organizacji i późniejszego działania. W skład koła weszli pracownicy z firm grupy Control Process zachęceni przez kolegę Stanisława, który aktywnie propagował idee i cele działalności Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Przez wiele lat był członkiem Zarządu Tarnowskiego Oddziału SEP, pracował w Komisjach Kwalifikacyjnych prowadzących egzaminy sprawdzające kwalifikacje osób zajmujących się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci energetycznych.

Z okazji 40-lecia istnienia Oddziału Tarnowskiego kolega Stanisław Baran został wyróżniony Srebrną Odznaką Honorową SEP.

Kolega Stanisław Baran zawsze służył pomocą i wysoka wiedzą fachową swoim kolegom pomagając im rozwiązywać wiele problemów z zakresu elektryki i energetyki. W naszej pamięci zawsze pozostanie jako wybitny fachowiec, życzliwy i uczynny kolega.

*Zbigniew Kaput*

## **Żegnamy koleżankę Elżbietę Bielatowicz (1961-2021)**



***Z żalem i w głębokim smutku informujemy, że w dniu 22 kwietnia 2021 roku odeszła od nas w kwiecie wieku nasza Koleżanka śp. Elżbieta Bielatowicz***

Msza św. pogrzebowa odbyła się 28.04.2021 roku o godzinie 15.00 w Kaplicy Cmentarnej w Dębicy, po której nastąpiło odprowadzenie Zmarłej na miejsce wiecznego spoczynku.

*Życie tak szybko przemija,  
Niesie ze sobą tyle przykrości.  
Czasem tyle nas w życiu omija,  
A czasem sprawia tyle radości.  
Nigdy nie wiemy co los przyniesie,  
Choć wiele rzeczy można przewidzieć.  
Życie też z sobą smutek nam niesie,  
Tyle o życiu można powiedzieć.*

Śp. Elżbieta Bielatowicz była członkiem SEP przez ostatnie blisko 20 lat. Angażowała się w pracę Koła nr 1 Tarnowskiego Oddziału SEP, działającego przy TAURON Dystrybucja SA Oddział w Tarnowie, służąc zawsze pomocą, swoim zmysłem organizacyjnym oraz niepowtarzalną energią do działania. Z energetyką związana była już od młodszych lat, ukończyła Liceum o profilu elektrycznym a następnie w 1980 roku rozpoczęła pracę w ówczesnym Rejonie Energetycznym w Dębicy. Przez okres swojej pracy zawodowej zajmowała różne stanowiska zdobywając szeroką wiedzę w dziedzinie energetyki. Wrażliwa na potrzeby innych, przez wiele lat działała w Komisji Socjalnej pomagając potrzebującym. W ostatnich latach pracy zawodowej zajmowała się obsługą sekretariatu w Rejonie Dystrybucji Dębica. Zostanie w naszej pamięci jako wspaniała koleżanka, miłośniczka wycieczek rowerowych i suszowania na nartach. Pasjonująca się ogrodem a szczególnie różami, które towarzyszyły jej przez całe życie aż do śmierci ciszy.



**Wiele sytuacji i miejsc będzie przypominać nam Elżbietę.  
Pozostanie w naszych sercach na zawsze!**

Koleżanki i Koledzy z Koła nr 1 SEP  
Oddział w Tarnowie



*Tekst własny NOT*

## **Zawody okręgowe 47 Olimpiady Wiedzy Technicznej**

W poniedziałek 1 lutego 2021 roku w auli Zespołu Szkół Technicznych w Tarnowie odbyły się zawody okręgowe 47 Olimpiady Wiedzy Technicznej, której organizatorem jest Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT. Jest to drugi etap tej olimpiady, z którego zostanie wyłoniona ścisła czołówka krajowych GIGANTÓW TECHNIKI, którzy zakwalifikują się do finału. Adresatem Olimpiady są uczniowie polskich szkół ponadpodstawowych interesujący się tematyką związaną z techniką, zjawiskami fizycznymi i opisem matematycznym tych zjawisk, umożliwiającym analizę działania urządzeń technicznych oraz ich projektowanie. 23 października 2020 roku w zawodach szkolnych wzięło udział 146 uczniów z 12 szkół działających na terenie Małopolskiego Komitetu Okręgowego w Tarnowie. W tym roku zawody I stopnia rozgrywane były na platformie internetowej. Do II etapu zakwalifikowało się 55 uczniów z 4 szkół. Z Zespołu Szkół Elektryczno-Mechanicznych w Nowym Sączu - 46 uczniów, których opiekunami są p. Zbigniew Zelek, p. Andrzej Kościółek i p. Józef Pomietło, z Zespołu Szkół Technicznych w Tarnowie zakwalifikował - 1 uczeń, którego opiekunem jest p. Zygmunt Nędza, z Zespołu Szkół Mechaniczno - Elektrycznych w Tarnowie - 1 uczeń, którego opiekunem jest p. Paweł Obal oraz z Zespołu Szkół nr 1 w Gorlicach - 7 uczniów, których opiekunem jest p. Piotr Tarczyński, a w dniu zawodów p. Renata Stój.

W skład Małopolskiego Komitetu Okręgowego OWT w Tarnowie wchodzi:

1. Przewodniczący: Renata Łabędź
2. Członek: Barbara Pajdo
3. Członek: Władysław Strejczek
4. Sekretarz: Iwona Sztorc

Zawody II stopnia polegają na rozwiązaniu 2 z 3 zadań z wybranej uprzednio grupy tematycznej. Czas na rozwiązanie zadań to 2,5 h. Zawody rozgrywane były w jednej grupie tematycznej elektryczno - elektronicznej.

Zawody III stopnia (centralne) OWT odbędą się 17 kwietnia 2021 roku w Warszawie.

Olimpiada Wiedzy Technicznej jest świetną promocją szkół, które kształcą przyszłe kadry techniczne. Najlepsi zostaną zakwalifikowani do etapu centralnego, który będzie przepustką do uznanych uczelni technicznych w Polsce. Wszystkim uczestnikom gratulujemy i życzymy zakwalifikowania się do finału ogólnopolskiego XLVII OWT.





Uczestnicy zawodów okręgowych  
47 OWT w Tarnowie



## Spis treści

1. Z życia Oddziału <i>Antoni Maziarka</i>	2 - 3
2. Dni Techniki w Zespole Szkół Technicznych <i>Andrzej Kieć</i>	4 - 5
3. Działalność statutowa OT SEP promująca wiedzę z zakresu techniki - wręczenie nagród <i>Grzegorz Bosowski</i>	6 - 10
4. Informacja o konkursach w 2020 <i>Grzegorz Bosowski</i>	10 - 13
5. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie Wydział Politechniczny Kierunek: Elektronika I Telekomunikacja <i>Damian Zajac, Promotor pracy: Dr inż. Grzegorz Szerszeń</i>	13 - 20
6. Seminarium naukowe online <i>Plakat</i>	21
7. Liczby nie-rzeczywiste <i>Tomasz Miller</i>	22 - 27
8. Jak zbudować nowoczesny system teletransmisyjny zgodny z 61850 od podstaw <i>Krzysztof Nowacki</i> <i>BitStream Sp. z o.o.</i>	28 - 40
9. Szybkie i nowoczesne metody diagnostyczne stacji ładowania pojazdów elektrycznych <i>SONEL S.A.</i>	41 - 43
10. Audyty energetyczne przedsiębiorstw transportowych, logistycznych i produkcyjnych <i>mgr inż. Tomasz Sumera</i>	44 - 58
11. Instalacje i urządzenia elektryczne w strefach EX Cz. 2/3 <i>Roman Stadnicki</i>	58 - 64
12. Prace pod napięciem – szkolenia 1990 – 1991 rok <i>Z kart historii Rejonu/Regionu Wysokich Napięć w Tarnowie</i>	64 - 67

13. Janusz Ziewacz 1964 - 2021 <i>Jan Sznajder</i>	67 - 73
14. Stanisław Baran <i>Marek Przebięda</i>	73 - 74
15. Żegnamy koleżankę Elżbietę Bielatowicz (1961-2021) <i>Zbigniew Kaput</i>	74 - 75
16. Zawody okręgowe 47 Olimpiady Wiedzy Technicznej <i>Tekst własny NOT</i>	76 - 78
17. Spis treści	79 - 80





## **Oddział Tarnowski SEP oferuje usługi w zakresie:**

- kursy przygotowawcze do egzaminów kwalifikacyjnych (wszystkie grupy);
- egzaminy kwalifikacyjne dla osób na stanowiskach EKSPLOATACJI I DOZORU w zakresach: elektroenergetycznym, ciepłym i gazowym;
- kursy specjalistyczne w zakresie doskonalenia zawodowego w tym między innymi szkolenia praktyczne na poligonie;
- organizacja imprez naukowo - technicznych (konferencje, seminaria);
- opiniowanie wniosków w sprawie nadania rekomendacji dla wyborów i usług w branży elektrycznej;
- sprzedaż materiałów szkoleniowych;
- działalność informacyjna i doradztwo techniczne;
- reklama w Biuletynie Oddziału tarnowskiego

## **Ośrodek Rzeczoznawstwa SEP oświadczy usługi we wszystkich dziedzinach:**

- |  |  |
|--|--|
| ✓ ekspertyzy i opinie  | ✓ opinie rekomendacyjne  |
| ✓ projekty techniczne i technologiczne   | ✓ opracowanie instrukcji obsługi i eksploatacji urządzeń elektrycznych                     |
| ✓ badania eksploatacyjne   | ✓ pomiary w zakresie elektryki   |
| ✓ badania techniczne urządzeń elektrycznych, elektronicznych i elektroenergetycznych | ✓ ocena zagrożeń i przyczyn wypadków oraz awarii powodowanych przez urządzenia elektryczne |

**Oddział Tarnowski SEP, 33-100 Tarnów, Rynek 10**

Tel./fax. 14 621 68 13, e-mail: [sep.tarnow@poczta.tarman.pl](mailto:sep.tarnow@poczta.tarman.pl), [www.sep-tarnow.com.pl](http://www.sep-tarnow.com.pl)

**Oddział Tarnowski SEP**  
organizuje szkolenia teoretyczno - praktyczne  
na Poligonie Szkoleniowym w Tarnowie  
w zakresie:

1. prace pod napięciem na urządzeniach elektroenergetycznych do 1kV (kursy podstawowe lub uzupełniające),
2. budowa i eksploatacja sieci izolowanych,
3. zabezpieczenie pracowników przed upadkiem z wysokości,
4. prace kontrolno - pomiarowe.

Zajęcia teoretyczne i praktyczne prowadzone są na Poligonie Szkoleniowym przy ul. Kryształowej w Tarnowie przez doświadczonych wykładowców i instruktorów z wykorzystaniem narzędzi i materiałów dydaktycznych zapewniających wysoki poziom szkolenia.



Terminy kursów są dostosowane do wymagań zainteresowanych, między innymi mogą odbywać się również w godzinach popołudniowych.

Szczegółowych informacji na temat czasu trwania poszczególnych kursów, wymagań stawianych kandydatom oraz kosztów udzielają:

- **Marta Gubernat - tel. 14 631 13 29 w godz. 7<sup>00</sup> - 15<sup>00</sup>**
- **Dorota Kozjara - tel. 14 621 68 13 w godz. 11<sup>00</sup> - 15<sup>00</sup>**