



# BIULETYN

TECHNICZNO-INFORMACYJNY

Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 1/2026 (109)

ISSN 2082-7377

Kwiecień 2026



*O Walnym Zgromadzeniu  
Oddziału Łódzkiego SEP  
i nowo wybranym prezesie,  
prof. Piotrze Borkowskim  
piszemy na stronie 24.*



### **Szanowni Państwo, Czytelnicy Biuletynu**

Rok 2026 jest rokiem zmian w Oddziale Łódzkim SEP. W dniu 25 lutego 2026 odbyło się Walne Zgromadzenie Oddziału, na którym wybrano jego nowe władze. Prezesem na kadencję 2026-2030 został wybrany prof. dr hab. inż. Piotr Borkowski. Szczegółowe informacje z tego istotnego wydarzenia znajdują Państwo w bieżącym numerze Biuletynu.

Zmiany nastąpiły również w składzie Komitetu Redakcyjnego Biuletynu. Osoby aktualnie tworzące Komitet to mieszanka wieloletniego doświadczenia i młodzieńczego entuzjazmu. Przywołując młodzieńczy entuzjazm, nie na metrykę trzeba jednak patrzeć, a na staż w pracy w Komitecie Redakcyjnym.

Sam jestem tego najlepszym dowodem, gdyż po raz pierwszy wchodząc w skład Komitetu, dziwnym zrządzeniem losu, a może i z racji fantazji ułańskiej, która Koleżankę i Kolegów ogarnęła, wybrany zostałem tegoż Komitetu przewodniczącym. Niewątpliwy to zaszczyt, ale i odpowiedzialność, którą przy życzliwym wsparciu osób tworzących Komitet Redakcyjny i wszystkich czytelników Biuletynu, mam nadzieję udźwignąć. O sobie napiszę tylko tyle, że całe moje życie zawodowe związane jest z Politechniką Łódzką, a dokładniej Wydziałem Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki. Jestem zatrudniony na stanowisku naukowo-dydaktycznym, a na kolejną już kadencję powierzona mi została funkcja prodziekana do spraw studenckich.

Chociaż skład Komitetu Redakcyjnego został zmieniony, to nadal Biuletyn będzie ukazywał się cztery razy w roku, zarówno w wersji papierowej, jak i elektronicznej. Nadal będzie to wydawnictwo bezpłatne. Nadal chcemy, aby nie zabrakło w nim miejsca na nasze stowarzyszeniowe sprawy. Chcemy zwiększyć liczbę artykułów o charakterze technicznym i naukowym. I najważniejsze – chcemy, aby Państwo nasz Biuletyn czytali. Proszę zacząć już teraz, przewracając rzeczywistą lub wirtualną stronę.

Życzę, w imieniu Komitetu Redakcyjnego, satysfakcjonującej lektury.

*Tomasz Prochowski*

**BIULETYN TECHNICZNO-  
INFORMACYJNY OŁ SEP**

Wydawca:

**Zarząd  
Oddziału Łódzkiego  
Stowarzyszenia  
Elektryków Polskich**

90-644 Łódź

ul. Żeligowskiego 43a/4

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

Konto:

Santander Bank Polska SA VI O/Łódź

nr 21 1500 1038 1210 3005 3357 0000

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

Komitet Redakcyjny:

prof. dr hab. inż. Piotr Borkowski

mgr inż. Andrzej Boroń

dr hab. inż. Andrzej Dębowski, prof. UTP

mgr Anna Grabiszewska – sekretarz

mgr inż. Jacek Kuczkowski

dr inż. Michał Małaczek

dr hab. inż. Tomasz Piotrowski

– przewodniczący

dr hab. inż. Roman Sikora

mgr inż. Jakub Staniewski

dr inż. Artur Szczęsny

dr inż. Przemysław Tabaka

dr inż. Józef Wiśniewski

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

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

Redakcja:

Łódź, ul. Żeligowskiego 43a/4

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

Skład: Alter

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

Druk: Semper Sp. z o.o.

tel. 42-648-45-00

Nakład: 250 egz.

ISSN 2082-7377

**Biuletyn w wersji elektronicznej  
dostępny jest na stronie  
[www.seplodz.pl](http://www.seplodz.pl)**

- **O wykorzystaniu energoelektroniki do transformacji napięcia w sieciach elektroenergetycznych**  
A. Dębowski ..... 2
- **Praca magazynów energii w układach on-grid / off-grid w oparciu o doświadczenie zdobyte podczas wdrożeń**  
K. Kluszczyński ..... 13
- **Monitoring jasności powierzchniowej nocnego nieba w Borach Tucholskich**  
M. Kunz ..... 15
- **XVII Konferencja Naukowa „Sterowanie w energoelektronice i napędzie elektrycznym”**  
J. Kabziński ..... 16
- **Stefan Koszorek (1940–2026)**  
R. Bakura ..... 19
- **Marek Lech Kacprzak (1938–2026)**  
P. Pietrzak ..... 20
- **Ryszard Zankowski (1959–2026)**  
B. Kapruziak, G. Lis ..... 20
- **Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP**  
A. Grabiszewska ..... 21
- **Walne Zgromadzenie Oddziału Łódzkiego SEP, 25 lutego 2026 r.**  
A. Grabiszewska ..... 24
- **Energia zmienia formę. Historia EC1 w Łodzi. Jak pierwsza łódzka elektrownia stała się kompleksem nauki i kultury**  
A. Kulesza, P. Gąsiorowicz ..... 26
- **Inteligentny i energooszczędny budynek – moda czy konieczność? Otwarte zebranie Koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A.**  
A. Gawrysiak ..... 33
- **Otwarte zebranie Koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A. połączone ze szkoleniem z pomiarów ochronnych i omówieniem badań bezpieczeństwa instalacji PV**  
A. Grabiszewska ..... 34
- **Dwa spotkania, jeden temat: Veolia w Łodzi**  
J. Kuczkowski ..... 35

Zapraszamy do korzystania  
z usług Oddziału Łódzkiego SEP  
oraz  
Ośrodka Rzeczoznawstwa.

Szczegóły na IV okładce.

# O wykorzystaniu energoelektroniki do transformacji napięcia w sieciach elektroenergetycznych

dr hab. inż. Andrzej Dębowski  
profesor emerytowany Politechniki Łódzkiej

**Słowa kluczowe:** odnawialne źródła energii (OZE), energetyka rozproszona, mikrosieci (micro-grid), sieci inteligentne (smart-grid, *FRIENDS – Flexible, Reliable, and Intelligent Electrical eNergy Delivery System*), energoelektronika, transformator hybrydowy (HT – *Hybrid Transformer*), transformator półprzewodnikowy (SST – *Solid-State Transformer, e-Transformer*), transformator inteligentny (ST – *Smart Transformer*).

## 1. Wprowadzenie

Spostrzeżenie że energia elektryczna jest podstawą współczesnej cywilizacji chyba już u nikogo nie budzi najmniejszych wątpliwości. Od dawna wiemy, że ludzie na co dzień potrzebują do podtrzymania funkcji życiowych swoich organizmów powietrza, wody i jedzenia. Wszystko wskazuje na to, że w wyniku rewolucyjnego rozwoju technologii IT (*Information Technology*) od szeregu lat ludzie już nie potrafią normalnie żyć także bez ciągłego dostępu do informacji. W rozwiniętych cywilizacyjnie społeczeństwach już nawet dzieci potrzebują niemal nieprzerwanego dostępu do laptopów, tabletów i smartfonów, pozwalających na zaspokojenie nowej, silnej potrzeby, jaką jest ciągła jej wymiana. Zaspokojenie także tej potrzeby na odpowiednim poziomie nie byłoby możliwe bez energii elektrycznej. Poza skromnymi ładowarkami akumulatorów smartfonów, do funkcjonowania internetu potrzebne są również odpowiednio duże serwery. Potężne serwerownie wielkich koncernów informatycznych, najchętniej lokowane poza kręgiem polarnym w celu zminimalizowania kosztów ich funkcjonowania, są wielkimi konsumentami energii elektrycznej. Systematyczna produkcja i konsumpcja energii elektrycznej, indywidualna czy zbiorowa, stała się dla współczesnych społeczeństw niezbędna do życia. Ale sama produkcja energii elektrycznej – wszystko jedno czy scentralizowana czy rozproszona lokalnie – i jej konsumpcja nie może się obyć bez istnienia jeszcze jednej grupy urządzeń technicznych, a mianowicie urządzeń pośredniczących w jej rozsyłaniu i rozdzielaniu. Zwykle kierunek jej przepływu był jeden – od producentów do konsumentów. Pojawienie się w systemie elektroenergetycznym alternatywnych, odnawialnych źródeł energii (OZE), najczęściej niewielkiej mocy i bardzo rozproszonych terytorialnie, wprowadziło w tym uporządkowaniu wielkie zamieszanie. Wielki rozwój OZE nastąpił praktycznie niedawno, na przełomie XX i XXI wieku, bowiem kluczowy wzrost inwestycji i zainteresowania zieloną energią obserwuje się tak naprawdę dopiero od początku XXI wieku. Napędza go spadek kosztów technologii oraz polityka klimatyczna. Coraz bardziej rosnąca grupa konsumentów energii elektrycznej, stając się okresowo lub na stałe również jej producentami, stworzyła nowych typ klientów

systemu elektroenergetycznego, tzw. prosumentów, których obecność pociąga za sobą odwrócenie kierunku przekazywania energii elektrycznej w wielu miejscach tradycyjnego systemu. Wynika stąd pilna potrzeba jego radykalnej przebudowy i zmiany zasad regulujących jego działanie.

Funkcję przesyłu i rozdziału energii elektrycznej od początku rozwoju profesjonalnej elektroenergetyki spełniają **sieci elektroenergetyczne**. Powstanie ich i rozwój rozpoczął się od drugiej połowy XIX wieku, kiedy energia elektryczna zaczęła być wytwarzana, przesyłana i wykorzystywana na większą skalę – czyli już nie tylko jako ciekawostka naukowa, ale jako praktyczne źródło energii. W latach 70.–80. XIX wieku powstają pierwsze systemy elektroenergetyczne. Thomas Edison, który w 1882 roku uruchomił pierwszą elektrownię publiczną na świecie – *Pearl Street Station* w Nowym Yorku, wytwarzającą „prąd stały”, uważany jest za ich inicjatora. W opozycji do niego, pod koniec XIX wieku, Nikola Tesla i George Westinghouse rozwinęli system „prądu przemiennego”, który umożliwił przesył energii na duże odległości. Ostry konflikt toczony w latach 1880–1890 między zwolennikami prądu stałego (DC – *Direct Current*) Edisona i przemiennego (AC – *Alternating Current*) Tesli/Westinghouse’a, zwany „wojną prądów” (zakończony zwycięstwem AC), ukształtował współczesną energetykę. Za początek rozwoju elektroenergetyki przyjmuje się więc zwykle lata 80. XIX wieku, gdy zaczęły powstawać pierwsze elektrownie i sieci przesyłowe, tworzące początkowo w poszczególnych krajach autonomiczne systemy elektroenergetyczne. Te pierwsze sieci elektroenergetyczne były **silnie scentralizowane**. Łączenie tych systemów krajowych między sobą na większą skalę zaczęło się dopiero w pierwszej połowie XX wieku, ale prawdziwy rozwój tego trendu nastąpił dopiero po II wojnie światowej. Pierwsze połączenia transgraniczne pojawiły się w Europie w latach 20.–30. XX w. między Niemcami, Francją i Szwajcarią. Były to jednak raczej lokalne połączenia przygraniczne, o ograniczonej mocy i znaczeniu. Przełom nastąpił dopiero po II wojnie światowej. Wymusiła go potrzeba stabilizacji systemów energetycznych, odbudowa infrastruktury po zniszczeniach wojennych oraz szybko rosnące zapotrzebowanie na energię. Zaczęto więc tworzyć duże, zsynchronizowane systemy międzynarodowe.

Systemy energoelektryczne w poszczególnych krajach miały różne topologie połączeń pomiędzy odcinkami sieci wysokiego napięcia (WN), średniego napięcia (Sn) i niskiego napięcia (nn) (rys. 1.). W węzłach łączących poszczególne odcinki sieci lokowane były **transformatory napięcia**, zaprojektowane według wynalazku Tesli, przewidziane do pracy ze stałą częstotliwością. Częstotliwość 50 Hz jest standardem, który historycznie wybrano jako kompromis, ponieważ niższa częstotliwość jest mniej narażona na straty przesyłowe (efekt naskórkowości). Wyższa częstotliwość 60 Hz pozwala na stosowanie mniejszych, tańszych transformatorów i silników, ale powoduje wyższe straty w liniach przesyłowych. W przypadku bardzo popularnych w przemyśle klatkowych silników indukcyjnych, zasilanie ich napięciem 60 Hz pozwala na uzyskanie o ok. 17–20% wyższej prędkości obrotowej. W Polsce i Europie standardem jest częstotliwość 50 Hz, podczas gdy 60 Hz stosuje się głównie w obu Amerykach i części

Azji. Wybór między nimi dotyczy kompatybilności urządzeń zasilanych energią elektryczną i ma wpływ na parametry transformatorów stosowanych w systemie.



Rys. 1. Poglądowy szkic pokazujący miejsce transformatorów we współczesnym systemie elektroenergetycznym (autor: ChatGPT na podstawie zdjęcia wykonanego w czasie referatu [1])

W wielu krajach, w tym również w Polsce, od szeregu lat obserwuje się szybki rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) w postaci instalacji fotowoltaicznych, małych elektrowni wiatrowych, małych elektrowni wodnych. Rozważa się także wprowadzenie na szerszą skalę agregatów prądotwórczych napędzanych biopaliwami lub biogazem. Źródła te coraz częściej współpracują z lokalnymi magazynami energii. Zjawisko to sprzyja powstawaniu mikrosieci energetycznych (*micro-grids*), które mogą funkcjonować zarówno w trybie współpracy z krajowym systemem elektroenergetycznym, jak i w trybie pracy wyspowej. Integracja takich struktur z systemem elektroenergetycznym stwarza jednak szereg wyzwań technicznych związanych m.in. z regulacją napięcia, stabilnością pracy sieci oraz jakością energii elektrycznej. Jak już wspomniano wyżej, obecność w takiej sieci licznych prosumentów, wymuszająca konieczność uwzględniania dwukierunkowego przepływu tej energii także na najniższych poziomach systemu elektroenergetycznego – nie tylko w sieciach niskiego (nn), ale także średniego napięcia (Sn), jest powodem wielu rodzajów zakłóceń w pracy całego systemu.

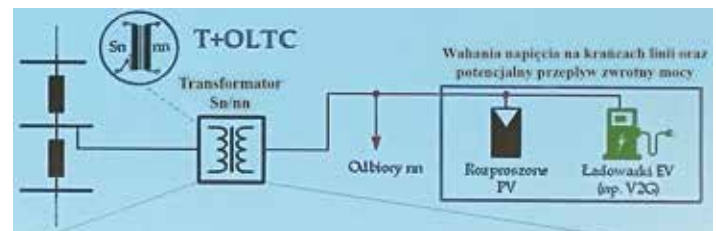
Systemy elektroenergetyczne w wielu regionach świata, podobnie jak w Europie, znajdują się obecnie w okresie intensywnej transformacji. Jednym z głównych czynników kształtujących tę transformację jest szybki rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE), głównie takich jak instalacje fotowoltaiczne czy elektrownie wiatrowe. W przeciwieństwie do tradycyjnych elektrowni systemowych, źródła te są często rozproszone i przyłączane do sieci dystrybucyjnych średniego lub niskiego napięcia. Wymusza to z kolei postępującą stopniowo **decentralizację systemów elektroenergetycznych**.

W Polsce szczególnie dynamiczny rozwój obserwowany jest w sektorze fotowoltaiki prosumenckiej oraz w instalacjach należących do małych i średnich przedsiębiorstw. Według danych operatorów systemów dystrybucyjnych liczba mikroinstalacji przyłączonych do sieci rośnie z roku na rok, a ich łączna moc zainstalowana osiąga już wartości porównywalne z mocą dużych bloków energetycznych.

Tak znaczący wzrost generacji rozproszonej prowadzi do pojawienia się nowych wyzwań technicznych w pracy sieci elektroenergetycznych. W dawnych systemach elektroenergetycznych dwukierunkowy przepływ energii elektrycznej miał miejsce jedynie w sieciach najwyższych napięć, łączących ze sobą duże elektrownie. Na niższych poziomach przepływ energii odbywał się zasadniczo w jednym kierunku – od elektrowni, poprzez sieć przesyłową i dystrybucyjną, do odbiorców końcowych. Do

pasowanie poziomu napięć uzyskiwano dzięki odpowiednio dobranym transformatorom o stałych przekładniach (rys. 1.). W przypadku konieczności zmian napięcia stosowano specjalne transformatory regulacyjne, w których uzwojenia po stronie wtórnej posiadały dodatkowe zaczepty pozwalające na wykorzystywanie tylko części tych uzwojeń. Stosowane od wielu lat tradycyjne transformatory z przełącznikiem zaczepty bez obciążenia (OCTC – *Off-Circuit Tap Changer*) pozwalają na korektę napięcia jedynie przy wyłączonym transformatorze – w dalszej przeszłości były one wystarczające dla 90% aplikacji przemysłowych, ale obecnie nadal pozostają w wielu miejscach w użyciu.

W warunkach rosnącego udziału źródeł rozproszonych, kiedy przepływy energii mogą mieć charakter dwukierunkowy, co powoduje m.in. problemy z utrzymaniem dopuszczalnych poziomów napięcia w sieci, ten dotychczasowy sposób regulacji napięcia okazał się niewystarczający. Zaczęto więc w wybranych węzłach sieci umieszczać nadal klasyczne transformatory olejowe, ale już z tzw. podobciążeniowym przełącznikiem zaczepty (OLTC – z ang. *On-Load Tap Changer*), który mógł być także sterowany zdalnie (rys. 2.).



Rys. 2. Przykład mikrosieci z tradycyjnym transformatorem z podobciążeniowym przełącznikiem zaczepty OLTC (fragment zdjęcia z referatu [1])

W obliczu rozwoju nowych koncepcji mikrosieci energetycznych, które obejmują nie tylko lokalne źródła energii i tradycyjnych odbiorców, ale również coraz liczniejsze magazyny energii, także transformatory z przełącznikami OLTC okazują się niewystarczające do zapewnienia wymaganej kontroli przepływu mocy. Potrzebna jest nie tylko płynna, ale i szybsza regulacja napięcia po stronie wtórnej tych transformatorów, by móc skutecznie kompensować zjawiska dynamiczne pojawiające w mikrosieciach łączących nie tylko samych odbiorców energii, ale coraz liczniejszych jej producentów. Obecność tych producentów rodzi liczne problemy techniczne powodowane przez trudną często do przewidzenia zmienność generacji, przepływy mocy w kierunku przeciwnym do projektowanego, lokalne przeciążenia w obrębie sieci, ograniczona możliwość regulacji napięcia.

Aby zwiększyć elastyczność systemu energetycznego oraz poprawić bezpieczeństwo zasilania lokalnych odbiorców konieczne jest by mikrosieci mogły funkcjonować jako autonomiczne układy energetyczne, zdolne do pracy zarówno w trybie współpracy z systemem elektroenergetycznym, jak i w trybie pracy wyspowej. Ich integracja z krajowym systemem elektroenergetycznym wymaga jednak wtedy zastosowania nowych rozwiązań technicznych umożliwiających bardziej aktywne sterowanie przepływami energii oraz parametrami jakości energii elektrycznej. Jednym z kierunków rozwoju są urządzenia energoelektroniczne łączące klasyczne elementy infrastruktury elektroenergetycznej z nowoczesną energoelektroniką.

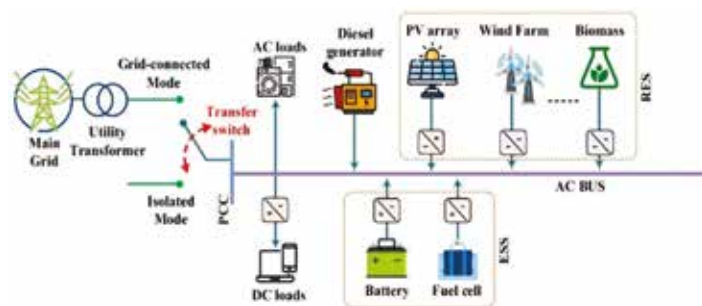
Jednym z rozwiązań mogących ułatwić współpracę mikrosieci z systemem elektroenergetycznym są **transformatory energoelektroniczne**, łączące klasyczną technologię transformatorową z przekształtnikami energoelektronicznymi. Dzięki zastosowaniu dodatkowych układów energoelektronicznych możliwe jest nie tylko przekształcanie poziomu napięcia, lecz także dynamiczna płynna regulacja jego wartości, co wpływa na sterowanie przepływem mocy czynnej oraz na wartość mocy

biernej wymienianej pomiędzy producentami energii elektrycznej a jej odbiorcami. Te dodatkowe układy energoelektroniczne pozwalają zachować stabilność częstotliwości w systemie oraz uzyskać poprawę jakości energii elektrycznej poprzez eliminację niepożądanych harmonicznych w przebiegach prądów, a także, w razie potrzeby, kompensować ewentualną asymetrię zasilania. Temat dotyczący wykorzystania najnowszych zdobyczy energoelektroniki w elektroenergetyce jest bardzo obszerny, więc w dalszej części artykułu zostaną omówione jedynie jej zastosowania do bardziej efektywnego transformowania poziomu napięć w sieciach jedno- i trójfazowych z uwzględnieniem coraz większej obecności wśród dotychczasowych, tradycyjnych użytkowników sieci niskiego napięcia nie tylko nowych, niekonwencjonalnych odbiorców, ale także drobnych producentów energii elektrycznej, coraz częściej dysponujących własnymi magazynami tej energii.

Inspiracją do jego napisania stały się dwa obszerne referaty plenarne ogłoszone na Konferencjach Naukowych „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym” (SENE), organizowanych w Łodzi przez Instytut Automatyki Politechniki Łódzkiej: w 2025 roku – przez Ryszarda Strzeleckiego, profesora Uniwersytetu Morskiego w Gdyni [1], a wcześniej, w 2022 roku – przez Mariusza Malinowskiego, profesora Politechniki Warszawskiej [2].

## 2. Mikrosieci i generacja rozproszona – charakterystyka oraz problemy integracji

Rozwój odnawialnych źródeł energii oraz postęp technologiczny w zakresie systemów sterowania i magazynowania energii sprzyjają powstawaniu lokalnych systemów energetycznych określanymi mianem mikrosieci (*micro-grid*). Pojęcie mikrosieci (*micro-grid*) odnosi się do wydzielonego fragmentu systemu elektroenergetycznego obejmującego lokalne źródła energii, odbiorców oraz często również urządzenia magazynujące energię i systemy sterowania, co w postaci poglądowej przedstawiono na rys. 3. Mikrosieć może być postrzegana jako niewielki, lokalny system elektroenergetyczny zdolny do zarządzania własnym bilansem mocy. W jej skład mogą wchodzić różnego rodzaju źródła wytwórcze, w szczególności instalacje fotowoltaiczne, małe elektrownie wiatrowe, jednostki kogeneracyjne, a także magazyny energii elektrycznej. Coraz częściej elementami mikrosieci stają się również odbiorniki o elastycznym profilu zużycia energii, takie jak systemy ładowania pojazdów elektrycznych czy instalacje przemysłowe zdolne do czasowego ograniczania poboru mocy (rys. 3.).



Rys. 3. Przykładowa struktura mikrosieci współpracującej z systemem elektroenergetycznym (ilustracja dostępna w internecie)

Odbiorców energii elektrycznej często dzielimy na: odbiorców krytycznych (wrażliwych, kluczowych) – są to podmioty, u których przerwa w dostawie energii może prowadzić do zagrożenia życia, utraty zdrowia, poważnych szkód środowiskowych lub destabilizacji infrastruktury pań-

stwowej oraz niekrytycznych (standardowych) – tj. takich, dla których przerwa w dostawie energii jest uciążliwa, ale nie powoduje bezpośredniego zagrożenia życia czy bezpieczeństwa. Poza zwykłymi odbiorcami energii są także jej systematyczni producenci (przewidywalni w swojej roli), a także prusumenci (użytkownicy, których współpraca z siecią bywa całkowicie nieprzewidywalna – zwykle energię z sieci pobierają, ale bywają okresy, gdy są w stanie energię elektryczną do systemu dostarczać). Wszystko to powoduje, że sterowanie różnymi przekształtnikami występującymi w takiej podsięci, mające zapewnić wszystkim użytkownikom dostęp do energii elektrycznej dobrej jakości, staje się dużym wyzwaniem i jest podstawą do prowadzenia nadal ciągłych prac badawczych i wdrożeniowych.

Istotną cechą mikrosieci jest możliwość pracy w dwóch podstawowych trybach. W pierwszym z nich mikrosieć pozostaje przyłączona do systemu elektroenergetycznego i współpracuje z nim, wymieniając energię elektryczną z siecią dystrybucyjną. W drugim trybie mikrosieć może funkcjonować w sposób autonomiczny, tzn. w tzw. trybie pracy wyspowej. W takim przypadku lokalne źródła energii oraz magazyny energii zapewniają zasilanie odbiorców znajdujących się w obrębie mikrosieci bez udziału systemu krajowego. Decyduje o tym nadrzędne sterowanie dokonujące zmiany położenia przełącznika oznaczonego na rysunku 3. jako „Transfer switch”.

Z punktu widzenia operatorów systemów elektroenergetycznych mikrosieci stanowią zarówno szansę, jak i wyzwanie. Z jednej strony lokalna produkcja energii może zmniejszać obciążenie sieci przesyłowych i dystrybucyjnych, a także zwiększać odporność systemu energetycznego na awarie. Z drugiej jednak strony duża liczba rozproszonych źródeł energii powoduje istotne zmiany w charakterze pracy sieci elektroenergetycznych.

Jednym z najważniejszych problemów jest zmienność generacji energii w instalacjach wykorzystujących odnawialne źródła energii. Produkcja energii w instalacjach fotowoltaicznych zależy od warunków nasłonecznienia, natomiast w elektrowniach wiatrowych od prędkości wiatru. W rezultacie moc generowana przez takie źródła może ulegać znacznym zmianom w krótkich przedziałach czasu.

Kolejnym zjawiskiem obserwowanym w sieciach z dużym udziałem generacji rozproszonej są przepływy energii o kierunku przeciwnym do pierwotnie zakładanego przy projektowaniu sieci. W klasycznym modelu systemu elektroenergetycznego energia przepływała od elektrowni poprzez sieć przesyłową i dystrybucyjną do odbiorców. Obecnie, w wielu fragmentach sieci dystrybucyjnych, zwłaszcza w okresach wysokiej produkcji energii z instalacji fotowoltaicznych, może występować przepływ energii w kierunku sieci wyższego napięcia. Zjawisko to może prowadzić do szeregu problemów eksploatacyjnych. Do najczęściej obserwowanych należą wzrosty napięcia w sieciach niskiego i średniego napięcia, trudności w utrzymaniu dopuszczalnych poziomów napięcia oraz zwiększone obciążenie niektórych elementów infrastruktury elektroenergetycznej. Obecność OZE powoduje także często pojawianie się asymetrii obciążenia linii przesyłowych.

Istotnym zagadnieniem jest również jakość energii elektrycznej w sieciach z dużym udziałem przekształtnikowych źródeł energii. Instalacje fotowoltaiczne, magazyny energii oraz wiele innych nowoczesnych urządzeń energetycznych wykorzystuje układy energoelektroniczne, które mogą wpływać na poziom odkształceń harmonicznych napięcia i prądu w sieci.

Wszystkie te czynniki sprawiają, że klasyczne rozwiązania stosowane dotychczas w sieciach elektroenergetycznych nie zawsze są wystarczające do efektywnego zarządzania przepływami energii w warunkach rosnącego udziału źródeł rozproszonych. W konsekwencji coraz większe znaczenie zyskują rozwiązania umożliwiające bardziej aktywne sterowanie parametrami pracy sieci.

Jednym z takich rozwiązań są urządzenia łączące funkcje klasycznych elementów systemu elektroenergetycznego z możliwościami oferowa-

nymi przez nowoczesną energoelektronikę. Do tej grupy należą między innymi transformatory energoelektroniczne, które mogą stanowić ważny element infrastruktury umożliwiającej efektywną współpracę wydzielonych lokalnych podsioci z krajowym systemem elektroenergetycznym.

Warto tu od razu wyjaśnić na czym polega różnica pomiędzy wydzielonymi podsystemami elektroenergetycznymi określanymi mianem mikrosieci (*micro-grid*) i sieciami inteligentnymi (*smart-grid*). Otóż **mikrosieć** stanowi lokalna, wydzielona grupa źródeł energii, magazynów energii i jej odbiorców, która może pracować w dwóch trybach: podłączona do systemu elektroenergetycznego lub w sposób autonomiczny (w ramach tzw. pracy wyspowej). Głównym celem sterowania stanem takiej mikrosieci jest zapewnienie lokalnej stabilności parametrów przesyłanej energii, utrzymanie dobrej właściwej jakości zasilania odbiorcom energii i skuteczne odbieranie energii produkowanej przez prosumentów. Natomiast pojęcie **sieci inteligentnej** jest szersze, bowiem pod tą nazwą rozumieć należy bardziej rozległą koncepcję modernizacji wydzielonego fragmentu systemu elektroenergetycznego, polegającą nie tylko na integracji i koordynacji współpracy dużej ilości OZE, ale również na optymalizacji wykorzystania objętych tą podsicią zasobów energetycznych w celu zwiększenia efektywności i poprawy niezawodności jej działania.

Od początku tego wieku rozwijana jest zaproponowana w Japonii koncepcja sieci elektroenergetycznej nazywana FRIENDS (*Flexible, Reliable, and Intelligent Electrical eNergy Delivery System*), często utożsamiana z nową generacją sieci inteligentnych (*smart-grid*) [2]. Jest to system dystrybucji energii, który kładzie nacisk na elastyczność, niezawodność i inteligencję w dostarczaniu energii elektrycznej. Kluczowe cechy i elementy sieci FRIENDS to:

- elastyczność i niezawodność: dzięki zaawansowanym technologiom informatyczno-telekomunikacyjnym, sieć FRIENDS jest w stanie lepiej zarządzać obciążeniem i reagować na awarie, co podnosi bezpieczeństwo energetyczne,
- integracja OZE i prosumentów: system ten ułatwia integrację rozproszonych źródeł energii (np. fotowoltaika, wiatraki) oraz aktywne zarządzanie energią przez odbiorców i prosumentów,
- inteligentne opomiarowanie: kluczowym elementem jest wdrożenie inteligentnych liczników (*smart metering*), które umożliwiają bieżącą wymianę informacji między odbiorcą a operatorem sieci,
- konwersja protokołów: sieci te wykorzystują zaawansowane rozwiązania telekomunikacyjne do komunikacji między urządzeniami, co sprzyja nowoczesnej energetyce.

W kontekście transformacji energetycznej, koncepcje takie jak FRIENDS odpowiadają na potrzebę modernizacji sieci dystrybucyjnych, które muszą obsłużyć w licznych fragmentach tej sieci dwukierunkowy przepływ energii. Wprawdzie w odcinkach sieci łączących z systemem elektroenergetycznym duże elektrownie (tradycyjne: ciepłe lub wodne zbudowane na wypływie wody ze zbiorników retencyjnych albo atomowe) przepływ energii będzie nadal jednokierunkowy, ale w pozostałych fragmentach systemu już nie. Wcześniej dwukierunkowy przepływ energii elektrycznej występował jedynie we fragmentach sieci połączonych z wodnymi elektrowniami szczytowo-pompowymi.

### 3. Podstawowe zasady budowy transformatorów z wykorzystaniem przekształtników energoelektronicznych (e-transformatorów)

Układy energoelektroniczne współpracujące z sieciami elektroenergetycznymi pojawiły się na początku XX wieku. Były to prostowniki rťciowe umożliwiające rozwój systemów konwersji AC/DC z przeznac-

zeniem dla trakcji szynowej. Potem, aż do lat 80., w elektroenergetyce dominowały urządzenia elektromechaniczne do regulacji napięcia i częstotliwości. Wynalezienie i wprowadzenie na rynek przez firmę General Electric w 1957 roku tyrystora (SCR – *Silicon Controlled Rectifier*) zrewolucjonizowało układy energoelektroniczne, umożliwiając wydajne sterowanie dużą mocą zarówno w przemysłowych układach prądu stałego, jak i prądu przemiennego, zarówno w elektroenergetyce, jak i w napędzie elektrycznym. Pojawienie się nowych generacji tyrystorów o coraz lepszych parametrach umożliwiło wreszcie rozwój linii przesyłowych wysokiego napięcia HVDC (*High Voltage Direct Current* – wysokonapięciowy prąd stały), budowę regulatorów napięcia i mocy biernej w sieciach prądu przemiennego, napędów przemysłowych dużej mocy i zapoczątkowało masowe wdrażanie układów energoelektronicznych na skalę przemysłową. Jej gwałtowny rozwój przyspieszyło wynalezienie tranzystora IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) łączącego zalety tranzystora polowego (pozwalającego na łatwe do realizacji sterowanie napięciowe typu *on-off*) i bipolarnego (charakteryzującego się niską rezystancją w stanie włączenia). Użycie w przekształtnikach modułów energoelektronicznych z kluczami IGBT pracującymi z dużą częstotliwością, sterowanych metodą PWM (*Pulse Width Modulation*) pozwoliło na opracowywanie rozmaitych urządzeń pozwalających na poprawę pracy systemów elektroenergetycznych, np. na wykorzystanie w sieciach prądu przemiennego układów typu FACTS (*Flexible AC Transmission Systems*), tj. urządzeń zaprojektowanych do użytku w systemach przesyłu prądu przemiennego w celu poprawy i kontroli przepływu mocy oraz zapewnienia dynamicznej kontroli napięcia. Urządzenia te stanowią alternatywę dla tradycyjnych rozwiązań i ulepszeń sieci elektroenergetycznych, w przypadku których budowa dodatkowych linii przesyłowych lub podstacji jest nieopłacalna lub logistycznie nieuzasadniona [2].

Budowa nowoczesnego **transformatora energoelektronicznego (e-transformatora)**, oparta na wykorzystaniu najnowszych układów energoelektronicznych zintegrowanych z wbudowanymi sterownikami mikroprocesorowymi (*embedded microprocessor control*), nie jest prosta do jednoznacznego zdefiniowania i omówienia. Poza transformacją napięcia, tego rodzaju urządzenia są bowiem wykorzystywane jednocześnie do niwelowania różnych negatywnych zjawisk pojawiających się w systemach elektroenergetycznych zbudowanych według klasycznych reguł, w których pojawiają się liczni użytkownicy odnawialnych źródeł energii (OZE). Dlatego w dalszej części zostaną omówione jedynie te przykładowe konstrukcje, które służą do bardziej efektywnego transformowania poziomu napięć w sieciach jedno- i trójfazowych w celu ułatwienia wydzielenia z istniejącego systemu elektroenergetycznego ich fragmentów tworzących mikrosieci, mogących także funkcjonować w sposób autonomiczny – w trybie pracy wyspowej (*island mode, off-grid mode*), bez wnikania w funkcjonalną budowę układów sterowania wykorzystywanymi w nich przekształtnikami energoelektronicznymi. Ze względu na topologię układów tworzących część silnoprądową możliwy jest podział tych transformatorów na dwie podstawowe grupy konstrukcyjne:

- 1) **transformator hybrydowy HT (Hybrid-Transformer)** – powstały w wyniku uzupełnienia tradycyjnego dodatkowego (regulacyjnego) transformatora jedno- lub trójfazowego (zaprojektowanego do pracy z częstotliwością 50 Hz) jednym lub kilkoma dodatkowymi przekształtnikami energoelektronicznymi odpowiednio połączonymi z jego uzwojeniami dodatkowymi (rys. 4),
- 2) **e-transformator** – powstały w oparciu o wykorzystanie specjalnego transformatora jednofazowego (zaprojektowanego do pracy ze znacznie podwyższoną częstotliwością, co pozwoli na użycie mniejszej ilości materiału ferromagnetycznego, znacząco obniżając jego wymiary i ciężar), uzupełnionego po każdej stronie kompletem dwóch współpracujących ze sobą przekształtników AC/DC – DC/AC

z pojemnościowymi obwodami pośredniczącymi prądu stałego, mogących pracować dwukierunkowo i towarzyszącymi im mikroprocesorowymi układami sterowania (rys. 6.). W literaturze spotyka się dwie nazwy dla transformatorów tego rodzaju. **Transformator półprzewodnikowy (SST – Solid-State Transformer)** został pomysłany jako zamiennik konwencjonalnego transformatora mocy, charakteryzujący się zarówno mniejszą objętością, jak i wagą. Natomiast **transformator inteligentny (ST – Smart Transformer)** jest zaproponowaną ok. 10 lat temu rozwiniętą koncepcyjnie odmianą transformatora przekształtnikowego (SST) [6], wyposażoną w zaawansowane funkcje sterowania i komunikacji, który zapewnia usługi pomocnicze sieciom dystrybucyjnym i przesyłowym, optymalizując ich wydajność. W związku z tym nacisk przesuwana się z zalet sprzętowych na rozbudowę cech funkcjonalności. Jedną z najbardziej pożądanych funkcjonalności jest dostępność w procesie przetwarzania energii elektrycznej do postaci prądu stałego, co umożliwi budowę hybrydowych systemów dystrybucyjnych. Z tego powodu architektura ST powinna składać się z co najmniej dwóch stopni mocy. Standardowa procedura projektowania tego rodzaju systemu polega na projektowaniu każdego stopnia mocy dla maksymalnego obciążenia. Jednakże takie podejście projektowe może ograniczać dodatkowe usługi, takie jak kompensacja mocy biernej po stronie średniego napięcia (SN) i nie uwzględnia możliwości regulacji obciążenia ST po stronie niskiego napięcia (NN). Jeśli SST zostanie dostosowany do usług, które ma świadczyć, poszczególne stopnie będą miały różne konstrukcje, tak że ST nie będzie już zwykłym zastosowaniem SST, ale zupełnie nowym zagadnieniem.

Należy zauważyć, że we wszystkich wspomnianych wyżej typach transformatorów energoelektronicznych pozostają nadal zachowane ważne cechy tradycyjnych transformatorów:

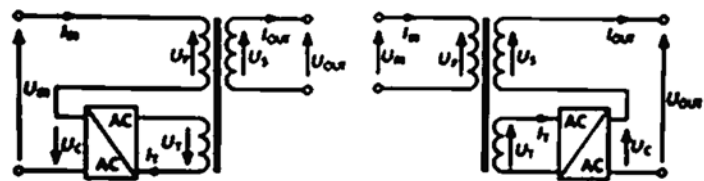
- separacja galwaniczna urządzeń podłączonych po stronie pierwotnej i po stronie wtórnej,
- dwukierunkowa możliwość przepływu energii przez transformator.

**Transformator hybrydowy** (rys. 4.) stanowi rozwinięcie koncepcji klasycznego transformatora energetycznego poprzez integrację z układami energoelektronicznymi. W przeciwieństwie do transformatora konwencjonalnego, który pełni funkcję elementu pasywnego, transformator hybrydowy umożliwia aktywne sterowanie parametrami pracy sieci elektroenergetycznej. W najprostszym ujęciu transformator hybrydowy można traktować jako klasyczny transformator wyposażony w dodatkowy układ regulacyjny oparty na energoelektronice. Układ ten może wprowadzać do obwodu napięcie o odpowiednio dobranej wartości i fazie, co umożliwi sterowanie napięciem wyjściowym transformatora oraz przepływem mocy pomiędzy poszczególnymi fragmentami sieci.

Podstawową ideą tego rozwiązania jest połączenie dwóch technologii: sprawdzonej konstrukcji transformatora elektromagnetycznego oraz nowoczesnych przekształtników energoelektronicznych. W takim układzie zasadnicza część energii elektrycznej przenoszona jest przez transformator o klasycznej konstrukcji, natomiast przekształtnik energoelektroniczny odpowiada za regulację wybranych parametrów pracy urządzenia.

Takie rozwiązanie pozwala na znaczące rozszerzenie funkcjonalności transformatora, przy jednoczesnym zachowaniu jego wysokiej sprawności energetycznej oraz niezawodności. Ponieważ przekształtnik energoelektroniczny przenosi jedynie część mocy całkowitej, jego moc znamionowa może być znacznie mniejsza niż moc transformatora.

W zależności od przyjętej koncepcji konstrukcyjnej przekształtnik energoelektroniczny może być włączony do układu transformatora na różne sposoby. W literaturze technicznej najczęściej rozpatruje się dwie podstawowe topologie: układ z przekształtnikiem włączonym szeregowo z uzwojeniem transformatora po stronie pierwotnej lub wtórnej (rys. 4.).

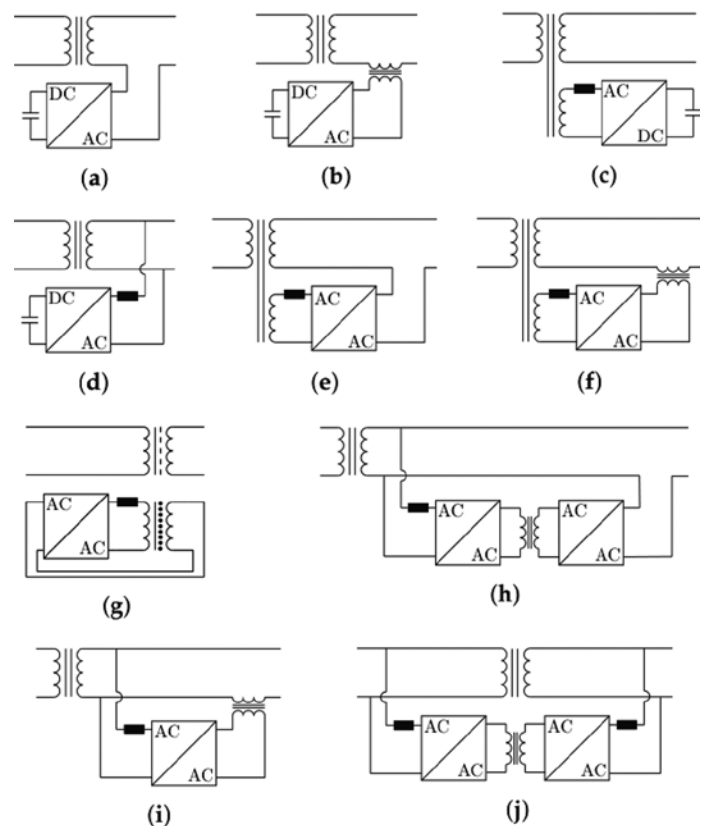


Rys. 4. Przykłady konstrukcji transformatora hybrydowego w dwóch podstawowych wykonaniach – z przekształtnikiem AC/AC podłączonym do uzwojenia dodatkowego po stronie pierwotnej lub po stronie wtórnej (fragment zdjęcia z referatu [1])

W pierwszym przypadku przekształtnik wprowadza dodatkowe napięcie regulacyjne w szereg z napięciem zasilającym transformator. Dzięki temu możliwa jest precyzyjna regulacja napięcia po stronie wtórnej transformatora oraz kompensacja jego zmian wynikających z wahań obciążenia lub zmiennej generacji w źródłach odnawialnych.

W drugim rozwiązaniu napięcie regulacyjne sumowane jest z napięciem wyjściowym transformatora. Przekształtnik może być wtedy wykorzystywany do sterowania przepływem mocy biernej oraz do poprawy jakości energii elektrycznej w sieci. Funkcjonalnie układ taki przypomina wówczas działanie statycznych kompensatorów mocy biernej stosowanych w systemach elektroenergetycznych.

Inne spotykane w literaturze topologie połączeń transformatora niskiej częstotliwości LFT (*Low Frequency Transformer*) w tradycyjnym



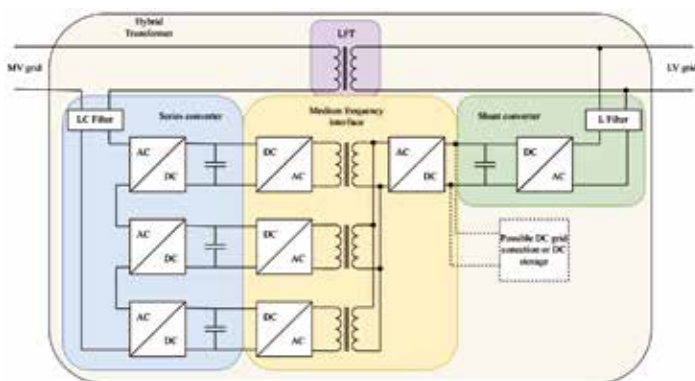
Rys. 5. Przykłady konstrukcji transformatora hybrydowego HT oparte na wykorzystaniu tradycyjnego transformatora elektroenergetycznego LFT: a – przekształtnik połączony szeregowo bez transformatora sprzęgającego (CT – Coupling Transformer), b – przekształtnik połączony szeregowo z CT, c – przekształtnik połączony za pośrednictwem uzwojenia pomocniczego AW (Auxiliary Winding) transformatora niskiej częstotliwości LFT, d – przekształtnik połączony w konfiguracji bocznikowej, e – przekształtnik połączony z uzwojeniami pomocniczymi AW szeregowo bez CT, f – przekształtnik połączony z AW i szeregowo z CT, g – przekształtnik połączony z dwoma AW, h – przekształtnik połączony ze stroną wtórną i szeregowo bez CT, i – przekształtnik połączony ze stroną wtórną i szeregowo z CT, j – przekształtnik połączony z obiema stronami LFT w konfiguracji bocznikowej [3]

wykonaniu z dodatkowymi przekształtnikami energoelektronicznymi pokazano na rysunku 5.

Jedną z najważniejszych zalet transformatora hybrydowego jest możliwość znacznie szybszej regulacji napięcia w porównaniu z klasycznymi transformatorami wyposażonymi w przełączniki zaczełów. Podczas gdy zmiana zaczełu transformatora jest procesem stosunkowo powolnym i wykonywanym skokowo, układy energoelektroniczne mogą realizować regulację napięcia w sposób ciągły i z dużą dynamiką.

Podstawową ideą wszystkich konstrukcji hybrydowych jest połączenie dwóch technologii: sprawdzonej technologii wykonania transformatora elektromagnetycznego dużej mocy pracującego z niską częstotliwością (50 lub 60 Hz, w zależności od kraju) oraz znanych już od wielu lat nowoczesnych przekształtników energoelektronicznych. W takim układzie zasadnicza część energii elektrycznej przenoszona jest przez transformator o klasycznej konstrukcji, natomiast przekształtnik energoelektroniczny odpowiada za regulację wybranych parametrów pracy urządzenia. Bardziej szczegółowe omówienie funkcjonalności oferowanych przez każde z pokazanych na rysunku 5. rozwiązań zdecydowanie wykracza poza ramy niniejszego opracowania.

Konkretnym przykładem tego rodzaju transformatora może być np. hybrydowy transformator rozdzielczy HDT (*Hybrid Distribution Transformer*) pokazany na rysunku 6., zaproponowany w pracy [4], stanowiący atrakcyjną alternatywę dla transformatorów tradycyjnych pozwalając na pełnienie roli nowego interfejsu w sieciach dystrybucyjnych. Specyficzna konfiguracja, w której przekształtniki są podłączone do transformatora, umożliwia świadczenie wielu usług. Pozwala to nie tylko zapobiegać awariom sieci, ale także wydłużyć żywotność jej komponentów, co jest wysoce pożądane w sieci dystrybucyjnej. Do efektywnego zarządzania przekształtnikami w tym transformatorze HDT wykorzystano sterowanie predyktoryjne z modelem sterowania skończonego (FCS-MPC – *Finite Control Set – Model Predictive Control*), w połączeniu z regulatorami liniowymi. Utworzono dwie oddzielne pętle sterowania do regulacji napięcia i mocy biernej po stronie wtórnej transformatora. Wyniki testów HIL (*Hardware-in-the-Loop*) potwierdziły, zdaniem autorów, skuteczność HDT w redukcji wahań napięcia sieciowego o 15% i obniżeniu zużycia mocy biernej nawet o 94%. Wykazano, że przyjęta strategia sterowania i topologia skutecznie stabilizują wahania napięcia i mocy biernej, jednocześnie umożliwiając ładowanie łącza DC przetwornic bezpośrednio z sieci.



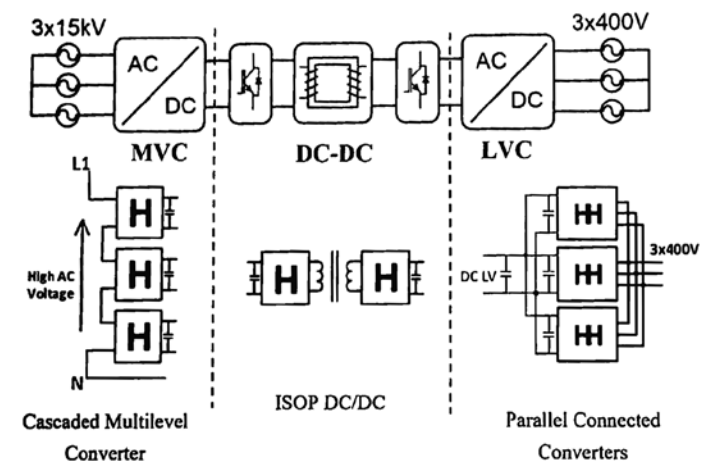
Rys. 6. Schemat ideowy hybrydowego transformatora dystrybucyjnego (HDT) opracowanego w celu ograniczenia wahań napięcia w sieci i zmniejszenia mocy biernej pobieranej ze strony wtórnej transformatora w tradycyjnym wykonaniu [4]

Z artykułu napisanego przez autorów tej propozycji wynika, iż zaproponowany przez nich transformator hybrydowy może skutecznie kompensować szybkie zmiany napięcia występujące w sieciach z dużym udziałem odnawialnych źródeł energii, takich jak instalacje fotowoltaiczne czy turbiny wiatrowe. W rezultacie możliwe jest utrzymanie stabilnych

parametrów napięcia nawet w warunkach znacznej zmienności generacji energii.

Ze względu na swoje duże możliwości regulacyjne transformatory hybrydowe są postrzegane jako jedno z rozwiązań umożliwiających stopniową (a więc dzięki temu ekonomicznie uzasadnioną) modernizację sieci elektroenergetycznych w kierunku mikrosieci wchodzących w skład większych fragmentów sieci elektroenergetycznych, tworząc już w ten sposób sieci inteligentne (*Smart Grid*), w których coraz większą rolę odgrywa aktywne sterowanie przepływami energii. Do takich celów związanych z aktywnym udziałem w nadrzędnym sterowaniu adaptacyjnym i optymalizacyjnym, proste transformatory hybrydowe (HT) okazują się już często nie wystarczać.

W przypadku drugiej, bardziej zaawansowanej technicznie grupy urządzeń umożliwiających transformację napięcia, nazwanej w tym artykule **e-transformatorami**, jak wynika z rysunku 7., konstrukcja ich części silnopiętowej polega na umieszczeniu na wejściu i na wyjściu jednofazowego transformatora separacyjnego o specjalnej konstrukcji (mogącego pracować z podwyższoną częstotliwością) po jednym ze spole połączonych ze sobą szeregowo współpracujących ze sobą przekształtników AC/DC i DC/AC, każdy z obwodem pośredniczącym prądu stałego zawierającym odpowiednio dobrany kondensator. W prostszej wersji nazywane są one **transformatorami przekształtnikowymi SST (Solid-State Transformers)**, a w przypadku rozbudowania ich możliwości o dodatkowe funkcje sterowania i komunikacji z otoczeniem – **transformatorami inteligentnymi ST (Smart Transformer)**.



Rys. 7. Przykład konstrukcji części silnopiętowej e-transformatora (transformatora przekształtnikowego SST lub transformatora inteligentnego ST) wraz symbolicznymi schematami blokowymi zastosowanych przekształtników (fragment zdjęcia z referatu [2])

Poprzez odpowiednie sterowanie zastosowanych w nich przekształtników, poza zwykłą zmianą wartości napięcia pozwalają one zrealizować wiele innych zadań. Wprawdzie ich konstrukcja jest bardziej skomplikowana niż w transformatorach hybrydowych HT, nie mówiąc już o transformatorach klasycznych, ale ich zastosowanie w systemie dystrybucyjnym daje wiele korzyści [2, 6]:

- pozwala na dynamiczną regulację napięcia po stronie niskiego napięcia (LV – *Low Voltage*) oraz na szybką kompensację zakłóceń spowodowanych obciążeniami nieliniowymi,
- zapewnia poprawną pracę w mikrosieci przy niesymetrii napięć, zapadach napięcia i innych zakłóceniach napięcia, które nie będą przenoszone z jednej strony transformatora na drugą,
- zwiększa sprawność działania mikrosieci dzięki dynamicznie sterowanemu rozdziałowi mocy, pełnej kontroli ilości i kierunku przepływu energii oraz wpływa na zmniejszenie straty energii podczas przesyłu,

- pozwala na kompensację mocy biernej oraz wyższych harmonicznych niezależnie po obu stronach transformatora,
- obecność łącza DC (DC-link) umożliwia bezpośrednie połączenie sieci DC i dodatkowych magazynów energii, co eliminuje dodatkowe przetwornice DC/AC i poprawia ogólną sprawność mikro sieci,
- umożliwia komunikację z innymi elementami systemu elektroenergetycznego (wymiana danych z innymi urządzeniami pozwala na szybkie sterowanie przepływem energii oraz rekonfigurację sieci w przypadku awarii),
- pozwala w pełni kontrolować stan każdej pojedynczej fazy oraz w prosty sposób przechodzić w tryb pracy wyspowej (autonomicznej) danej mikro sieci.

Wnioski podsumowujące aktualny stan wiedzy o e-transformatorach [2, 6]:

- projekt i wykonanie e-transformatora są nadal droższe w porównaniu z konwencjonalnym transformatorem. Jednak technologia półprzewodnikowa ciągle się rozwija, co sprawia, że nowe moduły na wysokie napięcia i duże prądy stają się bardziej dostępne i tańsze, co pozwala na zmniejszenie ich liczby,
- e-transformatora charakteryzuje mniejsza niezawodność ze względu na złożoną strukturę i sterowanie. Jednak konstrukcja moduła pozwala na zastosowanie dodatkowych rezerwowych zespołów przekształtnikowych pozostających w trybie gotowości, w celu zastąpienia uszkodzonych podzespołów. Odpowiednie sterowanie przepływem mocy pozwala na płynne przełączanie ich obciążenia, co minimalizuje ryzyko awarii i wydłuża ich żywotność,
- e-transformator ma niższą odporność na prądy zwarciove w porównaniu z tradycyjnym transformatorem, co utrudnia użycie standardowych bezpieczników ze względu na selektywność zabezpieczeń sieci,
- e-transformator może być podatny na błędy komunikacji i utratę synchronizacji. Z drugiej strony rozbudowana komunikacja umożliwia wymianę danych pomiędzy e-transformatorem, inteligentnymi odbiornikami i inteligentnymi pomiarami, co pozwala na szybką reakcję na zmiany zapotrzebowania na energię (*smart demand response*), zapewnia niższe straty energii i pozwala na bardziej oszczędne gospodarowanie jej przepływem,
- e-transformator może również być podatny na ataki cybernetyczne. W podsumowaniu tego rozdziału można stwierdzić, że obecnie istnieją praktycznie trzy koncepcje transformacji napięcia w sieciach przesyłowych AC:

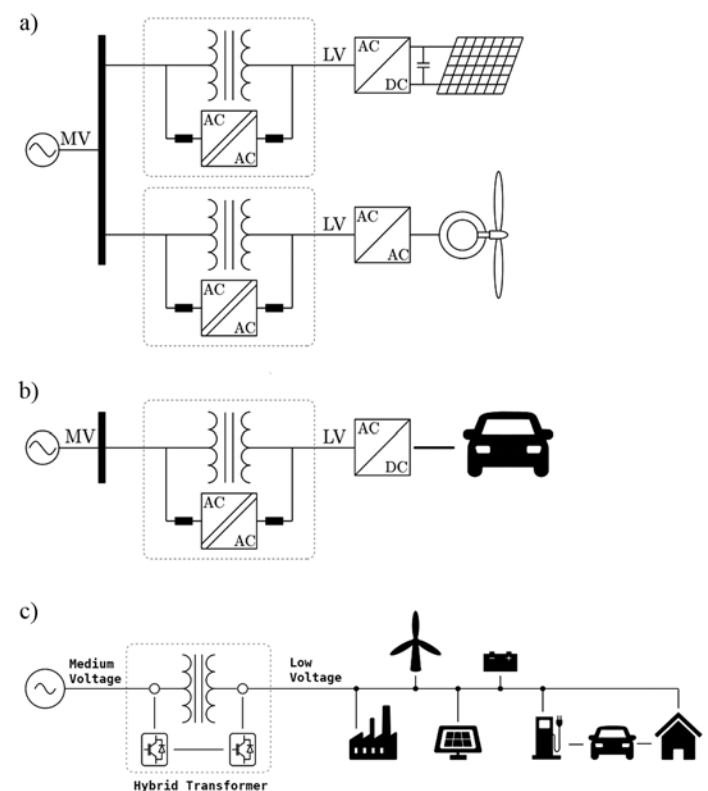
- transformator klasyczny – urządzenie pasywne, bez możliwości aktywnego sterowania,
- transformator hybrydowy – klasyczny transformator + układ energoelektroniczny o stosunkowo niewielkiej mocy, z możliwością sterowania poziomem napięcia i przepływu mocy w ograniczonym zakresie,
- e-transformator (transformator przekształtnikowy SST lub transformator inteligentny ST) – pełna transformacja przy użyciu transformatora separującego i energoelektroniki wysokiej częstotliwości, z pełną możliwością sterowania poziomem napięcia i przepływu mocy.

Porównując je ze sobą, ich wady i zalety, można postrzegać transformator hybrydowy jako rozwiązanie pośrednie, umożliwiające modernizację sieci dystrybucyjnej bez całkowitej zmiany technologii, a więc nie zmuszającego do ponoszenia nadmiernych kosztów. Docelowo jednak, przy rozbudowie, modernizacji i przekształcaniu sieci elektroenergetycznych, pozwalającej na wydzielanie w nich bardziej efektywnie sterowanych podsystemów dystrybucyjnych w postaci mikro sieci typu SG (*Smart Grid*), czyli mikro sieci inteligentnych, coraz większą rolę będą odgrywały transformatory przekształtnikowe, zwłaszcza że bardzo uła-

twiają one integrację z urządzeniami korzystającymi z energii elektrycznej przesyłanej w postaci prądu stałego o niższych napięciach niż te, które są wykorzystywane w wysokonapięciowych sieciach prądu stałego HVDC użytkowanych od szeregu lat przy przesyłaniu energii elektrycznej na większe odległości.

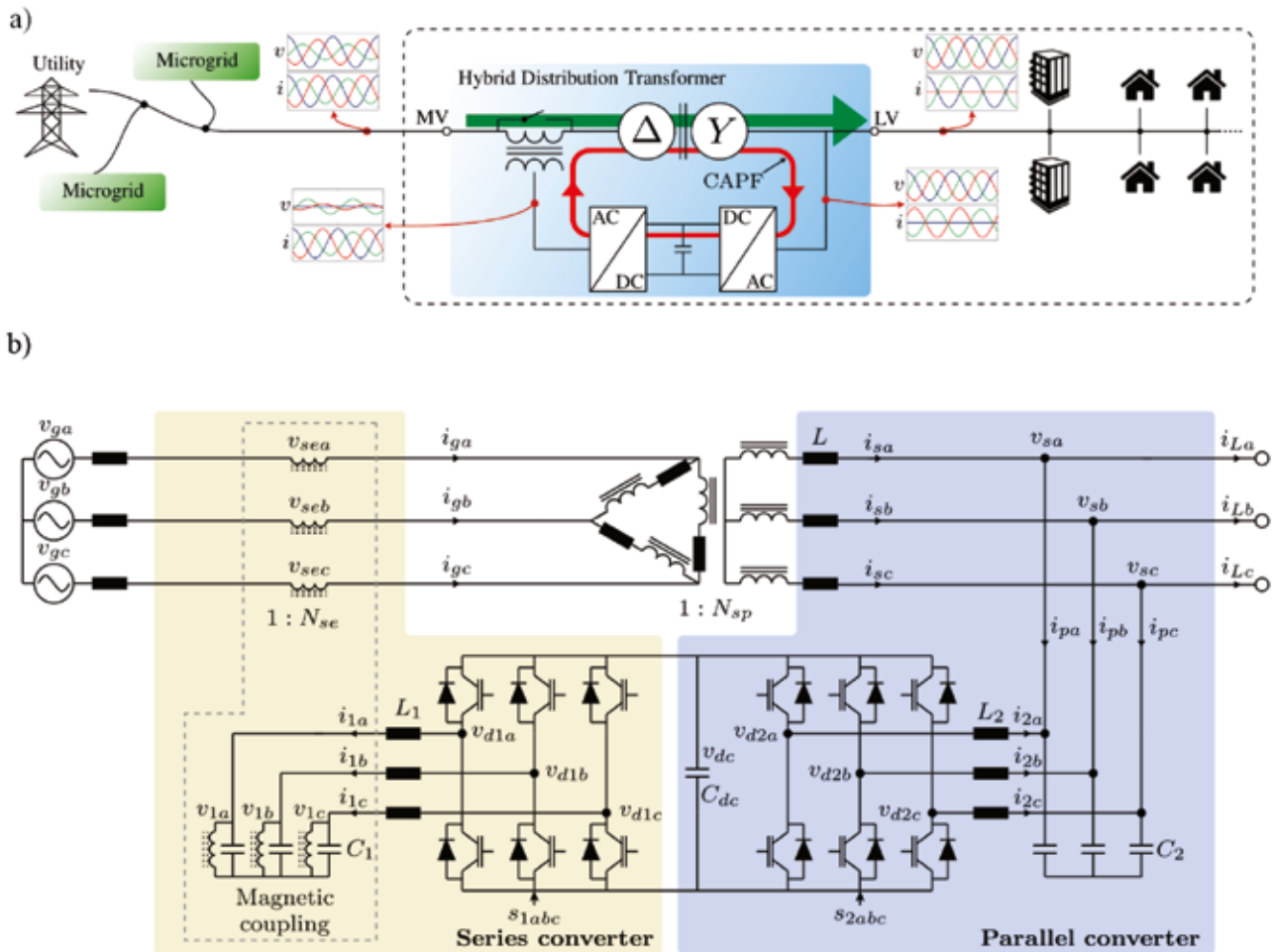
## 4. Przykłady wykorzystania transformatorów energoelektronicznych w sieciach dystrybucyjnych

Na rysunku 8. pokazano przykłady wykorzystania transformatora hybrydowego w sieciach dystrybucyjnych średniego i niskiego napięcia – na rys. 8a służy on do bezpośredniego podłączenia do sieci średniego napięcia odnawialnych źródeł energii w postaci elektrowni fotowoltaicznej oraz wiatrowej, zaś na rys. 8b do bezpośredniego podłączenia do sieci średniego napięcia stacji szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych. Rysunek 8c ilustruje możliwość integracji z siecią średniego napięcia całej mikro sieci.



Rys. 8. Schematy ilustrujące wykorzystanie transformatora hybrydowego HT w sieci dystrybucyjnej niskiego napięcia: a – stacja szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych, b – integracja źródeł OZE, c – integracja mikro sieci z siecią średniego napięcia – transformator HT pełni rolę interfejsu pomiędzy sieciami średniego (MV – Medium Voltage) a niskiego (LV – Low Voltage) napięcia [3]

W pracy [4] zaproponowano hybrydowy transformator rozdzielczy (HDT – *Hybrid Distribution Transformer*) o topologii przedstawionej na rysunku 9a, jako rozwiązanie umożliwiające radzenie sobie z niską odpornością transformatorów półprzewodnikowych na zwarcia. Wśród dostępnych konfiguracji HDT wyróżnia się ta, która łączy szeregowo-równoległy przekształtnik po stronie pierwotnej/wtórnej. Taka konfiguracja poprawia przebiegi napięcia i prądu w transformatorze oraz skutecznie pozwala



Rys. 9. Przykład zastosowania dystrybucyjnego transformatora hybrydowego HDT (Hybrid Distribution Transformer) do stabilizacji napięcia w mikro sieci: a) poglądowy schemat mikro sieci, b) schemat ideowy transformatora HDT [5]

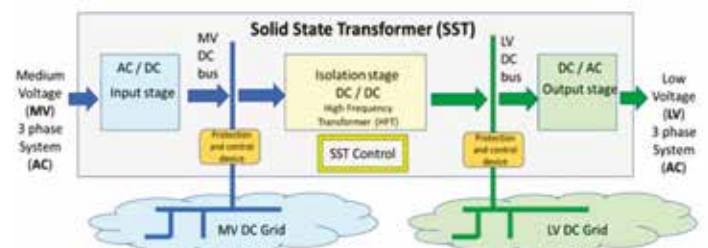
regulować napięcie dostarczane do mikro sieci prądu przemiennego. Jednak w tego rodzaju układzie, gdy przekształtnik energoelektroniczny obwodzi sprzężeniem zwrotnym główny transformator, pojawia się zjawisko cyrkulacyjnego przepływu mocy czynnej (CAPF – *Circulating Active Power Flow*), co może wpływać na jego sprawność. W zależności od warunków sieci i obciążenia oraz od tego, czy przekształtnik równoległy kompensuje niesymetrię obciążenia, CAPF może wzrosnąć lub spaść. W pracy tej przeanalizowano wpływ niezrównoważonego napięcia i obciążenia sieci na wartość CAPF. Stwierdzono, że do prawidłowej pracy HDT, pożądany jest pewien poziom CAPF, który pozwala utrzymać wymaganą jakość energii elektrycznej w mikro sieci.

Dzięki obecności przekształtników w obwodzie sprzężenia zwrotnego, obejmującego główny transformator roboczy, możliwe jest zapewnienie wszystkim odbiorcom dostarczanie energii elektrycznej dobrej jakości (na rysunku 9a pokazano, że pomimo pojawiającej się asymetrii napięć zasilających transformator odbiorcy, sieci niskiego napięcia otrzymują trójfazowe napięcie o stałej amplitudzie).

Rolę, jaką może odegrać e-transformator (transformator przekształtnikowy SST, lub transformator inteligentny SST) w integracji użytkowników wydzielonej sieci dystrybucyjnej niskiego napięcia o znacznie większej i bardziej zróżnicowanej liczbie konsumentów i prosumentów z siecią średniego napięcia, ilustruje rysunek 10. Dzięki obecności takiego, bardziej złożonego w swej konstrukcji transformatora, nie tylko pojawiają się nowe możliwości regulacyjne, ale staje się także możliwe uzupełnienie istniejących połączeń sieciowych prądu przemiennego (AC) nowymi połączeniami sieciowymi prądu stałego (DC) i to od razu w dwóch wersjach: nie tylko po stronie niskiego napięcia, ale i po stronie średniego napięcia (rys. 10.). Nowe, niskonapięciowe sieci dystrybucyjne prądu

stałego stają się od kilku lat nadzieją na dalszy rozwój elektroenergetyki i wzrost bezpieczeństwa energetycznego w krajach decydujących się na wprowadzanie na szerszą skalę tej technologii.

Przedstawiony na rysunku 10. schemat blokowy obrazuje architekturę transformatora półprzewodnikowego pełniącego rolę inteligentnego łącznika między główną siecią energetyczną a nowoczesnymi mikro sieciami, łącząc dawnych użytkowników podłączonych do istniejącej sieci AC niskiego napięcia, z nowymi odbiorcami i producentami energii odnawialnej połączonymi sieciami prądu stałego DC: do niskiego napięcia (LV) dla użytkowników o małych mocach przyłączeniowych lub w przypadku dużych mocy przyłączeniowych – od razu do średniego napięcia (MV).



Rys. 10. Schemat pokazujący możliwość wykorzystania e-transformatora (SST lub ST) jako głównego elementu nowej koncepcji **hybrydowego systemu gospodarowania** energią elektryczną (ilustracja dostępna w internecie)

W przeciwieństwie do tradycyjnych transformatorów, transformator SST (a szczególnie ST) wykorzystuje zaawansowaną energoelektronikę, co pozwala na znacznie większą kontrolę nad przepływem energii i integrację odnawialnych źródeł. Główne bloki funkcjonalne tego układu to:

- **AC/DC Input Stage** (wejściowy przekształtnik AC/DC): pobiera on prąd przemienny z sieci średniego napięcia (MV 3-phase System AC) i prostuje go do postaci prądu stałego. W tym miejscu ulokowana jest szyna **MV DC bus** zasilająca mikrosieć „MV DC Grid” (nadzorowana przez własny układ zabezpieczenia i sterowania **Protection and Control Device**), do której mogą być podłączone np. farmy fotowoltaiczne lub turbiny wiatrowe, pracujące na prądzie stałym;
- **Isolation stage** (blok izolacji DC-DC): stanowi kluczowy blok SST służący do przetwarzania energii i zawiera przekształtnik DC/DC wykorzystujący transformator wysokiej częstotliwości HFT (*High Frequency Transformer*) (znacznie mniejszy i lżejszy od tradycyjnych), który zapewnia izolację galwaniczną oraz dopasowanie napięć szyny **MV DC bus** i szyny **LV DC bus**. Ta wyjściowa szyna (przez własny układ zabezpieczenia i sterowania **Protection and Control Device**), może zasilac po stronie niskiego napięcia inną mikrosieć „LV DC Grid”, integrującą inne urządzenia współpracujące z przekształtnikami, wymagające niższego napięcia DC;
- **SST Control** (sterowanie SST): centralny układ sterowania całym transformatorem. Zarządza: modulacją przekształtników, przepływem mocy, stabilnością systemu. Może realizować zaawansowane funkcje, np. zarządzanie energią w podłączonej do SST mikrosieci;
- **Output stage** (blok wyjściowy): przekształtnik DC/AC podłączony jest do szyny LV DC bus, zamieniający prąd stały z powrotem na prąd przemienny o parametrach wymaganych przez odbiorców końcowych w sieci niskiego napięcia (LV 3-phase System AC).

Częstym elementem dodatkowym takiego transformatora (nie pokazanym na rysunku) bywa ponadto Storage stage (blok magazynowania energii) – zintegrowany z transformatorem magazyn energii (w postaci akumulatora), który pozwala stabilizować pracę sieci, gromadząc nadwyżki energii i oddając je w chwilach szczytowego zapotrzebowania.

SST umożliwia budowę sieci hybrydowych (AC/DC). Pozwala na bezpośrednie podłączenie urządzeń DC (jak stacje ładowania aut elektrycznych czy magazyny energii) bez wielokrotnej konwersji, co minimalizuje straty energii i zwiększa elastyczność systemu energetycznego.

Lokalne sieci prądu stałego (DC), często nazywane mikrosieciami DC, stają się coraz bardziej sensownym rozwiązaniem tam, gdzie naturalnie „żyjemy w DC”, a AC jest tylko historycznym standardem. Oto najważniejsze sytuacje, w których ich zastosowanie jest szczególnie korzystne:

- 1) **budynki z dużym udziałem elektroniki i urządzeń cyfrowych.** Współczesne urządzenia – komputery, serwery, LED-y, elektronika użytkowa – wewnątrz i tak pracują na DC. W klasycznym systemie: AC → (zasilacz) → DC. W sieci DC: DC → urządzenie (bez konwersji lub z minimalną). Korzyści: mniej strat na zasilaczach, wyższa sprawność całego budynku, mniej ciepła do odprowadzenia. Typowym przykładem są serwernie (centra danych);
- 2) **instalacje fotowoltaiczne (PV).** Panele fotowoltaiczne generują energię w DC. W systemie AC: DC (PV) → falownik → AC → zasilacz → DC. W systemie DC: DC (PV) → bezpośrednie zasilanie / magazyn. Korzyści: mniej konwersji → wyższa sprawność, prostsza integracja magazynów energii;
- 3) **magazyny energii (baterie).** Wszystkie baterie (np. litowo-jonowe) działają w DC. W sieci DC: bezpośrednie ładowanie i rozładowanie, brak podwójnej konwersji. Jest to szczególnie ważne przy: systemach *off-grid*, mikrosieciach z OZE;
- 4) **systemy oświetleniowe LED.** Diody LED są z natury elementami DC. W DC można zasilac je bezpośrednio lub przez prostsze sterowniki. Korzyści: wyższa sprawność, łatwiejsze sterowanie (ściemnianie, automatyka);
- 5) **transport i infrastruktura ładowania.** Wiele systemów transportowych już działa w DC: pojazdy elektryczne (EV – *Electro-Vehicles*), tramwaje, metro. Przykład: szybkie ładowarki EV. W sieci AC → pro-

stownik → DC → bateria. Zastosowanie lokalnej sieci DC: eliminuje etap konwersji, zwiększa sprawność i szybkość ładowania;

6. **mikrosieci i systemy *off-grid*.** W miejscach oddalonych od dużej sieci: wyspy (energetyczne), odległe obszary wiejskie, terenowe instalacje przemysłowe. DC sprawdza się, bo: łatwo łączy PV + baterie + odbiorniki, upraszcza system;
7. **przemysł i automatyka.** W wielu systemach przemysłowych napędy, roboty, sterowniki pracują na DC. Dzięki lokalnej magistrali DC: stabilniejsze zasilanie, łatwiejsza integracja napędów;
8. **telekomunikacja i infrastruktura IT.** To jeden z najstarszych przykładów: standard 48 V DC w telekomunikacji. Serwerownie i systemy krytyczne: wysoka niezawodność, łatwe podtrzymanie z baterii.

Wszystkie te przypadki mają wspólny mianownik: źródła energii są DC + odbiorniki są DC. Więc AC w środku systemu staje się zbędnym „pośrednikiem”.

Dlaczego rozważany jest teraz powrót do prądu stałego?

Dzięki rozwojowi: przekształtników energoelektronicznych, inteligentnych sieci (*smart grids*), technologii rozwijanych przez firmy takie jak ABB czy Schneider Electric, możliwe jest: bezpieczne zarządzanie DC, stabilizacja napięcia, integracja z siecią AC

**Wniosek:** lokalne sieci DC są najbardziej opłacalne tam, gdzie:

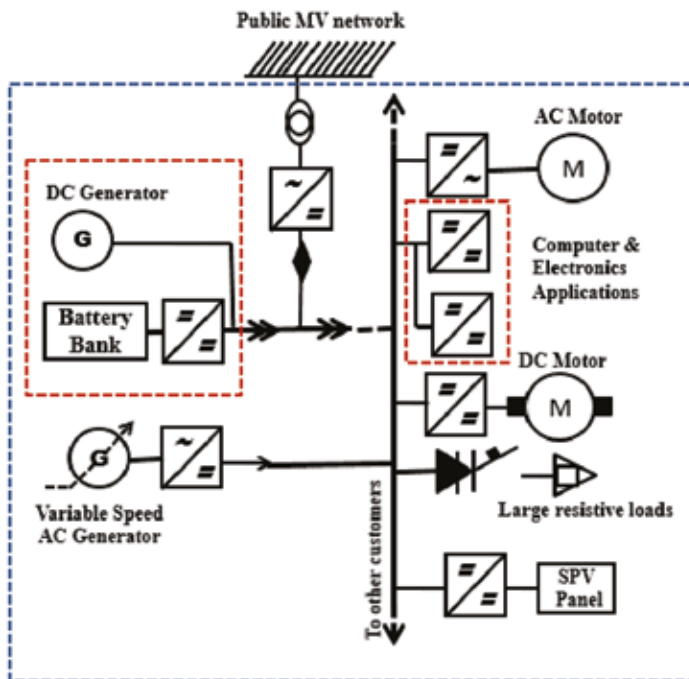
- energia jest generowana w DC (PV, baterie),
- energia jest zużywana w DC (elektronika, LED, EV).

I właśnie dlatego te sieci stanowią naturalne uzupełnienie dużych systemów AC – idealnie wpisując się w koncepcję hybrydowych sieci AC/DC.

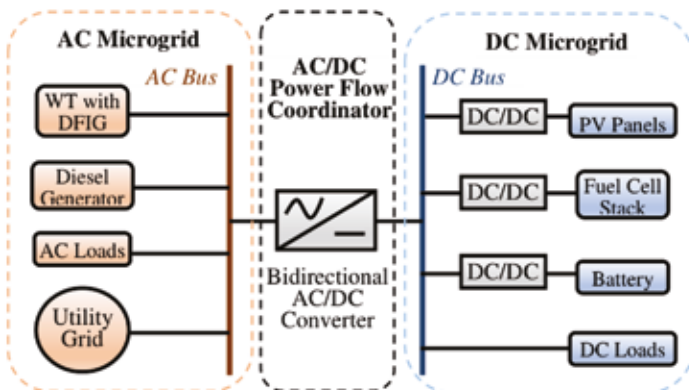
W Indiach, aby uniknąć trudności technicznych i administracyjnych przy podłączaniu nowych, dużych skupisk źródeł energii odnawialnej, np. na terenach wiejskich lub w małych miasteczkach oddalonych od terenów gęściej zaludnionych, rozważa się ostatnio wykorzystanie do lokalnej dystrybucji energii elektrycznej linii sieci łączącej poszczególnych użytkowników już nie jako jednofazowego prądu przemiennego (AC), lecz jako linii prądu stałego (DC) [5]. Dostęp do bezpiecznych, niezawodnych i wysokiej jakości dostaw energii elektrycznej jest tam bowiem przedmiotem poważnych obaw. Biorąc pod uwagę, że według spisu powszechnego z 2011 r. 70% ludności Indii zamieszkuje obszary wiejskie, brak należytego dostępu może spowodować poważne zahamowanie rozwoju gospodarczego kraju. Problemy nie są znacznie mniejsze w przypadku licznych obszarów miejskich. Chociaż większość gospodarstw domowych w miastach ma dostęp do energii elektrycznej, jakość i niezawodność dostaw także pozostaje kwestią budzącą obawy. W związku z rosnącym w ostatnich latach problemem zanieczyszczenia środowiska, zwiększenie generacji konwencjonalnej staje się trudną decyzją. Szczególnie w takim kraju jak Indie, z dużym nasłonecznieniem i okresowo wiejącymi silnymi wiatrami, odnawialne źródła energii (OZE) mogą odegrać kluczową rolę. Przy rozbudowywaniu sieci elektroenergetycznej rozważa się tam, czy nie warto zmienić koncepcji budowy linii dystrybucyjnych na najniższym poziomie, czyli czy nie powrócić do linii zasilających prądu stałego. We wspomnianej wyżej pracy analizowana jest struktura takiej mikrosieci pokazana na rysunku 11.

W porównaniu z mikrosiecią prądu przemiennego, może ona zapewnić znaczne oszczędności energii poprzez zmniejszenie liczby konwerterów wewnątrz systemu mikrosieci. Obejmuje to konwertery do łączenia rozproszonych odnawialnych generacji, obciążań i urządzeń magazynujących energię. System prądu stałego (DC) oferuje również inne istotne korzyści, rozwiązując niektóre problemy sterowania w mikrosieci. Na przykład, synchronizacja rozproszonych generacji nie jest już wymagana, a sterowanie opiera się bezpośrednio na napięciu szyny DC. Ponadto, sterowanie pierwotne jest znacznie prostsze ze względu na brak kontroli przepływu mocy biernej. Wreszcie, większość nowoczesnych urządzeń również działa w oparciu o prąd stały, co zapewnia dodatkową korzyść.

W pracy [7] zaprezentowano także opis mikro sieci hybrydowej AC/DC (rys. 10.). Jak sama nazwa wskazuje, hybrydowe mikro sieci składają się z sieci prądu przemiennego (AC) i stałego (DC) połączonych ze sobą za pomocą przekształtników (konwerterów) wielokierunkowych. System hybrydowy może zmniejszyć liczbę konwersji AC/DC/AC i DC/AC/DC w poszczególnych mikro sieciach prądu przemiennego lub stałego. W tym przypadku źródła i obciążenia prądu przemiennego (AC) są podłączone do sieci prądu przemiennego (AC), natomiast źródła i obciążenia prądu stałego (DC) są powiązane z siecią prądu stałego (DC). Urządzenia magazynujące energię mogą być podłączone do dowolnej z tych sieci.



Rys. 11. Przykład mikro sieci DC opartej na wspólnej linii prądu stałego łączącej odbiorców i prosumentów z transformatorem dystrybucyjnym (rozdzielczym) [7]

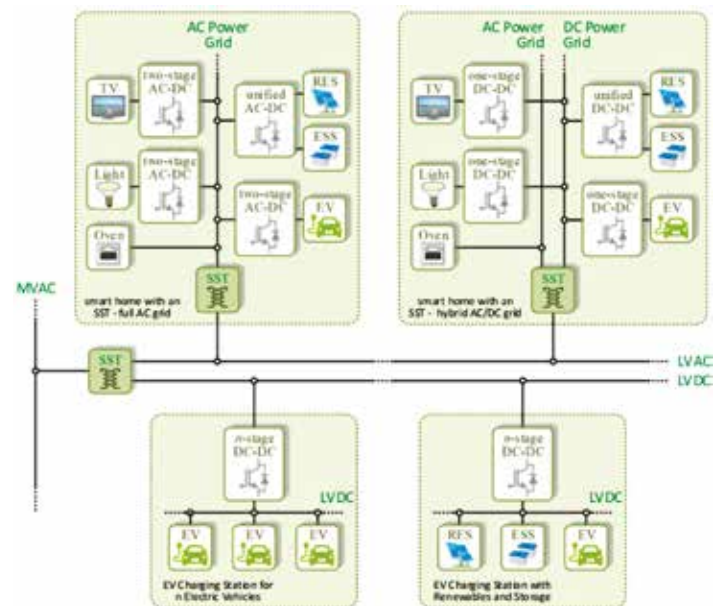


Rys. 12. Schemat blokowy przykładowy mikro sieci hybrydowej AC/DC [7]

Chociaż system hybrydowy zmniejsza liczbę konwerterów w indywidualnych systemach AC i DC, istnieją pewne wady stosowania tego typu konfiguracji. Całkowita sprawność systemu w dużej mierze zależy od rodzaju (AC lub DC) oraz liczby podłączonych źródeł i odbiorników. Hybrydowe mikro sieci są bardziej odpowiednie dla mniejszych, izolowanych instalacji, w których głównym źródłem energii są generacje fotowoltaiczne i wiatrowe. Z powyższych rozważań można wywnioskować jasny obraz typów i możliwości różnych konfiguracji mikro sieci. Ze względu na wrodzoną prostotę i zalety systemu DC, artykuł koncentruje się głównie na konfiguracji mikro sieci DC. W dalszej części omówiono jej wdrożenie zarówno w scenariuszach wiejskich, jak i miejskich w Indiach.

W zastosowaniach wiejskich można ją wdrożyć jako lokalną mikro sieć DC. Natomiast w obszarach miejskich szczegółowo omówiono koncepcję budynku zero-energetycznego, wspieraną przez mikro sieć DC.

W przeglądowym artykule [8] poświęconym omówieniu wizji sieci elektroenergetycznych, skoncentrowano się głównie na wykorzystaniu hybrydowych sieci AC/DC i technologii transformatorów półprzewodnikowych. W szczególności hybrydowe sieci AC/DC zostały w nim szczegółowo przeanalizowane w kontekście dwu- lub trójprzewodowych sieci prądu stałego, a także różnych struktur dotyczących sprzężonych i odprężniętych konfiguracji prądu przemiennego z izolacją nisko- lub wysokoczęstotliwościową. Rozważano w nim zastosowanie różnych możliwych konfiguracji transformatorów półprzewodnikowych i różnych konfiguracji transformatorów hybrydowych (licząc na spodziewane korzyści w zakresie poprawy jakości energii pod względem przebiegów prądów lub napięć). Przykładową topologią rozważanych w tym artykule mikro sieci przedstawia rysunek 13.

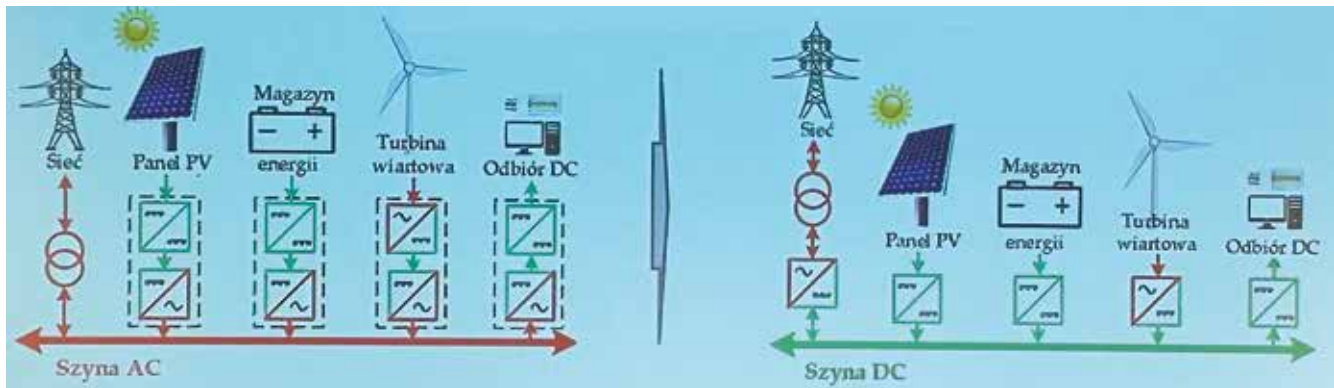


Rys. 13. Wizja przyszłych sieci energetycznych, uwzględniająca: – inteligentny dom z SST i pełną siecią prądu przemiennego; – inteligentny dom z SST i hybrydową siecią prądu przemiennego/stałego; – stację ładowania pojazdów elektrycznych dla  $n$  pojazdów elektrycznych wykorzystującą  $n$ -fazową przetwornicę DC/DC; – stację ładowania pojazdów elektrycznych + podłączenie dla odnawialnego źródła energii + podłączenie dla magazynu energii, wykorzystującą  $n$ -fazową przetwornicę DC/DC

Przetwornice  $n$ -fazowe DC/DC (*Interleaved Converter, Multiphase Converter*), występujące na rysunku 13., są układami elektronicznymi zamieniającymi napięcie stałe występujące na szynie zasilającej na inną wartość napięcia stałego dopasowanego do podłączonego odbiornika/urządzenia. Składają się z  $n$  równoległych faz (torów) pracujących na wspólne wyjście, każda faza z innym przesunięciem fazowym. Wykorzystanie przesunięcia fazowego między fazami (torami) zwiększa wydajność prądową, zmniejsza tętnienia prądu i napięcia oraz poprawia sprawność przetwarzania.

Na korzyści wynikające z przejścia na najniższym poziomie lokalnych sieci dystrybucyjnych z dotychczasowej konwencji użycia prądu przemiennego na prąd stały wskazywał również wspomniany już wyżej prof. Ryszard Strzelecki na ostatniej konferencji SENE [1]. W swojej prezentacji zamieścił porównanie pokazane na rysunku 14.

Przy omawianiu tego porównania prelegent wskazał, że zastosowanie mikro sieci DC pozwala uniknąć dodatkowego stopnia przetwarzania, co zmniejsza straty i pozwala zmniejszyć fizyczną wielkość używanych



Rys. 14. Porównanie struktur układów sprzęgających ze wspólną linią zasilającą dla tych samych urządzeń występujących w typowej mikro sieci w przypadku zastosowania tradycyjnej linii prądu przemiennego (AC) z i linii prądu stałego (DC) (fragment zdjęcia z referatu [1])

urządzeń. Ponadto wtedy w używanych przekształtnikach DC/DC można obniżyć straty dzięki zastosowaniu techniki miękkiego przełączania kluczy energoelektronicznych. Bowiern w przekształtnikach AC/DC oraz DC/AC bardzo trudno jest uniknąć twardego przełączania. Mniejsza liczba przekształtników (w tej przykładowej sieci AC jest osiem przekształtników, zaś w odpowiadającej jej sieci DC pozostaje ich tylko pięć) wpływa ponadto korzystnie na większą niezawodność działania całego systemu.

## 5. Podsumowanie

Coraz szersze wykorzystywanie energoelektroniki i techniki mikroprocesorowej do przetwarzania energii elektrycznej spowodowało unieważnienie dawnego historycznego sporu pomiędzy dwoma wybitnymi wynalazcami, jakimi byli Thomas Alva Edison i Nikola Tesla. Spór ten znany jako „wojna prądów”, przez dekady był pamiętany jako spór dotyczący fundamentalnego wyboru technologicznego: czy przyszłość elektroenergetyki należy do prądu stałego (DC – *Direct Current*), czy zmiennego (AC – *Alternating Current*). Ówczesne ograniczenia techniczne sprawiły, że ostatecznie zwyciężyła koncepcja zaproponowana przez Teslę – system prądu przemiennego, umożliwiający łatwą transformację napięcia i efektywny przesył energii na duże odległości. Jednak rozwój współczesnej energoelektroniki oraz pojawienie się transformatorów energoelektronicznych diametralnie zmieniają tę perspektywę. Od szeregu lat pojawiają się linie przesyłowe prądu stałego – szczególnie w charakterze układanych pod wodą kabli podmorskich o długościach liczonych w dziesiątkach, a nawet setkach kilometrów.

Transformator przekształtnikowy (energoelektroniczny, e-transformator), będący połączeniem klasycznego transformatora z układami przekształtników energoelektronicznych, umożliwia funkcjonalne rozdzielanie sieci elektroenergetycznej na segmenty odpowiedzialne za przesył oraz dystrybucję energii. W praktyce oznacza to, że różne części systemu mogą pracować w najbardziej optymalnym dla siebie trybie – niezależnie od tego, czy jest to AC, czy DC. Wysokonapięciowe linie przesyłowe coraz częściej wykorzystują technologię HVDC, minimalizując straty i poprawiając stabilność systemu, podczas gdy sieci dystrybucyjne oraz odbiorcy końcowi nadal w dużej mierze funkcjonują w oparciu o AC, które pozostaje wygodne dla zasilania urządzeń i infrastruktury lokalnej. Coraz częściej na poziomie lokalnych grup użytkowników systemu elektroenergetycznego pojawiają się jednak także lokalne sieci DC uzupełniające istniejące sieci AC, nadal będące w użyciu.

Kluczową rolę odgrywają tu przekształtniki energoelektroniczne, które umożliwiają płynne i efektywne przejścia pomiędzy AC i DC. Dzięki

nim energia elektryczna może być konwertowana w czasie rzeczywistym, zależnie od potrzeb systemu, bez istotnych strat i bez kompromisów jakościowych. To właśnie ta zdolność do integracji obu form prądu sprawia, że dawny dylemat „AC czy DC” traci sens – przestaje być wyborem „albo – albo”, a staje się podejściem „zarówno – jak i”.

Współczesna elektroenergetyka coraz wyraźniej pokazuje, że AC i DC nie są technologiami konkurencyjnymi, lecz komplementarnymi. Prąd stały doskonale sprawdza się w przesyłach na duże odległości, w integracji odnawialnych źródeł energii czy w systemach magazynowania energii. Z kolei prąd przemienny pozostaje niezastąpiony w tradycyjnych sieciach dystrybucyjnych i w większości zastosowań końcowych. Transformator hybrydowy staje się więc swego rodzaju „mostem technologicznym”, który pozwala wykorzystać zalety obu rozwiązań bez konieczności rezygnowania z któregoś z nich.

W tym kontekście można uznać, że historyczny spór Edisona i Tesli zostaje symbolicznie rozstrzygnięty nie poprzez zwycięstwo jednej ze stron, lecz poprzez ich syntezę. Rozwój technologii sprawił, że pierwotne ograniczenia, które wymuszały wybór jednego rozwiązania kosztem drugiego, przestały mieć znaczenie. Dzisiejsze systemy elektroenergetyczne są coraz bardziej hybrydowe, elastyczne i zintegrowane – a ich efektywność wynika właśnie z umiejętnego łączenia AC i DC.

Ostatecznie więc można stwierdzić, że upowszechnienie transformatorów energoelektronicznych nie tylko kończy dawny spór, ale też redefiniuje jego sens. Zamiast pytania „który prąd jest lepszy?”, właściwe staje się pytanie: „gdzie i jak najlepiej wykorzystać każdy z nich?”. I to właśnie ta zmiana perspektywy stanowi jeden z fundamentów nowoczesnej elektroenergetyki.

Wraz z szybkim rozwojem systemów elektroenergetycznych w ostatnich latach, mikro sieci stają się coraz bardziej powszechne. Poprawiają one wydajność sieci oraz obniżają koszty operacyjne i emisję zanieczyszczeń dzięki integracji rozproszonych odnawialnych źródeł energii (OZE), magazynowaniu energii i wykorzystaniu systemów koordynujących zużycie energii przez odbiorców. Pomimo tych postępów, zdecentralizowana obecność mikro sieci wpływa na sposób funkcjonowania całego systemu elektroenergetycznego, w tym na algorytmy sterowania, filozofię zarządzania energią i schemat zabezpieczeń przed skutkami awarii (np. typu zwarcia, lub doziemienia). Opracowanie wygodnej strategii zabezpieczeń dla mikro sieci jest szczególnie trudne ze względu na różne przeszkody, takie jak znaczne zróżnicowanie wartości zwarciovych w różnych trybach pracy, dwukierunkowy przepływ mocy, asynchroniczne ponowne załączanie, oślepienie zabezpieczeń. Dlatego bardzo trudny problem odpowiedniego doboru zabezpieczeń w sieciach energetyki rozproszonej jest ciągle analizowany w celu znalezienia właściwych rozwiązań [9]. Warunkiem niezbędnym do tego jest obecność w takim systemie możliwie dużej liczby transformatorów inteligentnych.

## 6. Bibliografia

- [1] Strzelecki R. *Ewolucja sieci zasilających wspierana rozwojem energoelektroniki – wyzwania, problemy i rozwiązania* (referat plenarny). Konferencja Naukowa SENE, Łódź, 2025.
- [2] Malinowski M. *Power electronics and hybrid transformers in distributed energy system – opportunities and challenges* (referat plenarny). Konferencja Naukowa SENE, Łódź, 2022.
- [3] Carreno A., Perez M., Baier C., Huang A., Rajendran S., Malinowski M. *Configurations, Power Topologies and Applications of Hybrid Distribution Transformer*. *Energies* 2021, 14, 1215, s. 1–35.
- [4] Marciel E. I., Baier C. R., Ramírez R. O., Muñoz C. A., Pérez M. A., Arevalo M. *Operation Assessment of a Hybrid Distribution Transformer Compensating for Voltage and Power Factor Using Predictive Control*. *MDPI Mathematics* 2024, 12, 774, s. 1–18.
- [5] Carreno A., Malinowski M., Perez M.A., Ding J. *Effects of Grid Voltage and Load Unbalances on the Efficiency of a Hybrid Distribution Transformer*. *IEEE Open Journal of the IES*, 2024, Vol. 5, s.1206–1220.
- [6] Costa L. F., De Carne G., Buticchi G., Liserre M. *The Smart Transformer: A solid-state transformer tailored to provide ancillary services to the distribution grid*. *IEEE Power Electronics Magazine*, Vol. 4–2, 2017, s. 56–67.
- [7] Phurailatpam C., Rajpurohit B. S., Pindoriya N.M. *Embracing Microgrids: Applications for Rural and Urban India*. <https://www.researchgate.net/publication/277022435>.
- [8] Monteiro V., Martins J. S., Fernandes J. C. A., Afonso J. L. *Review of a Disruptive Vision of Future Power Grids: A New Path Based on Hybrid AC/DC Grids and Solid-State Transformers*. *MDPI Sustainability* 2021, 13, 9423, s. 1–24.
- [9] Sheta A. N., Abdulsalam G. M., Sedhom B. E., Eladl A. A. *Comparative framework for AC-microgrid protection schemes: challenges, solutions, real applications, and future trend*. *Protection and Control of Modern Power Systems*, <https://doi.org/10.1186/s41601-023-00296-9>, 2023, s. 1–40.

# Praca magazynów energii w układach on-grid / off-grid w oparciu o doświadczenie zdobyte podczas wdrożeń

Krzysztof Kluszczyński  
dyrektor Biura Rozwoju Automatyki w Apator S.A.

Apator S.A. w ostatnich latach rozszerzył ofertę swoich rozwiązań w zakresie energetyki rozproszonej o systemy magazynowania energii. Kompleksowa oferta, od analizy potrzeb i udziału w ustaleniu i zdobyciu

odpowiednich pozwoleń, przez kompletny projekt, budowę magazynu, konfigurację oraz uruchomienie wraz z wymaganą dokumentacją odbioru, pozwala klientowi uzyskać produkt najlepiej dopasowany do warunków technicznych, potrzeb i możliwości finansowych, gwarantujących zwrot z inwestycji.

Wśród zapytań ofertowych i postępowaniach przetargowych przewija się wymóg pracy wyspowej magazynu lub możliwości przejścia z trybu wydzielonej sieci (*off-grid*) do sieci operatora (*on-grid*). Praca wyspowa



magazynu energii oznacza, że działa on niezależnie od sieci energetycznej (ang. *island mode operation, off-grid operation mode*), korzystając wyłącznie z własnego źródła energii, np. paneli fotowoltaicznych, turbin i agregatów, albo energii zgromadzonej w baterii. Jednak częściej układ, w jakim ma pracować system magazynowania energii to praca hybrydowa (*on/off-grid*), pozwalająca na czasowe odłączenie się od sieci (stworzenie sieci wydzielonej) i realizację przejścia między trybami pracy: z siecią (*on-grid*) do pracy wyspowej (*off-grid*) oraz z pracy wyspowej (*off-grid*) do pracy z siecią (*on-grid*).

Niezależne systemy energetyczne mają zastosowanie w obiektach specjalnego przeznaczenia i szpitalach, gdzie pełnią jednocześnie funkcję zasilania awaryjnego, tymczasowego, a także coraz częściej mobilnego. Obiekty niezależne energetyczne to często infrastruktura naukowo-badawcza, a także inwestycje budowlane prowadzone w miejscach pozbawionych infrastruktury energetycznej. Praca wyspowa znajduje zastosowanie w obszarach z infrastrukturą energetyczną niepozwalającą na odpowiednio duże moce przyłączeniowe, co ma miejsce nie tylko w przypadku obszarów przemysłowych, ale również w turystyce i hotelarstwie.

Kluczowe dla realizacji pracy wyspowej są funkcjonalności toru przetwarzania energii, przede wszystkim przekształtnika energoelektronicznego AC/DC. W pracy przekształtnika w magazynie energii standardowo wyróżnia się tryb pracy z siecią (*on-grid*), gdzie tor przetwarzania „podąża” za parametrami sieci OSD (*Grid-Following Mode* – GFL) oraz tryb pracy wyspowej (*off-grid*), gdzie przekształtnik „formuje” własną sieć i oddziałuje na sieć istniejącą (*Grid-Forming Mode* – GFM). Przekształtnik w trybie GFM tworzy napięcie (amplitudę i częstotliwość) niezależnie od sieci, dlatego może działać w trybie wyspowym, lub jako punkt odniesienia dla innych urządzeń. Tryb GFM charakteryzuje się wbudowanymi algorytmami, odwzorowującymi „zachowanie” rzeczywistej sieci o dużej dynamice regulacji, pozwalając na szybką reakcję na zmianę obciążenia, moment bezwładności i zmianę mocy. Podczas pracy autonomicznej na wydzielonej sieci przekształtnik powinien umożliwiać samodzielne uruchomienie (funkcja *black start*) oraz szybką komunikację z innymi systemami sterowania w celu ustalenia zgodnych parametrów sieci. W celu zapewnienia synchronizacji pracy w sieci, pracy autonomicznej i z innymi źródłami, przekształtnik powinien płynnie przejść pomiędzy trybem „podążania” za parametrami sieci (GFL) i „formowania” własnej sieci (GFM).

Aktualnie na rynku prosumenckim pojawiły się przekształtniki hybrydowe, które spełniają wymóg zgodności z NC RfG (*Network Code on Requirements for Generators*) oraz mają wbudowane algorytmy zarządzania energią. Są to jednak najczęściej przekształtniki jednokierunkowe, gdzie ładowanie baterii jest możliwe jedynie ze strony DC, „podbijając” energię z pracujących paneli fotowoltaicznych. Bardziej zaawansowane modele takich przekształtników mają możliwość przejścia do trybu pracy wyspowej, ale z przerwą beznapięciową. Nieliczne modele doposażone są w wydzielony obwód gwarantujący bezprzerwowe przejście w wyspowy tryb zasilania. Rozwiązanie takie jest bardzo atrakcyjne, lecz dedykowany obwód w trybie *off-grid* ma znaczne ograniczenie co do możliwości mocowych.

W przypadku większych inwestycji mocowych stosuje się przekształtniki dwukierunkowe pozwalające ładować i rozładować się z sieci i do sieci. Najbardziej niezawodnym rozwiązaniem charakteryzują się przekształtniki z dwoma stopniami przekształcania AC/DC i DC/AC, które pozwalają zasiląć wydzieloną sieć i gwarantują bezprzerwowe przejście do pracy wyspowej i z powrotem. Oddzielenie sieci energetycznej od odbiorów podwójnym stopniem przekształcania AC/DC pozwala oddzielić algorytmy sterowania dla sieci i odbiorów, które

w tym przypadku nie wymagają zgodności z NC RfG. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość integracji po stronie DC różnych technologii bateryjnych. Wadą jest konieczność doboru mocy przekształtników do mocy całej sieci wydzielonej oraz większe straty mocy wynikające z pracy dodatkowego sieciowego przekształtnika AC/DC. Wady opisanego rozwiązania składają się do stosowania bardziej popularnego, dwukierunkowego przekształtnika z jednym stopniem przekształcania, który nie wprowadza dodatkowych strat mocy i pozwala na większą możliwość skalowania rozwiązania. Podobnie jak przekształtnik dwustopniowy zapewnia bezprzerwowe przejście do pracy wyspowej, jednak w tym przypadku pojawia się dodatkowy wymóg skutecznej detekcji zaniku sieci i konieczność uzgodnienia warunków przyłączenia z operatorem. Posiada wbudowany zaawansowany algorytm sterowania w celu zmiany trybu pracy między GFL a GFM, utrzymując jednocześnie zgodność z NC RfG.

Podczas projektowania instalacji magazynowania energii należy dopilnować, czy wszystkie składowe urządzenia, pracujące bezpośrednio na sieć, spełniają wymogi zgodności z NC RfG. W przypadku magazynów energii, pracujących w układzie z możliwością przełączania pracy na wyspę, należy uwzględnić dodatkowo pełną kontrolę izolacji wytworzonej wyspy energetycznej od sieci OSD oraz prawidłową detekcję zaniku sieci „*on-grid*”. W tym celu należy dokonać odpowiednich uzgodnień z operatorem i otrzymać odpowiednie warunki przyłączenia. W przypadku pracy wyspowej należy zapewnić odpowiednio dużą krótkotrwałą przeciążalność przekształtników w celu stabilizacji sieci „*off-grid*” podczas dynamicznej zmiany obciążenia oraz w celu zagwarantowania prawidłowego pobudzenia się i zadziałania zabezpieczeń przeciążeniowych. W celu umożliwienia rozruchu wyspy w trybie „*black start*” wymagane są odpowiednio wysokie prądy rozruchowe. Ważna jest również właściwie przygotowana priorytetyzacja odbiorów i możliwość rekonfiguracji sieci wewnętrznej (doposażenie instalacji w rozłączniki i/lub wyłączniki nN). Dla poprawnej pracy trybu hybrydowego i momentu przejścia na wyspę i z powrotem wymagana powinna być centralna automatyka zarządzająca klasy EMS (*Energy Management System*). Dla stabilnej pracy systemu w trybie wyspowym należy przestrzegać warunku, aby suma znamionowych mocy odbiorników była mniejsza lub równa znamionowej mocy pracy magazynu i stabilnych źródeł wytwórczych. Niestabilne źródła wytwórcze traktujemy jako energię dla uzupełnienia pojemności magazynu oraz zasilania odbiorów, nad którymi mamy pełną kontrolę i możemy je w każdej chwili odpowiednio szybko odłączyć lub dołączyć.

Przygotowując się do wyboru systemu magazynowania energii, poza ceną i terminem dostawy należy zwrócić uwagę na kilka innych czynników, które mają ogromny wpływ na sukces i zadowolenie z inwestycji. Pierwszym z ważnych czynników jest lokalizacja produkcji, która ma znaczny wpływ na bezpieczeństwo i gwarancję dostawy, a w kolejnych etapach na dostępność części zamiennych, zasobów technicznych podczas wsparcia instalacji, uruchomienia, wdrożenia i późniejszego serwisu. W kolejnym kroku warto zwrócić uwagę na zagadnienia powiązane z ekologią, które mają wpływ na bezpieczne użytkowanie, ale również podczas demontażu i utylizacji części lub całego magazynu, gdzie należy przewidzieć łatwość bezpiecznej rozbiórki, odzysk surowców, składowanie niebezpiecznych elementów i koszty ich utylizacji. Równie ważne jest potwierdzenie wymaganej do zrealizowania funkcjonalności magazynu, której weryfikacja podczas instalacji i uruchamiania jest stanowczo za późna. Ważna jest również estetyka i sposób transportu, błędy i niedopatrzona trwale mogą wpłynąć na wizerunek inwestycji. Dodatkowo możliwość monitoringu parametrów krytycznych, sprawności i czas życia wpływa na trwałość i niezawodność rozwiązania.

# Monitoring jasności powierzchniowej nocnego nieba w Borach Tucholskich

dr hab. Mieczysław Kunz, prof. UMK  
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej  
UMK w Toruniu

Położone w Polsce Północnej Bory Tucholskie to wyjątkowy obszar pod różnymi względami, nie tylko przyrodniczymi czy krajobrazowymi, ale także kulturowymi i społecznymi. Z jednej strony to jeden z największych w Polsce kompleksów leśnych z licznymi jeziorami i rezerwatami przyrody oraz interdyscyplinarny poligon dla badaczy z wielu krajowych i międzynarodowych ośrodków naukowych, a z drugiej to modelowy obszar obrazujący harmonijne współistnienie człowieka i natury, podkreślone statusem światowego rezerwatu biosfery UNESCO. W czerwcu 2010 roku, na 22. sesji ICC Programu *Man and Biosphere* (MaB) odbywającej się w Paryżu, powołano po prawie trzech dekadach starań, Rezerwat Biosfery Bory Tucholskie (RBBT). Obiektów o takim statusie ochrony jest w Polsce tylko jedenaście, a RBBT jest największym z nich (o powierzchni prawie 3200 km<sup>2</sup>) i jednym z większych na świecie. Policentryczna struktura przestrzenna położonego na terenie dwóch województw: kujawsko-pomorskiego i pomorskiego rezerwatu biosfery obejmuje 22 gminy należące do czterech powiatów. Jego strefę centralną tworzy Park Narodowy „Bory Tucholskie” (PNBT) oraz 25 rezerwatów przyrody, strefę buforową głównie 4 parki krajobrazowe – Tucholski i Wdecki z województwa kujawsko-pomorskiego oraz Zaborski i Wdzydzki z województwa pomorskiego, a strefa tranzytowa to pozostały obszar zamieszkały charakteryzujący się zrównoważoną gospodarką i działalnością człowieka.

Zgodnie z wytycznymi Programu UNESCO MaB w strefie przede wszystkim buforowej powinno się prowadzić systematyczny monitoring wybranych elementów środowiska, a także stwarzać warunki dla rozwoju turystyki niskonakładowej oraz specjalistycznej, a także realizować ukierunkowane, wielotematyczne działania edukacyjne, informacyjne i promocyjne.

Z takim zamysłem rozpoczęto w Borach Tucholskich już w 2018 roku pierwsze badania nad zjawiskiem zanieczyszczenia światłem nocnego nieba, które były następnie systematycznie rozwijane. W ramach podjętych działań, początkowo wykorzystywano dane satelitarne i tematyczne, narzędzia GIS czy elementy modelowania geoprzestrzennego, następnie realizowano okresowe pomiary w ramach wyznaczonych transektów, aby docelowo założyć stanowiska do stałego monitoringu w oparciu o sieć pomiarową.

W celu realizacji monitoringu jasności powierzchniowej nocnego nieba na obszarze Rezerwatu Biosfery Bory Tucholskie, na początku marca 2025 roku podpisano porozumienie (rys. 1.) pomiędzy Uniwersytetem Mikołaja Kopernika w Toruniu a pięcioma parkami stanowiącymi jego strefę centralną (park narodowy) i buforową (cztery parki krajobrazowe).

W ramach podjętej inicjatywy, strony porozumienia zobowiązały się m.in. do umożliwienia systematycznego zbierania danych z urządzeń pomiarowych, ochrony stanowisk pomiarowych przed dostępem osób nieuprawnionych, promowania badań nad zanieczyszczeniem światłem nocnego nieba, edukacji i upowszechniania dobrych praktyk oraz wyników obserwacji.



Porozumienie w sprawie prowadzenia badań nad zjawiskiem zanieczyszczenia nieba światłem na obszarze Rezerwatu Biosfery Bory Tucholskie

Rys. 1. Fragment podpisanego porozumienia z logotypami stron

W okresie od kwietnia do czerwca 2025 roku zamontowano, na wysokości dwóch metrów n.p.t., właściwie oznaczone (rys. 2.), automatyczne rejestratory SQM (rys. 3a i 3b), które rozszerzają dotychczasową sieć monitoringu zjawiska Wydziału Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu oraz stanowią tło pomiarowe dla badań realizowanych na terenach zurbanizowanych.



Rys. 2. Tabliczka oznaczająca punkt monitoringu



Rys. 3. Przykładowy punkt monitoringu zlokalizowany w Klaninach (lewo) i Parku Narodowym „Bory Tucholskie” (prawo)

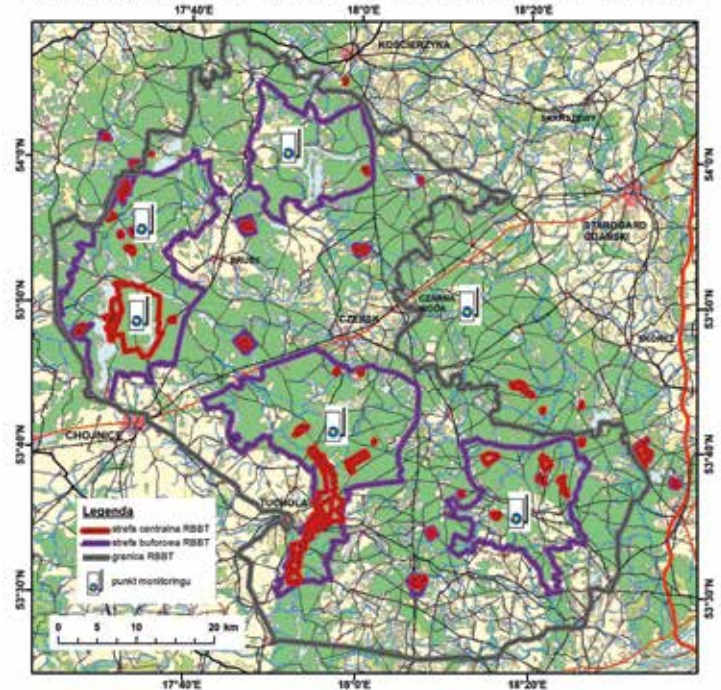
Stanowiska pomiarowe SQM w Borach Tucholskich rozmieszczono w następujących lokalizacjach (rys. 4.):

- Park Narodowy „Bory Tucholskie” – strefa wewnętrzna,
- Zaborski Park Krajobrazowy – osada leśna Peplin,
- Wdzydzki Park Krajobrazowy – osada leśna Wygoda,
- Wdecki Park Krajobrazowy – osada leśna Sobiny,
- Tucholski Park Krajobrazowy – Leśnictwo Plaskosz.

Dodatkowo, nieprzerwanie od lipca 2022 roku monitoring nocnego nieba realizowany jest także w osadzie leśnej Klaniny, na obszarze planowanym do powiększenia rezerwatu biosfery.

Pierwsze wyniki prowadzonego monitoringu jasności powierzchniowej nocnego nieba są bardzo obiecujące i widać różnice pomiędzy strefami miejskimi czy podmiejskimi a obszarami prawnie chronionymi

Monitoring zanieczyszczenia światłem na obszarze Rezerwatu Biosfery Bory Tucholskie



Rys. 4. Mapa rozkładu przestrzennego punktów monitoringu w Borach Tucholskich

oraz duży potencjał Borów Tucholskich do rozwijania astroturystyki, organizacji pikników astronomicznych, szkoleń czy spotkań miłośników astrofotografii, a także planowania interaktywnych form edukacji ekologicznej dotyczących zwłaszcza ekosystemów nocnych. Będzie to wyzwanie oraz szansa rozwoju Borów Tucholskich, w tym obszarów dotkniętych katastrofalną nawałnicą w sierpniu 2017 roku.

Dla pełnego zrozumienia uwarunkowań zmienności rozkładu przestrzennego nie zrezygnowano jednak z corocznych pomiarów intensywności zjawiska zanieczyszczenia światłem nocnego nieba opartych o trzynaście stanowisk stanowiących transekt pomiarowy.

# XVII Konferencja Naukowa „Sterowanie w energoelektronice i napędzie elektrycznym”

dr hab. inż. Jacek Kabziński, prof. uczelni  
przewodniczący KN i KO SENE  
Instytut Automatyki Politechniki Łódzkiej

XVII Konferencja Naukowa „Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym” (SENE 2025) odbyła się w dniach 26–28 listopada 2025 r. w Łodzi. Konferencja zgromadziła 107 uczestników reprezentujących wszystkie krajowe ośrodki naukowe zajmujące się energoelektroniką

oraz napędem elektrycznym, potwierdzając ogólnopolski i integracyjny charakter wydarzenia.

Celem konferencji była prezentacja aktualnych osiągnięć naukowych, wymiana doświadczeń oraz dyskusja nad kierunkami rozwoju sterowania w energoelektronice, napędach elektrycznych, automatyce i systemach mechatronicznych. Komitet Naukowy Konferencji SENE zakwalifikował do programu 54 referaty oraz 9 komunikatów, które były prezentowane i omawiane podczas sesji naukowych.

Uzupełnieniem programu naukowego konferencji były sesje specjalne, poświęcone wybranym, intensywnie rozwijanym obszarom badań. Pierwsza z nich, „Diagnostyka napędów elektrycznych: rola sztucznej



Rys. 1. Powitanie uczestników przez przewodniczącego komitetu organizacyjnego konferencji – dra hab. inż. Jacka Kabzińskiego prof. PŁ i władze uczelni. W pierwszym rzędzie od lewej siedzą: prorektor ds. nauki PŁ – prof. dr hab. inż. Łukasz Albrecht, dziekan WEEIA PŁ – dr hab. inż. Jacek Kucharski prof. PŁ oraz dyrektor IA PŁ – prof. dr hab. inż. Andrzej Bartoszewicz

inteligencji i strategii tolerancji uszkodzeń”, zorganizowana przez prof. Marcina Wolkiewicza, koncentrowała się na nowoczesnych metodach diagnostyki, wykorzystaniu algorytmów sztucznej inteligencji oraz podejściach zwiększających niezawodność układów napędowych. Sesja „Przełączniki energoelektroniczne wysokich częstotliwości”, przygotowana przez prof. Jacka Rąbkowskiego we współpracy z ośrodkiem badawczo-rozwojowym firmy TRUMPF Huettinger, dotyczyła zagadnień związanych z projektowaniem i sterowaniem przełączników pracujących w podwyższonych częstotliwościach oraz ich zastosowań.

Międzynarodowy charakter miała sesja „Advanced Control of Two-Mass Systems – Theory and Applications”, zorganizowana przez prof. Seiichiro Katsurę, prof. Krzysztofa Szabata oraz dr. Rafała Zawislaka, w ramach której omawiano zarówno aspekty teoretyczne, jak i praktyczne zastosowania zaawansowanych metod sterowania układami dwumasowymi.

Czwarta sesja specjalna, „Magazynowanie energii – badania, perspektywy i wyzwania”, zorganizowana przez profesorów: Dariusza Zielińskiego, Marka Jasińskiego oraz Wojciecha Jarzynę oraz Szymona Piaseckiego z firmy Apator, była poświęcona aktualnym kierunkom badań nad magazynowaniem energii, ich perspektywom rozwojowym oraz wyzwaniom technologicznym i systemowym. Sesje specjalne spotkały się z dużym zainteresowaniem uczestników i znacząco wzbogaciły merytoryczny charakter konferencji SENE 2025.

Istotnym elementem programu były wykłady plenarne, które spotkały się z dużym zainteresowaniem słuchaczy. Wykład pt. „Ewolucja sieci zasilających wspierana rozwojem energoelektroniki – wyzwania, problemy i rozwiązania” wygłosił profesor Ryszard Michał Strzelecki z Uniwersytetu Morskiego w Gdyni. Wystąpienie poświęcone było transformacji współczesnych sieci elektroenergetycznych oraz kluczowej roli energoelektroniki w integracji nowych źródeł energii i technologii.



Rys. 2. Wykład plenarny prof. Ryszarda Strzeleckiego w sali konferencyjnej ACS D PŁ „Zatoka Sportu”

Prof. Ming Cao z University of Groningen (Holandia) zaprezentował referat „Motion Coordination of Teams of Mobile Robots”, dotyczący koordynacji ruchu zespołów robotów mobilnych i sterowania rozproszonego. Natomiast Seiichiro Katsura, profesor Keio University (Japonia), przedstawił wykład „Motion-Copying System for Reproduction of Human Motions”, poświęcony systemom odwzorowania ruchów człowieka w robotyce i interakcji człowiek – maszyna.



Rys. 3. Wykład plenarny prof. Ming Cao w sali konferencyjnej ACSD PŁ „Zatoka Sportu”

Szczególnym i szeroko dyskutowanym punktem programu było wystąpienie prof. Andrzeja Bartoszewicza, członka Rady Doskonałości Naukowej (Dyscyplina automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne) na temat: „Postępowania awansowe w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne”. Wykład ten poruszał istotne kwestie związane z rozwojem kariery naukowej, procedurami awansowymi oraz aktualnymi wyzwaniami stojącymi przed środowiskiem akademickim, inicjując żywą i merytoryczną dyskusję.

Wystąpienie to uzupełniło zdalne wystąpienie prof. Rafała Stanisławskiego członka Komisji Ewaluacji Nauki niedawno powołanej przy Ministerstwie Edukacji i Nauki (MEN), przewodniczącego zespołu ds. wykazów wydawnictw, monografii naukowych oraz czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych, który omówił aktualne ustalenia tego zespołu na temat punktacji przyznawanych za prace naukowe.



Rys. 4. Zdalna relacja prof. Rafała Stanisławskiego w sali konferencyjnej Hotelu Ambasador dotycząca aktualnej działalności Komisji Ewaluacji Nauki MEN

Tradycyjnym i ważnym akcentem konferencji było wręczenie nagród młodym pracownikom naukowym za najlepsze referaty. Do konkursu wytypowano 10 samodzielnych prac młodych badaczy, których wysoki poziom merytoryczny podkreślił potencjał nowego pokolenia naukowców oraz znaczenie konferencji SENE jako platformy wspierającej ich rozwój.

Komitet naukowy postanowił, że główna nagroda SENE, przyznawana młodemu autorowi w porozumieniu z Polską Sekcją IEEE będzie nosiła imię prof. Romana Barlika, który zmarł w roku 2025. Prof. Roman Barlik był związany z konferencją od jej powstania. Był osobą niezwykle cenioną w naszym środowisku nie tylko ze względu na wybitny dorobek naukowy i działalność organizacyjną, ale także z powodu niezwyklejch przymiotów charakteru.

Nagrodę w roku 2025 otrzymał **mgr inż. Robert Surus z UMK w Toruniu** za pracę „Zaawansowane sterowanie predykcyjne o skróczonym zestawie sterowań momentem obrotowym synchronicznego silnika reluktancyjnego”. Nagroda została wręczona przez przewodniczącego Zarządu Polskiej Sekcji IEEE prof. Marka Jasińskiego oraz dra Adama Milczarka, przewodniczącego polskiego oddziału Power Electronics Society PES-35, Industrial Electronics Society IEL-13 – fundatora nagrody.

Kolejne nagrody, ufundowane przez Łódzki Oddział SEP, otrzymali:

1. **mgr inż. Oliwia Frankiewicz z Politechniki Wrocławskiej** za pracę „Analiza porównawcza symptomów zwarć zwojowych w silnikach prądu przemiennego z wykorzystaniem wskaźników statystycznych i sieci głębokich”;

2. **mgr inż. Janusz Szewczyk z MMB Drives Sp. z o.o.** za pracę „Sterowanie aktywnym filtrem harmonicznych w przemysłowych sieciach średniego napięcia”;

3. **mgr inż. Grzegorz Kaczmarczyk z Politechniki Wrocławskiej** za pracę „Badania eksperymentalne hybrydowego regulatora prędkości ADRC-RBFNN zastosowanego dla napędu elektrycznego z połączeniem sprzężystym”.

W trakcie konferencji przyznano medal i wyróżnienia Łódzkiego Oddziału PTETIS za „Osiągnięcie w obszarze elektrotechniki teoretycznej o dużym potencjale aplikacyjnym”. W 2025 roku decyzją komisji konkursowej przyznano pierwszą nagrodę i dwa wyróżnienia. Pierwszą nagrodę otrzymali: **dr Shirin Askari i prof. dr hab. inż. Jacek Rąbkowski z Politechniki Warszawskiej**, autorzy referatu pt. „Advanced Medium-Voltage Resonant Converter with Fixed-Frequency Operation for Bidirectional EV Battery Charger”. Dwa równorzędne wyróżnienia otrzymali: **mgr inż. Bogdan Fabiański i dr hab. inż. Tomasz Pajchrowski z Politechniki Poznańskiej**, autorzy referatu pt. „Analiza zakłóceń przewodowych i dobór parametrów filtra EMC dla mostka asymetrycznego napędu przekształtnikowego” oraz **dr inż. Bartłomiej Wicher i dr hab. inż. Stefan Brock, prof. uczelni również z Politechniki Poznańskiej** autorzy referatów pt. „Sterowanie ruchem serwonapędu z ramieniem elastycznym” oraz „Identyfikacja parametrów serwonapędu z ramieniem elastycznym”.

W trakcie konferencji odbyło się spotkanie Sekcji Energoelektroniki i Napędu Elektrycznego Komitetu Elektrotechniki PAN.

XVII edycja konferencji SENE potwierdziła jej ugruntowaną pozycję jako jednego z najważniejszych cyklicznych wydarzeń naukowych w Polsce w obszarze energoelektroniki, napędów elektrycznych i sterowania, sprzyjającego integracji środowiska, wymianie wiedzy oraz inicjowaniu dalszej współpracy naukowej i wdrożeniowej.

SENE jest konferencją cykliczną, a jej strona internetowa <https://sene.p.lodz.pl/> funkcjonuje nieprzerwanie. Są na niej dostępne informacje o odbytych konferencjach i anonsie przyszłych wydarzeń.

# Stefan Koszorek (1940–2026)

Stefan Koszorek urodził się w dniu 17 grudnia 1940 r. w Koźmierzycach, gdzie ukończył Technikum Mechaniczne. Po zdaniu matury i zdaniu egzaminu wstępnego, rozpoczął naukę na Politechnice Gdańskiej na Wydziale Łączności, którą ukończył w 1961 r., uzyskując tytuł magistra inżyniera telekomunikacji. Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę w Okręgowym Laboratorium Telekomunikacji w Łodzi, gdzie pracował do 1982 r.

W latach 1982–1987 pełnił funkcję dyrektora w Okręgowych Warsztatach Telekomunikacji w Łodzi. Następnie został delegowany do pracy w Sekcji Radiokomunikacji Dyrekcji Okręgu Telekomunikacji w Łodzi, gdzie pracował aż do przejścia na emeryturę w 2005 r.

Pracę zawodową z powodzeniem łączył z pracą nauczyciela przedmiotów zawodowych w Technikum Łączności w Łodzi, gdzie spod jego ręki wyszło wielu fachowców, którzy mieli ogromny wpływ na rozwój telekomunikacji w Łodzi i województwie. Podczas pracy w jednostkach telekomunikacji czynnie uczestniczył w ruchu racjonalizatorskim. Ogólnie złożył sam i w zespołach 20 projektów racjonalizatorskich. Za tę działalność otrzymał w 1978 r. Odznakę Racjonalizatora Produkcji.

W czasie pracy zawodowej został odznaczony Srebrną i Złotą Odznaką Zasłużony Pracownik Łączności, Złotym, Srebrnym i Brązowym Krzyżem Zasługi oraz Honorową Odznaką Miasta Łodzi.

Był wielkim pasjonatem podróży, kajakarstwa oraz posiadał dużą kolekcję starych i nowych monet.

Do Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich wstąpił w 1966 r.

Jako aktywny działacz społeczny pełnił następujące funkcje:

- od 1966 r. – sekretarz kolegium Sekcji Telekomunikacji,
- 1970–1983 – przewodniczący Koła Sekcji Telekomunikacji,
- 1981–1993 – sekretarz Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP,
- 1997–2000 – członek Zarządu Głównego SEP,
- 1982 – członek Komitetu Organizacyjnego Kongresu Techników Polskich,
- 2006–2018 – przewodniczący Komisji ds. Kroniki i Informacji Stowarzyszeniowej,
- 2006–2018 – członek Centralnej Komisji Historycznej,
- 2006–2014 – członek Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP,
- 2014–2018 – członek Sądu Koleżeńskiego Oddziału Łódzkiego SEP.

Po wstąpieniu do SEP w 1966 r. należał do Sekcji Telekomunikacyjnej przy Zarządzie Oddziału Łódzkiego SEP. Sekcja ta opierała się na kołach przy jednostkach telekomunikacyjnych i władzach wojskowych ze Zgierza, Sieradza i Łasku. Podczas pełnienia funkcji przewodniczącego zorganizował siedem krajowych konferencji naukowo-technicznych na tematy aktualne dla środowiska telekomunikacyjnego. Sekcja zorganizowała wówczas również na terenie NOT w Łodzi pięć wystaw sprzętu telekomunikacyjnego.



Kol. Stefan Koszorek uczestniczył w przygotowaniu wydawnictw z okazji 60-lecia, 70-lecia, 85-lecia i 90-lecia Oddziału. Działal także w różnych agendach NOT w Łodzi: w zespole ds. realizacji wniosków, Komisji Historycznej przy Radzie Wojewódzkiej NOT w Łodzi.

Był członkiem Komitetu Organizacyjnego Kongresu Techników Polskich w 1982 r. w Łodzi odpowiedzialnym za zapewnienie łączności dla kongresu.

Za swoją działalność stowarzyszeniową został wyróżniony m.in. Godnością Zasłużonego Seniora SEP, Szaflirówką, Złotą i Srebrną Odznaką Honorową SEP, Złotą i Srebrną Odznaką Honorową NOT, Medalem im. Inżyniera Kazimierza Szpotańskiego (2002), Medalem im. Profesora Mieczysława Pożaryskiego (1979), Medalem im. Profesora Janusza Groszkowskiego (1999); Medalem im. inż. Kazimierza Szpotańskiego (2002), Medalem im. Profesora Stanisława Fryzego (2004), Medalem 90-lecia SEP (2009), Medale im. prof. Jana Obrąpalskiego (2013).

*Jego uczeń, podwładny i przyjaciel  
Ryszard Bakura*

# Marek Lech Kacprzak (1938–2026)

Wiem jak istotne dla mojego dziadka było Państwa Stowarzyszenie. Spotkania z Wami były dla Niego wielką tradycją. W ostatnich latach życia, nie bójmy się tego stwierdzenia, były dla Niego zbawienne. Mobilizował w tym dniu wszystkie swoje siły. Piknik na który go zabrałem pozostał na długo w jego pamięci. Cudownie było obserwować jak pełen sił i radości był podczas tego spotkania. Noszę ogromną wdzięczność dla Państwa zaangażowania i poświęcenia wtedy uwagi mojemu Dziadkowi. Wiele znanych twarzy wówczas zobaczył i o każdej z nich miał coś dobrego do powiedzenia. Jego wielka sympatia do Pani Ani była rozczulająca. Spędził wtedy czas wśród „swoich”, a takich już niewiele wtedy zostało, bo już od kilku lat Jego liczni przyjaciele odchodzili i On to przyjmował spokojnie, ale odczuwałem zawsze jaki smutek temu towarzyszył. Nie udało mi się go namówić na rzut tranzystorem (jeżeli dobrze pamiętam to był to tranzystor elektryczny pokaźnych rozmiarów – niestety nie znam się, dziadek by wiedział), ale obserwowaliśmy to z przyjemnością. Dziadek odszedł spokojnie, choć ostatnie miesiące były dla niego bardzo trud-



ne tym bardziej cieszymy się z rodziną, że mogliśmy mu towarzyszyć do końca w tym trudnym czasie.

Państwa wsparcie i niespodziewana reakcja wiele dla nas znaczą. Dziadek nawet w ostatnich dwóch tygodniach życia wspominał o stowarzyszeniu i poświęcił Państwu część swojego zamięłowania do żartobliwych karykatur, którymi potrafił rozśmieszyć najbliższych. Ogromną radość przyniosła mu informacja, że interesuje państwa Jego stan zdrowia.

Wiem, że w Jego imieniu mogę Wam Przyjaciele życzyć wszystkiego co najlepsze.

*Patryk Pietrzak  
wnuk Lecha Marka Kacprzaka*

*Od Redakcji*

Za wieloletnią pracę społeczną kol. Marek Lech Kacprzak został uhonorowany Złotą i Srebrną Odznaką Honorową SEP oraz Medalem im. prof. Mieczysława Pożaryskiego i Medalem im. prof. Eugeniusza Jezierskiego.

# Ryszard Zankowski (1959–2026)

14 lutego 2026 roku odszedł śp. Ryszard Zankowski – wieloletni, aktywny członek Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich, zasłużony dla środowiska elektryków oraz edukacji zawodowej.

Był absolwentem Wydziału Elektrycznego Politechniki Łódzkiej. Swoją wiedzę rozwijał poprzez studia podyplomowe oraz liczne kursy specjalistyczne. Przez wiele lat pracował jako nauczyciel przedmiotów zawodowych z zakresu elektryki i mechatroniki w łódzkich szkołach, kształcąc kolejne pokolenia młodych specjalistów. Był także pracownikiem Łódzkiego Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego oraz współpracownikiem Centralnej Komisji Egzaminacyjnej i Okręgowej Komisji Egzaminacyjnej w Łodzi – autorem arkuszy egzaminacyjnych i egzaminatorem. Wniósł znaczący wkład w rozwój systemu egzaminów zawodowych.

Kol. Ryszard Zankowski angażował się w działalność na rzecz młodzieży, m.in. poprzez wieloletnią organizację konkursu technicznego „Najlepsza praca modelowo-konstrukcyjna”, inspirując uczniów do rozwoju i podejmowania ambitnych wyzwań.

Za swoją działalność został uhonorowany Srebrną Odznaką Honorową SEP, Medalem im. prof. Janusza Groszkowskiego oraz Medalem im. Prof. Mieczysława Pożaryskiego.

Pomimo przejścia na emeryturę w 2024 roku, pozostawał aktywny zawodowo i społecznie, dzieląc się wiedzą i doświadczeniem.

*Rysiu Zankowski – tak zapamiętamy Go w naszym środowisku.*

Odszedł Człowiek wielkiego serca — ktoś, o kim mówi się nie tylko dobrze, ale mówi się z czułością. Ktoś, kogo nie da się zamknąć w kilku

słowach, bo jego obecność wypełniała życie tak wielu ludzi. Zostawił po sobie coś więcej niż wspomnienia – zostawił dobro, które trwa w innych.

Był wybitnym nauczycielem – takim, którego pamięta się nie tylko za przekazaną wiedzę, ale przede wszystkim za serce, cierpliwość i umiejętność dostrzegania w młodych ludziach tego, co najlepsze. Inspirował, motywował i prowadził, pozostawiając trwały ślad w sercach swoich uczniów. Wierzył w nich – często bardziej niż oni sami w siebie. Potrafił dostrzegać potencjał tam, gdzie inni widzieli jedynie trudności. Organizując przez wiele lat konkurs techniczny „Najlepsza praca modelowo-konstrukcyjna”, zachęcał młodzież do podejmowania ambitnych wyzwań i rozwijania pasji. Dla wielu stał się przewodnikiem i wzorem.

Był także wiernym i niezastąpionym przyjacielem – obecnym nie tylko w chwilach radości, ale przede wszystkim wtedy, gdy najbardziej potrzeba było wsparcia. Spokojny, życzliwy i zawsze gotowy do pomocy – nigdy nie odmawiał swojego czasu ani serca.

Z oddaniem opiekował się swoimi rodzicami, zapewniając im przez lata troskę, bezpieczeństwo i godność każdego dnia.

Pozostanie w naszej pamięci jako człowiek niezwykle zaangażowany w życie innych – oddany rodzinie, młodzieży i przyjaciołom. Człowiek dobry, mądry i prawdziwy.

Jego odejście pozostawiło pustkę, której nie sposób łatwo wypełnić, ale także głęboką wdzięczność za to, że mogliśmy go znać i być częścią jego życia. Pozostawił po sobie dobro, które nie przemija.



Tacy ludzie odchodzą, lecz pozostają: w sercach, wspomnieniach i w wartościach, które po sobie zostawili.

*Barbara Kapruziak  
Grzegorz Lis*

## Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP

Anna Grabiszewska  
Oddział Łódzki SEP

W dniu 12 grudnia 2025 r. odbyło się tradycyjne spotkanie wigilijne członków i sympatyków Oddziału Łódzkiego SEP, z udziałem zaproszonych gości. W spotkaniu uczestniczyło około 100 osób.

Otwierając zebranie prezes Oddziału Łódzkiego SEP Przemysław Tabaka powitał przybyłych: w tym prezesa SEP Sławomira Cieślika. Przywitał obecnych na sali przedstawicieli łódzkiego przemysłu i członków wspierających oraz łódzkich instytucji: prodziekanów Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ Łukasza Szymańskiego, Ewę Korzeniewską i Tomasza Piotrowskiego, prezesa ZREW Transformatory S.A. Grzegorza Sołtysiaka, dyrektora handlowego, członka Zarządu ZREW Transformatory S.A. Marcina Błaszczyka, prezesa Łódzkiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT Adama Rylskiego, przewodniczącego Łódzkiej Izby Inżynierów Budownictwa Jacka Szera, dyrektor Łódzkiego Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego Agnieszkę Ochmańską. Powitani zostali również: prezesi zaprzyjaźnionych oddziałów SEP: prezes Oddziału Sieradzkiego SEP

Andrzej Nieborak wraz z małżonką, prezes Oddziału Kaliskiego SEP Tadeusz Malchrzycki, dyrektorzy instytutów i kierownicy i katedr Politechniki Łódzkiej, członkowie Zarządu OŁ, Komisji Rewizyjnej i Sądu Koleżeńskiego oraz pozostali goście.



*Wręczenie Szafirowej Odznaki Honorowej SEP. Od lewej: Sławomir Cieślik, Czesław Maślanka, Przemysław Tabaka*



Sprawozdanie z działalności Oddziału w 2025 roku przedstawił prezes Oddziału Przemysław Tabaka. Towarzyszyła temu ilustrowana zdjęciami prezentacja multimedialna, ukazująca główne kierunki działalności OŁ SEP oraz najważniejsze wydarzenia statutowe i integracyjne 2025 roku. Należały do nich m.in.: Bal Elektryka (luty 2025), zawody okręgowe Olimpiad EUROELEKTRA, ELEKTROMECHATRON I POLTELEINFO (marzec 2025), V Forum Pracodawców (kwiecień 2025) seminarium wyjazdowe do Portugalii pn.: „Energetyka Odnawialna i Jądrowa” (maj 2025), piknik z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka (czerwiec 2025), uroczyste otwarcie nowej siedziby Oddziału (wrzesień 2025), Tydzień Elektryka (październik 2025), szkolenie dla członków komisji kwalifikacyjnych powołanych przy Oddziale Łódzkim SEP (październik 2025), spotkania z cyklu WIECZORKI Z ELEKTRYKĄ. Zaprezentowano również liczne inicjatywy organizowane przez poszczególne koła i sekcje, zarejestrowane przy Oddziale Łódzkim, dla wszystkich członków i sympatyków SEP.

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

skierowanych do studentów (najlepsza praca dyplomowa magisterska i inżynierska) oraz do młodzieży szkół ponadpodstawowych, z którymi Oddział ściśle współpracuje.

W części oficjalnej prezes SEP Sławomir Cieślak, prezes OŁ SEP Przemysław Tabaka wręczyli, nadane przez ZG SEP, ZOŁ SEP w 2025 roku odznaczenia i medale członkom OŁ SEP:

- Szafirową Odznakę Honorową SEP otrzymali: Urszula Kupis, Czesław Maślanka,
- Złotą Odznakę Honorową SEP otrzymał Andrzej Gorzkiewicz,
- Srebrną Odznakę Honorową SEP otrzymali: Ryszard Bakura, Jakub Gałęski, Krzysztof Kwiatosiński, Mariola Rynkiewicz, Przemysław Urbanek,
- Medal im. prof. Janusza Pożaryskiego otrzymali: Andrzej Gabara, Piotr Kajak, Stanisław Żyto,
- Medal im. inż. Michała Doliwo-Dobrowolskiego otrzymał: Arkadiusz Wielgórski,
- Medal za ZASŁUGI DLA ODDZIAŁU ŁÓDZKIEGO SEP otrzymali: Wiesław Kmin, Waław Niewolański, Adam Pawełczyk, Przemysław Tabaka, Eugeniusz Trajdos,
- Diamentową Odznakę Honorową NOT otrzymali: Stanisław Burda i Henryk Małasiński,
- Złotą Odznakę Honorową NOT otrzymała: Krystyna Sitek,
- Srebrną Odznakę Honorową NOT otrzymał: Henryk Więckowski.



Wręczenie ZŁOTEGO PIÓRA OŁ. Od lewej: Anna Grabiszewska, Józef Wiśniewski, Paweł Gąsiorowicz

Podczas spotkania wręczono również „Złote Pióro OŁ SEP” za aktywny, merytoryczny oraz publicystyczno–dziennikarski wkład pracy w redagowanie Biuletynu Techniczno-Informacyjnego Oddziału Łódzkiego SEP. „Pióro”, wręczone przez Józefa Wiśniewskiego, przewodniczącego Kapituły oraz Annę Grabiszewską, sekretarz Kapituły, w 2025 otrzymał: Paweł Gąsiorowicz, prezes Koła SEP przy ARTMATIC.

Podczas spotkania oficjalnie ogłoszono wyniki konkursu o „Stypendium Oddziału Łódzkiego SEP im. Lecha Grzelaka”. Decyzją Zarządu Funduszu laureatem konkursu w 2025 roku został Jakub Malinowski – student Politechniki Łódzkiej, prezes Studenckiego Koła SEP przy PŁ im. prof. Michała Jabłońskiego. Okolicznościowy dyplom wręczyła Anna Grabiszewska, przewodnicząca Zarządu Funduszu Stypendialnego.



Uroczystość wręczenia stypendium Oddziału Łódzkiego SEP im. Lecha Grzelaka. Od lewej: Anna Grabiszewska, Jakub Malinowski



Występ chóru

Druga, już nieoficjalna część wieczoru, w świątecznej atmosferze przebiegała podczas kolacji wigilijnej. Po ponad rocznej przerwie wszyscy byli spragnieni osobistego kontaktu, rozmów, wymiany myśli i doświadczeń, a przede wszystkim zwykłej ludzkiej życzliwości i ciepła. Oby tylko zostały one na dłużej, a nie tylko na ten jeden dzień.

Foto: Archiwum Oddziału Łódzkiego

Spotkanie uświetnił koncert kolęd i piosenek świątecznych w wykonaniu Chłopięcego Chóru Kameralnego „Chcemy Śpiewać”.

## Budujemy fabrykę transformatorów mocy... ...i rekrutujemy.

### DOŁĄCZ DO NASZEGO ZESPOŁU!



Poczuj moc  
wysokich  
napięć!

#### ZREW Transformatory S.A.

Jesteśmy łódzką firmą obecną na rynku energetycznym od 70 lat. Główny zakres działalności ZREW to produkcja, serwis i pełna diagnostyka olejowych transformatorów o mocach do 160 MVA i napięciu do 220 kV.

Transformatory mocy przez nas produkowane dostarczane są do sieci dystrybucyjnych, na potrzeby pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (farmy wiatrowe i słoneczne, elektrownie wodne), dla elektrowni konwencjonalnych i elektrociepłowni oraz zastosowań przemysłowych – w tym aplikacji związanych z transportem kolejowym.

ZREW Transformatory jest częścią szwajcarskiej R&S Group notowanej na giełdzie w Zurychu.

#### Nasza MOC:

**Ugruntowana pozycja:**  
Wspieramy energetykę od 70 lat.

**Globalny zasięg:**  
Jesteśmy dumnym członkiem R&S International Holding.

**Investycja w przyszłość:**  
Budujemy nową fabrykę w Łodzi – otwarcie już w 2026 roku!

ZREW Transformatory S.A.  
ul. Rokicińska 144, 92-412 Łódź  
tel. 42 671 86 00  
transformatory@zrew-tr.pl

Więcej o ZREW:  
[www.the-rsgroup.com](http://www.the-rsgroup.com)



Zmień napięcie na pozytywne – buduj z nami transformatory mocy!



W naszym zespole możesz między innymi:

- **Projektować zaawansowane maszyny elektryczne** – od koncepcji mechanicznej po układy elektryczne.
- **Optymalizować procesy i wdrażać nowoczesne technologie** na liniach wytwórczych.
- **Czuwać nad najwyższymi standardami**, przeprowadzając analizy techniczne i certyfikację produktów.
- **Budować relacje z dostawcami** z całego świata i dbać o zaplecze komponentów technicznych.
- **Doradzać kluczowym partnerom biznesowym**, tworząc dla nich dedykowane oferty techniczne.
- **Rozwiązywać wyzwania techniczne** bezpośrednio u klientów oraz podczas prac w terenie.
- **Zarządzać łańcuchem dostaw** i precyzyjnie planować harmonogramy produkcji.
- **Wspierać kluczowe procesy biznesowe** i dbać o rozwój kultury naszej organizacji.

**Zacznij karierę tam, gdzie teoria spotyka się z wielką mocą.**

Znajdź swoje miejsce w naszym zespole:

- **Staż/Praktyki studenckie**  
Rozpocznij przygodę z inżynierią bez rezygnowania z planu zajęć na PŁ.
- **Stałe zatrudnienie**  
Buduj z nami przyszłość branży w ramach stabilnego etatu i jasnych warunków.

Prześlij CV: [rekrutacja@zrew-tr.pl](mailto:rekrutacja@zrew-tr.pl)



Więcej o aktualnie trwających rekrutacjach:  
<https://the-rsgroup.com/pl/zrew-kariera>

# Walne Zgromadzenie Oddziału Łódzkiego SEP 25 lutego 2026 r.

Anna Grabiszewska  
Oddział Łódzki SEP

W listopadzie 2025 r. rozpoczęła się kampania sprawozdawczo-wyborcza w SEP, związana z zakończeniem czteroletniej kadencji władz wszystkich szczebli.

Do 31 stycznia 2026 r. odbyło zebrania sprawozdawczo-wyborcze w naszym Oddziale w kołach i sekcjach. Prezesami kół na nową kadencję zostali wybrani:

- Koło Terenowe nr 1 – kol. Krzysztof Kwiatosiński,
- Koło Terenowe nr 2 – kol. Jakub Gałęski,
- Koło SEP przy Veolia Energia Łódź S.A. – kol. Anna Grabiszewska,
- Koło SEP przy PGE Dystrybucja S.A. Oddział Łódź – kol. Marek Makowski,
- Koło SEP Pracowników Politechniki Łódzkiej – kol. Dariusz Hantsz,
- Koło Seniorów im. inż. Zbigniewa Kopczyńskiego – kol. Zdzisław Parka,
- Międzyszkolne Koło Pedagogiczne SEP – kol. Agata Borowska-Jocz,
- Koło SEP przy ARTMATIC – kol. Paweł Gąsiorowicz,
- Studenckie Koło SEP im. prof. Michała Jabłońskiego – kol. Jakub Malinowski,
- Koło SEP przy ELEKTROMONTER Sp. z o.o. – kol. Sebastian Lech.

Przewodniczącym Centralnej Sekcji Energetyki Odnawialnej i Ochrony Środowiska został wybrany ponownie kol. Andrzej Wędzik, a Sekcji Instalacji i Urządzeń Elektrycznych kol. Przemysław Urbanek.

W dniu 25 lutego 2026 r. o godzinie 16:30 w sali kongresowej Domu Technika odbyło się Walne Zgromadzenie Oddziału Łódzkiego SEP. WZO, jako statutowa najwyższa władza oddziału, podsumowało działalność w minionych czterech latach, dokonało wyboru władz na kolejną kadencję oraz nakreśliło program działalności na kolejne lata.

W imieniu Zarządu przybyłych gości i członków OŁ SEP przywitał prezes Przemysław Tabaka. Wśród przybyłych gości byli: prezes ŁRFSNT-NOT Adam Ryłski, członkowie ustępującego Zarządu, Komisji Rewizyjnej i Sądu Koleżeńskiego, zasłużeni seniorzy i delegaci na Zgromadzenie – przedstawiciele kół działających w minionej kadencji. Zgromadzenie rozpoczęło się od wprowadzenia sztandaru Oddziału Łódzkiego SEP.

Pamiętając o tych, których nie ma już wśród nas, prezes Przemysław Tabaka odczytał listę zmarłych członków OŁ SEP w latach 2022–2026. Pamięć o Nich uczczono minutą ciszy.

W dalszej części zgromadzenia, któremu przewodniczył wybrany wcześniej kol. Artur Szczęsny, delegaci i goście mieli okazję wysłuchać sprawozdań z działalności: Komisji Rewizyjnej i Sądu Koleżeńskiego w kadencji 2022–2026. Sprawozdanie z działalności Zarządu zostało dostarczone delegatom wraz z zaproszeniem.

Podsumowano czteroletnią działalność Oddziału. Sytuacja finansowa Stowarzyszenia w ocenianym okresie była stabilna i pozwalała na bieżącą



Delegaci i zaproszeni goście podczas obrad

realizację zadań. Gospodarka finansowa prowadzona była w sposób przejrzysty i zgodny z obowiązującymi przepisami oraz statutem.

Walne Zgromadzenie Oddziału w przeprowadzonym głosowaniu zatwierdziło regulaminy: Walnego Zgromadzenia Oddziału, Obrad WZO, Zarządu oraz Komisji Rewizyjnej, które będą obowiązujące w nowej kadencji.



Wiceprezes SEP Jan Musiał

Po złożeniu sprawozdań nadszedł czas na wystąpienia gości.

W imieniu Zarządu Głównego SEP głos zabrał kol. Jan Musiał – wiceprezes SEP, Członek Honorowy SEP. W imieniu Łódzkiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT głos zabrał prezes Adam Ryński, który podziękował za zaproszenie oraz pogratulował dynamicznego rozwoju Oddziału Łódzkiego SEP, Oddziału, który skutecznie potrafi łączyć działalność stowarzyszeniową i gospodarczą.

Po wystąpieniach gości, nadszedł czas na wręczenie odznaczeń, medali i wyróżnień stowarzyszeniowych zasłużonym członkom Oddziału.

Odnaczenia wręczył prezes Oddziału Łódzkiego SEP Przemysław Tabaka wraz z wiceprezesem SEP Janem Musiałem.

- Szafirową Odznakę Honorową SEP otrzymali kol. Małgorzata Höffner, kol. Władysław Szymczyk, kol. Włodzimierz Sawczuk,
- Srebrną Odznakę Honorową SEP otrzymał kol. Ryszard Bakura,
- Medal ZA ZASŁUGI DLA ODDZIAŁU ŁÓDZKIEGO SEP otrzymała kol. Ewa Potańska.

Podczas obrad pracowały również Komisje: Mandatowa, Uchwał i Wniosków, Wyborcza oraz Skrutacyjna, która czuwała nad prawidłowym przebiegiem głosowań.



Wręczenie Szafirowej Odznaki Honorowej SEP. Od lewej: Artur Szczęśny, Przemysław Tabaka, Małgorzata Höffner, Włodzimierz Sawczuk, Władysław Szymczyk, Jan Musiał



Wręczenie Medalu ZA ZASŁUGI DLA ODDZIAŁU ŁÓDZKIEGO SEP. Od lewej: Przemysław Tabaka, Ewa Potańska, Jan Musiał

W głosowaniu tajnym delegaci wybrali władze Oddziału na kadencję 2026–2030. Na funkcję prezesa Oddziału kandydował kol. Piotr Borkowski i kol. Przemysław Tabaka.

**Prezesem Oddziału został kol. Piotr Borkowski.**

## I. Wybrano Zarząd Oddziału w składzie:

1. Karol Adamiak
2. Agata Borowska-Jocz
3. Paweł Borowski
4. Alan Florczak
5. Jakub Gałęski
6. Andrzej Gorzkiewicz
7. Dariusz Hantsz
8. Anna Grabiszewska
9. Ewa Potańska
10. Artur Szczęśny
11. Władysław Szymczyk
12. Przemysław Urbanek
13. Jakub Staniewski
14. Przemysław Tabaka
15. Natalia Woźniak

## II. Wybrano Komisję Rewizyjną, która ukonstytuowała się następująco:

1. Marek Nagański – przewodniczący
2. Adam Pawełczyk – zastępca przewodniczącego
3. Maria Walczak – sekretarz
4. Ryszard Bakura – członek
5. Mieszko Wybor – członek

## III. Wybrano Sąd Koleżeński, który ukonstytuował się następująco:

1. Janusz Jabłoński – przewodniczący
2. Sabina Domaradzka – zastępca przewodniczącego
3. Zdzisław Parka – sekretarz
4. Patryk Cekus – członek
5. Paweł Mokrosiński – członek

**IV. Delegatami Oddziału na XLI Walny Zjazd Delegatów SEP**, który odbędzie się we Wrocławiu w dniach 11 – 13 czerwca 2026 r. w głosowaniu tajnym zostali wybrani:

1. Jerzy Bogacz,
2. Karol Adamiak,
3. Władysław Szymczyk,
4. Małgorzata Höffner.

Delegatem jest również prezes Oddziału Piotr Borkowski oraz na pełnoprawnych zasadach delegata Członek Honorowy SEP kol. Andrzej Boroń.

Przed wybranym na kadencję 2026–2030 Zarządem stoją nowe przedsięwzięcia, cele oraz wyzwania, które niesie ze sobą nadchodząca przyszłość, ale również starania o utrzymanie wypracowanej dotychczas pozycji zarówno w sferze statutowej, jak i gospodarczej. Przewiduje się: dalszą współpracę z władzami Łodzi i województwa w kierunku przybliżenia SEP-u społeczności naszego miasta, zagadnień związanych z energią, elektryką, telekomunikacją czy informatyką oraz pogłębienie współpracy ze szkołami wyższymi i szkolnictwem średniego szczebla. Szczególnym priorytetem będzie współpraca z młodzieżą, bez której

nie można sobie wyobrazić przyszłości Stowarzyszenia. Zakres działań Oddziału będzie obejmował również dalszą integrację środowiska elektryków i współpracę z innymi stowarzyszeniami.

Zarząd będzie dążył do budowania otwartej i aktywnej społeczności, zachęcając członków do zaangażowania w działania Stowarzyszenia. Wzrost aktywności członków oraz ich udział w inicjatywach stanowi istotny kapitał na przyszłość.

W dniu 27 lutego 2026 r. odbyło się pierwsze zebranie Zarządu, na którym między innymi zatwierdzono skład Prezydium. I tak w kadencji 2026–2030 Prezydium będzie działać w składzie:

Piotr Borkowski	– prezes,
Władysław Szymczyk	– wiceprezes ds. finansowych – skarbnik,
Karol Adamiak	– wiceprezes ds. organizacyjnych,
Artur Szczęsny	– wiceprezes ds. naukowo-technicznych,
Dariusz Hantsz	– wiceprezes ds. młodzieży,
Anna Grabiszewska	– sekretarz.

Na pełnomocnika Zarządu ds. Systemu Zarządzania Jakością został powołany kol. Jerzy Bogacz.

# Energia zmienia formę. Historia EC1 w Łodzi

## Jak pierwsza łódzka elektrownia stała się kompleksem nauki i kultury

Adrian Kulesza  
Paweł Gąsiorowicz

Przez niemal sto lat zasilala Łódź w energię elektryczną – dziś zasilają ją wiedza, kultura i technologia. Dawna elektrownia przy ulicy Targowej, jeden z fundamentów przemysłowego rozwoju miasta, przeszła drogę od infrastruktury krytycznej do jednego z najważniejszych projektów rewitalizacyjnych w Polsce.

Historia EC1 pokazuje, że transformacja nie musi oznaczać zerwania z przeszłością. Przeciwnie – może polegać na jej świadomym wykorzystaniu. Zachowane struktury techniczne, układ przestrzenny i skala dawnej elektrociepłowni stały się punktem wyjścia do stworzenia miejsca, które łączy naukę, kulturę i nowoczesne technologie.

### 1. Zanim powstała EC1

Na przełomie XIX i XX wieku Łódź była jednym z najszybciej rozwijających się ośrodków przemysłowych w tej części Europy. Dynamiczny wzrost liczby fabryk, warsztatów i mieszkańców oznaczał nie tylko

zwiększone zapotrzebowanie na surowce czy siłę roboczą, lecz także na nowy rodzaj infrastruktury – energię elektryczną. Początkowo miała ona charakter rozproszony i lokalny: pojedyncze zakłady uruchamiały własne prądnice, a prąd służył głównie do oświetlenia hal produkcyjnych i napędu wybranych maszyn.



Ten model szybko okazał się niewystarczający. Elektryczność przestała być techniczną ciekawostką, a zaczęła pełnić rolę podstawowego medium rozwoju miasta. Coraz wyraźniej widoczna była potrzeba stabilnego, przewidywalnego i skalowalnego systemu zasilania, który mógłby obsłużyć nie tylko przemysł, lecz także przestrzeń publiczną, transport oraz rosnącą

liczbę odbiorców prywatnych. Szczególnym impulsem była elektryfikacja komunikacji miejskiej – uruchomienie tramwajów elektrycznych wymagało ciągłości zasilania i odpowiedniej rezerwy mocy, niemożliwej do zapewnienia przez niewielkie, rozproszone źródła.



Elektryfikacja Łodzi nie była więc jednorazowym wydarzeniem, lecz procesem infrastrukturalnym, który wymagał myślenia systemowego. Oznaczało to konieczność skoordynowania kilku elementów jednocześnie: źródła wytwarzania energii, sieci przesyłowych, punktów rozdziału oraz zaplecza technicznego umożliwiającego eksploatację i utrzymanie instalacji. Równie istotne były kwestie organizacyjne – własność, koncesje, odpowiedzialność za bezpieczeństwo i jakość dostaw.



W tym kontekście idea budowy miejskiej elektrowni była nie tyle ambicją modernizacyjną, ile praktyczną odpowiedzią na realne potrzeby rozwijającego się organizmu miejskiego. Elektrownia miała stać się sercem systemu energetycznego: miejscem, w którym produkcja energii byłaby scentralizowana, kontrolowana i dostosowana do zmieniających się obciążeń. Dla miasta oznaczało to przejście od improwizowanych rozwiązań do infrastruktury o charakterze strategicznym.

Warto podkreślić, że już na tym etapie elektryczność była postrzegana nie tylko jako technologia, ale jako czynnik cywilizacyjny. Umożliwiała wydłużenie dnia pracy i życia społecznego, poprawiała bezpieczeństwo przestrzeni publicznych, a z czasem zaczęła wpływać także na komfort codziennego funkcjonowania mieszkańców. Decyzja o budowie miejskiej elektrowni wpisywała się więc w szerszy proces modernizacji Łodzi – proces, który łączył inżynierię, urbanistykę i zarządzanie miastem.

To właśnie z tej potrzeby – potrzeby uporządkowania i wzmocnienia systemu energetycznego – zrodziła się elektrownia przy ulicy Targowej. Zanim jednak stała się charakterystycznym elementem krajobrazu przemysłowej Łodzi, była przede wszystkim odpowiedzią na pytanie, jak



zapewnić miastu stabilne źródło energii w epoce gwałtownego wzrostu i technologicznych przemian.

## 2. Narodziny

Decyzja o budowie miejskiej elektrowni była logiczną konsekwencją procesów zachodzących w Łodzi na przełomie wieków. Po kilku nieudanych lub niesfinalizowanych próbach rozwiązania problemu zasilania miasta – m.in. poprzez koncesje udzielane prywatnym podmiotom – Gubernator Piotrkowski oraz władze miejskie wystąpili o zgodę do cara na realizację scentralizowanej inwestycji energetycznej. Kluczowe było tu odejście od doraźnych rozwiązań na rzecz infrastruktury, która mogła pracować w sposób ciągły i przewidywalny.



Na lokalizację nowej elektrowni wybrano teren przy ulicy Targowej, w sąsiedztwie linii kolejowej. Decyzja ta miała charakter stricte techniczny i logistyczny: dostęp do transportu węgla (dostęp ten nastąpił jednak później – do końca lat dwudziestych węgiel był przewożony wozami konnymi z Dworca Kaliskiego), możliwość rozbudowy obiektu oraz względne oddalenie od zwartej zabudowy mieszkaniowej. Już sam wybór miejsca pokazuje, że elektrownia była projektowana jako element systemu, a nie pojedynczy budynek – liczyły się powiązania z siecią transportową i przyszłą infrastrukturą przesyłową.

Budowa rozpoczęła się w 1906 roku i była prowadzona równolegle z innymi kluczowymi pracami infrastrukturalnymi. W tym samym czasie

powstawała miejska sieć kablowa, w tym odcinki prowadzone pod ziemią, co na początku XX wieku stanowiło rozwiązanie nowoczesne i kosztowne.



*Metamorfoza elektrociepłowni EC1: przed zmianą (u góry) i po (na dole).  
Na kolejnych zdjęciach prezentujemy efekt zmian*

Elektrownia, jeszcze przed uruchomieniem, w celu zareklamowania możliwości, jakie daje energia elektryczna, otworzyła przy ul. Piotrkowskiej 37 sklep, w którym pokazano, a także można było kupić nie tylko sprzęt oświetleniowy, a także sprzęt domowy zasilany elektrycznością. Sklep był zasilany z agregatu zainstalowanego w Hotelu Grand.

Zaledwie po roku budowy, w 1907 roku elektrownia została oddana do użytku, stając się pierwszą miejską elektrownią w Łodzi. Jej uruchomienie oznaczało jakościową zmianę w funkcjonowaniu miasta. Po raz pierwszy możliwe było planowanie rozwoju energetycznego w oparciu o jedno, stabilne źródło wytwarzania energii, a nie zbiór rozproszonych i często niewydolnych instalacji. Elektrownia przy Targowej przejęła rolę głównego węzła zasilania, obsługując zarówno oświetlenie uliczne, jak i odbiorców przemysłowych oraz transport publiczny.

Z technicznego punktu widzenia była to inwestycja wpisująca się w najlepsze praktyki epoki. Elektrownia została zaprojektowana jako zakład oparty na produkcji energii z pary wodnej, z wyraźnym rozdzieleniem funkcji poszczególnych hal i instalacji. Układ przestrzenny – z halą maszyn, kotłownią i zapleczem technicznym – odzwierciedlał ówczesne standardy bezpieczeństwa i eksploatacji. Co istotne, już na etapie projektowania zakładano możliwość rozbudowy obiektu, co w kolejnych dekadach okazało się decyzją dalekowzroczą.

Uruchomienie elektrowni miało również wymiar organizacyjny i społeczny. Pojawiła się potrzeba stałej obsługi technicznej, wyspecjalizowanego personelu oraz struktur zarządzania, które musiały łączyć kompetencje inżynierskie z odpowiedzialnością za ciągłość dostaw. Elektrownia przestała być „maszyną”, a stała się instytucją – elementem miejskiego organizmu, od którego zależało codzienne funkcjonowanie Łodzi.



To właśnie ten moment – uruchomienie elektrowni w 1907 roku – można uznać za początek historii miejsca, które dziś znamy jako EC1 Łódź – Miasto Kultury, choć jego pierwotna rola była w całości podporządkowana technice i energetyce.

### 3. Elektrownia jako organizm

Elektrownia przy ulicy Targowej od momentu uruchomienia nie była obiektem statycznym. Jej funkcjonowanie można najlepiej opisać jako proces ciągłej adaptacji do zmieniających się warunków technicznych, gospodarczych i społecznych. Wraz ze wzrostem zapotrzebowania na energię oraz rozwojem samego miasta konieczne było zarówno zwiększanie mocy wytwórczych, jak i dostosowywanie technologii do nowych standardów eksploatacyjnych. Elektrownia w roku 1939 aspirowała do największych w Polsce i miała moc zainstalowaną 100 MW.

Jednym z najbardziej dramatycznych momentów w historii zakładu był okres II wojny światowej. W 1943 roku doszło do pożaru, który zniszczył dach secesyjnej Hali Maszyn oraz poważnie uszkodził jeden z turbozespołów. Zdarzenie to miało nie tylko wymiar architektoniczny, ale przede wszystkim infrastrukturalny – oznaczało realne ograniczenie zdolności produkcyjnych i konieczność odbudowy kluczowych elementów systemu energetycznego miasta. Pokazuje to wyraźnie, że infrastruktura energetyczna w warunkach konfliktu staje się zasobem strategicznym, podatnym na zniszczenia i trudnym do szybkiego odtworzenia.

Po zakończeniu wojny elektrownia weszła w nowy etap rozwoju, związany z przekształceniem modelu funkcjonowania miejskiej energetyki. Kluczowym kierunkiem stało się wykorzystanie ciepła odpadowego oraz rozwój sieci ciepłowniczej. W 1953 roku uruchomiono drugą w Łodzi elektrownię (EC2) i produkcję pary technologicznej na potrzeby przemysłu. Oznaczało to przejście od klasycznej elektrowni do obiektu pełniącego funkcję skojarzoną – wytwarzającego zarówno energię elektryczną, jak i ciepło. Był to krok zgodny z logiką efektywności energetycznej: zamiast tracić energię w procesie wytwarzania, zaczęto ją odzyskiwać i wykorzystywać w innych obszarach gospodarki miejskiej.



Kolejna istotna zmiana miała charakter organizacyjny. W 1960 roku elektrownia została włączona w strukturę Zespołu Elektrociepłowni, co wiązało się również z pojawieniem się oznaczenia „EC1”. Nazwa ta nie była jedynie formalnością – odzwierciedlała nową rzeczywistość systemową, w której pojedynczy zakład przestawał być autonomicznym źródłem energii, a stawał się elementem większej sieci powiązanych jednostek wytwórczych.

W kolejnych latach, wraz z budową nowych elektrociepłowni (EC3, EC4), zmieniła się także rola EC1 w systemie energetycznym Łodzi. Z podstawowego źródła zasilania stopniowo przekształcała się w jednostkę wspomagającą, wykorzystywaną w momentach zwiększonego zapo-

trzebowania lub jako rezerwa systemowa. Taki model pracy jest typowy dla rozwiniętych systemów energetycznych – zakłada dywersyfikację źródeł, rozłożenie obciążeń oraz możliwość elastycznego reagowania na zmienne warunki eksploatacyjne.

W tym sensie elektrownia przy Targowej funkcjonowała jak organizm: reagowała na „potrzeby” miasta, była modernizowana, rekonfigurowana i włączana w coraz bardziej złożone struktury. Jej historia z połowy XX wieku pokazuje, że infrastruktura energetyczna nie jest jedynie zestawem urządzeń, lecz dynamicznym systemem, który musi ewoluować wraz z otoczeniem technologicznym i urbanistycznym.

## 4. „Ostatnia misja” EC1

Końcówka XX wieku przyniosła stopniowe wygaszanie funkcji przemysłowej elektrowni przy ulicy Targowej. Był to proces rozłożony w czasie, wynikający zarówno z rozwoju nowocześniejszych jednostek wytwórczych, jak i zmiany logiki działania całego systemu energetycznego miasta.



W latach 90. rozpoczęto wyłączanie kolejnych elementów infrastruktury zakładu. Było to efektem zarówno polecenia likwidacji nierentownych obiektów energetycznych w Polsce (PSE dysponował na to przedsięwzięcie odpowiednim funduszem), jak i zapaścią przemysłu włókienniczego w Łodzi – głównym odbiorcą pary technologicznej. Szczególnie symboliczny był los hali maszyn – przestrzeni, która przez dziesięciolecia



stanowiła „serce” elektrowni. W 1998 roku doszło do demontażu generatora i turboszespołu, co w praktyce oznaczało definitywne zakończenie pracy kluczowych urządzeń wytwórczych. Od tego momentu obiekt przestał pełnić swoją pierwotną funkcję, a jego dalsze istnienie stanęło pod znakiem zapytania.

Paradoksalnie jednak, już u schyłku swojej działalności elektrownia otrzymała jeszcze jedną, ostatnią misję – rolę rezerwy systemowej w kontekście tzw. „pluskwy milenijnej”. Obawiano się wówczas, że wraz z nadejściem roku 2000 systemy informatyczne sterujące infrastrukturą krytyczną mogą ulec awarii. EC1, jako obiekt oparty w dużej mierze na rozwiązaniach analogowych i mechanicznych, była postrzegana jako potencjalnie bardziej odporna na tego typu ryzyko.

W praktyce oznaczało to przygotowanie elektrowni do ewentualnego uruchomienia w trybie awaryjnym – jako źródła energii, które mogłoby pomóc w odbudowie pracy innych jednostek w systemie. Zakład został czasowo odłączony od głównej sieci i pracował na tzw. „wyspę” zasilając tylko niewielką grupę odbiorców (poniżej 6 MW). Utrzymywany był w ten sposób w stanie gotowości rozruchowej. Choć scenariusz awaryjny ostatecznie się nie zrealizował, sama decyzja pokazuje, jak istotną rolę pełniła jeszcze wówczas infrastruktura „starego typu”, jako element zabezpieczenia systemu.

Ostateczne zakończenie pracy elektrowni nastąpiło na przełomie lat 2000–2001. Był to moment zamykający niemal stuletni okres funkcjonowania obiektu jako zakładu energetycznego. Dla miasta oznaczało to nie tylko zmianę w strukturze wytwarzania energii, lecz także konieczność zmierzenia się z pytaniem o przyszłość rozległego, poprzemysłowego kompleksu.

Zmierzch EC1 miał również wymiar ludzki. Część pracowników została przeniesiona do innych zakładów energetycznych, inni zakończyli swoją zawodową drogę wraz z wygaszeniem działalności elektrowni. Jak w wielu podobnych przypadkach transformacji przemysłowej, za zmianą technologiczną szła zmiana społeczna – mniej widoczna na pierwszy rzut oka, ale równie istotna.

W ten sposób zakończyła się historia miejsca, którego nowe znaczenie miało dopiero zostać zdefiniowane.

## 5. Nowe życie

Zakończenie pracy elektrowni na przełomie XX i XXI wieku pozostawiło w centrum Łodzi rozległy, technicznie złożony i jednocześnie zdegradowany kompleks poprzemysłowy. Przez kilka lat jego przyszłość pozostawała otwarta – jak w wielu podobnych przypadkach w Europie: możliwa była zarówno rozbiórka, jak i częściowe zachowanie obiektów lub ich przekształcenie w funkcje komercyjne. Ostatecznie zwyciężyła koncepcja znacznie ambitniejsza – potraktowania EC1 jako strategicznego zasobu miasta i nadania mu nowej, publicznej roli.

Momentem symbolicznym stał się rok 2007, kiedy obchodzono stulecie uruchomienia elektrowni. W tym samym czasie zaczęła się krystalizować wizja Nowego Centrum Łodzi – projektu urbanistycznego zakładającego przekształcenie obszaru wokół dworca Łódź Fabryczna w nową oś funkcjonalną miasta. W tej koncepcji EC1 miała pełnić rolę jednego z kluczowych elementów – nie jako relikw przeszłości, lecz jako aktywny ośrodek życia kulturalnego i edukacyjnego.

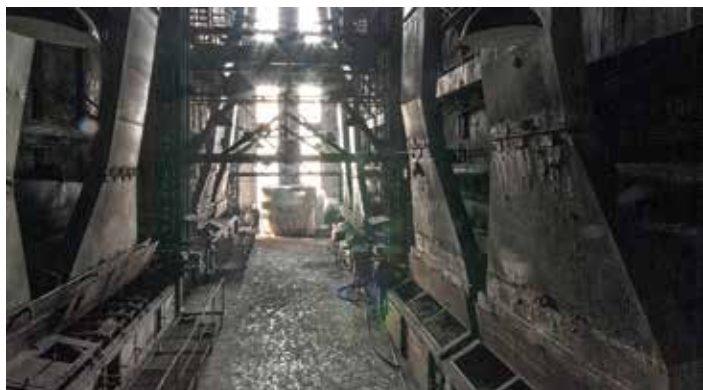
Decyzja o powołaniu instytucji EC1 Łódź – Miasto Kultury w 2008 roku nadała temu kierunkowi formalny wymiar. Oznaczała przejście od ogólnej idei rewitalizacji do konkretnego projektu instytucjonalnego, którego celem było stworzenie przestrzeni łączącej naukę, kulturę i nowoczesne technologie. Był to istotny moment zmiany myślenia: dawna infrastruktura energetyczna przestała być postrzegana jako problem do

rozwiązania, a zaczęła być traktowana jako fundament nowej tożsamości miejsca.

Proces rewitalizacji realizowany w kolejnych latach był przedsięwzięciem złożonym i etapowanym. Prace prowadzone w latach 2010–2015 objęły zarówno część wschodnią, jak i zachodnią kompleksu. Wyzwania miały charakter nie tylko architektoniczny, lecz przede wszystkim techniczny: zły stan niektórych konstrukcji, konieczność dostosowania obiektu do współczesnych norm bezpieczeństwa oraz integracja nowych instalacji z historyczną tkanką budynków. Adaptacja przemysłowej elektrowni do funkcji publicznych wymagała więc nie tyle „przebudowy”, co precyzyjnego procesu inżynierskiego, łączącego konserwację z nowoczesnymi rozwiązaniami.

Istotnym elementem tego procesu było zachowanie autentyczności miejsca. Zamiast całkowitej wymiany substancji budowlanej zdecydowano się na możliwie szeroką konserwację istniejących elementów – zarówno architektury, jak i wybranych urządzeń technicznych. Dzięki temu przyszli użytkownicy mieli nie tylko korzystać z nowoczesnej infrastruktury, ale również obcować z materialnym świadectwem historii energetyki miasta.

Równoległe do prac budowlanych rozwijano koncepcję programową EC1. Już na etapie rewitalizacji zakładano, że kompleks będzie pełnił funkcję wielowymiarową – łącząc edukację naukową, działalność kulturalną oraz nowe formy narracji, w tym film i media interaktywne. Włączenie w 2015 roku Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego jako współprowadzącego oraz rozwój inicjatyw związanych z filmem potwierdziły kierunek, w którym zmierzała instytucja.



W efekcie, w ciągu niespełna dekady, dawny zakład przemysłowy przeszedł transformację w jeden z najważniejszych projektów rewitalizacyjnych w Polsce. Proces ten nie polegał jednak na prostym „nadaniu nowej funkcji”, lecz na przemyślanym wykorzystaniu istniejącej infrastruktury jako punktu wyjścia do budowy nowego znaczenia miejsca.

Rewitalizacja EC1 pokazuje, że dziedzictwo przemysłowe nie musi być postrzegane jako ciężar. Odpowiednio potraktowane może stać się zasobem – zarówno materialnym, jak i symbolicznym – który pozwala budować nowoczesną, opartą na wiedzy i kulturze tożsamość miasta.

## 6. EC1 dziś

Dziś EC1 Łódź – Miasto Kultury jest jednym z najważniejszych przykładów udanej transformacji przestrzeni przemysłowej w Polsce. Kompleks dawnej elektrociepłowni został przekształcony w wielofunkcyjny ośrodek łączący naukę, kulturę i nowe technologie, zachowując jednocześnie wyraźne odniesienia do swojej technicznej przeszłości.



EC1 nie jest pojedynczą instytucją w klasycznym rozumieniu, lecz złożonym organizmem programowym. W jego skład wchodzi przede wszystkim:

- Centrum Nauki i Techniki z ekspozycjami dotyczącymi energii, rozwoju cywilizacji i nauki,
- Planetarium,
- Ulica Żywiołów – edukacyjna przestrzeń zabawy dla dzieci,
- Centrum Komiksu i Narracji Interaktywnej opowiadające o tworzeniu komiksu i gier,
- Narodowe Centrum Kultury Filmowej, w którym znajduje się najnowocześniejsze w Łodzi kino, a także wystawy filmowe oraz sale edukacyjne, w których odbywają się zajęcia warsztatowe.

Całość uzupełniają przestrzenie wydarzeń, zaplecze edukacyjne oraz infrastruktura służąca organizacji wydarzeń kulturalnych i naukowych. Kluczowe znaczenie ma tu sposób myślenia o odbiorcy – nie jako biernym widzu, lecz jako uczestniku doświadczenia, który poprzez interakcję, eksperyment i obserwację buduje własne rozumienie zjawisk.

Misja instytucji została sformułowana w sposób syntetyczny, ale znaczący: chodzi o to, by „opowiadać sobie wiedzę”. W praktyce oznacza to łączenie różnych porządków – nauk ścisłych, humanistyki, sztuki i technologii – w taki sposób, aby tworzyć spójną opowieść o świecie.

Szczególną rolę odgrywają tu dwa obszary: nauki przyrodnicze oraz szeroko rozumiane sztuki narracyjne, obejmujące film, komiks i media interaktywne.

Skala przedsięwzięcia ma również wymiar fizyczny i liczbowy. Kompleks obejmuje około 40 tysięcy metrów kwadratowych powierzchni użytkowej, a całość zrewitalizowanego terenu to około 50 tysięcy metrów kwadratowych. W jego ramach funkcjonuje kilka dużych ekspozycji stałych oraz wystawy czasowe, a liczba odwiedzających – w zależności od sezonu – sięga od kilkuset do ponad dwóch tysięcy osób dziennie.

## 7. Jak to zrobiono

Rewitalizacja EC1 była przedsięwzięciem, które wykraczało poza standardowe ramy inwestycji budowlanej. W przeciwieństwie do realizacji prowadzonych na niezabudowanym terenie, tutaj punktem wyjścia była istniejąca, wielowarstwowa struktura techniczna – złożona z budynków, instalacji oraz relikwów infrastruktury przemysłowej o różnym stanie zachowania. Każda decyzja projektowa musiała więc uwzględniać nie tylko funkcjonalność i estetykę, lecz także wartość historyczną i techniczną obiektu.



Jednym z podstawowych założeń było zachowanie maksymalnej autentyczności miejsca. Oznaczało to rezygnację z łatwych rozwiązań polegających na całkowitej wymianie substancji budowlanej na rzecz jej konserwacji i adaptacji. W praktyce wymagało to prowadzenia szczegółowych analiz technicznych oraz korzystania z dokumentacji archiwalnej, pozwalającej odtworzyć pierwotny charakter obiektu. Elementy takie jak ceglane elewacje, konstrukcje stalowe czy fragmenty wyposażenia technologicznego nie zostały potraktowane jako „dekoracja”, lecz jako integralna część nowej narracji przestrzeni.

Równocześnie konieczne było wprowadzenie współczesnych systemów instalacyjnych – od zabezpieczeń przeciwpożarowych, przez instalacje elektryczne i teletechniczne, po rozwiązania związane z dostępnością dla osób z niepełnosprawnościami. Integracja tych elementów z historyczną tkanką budynku stanowiła jedno z największych wyzwań inżynierskich całego projektu. Wymagała kompromisów, ale też precyzyjnego projektowania, które pozwalało ukryć nowoczesną infrastrukturę bez naruszania charakteru miejsca.

Proces rewitalizacji był również rozłożony w czasie i realizowany etapami. Prace prowadzone w części wschodniej i zachodniej kompleksu różniły się zakresem oraz stopniem skomplikowania, co wynikało m.in. ze stanu technicznego poszczególnych obiektów. Tego typu etapowanie było nie tylko koniecznością organizacyjną, lecz także sposobem na ograniczenie ryzyka inwestycyjnego i umożliwienie stopniowego uruchamiania kolejnych funkcji.

Nie bez znaczenia była także skala finansowa przedsięwzięcia. Całkowity koszt rewitalizacji wyniósł niemal 500 milionów złotych, przy istotnym udziale środków europejskich. W tym kontekście EC1 można traktować jako przykład efektywnego wykorzystania funduszy publicznych do realizacji projektu o długofalowym znaczeniu społecznym i kulturowym. Jednocześnie skala nakładów pokazuje, że adaptacja dziedzictwa przemysłowego nie jest rozwiązaniem „tańszym” od budowy nowych obiektów – często wręcz przeciwnie, wymaga większych nakładów, ale przynosi trudną do zastąpienia wartość w postaci autentyczności.

Z perspektywy inżynierskiej rewitalizacja EC1 jest interesującym studium przypadku. Pokazuje, że możliwe jest połączenie konserwacji zabytku techniki z jego pełną integracją w nowoczesnym systemie użytkowym. Kluczowe okazuje się tu nie tyle samo zastosowanie nowych technologii, ile sposób ich wprowadzenia – tak, aby wspierały funkcjonowanie obiektu, nie dominując nad jego historycznym charakterem.

W efekcie powstała przestrzeń, która nie ukrywa swojej przeszłości, lecz świadomie ją eksponuje i wykorzystuje. To właśnie ta równowaga między autentycznością a nowoczesnością decyduje o wyjątkowości całego przedsięwzięcia i sprawia, że EC1 może być traktowane jako modelowy przykład rewitalizacji infrastruktury przemysłowej.

## 8. Duma Łodzi

Skala i sposób przeprowadzenia rewitalizacji EC1 znalazły odzwierciedlenie w licznych nagrodach i wyróżnieniach przyznawanych zarówno w Polsce, jak i na poziomie europejskim. Nie są to jednak wyłącznie laury architektoniczne – istotną część z nich dotyczy jakości podejścia do dziedzictwa, funkcjonalności oraz dostępności przestrzeni publicznej.

Jednym z ważniejszych wyróżnień była nagroda w konkursie „Łodolamacze” (2017), przyznana za dostosowanie przestrzeni do potrzeb osób z niepełnosprawnościami. W przypadku obiektu o pierwotnie przemysłowym charakterze, z licznymi barierami architektonicznymi, osiągnięcie wysokiego poziomu dostępności wymagało szczególnego wysiłku projektowego i organizacyjnego. W praktyce oznaczało to wprowadzenie m.in. wind, systemów informacji dotykowej i audiodeskrypcji oraz takich rozwiązań przestrzennych, które umożliwiają swobodne poruszanie się po kompleksie osobom o różnych potrzebach.

Równolegle doceniono również walory architektoniczne i konserwatorskie inwestycji. Nagroda „Bryła Roku” (2013) potwierdziła, że rewitalizacja EC1 została dobrze odebrana jako przykład udanego połączenia historycznej substancji z nowoczesną formą użytkową. W tym przypadku szczególnie znaczenie miało zachowanie charakteru przemysłowej architektury przy jednoczesnym nadaniu jej nowych funkcji.



Najbardziej prestiżowym wyróżnieniem pozostaje jednak Europejska Nagroda Dziedzictwa / Europa Nostra 2025, przyznana za jakość przeprowadzonej konserwacji i adaptacji obiektu. To wyróżnienie ma szczególną wagę, ponieważ odnosi się nie tylko do efektu końcowego, ale także do metod i standardów pracy z dziedzictwem kulturowym. W przypadku EC1 oznacza to uznanie dla sposobu, w jaki połączono ochronę historycznej struktury z jej aktywnym wykorzystaniem we współczesnym życiu miasta.

Wszystkie te nagrody mają wspólny mianownik: wskazują, że sukces projektu nie polegał wyłącznie na skali inwestycji, lecz na jakości decyzji

podejmowanych na każdym etapie – od koncepcji, przez projekt, aż po realizację i użytkowanie. EC1 nie jest więc jedynie przykładem rewitalizacji, ale przykładem wzorowo przeprowadzonej rewitalizacji, w której aspekty techniczne, społeczne i kulturowe zostały potraktowane jako równorzędne elementy całości.

*Zdjęcia historyczne (czarnobiałe): Archiwum Veolia Energia Łódź S.A.  
Pozostałe zdjęcia: Archiwum „EC1 Łódź – Miasto Kultury” w Łodzi*

# Inteligentny i energooszczędny budynek – moda czy konieczność?

Otwarte zebranie Koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A.

Andrzej Gawrysiak  
Koło SEP przy Veolia Energia Łódź S.A.

W dniu 27 stycznia 2026 r. o godz. 16:30 w siedzibie Oddziału Łódzkiego SEP przy ul. Żeligowskiego 43 odbyło się otwarte zebranie Koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A. Zaproszenie na to spotkanie zostało wysłane do wszystkich kół SEP OŁ, drogą mailową.

Spotkanie rozpoczęła prezes Koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A., kol. Anna Grabiszewska od przywitania licznie przybyłych gości i przedstawienia prelegenta prof. dra hab. inż. Piotra Borkowskiego, kierownika Katedry Aparatów Elektrycznych.

Tematem spotkania był „Inteligentny i energooszczędny budynek – moda czy konieczność?”





Prof. Piotr Borkowski w swoim wystąpieniu przeanalizował rozwój nowych technologii produkcji energii elektrycznej na przestrzeni ostat-

nich lat, z naciskiem na odnawialne źródła energii (OZE), przykładowo energii słońca (fotowoltaika), energii wiatru (wiatraki), geotermii, energii wody, energii jądrowej, która też jest zaliczana do OZE. Zostały omówione zalety, ale też pewne niedogodności występujące przy produkcji energii elektrycznej z OZE.

Oszczędzanie energii elektrycznej to konieczność na dzień dzisiejszy. Jest to osiągnięte na podstawowym poziomie, czyli przez działanie włącz/wyłącz/ogranicz zużycie, realizowane przez automatykę lub ręcznie oraz wprowadzenie nowych technologii energooszczędnych, np. źródła światła typu led. Kolejnym krokiem jest opomiarowanie zużycia energii we wszystkich punktach odbioru i przesyłanie zdalne danych o zużyciu, co w Polsce jest realne do zrealizowania z końcem 2027 r. Dalszy krok to *Smart Building* – Systemy Zarządzania Budynkiem wraz z systemami metering.

Podsumowanie tematu przez profesora Piotra Borkowskiego: **Inteligentny i energooszczędny budynek to konieczność.**

W końcowej części prof. Borkowski odpowiadał na pytania uczestników. Na zakończenie prezes kol. Anna Grabiszewska podziękowała wszystkim uczestnikom spotkania i prof. Piotrowi Borkowskiemu, któremu podarowała album książkowy „EC1 ŁÓDŹ Miasto od nowa”.

# Otwarte zebranie Koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A.

połączone ze szkoleniem z pomiarów ochronnych i omówieniem badań bezpieczeństwa instalacji PV

Anna Grabiszewska  
Koło SEP przy Veolia Energia Łódź S.A.

W dniu 19 marca 2026 r. w siedzibie Oddziału odbyło się otwarte zebranie Koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A., połączone ze specjalistycznym szkoleniem przeprowadzonym przez przedstawiciela firmy SONEL S.A. Jarosława Kurpa. Szkolenie zgromadziło ponad 45 osób – członków, sympatyków SEP i pracowników firmy Veolia Energia Łódź S.A. Tak duża frekwencja świadczy o wyraźnym zainteresowaniu szeroko rozumianą tematyką pomiarów elektrycznych.

Podczas spotkania, po przedstawieniu przez prelegenta firmy i zapoznaniu z ofertą produktową oraz badaniem okresowym mierników, omówiono następujące zagadnienia:

- Omówienie pomiarów ochronnych oraz mierników do nich dedykowanych:**
  - pomiary impedancji pętli zwarcia;
  - pomiary wyłączników różnicowo-prądowych;
  - pomiary rezystancji izolacji;
  - pomiary rezystancji uziemienia oraz rezystywności gruntu.
- Omówienie badań bezpieczeństwa instalacji PV. Norma PN-EN 62446-1. Testy kategorii I:**



- zakres oględzin;
- pomiary ciągłości połączeń wyrównawczych;
- pomiary rezystancji uziemienia;
- pomiary napięcia otwartego obwodu;
- pomiary prądu zwarcia;
- pomiary rezystancji izolacji po stronie DC.

Firma SONEL S.A. od wielu lat jest Członkiem Wspierającym Oddziału. Jest jednym z największych polskich producentów przyrządów pomiarowych mających zastosowanie w elektryce. Od ponad 30 lat produkuje profesjonalne urządzenia przeznaczone do kontroli bezpieczeństwa, stanu technicznego, parametrów oraz jakości sieci zasilających.



Firma SONEL S.A. nieustannie poszerza swoją ofertę produktową, świadoma, że wraz z rosnącą liczbą odbiorców energii elektrycznej, z coraz większym stopniem skomplikowania sieci oraz rosnącym znaczeniem niezawodnego zasilania w gospodarce, przybywa zadań pomiarowych, rozszerzających zakres dla produkowanych przez firmę mierników. Katalog produktów marki Sonel obejmuje kilkanaście linii produktowych, podzielonych według rodzaju wykonywanych pomiarów i wbudowanych funkcji.

To spotkanie na pewno zmotywuje nasze Koło do dalszych spotkań poświęconych tematyce pomiarów. To ważna kwestia zarówno pod

względem bezpieczeństwa, jak i sprawności działania urządzeń. Oferowane urządzenia pomiarowe pozwalają wykryć uszkodzenia instalacji (np. przebicia, zwarcia), chronią przed porażeniem prądem i możliwymi pożarami, są podstawą działania zabezpieczeń elektrycznych, np. łączników różnicowoprądowych.



Dzięki prowadzonym pomiarom sprawdza się, czy urządzenia działają prawidłowo oraz umożliwiają kontrolę podstawowych parametrów: napięcia, prądu i mocy.

## Dwa spotkania, jeden temat: Veolia w Łodzi

Jacek Kuczowski  
Koło SEP przy Veolia Energia Łódź S.A.

Z inicjatywy Andrzeja Boronia – Członka Honorowego Stowarzyszenia – odbyły się dotychczas dwa spotkania z przedstawicielami Veolii nt. obecnie realizowanych projektów oraz działań transformacyjnych łódzkiego systemu ciepłowniczego. Oba spotkania zorganizowano w gościnnych progach Centrum Nauki i Techniki EC1, w nowoczesnej przestrzeni konferencyjnej Audytorium.

22 września 2025 roku, po powitaniu i wprowadzeniu w zagadnienia spotkania przez Andrzeja Boronia, temat „Digitalizacja sieci ciepłowniczej” przedstawił Paweł Borowski – Dyrektor Sieci Ciepłej Veolii w Łodzi. Rozpoczął od omówienia miejsca łódzkiej Veolii w strukturze Grupy Veolia w Polsce i zaprezentował kluczowe dane łódzkiego systemu ciepłowniczego. Łódzka sieć ciepłownicza, licząc ponad 870 km, jest trzecią co do wielkości w Polsce. Veolia obsługuje ponad 1200 komór ciepłowniczych



Wystąpienie Andrzeja Boronia

i ponad 10 tysięcy węzłów wyposażonych w moduły telemetryczne. Umożliwiają one, dzięki zastosowaniu specjalnego oprogramowania, bieżącą kontrolę jakości pracy sieci, wykrywanie ewentualnych awarii, a także bieżące monitorowanie poleceń zmian w sterowaniu jej pracą. Spotkanie zakończyła sesja pytań i odpowiedzi, co było, z jednej strony, dobrym podsumowaniem, ale również dodatkową dawką wiedzy. W spotkaniu uczestniczyło 26 osób, w tym także z innych kół naszego oddziału.



*Wystąpienie Pawła Borowskiego*

27 listopada 2025 roku Sławomir Burmann, Doradca Prezesa Veolia Energia Polska i Dawid Kryński, Dyrektor Utrzymania i Rozwoju Majątku Technicznego Grupy Veolia w Polsce przedstawili „Strategię dekarbonizacji systemu ciepłowniczego w Łodzi na lata 2026–46”. Zwrócili uwagę,

że opracowanie strategii musiało uwzględniać wiele różnych aspektów i zmiennych, a także możliwości ich zmian, w wyniku dynamicznie zmieniającego się otoczenia, w tak długim przedziale czasu. W strategii zostały uwzględnione aspekty prawne, finansowe, technologiczne oraz uwarunkowania geopolityczne decydujące o dostępności paliw kluczowych w procesie transformacji, na przykład gazu ziemnego.



*Wystąpienie Sławomira Burmanna*



Zgodnie z wyzwaniami środowiskowymi unijnej polityki klimatycznej, systemy takie jak łódzki muszą spełniać kryteria efektywnego systemu ciepłowniczego. Kryteria te zmieniają się w czasie i na przykład w 2045 roku 75% energii ma pochodzić z OZE lub/i ciepła odpadowego. Z ciekawych wątków technologicznych warto wymienić możliwość zastosowania w przyszłości, na większą skalę, dużych układów wentylatorowych z odzyskaniem ciepła ze zużytego powietrza. Obecnie występują one w jednostkowych przypadkach w znikomym procencie.

Odrębnym zagadnieniem, któremu poświęcono wiele uwagi, był podział produkcji ciepła systemowego między elektrociepłownię EC4 i starszą od niej o 10 lat elektrociepłownię EC3. W procesie transformacyjnym „Trójki” analizowane są zarówno turbiny gazowe, wykorzystanie geotermii, pomp ciepła, jak i spalanie gazu, peletu czy budowa kotła elektrodowego. Istotnym rozwiązaniem, z punktu widzenia pracy sieci ciepłej, będzie budowa akumulatora ciepła o pojemności niemal 1/3 jej pojemności, który umożliwi lepsze korzystanie z produkcji w kogeneracji w czasie koniecznej produkcji energii elektrycznej.

Podczas tego spotkania również nie brakowało ciekawych pytań i odpowiedzi. Uczestniczyło w nim 38 osób.

Dziękujemy za perfekcyjne przygotowanie obu spotkań, a szczególne podziękowania kieruję dla Kolegów prezentujących interesujące tematy dotyczące dekarbonizacji łódzkiego systemu ciepłowniczego oraz za ciekawą i pożyteczną inicjatywę.



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

# PIKNIK

z okazji Międzynarodowego  
Dnia Elektryka

ustanowionego w rocznicę śmierci  
(10 czerwca 1836 r.) francuskiego  
uczonego André Marie Ampère'a  
który odbędzie się na terenie Centrum  
Szkoleniowo-Konferencyjnego  
Uniwersytetu Łódzkiego  
przy ul. Rogowskiej 26



**5 czerwca 2026 r.**  
godz. 17:00

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

Zapisy przyjmuje kol. Anna Grabiszewska w Biurze Oddziału Łódzkiego  
SEP tel.: (42) 632-90-02; 630-94-74 lub 607 527 022; e-mail: a.grabiszewska@seplodz.pl

Opłatę w wysokości 80,00 zł od osoby można wnieść gotówką  
lub kartą w Biurze Oddziału Łódzkiego SEP (ul. Żeligowskiego 43a/4)  
w godzinach 8:00 - 16:00 lub przelewem na konto Oddziału  
Santander Bank 21 1500 1038 1210 3005 3357 0000 w terminie  
do 25 maja 2026 r. z dopiskiem „Udział w pikniku z okazji MDE”.

Uprzejmie informujemy, że zapewniamy  
dojazd autobusem na miejsce pikniku.  
Odjazd autobusu godz. 16:15. Miejsce odjazdu podamy  
zainteresowanym osobom w późniejszym terminie.  
Odjazd autobusu z ul. Rogowskiej 26 - godz. 21:00.



# STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

## Oddział Łódzki

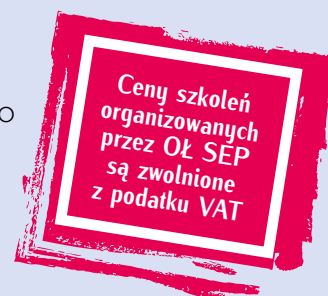
90-644 Łódź, ul. Żeligowskiego 43a/4

tel. 42 630 94 74, 42 632 90 39

e-mail: [sep@seplodz.pl](mailto:sep@seplodz.pl)

[www.seplodz.pl](http://www.seplodz.pl)

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



### ÓŚRODEK RZECZOZNAWSTWA OŁ SEP

oferuje bogaty zakres usług technicznych i ekonomicznych:

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

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

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