



BIULETYN

TECHNICZNO-INFORMACYJNY

Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 4/2018 (83)

ISSN 2082-7377

Grudzień 2018



Transformator o mocy 63,5 MVA i napięciu 115/22/11 kV



O konferencji piszemy na stronie drugiej

IMPREZY Z OKAZJI JUBILEUSZU 100-lecia Oddziału Łódzkiego SEP



Bal Elektryka

26 stycznia 2019 r. w godz. 19:00 – 04:00

Miejsce: Dwór Artusa, ul. Przyjazna 20, Łódź
(skrzyżowanie ul. Zakładowej i al. Książąt Polskich)

Koszt udziału: 150,00 zł od osoby
(w tej kwocie organizatorzy zapewniają lampkę szampana
oraz przystawki, ciepłe posiłki i napoje bezalkoholowe)

Piknik z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka

14 czerwca 2019 r. w godzinach 17:00 – 21:00

Miejsce: Restauracja „Dworek”
ul. Rogowska 24

Opłata organizacyjna: 15 zł od osoby

Zapisy przyjmuje kol. Anna Grabiszewska w Biurze Oddziału Łódzkiego SEP
(pl. Komuny Paryskiej 5a, Dom Technika, pok. 404)
od poniedziałku do piątku w godzinach 8:00 – 16:00

UROCZYSTA GALA JUBILEUSZOWA

12.10.2019 r.
Filharmonia Łódzka
(wstęp za zaproszeniem)

BIULETYN TECHNICZNO- INFORMACYJNY OŁ SEP

Wydawca:

**Zarząd
Oddziału Łódzkiego
Stowarzyszenia
Elektryków Polskich**

90-007 Łódź

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

Konto:

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

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

Komitet Redakcyjny:

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

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

Redakcja:

Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a, pok. 404
tel. 42-632-90-39, 42-630-94-74

Skład: Alter

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

Druk: Drukarnia BiK Marek Bernaciak

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

Nakład: 350 egz.

ISSN 2082-7377

- **XII Konferencja Naukowo-Techniczna Transformatory Energetyczne i Specjalne „Nowoczesne technologie i eksploatacja”.**
Kazimierz Dolny, 3–5 października 2018 r.
– R. Szczurbanowski2
- **ZREW Transformatory S.A.**
– M. Błaszczak4
- **Wpływ zanieczyszczeń stałych i wody na układ izolacyjny transformatora**
– M. Żurańska, R. Kozak6
- **Wybrane metody monitoringu w transformatorach mocy**
– P. Jęcek, K. Kowalczyk 11
- **Wpływ źródeł oświetlenia LED na współczynnik mocy**
– S. Galla, M. Włas 16
- **Polski przemysł energetyczny i elektrotechniczny w Łodzi w okresie tworzenia niepodległego państwa polskiego**
– A. Boroń 20
- **Prof. Stanisław Grzybowski (1933–2018)**
– P. Różga 26
- **Kolejna edycja konkursu o Stypendium im. Lecha Grzelaka rozstrzygnięta** 28
- **Szkolenie członków komisji kwalifikacyjnych, 21–22 września 2018 r.**
– A. Grabiszewska 28
- **ENERGETAB 2018 – z pożytkiem i przyjemnością**
– M. Höffner 30
- **Kozienice +1075**
– J. Kuczkowski, J. Jabłoński 32
- **Veolia w EC 1**
– A. Gawrysiak 34
- **XX Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka; Szczecin, 22–25 listopada 2018 r.**
– J. Drożdż, B. Trawczyński 36
- **IEEE Students & Young Professionals Meeting 2018**
– F. Chudzik 38
- **Zebrańie SRK SEP oraz CKMiS SEP w Warszawie**
– P. SetaIII okt.

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

Szczegóły na stronie internetowej Oddziału Łódzkiego SEP

www.seplodz.pl

po kliknięciu na poniższy banner

EURC **rabat**
dla posiadaczy legitymacji SEP

XII Konferencja Naukowo-Techniczna Transformatory Energetyczne i Specjalne „Nowoczesne technologie i eksploatacja” Kazimierz Dolny, 3–5 października 2018 r.

dr hab. inż. Ryszard Szczerbanowski, prof PŁ
Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych
Politechniki Łódzkiej

XII Konferencja Naukowo-Techniczna Transformatory Energetyczne i Specjalne została tradycyjnie zorganizowana w Kazimierzu Dolnym nad Wisłą w dniach od 3 do 5 października 2018 r. Organizatorami XII konferencji były następujące instytucje:

- ZREW – Transformatory S.A.,
- Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych Politechniki Łódzkiej,
- Instytut Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej,
- Instytut Energetyki w Warszawie,
- Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Oddział w Łodzi.

Przy współudziale firmy PFISTERER.

Patronat nad konferencją roztoczyli:

- Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.,
- Zarząd Główny Stowarzyszenia Elektryków Polskich,
- Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Oddział w Łodzi.

Nad poziomem naukowym konferencji czuwał Komitet Naukowo-Programowy w dwudziestoosobowym składzie, pod przewodnictwem

rektora Politechniki Łódzkiej prof. Sławomira Wiaka. Organizacją konferencji zajął się Komitet Organizacyjny pod przewodnictwem prezesa Zarządu firmy ZREW Transformatory S.A., Grzegorza Sołtysiaka.

Tematyka konferencji – jak zawsze – dotyczyła zagadnień z zakresu transformatorów energetycznych i specjalnych, a w szczególności:

- problemów eksploatacyjnych,
- ogólnie pojętej diagnostyki,
- metod obliczeniowych i projektowania,
- remontów i modernizacji,
- aktualnych trendów rozwojowych.

Konferencję podzielono na sześć sesji, a rozpoczęła ją sesja „Inauguracyjna”, na której prezes firmy ZREW Transformatory S.A. dokonał otwarcia konferencji oraz wprowadził zgromadzonych w jej tematykę, a dyrektor Marcin Błaszczuk krótko przedstawił historię firmy oraz jej osiągnięcia i plany na najbliższą przyszłość. Na zakończenie sesji zabrał głos rektor Politechniki Łódzkiej prof. Sławomir Wiak, który swoje wystąpienie poświęcił, przede wszystkim, zmianom zachodzącym w szkolnictwie wyższym w związku z wprowadzeniem w życie nowej ustawy.

Pierwsza sesja tematyczna dotyczyła zagadnień izolacyjnych, w szczególności suszenia izolacji transformatorów rozdzielczych z wykorzystaniem estru syntetycznego, zastosowania papieru izolacyjnego wzmocnionego aramidem, wpływu zanieczyszczeń stałych i wody na układ izolacyjny transformatora. Poruszono również tematykę wyznaczania



poziomu zawilgocenia izolacji przepustów WN oraz stabilności regenerowanych olejów elektroizolacyjnych.

W drugiej sesji tematycznej zatytułowanej „Eksploatacja transformatorów”, zajęto się zagadnieniami związanymi z wpływem zwarć udarowych na pracę transformatorów, czyli ochroną przed wybuchem, zapewnieniem wytrzymałości transformatora w czasie prób zwarciovych i analizą wytrzymałości zwarciovych transformatorów mocy. Poza tym poruszono tematykę drgań w transformatorach i dławikach oraz przedstawiono wybrane metody monitoringu w transformatorach mocy.

Ostatni dzień konferencji rozpoczął się sesją marketingową, w której referaty przedstawiły firmy:

- ERKO Sp. z o.o., zajmująca się produkcją nowatorskich złączek, które nie wymagają usuwania izolacji oraz przyłączy kablowych,
- Nexans Power Accessories Poland Sp. z o.o., oferująca przyłączenia i głowice kablowe przeznaczone do urządzeń rozdzielczych i transformatorów,
- JOTAL Janusz Jarmoch, reprezentująca wytwórcę Maschinenfabrik Reinhausen, która przedstawiła podobciążeniowe przełączniki zaczeów o małych gabarytach, przeznaczone do wbudowania do kadzi transformatorów średniego napięcia,
- PROTEKTEL Sp. z o.o., która zademonstrowała ograniczniki przepięć WN, przekładniki WN i SN oraz liczniki zadziałań ograniczników,
- EnerTest Testery i Diagnostyka Sp. z o.o., dystrybutor urządzeń pomiarowych dla energetyki, m.in. do testowania transformatorów i przekładników oraz do monitorowania pracy transformatorów.
- Polskie Sieci Elektroenergetyczne, której przedstawiciel zapoznał uczestników konferencji z informacjami z CIGRE oraz zaapelował o współpracę ogólnie pojętej energetyki z przedstawicielami Polski w tej organizacji.

Trzecia sesja tematyczna o tytule „Diagnostyka transformatorów” zajęła się możliwością diagnozowania transformatorów energetycznych na podstawie badania oleju transformatorowego, identyfikowaniem przepięć w systemach monitoringu izolatorów przepustowych, omówieniem próby wytrzymałości zwarciovych transformatora zasilanego podczas próby z dwóch źródeł oraz badaniem transformatorów suchych.

Konferencję zakończyła czwarta sesja tematyczna, poświęcona również diagnostyce transformatorów, gdzie poruszono tematy związane z diagnostyką DGA transformatorów w eksploatacji, oceną stanu technicznego przekładników prądowych oraz oceną efektywności impregnacji preszpanów estrami różnej gęstości oraz olejem mineralnym.

Uzupełnieniem wygłoszonych referatów były prezentacje na stoiskach reklamowych oferty dziewięciu firm związanych z wyposażeniem i diagnostyką transformatorów energetycznych.

Zgodnie z wieloletnią tradycją, w zajęciach pozasesyjnych pierwszego dnia uczestnicy konferencji mieli możliwość wzięcia udziału w niespodziance artystycznej w wykonaniu kabaretu „Ani MruMru” oraz kolacji koleżeńskej. W drugim dniu konferencji można było obejrzeć i posłuchać artystów „pod batutą” maestro Waldemara Malickiego, żegnanych owacyjnymi brawami na stojąco. Drugi dzień konferencji zakończyła uroczysta kolacja, która była ważnym czynnikiem integrującym środowisko transformatorowców i energetyków.

Podsumowując konferencję, autor wyraził serdeczne podziękowanie dyrekcji fabryki ZREW Transformatory S.A. w osobach prezesa Grzegorza Sołtysiaka i dyrektora Marcina Błaszczyka oraz całemu Komitetowi Organizacyjnemu za wspaniałe przygotowanie obrad, czuwanie nad sprawnym przebiegiem konferencji i zorganizowanie miłej oprawy



Przemawia Grzegorz Sołtysiak. Obok Marcin Błaszczyk



Od lewej: Andrzej Boroń i Paweł Różga



Od lewej: Grzegorz Sołtysiak i Franciszek Mosiński

artystycznej. Szczególne słowa podziękowania zostały skierowane do, niezastąpionej w sprawach organizacyjnych, Małgorzaty Siedlarek oraz do nieocenionego dr. Krzysztofa Majera, trzymającego żelazną ręką sprawy recenzowania i wydania materiałów konferencyjnych.

Żegnając się, uczestnicy konferencji wyrażali nadzieję na ponowne spotkanie na konferencji za dwa lata.

ZREW Transformatory S.A.

Marcin Błaszczak
dyrektor handlowy ZREW Transformatory S.A.

Firma ZREW Transformatory powstała w Łodzi w 1956 roku i od ponad 60 lat z sukcesami funkcjonuje na rynku. Firma przez lata swojej działalności przechodziła transformacje strukturalne i własnościowe i aktualnie, od 2015 roku, jest częścią branżowej grupy R&S International Holding AG z siedzibą w Sissach w Szwajcarii. W skład grupy, poza firmą ZREW Transformatory, wchodzi następujące podmioty: szwajcarski Rauscher&Stoecklin (olejowe transformatory dystrybucyjne), czeski SERW (produkty wysokiego i średniego napięcia) oraz włoski Tesar (transformatory suche) z fabrykami we Włoszech i Polsce.



przemysłowych takich jak piecowe czy prostownikowe. Wszystkie transformatory spełniają wymagania polskich norm, a także międzynarodowych standardów opartych o IEC lub GOST;

- diagnostykę transformatorów (stan uzwojeń, izolacji, pomiary termowizyjne itp.) oraz, dzięki posiadaniu nowoczesnie wyposażonych



ZREW Transformatory oferuje swoim klientom szeroki zakres produktów, usług i rozwiązań, w tym:

- produkcję nowych transformatorów mocy z zakresu do 125 MVA i 170 KV do pracy w sieciach dystrybucyjnych, transformatorów blokowych współpracujących z generatorami w zakładach produkujących energię elektryczną oraz transformatorów





wysokie kompetencje projektowe i produkcyjne łódzkiej fabryki. Badany transformator ma moc 40 MVA i przeznaczony jest do pracy w sieci o napięciu 110 KV.



żonego laboratorium chemicznego, szeroki wachlarz pomiarów oleju transformatorowego;

- pełny serwis transformatorowy zarówno w miejscu instalacji transformatora, jak i w fabryce (remonty kapitalne, modernizacje, przeglądy i naprawa przełączników zaczeptów, serwis oleju itp.).



Ostatnio firma ZREW Transformatory może pochwalić się niemałym sukcesem. W kwietniu tego roku w renomowanym laboratorium firmy KEMA w Pradze odbyła się próba zwarcia transformatora wyprodukowanego w Łodzi. Jest to procedura wymagana przez kontrakt podpisany ze słowackim zakładem energetycznym, która potwierdziła

DNV·GL

KEMA TYPE TEST CERTIFICATE OF SHORT-CIRCUIT PERFORMANCE

Object	A three-phase oil-immersed three-winding power transformer	5089-18
Type	T3Rc 40000/110	Serial No. 0962
Rated power	40 MVA	
Rated voltage	(110 kV ± 16%) / 23 kV ¹⁾	
Connection symbol	YNyn0/d	
Rated frequency	50 Hz	
	¹⁾ See note ¹⁾ on page 4	
Manufacturer	ZREW Transformatory S.A. Rokicińska 144, 92-412 Łódź, Poland ¹⁾	
Client	ZREW Transformatory S.A. Rokicińska 144, 92-412 Łódź, Poland	
Tested by	KEMA Laboratories Prague Zkušebníctví, a.s., Podnikatelská 547, Prague 9, the Czech Republic	
Date of tests	19 April 2018	

The object, constructed in accordance with the description, drawings and photographs incorporated in this Certificate, has been subjected to the series of proving tests in accordance with


IEC 60076-5:2006 subclause 4.2 (Ability to withstand the dynamic effects of short-circuit)

This Certificate has been issued by DNV GL following exclusively the STL Guides.

The results are shown in the record of proving tests and the oscillograms attached hereto. The values obtained and the general performance are considered to comply with the above standard(s) with respect to the dynamic ability to withstand short-circuits.

This Certificate applies only to the object tested. The responsibility for conformity of any object having the same type references as that tested rests with the Manufacturer:
¹⁾ as declared by the manufacturer

This Certificate consists of 116 pages in total.

Zkušebníctví, a.s.

Robert Jech
Operational Manager

KEMA Laboratories Prague, 31 July 2018

Wpływ zanieczyszczeń stałych i wody na układ izolacyjny transformatora¹

Monika Żurańska, Ryszard Kozak
ZREW Transformatory S.A.

Streszczenie:

W referacie przedstawiono wpływ zanieczyszczeń stałych i wody na układ izolacyjny transformatorów zarówno w przypadku właściwości dielektrycznych olejów transformatorowych (głównie napięcia przebicia i współczynnika strat dielektrycznych oleju $\tan \delta$), jak i wytrzymałości izolacji papierowej. Przedstawiono również sposoby oznaczania cząstek stałych oraz zawartości wody w oleju i w izolacji papierowej.

Jednym z nieodłącznych elementów życia każdego transformatora powinna być ich kompleksowa diagnostyka. Nowoczesne systemy kontroli stanu technicznego transformatorów pomagają wydłużyć czas ich pracy oraz zapobiegać ewentualnym awariom lub wyłączeniu jednostki z ruchu.

Diagnostyka oparta na badaniu oleju elektroizolacyjnego pozwala na wczesne wykrycie defektu transformatora. Jest to metoda bezinwazyjna nie wymagająca wyłączenia jednostki, a jednocześnie dająca możliwość oceny stanu technicznego transformatora.

1. Właściwości dielektryczne oleju transformatorowego

Olej transformatorowy odpowiedzialny jest za zapewnienie dobrej izolacji elektrycznej oraz za odprowadzenie ciepła, będącego konsekwencją różnicy temperatur pomiędzy olejem podgrzanym (część aktywna, uzwojeniami) a olejem schłodzonym (radiatory, chłodnice).

Zatem oleje elektroizolacyjne, które stosujemy w urządzeniach wysokonapięciowych powinny spełniać następujące funkcje:

- izolacyjną,
- chłodzącą,
- substancji chroniącej izolację stałą przed dostępem wilgoci i powietrza,
- substancji ułatwiającej gaszenie łuku elektrycznego,
- wspomagającą ochronę przed korozją,
- wspomagającą wytrzymałość izolacji celulozowych.

Aby te wszystkie funkcje wykorzystać, olej używany w transformatorach musi charakteryzować się pewnymi parametrami. Powinien on mieć:

- dobre właściwości izolacyjne, czyli wysokie napięcie przebicia oraz niską stratność dielektryczną,
- brak zanieczyszczeń takich jak: woda (czy to w formie wolnej czy zdyspergowanej), zanieczyszczenia stałe, rozpuszczone gazy, śladowe ilości metali lub substancje kwaśne,
- proporcjonalnie małą lepkość przyczyniającą się do efektywnego chłodzenia,
- niską temperaturę płynięcia, co pozwala zachować ciągłość pracy nawet w ujemnych temperaturach,
- bardzo dobrą odporność na utlenianie, aby unikać częstej wymiany oleju,
- bardzo dobre właściwości demulgujące, dzięki którym możemy łatwo odseparować pojawiającą się wodę,
- możliwie jak najwyższą temperaturę zapłonu, aby zminimalizować możliwość wystąpienia pożaru.

Stan układu izolacyjnego zarówno oleju, jak i stałej izolacji papierowej, decyduje o czasie życia transformatora. W przypadku transformatorów zaawansowanych wiekowo, nieprawidłowo eksploatowanych, przeciążanych lub po różnych zdarzeniach eksploatacyjnych, np. zwarcia, możemy zaobserwować, że silnie zdegradowany olej (w którym występują już produkty jego rozkładu) wraz z fragmentami zestarzonej izolacji celulozowej mogą tworzyć zawiesinę cząstek stałych osadzającą się w postaci szlamu na uzwojeniach. Powoduje to zmniejszenie odległości między zwojami oraz pogarsza odprowadzanie ciepła. Ciągłe podnoszenie się temperatury na uzwojeniach oraz zwiększanie się stopnia zawiłgocenia izolacji powodują szybszą degradację izolacji celulozowej.



Zdjęcie 1. Próbkę oleju transformatorowego przygotowane do analizy

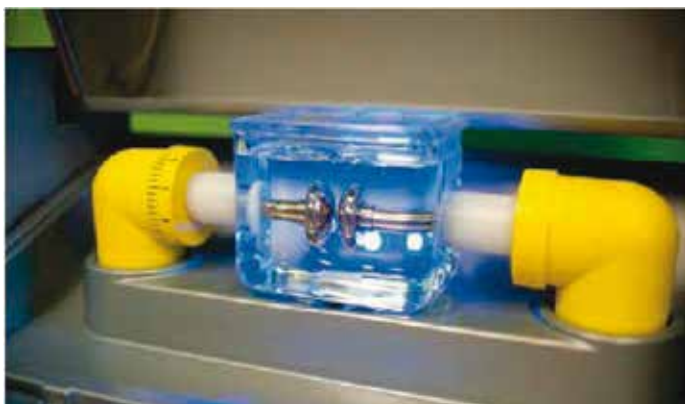
Proces degradacji powoduje pogorszenie parametrów mechanicznych oraz utratę elastyczności (zanik początkowego naprężenia uzwojeń), co z kolei zmniejsza wytrzymałość mechaniczną i odporność na działanie prądów zwarciovych.

Pokrycie warstwą szlamu izolacji uzwojeń oraz innych elementów konstrukcyjno-izolacyjnych osłabia wytrzymałość elektryczną układu izolacyjnego, obniża rezystancję powierzchniową, czyli pogarsza właściwości izolacyjne.

¹ Artykuł opublikowany w materiałach konferencyjnych XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Transformatory Energetyczne i Specjalne” Nowoczesne technologie i eksploatacja, Kazimierz Dolny, 3–5 października 2018 r.

2. Napięcie przebicia

Pomiar napięcia przebicia pozwala uzyskać nam informacje, jakie napięcie elektryczne bez wystąpienia przebicia może wytrzymać badany olej izolacyjny. Pomiar przeprowadzany jest w naczyniu wyposażonym w dwie kuliste elektrody z regulowaną odległością między nimi. Do tego naczynia wlewa się próbkę oleju, a do elektrod przykładane jest napięcie przemiennie, którego wartość jest stopniowo zwiększana aż do momentu przeskoku iskrowego między elektrodami.



Zdjęcie 2. Aparat DTL 100 do pomiaru napięcia przebicia

Napięcie jest wyłączane natychmiast w momencie przebicia. Wartość uzyskana w tym momencie jest naszym wynikiem pomiaru, która podlega ocenie w porównaniu z zalecanymi wartościami określonymi w używanych przez nas normach. Każda norma (w tym przypadku PN-77/E-04408 Materiały elektroizolacyjne ciekłe – Pomiar napięcia przebicia [1]) dokładnie określa parametry wykonywania pomiaru, czyli wielkości i kształt elektrod, odległość między nimi, szybkość, z jaką narasta napięcie, ilość powtórzeń pomiaru i sposób mieszania próbki podczas pomiaru.



Zdjęcie 3. Napełnianie aparatu DTL 100 próbką oleju

Jednym z najłatwiejszych i najszybszych sposobów ustalenia zawartości zanieczyszczeń w oleju izolacyjnym, zwłaszcza w przypadku urządzeń eksploatowanych, jest właśnie pomiar napięcia przebicia. Zanieczyszczenia, które mają wpływ na obniżenie się wartości napięcia przebicia to nic innego jak właśnie woda, zanieczyszczenia stałe (takie jak drobiny przewodzące, brud, śmieci, drobiny nieprzewodzące) oraz produkty uboczne utleniania i starzenia się oleju.

Niska wartość napięcia przebicia wskazuje nam na konieczność wykonania dalszych analiz w celu dokładnego zdiagnozowania problemu. I tak, zawartość wody możemy określić poprzez analizę oleju metodą Karla Fishera, natomiast zawartość cząstek stałych oraz produktów degradacji

izolacji papierowej określamy poprzez analizę pozostałości pofiltracyjnych oleju pod mikroskopem.

3. Współczynnik strat dielektrycznych oleju $tg \delta$

Współczynnik strat dielektrycznych oleju $tg \delta$ jest to iloraz wartości prądów, które płyną w dielektryku po przyłożeniu napięcia przemiennego, czyli prądu czynnego strat I_r oraz prądu pojemnościowego I_c . Zatem $tg \delta$ jest miarą jakości oleju. Dla idealnego dielektryka, który nie posiada strat wynosi zero. Zjawiska takie jak: termiczne starzenie, adsorpcja wody czy zanieczyszczenie pogarszają jakość dielektryka, powodując podwyższenie się wartości jego współczynnika. Jest to zatem jeden z pomiarów wykorzystywany do oceny stanu technicznego układów izolacyjnych, czy to samego oleju, czy całkowitej izolacji papierów-olejowej. Najczęściej wyznaczany jest przy częstotliwości 50 Hz. Norma stosowana w tym oznaczeniu to: PN-EN60247 Ciecze izolacyjne – Pomiar przenikalności elektrycznej względnej, współczynnika strat dielektrycznych ($tg \delta$) oraz rezystywność (2).



Zdjęcie 4. Aparat DTL C do pomiaru współczynnika strat



Zdjęcie 5. Napełnianie aparatu DTL C próbką oleju

4. Wpływ wody oraz zawilgocenia izolacji papierowej na właściwości izolacyjne

Jednym z największych zagrożeń, jakie mogą wystąpić w transformatorze jest zawilgocenie układu izolacyjnego. Może ono wystąpić na skutek nieszczelności kadzi lub w procesie rozpadu włókien celulozy

(izolacji papierowej). W zależności od ilości wody i temperatury panującej w transformatorze, woda może występować w trzech formach:

- wody rozpuszczonej (jest niewidoczna w oleju, który wydaje się być czysty),
- emulsji (pojawienie się mikroskopijnych kropelek wody $\sim 10 \mu\text{m}$, które powodują powstanie mętnej fazy o mlecznej konsystencji),
- wody wydzielonej (w wyniku największego zawilgocenia obserwujemy osadzanie się osobnej warstwy na dnie zbiornika).

Bez względu na to, jaki rodzaj zawilgocenia występuje, znacznie zmniejsza on właściwości izolacyjne oleju. Już przy stężeniu rzędu 0,1% wytrzymałość elektryczna maleje kilkukrotnie.

Kolejną konsekwencją występowania wody jest zagrożenie wystąpienia korozji, szczególnie w miejscach o najniższej temperaturze. Im niższa temperatura oleju, tym względne nasycenie oleju jest najwyższe.

Woda również wpływa na stan izolacji papierowej transformatora. Dzieje się tak dlatego, że woda ciągle migruje pomiędzy celulozą a olejem. Już 2% zawartość wody powoduje 3-krotnie, a 3% – 30-krotnie szybsze starzenie się izolacji papierowej. W efekcie drgań występujących w trakcie pracy transformatora lub na skutek sił mechanicznych towarzyszącym udarom, na mocno zestarzałej izolacji papierowej może zająć zjawisko odpadania jego warstw na dno transformatora. Warstwa papieru, którą pokryte są zwoje zmniejsza się, redukując wytrzymałość elektryczną między uzwojeniami. Utracona część izolacji zostaje zastąpiona cieczą izolacyjną, która ma mniejszą wytrzymałość niż papier.

Kolejną przykrą konsekwencją zawilgocenia, a tym samym degradacji izolacji papierowej jest powstawanie w tym procesie wolnych atomów wodoru. Łączą się one z tlenem tworząc nowe, wewnętrzne źródło wody, napędzając tym samym mechanizm zawilgocenia.

Podsumowując, występowanie wody w układzie izolacyjnym powoduje:

- redukcję napięcia przebicia,
- wzrost współczynnika stratności,
- redukcję rezystancji,
- wzrost dynamiki wyładowań niezupełnych,
- większe prawdopodobieństwo wystąpienia pęcherzyków gazu w cieczy elektroizolacyjnej.

5. Wpływ zanieczyszczeń stałych na właściwości izolacyjne

Normalna eksploatacja transformatorów, mimo podejmowania zabiegów pielęgnacyjnych, nieuchronnie prowadzi do stopniowej degradacji izolacji, a także zanieczyszczenia oleju.

Zanieczyszczenie oleju może być spowodowane między innymi obecnością cząstek stałych. Mogą mieć one pochodzenie wewnętrzne, jak i zewnętrzne.



Zdjęcie 6. Ślady emulsji na części aktywnej transformatora

I tak, zanieczyszczenia wewnętrzne to między innymi:

- cząstki metali i stopów, pochodzące z normalnego zużycia powierzchni trących (klatka wybieraków podobciążeniowego przełącznika zaczepów),
- cząstki elastomerów, pochodzące z uszczelnień,
- cząstki przegród filtracyjnych,
- produkty degradacji oleju oraz izolacji papierowej.

Natomiast zanieczyszczenia zewnętrzne to między innymi:

- kurz (najczęściej krzemionka),
- pyłki kwiatowe, części roślin, owady, czyli wszystkie cząstki pochodzenia organicznego,
- zanieczyszczenia dostające się wraz z dolewkami oleju.

Najczęstszą przyczyną przedostawania się zanieczyszczeń zewnętrznych jest:

- nieszczelność kadzi oraz wszelkich elementów obudowy,
- niewłaściwa wentylacja konserwatora zbiornika oleju,
- niewłaściwe uzupełnianie oleju.



Zdjęcie 7. Ślady emulsji na części aktywnej transformatora

Zanieczyszczenie oleju cząstkami stałymi, które swoje źródło ma wewnątrz układu, po długoletniej eksploatacji może powodować powstanie zawiesiny koloidalnej w oleju elektroizolacyjnym. Kiedy przekroczony zostanie pewien poziom ich koncentracji wytrącają się one na aktywnej części transformatora.



Zdjęcie 8. Ślady emulsji na części aktywnej transformatora

Pojawiająca się w rezultacie tego zjawiska warstwa zanieczyszczeń na elementach wewnętrznych transformatora, która oddziałuje chemicznie i dielektrycznie, powoduje pogorszenie się rezystancji izolacji. Głównym zaś negatywnym skutkiem tego procesu jest pogorszenie się chłodzenia

części aktywnej. Zaobserwować możemy również zmniejszenie się przekroju kanałów olejowych wewnątrz cewek. To zjawisko, plus powstanie warstwy zanieczyszczeń na powierzchniach izolowanych, powodują wzrost temperatury wewnątrz uzwojeń. W konsekwencji czego możemy zaobserwować, wykonując badania DGA, objawy rozległych przegrzań niskotemperaturowych, przy zachowaniu względnie niskiej temperatury oleju i braku wzrostu obciążenia. Jest to kolejna przyczyna bardzo dużego przyspieszenia degradacji termicznej celulozy.

A konsekwencja tego głównie polega na skróceniu jej włókien, co powoduje przede wszystkim pogorszenie parametrów mechanicznych izolacji oraz częściowy spadek wytrzymałości elektrycznej.

6. Sposób oznaczania wody w oleju i izolacji papierowej



Zdjęcie 9. Aparat Coulometr 899 do oznaczania zawartości wody

Do oznaczenia zawartości wody w układzie izolacyjnym stosujemy normę PN-EN 60814 „Ciecze izolacyjne – Papier i preszpan nasyczone olejem Oznaczenie wody za pomocą automatycznego miareczkowania kulometrycznego Karla-Fishera” (3). W oznaczeniu tym stosujemy Coulometr 899. Jest to aparat firmy Metrohm. Pomiar zawartości wody oparty jest o reakcję Karla-Fishera. Metodę tę stosujemy zarówno do analizy oleju, jak i izolacji papierowej. Woda, która jest obecna w badanym materiale, reaguje z roztworem jodu i ditlenku siarki w mieszaninie imidazol/metanol, tzw. Odczynniku Karla Fishera. Objętość tego odczynnika zużyta w reakcji z wodą jest podstawą do określenia zawartości wody w badanej próbce. Zawartość wody w oleju wyznaczana jest w ppm (ang. *Parts per million*). Jednostkę ppm należy rozumieć jako liczbę części wagowych na milion części wagowych. Obrazując to, jeśli olej zawiera 5 ppm wody znaczy to, że aż 5 gramów wody znajduje się w jednej tonie takiego oleju.

W przypadku izolacji papierowej zawartość wody podawana jest jako procent wagowy. Zatem jest to masa wody w stosunku do całkowitej masy próbki izolacji celulozowej.

Tabela 1. Dopuszczalne zawartości wody w oleju transformatorowym w ppm

	Grupa II >2,5 MVA Nie zaliczone do gr. I	Grupa I ≥100 MVA oraz/lub ≥220 kV	Grupa I ≥100 MVA oraz/lub ≥400 kV
Transformatory nowe oddawane do eksploatacji (po montażu)	≤10	≤8	≤6
Transformatory w eksploatacji	≤25	≤15	≤10

W zależności od tego, na jakim etapie życia jest dany transformator oraz do jakiej grupy należy, ma dokładnie określoną dopuszczając zawartość wody w oleju elektroizolacyjnym (tabela 1.) wg zaleceń „Ramowej Instrukcji Eksploatacji Transformatorów” Gliwice 2012 (4).

7. Sposób oznaczania zawartości cząstek stałych

I tu z pomocą przychodzą nam dwie normy:

- PN-ISO 4407 Napędy i sterowania hydrauliczne Zanieczyszczenia cieczy roboczej. Wyznaczanie zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych metoda zliczania za pomocą cząstek stałych (5),
- PN-ISO 4406 Napędy i sterowania hydrauliczne. Ciecze robocze. Metoda kodowania zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych (6).



Zdjęcie 10. Zestaw do filtracji pod ciśnieniem

Oznaczenie to składa się z dwóch etapów. W pierwszej fazie za pomocą filtracji pod ciśnieniem zbieramy osad na sączkach. W dalszej części następuje analiza zanieczyszczeń przy użyciu mikroskopu firmy Opta-Tech (zdjęcie 11.). Mikroskop wyposażony jest w kamerę z możliwością cyfrowej wizualizacji oraz obróbki obrazu próbki.



Zdjęcie 11. Mikroskop Opta-Tech

Jak już wcześniej wspomniano, rodzaje zanieczyszczeń mogą mieć różne pochodzenie, a co za tym idzie, będą się różnić: rodzajem, kształtem, kolorem oraz wielkością. Przykładowe zanieczyszczenia stałe zostały zamieszczone w tabeli 2. (str. 10.) (źródłem jest rozdział 22 – *Nadzór nad stanem maszyny i oleju* Poradnika firmy Total (7).

Na zdjęciach 12÷19 przedstawiono zanieczyszczenia, które mogą występować w oleju:

Tabela 2. Rodzaj, wielkość, charakterystyka, źródła i pochodzenie cząstek stałych w oleju

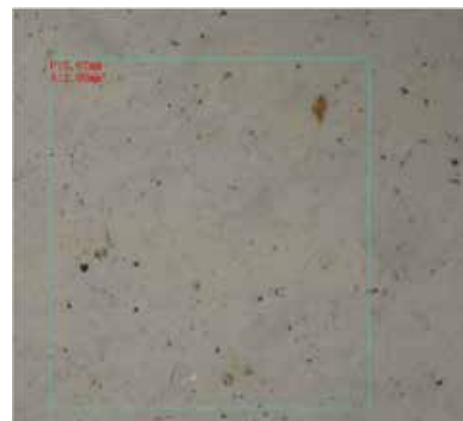
Rodzaj cząstek	Wymiary (mikrometry)	Charakterystyka cząstek	Pochodzenie cząstek
Cząstki pochodzące z normalnego użytkowania	10...20	Regularne kształty, powierzchnia gładka	Normalne zużywanie powierzchni trących
Cząstki zmęczeniowe	50...500	Płaskie łuski o nieregularnych kształtach	Przeciążenie, zmęczenie łożysk
Cząstki zmęczeniowe	5...100	Kuliste	Zmęczenie łożysk, polerowanie szczelin i pęknięć – alarmujący rodzaj zużycia
Cząstki ze zużycia ślizgowego	20...500	Cząstki powstające przy bardzo małych lub bardzo dużych prędkościach poślizgu	Zużywanie powierzchni zębów kół zębatych
Cząstki ściernie	60...600	Wióry	Rysowania powierzchni ostrymi krawędziami (pęknięcia, wyszczerbienia)
Cząstki blaszkowe	20...500	Powierzchnia płaska, grube	Zużycie łożysk – rzadkie zjawisko
Czerwone tlenki metali	20...1000	Kształt dowolny, dość grube	Korozja, degradacja dodatków pod wpływem wody
Czarne tlenki metali	20...500	Kształt dowolny, nieregularne	Problemy z temperaturą pracy oleju
Produkty utleniania oleju	50...1000	Kształt dowolny, dowolna grubość	Degradacja oleju pod wpływem temperatury i powietrza, krystaliczne działanie metali
Włókna o strukturze organicznej	-	Poskręcane i pozwijane włókienka	Migracja materiału przegrody filtracyjnej
Zanieczyszczenia mineralne	10...50	Kryształki krzemionki	Zanieczyszczenia pochodzenia zewnętrznego
Zanieczyszczenia organiczne	20...100	Cząstki wydłużone i zaokrąglone	Polimeryzacja składników oleju lub zanieczyszczenia zewnętrzne
Cząstki różne	-	Dowolny kształt zależnie od pochodzenia	Lakier, szklivo, pasty uszczelniające, drewno, guma, skóra i inne



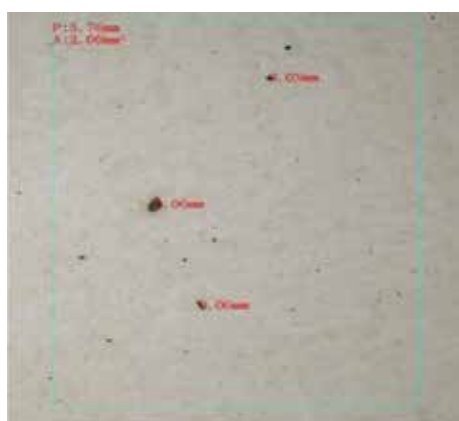
Zdjęcie 12. Zanieczyszczenia oleju świeżego



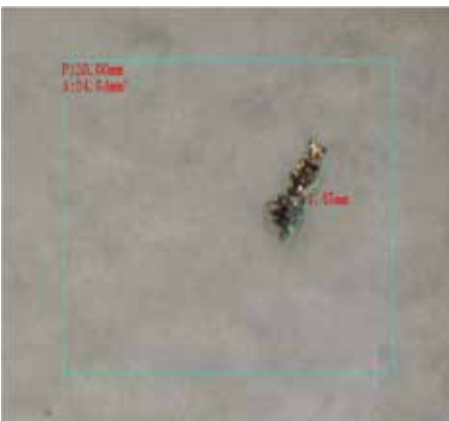
Zdjęcie 14. Zanieczyszczenia pochodzenia organicznego



Zdjęcie 16. Zanieczyszczenia w oleju wymagającego filtracji



Zdjęcie 13. Zanieczyszczenia oleju po rocznej eksploatacji



Zdjęcie 15. Zanieczyszczenia pochodzenia metalicznego



Zdjęcie 17. Zanieczyszczenia usunięte z oleju podczas obróbki



Zdjęcie 18. Zanieczyszczenia usunięte z oleju podczas obróbki



Zdjęcie 19. Pozostałości śrutu w oleju

8. Podsumowanie

Na długość życia każdego transformatora wpływa wiele czynników, ale najważniejszym i najmniej kosztownym jest dobra diagnostyka, a szczególnie oleju możliwość wykonania badania bez wyłączenia transformatora z ruchu. Pozwala ona na wczesne wykrywanie, a tym samym

usuwanie, problemów powstających podczas pracy transformatorów. Dlatego tak ważne jest dbanie o prawidłowy poziom zawilgocenia całej izolacji transformatora oraz stopień zanieczyszczenia cząstkami stałymi oleju, co efektywnie wydłuży nam czas eksploatacji transformatora.

9. Literatura

- [1] PN-77/E-04408 Materiały elektroizolacyjne ciekłe – Pomiary napięcia przebicia.
- [2] PN-EN 60247 Ciecze izolacyjne – Pomiar przenikalności elektrycznej względnej, współczynnika strat dielektrycznych (tg delta) oraz rezytywność.
- [3] PN-EN 60814 Ciecze izolacyjne – Papier i preszpan nasyczone olejem. Oznaczanie wody za pomocą automatycznego miareczkowania kulometrycznego Karla –Fishera.
- [4] „Ramowa Instrukcja Eksploatacji Transformatorów”, Gliwice 2012.
- [5] PN-ISO 4407 Napędy i sterowania hydrauliczne. Zanieczyszczenia cieczy roboczej. Wyznaczanie zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych metodą zliczania za pomocą cząstek stałych.
- [6] PN-ISO 4406 Napędy i sterowania hydrauliczne. Ciecze robocze. Metoda kodowania zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych.
- [7] Rozdział 22 – Nadzór nad stanem maszyny i oleju. Wiedzieć więcej – Poradnika firmy Total.
- [8] Dombek G., Nadolny Z., Przybyłek P. *Wpływ zawilgocenia cieczy elektroizolacyjnej na sprawność układu chłodzenia transformatora*. Electrical Engineering, 2016.
- [9] Łopatkiewicz R., Nadolny Z., Przybyłek P. *Wpływ zawilgocenia izolacji papierowej na jej przewodność cieplną*. Przegląd Elektrotechniczny, 2010.
- [10] Słowikowski J. *Kryteria zawilgocenia mineralnego oleju w transformatorze*. Elektroenergetyka, 2011.
- [11] Subocz J., Szrot M. *Identyfikacja obecności osadów w izolacji transformatorów energetycznych*. PAK, 2011.
- [12] Jaroszewski M. *Biodegradowalne oleje transformatorowe*. Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITTEL, 2016.
- [13] Skowron A., Kozak R. *Rola badań olejów elektroizolacyjnych w wykrywaniu defektów w transformatorze*.

Wybrane metody monitoringu w transformatorach mocy¹

Patryk Jęcek, Krzysztof Kowalczyk
ZREW Transformatory S.A.

Streszczenie:

Awaria transformatora jest tym, czego producenci i dystrybutorzy energii chcieliby na pewno uniknąć. Stały monitoring transformatora pozwala na ocenę jego stanu i zaplanowanie ewentualnych napraw, zanim dojdzie do awarii.

¹ Artykuł opublikowany w materiałach konferencyjnych XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Transformatory Energetyczne i Specjalne” Nowoczesne technologie i eksploatacja, Kazimierz Dolny, 3–5 października 2018 r.

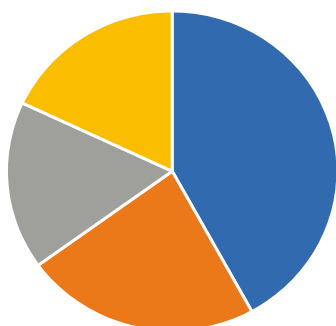
Referat przedstawia niektóre metody monitoringu transformatora, takie jak pomiar temperatury uzwojeń metodą modelu cieplnego oraz poprzez system światłowodowy. Opisane zostaną także metody oceny stanu transformatora – analizując zawartość gazów w oleju (tzw. metoda DGA) oraz sposoby badania przepustów izolatorowych.

1. Wstęp

Niezawodność transformatorów mocy jest jednym z najważniejszych aspektów prawidłowej pracy sieci energetycznej. Z tego powodu użytkownik transformatora oczekuje niezawodnej jego pracy lub stałej kontroli nad stanem technicznym. Z punktu widzenia praktycznego

niezawodna praca jest niemożliwa, więc na rynku można zaobserwować coraz większy popyt na urządzenia do monitoringu transformatora.

Z analizy rynku krajowego [1] stworzono rysunek 1. przedstawiający główne przyczyny awarii.



■ Uzwojenia ■ Przepusty ■ Przełącznik zaczeptów ■ inne

Rys. 1. Statystyki uszkodzeń w transformatorze, opracowano według [1]

Aż w 65 procentach awarii przyczyną są uzwojenia bądź przepusty izolatorowe. O ile w przypadku tych ostatnich naprawa często wiąże się z ich wymianą, co trwa stosunkowo niedługo, o tyle awaria uzwojeń oznacza remont całego transformatora. Zaczęto zatem stosować rozmaite formy monitoringu w celu zapobiegania awariom oraz pozwalające ustalić jego stan i czas do następnego remontu/wymiany.

2. Monitoring temperatur elementów składowych transformatora

Jedną z podstawowych i najstarszych metod nadzorowania stanu transformatora olejowego jest pomiar/monitoring temperatur różnych jego elementów składowych. Najczęściej monitoruje się temperatury: oleju, rdzenia i uzwojeń. W tym celu transformatory wyposaża się w różnorodne termometry i czujniki temperatury. I tak, w przypadku oleju stosuje się termometry manometryczne, bimetaliczne, czujniki rezystancyjne, a w ostatnich latach również czujniki światłowodowe. W przypadku rdzenia stosuje się czujniki rezystancyjne i czujniki światłowodowe. Tak więc, w przypadku oleju i rdzenia możliwy jest bezpośredni pomiar temperatur przy pomocy wymienionych termometrów. Zmierzona temperatura oleju i rdzenia może być przekazywana bezpośrednio (czujniki rezystancyjne, np. Pt100) lub dzięki odpowiednim przetwornikom (np. 4–20 mA) do systemów telemechaniki, AKPiA, SCADA, itp.

Z kolei dla pomiaru temperatury uzwojeń stosuje się generalnie dwa możliwe rozwiązania:

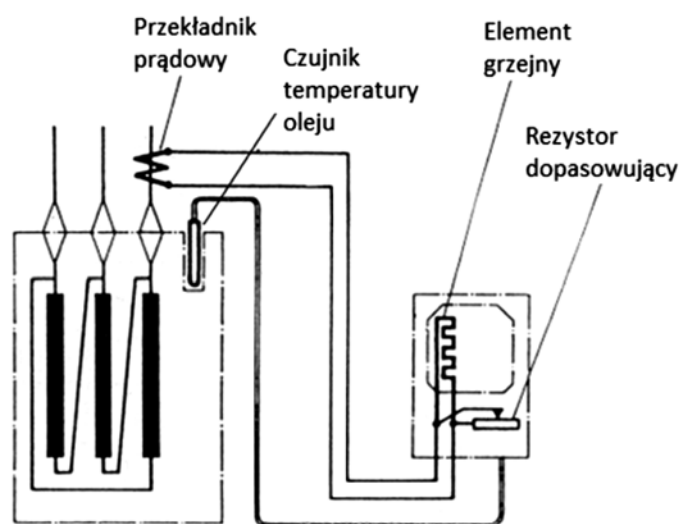
1. pomiar pośredni z wykorzystaniem odmiany termometrów manometrycznych lub czujników rezystancyjnych współpracujących z odpowiednio dobranym przekładnikiem prądowym odwzorowującym prąd obciążenia transformatora – tzw. modele ciepłe;
2. pomiar bezpośredni z wykorzystaniem światłowodowych czujników temperatury – metoda ta jest dostępna/stosowana od kilku lat na polskim rynku transformatorów olejowych.

Każda z powyższych metod pomiaru temperatury uzwojeń ma swoje wady i zalety.

Metoda pośrednia opiera się o pomiar temperatury oleju, która następnie korygowana jest dzięki znajomości prądu obciążenia transformatora. Jest to sposób wykorzystywany w popularnie stosowanych termometrach temperatury uzwojeń (ang. *Winding Temperature Indicator* – WTI). Urządzenie mierzy w czasie rzeczywistym temperaturę oleju poprzez

umieszczony w kieszeni termometrycznej czujnik połączony z kapilarą, a następnie podwyższa tę temperaturę poprzez podgrzewanie prądem dostarczonym z przekładnika prądowego zamontowanego na jednej zasilających transformator faz. Prąd z przekładnika jest proporcjonalny do prądu obciążenia transformatora. Większy prąd płynący przez przekładnik oznacza wyższą temperaturę uzwojeń. Na etapie prób transformatora (po tzw. próbie cieplnej) obliczona zostaje różnica pomiędzy temperaturą uzwojeń a oleju, co służy do dobrania odpowiedniej wartości rezystora dopasowującego.

W ten sposób modeluje się temperaturę uzwojenia – stąd termometry te nazywane są również modelami cieplnymi (ang. *thermal image*, *thermal replica*).



Rys. 2. Schemat modelu cieplnego do pomiaru temperatury uzwojeń, wg [7]

Zaletą tej metody jest mniejszy koszt urządzeń koniecznych do zainstalowania na transformatorze.

Oczywistą wadą jest mniejsza dokładność – temperatura uzwojeń jest modelowana, a nie mierzona.

Podobnie jak w przypadku termometrów oleju i rdzenia, dzięki odpowiednim przetwornikom temperatura może być przekazana do odpowiednich systemów nadzoru.

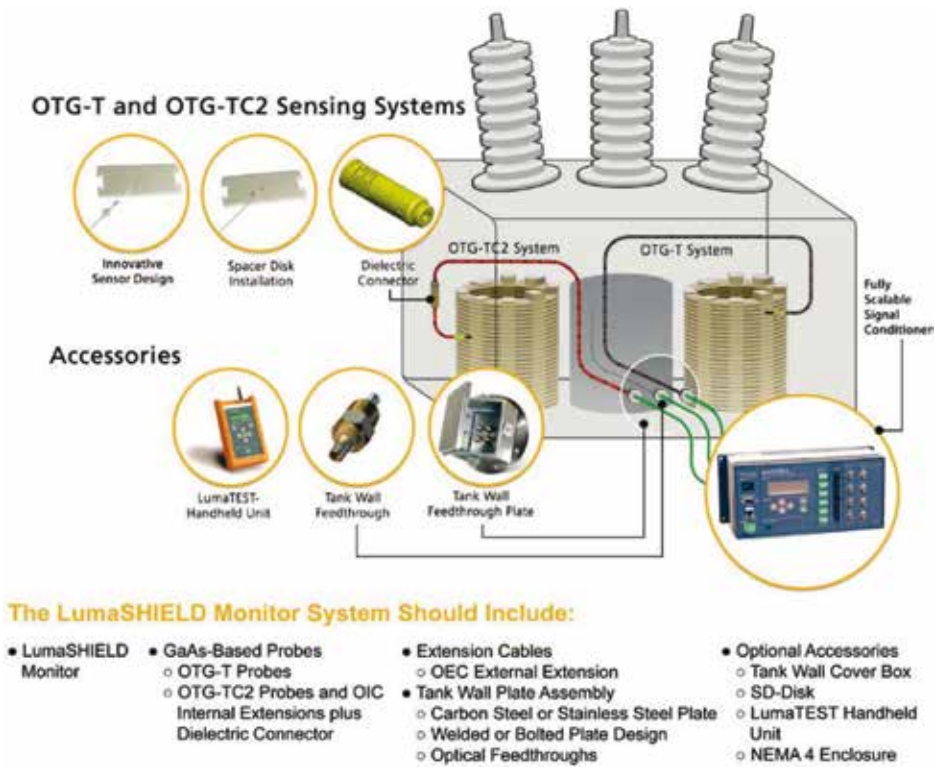
Metoda bezpośrednia opiera się o wykorzystanie światłowodowych czujników temperatury.

Ponieważ czujniki światłowodowe wykonane są całkowicie z materiałów izolacyjnych, możliwe jest ich zainstalowanie bezpośrednio nawet w uzwojeniach GN transformatora. Jeden z producentów systemów światłowodowych, we współpracy z jednym z wiodących producentów elementów izolacyjnych do transformatorów, przetestował pozytywnie zastosowanie czujników w transformatorach o napięciu znamionowym do 220 kV. Równocześnie czujniki te, jak już wspomniano, mogą mierzyć temperaturę oleju, rdzenia i otoczenia, co umożliwia stworzenie kompletnego systemu monitoringu temperatur wszystkich elementów transformatora.

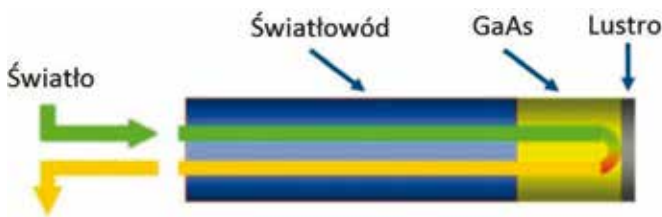
Grafika na rys. 3. przedstawia ukończenie całego systemu światłowodowego pomiaru temperatur transformatora.

Kompletny system składa się z światłowodowych czujników temperatur zamontowanych w uzwojeniach, kadzi i rdzeniu, które za pośrednictwem przepustów optycznych i światłowodów zewnętrznych podłączone są do miernika. Przepusty optyczne są zamontowane w specjalnej płycie montażowej na zewnątrz pokrywy transformatora i zabezpieczone skrzynką ochronną. Miernika (sterownik PLC) zamontowany jest w szafie sterowniczej lub skrzynce zaciskowej zabezpieczeń transformatora.

Schemat czujnika światłowodowego pokazanego na rysunku 4.

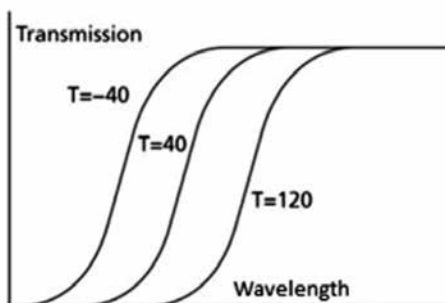


Rys. 3. Ukompletowanie światłowodowego systemu pomiaru temperatur transformatora na przykładzie systemu firmy LumaSens Technologies wg [8]



Rys. 4. Schemat czujnika światłowodowego firmy Fiso Energy, wg [2]

Zasada działania czujnika polega na absorpcji światła widzialnego przez półprzewodnikowy kryształ arsenku galu pod wpływem temperatury – wraz z jej wzrostem absorbowana jest inna długość fali, co pokazuje rysunek 5.



Rys. 5. Zasada działania czujnika światłowodowego firmy Fiso Energy

Ta metoda pomiaru temperatur uzwojeń cechuje się dużą dokładnością i pozwala monitorować temperaturę w wielu punktach. Dzięki temu możemy monitorować temperatury uzwojeń każdej fazy po każdej stronie transformatora. Przykładowo w przypadku transformatora 3-uzwojeniowego (3-systemowego, tj. o napięciach GN, SN i DN) typowo montuje się 9 czujników: po jednym w uzwojeniu każdego napięcia i każdej fazy. Dodając do tego czujniki temperatur oleju, rdzenia i otoczenia można uzyskać kompletny system temperaturowego monitoringu transformatora.

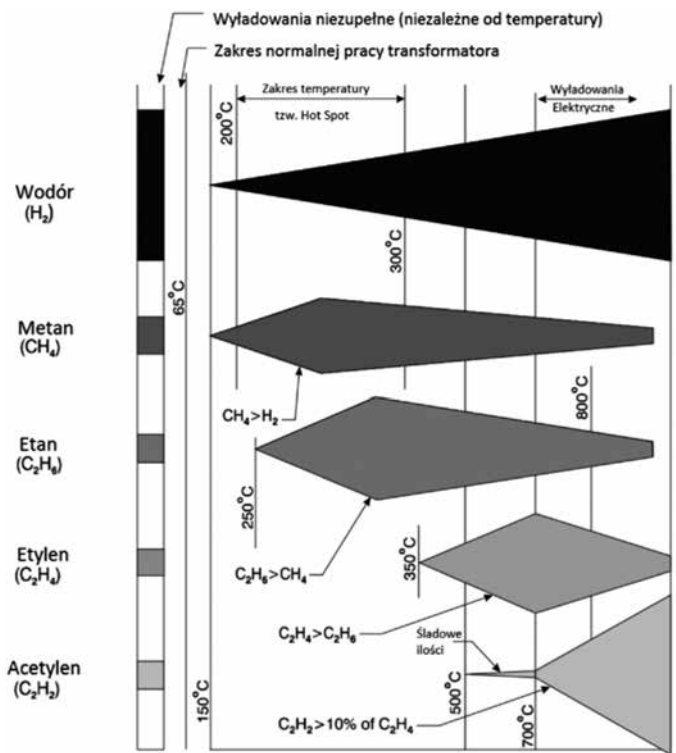
tor. Miernik (sterownik PLC) nie tylko umożliwia transmisję informacji o temperaturach do sytemu nadzoru, ale może również sterować pracą układu chłodzenia transformatora. Powyższe zalety są okupione, niestety, wysoką ceną systemu.

3. Analiza gazów zawartych w oleju transformatorowym

Jednym z najpopularniejszych sposobów pozwalających przewidzieć usterkę transformatora jest analiza oleju, w którym zanurzona jest część aktywna. W wyniku wzrostu temperatury wewnątrz kadzi powyżej dopuszczalnych wartości wydzielają się w oleju określone gazy. Ich zakres przedstawia rysunek 6.

Na rysunku pierwsza kolumna przedstawia wyładowania niepełne. Jest to lokalne przebicie elektryczne części izolacji elektrycznej wynikające z wysokiego napięcia i jest niezależne od temperatury. Śladowe ilości powyższych gazów nie są zatem zagrożeniem.

Jeśli pojawiają się tzw. gorące punkty, czyli Hot Spots, o temperaturze powyżej 150°C, występujące często w przypadku zablokowania kanału olejowego, zaobserwujemy wzrost zawartości wodoru, metanu oraz etanu. Jeśli dojdzie do wyładowań elektrycznych świadczących o degradacji izolacji, pojawi się także etylen oraz acetylen.



Rys. 6. Zależność temperatury wewnątrz kadzi od wydzielanych gazów, wg [4]

W celu określenia ryzyka awarii transformatora stworzono standard IEEE kategoryzujący wydzielone gazy. Tabela 1. przedstawia dopuszczalne wartości dla każdego ze stanów.

Tabela 1. Dopuszczalne zawartości gazów w oleju wyrażone w ppm, wg [5]

Stan	Wodór (H ₂)	Metan (CH ₄)	Acetylen (C ₂ H ₂)	Etylen (C ₂ H ₄)	Etan (C ₂ H ₆)	Tlenek węgla (CO)	Dwutlenek węgla (CO ₂)	TDCG
I	100	120	35	50	65	350	2500	720
II	101-700	121-400	36-50	51-100	66-100	351-570	2500-4000	721-1920
III	701-1800	401-1000	51-80	101-200	101-150	571-1400	4001-10000	1921-4630
IV	>1800	>1000	>80	>200	>150	>1400	>10000	>4630

Warto w tym punkcie wyjaśnić skrót TDCG – *Total Dissolved Combustible Gas*, czyli całkowita ilość gazów łatwopalnych zawartych w oleju. Jest to suma wszystkich gazów w tabeli, oprócz dwutlenku węgla, gdyż jest on gazem niepalnym. Wyjaśnienia dla poszczególnych stanów:

- stan I: Zawartość gazów w oleju nie budzi zastrzeżeń;
- stan II: Podwyższona ilość łatwopalnych gazów w oleju. Zaleca się dochodzenie przyczyn takiej sytuacji;
- stan III: Wysoki stopień rozkładu oleju, a także izolacji papierowej. Występuje duże prawdopodobieństwo uszkodzeń w części aktywnej. Należy przeprowadzić natychmiastowe akcje wyjaśniające przyczynę tego stanu;
- stan IV: Krytyczne wartości gazów łatwopalnych w oleju. Należy niezwłocznie wyłączyć transformator, a dalsza praca jednostki grozi całkowitym uszkodzeniem.

Oprócz ilości gazów ważne jest także tempo ich narastania. W praktyce może okazać się, że transformator znajduje się w stanie I, ale narastanie gazów odbywa się szybko, należy więc dochodzić przyczyn takiej sytuacji (tabela 2.).

Od pewnego czasu istnieje możliwość ciągłego monitoringu ilości gazów w oleju, co pozwala lepiej określić tempo wzrostu TDCG.

Tabela 2. Zakres podejmowanych działań w przypadku występowania gazów w oleju, wg [4]

Stan	TDCG (ppm)	Tempo wzrostu TDCG (ppm/ dzień)	Częstotliwość pobierania próbek	Zalecenia
IV	>4630	>30	Dzienna	Zaleca się odstawienie jednostki od dalszej pracy oraz kontakt z producentem.
		10-30	Dzienna	
		<10	Tygodniowa	
III	1921 –4630	>30	Tygodniowa	Zachować szczególną ostrożność. Dokonać analizy stężenia poszczególnych gazów.
		10-30	Tygodniowa	
		<10	Miesięczna	
II	721 –1920	>30	Miesięczna	Zachować ostrożność. Dokonać analizy stężenia poszczególnych gazów. Dokonać analizy wpływu obciążenia.
		10-30	Miesięczna	
		<10	Kwartalna	
I	<721	>30	Miesięczna	Zachować ostrożność. Dokonać analizy stężenia poszczególnych gazów. Dokonać analizy wpływu obciążenia.
		10-30	Kwartalna	
		<10	Roczna	Kontynuować normalną pracę.

Tabela 3. Diagnoza uszkodzeń według metody Rogersa

Nr	Rodzaj uszkodzenia	R2 C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	R1 CH ₄ /H ₂	R3 C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	Opis uszkodzenia
0	Brak	<0,1	0,1-1	<1	Normalne starzenie się transformatora
1	Wyładowania niezupełne o małej energii	0,1-1	<0,1	<1	Wyładowania powstałe w pęcherzykach gazów, spowodowane miejscowymi ubytkami czynnika izolującego lub niezachowaniem odpowiednich odległości izolacyjnych. Możliwe też powstawanie kawitacji (z pomp oleju) lub wysokie stężenie wilgoci (pęcherzyki pary wodnej).
2	Wyładowania niezupełne o dużej energii	0,1-1	<0,1	<1	Jak wyżej, ale dodatkowo może prowadzić do degradacji izolacji papierowej przez iskrzenie lub łuki elektryczne, co generuje tlenek węgla (CO) oraz dwutlenek węgla (CO ₂).
3	Wyładowania łukowe o niskiej energii, iskrzenie	>1	0,1-1	>1	Długotrwałe iskrzenie w oleju powstałe w wyniku wadliwych połączeń wewnątrz transformatora (np. źle uziemiony ekran), uszkodzenie izolacji stałej pomiędzy uzwojeniami.
4	Wyładowania łukowe o dużej energii	0,1-3	0,1-1	>3	Wyładowania łukowe o dużej mocy powstałe pomiędzy uzwojeniami lub cewkami a uzziemieniem. Możliwe także iskrzenie w przełączniku zaczepek a co za tym idzie przedostawanie się oleju z komory przełącznika do głównego zbiornika.
5	Przegrzanie, poniżej 150°C	<0,1	0,1-1	1-3	Przegrzanie izolowanych przewodów, zazwyczaj związane z degradacją celulozy i wytwarzaniem CO oraz CO ₂ . Zauważalne ilości etylenu.
6	Przegrzanie, pomiędzy 150°C-300°C	<0,1	>1	<1	Miejscowe przegrzania rdzenia spowodowane prądami wirowymi. Wadliwe połączenie uzwojeń z przełącznikiem lub przepustami. Przegrzania na stykach przełącznika zaczepek. Powstawanie 'hot-spotów' w uzwojeniach, ale także w rdzeniu. Silne iskrzenia spowodowane nieodpowiednimi odległościami izolacyjnymi.
7	Przegrzanie, pomiędzy 300°C -700°C	<0,1	>1	1-3	
8	Przegrzanie powyżej 700°C	<0,1	>1	>3	

W przypadku podwyższonego stanu gazów, opracowana została metoda Rogersa pozwalająca wstępnie zidentyfikować naturę nieprawidłowości. Należy użyć trzech wskaźników:

- wskaźnik R1 = CH_4/H_2 ,
- wskaźnik R2 = C_2H_2/C_2H_4 ,
- wskaźnik R3 = C_2H_4/C_2H_6 .

Przy czym należy przyjąć, że do pomiaru można wykorzystać ilość gazu dziesięciokrotnie wyższą od możliwości detekcji chromatografu. Zazwyczaj większa zawartość gazów w oleju oznacza wyższe prawdopodobieństwo prawidłowego określenia przyczyny usterki (tabela 3.).

Przykład: analiza oleju wykazała obecność następujących gazów, wg [6]

Tabela 4. Wyniki DGA oleju dla transformatora 30 MVA przedstawione w ppm

H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	CO	CO ₂	TCDCG
43,1	322,6	246,8	485,4	0	68,5	408,5	64,0	892,3	1638,9

Analiza zgodnie z tabelą 1. wykazuje podwyższoną zawartość gazów łatwopalnych, zatem obliczamy ilorazy:

- iloraz R2: $0/485,4 \approx 0$,
- iloraz R1: $322,6/43,1 \approx 7,5$,
- iloraz R3: $485,4/246,8 \approx 2$.

Z tabeli 3. możemy wywnioskować, że doszło do uszkodzenia nr 7, czyli przegrzanie pomiędzy 300°C a 700°C. Po wykonaniu rewizji wewnętrznej stwierdzono przegrzanie styków zmieniaacza przełącznika zaczepów.

4. Badanie i monitoring przepustów izolatorowych

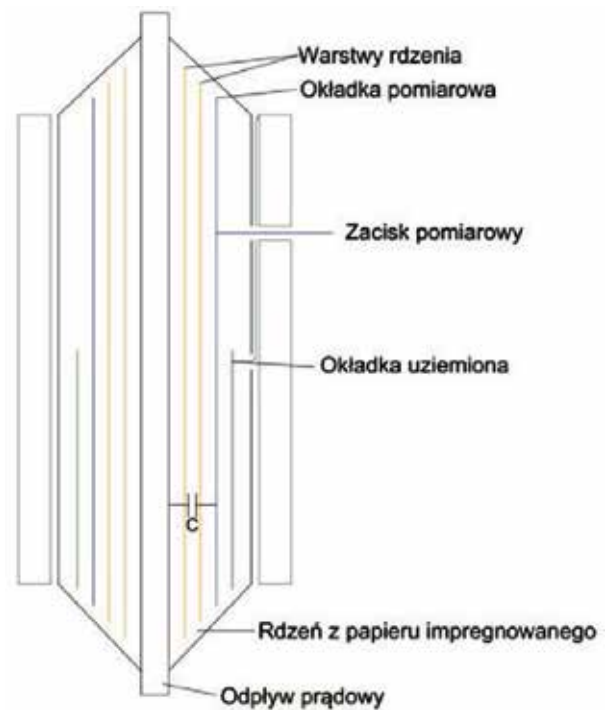
Z rysunku 1. wynika, że jedną z najczęstszych przyczyn awarii są przepusty izolatorowe. Najczęściej na polskim rynku wykorzystywane są przepusty wykonane w technologii OIP, czyli głównym czynnikiem izolującym jest olej.

W przypadku awarii gazy wytrącają z oleju na skutek wyładowań elektrycznych często powodują eksplozję izolatora, co jest początkiem pożaru całego transformatora. Dlatego w przepustach montowane są zaciski umożliwiające pomiar współczynnika strat dielektrycznych ($tg \delta$) oraz pojemności pomiędzy okładkami izolatora. Mamy także możliwość pobrania próbek oleju. Rysunek 7. przedstawia przekrój przepustu w części pomiarowej [6].

Zmiany zachodzące w przepuście takie jak: zawilgocenie, przebicie części warstw rdzenia lub duża ilość gazów w oleju spowodują zmianę zarówno $tg \delta$, jak i pojemności C. W przypadku wykorzystania tej metody pomiaru na włączonym transformatorze stosuje się pomiar względny, czyli odniesiony do innego izolatora lub izolatorów, najczęściej tego samego transformatora. Zakładamy tutaj, że jednakowe uszkodzenia na wszystkich izolatorach i to w jednym czasie są bardzo mało prawdopodobne.

Przy interpretacji wyników należy pamiętać o tym, że $tg \delta$ jest zależny od temperatury. Producenci w specyfikacjach swoich produktów podają wykresy zmiany strat dielektrycznych w funkcji temperatury.

Oprócz wyżej przeprowadzonych badań ważne jest przeprowadzenie analizy oleju zawartego w przepuście, podobnie jak w przypadku analizy oleju transformatorowego poprzez gazy charakterystyczne można określić przyczynę uszkodzenia. Tabela 5. informuje o akceptowalnych wartościach gazów w oleju w ppm [6].



Rys. 7. Przekrój izolatora przepustowego

Tabela 5. Akceptowalne wartości gazów zawartych w oleju izolatorowym w ppm

Wodór (H ₂)	Metan (CH ₄)	Acetylen (C ₂ H ₂)	Etylen (C ₂ H ₄)	Etan (C ₂ H ₆)	Tlenek węgla (CO)	Dwutlenek węgla (CO ₂)
140	40	2	30	70	1000	3400

Jeśli jedna lub więcej z tych wartości zostanie znacząco przekroczona, należy przeanalizować tabele 6. oraz 7. dające prawdopodobną przyczynę podwyższonej ilości gazów [6].

Tabela 6. Gazy generowane przy uszkodzeniach przepustów izolatorowych

Nr przypadku	Gazy kluczowe	Opis uszkodzenia	Uszkodzenia charakterystyczne
1	H ₂ , CH ₄	Wyładowania w kawernach wypełnionych olejem na skutek nieprawidłowej impregnacji lub wody w oleju	Wyładowania niezupełne
2	C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂	Źle połączone elementy powodują ciągłe iskrzenie	Wyładowania o dużej energii
3	H ₂ , C ₂ H ₂	Wyładowania przejściowe lub nieustalony potencjał powodują sporadyczne iskrzenie	Wyładowania o małej energii
4	C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆	Przegrzanie odpływu w izolatorze	Przegrzanie oleju
5	CO, CO ₂	Przegrzanie przewodu dotykającego papier, przegrzanie z powodu strat dielektrycznych	Przegrzanie izolacji papierowej

Tabela 7. Wartości stosunków stężeń i ich znaczenie

Stosunek stężeń	Wartość	Uszkodzenia charakterystyczne, patrz tabela 6.
H_2/CH_4	>13	Wyładowania niezupełne, przypadek 1
C_2H_4/C_2H_6	>1	Przegrzanie oleju, przypadek 4
C_2H_2/C_2H_4	>1	Wyładowania o dużej i małej energii, przypadek 2 i 3
CO_2/CO	>20 lub <1	Przegrzanie izolacji papierowej, przypadek 5

Stosunek $C_2H_2/H_2 >1$ może być oznaką przypadku 2.
Stosunek $H_2/\sum C_n H_m >30$ ($n=1, 2; m=2, 4, 6$) może być oznaką generowania wodoru poprzez działanie materiałów na siebie, nie musi wskazywać na uszkodzenia elektryczne.

Producenci w swoich specyfikacjach produktów także wyszczególniają graniczne wartości zawilgocenia dla prawidłowego działania przepustu. Zwykle jest to 20 ppm.

5. Podsumowanie

Powyżej opisane sposoby pomiaru kondycji transformatora oraz jego podzespołów umożliwiają wydłużenie czasu eksploatacji oraz uniknięcie ewentualnych awarii. Od właściciela zależy, czy badania będą przeprowa-

dzane w sposób ciągły, czy okresowy, jednak najmniejsze ryzyko awarii występuje przy pomiarze w sposób ciągły, jednocześnie nie wymusza wyłączenia transformatora. Ponadto monitoring pozwala zamodelować przypuszczalny czas starzenia się elementów izolacji wewnątrz kadzi oraz prawdopodobne usterki, a te, bez odpowiednich czujników, byłyby niewykrywalne aż do momentu poważnej awarii.

6. Bibliografia

- [1] Jan Kapinos, Tadeusz Glinka, Bronisław Drak, „Przegląd Elektrotechniczny”, ISSN 0033-2097, R. 90 NR 1/2014.
- [2] Fiso Energy FR katalog produktu.
- [3] B. C. Lesieutre, W. H. Hagman, J. L. Kirtley Jr., *An Improved Transformer Top Oil Temperature Model for Use In An On-Line Monitoring Diagnostic System*. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No. 1, January 1997.
- [4] FIST 3-30 Facilities Instructions, Standards and Techniques, Transformer Maintenance, United States Department of The Interior Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, Oct. 2000 r.
- [5] IEEE Standard C57.104-1991 Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil Immersed Transformers.
- [6] Zbigniew Szymański, *Badania odbiorcze transformatorów*, Łódź, 2016.
- [7] Paweł Kopański, *Monitoring pracy transformatorów najwyższych mocy*, Warszawa, 2013.
- [8] LumaSHIELD Brochure Rev. 06/26/14, LumaSens Technologies, Inc.

Wpływ źródeł oświetlenia LED na współczynnik mocy¹

Stanisław Galla

Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Katedra Metrologii i Optoelektroniki Politechniki Gdańskiej,

Mirostaw Włas

Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Katedra Automatyki Napędu Elektrycznego i Konwersji Energii Politechniki Gdańskiej

Streszczenie:

W artykule przedstawiono częściowe wyniki pomiarów mocy w nowo powstałym obiekcie przeznaczonym pod działalność naukowo-badawczą oraz biurową. Obiekt ten charakteryzował się znacznym wykorzystaniem tanich opraw oświetleniowych LED. Dodatkowo w izolowanej sieci zasilania wykonano

badania dostępnych komercyjnie układów oświetleniowych LED dla przypadku zasilania ich napięciem odkształconym. Wykonane pomiary i badania wskazują na znaczący wpływ małych odbiorników energii na całkowity współczynnik mocy oraz na jego zależność od poziomu występujących w sieci zasilania zaburzeń mało częstotliwościowych.

1. Wstęp

Praca różnorodnych systemów elektroenergetycznych i elektronicznych w warunkach występowania harmonicznych napięć i prądów stanowi ważny aspekt różnorodnych prac zarówno użytkowych, jak i badawczych. Wiąże się on z minimalizacją niekorzystnych oddziaływań wyższych harmonicznych na różne elementy infrastruktury elektroenergetycznej. Występowanie różnorodnych zaburzeń elektromagnetycznych występujących w dostarczanej energii elektrycznej wiąże się głównie z rozwijającymi się masowo metodami przetwarzania na inne użytkowe jej formy. Zarówno dostawcy energii elektrycznej, jak i jej konsumenci wymagają, aby miała ona odpowiednią jakość.

Jakość energii elektrycznej z reguły jest określana na podstawie pomiarów przyjętych parametrów odniesionych do przyjętych uregu-

¹ Artykuł opublikowany w materiałach konferencyjnych X Krajowego Sympozjum Kompatybilności Elektromagnetycznej w Elektrotechnice i Elektronice, 18.10.2018 r. Łódź.

lowań prawnych i norm. Dodatkowo dostawcy energii na podstawie zawieranych umów nierzadko ograniczają możliwość pobierania mocy biernych z sytemu elektroenergetycznego. Określenie obowiązujących parametrów jakościowych energii elektrycznej dostarczanej odbiorcom w poszczególnych grupach przyłączeniowych podano w „rozporządzeniu systemowym” [7], wprowadzając znaczne obciążenia finansowe dla odbiorców energii, którzy nie dotrzymują przyjętych warunków. W szczególności dotyczy to odbiorców wprowadzających do sieci moc bierną pojemnościową.

W ramach istniejącego na Politechnice Gdańskiej Laboratorium Inteligentnej Energetyki LAB-6, przy współudziale Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej, wykonywane są prace związane zarówno z kompatybilnością elektromagnetyczną, jak i zagadnieniami dotyczącymi pomiarów i jakości energii elektrycznej w różnorodnych obiektach.

Wykonywane w ostatnim okresie pomiary wskazują na zmianę występującej dotychczas tendencji. Oprócz występującego rozszerzenia spektrum zaburzeń harmonicznymi następuje zmiana charakteru obciążeń z mocy biernej indukcyjnej na pojemnościową. Skutkuje to koniecznością wprowadzania kompensacji mocy biernej pojemnościowej. Zaobserwowane zmiany dotyczą obiektów nowych, wyposażanych zarówno w oświetlenie o charakterze jarzeniowym, jak i źródła oświetlenia LED. Przeprowadzone inwentaryzacje wykazują, niestety, iż nierzadko na obiektach tych znalazły masowe zastosowanie najtańsze źródła światła LED w postaci tzw. żarówek LED.

Masowe wprowadzenie oświetlenia LED, poza spodziewanym dalszym spadkiem zapotrzebowania na pobieraną moc czynną, może skutkować wprowadzaniem dodatkowych zaburzeń związanych z poborami prądów niesinusoidalnych, pogorszeniem współczynnika mocy (PF) oraz wzrostem mocy biernej pojemnościowej, co zostało przedstawione m.in. w pracach [1–5]. Dodatkowe dane dotyczące podstawowych informacji o ich zastosowaniu znajdują się m.in. w opracowaniach [10–14]. Ponadto w szeregu opracowaniach [15–17] przedstawiono dane dotyczące bezpieczeństwa użytkowania oświetlenia opartego o źródła LED i pojawiające się zagrożenia związane ze stosowaniem tej technologii.

Zdaniem autorów, parametrami pozwalającymi dobrze zdefiniować dany obiekt są:

- współczynnik zawartości harmonicznych THD w napięciu zasilania (oznaczany THD_U),
- indywidualne poziomy składowych harmonicznych napięcia,
- moc czynna (P), pozorna (S), bierna (składowych podstawowych) (QV), nieaktywna (N) wyznaczone zgodnie z [4],
- współczynnik mocy (PF) oraz $\cos(\varphi)$.

Wszystkie parametry powyższe powinny być wyznaczone zgodnie z zaleceniami zawartymi m.in. w normach [18–19]. Ocenie poddano oddziaływanie źródła światła na sieć zasilającą w zakresie:

- poboru mocy zarówno czynnej, pozornej, biernej;
- współczynnika mocy.

Nominalne wartości powyższych parametrów wyznaczone powinny być przy zasilaniu napięciem nieodkształconym. W artykule zaprezentowano wybrane pomiary i badania przeprowadzone na obiektach przemysłowych oraz badania laboratoryjne wybranych małych źródeł oświetlenia (poniżej 25 W).

2. Obiekt badań i zastosowany układy pomiarowy

Pomiary przeprowadzone w zakładzie oznaczonym „obiekt nr 1” wykonywano na nowo otwieranym budynku składającym się z dwóch

kondygnacji, przeznaczonych pod biura i laboratoria badawcze o niskiej intensywności.

Całkowita powierzchnia użytkowa budynku wynosiła $\sim 1000 \text{ m}^2$. W czasie prowadzenia badań na obiekcie pracowało ~ 30 osób. Zidentyfikowane wyposażenie obiektu składało się głównie z rozproszonych obciążeń w postaci komputerów. W obiekcie nie zainstalowano żadnej specjalistycznej aparatury mogącej mieć wpływ na pobór mocy. Oszacowane całkowite zapotrzebowanie na moc, włącznie z pracującymi urządzeniami klimatyzacyjnymi, określone było na poziomie $\sim 20 \text{ kW}$ (zgodnie z umową moc zamówiona maksymalna wynosi 40 kW). Zasilanie obiektu było wykonane w oparciu o własną abonencką stacją transformatorową o mocy 250 kVA . Podstawowe oświetlenie na obiekcie jest realizowane za pomocą opraw jarzeniowych wspomaganych przez znaczną liczbę tanich opraw oświetleniowych dostosowanych do montażu popularnych źródeł oświetlenia LED małych mocy.

Badania przedstawione w pracy zostały przeprowadzone na niektórych ze zidentyfikowanych źródeł oświetlenia LED występujących na „obiekcie nr 1”. Wszystkie pomiary mocy przeprowadzono miernikiem typu PQ - BOX 200 [20] w czasie ich normalnego funkcjonowania.

3. Układ pomiarowy zastosowany do testów źródeł oświetlenia LED

Do badań wybranych źródeł oświetlenia małych mocy w izolowanym układzie zasilania zastosowano system pomiarowy przedstawiony na rys. 1. Wykorzystano w nim zasilacz programowalny Chroma 61503 [21], umożliwiający generację napięć przemiennych o zadanej zawartości harmonicznych. W skład systemu pomiarowego wchodziły dodatkowo: sonda napięciowa R&S RT - ZD 01, prądowa ALCL - 40 D, oscyloskopu RIGOL 1102 D, miernika PQ - BOX 200, kamery termowizyjnej VIGOCam v.50 z polem wzorcowym. Do badań w izolowanym środowisku zasilania wytypowano źródła oświetlenia małej mocy (LED, jarzeniowe) o deklarowanych mocach rzędu $10 \text{ W} - 14 \text{ W}$. Pomiary wykonywano na nowych źródłach, które przepracowały wcześniej 100 h przy zasilaniu nieodkształconym napięciem 230 V . Badania wykonywano przez okres co najmniej 120 min gwarantujący osiągnięcie stabilności temperaturowej badanych obiektów, w temperaturze otoczenia $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.



Rys. 1. Schemat ideowy zastosowanego systemu pomiarowego [8]

W tabeli 1. podano podstawowe dane techniczne deklarowane przez producentów na opakowaniach lub obudowach testowanych źródeł oświetlenia.

Tabela 1. Deklarowane parametry źródeł światła małych mocy

Producent	Oznaczenie w pracy	Moc	Strumień świetlny	Napięcie pracy	Współczynnik PF
-	-	[W]	[lm]	[V]	-
Pila	E 1	14	1521	220 ÷ 240	ND*
Philips	E 2	13	1521	220 ÷ 240	ND*
Kobi	E 3	10	810	230	0,5
Osram	E 4	29	1300	220 ÷ 240	>0,5

Źródła oświetlenia LED, źródło oświetlenia jarzeniowe

* ND – wartość niezadeklarowane przez producenta

W tabeli 2. podano wartości poszczególnych testów, jakim poddawano badane źródła oświetlenia. Jako poziom odniesienia przyjęto badanie oznaczone test T1, w którym źródła oświetlenia były zasilane napięciem pozbawionym zaburzeń harmonicznych. Dla testów T2, T3 i T4 wartości poziomów zaburzeń harmonicznymi napięcia zostały dobrane arbitralnie. Wszystkie pomiary prowadzono przy poziomie składowej podstawowej (50 Hz) wynoszącej 230 V. Wartości wszystkich harmonicznych w zakresie od 14. harmonicznej do 40. harmonicznej wynosiły 0%. Wartości wprowadzanych zaburzeń harmonicznych podano w procentach w stosunku do wartości składowej podstawowej. Podano również wartość współczynnika zawartości harmonicznych w napięciu THD_U.

Tabela 2. Zastosowane poziomy testowe w badaniach źródeł oświetlenia

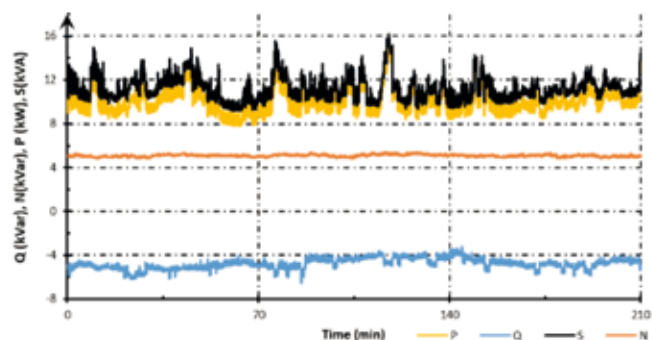
Rząd harmonicznej	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Kod badania	T1	T2	T3	T4
3	0,0%	3,0%	5,0%	8,0%/90°
5	0,0%	3,0%	6,0%	8,0%
7	0,0%	2,0%	5,0%	8,0%/90°
9	0,0%	1,5%	1,5%	0,0%
11	0,0%	1,0%	3,5%	0,0%
13	0,0%	1,0%	3,0%	0,0%
THD	0%	5,1%	10,5%	13,9%

– gdzie 90° oznacza przesunięcie o kąt 90° względem składowej podstawowej U₁

Badania przyrostów temperatury (ΔT_{AV}) źródeł światła zrealizowano poprzez rejestrację ich termogramów za pomocą kamery termowizyjnej VIGOCAM v.50 oraz wzorcowego źródła odniesienia o znanym współczynniku emisyjności (ϵ) umieszczonego w polu widzenia kamery. Takie podejście pozwalało na minimalizację wpływu zmienności współczynnika emisyjności (ϵ) badanego obiektu, którego znajomość jest konieczna do wyznaczenia temperatury. Podawane w pracy średnie przyrosty temperatury (ΔT_{AV}) powierzchni obserwowanej wyznaczano względem wzorcowego źródła odniesienia. Pomiary zmian przyrostów temperatury (ΔT_{AV}) źródeł oświetlenia wykonywano w celu weryfikacji zachowania się tego typu odbiorników w przypadku zasilania napięciem silnie odkształconym [6].

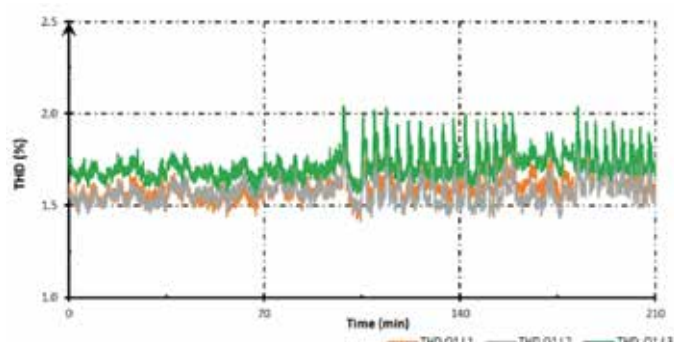
4. Wynik pomiarów obiektu laboratoryjno-biurowego

W rys. 2. przedstawiono zarejestrowane przebiegi zmienności mocy (czynnej P, pozornej S, biernej Q, nieaktywnej N) zarejestrowane na obiekcie nr 1.



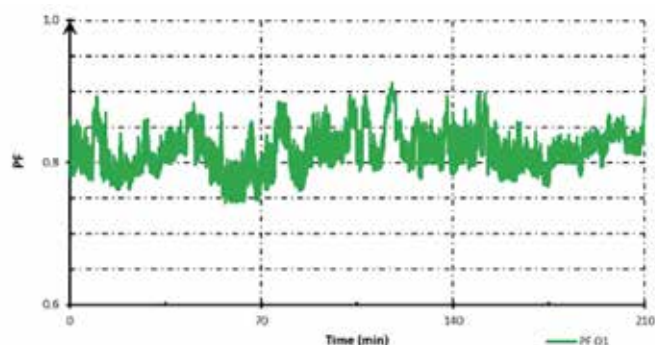
Rys. 2. Pomiary mocy na obiekcie nr 1

Badany obiekt nr 1 charakteryzował się mocą bierną pojemnościową na poziomie 6 kVar. Na rys. 3. przedstawiono zarejestrowane maksymalne wartości współczynnika THD_U (w napięciu zasilania) dla poszczególnych faz L 1 do L 3. Zarejestrowane wartości mieszczą się w przedziale około 2%, co zdaniem autorów należy uznać za typowy poziom zaburzeń.

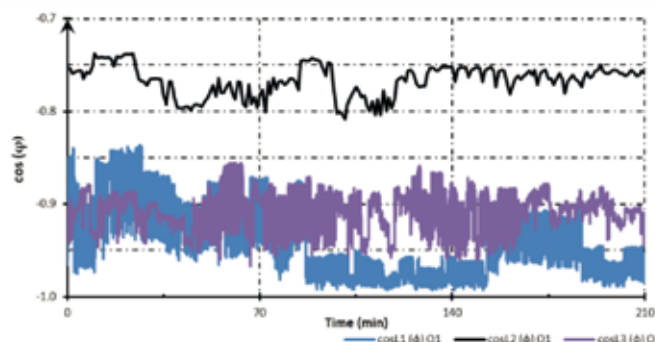


Rys. 3. Zarejestrowane wartości THD na obiekcie nr 1

Na rys. 4. przedstawiono zarejestrowane wartości całkowitego współczynnika mocy PF. Wartość współczynnika $\cos(\varphi)$ w poszczególnych fazach L 1 do L 3 przedstawiono na rys. 5.



Rys. 4. Zarejestrowane wartości współczynnika mocy (PF)

Rys. 5. Zarejestrowane wartości $\cos(\varphi)$

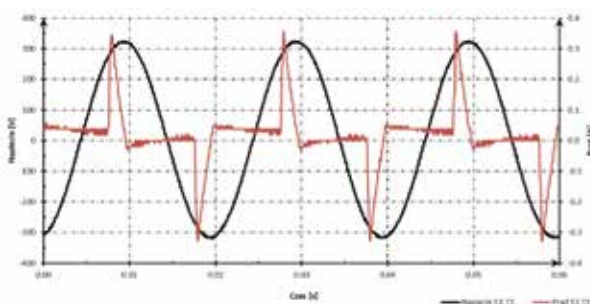
5. Wyniki pomiarów źródeł oświetlenia

W tabeli 3. podano zestawienie wyników pomiarów podstawowych parametrów elektrycznych i średnich przyrostów temperatury ΔT_{AV} otrzymanych dla badanych źródeł oświetlenia przy różnych poziomach występujących zaburzeń harmonicznymi w napięciu zasilania.

Tabela 3. Wybrane wyniki pomiarów podstawowych parametrów źródeł oświetlenia małych mocy

Oznaczenie / Kod testu	P	Q	PF	CF	ΔT_{AV}
	[W]	[var]	-	-	[°C]
E 1 / T 1	14,19	-21,49	0,56	3,58	56,0
E 1 / T 2	14,12	-20,96	0,58	3,43	56,1
E 1 / T 3	14,27	-26,81	0,50	3,53	56,2
E 1 / T 4	14,19	-26,93	0,50	3,82	57,5
E 2 / T 1	13,26	-21,35	0,50	3,16	64,0
E 2 / T 2	13,12	-20,40	0,51	2,89	64,2
E 2 / T 3	13,14	-26,59	0,40	4,35	64,8
E 2 / T 4	13,31	-21,35	0,40	4,31	65,1
E 3 / T 1	9,66	-15,85	0,50	3,30	67,3
E 3 / T 2	9,59	-15,16	0,50	2,97	66,9
E 3 / T 3	9,68	-20,37	0,40	4,45	70,1
E 3 / T 4	9,85	-20,97	0,40	4,34	71,8
E 4 / T 1	16,08	-21,18	0,60	2,53	59,61
E 4 / T 2	15,82	-20,95	0,60	2,54	59,42
E 4 / T 3	15,39	-25,27	0,50	3,42	61,23
E 4 / T 4	17,94	-28,27	0,51	3,05	61,91

Na rysunku 6. przedstawiono typowy dla badanych źródeł światła chwilowy przebieg napięć i prądów dla badanego źródła światła oznaczonego E1 (producent Philips). Uzyskane wyniki wskazują, iż źródła światła o małej mocy charakteryzują się znacznym poborem mocy biernej, a tym samym niskim współczynnikiem mocy. Dodatkowo należy zauważyć, iż moc ma charakter pojemnościowych oraz współczynnik mocy ulega dalszemu zmniejszeniu w przypadku pracy z napięciem silnie odkształconym.



Rys. 6. Przebieg napięć i prądów chwilowych na badanym źródle światła E1

Równocześnie należy zauważyć, iż wyznaczone przyrosty średnie temperatury są niewielkie w przypadku zasilania ich napięciem silnie odkształconym.

6. Wnioski

Przedstawione problemy wydają się wspólne dla nowo powstających bądź modernizowanych obiektów, na których zastosowano oświetlenie źródła LED. Przeprowadzane pomiary wskazują, iż masowe zastoso-

wanie energooszczędnych źródeł oświetlenia LED zmniejsza zapotrzebowanie na moc czynną. Jednakże w przypadku stosowania najtańszych rozwiązań małych mocy, układy te mogą się stać dodatkowym źródłem zaburzeń. Pomiary pojedynczych źródeł oświetlenia LED małych mocy wskazują, iż mamy do czynienia w ich przypadku ze spadkiem współczynnika mocy (PF) do wartości około 0,5 oraz wzrostem współczynnika szczytu (CF). Masowe ich zaimplementowanie w obiekcie w znaczący sposób obniża całościowy współczynnik mocy. Dodatkowo, w przypadku dalszego wzrost poziomu zaburzeń harmonicznymi napięcia, należy się spodziewać równoczesnego spadku wartości współczynnika mocy.

Równocześnie na obiektach występuje, ze względu na charakter konstrukcji źródeł oświetlenia, konieczność kompensacji mocy biernej pojemnościowej. Skutkiem braku takiej kompensacji dla obiektów przemysłowych jest pojawienie się dodatkowych opłat za wprowadzanie energii biernej pojemnościowej.

Dodatkowo przeprowadzone badania pozwalają wnioskować o wprowadzenie wymagań dotyczące minimalnych współczynników mocy dla oświetleniowych źródeł LED małych mocy (poniżej 25 W). Ponieważ przy masowym ich stosowaniu mogą znacząco wpływać na obiekt. Autorzy proponują, aby wprowadzić wymóg stosowania w małych źródłach światła LED współczynnika mocy o wartości większej niż 0,9, tak jak dla układów wyższych mocy. Miałoby to charakter prewencyjny. Niestety, będzie się to na pewno wiązało ze wzrostem ich ceny. Takie rozwiązania są obecnie dostępne na niektórych rynkach [22]

7. Bibliografia

- [1] Dolara A., Leva S. 2012. "Power Quality and Harmonic Analysis of End User Devices". *Energies*, 5(12), pp. 5453–5466.
- [2] Molina J., Mesas J. J., Mesbahi N., Sainz, L. 2017. "LED Lamp Modelling for Harmonic Studies in Distribution Systems". *Transmission Distribution IET Generation*, 11(4), pp. 1063–1071.
- [3] Zoba A. F., Abdel Aleem S. H. E. 2014. "A New Approach for Harmonic Distortion Minimization in Power Systems Supplying Nonlinear Loads". *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), pp. 1401–1412.
- [4] Peretto L., Tinarelli R., Rovati L., Bernabei M. 2017. "On the Behavior of LED Lamps under Non-Sinusoidal Voltage Conditions". *2017 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*, pp. 1–6.
- [5] "Power Quality Problems with Industrial LED Lighting" [Online]. Available: <http://www.ecmweb.com/power-quality-reliability/uncovering-pq-problems-industrial-led-lighting> [Accessed: 10-Jan-2018].
- [6] Wlas M., Galla S. 2018. "The Influence of LED Lighting Sources on the Nature of Power Factor". *Energies*, 11(6).
- [7] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 04.05.2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, Dz. U. nr 93, poz. 623, 2007.
- [8] Tan S. T., Sun X. W., Demir H. V., Den Baars S. P. 2012. "Advances in the LED Materials and Architectures for Energy-Saving Solid-State Lighting Toward #x201C;Lighting Revolution #x201D". *IEEE Photonics Journal*, 4(2), pp. 613–619.
- [9] Aman M. M., Jasmon G. B., Mokhlis H. Bakar, A. H. A. 2013. "Analysis of the Performance of Domestic Lighting Lamps". *Energy Policy*, 52, pp. 482–500.
- [10] Gayral B. 2017. "LEDs for Lighting: Basic Physics and Prospects for Energy Savings". *Comptes Rendus Physique*, 18(7), pp. 453–461.
- [11] Wiśniewski A. 2017. "Lampy LED nowej technologii – zamienniki żarówek tradycyjnych i halogenowych". *Przegląd Elektrotechniczny*, 1(12), pp. 291–294.
- [12] Ptak P., Górecki K., Zarębski J. 2017. "Układy zasilające stosowane w lampach LED". *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 93, nr 3.

- [13] Salvadori G., Fantozzi F., Rocca M., Leccese F. 2016. "The Energy Audit Activity Focused on the Lighting Systems in Historical Buildings". *Energies*, 9(12).
- [14] Khan N., Abas Kalair N. 2011. *Comparative Study of Energy Saving Light Sources*.
- [15] Behar-Cohen F., Martinsons C., Viénot F., Zisis G., Barlier-Salsi A., Cesarini J. P., Enouf O., Garcia M., Picaud S., Attia D. 2011. "Light-Emitting Diodes (LED) for Domestic Lighting: Any Risks for the Eye?". *Progress in Retinal and Eye Research*, 30(4), pp. 239–257.
- [16] Bellia L., Bisegna F., Spada G. 2011. *Lighting in Indoor Environments: Visual and Non-Visual Effects of Light Sources with Different Spectral Power Distributions*.
- [17] Bellia L., Bisegna F., Spada G. 2011. *Lighting in Indoor Environments: Visual and Non-Visual Effects of Light Sources with Different Spectral Power Distributions*.
- [18] 2010. "IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions". IEEE Std 1459-2010 (Revision of IEEE Std 1459-2000), pp. 1–50.
- [19] PN-EN 50160:2010+A1:2015 [Online]. Available: <https://wiedza.pkn.pl>. [Accessed: 21-Apr-2018].
- [20] TD_PQ-Box 200_en_160506.Pdf. [Online]. Available: https://www.a-eberle.de/sites/default/files/media/TD_PQ-Box%20200_en_160506.pdf [Accessed: 21-Apr-2018].
- [21] 61500-Acsource.Pdf. [Online]. Available: <http://www.chromausa.com/pdf/61500-acsource.pdf> [Accessed: 21-Apr-2018].
- [22] PF_Factor_california. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/2a03/8b20e758b6d60f050ae18746ca413dbaa48b.pdf> [Accessed: 10-Jan-2018].

Polski przemysł energetyczny i elektrotechniczny w Łodzi w okresie tworzenia niepodległego państwa polskiego

Andrzej Boroń
Oddział Łódzki SEP

W tym roku obchodzimy jubileusz 100-lecia odzyskania, po 123 latach rozbiorów, niepodległości przez naszą Ojczyznę. Przy takiej „okrągłej” rocznicy Oddział Łódzki SEP stara się przekazać historię łódzkiej elektryki i energetyki, nierozzerwalnie związanych z dziejami Łodzi i z tworzeniem po latach rozbiorów nowej rzeczywistości. Historię tę częściowo, ale aż do dnia dzisiejszego, przekazaliśmy we wcześniejszych artykułach [4]. Tutaj przypominamy najważniejsze fragmenty i uzupełnienia.

Elektrycy polscy kierowali się zawsze ideą postępu. Już na Ogólnopolskim Zjeździe Elektrotechników w Warszawie w dniach 7, 8 i 9 czerwca 1919 r., na którym zostało powołane do życia Stowarzyszenie Elektrotechników Polskich, podjęto między innymi znamienne uchwały o upaństwowieniu komunikacji telefonicznej, w sprawie upaństwowienia źródeł energii i w sprawie wywłaszczenia gruntów pod budowę elektrowni i linii elektrycznych. W 1929 r., na progu ciężkiego okresu gospodarczo-ekonomicznego, zdając sobie sprawę z niemocy ówczesnego rządu, z braku inicjatywy w kierunku rozbudowy przemysłu, elektrycy polscy zrzeszeni w SEP postanowili sprawy rozwoju przemysłu elektrotechnicznego i energetyki wziąć w swe ręce. Plany te, wykonywane w ramach pracy społecznej członków SEP, tylko częściowo mogły być wprowadzone w życie; na przeszkodzie pełnej ich realizacji stanął wówczas brak środków finansowych i brak zrozumienia i pomocy ze strony rządu. W 1937 r. elektrycy polscy brali czynny udział w I Kongresie Inżynierów we Lwowie

i razem z innymi rzucili hasło o konieczności m.in. wprowadzenia nowych, postępowych metod i środków ratowania gospodarki narodowej wobec grożącego bankructwa, wreszcie o konieczności oparcia gospodarki narodowej na metodach planowania.

Ale wróćmy na łódzkie realia.

Łódź od połowy XIX wieku do końca lat osiemdziesiątych XX wieku była potentatem w dziedzinie włókiennictwa, nie tylko w Polsce. Przemysł włókienniczy dominował w naszym mieście i tylko nieliczne firmy zajmowały się innymi dziedzinami techniki. Mówiąc o przemyśle związanym z elektryką przypomnimy trzy zakłady, które istnieją do dziś, albo precyzyjniej, na bazie których powstały istniejące dziś firmy – Veolia Energia Łódź S.A., ABB Fabryka Transformatorów i Fabryka Transformatorów w Żychlinie. Te trzy firmy – elektrownia łódzka i dwie fabryki transformatorów – były w okresie budowy państwa polskiego po rozbiorach wiodącymi w przemyśle energetycznym (elektrownia łódzka była największą elektrownią zawodową w Polsce w 1939 roku), a fabryki transformatorów zaopatrywały nie tylko polską energetykę w transformatory światowej klasy. Nie oznacza to, że po I wojnie światowej w Łodzi nie istniały inne firmy związane z branżą elektrotechniczną. Była też duża fabryka kabli w Rudzie Pabianickiej czy kilkadziesiąt małych firm zajmujących się instalacjami elektrycznymi. Ale w rzeczywistości do dziś istnieją tylko te trzy.

Nim rozpoczniemy omawianie pierwszych lat po odzyskaniu niepodległości w 1918 roku, wróćmy do faktów, które miały miejsce wcześniej i dotyczyły powstania przemysłu elektrotechnicznego na świecie. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XIX stulecia w Europie i Ameryce odnotowuje się przewrót techniczny – poza wprowadzaniem udoskonalonych technologii, zapoczątkowane zostają zmiany w dziedzinie energetyki. Zmiany te szybko docierają do Łodzi. W tym okresie

każdy większy łódzki zakład przemysłowy posiada już własny kompleks urządzeń energetycznych. W skład takiego kompleksu wchodzi: kocioł parowy oraz maszyna parowa, gdzie energia cieplna jest przetwarzana w mechaniczną. Zmiany w energetyce są wielostronne. Powstają pierwsze silniki spalinowe i gazowe, turbiny parowe, turbiny wodne.

Poza węglem kamiennym, surowcem energetycznym staje się ropa naftowa i gaz. Karierę zaczyna robić energia elektryczna. W 1882 roku powstaje pierwsza na świecie o znaczeniu praktycznym elektrownia prądu stałego wybudowana dla celów publicznych. Buduje ją w Nowym Jorku genialny amerykański samouk – wynalazca i biznesmen, właściciel ponad 5000 patentów – Thomas Alva Edison. Elektrownia ta, z napędem parowym, zasilala 1284 żarówki. Wynalazcą żarówki z bańką próżniową był angielski wynalazca (a jednocześnie idealista) Joseph Wilson Swan, który w 1878 roku opatentował wynalazek. T. A. Edison był sprytniejszy, tylko go zmodyfikował i w 1879 r. opatentował. Geniusz Edisonsa przejawiał się nie tylko w dziedzinie nowych rozwiązań technicznych, ale przede wszystkim w ich upowszechnianiu i przeniesieniu na grunt przemysłowy. Do swojej firmy o nazwie Edison Electric Light Company zaprosił wielu amerykańskich finansistów i w 1878 roku ją otworzył. Zademonstrowane podczas wystawy światowej w Paryżu w 1881 roku kompleksowe rozwiązanie oświetleniowe, pozwoliło na utworzenie wspomnianej wcześniej elektrowni i rozpowszechnienie patentu – żarówki.

Na ziemiach polskich w 1875 roku w kopalni „Czeladź” zostaje uruchomiona pierwsza prądnica elektryczna. Zastosowanie prądu przemiennego umożliwia przesyłanie energii elektrycznej na większe odległości. Powstają pierwsze elektrownie miejskie: w 1893 roku w Bielsku i we Lwowie oraz okręgowa (w 1898r.) w Chorzowie. Na terenach Królestwa Polskiego pierwsze elektrownie miejskie powstają: w 1901 roku w Radomiu, w 1902 roku w Warszawie i w 1905 roku w Krakowie.

Najwcześniejsze bodaj wzmianki o wytwarzaniu w Łodzi elektryczności zamieścił „Dziennik Łódzki” w 1886 roku: *Oświetlenie elektryczne zyskuje coraz większe zastosowanie w znaczniejszych zakładach naszego miasta. Niedawno wspominaliśmy o urządzeniach elektrycznych w zakładach scheiblerowskich, dokonywanych przez p. Lenczewskiego w Warszawie. Obecnie dowiadujemy się, że oświetlenie elektryczne zaprowadzono w zakładach firmy Schwarz, Birnbaum i Löw oraz w farbiarni i apreturze p. Juliusza*

Heinzla (firma Schwarz mieściła się przy ulicy Tylnej, a Juliusza Heinzla przy ul. Piotrkowskiej). Ludwik Meyer, z zainstalowanej prądnicy z napędem gazowym, od 1887 r. oświetlał należącą do niego ulicę wraz z pałacami i kamienicami (dziś ulica Moniuszki). Kamienice zostały wybudowane dla władz gubernialnych (Rosjan), którzy mieli przybyć do Łodzi z Piotrkowa. Ludwik Meyer postanowił wykorzystać sytuację, że „powiatowa” Łódź, wielokrotnie większa od gubernialnego Piotrkowa, wreszcie zostanie miastem na miarę swej wielkości. Niestety, tak się nie stało. Rosjanie jednak nie przybyli i w końcu kamienice zasiedlili głównie przybyli do Łodzi bogaci niegdyś rzemieślnicy, a teraz mieszczaństwo – Niemcy, Holendrzy, Żydzi, Czesi, Francuzi, Szwajcarzy i Włosi.

Obok stosunkowo niewielkich elektrowni fabrycznych i prywatnych generatorów małej mocy, największą elektrownię w Łodzi uruchomiono dla zasilenia sieci tramwajów elektrycznych (zbudowanej na terenie ich pierwszej zajezdni przy ul. Tramwajowej), które ruszyły 23 grudnia 1898 roku. W tym czasie oświetlenie elektryczne znajdowało się już praktycznie we wszystkich pałacach łódzkich fabrykantów – milionerów (na przełomie XIX i XX wieku Łódź była miastem kilkuset fabryk i stu kilkudziesięciu pałaców i bogatych kamienic – siedzib fabrykanckich).

Powstanie elektrowni miejskiej

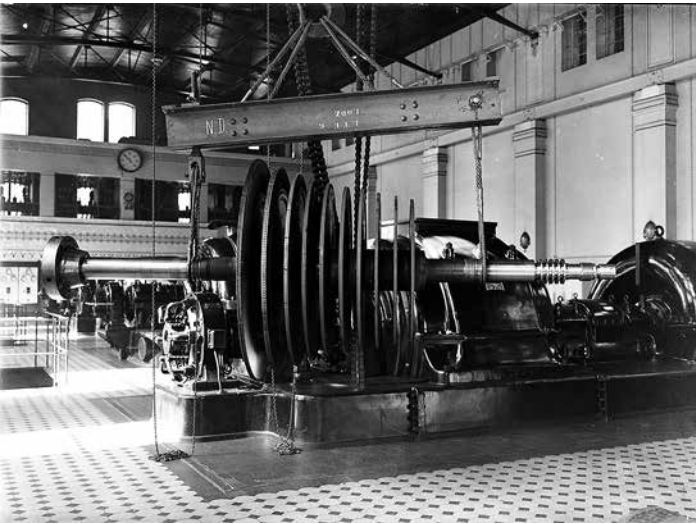
Starania o budowę elektrowni miejskiej w Łodzi czyniło niemieckie Towarzystwo Akcyjne „Siemens & Halske” już w 1895 roku. Był to potentat na europejskim rynku energetyki. Firma, założona przez wybitnego konstruktora von Wernera Siemens i równie genialnego mechanika Johanna Halske, szybko stała się wiodącą na rynku energetycznym. Ale w Łodzi miała konkurenta – grupę kapitałową fabrykantów łódzkich pod przewodnictwem Juliusza Kunitzera. Do grupy tej należeli najwięksi przemysłowcy łódzcy: Scheibler, Heinzl, Geyer, Grohmann oraz Anstadt. Juliusz Kunitzer – łódzki przemysłowiec (bawełna; tzw. Widzewska Manufaktura), lider łódzkiego środowiska wielkiego kapitału w ostatnim ćwierćwieczu XIX w., działacz gospodarczy był m.in. „ojcem” łódzkiej komunikacji tramwajowej – miejskiej i podmiejskiej i znanym społecznikiem.

Towarzystwo „Siemens & Halske” swoje starania czyniło, patrząc pod względem skutków, nieudolnie – zamiast zgłosić się „drogą formalną”



Elektrownia Łódzka – lata trzydzieste. Widok od strony południowo-zachodniej

do łódzkiego magistratu, rozpoczęło rozmowy z generał-gubernatorem Szuwałowem, co zaskutkowało niezbyt przychylnym przyjęciem przez władze lokalne. Z kolei łódzcy przemysłowcy wytykali też Towarzystwu, że zajmuje się tylko elektrownią, pozostawiając na marginesie miejską gazownię, która była jednym z elementów wspólnego planu rozwoju gospodarczego miasta, preferowanego przez magistrat. Przemysłowcy twierdzili, że to oni mają za główny cel pobudzenie łódzkiej gospodarki. Wmieszał się w spór minister spraw wewnętrznych Rosji. Ostatecznie car Mikołaj II kazał wydać koncesję Towarzystwu „Siemens & Halske” (31.12.1899 r.) i gubernator piotrkowski koncesję wydał.



Centrala Wschód – montaż wirnika turbiny

Tak więc 20 marca 1900 r. Towarzystwo „Siemens & Halske” uzyskało koncesję na budowę i eksploatację elektrowni. Koncesja przewidywała możliwość wykupu przez miasto elektrowni za 40 lat, a w terminie wcześniejszym niż 40 lat, płacąc odszkodowanie od 1 do 3% wartości majątku za każdy rok.



Maszynownia Centrali Wschód

Należy tu przypomnieć, że Łódź należała w Rosji do jednych z najważniejszych ośrodków miejskich (obok Moskwy i Petersburga). Stąd specjalne zainteresowanie Łodzią – najszybciej rozwijającym się ośrodkiem miejskim w imperium rosyjskim. Dlatego też budowa elektrowni miejskiej nie była jedynym projektem dotyczącym budowy elektrowni w Łodzi. W roku 1900 powstał projekt budowy elektrowni okręgowej w Rąbieniu. Projekt przewidywał wykorzystanie lokalnego źródła energii – torfu. Taka elektrownia powstała niedaleko Moskwy. Istniejące na obrzeżach miasta torfowiska były korzystne dla lokalizacji elektrowni (okręgowej) w Łodzi – nie było potrzeby wożenia węgla ze Śląska. Propagatorem tej

idei był ówczesny dyrektor elektrowni w Moskwie, czołowy inżynier niemieckiego Towarzystwa Elektrycznego Oświetlenia 1886 roku – Robert Klasson. Rozważano również wykorzystanie torfowisk we wsi Żabieniec i w okolicach Brzezin. Ale budowa ta nie była korzystna dla władz miasta – nie było bowiem możliwości przejęcia przez miasto (wykupienia) elektrowni okręgowej. Temat budowy elektrowni okręgowej w Łodzi powrócił jeszcze kilkakrotnie po zakończeniu I wojny światowej.

Pomimo uzyskania niezbędnych zezwoleń i uregulowania strony prawnej, budowy elektrowni miejskiej nie rozpoczęto. Licencję odstąpił wspomnianemu już wcześniej, powstałemu w 1886 roku niemieckiemu Towarzystwu Elektrycznego Oświetlenia z 1886 r., które 25 maja 1906 roku rozpoczęło na placu przy ulicy Targowej nr 1 budowę elektrowni.

Z pewnym wyprzedzeniem w stosunku do budowy elektrowni rozpoczęto instalowanie sieci kablowej w mieście. Pierwszą linię kablową niskiego napięcia ułożono pomiędzy Grand Hotelem, gdzie został zainstalowany przez Towarzystwo, napędzany lokomobilą agregat prądowłóczy o mocy 60 kW a sklepem z artykułami elektrycznymi „American Diamant Palace” przy ul. Piotrkowskiej 37. W dniu 7 maja 1906 r. linią tą została przesłana po raz pierwszy energia elektryczna. W lipcu tegoż roku do sieci został przyłączony pierwszy silnik elektryczny o mocy 7 kW zlokalizowany w tkalni Domaniewicza przy ul. Wólczańskiej 38. Do końca 1906 roku ułożono 60 km sieci kablowej i zainstalowano kilka podstacji transformatorowych. W grudniu, po niecałych szesnastu miesiącach budowy, uruchomiono fragment sieci o napięciu 3 kV.

18 września 1907 roku uruchomiono w Elektrowni Łódzkiej pierwszy z dwóch turbozespołów o mocy 1,3 MW, który rozpoczął pracę, zasilając sieć kablową obejmującą swym zasięgiem znaczną część miasta. Jak już wspomniano, datę tę można traktować jako określającą rozpoczęcie działalności energetyki zawodowej w Łodzi.

Już w styczniu 1908 r. okazało się, że szczytowe obciążenie elektrowni stanowi około 90% mocy zainstalowanej. Szybko przystąpiono więc do realizacji następnego etapu budowy, zmieniając wcześniejsze założenia i zamawiając już większe jednostki. W latach 1908-1913 uruchomiono pięć turbozespołów o łącznej mocy 19 MW i siedem kotłów parowych. Elektrownia posiadała już trzy studnie głębinowe. Była to konieczność, gdyż łódzkie rzeki, dzięki którym Rembieliński określił ten teren, jako najlepiej nadający się na budowę przemysłu włókienniczego, zamieniły się do tego czasu w kanały ścieków przemysłowych. Studnie głębinowe posiadały też wszystkie większe łódzkie fabryki. W elektrowni wybudowano dziewięć chłodni i znacznie rozbudowano rozdzielnię 3 kV. Przed wybuchem I wojny światowej moc zainstalowana w Elektrowni Łódzkiej wynosiła 21,1 MW, a długość sieci przesyłowej około 200 km (w tym 130 km sieci o napięciu 3 kV). Zamontowano prawie 700 transformatorów sieciowych. Uruchomiono pierwsze oświetlenie elektryczne, zaczynając od czterech latarni na Nowym Rynku (dzisiejszym Placu Wolności).

Specyficzna była grupa odbiorców energii z elektrowni. Były to bowiem głównie fabryki włókiennicze. Ponad 90 proc. energii przeznaczone było na zasilanie napędów elektrycznych – w przeciwieństwie do Elektrowni Warszawskiej, gdzie prawie całą produkcję zużywano na potrzeby oświetlenia. Duże zapotrzebowanie na parę technologiczną w przemyśle włókienniczym i możliwość wytworzenia we własnej siłowni energii elektrycznej spowodowało, że rozpoczęto budowę elektrowni przemysłowych w największych łódzkich zakładach włókienniczych.

Rozpoczęcie I wojny światowej zahamowało koniunkturę gospodarczą Łodzi. Z chwilą przejścia miasta pod okupację niemiecką, nastąpiła dewastacja urządzeń wytwórczych oraz ich częściowy demontaż. Wywieziono do Niemiec dwa turbozespoły o łącznej mocy 8,5 MW (jeden z nich zainstalowano w elektrowni w Kassel), zdemontowano około 25 km kabli miedzianych o największych przekrojach, wywieziono również całe zapasy miedzi i ołowiu.

Elektrownia Łódzka pracowała jednak przez cały okres działań wojennych. Produkcja energii była znacznie niższa – pod koniec wojny wynosiła ona około 20 proc. produkcji z 1913 roku.

W wolnej Polsce

Półmilionowa Łódź w życie gospodarcze niepodległej Polski weszła jako wielki ośrodek przemysłowy. Na mocy Ustawy Tymczasowej z dnia 2 sierpnia 1919 r. Łódź stała się stolicą województwa, co wysunęło nasze miasto na prowadzenie przed takie „potęgi historyczne” jak Kalisz i Piotrków Trybunalski. Nic w tym dziwnego, bo w połowie 1921 r. Łódź miała 213 fabryk w przemysłach poza włókienniczych, m.in. maszynowym, elektrotechnicznym, drzewnym, metalurgicznym, poligraficznym, chemicznym, spożywczym i papierniczym. Mimo tego, wszystkie poza włókiennicze gałęzie wytwórczości odgrywały rolę trzecioplanową. W życiu gospodarczym miasta dominowało nad wszystko włókiennictwo.

A elektrownia ?

Z chwilą zakończenia okupacji magistrat m. Łodzi ustanawia nowy, tymczasowy Zarząd, w skład którego wchodzi również przedstawiciele załogi. Wkrótce rząd powołuje zarząd państwowy elektrowni, na czele z zarządcą – inż. Leonem Golcem. W efekcie grabieży i dewastacji urządzeń wytwórczych, po zakończeniu wojny moc zainstalowana w elektrowni wynosi 13,1 MW. Na podstawie postanowień Traktatu Wersalskiego udało się odzyskać jeden z wywiezionych do Niemiec turbozespołów. Zamiast drugiego turbozespołu, za dopłatą 1 miliona marek niemieckich, przywieziono z Niemiec nieco większy – o mocy 6,4 MW. Zrabowanych kabli nie udało się odzyskać. Z amerykańskiego kredytu towarowego otrzymano nowe, umożliwiając w ten sposób odtworzenie sieci 3 kV. W 1923 roku zamontowano kolejny turbozespół o mocy 6,4 MW oraz trzy kotły firmy „Garbe”. Przystąpiono do budowy dwóch nowych chłodni typu „Worhington”. Moc zainstalowana w elektrowni na koniec 1923 roku wynosiła już 28,9 MW. Po I wojnie światowej zaczął się rozwój elektrowni, bo na jej rozbudowę przeznaczano wszystkie zyski, jako że na razie nie było komu ich wypłacać w formie dywidendy. W pierwszych latach powojennych elektrownia została upaństwowiona i przeszła w ręce władz Łodzi. Po kilku latach, w wyniku wysoce podejrzanych machinacji prawno-finansowych, z powrotem powróciła w ręce prywatne. Był to jeden z największych skandali w Polsce w okresie międzywojennym. W dużym skrócie wyglądało to tak:

Zarząd „Towarzystwa Elektrycznego Oświetlenia z 1886 r.” rozpoczął starania o zwrócenie mu majątku. Z drugiej strony, jako przedwojenna własność kapitału niemieckiego na terenie Polski, Elektrownia Łódzka została wliczona w koszt reparacji wojennych i winna stać się własnością Państwa Polskiego. Niemiecy właściciele akcji Towarzystwa Elektrycznego Oświetlenia powinni przekazać je, zgodnie z postanowieniem Traktatu Wersalskiego, Komisji Reparacyjnej w Paryżu. Sprawa własności elektrowni jest zagmatwana. Niemcy złożyli w Komisji Odszkodowań w Paryżu 17 030 zwykłych, 9808 uprzywilejowanych i prawa do 7740 akcji niewyemitowanych. 11 października 1923 r. ogłoszono licytację. Niestety, z Polski nikt z zamiarem wykupu akcji się nie zgłosił. Akcje wykupili Francuzi. Pozostało do sprzedania 7740 akcji. Pomimo zachęty Urzędu Likwidacyjnego w Warszawie i MSW, magistrat łódzki wykupił jedynie 4630 akcji (na ogólną ilość 100 000).

Tak więc, co najmniej 70 procent akcji przeszło, z niejasnych do dzisiaj powodów, w posiadanie obywateli szwajcarskich, część pozyskali Francuzi, obywatele Belgii i w niewielkiej ilości z Polski. W Łodzi pojawili się panowie: prof. inż. Edward Ulmann, Aleksander Arndt, inż. Ludwik Tołoczko (były minister poczt i telegrafów) i inni posiadacze akcji „Towarzystwa”. Ich roszczeń nie można było podważyć. Partykularyzm spowodował, że w końcu w miejsce państwowej, po pięciu latach przepychanek i pertraktacji powołano nową spółkę – „Łódzkie Towarzystwo Elektryczne SA”,

w której niemal 80 proc. akcji objął kapitał głównie niemiecki, a tylko część objęło miasto. Kapitał spółki wynosił 60 milionów złotych i był podzielony na 120 tysięcy akcji po 500 złotych każda. Ustalono, że istniejące w 1925 roku urządzenia w elektrowni, po czterdziestu latach eksploatacji przejdą



Kolejka napowietrzna do rozładunku węgla

na własność miasta, a urządzenia zainstalowane po 1925 roku zostaną po tym okresie czasu wykupione. Założycielami spółki zostali m.in. wymienieni wcześniej panowie: Edward Ulmann i Aleksander Arndt. Prezesem spółki został Leopold Skulski, polski inżynier chemik, farmaceuta i polityk; prezes Rady Ministrów od 13 grudnia 1919 r. do 9 czerwca 1920 r.; nadburmistrz Łodzi od 29 września 1917 r. do 22 lutego 1919 r., prezes klubu Narodowego Zjednoczenia Ludowego w Sejmie Ustawodawczym (1919-1922). Inż. Leopold Skulski był właścicielem zaledwie pięciu (!) akcji spółki. Siedzibą zarządu elektrowni był budynek przy ul. Przejazd 58.



Budynek dyrekcjno-biurowy

Nowa spółka rozpoczęła działalność w październiku 1925 roku w warunkach trwającej już od dwóch lat słabej koniunktury gospodarczej. Pomimo tego podjęto rozbudowę sieci energetycznej i przygotowano urządzenia pomocnicze do dalszego zwiększenia mocy zakładu. Zbudowano nowy układ nawęglania kotłów i rozładunku węgla (kolejkę napowietrzną, tzw. „kubelkową”) z wagonów kolejowych, które były transportowane na własną bocznice kolejową przylegającą do stacji Łódź Fabryczna. Przystąpiono do wymiany turbozespołów nr 2 i 3 na duży turbozespół 20 MW. Turbozespół ten uruchomiono w lutym 1928 roku. Wykupiono teren fabryczny Ottona Goldamera i Józefa Kluka od strony ul. Kilińskiego 74/76 oraz teren fabryczny z fabryką Icka Prusinowskiego (ul. Przejazd 46 – dziś Tuwima) i rozpoczęto budowę tzw. „Nowej Centrali”. W 1930 roku uruchomiono w niej drugi duży turbozespół o mocy 22 MW. Równocześnie zdemontowano turbozespół nr 4 o mocy 3,5 MW i zabudowano na jego miejsce turbozespół przeciwpiętny 6,4 MW. Do nowych turbin para została

przekazana z zamontowanych nowych kotłów rusztowych, opłomkowych, dwóch o wydajności 37,5 t/h i czterech o łącznej wydajności 180 t/h. Tak więc na koniec 1931 roku całkowita moc elektrowni (z zainstalowanych 8 turbozespołów i 24 kotłów) wynosiła 70,75 MW.

Równolegle do wzrostu potencjału wytwórczego zaczęto rozbudowywać sieć elektroenergetyczną. Centralna część Łodzi była zasilana kablami 3 kV, bardziej odległe rejony miasta – liniami 30 kV. Uruchomiono stacje transformatorowe 30/3 kV: „Karolew”, „Inżynierska”, „Dąbrowska”, „Żubardź”, „Ruda” oraz „Pabianickie Zakłady Włókiennicze”. Po raz pierwszy w Polsce, w kwietniu 1928 roku uruchomiono przesył energii o napięciu 30 kV linią kablową. Na koniec 1931 roku sieć kablowa wynosiła ok. 724 km, a sieć napowietrzna prawie 360 km.



Czołg przewożący wózek suwnicy

Lata trzydzieste to kolejna próba stworzenia elektryfikacji okręgu łódzkiego. Powołano Związek Elektryfikacyjny Międzykomunalnego Przemysłowego Okręgu Łódzkiego. Powstaje plan regionalny połączenia elektrowni z sieciami miast okolicznych – Pabianic, Zgierza, Łasku, Wielunia, Zduńskiej Woli, Tomaszowa. Następnie, po uzyskaniu pożyczki, podłączono Aleksandrów, Konstantynów, Widzew Łągielniki, Lutomiersk Wiskitno, Chojny, Radogoszcz, Rszew (obecnie dzielnica Konstantynowa).

Na terenie woj. łódzkiego działało ponad 50 zakładów wytwarzających energię elektryczną, ale ponad 83% tej energii produkowała Elektrownia Łódzka.

Liczba odbiorców energii przekroczyła 90 tysięcy. Rozpoczęto realizację planowego oświetlenia elektrycznego ulic centralnej części miasta. Rocznie przybywa około 100 lamp ulicznych o mocy po 500 W, w miejsce stosowanych dotąd lamp gazowych. Lata trzydzieste to również dla Elektrowni Łódzkiej dalszy rozwój sieci elektroenergetycznej i pozyskiwanie nowych odbiorców. Elektrownia staje się jedną z największych i najnowocześniejszych w Polsce. Jak już wspomniano, ma dominujący udział w produkcji energii elektrycznej na terenie województwa. W 1939 roku uruchomiono nowy turbozespół nr 10 o mocy 30 MW i łączna moc zainstalowana w elektrowni wynosiła 100,75 MW (największa elektrownia na terenie Polski). Spółka zatrudniała ok. 700 pracowników, w tym ponad 40 inżynierów i 200 urzędników.

Przemysł elektrotechniczny

Przemysł elektrotechniczny w Łodzi narodził się jeszcze pod koniec I wojny światowej. Pierwsza polska firma powstała w Łodzi w roku 1917, jako mały warsztat elektrotechniczny „Bracia Jaroszyńscy”. W 1922 roku rozwijająca się wytwórnia została przekształcona w spółkę akcyjną ELEKTROBUDOWA S.A. – Wytwórnia Maszyn Elektrycznych Stanisława i Feliksa Jaroszyńskich. W 1925 r. rozpoczęto produkcję transformatorów suchych dla energetyki.

W 1926 r. firma przenosi się do większych budynków przy ul. Kopernika 56/58, co umożliwia podjęcie produkcji transformatorów olejowych. Pierwsze zamówienie na 6 suchych transformatorów 3000/125 V o mocach 20, 30 i 50 kVA złożyła Elektrownia Łódzka. Kolejnym przełomem było wyprodukowanie w 1933 r. transformatora trójzwojowego 60/15/6 kV o mocy 3 MVA dla elektrowni w Gródku. Był to największy transformator energetyczny produkcji polskiej. Budowano największe wówczas w Polsce silniki elektryczne i transformatory – największa jednostka o mocy 21 MVA została zbudowana dla Elektrowni Warszawskiej. Wydarzenia te sygnalizowały rodzimej elektroenergetyce, że w Łodzi „narodził się polski przemysł transformatorowy”. Firma została zauważona i do Łodzi zaczęły napływać z wielu elektrowni liczne zamówienia na dwu-, i trójzwojowe transformatory różnych mocy i napięć. Były one poważnym wyzwaniem dla Elektrobudowy. Napięcia zamawianych transformatorów szybko wzrastały. W 1929 r. fabryka wytworzyła transformator o mocy 160 kVA na napięcia 33/15 kV. Aby sprawdzić wytrzymałość jego izolacji głównej należało posiadać odpowiednio wyposażoną stację prób; Elektrobudowa zaprojektowała i wykonała transformator probierczy 100 kV. Jego pułap napięciowy okazał się zbyt niski, aby przeprowadzić próby wytworzonego w 1933 r. trójzwojowego transformatora o mocy 3 MVA. Firma w dalszym ciągu zwiększała produkcję transformatorów, którą zahamował dopiero wybuch II wojny światowej.

Fabryka Transformatorów w Żychlinie Sp. z o.o.

Fabryka była pierwszym przedsięwzięciem przemysłu maszyn elektrycznych na ziemiach polskich, podjętym na dużą wówczas skalę w roku 1921 w Żychlinie. Tam, pod nazwą Polskie Zakłady Elektryczne Brown Boveri SA, w budynkach po byłej cukrowni Walentynów, wyposażonych we własną elektrownię, uruchomiono produkcję transformatorów i silników trójfazowych, prądnic, a później pierwszych w Polsce silników tramwajowych.

Zakład działalność produkcyjną rozpoczął w 1923 r. z liczbą 14 sztuk maszyn elektrycznych. Kolejne lata przyniosły wzrost wielkości produkcji: w 1924 r. – 90 szt., 1925 r. – 216 szt. Był to okres niezwykle dynamicznego rozwoju firmy. Cała ówczesna produkcja oparta była o dokumentację licencyjną koncernu szwajcarskiego Brown Boveri.

W latach 30. pojawiają się maszyny elektryczne i transformatory powstałe w oparciu o rodzimą myśl techniczną, które z powodzeniem konkurują z produktami innych firm. Na skutek braku rentowności w okresie ogólnoswiatowego kryzysu gospodarczego w 1931 r. zakład został zamknięty. W 1933 r. powtórnie go uruchomiono pod zmienioną nazwą Zakłady Elektromechaniczne Rohn – Zieliński SA licencja Brown Boveri. Dyrektorem naczelnym został inż. Zygmunt Okoniewski. W 1935 r. inżynier Eugeniusz Jezierski (późniejszy profesor – twórca, „łódzkiej szkoły transformatorowej”) postanowił przenieść się do Żychlina i w zakładach początkowo pełnił obowiązki kierownika stacji prób, a następnie konstruktora. Po przegranej kampanii wrześniowej, podporucznik Eugeniusz Jezierski został osadzony w niemieckim obozie jenieckim. Szczęśliwym zbiegiem okoliczności, zwolniony z obozu jako pracownik fabryki pracującej na potrzeby wojenne, powrócił do pracy w Żychlinie. Uczestnicząc w akcji biernego oporu przeciw okupantowi, pozorował wraz z kolegami na stacji prób badania odbiorcze urządzeń, wydając pozytywne świadectwa bez faktycznego sprawdzenia jakości tych urządzeń. Z narażeniem życia organizował także pomoc finansową dla rodzin pracowników więzionych i internowanych podczas wojny oraz sierot. Pamięć o tym zachowała się na długie lata wśród mieszkańców miasta Żychlina. Niezwłocznie po ustąpieniu Niemców, został w lutym 1945 r. powołany przez Radę Robotniczą na dyrektora fabryki w Żychlinie. Funkcję tę pełnił do listopada 1945 r., kiedy zaproponowano mu przeniesienie do pracy naukowo-dydaktycznej na Politechnice Łódzkiej i zamieszkanie w Łodzi.

Kilka lat przed wybuchem II wojny światowej Żychlin wygrał przetarg na dostarczenie transformatorów dla odcinka Mościce – Starachowice, pierwszej linii wysokiego napięcia Rożnów – Warszawa. Z tego okresu pochodzą także transformatory dla elektrowni w Rożnowie. W tym czasie fabryka, która zatrudniała ok. 1000 pracowników, należała do czwórki największych firm branży elektrotechnicznej w Polsce.

Szkolnictwo techniczne

Rozwój Łodzi zawdzięczamy burzliwemu rozwojowi przemysłu. Aby przemysł mógł prawidłowo funkcjonować potrzebna była kadra fachowców. Nie tylko absolwentów szkół wyższych – takich zapewniały politechniki we Lwowie, Petersburgu czy Berlinie. Prostych czynności przy obsłudze maszyn można się było nauczyć bezpośrednio na stanowisku pracy. A co ze średnim personelem technicznym?

Szkolnictwo techniczne w Łodzi powstało jeszcze w XIX wieku, kiedy powołano Wyższą Szkołę Rzemieślniczą w Łodzi – państwową średnią szkołę techniczną, działającą w latach 1869-1914 r. na terenie zaboru rosyjskiego. Wbrew nazwie, była to średnia szkoła techniczna, która powstała w 1869 r. na bazie likwidowanej Powiatowej Szkoły Realnej (Gimnazjum Realnego do 1843 r.), nazywanej przez Łódzian „niemiecko-rosyjską” z uwagi na język wykładowy i narodowość większości uczniów. Była to pierwsza tego typu szkoła nie tylko w Łodzi, ale i w imperium rosyjskim. Kolejna taka państwowa szkoła techniczna powstała w 1880 r. w Irkucku. Obie wzorowały się mocno na niemieckich szkołach technicznych o takim samym profilu, szczególnie na szkole w Chemnitz. Dyrektorem (wówczas zwanym inspektorem) szkoły, zgodnie ze statutem, mógł być tylko Rosjanin. Mimo braku zastrzeżeń odnośnie narodowości nauczycieli, stosowano zazwyczaj zasadę obsady etatów przez Rosjan sprowadzanych z głębi Rosji. Grono pedagogiczne było stabilne, z ok. osiemdziesięciu nauczycieli, dwunastu przepracowało w szkole 20 lat i więcej. Ci ludzie, o wysokich kwalifikacjach, tworzyli grono miejscowej inteligencji rosyjskiej, do której zaliczano także kilkudziesięciu urzędników i oficerów 37. pułku piechoty. Szkoła nie miała internatu. Ograniczało to liczbę uczniów spoza Łodzi, gdyż niezbyt wielu rodziców było stać na umieszczenie synów w *prywatnych stancjach, pozostających pod dozorem władzy szkolnej*. W 1899 r. przeprowadzono reorganizację, która związana była ze zmianą programów nauczania i spowodowała zmianę nazwy na „Szkołę przemysłowo-techniczną” (już bez słowa „wyższa”), z 7-letnim cyklem nauki. Przyznano szkole nowy statut, zwany „patentem”, który został zatwierdzony przez Senat w Petersburgu. Nowy program zakładał pełne przygotowanie absolwentów do pracy na stanowiskach kierowniczych w fabrykach oraz otworenie w pełniejszym stopniu dostępu do wyższych uczelni nie tylko rosyjskich, lecz i zachodnioeuropejskich. Po otrzymaniu nowego „patentu”, zwiększeniu zakresu nauki, liczby klas i uczniów, dyrekcja szkoły przystąpiła do budowy nowego gmachu szkolnego w miejskim lesie przy ul. Pańskiej (obecnie ul. Żeromskiego), na powierzchni 8 hektarów.

Po odzyskaniu niepodległości przez Polskę, władze oświatowe postanowiły w opuszczonym przez rosyjską szkołę gmachu utworzyć szkołę zawodową, ale nową, nie nawiązującą do poprzedniej, choć także o specjalizacji włókienniczej. W sierpniu 1919 r. prasa doniosła o organizacji dziennej i wieczorowej szkoły o wydziałach: przędzalniczym, tkackim i farbiarsko-wykończalniczym. Nauka miała trwać 3 lata, a przyjmowani byli kandydaci ze świadectwem ukończenia 4 klas szkoły średniej. Połowę czasu nauki mieli spędzać w szkolnych warsztatach i laboratoriach. Absolwenci mieli przygotowanie do pracy na stanowisku majstra przędzalnictwa, tkactwa, farbiarstwa lub wykończalnictwa. Po wprowadzeniu z budynku szkoły sądu, 1 marca 1933 r., utworzono nowy

Wydział Elektryczny, a szkoła kolejny raz zmieniła nazwę na „Państwowa Szkoła Techniczno-Przemysłowa” i taką nazwę nosiła również przez kilka lat po II wojnie światowej. Nowy wydział powstał z inspiracji Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

Po odzyskaniu niepodległości w Łodzi podejmowano próby utworzenia wyższej uczelni technicznej, jednak nie przyniosły one efektu. Dopiero bezpośrednio po zakończeniu II wojny światowej w Łodzi, 24 maja 1945 r. powstała Politechnika Łódzka z Wydziałem Elektrycznym. Politechnika Łódzka wykształciła tysiące inżynierów elektryków, energetyków, elektroników czy informatyków, którzy przeszli do pracy w fabrykach i uczelniach w Polsce i na całym świecie. O kadrze profesorskiej szerzej napisaliśmy w poprzednich numerach Biuletynu.



Pracownicy warsztatu elektrycznego

Jak już wspomniano na wstępie, firmy, które przedstawiono w artykule istnieją do dziś. To również wybijające się przedsiębiorstwa w branży energetycznej i elektrotechnicznej. Ale ich powojenna i współczesna rzeczywistość to, jak mawiał Joseph Rudyard Kipling, zupełnie inna historia.

Bibliografia

1. Helena i Eugeniusz Porębscy „Cuda techniki – cykl felietonów wygłoszonych częściowo przed mikrofonem Polskiego Radia w 1931 r.” wydane nakładem Instytutu Szerzenia Praktycznej Wiedzy Przemysłowej w Warszawie ul. Nowy Świat 17 Rok 1931/2.
2. Kolbiński K. *Historia elektryki polskiej*. Warszawa. 1972. TIN: T00626850.
3. „Zakłady Energetyczne Okręgu Centralnego – wczoraj, dzisiaj, jutro” XX lat ZEOC. Warszawa. 1972.
4. Boroń A. „110 lat energetyki w Łodzi i regionie. Energetyka i elektryka – przeszłość i dzień dzisiejszy”. *Biuletyn Techniczno-Informacyjny Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich* nr 1, 2 i 3/ 2017 ISSN 2082-7377, marzec, czerwiec, wrzesień 2017 r.
5. Archiwum Państwowe w Łodzi – strona internetowa www.lodz.ap.gov.pl/art,33,pierwsza-wojna-swiatowa-w-zasobie...
6. Wyższa Szkoła Rzemieślnicza w Łodzi – https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Wyższa_Szkoła_Rzemieślnicza_w...
7. EC1 Łódź – Miasto Kultury – Nowe Centrum Łodzi – *Operacja na otwartym mieście 2006 – 2016*, album okolicznościowy, 2015 r.

Zdjęcia z archiwum Veolii Energii Łódź (Dalkii Łódź S.A) – Łódź współczesna, Wiktora Jekimienko – lata do II wojny światowej,

Źródła internetowe
www.ec1lodz.pl

Prof. Stanisław Grzybowski (1933–2018)

dr hab. inż. Paweł Różga
Oddział Łódzki SEP

Stanisław Grzybowski urodził się 11 kwietnia 1933 r. w Magnuszewicach (powiat Jarocin). Wykształcenie średnie zdobył kończąc kolejno Gimnazjum i Liceum w Żninie w 1951 roku. W tym samym roku rozpoczął studia na Wydziale Elektrycznym Szkoły Inżynierskiej w Poznaniu, która we wrześniu 1955 roku została przemianowana na Politechnikę Poznańską. Studia inżynierskie S. Grzybowski ukończył więc jeszcze w Szkole Inżynierskiej. Po uzyskaniu tytułu inżyniera kontynuował edukację na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej, uzyskując w roku 1956 tytuł magistra inżyniera elektryka na podstawie pracy dyplomowej dotyczącej metod lokalizacji uszkodzeń kablowych linii elektroenergetycznych. W tym samym roku Stanisław Grzybowski rozpoczął pracę zawodową w ówczesnej Katedrze Sieci Elektrycznych zarządzanej przez prof. Stefana Siedla. W roku 1964 obronił rozprawę doktorską zatytułowaną „Wytrzymałość dielektryczna papierowo-olejowej izolacji kabli wysokiego napięcia na przepięcia udarowe i łączeniowe” przygotowaną pod opieką prof. Kazimierza Kolbińskiego i na tej podstawie Rada Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej nadała mu stopień doktora nauk technicznych. W 1965 roku został zatrudniony na Politechnice Poznańskiej na stanowisku adiunkta, a następnie w roku 1968 na stanowisku docenta. W 1972 roku dr. Grzybowskiemu powierzono kierownictwo nad Katedrą Elektroenergetyki, która stanowiła kontynuację działań wspomnianej już Katedry Sieci Elektrycznych. Stopień doktora habilitowanego dr Grzybowski otrzymał w roku 1984, na podstawie uchwały Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej. Przed Radą tą obronił rozprawę habilitacyjną pt.: „Elektryczna wytrzymałość powierzchniowa materiałów termoplastycznych w próżni”. Na Politechnice Poznańskiej pracował do roku 1987, wielokrotnie wyjeżdżając w tamtym czasie do ośrodków naukowych w USA, Kanadzie i Meksyku.

Od 1987 związany był z Mississippi State University (MSU) w USA, gdzie podjął pracę w Department of Electrical and Computer Engineering najpierw na stanowisku visiting associate professor, następnie associate professor, by od 1991 roku objąć stanowisko profesora MSU, uzyskując tym samym najwyższe stanowisko akademickie możliwe do osiągnięcia w strukturze uczelni. Od roku 2005 prof. Grzybowski objął stanowisko dyrektora Laboratorium Wysokich Napięć MSU. O prestiżu tego stanowiska świadczyć może fakt, że było to w owym czasie największe laboratorium wysokonapięciowe wśród laboratoriów będących w posiadaniu uczelni wyższych w USA. Laboratorium ma powierzchnię 1300 m², a w jej skład wchodzi hala WN o powierzchni 830 m² wyposażona w źródło napięcia udarowego 3000 kV, napięcia przemiennego 1000 kV i stałego 1050 kV. Obszar zainteresowań naukowych prof. Grzybowskiego obejmował przede wszystkim ochronę ogromną systemów elektroenergetycznych okrętów, statków powietrznych oraz innych obiektów narażanych



Prof. Grzybowski w czasie relaksu

wyładowaniami atmosferycznymi. Badania prowadzone pod opieką prof. Grzybowskiego dotyczyły również degradacji elektrycznej (starzenia) wysokonapięciowych układów izolacyjnych, w tym kabli i izolatorów.

Prof. Grzybowski w wyżej wymienionym obszarze prowadził przede wszystkim badania dla przemysłu, a do badań tych angażował osoby młode, które uzyskiwały dzięki pracy dla prof. Grzybowskiego tytuły zawodowe inżyniera, magistra inżyniera oraz stopnie doktora. Profesor niezwykle starannie dobierał członków do swojej grupy badawczej, a następnie dbał o nich zarówno w aspekcie pracy na uczelni, jak i funkcjonowania w urokliwym, aczkolwiek specyficznym środowisku miasta Starkville, gdzie mieści się Mississippi State University. Profesor traktował swoich studentów z wielką troską i sympatią, spotykał się z nimi nie tylko na uczelni, ale także zapraszał do własnego domu przy różnych okazjach, jak choćby święta. Takie spotkania cementowały grupę. Szczególnie widoczne to było podczas drugiej edycji konferencji ICHVE 2010, która odbyła się w Nowym Orleanie w USA i w której miałem przyjemność uczestniczyć. Doskonała organizacja konferencji była skutkiem świetnej współpracy Profesora ze swoimi podopiecznymi. Relacje Profesora ze swoimi uczniami miałem przyjemność obserwować osobiście podczas wizyty w MSU, gdzie w okresie od września 2010 do marca 2011, pod opieką prof. Grzybowskiego odbywałem staż naukowy w Laboratorium Wysokich Napięć. Podczas pobytu otrzymałem od prof. Grzybowskiego olbrzymie wsparcie, a rozmowy z nim zdecydowanie wpłynęły na moje dalsze poczynania naukowe.

Szczególnie istotnym osiągnięciem prof. Grzybowskiego było nawiązanie współpracy z Chongqing University z Chin. Wspólnie z wymienioną uczelnią zainicjował on w 2008 roku wspomnianą już wyżej międzynarodową konferencję wysokonapięciową ICHVE (*International Conference on High Voltage Engineering and Applications*). Dzięki szerokim, międzynarodowym kontaktom prof. Grzybowskiego, a przede wszystkim

ze względu na powszechne uznanie jego wiedzy z obszaru inżynierii wysokich napięć, konferencja ICHVE uzyskała miano wiodącej konferencji międzynarodowej, która co dwa lata skupia ok. 300–400 uczestników ze świata nauki i przemysłu. Konferencja organizowana najpierw pod technicznym wsparciem IEEE DEIS (*Dielectrics and Electrical Insulation Society organizacji IEEE*), dzięki swojej jakości stała się flagową konferencją tej organizacji. W tym miejscu warto jest podkreślić, że prof. Grzybowski w swej działalności organizacyjnej związanej z konferencją nie zapomniał o Polsce. W komitecie naukowym konferencji jest wielu przedstawicieli nauki polskiej, a jedna z edycji konferencji (w roku 2014) odbyła się w Poznaniu, przy współudziale Politechniki Poznańskiej. Dzięki wspólnym działaniom Profesora prowadzonym z Chongqing University, nie tylko w zakresie organizacji konferencji, ale także wspólnych badań naukowych, w 2008 roku został on uhonorowany przez Chongqing University prestiżową nagrodą „Guest Professor”, a wręczenie nagrody odbyło się podczas ceremonii 80-lecia uczelni. Prof. Grzybowski był jednym z pięciu uczonych uhonorowanych takim tytułem.



Profesor z podopiecznymi podczas konferencji ICHVE 2010

Obok działalności naukowej prof. Grzybowski działał intensywnie w wielu stowarzyszeniach związanych z ogólnie pojętą inżynierią elektryczną. W Polsce były to SEP i NOT, zaś międzynarodowa działalność stowarzyszeniowa prof. Grzybowskiego obejmowała organizacje takie jak: IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), ASEE (*American Society for Electrical Engineers*), IASTED (*The International Association of Science and Technology for Development*) czy CIGRE. Profesor był również członkiem komitetów naukowych wielu renomowanych konferencji międzynarodowych, wśród których można wymienić: International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), International Conference on Grounding and Earthing (GROUND & LPE), International Symposium on High Voltage Engineering (ISH), a przede wszystkim wspomnianej już wyżej konferencji ICHVE. Jako członek IEEE Profesor osiągnął za swoją działalność najwyższy stopień, jaki nadaje ta organizacja, tzn. *Life Fellow* (2002 rok). Istotnym wydarzeniem, które bezsprzecznie potwierdza, jak ważną osobistością w dziedzinie inżynierii wysokich napięć był prof. Grzybowski, było ustanowienie przez IEEE Dielectrics and Electrical Insulation Society (DEIS) nagrody „IEEE Caixin Sun and Stan Grzybowski Awards” w dwóch kategoriach: dla wybitnego młodego naukowca lub inżyniera zajmującego się trudnymi tematami w zakresie wysokich napięć i materiałów dielektrycznych oraz dla wybitnego naukowca o ugruntowanej pozycji w dziedzinie inżynierii wysokich napięć i materiałów dielektrycznych. Obie te nagrody po raz pierwszy przekazane zostały zwycięzcom obu kategorii podczas ostatniej edycji konferencji ICHVE, która odbyła się we wrześniu w Atenach, w Grecji.

W Stowarzyszeniu Elektryków Polskich Profesor zaczął działać od roku 1958 i nie przestał być jego członkiem, nawet po wyjeździe i zamiesz-

kaniu w USA. Pracując jeszcze w Polsce, bardzo aktywnie uczestniczył w działaniach SEP. W latach 1966–1981 był członkiem Zarządu Głównego SEP, a w latach 1969–1975 członkiem Prezydium Zarządu Głównego. Szczególnie bliskie prof. Grzybowskiemu były zagadnienia aktywności młodzieży w strukturach SEP i z tego powodu w latach 1966–81 był przewodniczącym Centralnej Komisji ds. Studentów przy Zarządzie Głównym, której to Komisji był inicjatorem. W ramach działalności w SEP i NOT uhonorowany został wieloma wyróżnieniami i medalami, wśród których należy wymienić:

- otrzymanie godności „Zasłużonego Seniora SEP” (2013),
- Medal im. prof. Eugeniusza Jezierskiego (2011),
- Medal im. inż. Michała Doliwo-Dobrowolskiego (2009),
- Nagroda SEP dla zasłużonego pedagoga, patrona i sprzymierzeńca studentów (2009),
- Medal z okazji 50-lecia Oddziału Poznańskiego SEP (1978),
- Medal im. prof. Podowskiego (1973),
- Medal im. prof. Pożarskiego (1972),
- Złota/srebrna odznaka SEP (1972/1966),
- Medal z okazji 30-lecia Oddziału Poznańskiego NOT (1977),
- Złota/srebrna odznaka NOT (1975/1969).

W przypadku godności „Zasłużonego Seniora SEP” oraz Medalu im. prof. Eugeniusza Jezierskiego, inicjatorem jego nadania był Oddział Łódzki SEP, z którym prof. Grzybowski był związany, m.in. przez bliską znajomość z prof. Franciszkiem Mosińskim. Współpraca z Oddziałem Łódzkim zaowocowała m.in. wizytą prof. Grzybowskiego na XI Ogólnopolskich Dniach Młodego Elektryka, które odbyły się w 2009 roku w Bełchatowie.



Wystąpienie Profesora podczas konferencji ICHVE 2012

W okresie pracy w Polsce Profesor został również uhonorowany odznaczeniami państwowymi jak:

- Medal Komisji Edukacji Narodowej (1978),
- Order Odrodzenia Polski (1976),
- Srebrny Krzyż Zasługi (1967).

W trakcie pracy zarówno w Polsce, jak i Stanach Zjednoczonych prof. Grzybowski opublikował wiele prac, szczególnie w obszarze inżynierii wysokich napięć. Był autorem 3 książek, 3 skryptów akademickich, współredagował 7 norm oraz był autorem ok. 300 artykułów drukowanych w periodykach międzynarodowych (w większości w IEEE Transactions) oraz polskich (m.in. Przegląd Elektrotechniczny), a także konferencjach międzynarodowych (głównie pod auspicjami IEEE). Praca prof. Grzybowskiego to także wiele projektów realizowanych w ramach współpracy z przemysłem (głównie amerykańskim) i związana z tym bezpośrednio wspomniana już promocja prac inżynierskich, magisterskich i doktorskich.

Przez cały swój pobyt w Stanach Zjednoczonych prof. Grzybowski podkreślał swoje pochodzenie, związki z Polską i doświadczenie, jakie zebrał udzielając się w strukturach SEP. Profesor nigdy nie ukrywał też swoich poglądów społecznych. Był zawsze pomocny i służył radą młodszemu pokoleniu naukowców. Był mentorem nie tylko dla studentów,

ale także profesorów z całego świata. Wychował wielu liderów, którzy pracują obecnie niemal na wszystkich kontynentach i z sentymentem wspominają pracę i inspirujące spotkania z prof. Grzybowskiem.

Stanisław Grzybowski zmarł w wieku 85 lat, 15 lipca 2018 roku w rodzinnym mieście Starkville w USA. Pozostawił ukochaną żonę Barbarę, trójkę dzieci oraz trójkę rodzeństwa. Był kochającym dziadkiem i pradiadkiem.

Pożegnanie prof. Grzybowskiego w Stanach Zjednoczonych miało miejsce w dniu 31 lipca 2018 roku w St. Joseph's Catholic Church w Starkville. W pożegnaniu uczestniczyła jego rodzina z USA, sąsiedzi i przyjaciele

z MSU. Na ceremonii pojawiło się też wielu jego wychowanków z całego świata, co świadczyło o tym, jak ważną osobą był dla nich.

Prochy prof. Grzybowskiego zostały złożone na cmentarzu parafialnym Naramowice w Poznaniu 17 września 2018 roku. W uroczystości pogrzebowej uczestniczyła małżonka Profesora, jego rodzina z Polski oraz współpracownicy i przyjaciele.

Przygotowano na podstawie:

- [1] M. Dąbrowski, „Prof. Stanisław Grzybowski”. *Przegląd Elektrotechniczny*, R. LXXV, 7-8/1999, s. 206.
- [2] P. Różga, Materiały własne.

Kolejna edycja konkursu o Stypendium im. Lecha Grzelaka rozstrzygnięta

W dniu 20 listopada 2018 roku, w siedzibie Oddziału Łódzkiego SEP odbyło się zebranie Zarządu Funduszu Stypendialnego im. Lecha Grzelaka, podczas którego rozstrzygnięto tegoroczną edycję konkursu. Laureatem został Michał Lech – student Politechniki Lubelskiej na kierunku elektrotechnika, specjalność: projektowanie urządzeń elektrycznych.

Uroczyste ogłoszenie wyników i wręczenie dyplomu odbędzie się podczas spotkania wigilijnego Oddziału Łódzkiego SEP w dniu 14 grudnia 2018 roku.

Jest to już szósty rok funkcjonowania stypendium, którego inicjatorką i fundatorką stypendiów jest Halina Grzelak. Celem konkursu jest wyróżnienie i wspomaganie finansowe najlepszych studentów szkół

wyższych technicznych na kierunkach z szeroko rozumianej elektryki, a także popularyzacja działalności Stowarzyszenia Elektryków Polskich oraz sylwetki kol. Lecha Grzelaka – działacza SEP, wieloletniego prezesa i wiceprezesa Oddziału Łódzkiego SEP.

Osoby zainteresowane przekazaniem środków finansowych na Fundusz Stypendialny im. Lecha Grzelaka mogą dokonywać wpłat na konto Oddziału Łódzkiego SEP.

Santander Bank Polska S.A. XV Oddział w Łodzi

21 1500 1038 1210 3005 3357 0000

z dopiskiem „Stypendium im. Lecha Grzelaka”.

A.G.

Szkolenie członków komisji kwalifikacyjnych 21 – 22 września 2018 r.

Anna Grabiszewska
Oddział Łódzki SEP

Oddział Łódzki SEP równoległe z szeroką działalnością stowarzyszeniową prowadzi działalność gospodarczą. Jej podstawą są prace prowadzone przez Ośrodek Rzecznawstwa, szkolenia i egzaminy kwalifikacyjne. Szkolenia i egzaminy to jednak nie tylko działalność gospodarcza, ale jednocześnie realizacja celów określonych w Statucie

SEP. Jednym z celów jest właśnie działanie na rzecz podnoszenia poziomu zawodowego elektryków, energetyków, ciepłowników czy osób pracujących przy urządzeniach zasilanych gazem, poprzez ustawiczne doskonalenie kwalifikacji: wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, co oznacza kształtowanie własnego rozwoju oraz odpowiedzialne uczestniczenie w życiu zawodowym i społecznym, z uwzględnieniem etycznego kontekstu własnego postępowania oraz kształtowanie etyki zawodowej elektryków.

Dbając o wysoki poziom merytoryczny przeprowadzanych egzaminów, niezwykle ważne jest ciągłe doskonalenie członków komisji i wykładowców. W dniach 21–22 września 2018 r. w Ossie

koło Rawy Mazowieckiej Oddział Łódzki SEP zorganizował kolejne już szkolenie dla członków komisji kwalifikacyjnych przy Oddziale Łódzkim SEP, powołanych przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki.

Przy naszym Oddziale działają trzy komisje:

- nr 185 – przewodniczący prof. Franciszek Mosiński,
- nr 186 – przewodniczący Zdzisław Sobczak,
- nr 655 – przewodniczący Andrzej Boroń.

W spotkaniu uczestniczył również prezes Oddziału Sieradzkiego SEP i członek komisji kol. Zbigniew Krasieński oraz przewodniczący i członkowie Komisji Kwalifikacyjnej działającej przy Oddziale Sieradzkim SEP.

W pierwszym dniu, po przyjeździe do hotelu, wszyscy spotkali się na wspólnej kolacji, podczas której wieczór upłynął w miłej i koleżeńskej atmosferze. Na co dzień zabiegani, spotykający się tylko w małych grupach przy prowadzeniu egzaminów, a często tylko mijający się w siedzibie Oddziału, członkowie komisji mieli okazję bliżej się poznać i wymienić spostrzeżenia i poglądy na tematy związane z egzaminami.

W sobotę od rana rozpoczął się blok szkoleniowy. Prelegentami byli przewodniczący i członkowie komisji kwalifikacyjnych. Blok obejmował:

1. Omówienie zaktualizowanej tematyki egzaminów kwalifikacyjnych oraz informacja na temat projektu nowego Rozporządzenia Ministra Energii w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych – Zdzisław Sobczak,
2. Ograniczenia w stosowaniu zabezpieczeń różnicowoprądowych – Artur Szczęśny,
3. Wpływ niedopasowania widmowego oferowanych handlowo lukso-mierzy na dokładność wykonywanych nimi pomiarów – Przemysław Tabaka,
4. Elektryczność bezprzewodowa – zagrożenia, zapobieganie, pomiar – Sabina Domaradzka,
5. Sprawy organizacyjne związane z bieżącą działalnością komisji kwalifikacyjnych.



Spotkanie poprowadził kol. Władysław Szymczyk
– prezes Oddziału Łódzkiego SEP



Uczestnicy spotkania na sali szkoleniowej



Kol. Zdzisław Sobczak omawia tematykę egzaminów kwalifikacyjnych

Kol. Zdzisław Sobczak – przewodniczący Komisji Kwalifikacyjnej Nr 186 omówił zaktualizowaną tematykę egzaminów kwalifikacyjnych oraz przedstawił informacje na temat projektu nowego Rozporządzenia Ministra Energii w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych



Kol. Artur Szczęśny podczas prezentacji

Tematykę ograniczeń w stosowaniu zabezpieczeń różnicowoprądowych omówił kol. Artur Szczęśny. Wykład wzbudził zainteresowanie i wywołał dyskusję dotyczącą stosowania norm. Podczas prezentacji omówiono m.in. podstawowe parametry wyłączników różnicowoprądowych, obowiązek ich stosowania oraz zagadnienia: kiedy wyłączniki różnicowoprądowe są niezalecane, czy też kiedy należy zwrócić szczególną uwagę na typ zainstalowanego wyłącznika.



Kol. Przemysław Tabaka podczas prezentacji

Kol. Przemysław Tabaka omówił w segmencie tematycznym – pomiary natężenia oświetlenia, wpływ niedopasowania widmowego oferowanych

w handlu luksomierzy na dokładność wykonywanych nimi pomiarów. Podsumowaniem referatu były następujące tezy:

1. im będzie większa różnica pomiędzy krzywą czułości głowicy fotometrycznej luksomierza a tą wymaganą, to tym w większym stopniu uzyskiwane wyniki będą uzależnione od charakterystyki widmowej mierzonego promieniowania;
2. w celu dobrego dopasowania czułości odbiorników fotoelektrycznych do wymaganej krzywej czułości zachodzi potrzeba zastosowania zestawu odpowiednio dobranych filtrów korekcyjnych, co znacząco wpływa na koszt luksomierza;
3. często świadectwo wzorcowania luksomierza traktowane jest niesłusznie przez nieprofesjonalnych użytkowników jako gwarant jego poprawności wskazań. Zapominają oni o fakcie, że poprawność wskazań zależna jest od rozkładu widmowego mierzonego promieniowania.

Ostatnim, merytorycznym wykładem był wykład kol. Sabiny Domaradzkiej dotyczący elektryczności bezprzewodowej. Elektryczność statyczna jest to grupa zjawisk towarzyszących pojawieniu się ładunku elektrycznego niezrównoważonego ładunkiem przeciwnego znaku na obiektach o małej przewodności elektrycznej lub na materiałach przewodzących, ale odizolowanych od ziemi. Podczas prezentacji omówione zostały niektóre czynności i procesy warunkujące powstawanie nadmiarowego ładunku elektrycznego, wybrane mechanizmy odpowiedzialne za procesy elektryzowania się ciał, skutki występowania zjawiska elektrostatyczności statycznej, źródła najbardziej intensywnej elektryzacji w procesach produkcyjnych.



Kol. Sabina Domaradzka podczas prezentacji

W podsumowaniu dyskusji stwierdzono, że spotkanie to pokazało, jak ważne jest ciągłe doskonalenie i dbanie o wysoki poziom przeprowadzanych egzaminów, a także wzajemna wymiana wiedzy i doświadczeń. Oddział Łódzki SEP przykłada dużą wagę do podnoszenia kwalifikacji i ciągłego doskonalenia członków komisji i wykładowców prowadzących szkolenia. Zapewnia udział w szkoleniach oraz dostęp do czasopism specjalistycznych SEP, takich jak INPE, czy książek związanych z tematyką egzaminacyjną. W przyszłym roku spodziewane są nowe uregulowania prawne (zmiana zapisów w Prawie Energetycznym) i konieczność zmian rozporządzeń. Zostało jeszcze wiele tematów do omówienia w przyszłości, a kolejne wyjazdowe szkolenie już za rok.

Foto: Z archiwum Oddziału Łódzkiego SEP

ENERGETAB 2018 – z pożytkiem i przyjemnością

Małgorzata Höffner
Międzyszkolne Koło Pedagogiczne SEP

Wrześniowe wycieczki do Bielska-Białej trwale wpisały się w kalendarz wydarzeń naszego Oddziału. Głównym ich celem jest zwiedzanie targów ENERGETAB, a przy okazji wycieczka naukowo-techniczna do zakładu związanego z branżą energetyczną oraz jakiś akcent turystyczny. Od kilku lat wyjazdy są trzydniowe. Tegoroczny odbył się od 11 do 13 września, w czasie trwania XXXI edycji targów. W wycieczce uczestniczyło 38 członków kół zrzeszonych w Oddziale Łódzkim SEP, w tym 8 przedstawicieli młodzieży ze szkół objętych patronatem Oddziału. Na targi pojechali uczniowie z Zespołu Szkół Ponadgimnazjalnych nr 20 w Łodzi, Zespołu Szkół nr 2 w Pabianicach oraz Zgierskiego Zespołu Szkół Ponadgimnazjalnych w Zgierzu z opiekunami. Organizatorami wyjazdu był Oddział Łódzki SEP wraz z Komisją ds. Organizacyjnych i Studenckim Kołem SEP im. prof. M. Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej. Wycieczką kierował

przewodniczący Komisji Organizacyjnej, Jerzy Powierza, skutecznie zastępujący nieobecnego kolegę Marcina Rybickiego.

Dzień pierwszy – zwiedzanie Muzeum Energetyki i elektrowni w Łaziskach Górnych

Choć wyruszyliśmy z placu Komuny Paryskiej tuż po godzinie 7.00, do elektrowni dojechaliśmy nieco spóźnieni. Przeszkodziły remonty łódzkich ulic oraz roboty drogowe na trasie. Było już po godzinie 11.00, kiedy w portierni elektrowni wydano nam niezbędne kaski i kamizelki odblaskowe z napisem GOŚĆ. W dwóch grupach zwiedzaliśmy czynną część elektrowni i Muzeum Energetyki. Trudne warunki i hałas panujący na oddziałach produkcyjnych nie przeszkodziły w wysłuchaniu przewodników, którzy dali się namówić do korzystania z zestawów nadawczych i słuchawkowych, w które zaopatrzyła nas przed wyjazdem dyrektor biura SEP, Anna Grabiszewska.



Muzeum Energetyki mieści się w starej rozdzielni elektrowni „Łaziska” w Łaziskach Górnych. Powstało w wyniku przekształcenia stworzonej w 2000 roku stałej ekspozycji dokumentującej historię tej elektrowni. Ma w swoich zbiorach liczne eksponaty, dokumenty i zdjęcia związane z wytwarzaniem, przesyłem oraz wykorzystywaniem energii elektrycznej. Są to między innymi: fragment starej rozdzielni ze szwajcarskim wyłącznikiem



wysokiego napięcia, którego „huczne” otwieranie można zademonstrować, turbina parowa z lat II wojny światowej, oryginalna żarówka Edisona, która nadal świeci, liczne przyrządy pomiarowe i zabezpieczające, kombinezon ekwipotencjalny, miniaturowa książka o elektrowni i wiele innych eksponatów z zakresu elektryki, elektroniki, telekomunikacji oraz przedmioty użytkowe wykorzystujące energię elektryczną. Tego się nie



da opisać – to trzeba zobaczyć i wysłuchać komentarza świetnie przygotowanych przewodników. Muzeum ma też laboratorium edukacyjne, w którym przeprowadzane są pokazy dydaktyczne dla dzieci i młodzie-

ży oraz imprezy edukacyjne i konkursy. My również uczestniczyliśmy w laboratoryjnym pokazie, na którym zaprezentowano między innymi trudny do uzyskania przepływ prądu przez izolacyjną szklaną laseczkę.

Nieco przygnębiające wrażenie zrobiła na nas produkcyjna część elektrowni, której właścicielem jest obecnie firma Tauron. Widać wyraźnie, że zakład w 2017 r. skończył 100 lat. Kilka lat temu jego moc elektryczna wynosiła 1150 MW (3 × 225 MW, 1 × 230 MW, 2 × 125 MW) i zajmował w związku z tym ósme miejsce w Polsce. Dwa najmniejsze bloki niedawno zamknięto. Podczas naszego pobytu pracowały tylko dwa bloki; dwa pozostałe były remontowane. Elektrownia opalana jest węglem kamiennym z pobliskich kopalń. Istotnym problemem zakładu jest emisja CO₂. Ostatnio zrezygnowano z dodawania do paliwa biomasy. Trudno przewidzieć, jak potoczą się dalsze losy tego obiektu.

Po zakończeniu zwiedzania pojechaliśmy do Ustronia, gdzie zakwaterowaliśmy się w Centrum Wypoczynkowo Szkoleniowym „Gwarek”, w malowniczej okolicy, na zboczu Równicy. Obiadokolacja pozwoliła zregenerować siły i większość osób przed pamiętnym meczem Polska – Irlandia wybrała się na spacer doliną płynącego między Równicą i Czantorią Jaszowca. Później już tylko kibicowaliśmy...

Dzień drugi – zwiedzanie targów ENERGETAB

Rano wszyscy punktualnie odliczyli się na śniadaniu i w autokarze, który zawiózł nas do Bielska-Białej, pod bramę wejściową na targi. Indywidualnie zajęliśmy się oglądaniem ekspozycji targowych, nawiązywaniem nowych kontaktów, odnawianiem starych, zdobywaniem materiałów informacyjnych oraz gadżetów. Według danych organizatorów, w tegorocznych targach udział wzięło 712 wystawców europejskich i azjatyckich, zaprezentowanych na ponad 300 stronach targowego katalogu. Ekspozycje zajęły powierzchnię ponad 25 tys. m² w pawilonach i na stoiskach plenerowych, gdzie prezentowano przede wszystkim maszyny i urządzenia do budowy i konserwacji linii elektroenergetycznych oraz tzw. mobilne urządzenia zasilające. Wystawiono również samochody elektryczne. Podobnie jak w latach poprzednich, ekspozycje dotyczyły

wytwarzania, przesyłu, dystrybucji i rozdziału energii elektrycznej i ciepłej oraz elektrotechniki i elektroniki przemysłowej. Wystawcy chętnie prezentowali nowatorskie rozwiązania, ponieważ targi ENERGETAB 2018 uznane zostały przez prezesa Urzędu Patentowego RP jako wystawa dająca pierwszeństwo do uzyskania prawa ochronnego albo prawa z rejestracji, w przypadku wystawienia na niej wzoru użytkowego lub wzoru przemysłowego. Jak zwykle podczas targów, odbywały się liczne prezentacje, konferencje, seminaria i warsztaty dotyczące również bezpieczeństwa urządzeń i ich zgodności z normami. Przewidziane na zwiedzanie sześć godzin minęło jak chwilka.



Po obiadokolacji w sali konferencyjnej odbył się konkurs dla uczniów „Zadbaj o swoją przyszłość” zorganizowany przez Międzyszkolne Koło Pedagogiczne SEP. Jego celem było zachęcenie młodzieży do aktywnego

zdobywania informacji o wystawcach i nawiązywania kontaktu z firmami. Podczas konkursu należało krótko zaprezentować wybraną firmę pod kątem przydatności w przyszłej pracy, z uwzględnieniem kontaktów do reprezentujących ją osób. Komisji konkursowej przewodniczył Jerzy Powierza. Konkurs przebiegał bardzo sprawnie, uczniowie przestrzegali czasu prezentacji, a publiczność okazywała dużą życzliwość i aplauz. Ze względu na wyrównany poziom przyznane zostały 3 pierwsze miejsca. Wszyscy uczestnicy otrzymali nagrody ufundowane przez Oddział Łódzki SEP, a dyplomy otrzymają w Łodzi, na spotkaniu w siedzibie Oddziału SEP. Po zakończeniu konkursu kontynuowano spotkania integracyjne.

Dzień trzeci – co kto lubi

Trzeciego dnia wycieczki uczestnicy mieli do wyboru dwie możliwości. Można było nadal zwiedzać targi lub wybrać się na Szynielnię i obejrzeć okolicę ze znajdującego się tam punktu widokowego. Choć czasu nie było zbyt dużo, wszyscy zdążyli na wyznaczoną godzinę. Musieliśmy wyjechać, zanim zaczęli targi opuszczać wystawcy. Droga do Łodzi okazała się dość skomplikowana ze względu na rozległe roboty drogowe w okolicy Bielska-Białej i Częstochowy. Na szczęście po drodze zjedliśmy obiad w przydrożnej karczmie. Do Łodzi dotarliśmy bowiem dopiero po godzinie 19.00.

Należy podkreślić, że wyjazd był bardzo udany. Po raz kolejny mogliśmy wspólnie uczestniczyć w bardzo ciekawych wydarzeniach. Przez całe trzy dni dopisywała ładna pogoda i dobry humor.

Uczestnicy dziękują Oddziałowi Łódzkiemu SEP za dofinansowanie wyjazdu, a panu Jerzemu Powierzy za pełnienie funkcji kierownika wycieczki.

Kozienice +1075

Jacek Kuczkowski, Janusz Jabłoński
Koło SEP przy Veolia Energia Łódź S.A.

W dniach 28 i 29 września br. z inicjatywy koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A. i dzięki dofinansowaniu przez Oddział Łódzki SEP odbył się wyjazd techniczno-krajoznawczy do Kozienic, Puław i Kazimierza Dolnego. Wzięli w nim udział członkowie z siedmiu kół OŁ SEP.

W tym wyjeździe technicznym odwiedziliśmy elektrownię w Kozienicach – największą w Polsce pod względem mocy zainstalowanej elektrownię opalaną węglem kamiennym. Szczególnie interesował nas blok B11 o mocy 1075 MW. W latach poprzednich byliśmy w Elektrowni Łagisza (2011) blok 460 MW, w Elektrowni Bełchatów (2013) blok nr 14 o mocy 858 MW i Elektrowni Atomowej w Temelinie (2007), gdzie poznaliśmy bloki 1000 MW.

Umowę na budowę bloku B11 w Elektrowni Kozienice podpisano z konsorcjum Polimex-Mostostal i Mitsubishi Hitachi Power System Europe we wrześniu 2012 r. za 6,4 mld zł. W maju 2015 r. zakończono bu-

dowę chłodni kominowej (wysokość 185 m i średnica podstawy 146 m). Latem 2015 r. dostarczono drogą morską (2 miesiące) i drogą kolejową (2 tygodnie) ważący 490 ton kolos, generator firmy Mitsubishi Hitachi Power o długości 14,5 m i średnicy ponad 4 m. Generator umieszczono w maszynowni na poziomie 27 m. W marcu 2016 r. przeprowadzono próbę ciśnieniową kotła (wydajność 3000 t/h, 620°C, 250 at). Turbozespół ma



Transport generatora

długość 53 m, a waży 2500 t. Bardzo wysoka sprawność turbiny – 45,6%. Te informacje i załączone zdjęcia ilustrują najlepiej, jak ogromne to było przedsięwzięcie i jak wysokie wymagania techniczne i logistyczne postawiło przed realizatorami inwestycji.



Nowy blok energetyczny

Przekazanie bloku do eksploatacji 19.12.2017 r. pozwoliło na zwiększenie mocy osiągalnej Elektrowni Kozienice z 2941 MW do ponad 4000 MW.

Poznanie tych faktów tym bardziej mobilizowało nas do ponownego wyjazdu do Elektrowni Kozienice. Ponownego, bowiem pierwsza taka wycieczka, jak to wynika z zapisów przywołanych na jubileusz Stowarzyszenia, była zorganizowana w 1979 r.

Podstawowym celem tego wyjazdu było zapoznanie się z blokiem B11. Praktycznie dzięki naszym przewodnikom mogliśmy przejść po całym terenie elektrowni. Mogliśmy poznać poszczególne etapy budowy, rozbudowy, a następnie ciągłej modernizacji i dostosowywania procesu technologicznego do zmieniających się przepisów ochrony środowiska, czego najlepszą ilustracją jest skracanie jednego z kominów (wysokości 306 m) dla dostosowywania go do instalacji odsiarczania spalin. Elektrownia Kozienice usytuowana jest w pobliżu Kozienickiego Parku Krajobrazowego – obszaru specjalnie chronionego, dla którego obowiązują zaostrzone normy ochrony środowiska.

Do dobrego, a może niemal wzorcowego przebiegu zwiedzania dobrze przyczyniła się Aneta Wolszczak z Biura Komunikacji, prezes koła SEP Marek Pereta oraz nasi przewodnicy Krzysztof Bitner i Włodzimierz Jasiuk. Mogliśmy zobaczyć nastawnie instalacji odsiarczania bloków 200 MW, nastawnie bloków 500 MW. Byliśmy przy turbinie i generatorze bloku B11, specjalną trasą przeszliśmy przez kotłownię, a następnie trasą obok nastawni bloku. Nowy blok do produkcji potrzebuje ok. 3 mln ton węgla rocznie. W czasie normalnej pracy jednostka spala 100 kg węgla na sekundę. Duże wrażenie na wielu wywarła panorama z tarasu widokowego na poziomie 105 m, skąd widoczny był teren elektrowni z poszczególnymi etapami rozbudowy, Wisła z ujęciami i zrzutami wody chłodzącej oraz wielobarwny Kozienicki Park Krajobrazowy. Ostatnim odcinkiem przejścia była pompownia wody chłodzącej dla bloków 200 MW i 500 MW.

Przechodząc trasą przygotowaną przez przewodników poznawaliśmy bogatą historię

Elektrowni Kozienice. Nie ma sposobu opisanego wielu szczegółów, ale warto przybliżyć niektóre fakty historyczne.

Początek budowy Elektrowni Kozienice to rok 1968. W 1972 r. oddano do eksploatacji pierwszy blok o mocy 200 MW, w następnym roku bloki nr 2, 3, 4 i 5, a w roku 1974 bloki 6 i 7, natomiast w 1975 r. blokiem nr 8 zakończono etap budowy 200 MW. W 1978 i 1979 r. produkcję rozpoczęły dwa bloki po 500 MW. Każdy z bloków 200 MW składał się z: kotła opromieniowanego, walczakowego OP650 i turbiny trzykadłubowej, jednowałowej kondensacyjnej 13K215 ze zmodernizowanym generatorem TWW 200 o uzwojeniu stojana chłodzonym wodą, a chłodzeniem żelaza stojana i wirnika – wodorem. Natomiast bloki 500 MW wyposażone zostały w kotły walczakowe z cyrkulacją wspomaganą pompami i międzystopniowym przegrzewem pary oraz turbiny czterokadłubowe jednowałowe, kondensacyjne typu K-500-166-2. Od 1988 r. trwa ciągła modernizacja i dostosowywanie działalności do rosnących wymagań ochrony środowiska. Jednym z najważniejszych działań w tym zakresie jest modernizacja wysokosprawnego bloku na parametry nadkrytyczne, co pozwoliło zmniejszyć zużycie paliwa na produkcję energii elektrycznej, jednocześnie obniżyć negatywny wpływ na środowisko.

Bogata, techniczna część naszego wyjazdu dobiegła końca, w miłej atmosferze zjedliśmy obiad w zakładowej stołówce i pojechaliliśmy do Puław, gdzie naszym celem było zwiedzenie z przewodnikiem Muzeum Czartoryskich.

Muzeum mieści się w pałacu, który wznosił w charakterze zamku obronnego marszałek koronny Stanisław Herakliusz Lubomirski w latach 1671–1679. Po Lubomirskich pałac przeszedł w ręce rodu Sieniawskich, a od ożenku Zofii Sieniawskiej z Augustem Czartoryskim pałac związany jest z rodem Czartoryskich.

Największy blask pałac, jako ośrodek kulturalny, zyskał na przełomie XVIII i XIX wieku za sprawą działalności Izabeli i Adama Czartoryskich. To za ich panowania przebudowano pałac i park. W parku powstało wiele budowli, m.in. w 1801 roku Świątynia Sybilli, która stała się pierwszym muzeum narodowym, w którym księżna gromadziła pamiątki świadczące o dawnej świetności.

Dobry czas dla posiadłości skończył się wraz z upadkiem powstania listopadowego w 1831 r. Rosjanie wywieźli część pałacu i jego otoczenia. W 1858 roku pożar strawił środkową część pałacu. W miejsce spalonego fragmentu zaprojektowano i wykonano klatkę schodową z lanego żelaza, która była sensacją techniczną II połowy XIX w. Podobne fragmenty starsi pamiętają z dawnego dworca Łódź Kaliska. Muzeum zajmuje kilka



Zwiedzający przed Świątynią Sybilli

pomieszczeń. W pozostałych mieści się obecnie Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa. Zamek ma ciekawą i bogatą historię. Ekspozatów jest niedużo i związane są głównie z rodem Czartoryskich, których postaci przedstawiają liczne obrazy. Ciekawe są militaria, wyroby rzemiosła artystycznego i pamiątki o charakterze historyczno-sentymentalnym, np. zasuszony bukiet kwiatów z pogrzebu Fryderyka Chopina, różańce. Można zobaczyć odlew gipsowy twarzy i rąk Zofii z Czartoryskich Zamojskiej oraz modlitewnik królowej Leszczyńskiej, żony Ludwika IV.

Z Puław pojechaliśmy w kierunku Kazimierz Dolnego. W zajeździe w Grocie Bochothnickiej mieliśmy nocleg z kolacją i śniadaniem. Rano, zgodnie z planem, pojechaliśmy do Kazimierza Dolnego, gdzie czekał na nas przewodnik PTTK.

W tym dniu na rynku głównym rozłożone były wokół zabytkowej studni stragany i namioty, był to dzień czekolady – dodatkowa atrakcja. Na rynku szczególną uwagę przykuwają dwie piękne, renesansowe kamieni-



ce (na zdjęciu powyżej), jedna z figurą św. Mikołaja, a druga, przylegająca, z figurą św. Krzysztofa. Kamienice należały do braci Mikołaja i Krzysztofa Przybyłów, stąd figury tych świętych.

Zwiedziliśmy kościół farny pod wezwaniem świętych Jana Chrzciciela i Bartłomieja. Można tutaj podziwiać m.in. zabytkowe organy z XVII w., prawdopodobnie najstarsze tego typu w Polsce.



Organy w kościele farnym

Dalsze zwiedzanie wymagało od nas sporego wysiłku. Weszliśmy na ruiny zamku z XIV wieku. Zamek został zniszczony podczas potopu szwedzkiego. Większym wyzwaniem było wejście na Górę Trzech Krzyży z 1708 r., upamiętniającą śmierć wielu mieszkańców z powodu epidemii cholery. Z góry rozpościera się piękny widok na miasto i jego okolice.

Mieliśmy jeszcze jedną atrakcję, a mianowicie odbyliśmy rejs stateczkiem „Cecylia” po Wiśle, która, jak zobaczyliśmy, miejscami była bardzo płytka i uniemożliwiła płynięcie w miejsca atrakcyjne krajobrazowo. Po obiedzie wyruszyliśmy do Łodzi. A tutaj niespodzianka i kłopoty z dojazdem na miejsce. Festiwal Światła. Kierowca dał radę i każdy wysiadł w miejscu dla niego dogodnym.

Veolia w EC 1

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

W dniu 17.10.2018 r. członkowie koła SEP przy Veolia Energia Łódź S.A. zwiedzili jeden z historycznych obiektów Elektrowni Łódzkiej, obecnie Centrum Nauki i Techniki EC1 mieszczący się w budynku dawnej EC1 Zachód.

Centrum Nauki i Techniki EC1 zostało otwarte 7 stycznia 2018 r., a budżet inwestycji pod nazwą „Aranżacja i wykonanie ekspozycji i wyposażenia Centrum Nauki i Techniki w Łodzi” wynosił 45,5 mln zł i był dofinansowany z UE w wysokości 18,3 mln zł. Prace trwały 2 lata. Powierzchnia całego kompleksu wynosi ponad 18 tys. m² i obejmuje historyczne pomieszczenia Elektrowni Łódzkiej, takie jak: maszynownia, pompownia, kotłownia, rozdzielnia, chłodnia, zmiękczalnia.

Oprowadzała nas po Centrum Nauki i Techniki EC1 Aleksandra Jędrzejczak, która zajmuje się zagadnieniami związanymi ze ścieżką „Przetwarzanie energii”. To, co nas najbardziej interesowało, to właśnie



ZAPRASZAMY

od wtorku do piątku w godz. 9⁰⁰ - 19⁰⁰
w soboty i niedziele w godz. 10⁰⁰ - 20⁰⁰

Rezerwacje biletów pod numerem tel. 42 600 61 00

CENTRUM NAUKI I TECHNIKI EC1

ul. Targowa 1/3 (wejście od Hasa)
90-022 Łódź

„Przetwarzanie energii” z uwagi na fakt, że w latach 80. do roku 2000 EC 1, jako wytwórca pary na potrzeby łódzkich odbiorców, była eksploatowana przez Zespół Elektrociepłowni w Łodzi i wielu z nas pracowało w tym obiekcie lub było z nim związanych. Ja ze swojej pracy pamiętam, że z EC1 rurociągi nadziemne pary technologicznej prowadziły w kierunku ulicy Dowborczyków, a w kierunku ulicy Narutowicza rurociągi były nadziemne na terenie EC1 i podziemne pod dojściem na teren obecnego dworca Łódź Fabryczna.

Dla przypomnienia krótki rys historyczny, który pokazuje skąd i kiedy wzięła się nazwa EC1:

1906

25 maja 1906 roku – na działce przy ulicy Targowej 1 ruszyły prace konstrukcyjne pierwszej komercyjnej elektrowni w Łodzi. Budowa kilkakrotnie przerywana była strajkami (działo się to w czasie walk robotników o prawa pracownicze w latach 1905–1907). Zakończyła się ostatecznie późnym latem 1907 roku.

18 września 1907 r. z turbozespołu nr 1 popłynął do sieci miejskiej prąd elektryczny. Z tego okresu pochodzi wybudowana w stylu secesyjnym, użytkowana obecnie jako sala wystawienniczo-koncertowa, Hala Maszyn (EC1 Wschód), rozbudowywana w 1908 r. i w latach 1912–1913.

Rozwój elektrowni (moc maszyn: 2,1 MW w 1907 r. i 21,1 MW w 1913 r.) przerwała I wojna światowa, przynosząc olbrzymie straty dla całego przemysłu łódzkiego. W odrodzonej Polsce łódzka elektrownia, stając się w 20% własnością miasta, weszła w nową fazę rozwoju.

1929

Po kryzysie pierwszych lat powojennych, w 1928 roku odkupiono od Ottona Goldammera fabrykę maszyn i odlewnię położoną w bezpo-

średnim sąsiedztwie elektrowni, przy obecnej ulicy Kilińskiego 74/76, gdzie postanowiono zbudować nową elektrownię, nową Centralę. Prace budowlane rozpoczęto 7 lutego 1929 r., a 4 lipca 1930 r. po raz pierwszy uruchomiono turbozespół firmy Brown Boveri. Nowa Centrala to kompleks budynków wybudowanych w stylu modernistycznym, w charakterystycznej konstrukcji stalowej, nitowanej, wypełnionej cegłami. Nad budynkami kotłowni, pompowni i nastawni górowała i góruje wysoka na ponad 40 metrów chłodnia kominowa. W 1939 roku moc elektrowni wynosiła już 100 MW. W czasie II wojny światowej, dokładnie w 1943 roku, wybuchł w Elektrowni Łódzkiej pożar, który zniszczył dach secesyjnej Hali Maszyn i uszkodził jeden z turbozespołów.



1953

Po wojnie, w 1948 roku, powstała koncepcja budowy sieci ciepłowniczej w mieście, zasilanej przez cztery elektrociepłownie, w tym Elektrownię Łódzką, która miała zostać adaptowana do pracy ciepłowniczej. W 1953 roku Elektrownia rozpoczęła produkcję pary dla potrzeb łódzkiego przemysłu.

1960

W 1960 roku Elektrownia Łódzka i nowo zbudowana Elektrociepłownia nr 2 zostają połączone w jedno przedsiębiorstwo – Zespół Elektrociepłowni. Wtedy to po raz pierwszy pojawia się nazwa EC1, dla oznaczenia najstarszej łódzkiej elektrowni komercyjnej. Otwarcie EC2 zakończyło proces rozbudowy EC 1. Budowa kolejnych elektrociepłowni EC3 i EC4, spowodowała, że EC1 stała się elektrociepłownią szczytową, wspomagającą system parowy Elektrociepłowni nr 3. Ostatecznie EC1 zakończyła swoją pracę w roku 2000 i została przekazana na własność miastu w roku 2003. Następnym, milowym krokiem w historii kompleksu przy Targowej 1/3 była jego rewitalizacja.

Na terenie Centrum Nauki i Techniki EC1 zostały zaaranżowane trzy ścieżki edukacyjne.

**„Przetwarzanie energii”**

Nawiązuje do historii i charakteru miejsca, pokazuje fazy działania elektrowni od placu węglowego, po dostawę prądu. To najbardziej unikatowa część wystawy Centrum Nauki i Techniki EC1 w Łodzi, gdzie zachowane historyczne urządzenia elektrowni zostały połączone w in-

teraktywną ekspozycję pozwalającą prześledzić proces produkcji prądu. Ekspozycja pokazuje zachowane urządzenia takie jak: taśmociągi, młyny, kocioł z możliwością obejrzenia jego wnętrza, turbozespół, nastawnia. Połączenie tych urządzeń z elementami multimedialnymi zaskakuje. Niezapomnianym przeżyciem było obejrzenie mappingu na historycznym turbozespołe Brown Boveri.

„Rozwój wiedzy i cywilizacji”

Ta ścieżka pokazuje różnorodne zjawiska z zakresu: fizyki, chemii, zasad przyrody, prawa nauki, związane z nimi wynalazki – wszystko to, co na przestrzeni wieków pozwoliło zbudować cywilizację, w której żyjemy. Poznajemy rzeczywistość dotykiem, zabawą, doświadczeniami i eksperymentami.

„Mikroświat – makroświat”

Pokazuje to, co jest niewidoczne dla nieuzbrojonego oka. Ujawnia najwspanialsze tajemnice wszechświata – od obserwacji skrzydeł motyla przez mikroskop elektronowy, aż po ujęcia najdalszych głębi Kosmosu. Uzupełnieniem jest kino 3D, gdzie są wyświetlane krótkie filmy tematyczne ukazujące zjawiska oglądane na wystawie.

Efekt rewitalizacji i pokazanie Elektrowni na nowo zrobił na oglądających duże wrażenie i warto go obejrzeć ze wszystkimi atrakcjami multimedialnymi. Wyłącznym partnerem ścieżki edukacyjnej „Przetwarzanie energii” jest Veolia. Minimalny czas na obejrzenie to ok. 3 godziny.

W artykule wykorzystano:

- materiały PR „EC1 Łódź – Miasto Kultury”,
- artykuł „EC1 – nowe życie”, Andrzej Boroń. Biuletyn Techniczno-Informacyjny Oddziału Łódzkiego SEP nr 1/2018.

Foto: Andrzej Gawrysiak

XX Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka Szczecin, 22–25 listopada 2018 r.

Jarosław Drożdż, Bartosz Trawczyński
Studenckie Koło SEP im. prof. Michała Jabłońskiego

W dniach 22–25 listopada 2018 r. odbyła się kolejna edycja Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka. Tegoroczne spotkanie miało miejsce w Szczecinie. Była to jubileuszowa, XX edycja tego wydarzenia, której organizacji podjęło się już po raz trzeci Akademickie Koło SEP przy Wydziale

Elektrycznym Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT) w Szczecinie.

ODME to czas zdobywania dodatkowej wiedzy i wymiany doświadczeń, ale przede wszystkim jest to czas integracji społeczności studenckiej z różnych oddziałów z całej Polski. W ramach ODME studenci dodatkowo rywalizują ze sobą w sprawdzianach teoretycznych i praktycznych z zakresu szeroko pojętej elektrotechniki.

Dzięki wsparciu Oddziału Łódzkiego SEP nasze koło wystawiło ośmioosobową delegację.

Inauguracja wydarzenia miała miejsce w czwartek, 22 listopada, o godz. 9.00 na Wydziale Elektrycznym ZUT. Uczestników przywitał JM Rektor dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. nadzw. ZUT, dziekan Wydziału Elektrycznego dr hab. inż. Krzysztof Okarma, prof. nadzw. ZUT oraz dr inż. Piotr Szymczak, prezes SEP. Odbyło się również okolicznościowe wręczenie przez prezesa SEP medali oraz wyróżnień. Następnie odbył się inauguracyjny wykład „Energia Elektryczna dla Pokoleń. Energia Odnawialna. Wybór czy konieczność”, który wygłosił dr inż. Jacek Nowicki. Przedstawione zostały nowoczesne rozwiązania dla energetyki oraz konieczność wdrożenia ich w przyszłości.



Delegacja naszego koła

Kolejnym punktem programu były wystąpienia przedstawicieli sponsorów, m.in. KK WIND SOLUTIONS oraz VESTAS, podczas których pokazano oferty tych firm. W międzyczasie odbyła się przerwa kawowa, a po niej nastąpiło spotkanie uczestników z prezesem P. Szymczakiem. Tematem rozmów były głównie oczekiwania młodzieży wobec SEP oraz odwrotnie – czego SEP oczekuje od swoich młodych członków.

Następnie odbył się panel dyskusyjny „Energia konwencjonalna a odnawialna”, na którym zaproszeni eksperci, m.in. Aleksander Gul, dyrektor ds. rozwoju biznesu z firmy ABB, mgr inż. Radosław Gutowski, przewodniczący Polskiego Komitetu Elektromobilności SEP dyskutowali nt. zintegrowania ze sobą źródeł energii odnawialnej ze źródłami konwencjonalnymi. Panel bardzo zainteresował uczestników, którzy sami chętnie wypowiadali się oraz zadawali pytania. Po skończonym panelu uczestnicy udali się na obiad, a po nim na posiedzenie sprawozdawczo-wyborcze SRK, na którym został wybrany zarząd na nową kadencję. Nowym przewodniczącym został Jakub Głuchowski. Dla pozostałych uczestników zaplanowano zwiedzanie laboratoriów Wydziału Elektrycznego ZUT. Następnie uczestnicy zakwaterowali się w hotelu, a potem udali się na jubileuszową kolację połączoną z wystawą historii ODME, podczas której mogliśmy wysłuchać koncertu zespołu Wydziału Elektrycznego 3-BURSBAnd. Na kolacji wręczono również prezesowi Szymczakowi statuetkę „Przyjaciela Młodzieży”.

Drugi dzień ODME rozpoczęliśmy od hotelowego śniadania. Następnie udaliśmy się na kampus Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, gdzie odbył się blok wykładów tematycznych: „Energetyka wiatrowa – lądowa i morska”. Wykłady wygłosili mgr inż. Marcin Langowski z PGE GIEK S.A. oraz Aleksander Gul z firmy ABB.

Po krótkiej przerwie kawowej kol. Filip Chudzik i kol. Jakub Staniewski przystąpili do części teoretycznej Ligi Elektryków.

Następnie odbył się blok wykładowy, który dotyczył elektromobilności. O perspektywach i przyszłości aut elektrycznych i punktów ładowania opowiedział mgr inż. Radosław Gutowski z Polskiego Komitetu Elektromobilności, profesor ZUT dr hab. inż. Marcin Hołub oraz Łukasz Kosmala ze szczecińskiego ratusza. Wystąpienia były interesujące i nie brakowało żywołowych dyskusji między uczestnikami, które trwały także podczas następnego przerwy kawowej.



Panel dyskusyjny z prelegentami

Kolejnym punktem w drugim dniu XX ODME były szkolenia liderów. Delegaci mogli wybrać jedno z czterech szkoleń tematycznych: „Schematy elektryczne w praktyce” prowadzone przez KK Wind Solutions, „Systemy dynamicznego pozycjonowania statków” prowadzone przez firmę Kongsberg, „Wirtualne uruchomienie maszyny w Automation Studio” prowadzone przez firmę B&R i „Dobre przywództwo jako element motywacji grupy”.

Po przerwie obiadowej udaliśmy się do Studium Wychowania Fizycznego i Sportu ZUT na część sportową Ligi Elektryków. Tegoroczna edycja składała się z trzech części. Pierwszą konkurencją był rzut transformatorem (kol. Arkadiusz Adamski), drugą bieg przez tor przeszkód (kol. Bartosz Trawczyński) i przeciągnięcie liny (kol. Arkadiusz Adamski oraz kol. Piotr Seta). Ponadto wszyscy uczestnicy dostali okazjonalne koszulki nawiązujące do jubileuszowej edycji ODME. Na zakończenie dnia udaliśmy się do studenckiego klubu Pinokio na kolację i rozmowy w kulkarach.

Trzeci dzień pobytu na ODME rozpoczął się od zwiedzania Szczecina. Wraz z przewodnikiem uczestnicy zwiedzili m.in. wnętrza Bazyliki



Wygrany puchar

Archikatedralnej św. Jakuba, zobaczyli słynny Pałac „Pod Globusem”, w którym obecnie znajduje się Akademia Sztuki oraz odwiedzili Wały Chrobrego, przy których znajduje się budynek Akademii Morskiej. W trakcie trwania wycieczki odwiedziliśmy farmę fotowoltaiczną, gdzie mieliśmy okazję z bliska zobaczyć konstrukcję paneli oraz dowiedzieć się, jak taka farma funkcjonuje.

Następnie udaliśmy się na obiad, a po nim rozpoczęła się praktyczna część Ligi Elektryków, która polegała na programowaniu w Matlabie. Oddział Łódzki SEP reprezentowali kol. Filip Chudzik oraz kol. Jakub Staniewski. Równolegle do Ligi Elektryków odbywała się gra miejska, podczas której uczestnicy mieli za zadanie rozpoznawać i opisywać szczecińskie zabytki.

Po zakończeniu gry i części praktycznej Ligi rozpoczęto przygotowania do uroczystego bankietu, na którym podsumowano całe wydarzenie

oraz ogłoszono wyniki Ligi Elektryków. Oddział Łódzki uplasował się na trzeciej pozycji. Reprezentacja Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy PŁ składała się z następujących osób: Jakub Staniewski, Filip Chudzik (wiceprezes SK SEP), Piotr Seta (prezes SK SEP), Arkadiusz Adamski, Sebastian Pokrop (sekretarz SK SEP), Jarosław Drożdż, Bartosz Trawczyński, Adam Śmigieński.

W Lidze Elektryków pierwsze miejsce zajął oddział lubelski, drugie – oddział koniński, a trzecie, jak już wspomniano, oddział łódzki.

Jednocześnie chcielibyśmy serdecznie podziękować Oddziałowi Łódzkiemu SEP za możliwość wyjazdu na tak wspaniałe wydarzenie, jakimi są Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka.

Foto: Piotr Seta

IEEE Students & Young Professionals Meeting 2018

Filip Chudzik
Studenckie Koło SEP im. prof. Michała Jabłońskiego

W dniach 25 – 27 października bieżącego roku w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Elblągu odbyło się coroczne ogólnopolskie spotkanie IEEE Students & Young Professionals Meeting.

IEEE SYPM to organizowane co roku spotkanie, w którym udział biorą studenci, reprezentanci studenckich oddziałów IEEE oraz przedstawiciele uczelni wyższych i przemysłu. Wydarzenie daje uczestnikom możliwość wymiany wiedzy i doświadczeń, kontaktu z przedstawicielami przemysłu, networkingu oraz udziału w interesujących wykładach i warsztatach zarówno z umiejętności technicznych, jak i miękkich.

Tegoroczna, trzecia już edycja, zgromadziła blisko 300 uczestników i została zorganizowana przez IEEE Elbląg Student Branch założone przez studentów Instytutu Informatyki Stosowanej im. Krzysztofa Brzeskiego w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Elblągu.

Delegatem reprezentującym nasz Oddział na spotkaniu był wiceprezes Studenckiego Koła SEP im. prof. M. Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej, kol. Filip Chudzik.

W tym roku wydarzenie zostało objęte patronatem honorowym SEP, Elbląskiego Oddziału SEP, Polskiej sekcji IEEE, JM Rektora PWSZ w Elblągu oraz 4 sekcje IEEE: IEEE Computational Intelligence Society (CIS), IEEE Signal Processing Society (SPS), IEEE Robotics and Automation Society (RAS) oraz IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS).

Dzień pierwszy IEEE – 25.10.2018 r.

Wydarzenie rozpoczęło się powitaniem przez dr Katarzynę Wasilewską i kol. Piotra Gracę zaproszonych gości, wśród których znaleźli się

między innymi: rektor PWSZ prof. Zbigniew Walczyk, wiceprzewodniczący Polskiej Sekcji IEEE prof. Adam Dąbrowski oraz prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich dr inż. Piotr Szymczak.



Uroczyste rozpoczęcie

Po przywitaniu wszystkich gości uczestnicy wysłuchali prelekcji rektora PWSZ prof. Zbigniewa Walczyka na temat oferty dydaktycznej Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Elblągu.

Kolejna prelekcja wygłoszona przez wiceprzewodniczącą Polskiej Sekcji IEEE prof. Adama Dąbrowskiego dotyczyła historii Polskiej Sekcji IEEE, jej struktury oraz skupionych wokół niej jednostek, zorganizowanych w tym roku wydarzeń oraz zdobytych nagród. Ważną częścią przemówienia była kwestia najnowszych inicjatyw, w tym między innymi projektu upamiętnienia prof. Jana Czochralskiego, wynalazcy metody otrzymywania monokryształów krzemu, na tablicy IEEE Milestone, podjętego wspólnie przez Polską i Niemiecką Sekcję IEEE.

Następnie głos zabrał koordynator ds. współpracy z kołami studenckimi ze strony studentów, kolega Maciej Borówka, który bardziej



Zdjęcie grupowe uczestników. Foto: Katarzyna Wasilewska

szczegółowo opowiedział o działalności studenckich oddziałów IEEE i zachęcił niezrzeszoną jeszcze młodzież do dołączenia do organizacji.



Projekt tablicy upamiętniającej prof. Jana Czochralskiego

Kolejna prelekcja została wygłoszona przez prezesa Stowarzyszenia Elektryków Polskich dr. inż. Piotra Szymczaka. Prezes podkreślił w swoim przemówieniu silną pozycję Stowarzyszenia i potrzebę współdziałania środowisk związanych z elektryką w celu rozwiązywania problemów w kraju. Zachęcał również do propagowania szeroko pojętej edukacji technicznej celem kształtowania nowych pokoleń elektryków oraz prosił o większą wiarę i zaufanie w możliwości polskiej młodzieży. Na koniec swojego przemówienia prezes Szymczak zaprosił wszystkich obecnych na III Kongres Elektryków Polskich z okazji 100-lecia SEP, mający się odbyć w dniach 3–4 kwietnia przyszłego roku oraz odbywające się ramach Kongresu V Sympozjum „Historia Elektryki SEP”. Wspomniane zostały również uroczystości jubileuszowe we Lwowie, które odbędą się w dniach 26–28 września 2019 r.

W dalszej części uczestnicy mieli okazję wysłuchania wykładu inauguracyjnego wygłoszonego przez prof. Krzysztofa Poźniaka z Politechniki Warszawskiej pod tytułem „Szybkie elektroniczne systemy diagnostyki plazmy tokamakowej dla przyszłej elektrowni termojądrowej”.

Po krótkiej przerwie kawowej swoje wystąpienia zaprezentowali sponsorzy wydarzenia:

- Paweł Noga z firmy Intel,
- Bo DeVries z firmy Intel Higher Education – Europe,
- Adam Augustynowicz, wiceprezes OPEGIEKA.

Po przerwie na lunch, w ramach sesji plenarnej, odbyła się seria wykładów popularnonaukowych przygotowanych przez przedstawicieli czterech IEEE Society Chapters:

- prof. Jacek Misiurewicz, Politechnika Warszawska: IEEE AP/AES/MTT Joint Chapter oraz SP-001 Chapter: „Matematyka spotyka się z techniką: próbkowanie sygnałów wczoraj, dziś, jutro”;
- prof. Ewaryst Tkacz, Politechnika Śląska: EMB-018 Chapter: „Zastosowanie widm wyższych rzędów oraz zasadniczych trybów dynamicznych do oceny postępów rehabilitacji pacjentów po niedokrwiennych udarach mózgu”;
- prof. Rafał Scherer, Politechnika Częstochowska: CIS-011 Chapter: „Sztuczna inteligencja w kontekście działalności IEEE Computational Intelligence Society”;
- prof. Krzysztof Kozłowski, Politechnika Poznańska: RA-024 Chapter: „Od matematyki i Fizyki do automatyki i robotyki”.

Po serii wykładów głos zabrali przewodniczący IEEE Student Branches, którzy w ramach pięciominutowych przemówień *Speed Talks*, przedstawili pokrótce działalność swoich kół, zaprezentowali organizowane w ciągu roku wydarzenia i osiągnięcia oraz plany na przyszłość.

Dzień zakończyła uroczysta kolacja w hotelu Arbiter, podczas której przedstawiciele IEEE Student Branches oraz członkowie Young



Przemówienie wygłosił również prezes SEP

Professionals mieli okazję do zadania pytań obecnym przedstawicielom przemysłu i uczelni wyższych.



Uroczysta kolacja. Foto: Katarzyna Wasilewska

Drugi dzień SYPM – 26.10.2018 r.

Następnego dnia, w piątek, uczestnicy wydarzenia zwiedzili fabrykę turbin należącą do koncernu GE Power.

Po powrocie do Instytutu Informatyki Stosowanej im. Krzysztofa Brzeskiego, odbyła się część warsztatowa – zajęcia z technik zarządzania projektami – pod tytułem „Cost and Time Management in Projekt Management” poprowadził przedstawiciel IEEE Qatar Section Amith Khandakar.



Uczestnicy warsztatów. Foto: Katarzyna Wasilewska



Warsztaty z umiejętności miękkich poprowadził przedstawiciel IEEE Qatar Section Amith Khandakar. Foto: Katarzyna Wasilewska

Dzień zakończył się kolacją integracyjną z karaoke i networkingiem.

Trzeci dzień SYPM – 27.10.2018 r.

Ostatniego dnia spotkania, w sobotę, w budynku Instytutu Informatyki Stosowanej im. Krzysztofa Brzeskiego uczestnicy wzięli udział w warsztatach technicznych przygotowanych przez przedstawicieli przemysłu:

- Intel: „Intel® Movidius Deep Learning Workshop” – Łukasz Wencel, Michał Chruściński i Łukasz Durka;
- Energa-Operator: „Innowacyjne rozwiązania w obszarze energetyki” – dr inż. Sławomir Noske;
- OPEGIEKA: „Jak uczenie maszynowe wykorzystywane jest w geoinformatyce?” – Piotr Czubek i Dominik Mielczarek.



Uczestnicy warsztatów Energa-Operator. Foto: Katarzyna Wasilewska



Mobilne centrum kontroli i lokalizacji uszkodzeń w sieci energetycznej Energa-Operator



Pokaz dotyczący diagnostyki uszkodzeń w sieci energetycznej. Foto: Katarzyna Wasilewska

Warsztaty były ostatnim punktem programu. Po nich, o godzinie 18:00, nastąpiło uroczyste zakończenie wydarzenia oraz wręczenie dyplomów uczestnictwa.

Zebranie SRK SEP oraz CKMiS SEP w Warszawie

Piotr Seta
Studenckie Koło SEP im. prof. Michała Jabłońskiego

W dniu 27 października 2018 r. w sali konferencyjnej Biura SEP w Warszawie odbyły się zebrania Studenckiej Rady Koordynacyjnej SEP oraz Centralnej Komisji ds. Młodzieży i Studentów SEP. Spotkanie członków



Zebranie Studenckiej Rady Koordynacyjnej SEP

SRK SEP było ostatnim spotkaniem roboczym przed spotkaniem wyborczym, zaplanowanym podczas XX Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka w Szczecinie. Posiedzenie CKMiS SEP było inauguracją działalności komisji w nowej kadencji.

Podczas spotkania SRK przewodnicząca komitetu organizacyjnego XX ODME w Szczecinie kol. Aleksandra Mackiewicz przedstawiła prezentację o przygotowaniach do wyżej wymienionego wydarzenia. Podczas tegorocznej edycji ODME zorganizowana zostanie wystawa historyczna, na której będą przedstawione pamiątki ze wszystkich wcześniejszych edycji wydarzenia. Organizatorzy poprosili o pomoc w przygotowaniu wystawy oraz zebraniu niezbędnych pamiątek. Punktem kulminacyjnym zebrania były prezentacje kandydatów do przyszłorocznej edycji Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka, w których udział wzięły: Studenckie Koło SEP nr 19 przy AGH oraz Akademickie Koło SEP przy Politechnice Poznańskiej. Obydwa koła starały się przekonać do siebie członków SRK, jednak ostatecznie stosunkiem głosów 7 do 6 zwyciężyło Akademickie Koło SEP przy Politechnice Poznańskiej i otrzymało rekomendację Studenckiej Rady Koordynacyjnej SEP jako organizatora XXI ODME.

Po zamknięciu obrad odbył się wykład pod tytułem „Czy puszką Pandory się rozszczelniła? Krótka historia cyberprzestrzeni”, który wygłosił ppłk dr inż. Rafał Kasprzyk – kierownik Pracowni Modelowania i Analizy Cyberprzestrzeni z Wydziału



Wręczenie nominacji CKMiS

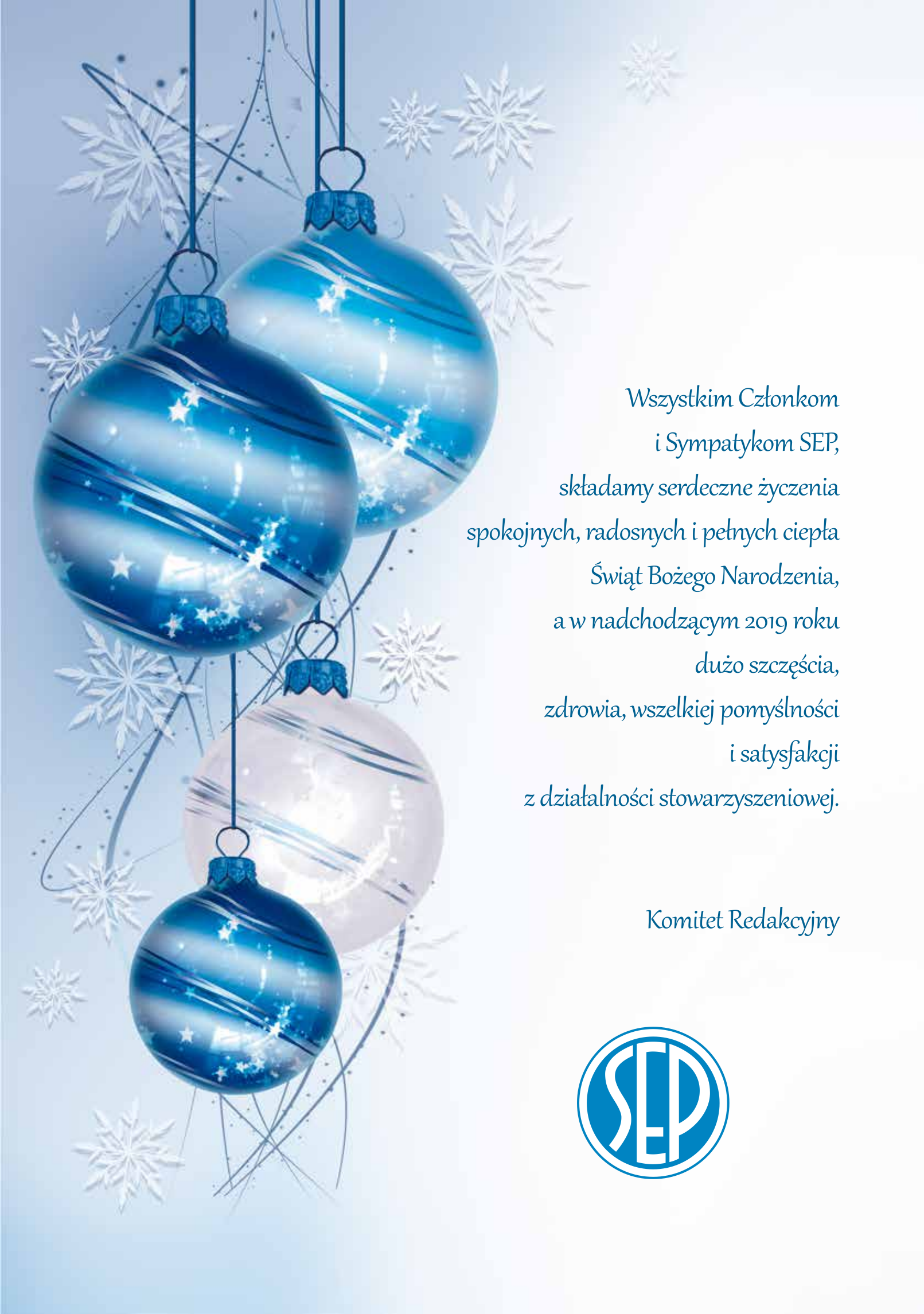
Cybernetyki WAT. Wykład spotkał się z dużym zainteresowaniem zgromadzonych na sali. Po prelekcji padło dużo pytań do prowadzącego i wywiązała się ciekawa dyskusja na poruszony temat.

Po krótkiej przerwie przyszedł czas na posiedzenie Centralnej Komisji ds. Młodzieży i Studentów SEP. Spotkanie zaczęło się od wręczenia nominacji członkom komisji przez prezesa SEP Piotra Szymczaka. Następnie zostały przedstawione informacje nt. działalności ZG SEP w nowej kadencji oraz zamierzenia na przyszły rok. Tak samo, jak w przypadku zebrania SRK, przewodnicząca komitetu organizacyjnego XX ODME przedstawiła prezentację nt. przygotowań do imprezy. Ponadto koła z Krakowa oraz Poznania przedstawiły swoje kandydatury do organizowania XXI ODME. W tym głosowaniu ponownie koledzy z Poznania pokonali kolegów z Krakowa, w związku z czym CKMiS wystawiło rekomendację do organizowania XXI Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka dla Akademickiego Koła SEP przy Politechnice Poznańskiej.

Foto: Tydzień w SEP nr 186/22



Uczestnicy spotkania



*Wszystkim Członkom
i Sympatykom SEP,
składamy serdeczne życzenia
spokojnych, radosnych i pełnych ciepła
Świąt Bożego Narodzenia,
a w nadchodzącym 2019 roku
dużo szczęścia,
zdrowia, wszelkiej pomyślności
i satysfakcji
z działalności stowarzyszeniowej.*

Komitet Redakcyjny

