



BIULETYN

TECHNICZNO - INFORMACYJNY



Zarządu Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 2/2009 (45)

ISSN 1428-8966

Czerwiec 2009





JUBILEUSZ STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH 1919 – 2009

KONGRES ELEKTRYKI POLSKIEJ Warszawa, 2-4 września 2009 r.

Główne cele Kongresu Elektryki Polskiej:

- określenie diagnozy stanu polskiej elektryki na początku XXI wieku, w 90. roku istnienia SEP;
- określenie strategicznych kierunków rozwoju tej bardzo istotnej dla życia i rozwoju społeczeństwa jako całości, a także poszczególnych obywateli, gałęzi nauki i gospodarki;
- uczczenie pamięci poprzedników, elektryków, którzy przyczynili się do rozwoju tej dziedziny techniki w Polsce i na świecie.



Miejsce obrad:
Gmach Główny Politechniki Warszawskiej

Stowarzyszenie Elektryków Polskich
Tradycja i nowoczesność !

Zapraszamy wszystkich członków i sympatyków SEP
do udziału w obchodach Jubileuszu 90 lecia

Spis treści:

| | |
|---|----|
| Elektrownie opalane węglem w świetle polityki ograniczania emisji CO ₂ – M. Pawlik | 2 |
| Działania PGE Elektrowni Bełchatów S.A. w kontekście rozwoju czystych technologii węglowych. Instalacja demonstracyjna CCS – B. Cirkos, M. Gurgul | 7 |
| Rola badań eksploatacyjnych kabli transmisyjnych wysokiego napięcia z zastosowaniem czułych metod diagnostycznych – E. Gulski, A. Rakowska, K. Siodła, P. Chojnowski, J. Parciak | 12 |
| Sprawozdanie Zarządu z działalności Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich z siedzibą w Łodzi za okres od 01.01.2008 r. do 31.12.2008 r. | 20 |
| Młodzi dla młodych. XI Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka w Łodzi – M. Pawłowski | 23 |
| Uroczystość poświęcona pamięci Profesora Władysława Pełczewskiego | 26 |
| IX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Elektrownie ciepłe. Eksploatacja – Modernizacje – Remonty” (informacja pokonferencyjna) – T. Kotlicki | 28 |
| XII Rada Prezesów SEP Konin-Mikorzyn, 28–31 maja 2009 r. | 29 |
| Z życia Kół – J. Kuczkowski | 30 |
| Wybory w Łódzkiej Radzie Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych – A. Ketner | 31 |
| KĄCIK SENIORA – Kronika wydarzeń 2/2009(2) – Z. Zarzycki | 32 |

Komitet Redakcyjny:

mgr inż. Mieczysław Balcerek – Sekretarz
dr hab. inż. Andrzej Dębowski, prof. P.Ł.
– Przewodniczący

mgr Anna Grabiszewska
mgr inż. Lech Grzelak
dr inż. Adam Ketner
dr inż. Tomasz Kotlicki
mgr inż. Jacek Kuczkowski
prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński
mgr inż. Krystyna Sitek
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. 042-632-90-39, 042-630-94-74
Skład: Alter
tel. 042-676-45-10, 0605 725 073
Druk: Drukarnia BiK Marek Bernaciak
Łódź, ul. Smutna 16
tel. 042-676-07-78

Wydawca:

Zarząd Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a

tel./fax 042-630-94-74, 042-632-90-39

e-mail: seplodz@onet.pl seplodz@neostrada.pl

http://sep.p.lodz.pl

www.sep.lodz.wizytowka.pl

Konto: I Oddział KB SA w Łodzi 21 1500 1038 1210 3005 3357 0000

Szanowni Państwo

Wytwarzanie energii elektrycznej od wielu lat jest jednym z najważniejszych przedsięwzięć gospodarczych człowieka. Problemem jest nie tylko by tę energię uzyskiwać jak najtaniej, ale także by powstające przy tym uboczne efekty powodowały jak najmniej szkód w naturalnym środowisku. Obserwowane w ostatnim okresie stopniowe ocieplenie się klimatu na Ziemi powodowane jest nasilającym się efektem cieplarnianym, wywołanym nadmiarem dwutlenku węgla przedostającego się do atmosfery. Znaczny udział mają w tym elektrownie ciepłe. Zagadnienia dotyczące sposobów ograniczenia emisji tego gazu w energetyce zawodowej były najważniejszym problemem poruszonym na konferencji naukowo-technicznej „Elektrownie ciepłe”, która tradycyjnie niedawno odbyła się w Słoku koło Bełchatowa. W tym numerze Biuletynu przedrukujemy dwa najciekawsze referaty wygłoszone na tej konferencji.

W pierwszym z nich Maciej Pawlik, profesor Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej, przedstawia powody wskazujące na konieczność dalszego utrzymywania energetyki opartej na spalaniu węgla kamiennego i brunatnego, oraz omawia nowe rozwiązania techniczne dotyczące budowy wielkich bloków energetycznych, pozwalające wydatnie obniżyć stopień emisji CO₂. Wskazuje, że obecnie istnieją już techniczne możliwości, by gaz ten w coraz większym stopniu mógł być wychwytywany ze spalin i podany składowaniu. Obserwowany ostatnio postęp w rozwoju dotychczasowej podstawowej technologii PE, polegającej na spalaniu węgla w postaci pyłu, daje podwójną korzyść. Po pierwsze, pozwala oszczędzać zasoby, ponieważ do wytworzenia jednostki energii elektrycznej wymagane jest mniejsze zużycie paliwa. A po drugie, pozwala na redukcję ilości CO₂ powstającego w procesie spalania mniejszej ilości paliwa. Prof. Pawlik zauważa, że zasoby węgla są na świecie rozłożone bardziej równomiernie, niż zasoby innych surowców energetycznych, co rzutuje na większą stabilność cen i większe bezpieczeństwo dostaw, które ocenia się na około 200 lat dla węgla kamiennego i ponad 200 lat dla węgla brunatnego.

W drugim artykule Bolesław Cirkos, dyrektor ds. rozwoju Elektrowni Bełchatów i Marzena Gurgul, koordynatorka projektu dotyczącego wychwytywania i składowania dwutlenku węgla, omawiają założenia przygotowywanej do wdrożenia pierwszej polskiej instalacji do wychwytywania ze spalin i podziemnego składowania tego gazu. O pracach przygotowawczych w tym zakresie, prowadzonych w Elektrowni w związku z budową nowego, nowoczesnego bloku 858 MW, autorzy piszą na tle innych, wcześniejszych działań podejmowanych w tym zakładzie od paru lat, mających na celu rozwój czystych technologii węglowych. To w Elektrowni Bełchatów wybudowano pierwsze w Polsce instalacje odsiarczania spalin i tam także od dawna prowadzono prace polegające na optymalizacji procesu spalania węgla w kotle, co pozwoliło wydatnie ograniczyć emisję szkodliwych tlenków azotu.

Część techniczną Biuletynu zamyka artykuł sponsorowany przez firmę OLMEX S.A., w którym w oparciu o doświadczenia praktyczne, przedstawiono przegląd metod pomiarowych dotyczących diagnostyki kabli wysokonapięciowych, ze wskazaniem możliwości prowadzenia badań zarówno kabli nowych jak i już znajdujących się w eksploatacji.

W części informacyjnej przedstawiamy, jak zwykle, sprawozdania z działalności naszego Stowarzyszenia, w tym m.in.: sprawozdanie z działalności Zarządu OŁ SEP oraz sprawozdanie z przebiegu obchodów Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka, które w tym roku odbywały się w Łodzi. Ważnym wydarzeniem w ostatnim czasie było także odsłonięcie na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki, tablicy pamiątkowej prof. Władysława Pełczewskiego, zmarłego przed trzema laty zasłużonego profesora Politechniki Łódzkiej, członka honorowego naszego Stowarzyszenia.

Komitet Redakcyjny

Maciej Pawlik

Elektrownie opalane węglem w świetle polityki ograniczania emisji CO₂

1. Wstęp

Wyczerpywanie zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego (przy obecnym poziomie zużycia wystarczające na odpowiednio 40 i 60 lat) a ponadto skupienie ich w kilku państwach, co rzutuje na bezpieczeństwo ich dostaw, powodują odejście od tych paliw na rzecz węgla. Decydują o tym największe zasoby światowe węgla, szacowane na ok. 200 lat w odniesieniu do węgla kamiennego i ponad 200 lat – dla węgla brunatnego, a także bardziej równomierne ich rozłożenie w świecie a ponadto w miarę stabilny poziom cen. Powrót do węgla spowodowany jest głównie szybkim wzrostem popytu w sektorze wytwarzania energii elektrycznej w Chinach i Indiach, które stanowią 45% światowego zużycia węgla i udział ten będzie rósł dalej. Oczekuje się, że do roku 2050 przyrost całkowitej produkcji energii będzie zaspokajany przez paliwa organiczne (głównie węgiel i gaz). Każde jednak spalanie paliw kopalnych prowadzi do emisji CO₂, najważniejszej – zdaniem większości specjalistów – przyczyny światowego ocieplenia klimatu. Jeżeli więc paliwa kopalne mają mieć nadal znaczący udział w produkcji energii elektrycznej, konieczne jest wdrażanie rozwiązań pozwalających na redukcję emisji tego gazu do atmosfery.

Po w miarę skutecznym rozwiązaniu problemu emisji pyłów, tlenków siarki i azotu w elektrowniach opalanych węglem, istotnym problemem pozostaje ochrona klimatu, czyli ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, w tym głównie CO₂. Etapem docelowym na tej ścieżce rozwoju będą tzw. technologie „zeroemisyjne” [8]. Jako efektywne sposoby skutecznego ograniczania emisji CO₂ przy wykorzystaniu węgla do produkcji energii elektrycznej brane są pod uwagę i rozwijane dwie opcje:

- rozwój nowej generacji konwencjonalnych bloków energetycznych w klasycznej technologii PF (Pulverized-coal Fired) – spalania węgla w postaci pyłu, opartej na obiegu Rankine’a – dla uzyskania zdecydowanie wyższej sprawności netto wytwarzania energii elektrycznej;
- technologie umożliwiające wychwytywanie i składowanie (sekwestrację) CO₂ (technologie CCS – *Carbon Capture and Storage*), które są postrzegane jako docelowe rozwiązanie „zeroemisyjnej” produkcji energii elektrycznej z węgla.

2. Innowacyjne drogi rozwoju technologii „zeroemisyjnych”

Obecne i przyszłościowe możliwości radykalnego ograniczenia emisji CO₂ (ang.: *near-zero emission*) przy spala-

niu paliw organicznych, głównie węgla są upatrywane we wdrażaniu trzech technologii CCS [3]:

- wychwytywanie CO₂ ze strumienia spalin – tzw. technologia *Post-Combustion*,
- spalanie tlenowe, w wysokiej koncentracji O₂+CO₂ – tzw. technologia *Oxyfuel*,
- wychwytywanie CO₂ z gazu ze zgazowania węgla – tzw. technologia *Pre-Combustion*.

Technologia *Post-Combustion* może być stosowana dla radykalnego ograniczenia emisji CO₂ zarówno w istniejących klasycznych elektrowniach węglowych, jak i nowo projektowanych. Dwutlenek węgla jest usuwany ze strumienia gazów spalinowych za elektrofiltrem i instalacją odsiarczania. Najczęściej stosowanym dziś rozwiązaniem usuwania CO₂ z bardzo dużego strumienia objętości spalin o małym ciśnieniu jest absorpcja za pomocą roztworu alkalicznego (sorbentu), np. monoetanolaminy (MEA). W wyniku reakcji z aminami CO₂ jest wymywane ze spalin i w postaci ciekłej odprowadzane z absorbera. Rozpuszczone w roztworze aminowym CO₂ jest następnie w termicznym procesie desorpcyjnym (w regeneratorze) uwalniane z roztworu i sprężane (dla transportu na miejsce składowania).

Przebiegające w regeneratorze wypłukiwanie CO₂ wymaga niestety dużej ilości ciepła, ok. 5 GJ/t CO₂, które zwykle jest dostarczane w postaci niskoprężnej pary upustowej z turbiny. Zarówno pobór pary z upustu turbiny, jak i zużycie energii na sprężanie CO₂ skutkuje znacznym obniżeniem sprawności bloku energetycznego o 7÷14 pkt.%.

Idea technologii *Oxyfuel* polega na spalaniu węgla w atmosferze tlenu. Technologia ta wymaga budowy instalacji tlenowni (również obniżającej w istotnym stopniu sprawność bloku), w której z powietrza jest oddzielany azot a tlen o czystości powyżej 95% dostarczany do komory paleniskowej kotła. Skutkuje to bardzo wysoką temperaturą spalania oraz ok. 75% zmniejszeniem strumienia masy gazów spalinowych. Dla ograniczenia temperatury spalania do poziomu dopuszczalnego ze względu na stosowane materiały konstrukcyjne kotła, duża część strumienia schłodzonych gazów spalinowych (zza elektrofiltra) jest zwracana z powrotem do komory paleniskowej (recykulacja spalin).

Strumień spalin opuszczający kocioł składa się z ok. 70% z dwutlenku węgla, resztę stanowi w większości para wodna a jej udział zależy od rodzaju spalanego węgla (kamiennego, bądź brunatnego). W wyniku schładzania spalin para wodna ulega skropleniu, a pozostałość o dużej koncentracji CO₂ jest usuwana z kotła. Pilotowa instalacja

o mocy 30 MW, wykorzystująca spalanie tlenowe oddana została przez firmę Vattenfall w ubiegłym roku w elektrowni Schwarze Pumpe.

Technologia *Pre-Combustion* bazuje z kolei na układzie gazowo-parowym zintegrowanym ze zgazowaniem węgla (IGCC – *Integrated Gasification Combined Cycle*), rozwijanym od lat dziewięćdziesiątych minionego wieku. W gazogeneratorze, zasilanym emulsją wodno-węglową paliwo jest drogą częściowego utleniania przekształcane w gaz syntezowy (syngas). Wytworzony gaz syntezowy z dużym udziałem CO jest kierowany do reaktora konwersji (z doprowadzeniem pary wodnej), gdzie jest katalitycznie przekształcany na wodór i dwutlenek węgla ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$). Pozostający w tym kroku procesu gaz syntezowy, jest po schłodzeniu kierowany do instalacji (Selexol lub Rectisol), w której – z wykorzystaniem absorpcji fizycznej – usuwane są gazy kwaśne: w pierwszej części H_2S (przetwarzany na czystą siarkę w instalacji Clausa), w drugiej zaś CO_2 . W przeciwieństwie do absorpcji chemicznej (np. z monoetanoloaminą), instalacje oparte na absorpcji fizycznej nie wymagają dużych ilości pary wodnej do regeneracji sorbentu.

Oczyszczony gaz składający się głównie z H_2 (często po nawilżeniu i dodaniu azotu, dla ograniczenia emisji NO_x) jest w kombinowanym układzie gazowo-parowym przetwarzany na energię elektryczną w turbozespoleniu gazowym i parowym. Zalet tego układu można upatrywać w możliwości zastosowania poligeneracji, tj. wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i surowców chemicznych, chociaż osiągnięte w dotychczasowych rozwiązaniach sprawności nie są zbyt duże.

Choć wiemy jak wychwytywać dwutlenek węgla, to wciąż nie wiadomo, co potem z nim zrobić, aby nie trafiał do atmosfery. Żadna pojedyncza technologia nie rozwiązuje jak dotychczas w pełni problemu emisji dwutlenku węgla, możliwe są jednak kombinacje różnych technologii, których jest sporo. Znajdują się one w różnych fazach rozwoju, od fazy badawczej (deponowanie w oceanach, utylizacja przy pomocy mikroalg i cyjanobakterii) do ekonomicznie i technicznie wykonalnej (chłodnictwo, saturacja, gaz syntezowy). Przy czym trzeba mieć świadomość, że interesująca w tej grupie technologia przekształcania CO_2 w gaz syntezowy, w końcowym efekcie prowadzi znów do wyemitowania go do atmosfery.

Panuje dość powszechne przekonanie, że technologie CCS będą kluczowymi dla przyszłości energetyki węglowej, konieczne jest jednak dalsze ich dopracowanie aby zminimalizować ubytek sprawności związanej z sekwestracją CO_2 , co zapewne zajmie kilkanaście najbliższych lat.

3. Dalszy rozwój klasycznej technologii PF

3.1. Parametry nadkrytyczne i ultra-nadkrytyczne

W aktualnej sytuacji to, co należy robić w chwili obecnej na pewno, to dążyć do osiągnięcia coraz wyższych sprawności netto bloków opalanych węglem. Dotyczy to zresztą w ogólności paliw organicznych, w tym zwłaszcza gazu, bloki gazowo-parowe opalane gazem przełamują już bowiem poziom 60% sprawności netto. Proces poprawy sprawności elektrowni węglowych trwa zresztą od początku ich istnienia, szczególnego tempa nabral jednak w końcu ubiegłego wieku.

Z początkiem lat 90. XX wieku w konwencjonalnych elektrowniach węglowych zaczęto wprowadzać nadkrytyczne parametry pary. Poza podwyższonymi parametrami pary także nowe technologie projektowania elementów oraz konfigurowania całych urządzeń i układów technologicznych, optymalizacja geometrii elementów przepływowych, nowe technologie odlewania i odkuwek elementów ciśnieniowych oraz zastosowanie nowych gatunków stali pozwoliły na wzrost sprawności nowych bloków energetycznych o 7÷8 pkt.%.

Dzięki osiągnięciom inżynierii materiałowej, tj. opanowaniu produkcji nowych gatunków stali martenzytycznych typu P91/T91, HCM12, NF 616 i austenitycznych Cr-Ni typu Esshete 1250, TP347, Super 304H możliwe jest dziś całkowicie bezpieczne i w pełni niezawodne podniesienie parametrów pary świeżej do 300 bar i 600–620°C. Te nowe gatunki stali charakteryzują się obniżoną zawartością Cr i C i ich substytucją przez dodatki Ni, Mo, W, Nb, V, co zwiększa odporność na korozję wysokotemperaturową, pękanie naprężeniowe oraz ułatwia spawanie.

Aktualny stan rozwoju technologii PF wyznaczają: przy spalaniu węgla kamiennego – blok Nordjylland (Dania) o sprawności netto wytwarzania energii elektrycznej 47÷48% oraz blok BoA (Niederaussem – Niemcy) o sprawności 45,5% – opalany węglem brunatnym [6].

W tablicy 1. zestawiono parametry przykładowych bloków nadkrytycznych, oddanych do eksploatacji w ostatnim dziesięcioleciu.

Tablica 1. Parametry wybranych bloków nadkrytycznych z „rodziny 600°C”

| Blok energetyczny | Moc, MW | Parametry | paliwo | Rok uruchomienia |
|-------------------------|---------|--------------------------|---------|------------------|
| Haramachi 2 (Japonia) | 1000 | 259bar/604°C/602°C | w.kam. | 1998 |
| Nordjylland 3 (Dania) | 400 | 290bar/580°C/580°C/580°C | w.kam. | 1998 |
| Misumi 1 (Japonia) | 1000 | 259bar/604°C/602°C | w.kam. | 1998 |
| Lippendorf | 934 | 267bar/554°C/583°C | w.brun. | 1999 |
| Tachibanawan2(Japonia) | 1050 | 264bar/605°C/613°C | w.kam. | 2001 |
| Niederaussem (Niemcy) | 975 | 265bar/565°C/600°C | w.brun. | 2002 |
| Isogo 1 (Japonia) | 600 | 280bar/605°C/613°C | w.kam. | 2003 |
| Yuhuan 3 i 4 (Chiny) | 1000 | 260bar/600°C/600°C | w.kam. | 2006 |
| Torrevaldaliga (Włochy) | 660 | 250 bar/604°C /612°C | w.kam. | 2008 |
| Łagisza (Polska) | 460 | 275bar/560°C/580°C | w.kam. | 2009 |
| Neurath F i G (Niemcy) | 1100 | 272 bar/600°C /605°C | w.brun. | 2010 |

Dalsze istotne zwiększenie parametrów możliwe jest jedynie w oparciu o całkowicie nowe materiały. Dla wykazania opłacalności dalszego rozwoju technologii PF stworzony został przed dziesięciu laty ambitny program „Thermie 700 Advanced Power Plant”, w którego realizację włączonych jest ok. 40 firm europejskich [1]. Celem programu, który jest już w końcowym stadium realizacji, jest opanowanie parametrów ultra-nadkrytycznych 350÷375 bar, 700/720°C, co wiąże się z zastosowaniem na wysokotemperaturowe elementy krytyczne kotła i turbiny nowych superstopów na bazie niklu (Ni-Alloy), stworzonych dla turbin gazowych i reaktorów powielających. Zastosowanie parametrów ultra-nadkrytycznych stwarza możliwość przekroczenia 50%, a nawet osiągnięcia 55% sprawności netto wytwarzania energii elektrycznej. Daje to możliwość dalszego ograniczenia emisji CO₂ o ok. 15% w stosunku do najbardziej zaawansowanej aktualnie technologii węglowej (BAT – *Best Available Technology*).

Przejście na parametry ultra-nadkrytyczne jest wyraźną zmianą jakościową. Warto podkreślić, że przyrost sprawności netto wytwarzania energii elektrycznej bloków na parametry nadkrytyczne w stosunku do bloków na parametry podkrytyczne, wynoszący 7÷8 punktów procentowych był konsekwencją wielostronnych zabiegów wymienionych wyżej i tylko w części z tytułu zwiększenia parametrów początkowych. Na tym tle zwiększenie parametrów początkowych do wartości ultra-nadkrytycznych daje znacznie większy przyrost sprawności. Sprawność teoretyczna obiegu Rankine’a rośnie przy przejściu z parametrów 260 bar, 565/585°C do poziomu 350 bar, 700/720°C o ok. 6 punktów procentowych, co jest decydujące o przyroście sprawności ogólnej bloku.

W ciągu pierwszych 6 lat (poczynając od 1998 r.), za kwotę ok. 21 mln euro zrealizowano w pełni I fazę projektu, która obejmowała: optymalizację obiegu cieplnego, identyfikację podstawowych materiałów konstrukcyjnych z rozpoczęciem ich testowania, koncepcje konstrukcyjne kotła i turbiny oraz architektury bloku. Przeprowadzono także analizę ekonomiczną przedsięwzięcia, wykazując jej efektywność i konkurencyjność.

W II fazie opracowano projekty krytycznych elementów i komponentów bloku, innowacyjne projekty dla minimalizacji niezbędnych i kosztownych stopów niklowych, podjęto przygotowania do konstrukcji demonstracyjnego bloku (określono dostawców urządzeń) i kontynuowano badania wytrzymałościowe materiałów konstrukcyjnych.

Te dwie fazy były współfinansowane przez UE w ramach 4. i 5. Programu Ramowego UE. Nieoczekiwanie 6. Program Ramowy nie przewidział dalszego finansowania projektu AD 700, dlatego stworzony został program COMTES 700, finansowany przez Research Fund for Coal and Steel (RFCS) oraz E_{MAX} (grupę eksploatatorów elektrowni: EdF, Electrabel, Elsam, ENBW, Energi E2, E.On, RWE, Vattenfall i PCC-Grecja) [5]. Celem tych działań jest potwierdzenie technicznej dojrzałości nowych rozwiązań technicznych i materiałów na krytyczne elementy bloku (ponad 30000 godzin pracy przy temperaturze powyżej 700°C). Stanowiska badawcze zainstalowane w elektrowniach Scholven i Esbjerg służą tym testom w latach 2005–2010 i mają na celu zdobycie wiedzy odnośnie do

właściwości wytrzymałościowych, metod produkcji, obróbki i spawania nowych materiałów oraz związanych z tym kosztów.

Kulminacją programu AD 700 będzie prawdopodobnie realizacja projektu koncernu E.On „50 plus”, demonstracyjnego bloku energetycznego na parametry ultra-nadkrytyczne, o mocy ok. 500 MW, zlokalizowanego w Wilhelmshaven (Niemcy), choć definitywna decyzja jeszcze nie zapadła. Z kolei duński koncern Dong Energy zamierza zbudować dwa bloki 800 MW na parametry ultra-nadkrytyczne w niemieckiej elektrowni Greifswald [3].

Warto tu wspomnieć, że Departament Energii USA (DOE) współfinansuje badania zmierzające do opanowania jeszcze wyższej temperatury początkowej, tj. 760°C (1400°F) w klasycznych blokach opalanych węglem [10].

3.2. Nowe generacje kotłów i turbin na parametry ultra-nadkrytyczne

W ramach realizacji projektu AD 700 prowadzono wielostronne prace nad nowymi generacjami urządzeń, głównie kotłów i turbin. Firma Mitsui Babcock we współpracy z firmą Siemens - korzystając z licencji Bensona rozwinęła projekt kotła, w którym rury spiralne (stosowane szeroko dotychczas w kotłach nadkrytycznych) obrębie komory paleniskowej zastąpiono rurami pionowymi z wewnętrznym, spiralnym ożebrowaniem (ryflowaniem) [2]. Wewnętrzne ryflowanie poprawia znacznie wymianę ciepła przez odrzucanie cząstek wody na ścianki dzięki większej turbulencji. Ta intensyfikacja wymiany ciepła umożliwia użycie pionowych rur ekranowych z małym strumieniem masy (wymaganym w pracy kotła przepływowego) nawet w strefach największych natężeń cieplnych, bez ryzyka przegrzania rur. Kotły takie są tańsze od kotłów ze spiralnymi rurami ekranowymi, ponieważ:

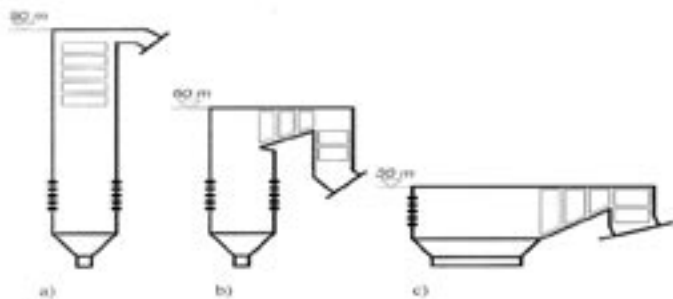
- prostsza jest konstrukcja, nie wymagająca rur wieszakowych chłodzonych wodą,
- prostsza jest geometria leja żużlowego i łatwiejsze formowanie naroży,
- nie jest wymagana strefa przejściowa między częścią z orurowaniem spiralnym i pionowym (w górnej części komory paleniskowej),
- znacznie mniejsze jest zużłowanie ścian ekranowych z rur pionowych.

Zmniejszają się także koszty eksploatacyjne. Skracając długość rur pionowych i jednocześnie zwiększając liczbę rur w pęczku (panelu) uzyskuje się istotne zmniejszenie spadku ciśnienia w kotle (mimo wewnętrznego ryflowania) co zmniejsza moc potrzeb własnych kotła i zwiększa jego sprawność. Prostsze i tańsze są także prace remontowe.

Ponadto mniejszy spadek ciśnienia w rurze poprawia jej tzw. dodatnią charakterystykę. Przy większym strumieniu przejmowanego ciepła, szybszy jest przepływ czynnika w rurze a więc intensywniejsze chłodzenie metalu rury. To zjawisko umożliwia projektowanie rur na niższe temperatury robocze.

Firma Siemens, wspólnie z firmą Ansaldo, opracowała m.in. całkowicie nowy projekt kotła typu Bensona z pionowymi rurami wewnątrz ryflowanymi, na parametry 350 bar, 700/720°C. Konstrukcja kotła w układzie z pale-

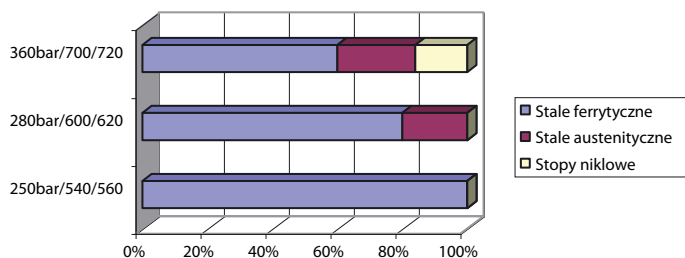
niskim poziomym, o radykalnie zmniejszonej wysokości (rys. 1c), trzykrotnie mniejszej od kotła wieżowego ma w swym założeniu ograniczyć koszty budowy i zminimalizować udział drogich stopów niklowych, dzięki znacznemu skróceniu rurociągów pary świeżej i wtórnie przegrzanej, łączących kocioł i turbinę.



Rys. 1. Porównanie wymiarów i kompozycji kotłów węglowych dla bloku o mocy 500 MW
a – kocioł wieżowy; b – kocioł dwuciągowy; c – kocioł poziomy

Zmniejszona gęstość strumienia masy czynnika roboczego ($1000 \text{ kg}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ w stosunku do $1600\text{--}2000 \text{ kg}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ w rozwiązaniach dotychczasowych) oraz podane powyżej zalety pionowych rur ze zoptymalizowanym wewnętrznym ryflowaniem zapewniają bardzo dobrą wymianę ciepła nawet przy bardzo małych obciążeniach (ok. 20%).

W kotle takim wszystkie palniki pyłu węglowego są umieszczone na frontowej ścianie kotła a przepływ gazów spalinowych przez zasadniczą część koca jest poziomy, jak w poziomych kotłach odzyskowych turbin gazowych. Termohydrauliczne zasady poziomego przepływu gazów spalinowych i przepływu wody i pary w rurach pionowych zostały sprawdzone na kotle odzyskowym Bensona w najnowocześniejszej elektrowni gazowo-parowej Cottam [2]. Przejście na parametry ultra-nadkrytyczne wymaga oczywiście zastosowania na krytyczne elementy kotła materiałów na bazie niklu. Porównanie orientacyjnych udziałów materiałów konstrukcyjnych kotłów w zależności od parametrów początkowych pary przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Udziały materiałów konstrukcyjnych kotłów na parametry podkrytyczne, nadkrytyczne i ultra-nadkrytyczne, wg Alstom

Turbina na parametry ultra-nadkrytyczne również wymaga na grubościennych elementach części wysoko- i średnioprężnej drogich stopów niklowych. Dotyczy to komór zaworowych, spiral doprowadzających parę świeżą i wtórnie przegrzaną i fragmentów układów przepływowych części wysoko- i średnioprężnej. Dla ograniczenia do minimum

ich udziału w konstrukcji turbiny, opracowywano różne koncepcje turbin dla układów z jedno- i dwukrotnym przegrzewem pary. Brana była pod uwagę m.in. koncepcja turbiny czterociśnieniowej, złożonej z dwóch (rozdzielonych) części wysokoprężnych WP1 i WP2, części średnioprężnej ŚP i czterowylotowej części niskoprężnej NP.

Część WP1, bardzo zwartej konstrukcji, zawierała układ wlotowy i przepływowy ze stopu niklowego oraz cylinder zewnętrzny wykonany ze stali martenzytycznych grupy 9–12% Cr. Para z części WP1 przepływa w tym rozwiązaniu bezpośrednio do części WP2, która jest wykonana w całości ze stali martenzytycznych, stosowanych już dla parametrów nadkrytycznych. Część średnioprężna jest zbudowana podobnie jak część WP1, tzn. układ przepływowy – ze stopów niklowych, a korpus ze stali martenzytycznych [2].

Po wszechstronnych analizach i testach, firma Siemens skłania się do rozwiązania turbiny w układzie klasycznym z pojedynczymi częściami WP i SP, z chłodzeniem wewnętrznych korpusów tych części parą sprzed przegrzewacza pierwotnego i z „chłodnej” nitki przegrzewacza wtórnego.

Dla skrócenia do minimum długości rurociągów pary świeżej i międzystopniowej, łączących kocioł z turbiną, rozważano różne warianty: zagłębienie kotła poniżej poziomu „0”, podniesienie poziomu maszynowni (turbozespołu) z obecnej, typowej wysokości 14–16 m do ok. 25–30 m, tj. – w przypadku kotła poziomego – do poziomu komór wylotowych pary z kotła. Do zasadniczych zalet takiej konfiguracji kotła poziomego i wysoko posadowionego turbozespołu można zaliczyć:

- ograniczone koszty prac konstrukcyjnych,
- uproszczenie instalacji,
- skrócenie czasu budowy, ponieważ prace przy montażu paleniska, kanału poziomego i wylotu mogą być prowadzone równolegle,
- krótsze i prostsze, a więc tańsze rurociągi kocioł-turbina,
- prostszy montaż palników na jednej tylko ścianie kotła,
- możliwość stosowania modułowej budowy kotłów różnej mocy (dublowanie komór paleniskowych).

Nie jest jednak jeszcze przesądzone rozwiązanie kotła (wieżowy bądź poziomy) w zamierzonych pierwszych rozwiązaniach demonstracyjnych.

3.3. Dalsza „karnotyzacja” obiegu cieplnego

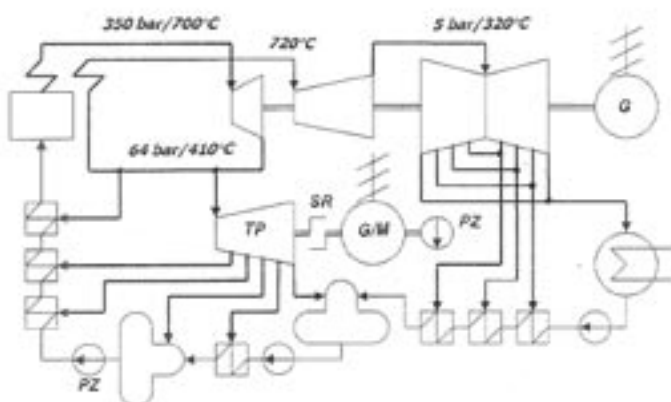
Przejście na parametry ultra-nadkrytyczne, czyli znaczne zwiększenie temperatury pary, zwłaszcza wtórnie przegranej (do 720°C) zaostrza jeszcze bardziej problem spiętrzenia temperatur (różnicy między temperaturą pary upustowej a temperaturą podgrzewanego kondensatu) w podgrzewaczach regeneracyjnych zasilanych z upustów części średnioprężnej (SP) turbiny, usytuowanych za wtórnym przegrzewaczem pary. W dotychczas realizowanych układach na parametry do $600/620^\circ\text{C}$, stosuje się najczęściej tzw. układ krzyżowy (układ Ricarda) zasilania parą upustową podgrzewaczy regeneracyjnych wysokiego ciśnienia. W układzie tym para z pierwszego upustu części

SP (o najwyższej temperaturze) jest kierowana do schładzacza pary, stanowiącego ostatni stopień regeneracji, a następnie oddaje ciepło skrapalnia w jednym z „niższych” położonych podgrzewaczy regeneracyjnych wysokiego ciśnienia.

W przypadku parametrów ultra nadkrytycznych, para w upustach części SP turbiny jest parą wysoko przegrzaną (w pierwszym upuście ok 650°C), wobec czego spiętrzenie temperatur w podgrzewaczach regeneracyjnych zasilanych z tych upustów przekracza 300°C , a w przypadku pierwszego upustu części SP turbiny sięga 400°C (rys. 4). Rodzi to zarówno dodatkowe problemy materiałowe, jak i termodynamiczne. Wiadomo, że w miarę zwiększania średniej różnicy temperatur czynników wymieniających ciepło rosną straty egzergii, prowadzące do zmniejszenia efektów procesu lub zwiększenia zużycia pary grzejnej.

Dla rozwiązania tego problemu, firma Elsam opatentowała układ cieplny, nazwany „Master Cycle” (rys. 3), którego idea polega na zastąpieniu „gorących” upustów części SP turbiny odrębną turbiną pomocniczą (Tuning Turbine) upustowo-przeciwprężną, zasilaną z wylotu części wysokoprężnej (WP) turbiny głównej, tj. z linii „chłodnego” przegrzewu międzystopniowego [3]. Przy tych samych ciśnieniach w upustach spiętrzenia temperatur są znacznie niższe przy zasilaniu podgrzewaczy regeneracyjnych z upustów turbiny pomocniczej (ostatni upust i wylot z tej turbiny znajdują się nawet w obszarze pary nasyconej). Para wylotowa oddaje również ciepło w układzie regeneracji, nie wymaga więc kosztownego układu skraplacza i wody chłodzącej, jak to ma zwykle miejsce przypadku turbiny kondensacyjnej, napędzającej główną pompę zasilającą.

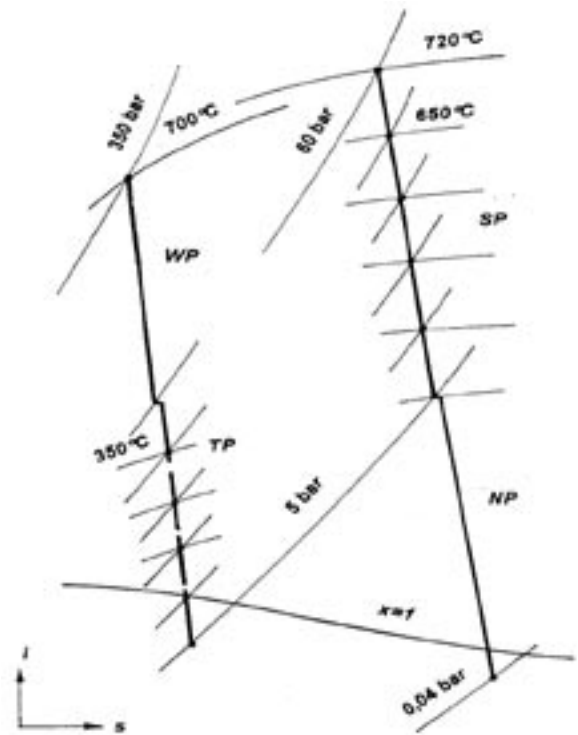
Na rys. 3 przedstawiono schemat ideowy układu „Master Cycle”, zaś na rys.4 przebiegi rozprężania w częściach WP i SP turbiny głównej oraz w turbinie pomocniczej TP, w układzie i-s



Rys. 3. Schemat ideowy obiegu „Master Cycle”, wg [3]
TP – turbina pomocnicza, SR – sprzęgło rozłączne,
G/M – generator/silnik synchroniczny turbiny napędowej,
PZ – pompa zasilająca

Turbina pomocnicza napędza poprzez sprzęgło rozłączne (jak w jednawałowych układach gazowo-parowych), główną pompę zasilającą oraz pomocniczy generator.

Nadwyżka mocy tego układu jest odprowadzana z generatora pomocniczego do transformatora blokowego poprzez oddzielne, dodatkowe uzwojenie pierwotne. Podczas rozruchu lub odstawienia bloku rozłączalne sprzęgło jest otwarte i turbina pomocnicza nie pracuje. Generator pomocniczy jest przełączany do pracy silnikowej i napędza główną pompę zasilającą, dzięki czemu zbędna staje się rozruchowo-rezerwowa pompa zasilająca (w klasycznych rozwiązaniach zwykle z napędem elektrycznym).



Rys.4. Przebiegi rozprężania pary w części WP, SP i NP turbiny głównej i w turbinie pomocniczej TP, w układzie i-s

Dzięki zastosowaniu turbiny pomocniczej, konstrukcja części SP turbiny głównej pozbawionej upustów, jest znacznie prostsza i tańsza, co jest istotne ze względu na konieczność zastosowania kosztownych materiałów konstrukcyjnych (stopów niklowych). Niższe temperatury pary w upustach turbiny napędowej – w porównaniu do części SP turbiny głównej – są powodem zwiększenia strumienia pary z tych upustów. Skutkuje to zmniejszeniem strumienia pary do wtórnego przegrzewacza, czyli mniejszym kosztem rurociągów pary wtórnie przegrzanej i przegrzewacza wtórnego w kotle. Mniejszy jest także strumień pary wpływającej z turbiny głównej do skraplacza, co zmniejsza straty obiegu. Obieg „Master Cycle” jest dalszym krokiem w kierunku „karnotyzacji” obiegu Rankine’a i pozwala zwiększyć sprawność netto bloku o $2\div 3$ pkt.%, zbliżając ją do poziomu 55%.

4. Podsumowanie

W warunkach „niskowęglowej” polityki energetycznej Unii Europejskiej, technologia PF pozostaje w chwili obecnej podstawową opcją rozwoju energetyki opartej na węglu – stopniowego redukowania emisji CO_2 drogą rozwoju konwencjonalnych bloków energetycznych. Im

wyższa bowiem jest sprawność elektrowni, tym mniejsze jest zużycie paliwa i tym niższe będą nakłady inwestycyjne, związane z wdrażaniem technologii CCS. Osiągnięcie najwyższych, możliwych sprawności jest z punktu widzenia technologii CCS niezbędnym i trwałym warunkiem jej rozwoju. Ten postęp w rozwoju klasycznej technologii PF daje podwójną korzyść:

- oszczędność zasobów, ponieważ do wytworzenia jednostki energii elektrycznej wymagane jest mniejsze zużycie paliwa,
- redukcję ilości CO₂ powstającego w procesie spalania mniejszej ilości paliwa.

Referat opublikowany w materiałach Konferencji Naukowo-Technicznej „Elektrownie Ciepłne. Eksploatacja-Modernizacje-Remonty”, 1-3 czerwca 2009, Słok k/Bełchatowa.

Literatura

1. Pawlik M.: *Elektrownie na konkurencyjnym rynku energii elektrycznej*. Przegląd Elektrotechniczny 2003, nr 2, s. 64-68.
2. Pawlik M.: *Elektrownie węglowe na ścieżce dalszego rozwoju*. Mat. XIII Międzynarodowej Konferencji „Aktualne

Problemy w Elektroenergetyce”, Jurata, 13-15.06.2007 r., t. III, s. 7-14.

3. Blum R., Bugge J., Kjaer S.: *AD 700 innovation pave the way for 53 per cent efficiency*. Modern Power Systems 2008, nr 11, s. 15-19.
4. Raport zbiorowy Forchungszentrum Jülich GmbH: *Clean fossil energy: Can Europe get it together?* Modern Power Systems 2004, nr 4, s. 29-31.
5. Bauer F., i in.: *EMAX/AD - A Key Technology for Europe*. Modern Power Systems 2004, nr 5, s. 90-92.
6. Pawlik M.: *Odtwarzanie mocy wytwórczych w energetyce Polski i Unii Europejskiej*. Wokół Energetyki 2003, nr 6, s. 32-38.
7. Rakowski J.: *Czy elektrownie węglowe będą w stanie ograniczać emisję CO₂?* Energetyka 2006, nr 3, s. 163-173.
8. Varley J.: *Yuhuan takes China into the ultrasupercritical era*. Modern Power Systems 2008, nr 4, s. 25-28.
9. Elsen R., Fleischmann M.: *Neurath F and G set new benchmark*. Modern Power Systems 2008, nr 6, s. 23-30.
10. DOE/EPRI/CURC: *Clean Coal Technology Roadmap*. Str. int. www.netl.doe.gov

prof. Maciej Pawlik

Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Łódzka

Bolesław Cirkos, Marzena Gurgul

Działania PGE Elektrowni Bełchatów S.A. w kontekście rozwoju czystych technologii węglowych. Instalacja demonstracyjna CCS

Ostatnie dziesięciolecie to czas szczególnej wrażliwości społeczeństwa na potrzeby ochrony środowiska naturalnego. Również zakłady przemysłowe, dzięki coraz większej świadomości pracowników i osób zarządzających polskim przemysłem, przyłączyły się do intensywnych działań na rzecz zminimalizowania negatywnego wpływu na środowisko naturalne. PGE Elektrownia Bełchatów S.A. (Elektrownia Bełchatów) jest jednym z przedsiębiorstw najbardziej zaangażowanych w ten proces. Po osiągnięciu pełnej mocy Elektrownia Bełchatów będąc największym w kraju producentem energii elektrycznej stała się jednocześnie największym źródłem emisji zanieczyszczeń do powietrza. Aby to zmienić w roku 1990 podjęto decyzję o rozpoczęciu wdrażania w Elektrowni Bełchatów Programu „Czyste powietrze” o podstawowym zadaniu, budowie pierwszych w Polsce Instalacji Odsiarczania Spalin (IOS).

Program „Czyste powietrze”, a w szczególności zainstalowanie urządzeń odsiarczania spalin, w istotny sposób

zbliżyły Polskę do spełnienia wymagań „II-go Protokołu Siarkowego” do „Konwencji z 1979 r. – w sprawie transgranicznego transportu zanieczyszczeń powietrza na dalekie odległości”. Zgodnie z tym Protokołem, Polska zobowiązała się do zredukowania emisji SO₂ w terminie do 2010 roku o 66% w stosunku do stanu emisji z 1980 r. Dla realizacji tego celu został przygotowany „Program redukcji SO₂ w energetyce zawodowej” ustalony porozumieniem Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa oraz Ministra Przemysłu i Handlu z 12 września 1996 r. W Programie tym inwestycje Elektrowni Bełchatów w ochronę środowiska odgrywają podstawową rolę.

Drugim podstawowym motywem dla inwestycji w redukcję emisji w kolejnych latach była perspektywa wejścia Polski do Unii Europejskiej, a co za tym idzie bardzo dynamicznie zmieniające się unijne wymagania w zakresie ochrony środowiska dla energetyki, szczególnie Dyrektywa 88/609/EEC, oraz trwające już w drugiej

połowie lat 90. prace nad nową Dyrektywą regulującą emisje z energetyki – 2001/80/EC, tzw. Dyrektywą LCP. Polskie regulacje prawne do tej pory były znacznie bardziej liberalne, niż cele stawiane przez Zarząd Elektrowni Bełchatów. Działania takie doprowadziły do tego, że Elektrownia Bełchatów od roku 2008 spełnia wszystkie regulacje Unii Europejskiej w zakresie emisji nałożone na duże obiekty energetycznego spalania paliw, szczególnie poprzez poniższe Dyrektywy:

- Dyrektywa 2001/80/EC (LCP),
- Dyrektywa 96/61/EC (IPPC),
- Dyrektywa 2001/77/EC,
- Dyrektywa 2004/8/EC (CHP).

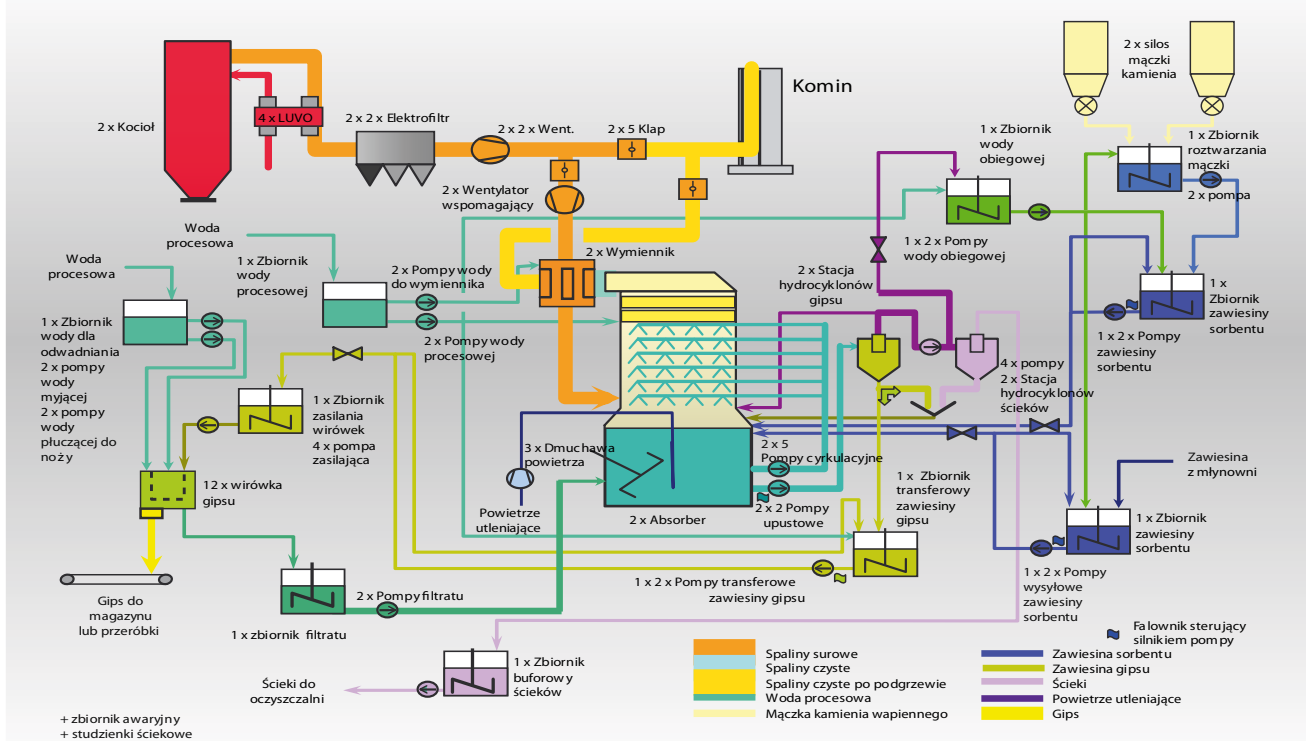
Akcesja Polski do Unii Europejskiej w maju 2004 roku dostarczyła impulsów dla harmonizacji celów, a zmiany w prawie i praktyce jego stosowania pozwalały na dostosowanie się Elektrowni Bełchatów do obowiązujących z mocy ustaw dokumentów strategicznych, takich jak opracowywane w kolejnych horyzontach czasowych: Założenia Polityki Energetycznej Polski.

W trosce o minimalizację zapylenia powietrza w Elektrowni Bełchatów działają wysokosprawne czterekomorowe, trójstrefowe elektrofiltry do odpylania spalin o gwarantowanej sprawności 99,6–99,9%, produkcji ELWO Pszczyna S.A. (po dwa na każdy blok). Odsiarczanie spalin w PGE Elektrowni Bełchatów S.A. jest realizowane za pomocą metody mokrej, wapienno-gipsowej. W metodzie tej jako środek absorpcyjny został zastosowany kamień wapienny mielony na mokro na miejscu w młynach kulowych, a produktem końcowym jest gips syntetyczny o właściwościach umożliwiających jego dalsze wykorzystanie

do celów budowlanych. W latach 1994–2007 wybudowano w Elektrowni Bełchatów 10 instalacji odsiarczania spalin (IOS). Najstarsze z IOS (zainstalowane na blokach 8, 10, 11, 12) zostały zmodernizowane w latach 2007–2008. Aktualnie trwa postępowanie przetargowe na wybór wykonawcy instalacji odsiarczania dedykowanej dwóm ostatnim blokom Elektrowni Bełchatów nr 1 i 2, nie wyposażonym dotąd w IOS. Przewiduje się, że podpisanie umowy z wyłonionym wykonawcą nastąpi w połowie czerwca br. Średni czas potrzebny na wybudowanie instalacji to 34 miesiące od podpisania umowy.

Typowy schemat procesu odsiarczania spalin realizowanego w Elektrowni Bełchatów na przykładzie IOS bloków nr 3 i 4 przedstawia rysunek 1 [1].

Równie ważne, jak ograniczanie emisji dwutlenku siarki, jest ograniczanie emisji tlenków azotu (NO_x). Już w 1991 roku, w celu ograniczenia emisji związków azotu, wprowadzono w Elektrowni Bełchatów metody pierwotne ograniczania emisji NO_x polegające na optymalizacji procesu spalania. Zoptymalizowano nadmiar powietrza na wylocie z komór paleniskowych i ciśnienia w kolektorze gorącego powietrza. Zmodernizowano także układy automatycznej regulacji i elementy wykonawcze urządzeń ciągów technologicznych odpowiedzialnych za realizację zoptymalizowanych parametrów pracy kotłów. W wyniku wspomnianych działań osiągnięto redukcję NO_x o ok. 40%, z 77 tys. ton/rok w 1991 r. do ok. 40 tys. ton/rok w 1992 r. i taki poziom utrzymywany jest do dnia dzisiejszego. Rozpoczęta w 2007 roku kompleksowa rekonstrukcja techniczna i modernizacja bloków 3–12 (blok nr 3 modernizowany jako



Rys. 1. Schemat IOS bloków 3, 4 w Elektrowni Bełchatów

pierwszy, został przekazany do eksploatacji po zakończonej modernizacji we wrześniu 2008) ma za zadanie m.in. ograniczenie emisji NO_x poprzez zainstalowanie palników niskoemisyjnych i dysz OFA oraz modernizację elektrofiltrow. Modernizacje uwzględniają dostosowanie obiektów Elektrowni Bełchatów do wymagań ekologicznych, w dobie zmieniającej się sytuacji prawnej spowodowanej Dyrektywą UE – LCP oraz zapisami Traktatu Akcesyjnego, jak również konieczność sprostania wymogom konkurencji na liberalizującym się rynku energii elektrycznej poprzez spełnienie wymagań dotyczących emisji zanieczyszczeń zgodnie z polskimi i unijnymi normami: dostosowanie do wymagań ekologicznych obowiązujących od roku 2016. Cele kompleksowej modernizacji bloków to m.in.: $\text{NO}_x < 200 \text{ mg/Nm}^3$, pył $< 50 \text{ mg/Nm}^3$, $\text{CO} < 200 \text{ mg/Nm}^3$.

Dowodem na to, że PGE Elektrownia Bełchatów S.A. spełnia wszystkie normy w zakresie ochrony środowiska jest wydanie jej „Pozwolenia Zintegrowanego”. System pozwoleń zintegrowanych wynika z Dyrektywy UE 96/61/WE (IPPC) w sprawie zintegrowanego zapobiegania i kontrolowania zanieczyszczeń. Po pozytywnym rozpatrzeniu wniosku, 31 marca 2003 roku Elektrownia Bełchatów otrzymała pierwsze w Polsce „Pozwolenie Zintegrowane”.

Aktualne uwarunkowania wynikające z **pakietu energetyczno-klimatycznego** opracowanego przez Komisję Europejską, w wyniku decyzji podjętych w marcu 2007 r. na wiosennej sesji Rady Europejskiej dotyczących przeciwdziałaniu zmianom klimatycznym (3x20 do końca roku 2020), oraz przyjętego 17 grudnia 2008 przez Parlament Europejski, nakładają na producentów energii elektrycznej obowiązek ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, głównie CO_2 . Po zminimalizowaniu emisji SO_2 i NO_x , jakie nastąpiło w wielu rozwiniętych krajach począwszy od lat 80., podstawowym celem jaki realizuje obecnie światowy przemysł energetyczny jest redukcja CO_2 . Przy intensywnych badaniach nad rozwojem nowych technologii pozyskiwania energii, większość działań praktycznych koncentruje się na dalszym doskonaleniu konwencjonalnych procesów parowych opartych na spalaniu węgla w kotłach pyłowych. Potrzeba racjonalnego użytkowania węgla i jednoczesnego ograniczenia emisji CO_2 realizowana jest głównie przez wzrost sprawności wytwarzania energii.

Zmniejszenie emisji CO_2 z ilością emitowanych spalin to – niezależnie od stosowanych środków pierwotnych i wtórnych – redukcja także pozostałych zanieczyszczeń atmosfery, będących wynikiem procesu spalania. Z uwagi jednak na zaostrzenie rygorów i istotne ograniczenia wielkości emisji CO_2 stające się szybko bieżącą praktyką wytwórców energii elektrycznej, w przygotowywanych modernizacjach jest położony nacisk na preferowanie rozwiązań prowadzących do minimalizacji emisji CO_2 , a więc wzrost sprawności wytwarzania i zwiększenie mocy maksymalnej bloku. Elektrownia Bełchatów wyprzedzająco podejmowała działania służące ograniczeniu emisji CO_2 , poprzez wzrost sprawności istniejących bloków, a tym samym zmniejszenie zużycia węgla i emisji CO_2 . W latach 1997–2004 przeprowadzono na wszystkich blokach retrofit części NP oraz WP turbin, projekt ten został opublikowany w raporcie Energy Wisdom Programme 2005–2007, opracowywanym przez EURELECTRIC. Ukończona

kompleksowa modernizacja bloku nr 3 oraz przesądzona technicznie i zakontraktowana modernizacja bloku nr 4, realizowane w ramach programu kompleksowej modernizacji bloków 3–12, mają założone podstawowe cele w postaci osiągnięcia następujących efektów technicznych:

- przedłużenie żywotności kotłów i przystosowanie do dalszej eksploatacji przez okres ok. 20 lat – czyli do osiągnięcia całkowitego czasu pracy ok. 320 000 godzin, przy zachowaniu kryteriów opłacalności oraz wykorzystaniu istniejących rezerw węgla;
- dostosowanie kotłów do wymagań norm ochrony środowiska przez ograniczenie emisji;
- dostosowanie kotłów i urządzeń pomocniczych do spalania węgla ze złoża Szczerców;
- poprawienie dyspozycyjności kotłów i urządzeń pomocniczych oraz obniżenie awaryjności;
- podwyższenie sprawności kotłów;
- obniżenie zużycia mocy na potrzeby własne;
- obniżenie minimum technicznego kotłów (praca bez wspomaganie mazutem) do ~40% wydajności nominalnej;
- poprawę elastyczności pracy kotłów w celu dostosowania dynamiki bloków do wymagań UCTE (Unia dla Koordynacji Przesyłu Energii Elektrycznej).

Powyższe założenia ogólne pozostają aktualne również w przypadku modernizacji kolejnych bloków PGE Elektrowni Bełchatów S.A., od bloków nr 5 i 6 poczynając, aż do bloku nr 12 [2].

Wspomniany pakiet energetyczno-klimatyczny opracowany przez KE zawierał m.in. projekt dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady dotyczącej geologicznego składowania dwutlenku węgla wraz z oceną skutków oraz dokument na temat wsparcia budowy we wczesnej fazie obiektów demonstracyjnych w technologii CCS. Dyrektywa w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla została ostatecznie przyjęta przez Parlament Europejski w dniu 17 grudnia 2008. Nie jest wykluczone, że nowe bloki energetyczne, które będą pozyskiwały pozwolenia na budowę po roku 2015 będą musiały posiadać status „CCS ready”.

Dla osiągnięcia ambitnych celów UE w dziedzinie ochrony klimatu, wykraczających jeszcze poza 2020 r., konieczne jest powszechne stosowanie technologii CCS, a wysiłki w dziedzinie efektywności energetycznej po stronie popytu i podaży oraz w zakresie odnawialnych źródeł energii muszą być uzupełnione przez stosowanie tych technologii. Stosowanie CCS na szeroką skalę w elektrowniach nie tylko w Europie, może stać się opłacalne z handlowego punktu widzenia za kilkanaście lat, sprawiając, że do 2020 r. lub wkrótce później CCS będzie ważnym instrumentem służącym redukcji emisji CO_2 pochodzących z produkcji energii opartej na kopalnych paliwach. Plan rozwoju i komercjalizacji technologii CCS wdrożony na poziomie Unii Europejskiej oraz sprawna implementacja do legislacji krajowych zatwierdzonej Dyrektywy w sprawie geologicznego składowania CO_2 mają kluczowe znaczenie dla przyspieszenia fazy komercjalizacji technologii CCS [3].

Kontynuacją rozwoju niskoemisyjnych technologii węglowych w PGE Elektrowni Bełchatów S.A. jest prowadze-

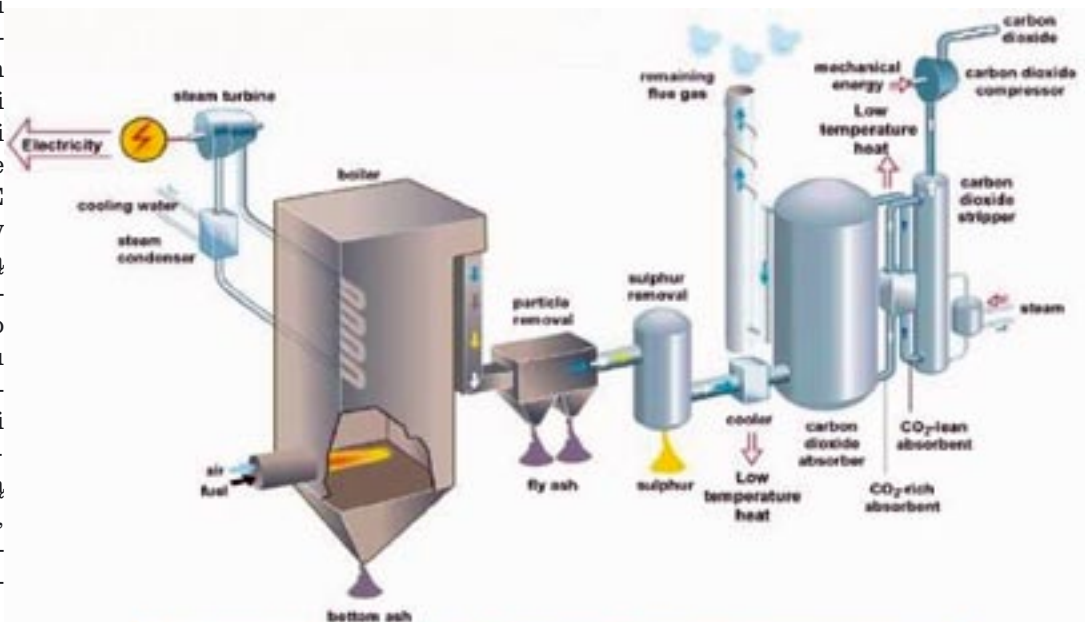
nie od roku 2007 prac badawczych i przygotowawczych do zabudowy instalacji wychwytywania, transportu oraz geologicznego składowania dwutlenku węgla (CCS) dla bloku 858 MW. Celem Elektrowni Bełchatów jest urzeczywistnienie do roku 2015 procesu wychwycenia ze spalin bloku 858 MW, sprężenia, przetransportowania i zatłoczenia w strukturach geologicznych około 2 100 000 ton CO₂/rok. Celem projektu jest budowa przemysłowej instalacji demonstracyjnej CCS w ramach Europejskiego Programu Demonstracyjnego Wychwytywania i Składowania CO₂, który przewiduje, że faza demonstracyjna technologii CCS powinna zostać zrealizowana w latach: 2015–2020.

Zakres powyższego zadania inwestycyjnego obejmuje budowę instalacji „post – combustion” do wychwytywania CO₂ ze spalin bloku energetycznego 858 MW opalanego węglem brunatnym, budowę stacji sprężania CO₂, rurociągu transportowego, magazynu podziemnego składowania, stacji zatłaczania i monitoringu wraz z automatyką oraz uzyskanie dla nowego bloku energetycznego o mocy 858 MW statusu „capture ready” poprzez dostosowanie generalnego planu budowy bloku 858 MW i wykonanie niezbędnych modyfikacji w systemach technologicznych bloku (retrofit), celem przystosowania jednostki do zabudowy instalacji wychwyty CO₂. W zakresie wyboru technologii, PGE Elektrownia Bełchatów S.A. współpracuje z firmą Alstom, która jest realizatorem budowy nowego bloku 858 MW oraz w celu wyboru optymalnego rozpuszczalnika do absorpcji CO₂ z firmą Dow Chemical – światowym dostawcą produktów chemicznych, z ponad 40-letnim doświadczeniem w przemyśle aminowym.

Pierwszym kryterium dla wyboru procesu jest dojrzałość technologii absorpcji CO₂ z uwagi na wymagany harmonogram realizacji projektu CCS Elektrowni Bełchatów. Drugim kryterium jest możliwość wychwytywania możliwie dużej ilości CO₂ na ograniczonym obszarze przeznaczonym dla realizacji instalacji. Dwie możliwe technologie wychwytywania CO₂ w opcji „post combustion” (po procesie spalania), są rozwijane przez firmę Alstom: proces oparty

na zaawansowanych aminach (AAP) oraz proces oparty na schłodzonym amoniaku (CAP), przy czym AAP jest technologią najbardziej zaawansowaną i została zarekomendowana przez Alstom do zaimplementowania w ramach budowy instalacji demonstracyjnej CCS w Elektrowni Bełchatów. Technologia schłodzonego amoniaku (CAP) znajduje się nadal na etapie wczesnych badań.

Proces aminowy wychwytywania CO₂ jest już stosowany na skalę przemysłową, chociaż nie ma zastosowania w wychwytywaniu CO₂ ze spalin w elektrowniach. Aktualne prace rozwojowe koncentrują się na dostosowaniu istniejących technologii do wychwytywania CO₂ ze spalin w elektrowniach opalanych węglem brunatnym i kamiennym oraz optymalizacji wskaźników technologii procesu opartego na zaawansowanych aminach, takich jak zapotrzebowanie na energię cieplną do procesu regeneracji amin i ograniczenie procesu degradacji amin. Zdobywanie niezbędnej wiedzy inżynierskiej i doświadczenia w zakresie projektowania, budowy i eksploatacji instalacji CCS, a następnie udział w procesie optymalizacji i komercjalizacji tych instalacji, zapewni pozyskanie „know



Rys. 2. Proces „post-combustion” usuwania CO₂

how” w tym obszarze i umożliwi dalszy rozwój i aplikacje tej innowacyjnej technologii. Schemat ideowy procesu wychwytywania CO₂ w opcji post – combustion oraz schemat przestrzenny adaptacji procesu w opcji „post-combustion” opartego na zaawansowanych aminach dla potrzeb nowego bloku 858 MW w Elektrowni Bełchatów prezentuje rysunek 2.

W celu wyboru optymalnego miejsca dla geologicznego składowania CO₂, PGE Elektrownia Bełchatów S.A. współpracuje z Państwowym Instytutem Geologicznym (PIG) reprezentującym Konsorcjum, utworzone w 2008 roku z inicjatywy Ministra Środowiska i złożone z następujących podmiotów: Państwowy Instytut Geologiczny jako Lider, Akademia Górniczo-Hutnicza, Główny Instytut Górnictwa, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Instytut Nafty i Gazu, Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych. Zadaniem Konsorcjum jest realizacja Polskiego Programu Narodowego pt: „Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania”, w ramach którego Elektrownia Bełchatów jest jednym z projektów i studiów przypadku. Działając w ramach I segmentu Programu, PIG wstępnie wytypował 5 potencjalnych miejsc składowania CO₂ w promieniu 80 km od Elektrowni Bełchatów i przeanalizował je w kontekście możliwości składowania CO₂ wychwyconego w instalacji demonstracyjnej dedykowanej blokowi 858 MW w Elektrowni Bełchatów. Scharakteryzowano przydatność formacji mezozoicznych (w szczególności jury, w mniejszym stopniu triasu) w tym obszarze do geologicznego składowania CO₂, w tym rozprzestrzenienie i własności potencjalnych kolektorów i uszczelnienia, przeprowadzono weryfikację znanych 5 struktur z poziomami wodonośnymi – głębokie warstwy solankowe oraz wykonano analizy 2 nowych struktur. Trwają analizy odnośnie bezpieczeństwa składowania z punktu widzenia hydrogeologii i tektoniki, czy istnieje niebezpieczeństwo dostania się dwutlenku węgla i/lub solanki do wód gruntowych.

Elektrownia Bełchatów we współpracy z partnerami w projekcie CCS prowadzi działania w zakresie rozpowszechniania informacji i promocji projektu. W marcu 2009, w oparciu o kryteria geologiczne, wykonalności, bezpieczeństwa i konfliktów interesów oraz możliwości transportu, zostanie podjęta decyzja odnośnie ostatecznego wyboru optymalnej struktury oraz ewentualnie jednej/dwóch struktur rezerwowych. Do końca 2009 roku zostanie zrealizowany II segment Programu dedykowany Elektrowni Bełchatów, polegający na scharakteryzowaniu wytypowanego składowiska zgodnie z wymogami zał. nr 1 do Dyrektywy UE dotyczącego geologicznego składowania dwutlenku węgla. Składowisko i rurociąg transportowy dedykowane instalacji demonstracyjnej w PGE Elektrowni Bełchatów S.A. będą spełniać standardy modelowania rozwoju infrastruktury w celu zaspokajania potrzeb innych dużych zakładów emitujących CO₂.

W celu nawiązania międzynarodowej współpracy mającej umożliwić wymianę wiedzy i doświadczeń związanych z fazą przygotowania, implementacji i testowania w ramach projektu CCS, a także podążając za kryteriami opracowanymi przez ETP ZEP (*European Technology*

Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants – Europejska Platforma Technologiczna na Rzecz Zeroemisyjnych Elektrowni Opartych na Paliwach Kopalnych) dla projektów demonstracyjnych, PGE Elektrownia Bełchatów S.A. podjęła inicjujące rozmowy robocze z RWE i Fortum. Współpraca ta dotyczyć ma następujących kwestii:

- rozwiązań dotyczących składowania dwutlenku węgla w Polsce, zdobywanie szczegółowej wiedzy i kompetencji w zakresie możliwych miejsc składowania oraz, w okresie późniejszym, możliwe wspólne przygotowanie takiego składowiska;

- wzajemnej promocji i tworzenia pozytywnego wizerunku projektów demonstracyjnych partnerów przed Komisją Europejską, organizacją ETP ZEP oraz innymi kluczowymi podmiotami zaangażowanymi w Europejski Program Demonstracyjny CCS;

- dzielenia się know-how na temat wyników rozwiązań dotyczących wychwytywania CO₂.

PGE Elektrownia Bełchatów S.A. jest jedną z niewielu elektrowni w Polsce realizującą tak bogaty program inwestycyjny i modernizacyjny. Jest to zarówno wynikiem realizacji przyjętej przez Zarząd strategii rozwoju mocy wytwórczych, jak konsekwentnego kontynuowania polityki proekologicznej, zapewniającej budowanie wizerunku firmy przyjaznej ludziom i środowisku. Potwierdzeniem efektywności powyższych działań jest między innymi przyznanie PGE Elektrowni Bełchatów S.A. w XI edycji Konkursu Ministra Środowiska „Lider Polskiej Ekologii”, tytułu Lidera Polskiej Ekologii 2008, w kategorii – przedsiębiorstwo, podkategoria – „produkcyjne” za całokształt działań dla ochrony powietrza atmosferycznego.

Referat opublikowany w materiałach Konferencji Naukowo-Technicznej „Elektrownie Ciepłne. Eksploatacja-Modernizacje-Remonty”, 1–3 czerwca 2009, Słok k/Bełchatowa.

Literatura

1. Dokumentacja projektowa budowy instalacji odsiarczania spalin dla bloków 3 i 4 w Elektrowni Bełchatów S.A. – Rafako SA.
2. Studium możliwych modyfikacji rozwiązań dla podwyższenia sprawności w ramach rewitalizacji bloków 360 MW nr 5 i nr 6 w BOT Elektrowni Bełchatów S.A. – Instytut Energetyki Jednostka Badawczo-Rozwojowa – Warszawa, Kopex Engineering Sp. z o.o. Katowice.
3. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów – Wspieranie podejmowania na wczesnym etapie działań demonstracyjnych w dziedzinie zrównoważonej produkcji energii z paliw kopalnych – Bruksela, dnia 23.1.2008 KOM(2008) 13 wersja ostateczna

Bolesław Cirkos, Marzena Gurgul
PGE Elektrownia Bełchatów SA

Edward Gulski, Aleksandra Rakowska, Krzysztof Siodła,
Przemysław Chojnowski, Jarosław Parciak

Rola badań eksploatacyjnych kabli transmisyjnych wysokiego napięcia z zastosowaniem czułych metod diagnostycznych

Streszczenie: Poza pomiarami powykonawczymi nowo ułożonych kabli wysokiego napięcia szczególnej wagi nabierają pomiary i diagnostyka kabli eksploatowanych ulegających procesom starzenia. Celem tych pomiarów i diagnostyki jest określenie bieżącego stanu technicznego sieci kablowej i jej zachowania w przyszłości. W artykule, opartym na doświadczeniach praktycznych, przedstawiono przegląd metod pomiarowych kabli oraz szeroki zakres zagadnień dotyczących diagnostyki wyładowań niezupełnych w kablach wysokiego napięcia, z uwzględnieniem zasad stosowania napięć probierczych i pomiarowych oraz możliwości badań nowych i eksploatowanych kabli elektroenergetycznych.

Słowa kluczowe: kable elektroenergetyczne wysokiego napięcia, pomiary eksploatacyjne, próby przepięciowe z wykorzystaniem napięcia przemiennego, wyładowania niezupełne, diagnostyka i ocena stanu linii kablowej

Wprowadzenie ogólne

Wielokilometrowy system izolacji, jaki stanowią elektroenergetyczne kable transmisyjne wymaga znajomości stanu technicznego poszczególnych elementów sieci z milimetrową dokładnością. Wiedza ta ma kluczowe znaczenie dla ustalenia stopnia niezawodności danego obwodu. W szczególności wykrycie i zlokalizowanie defektów związanych z wyładowaniami w izolacji kabli elektroenergetycznych wysokiego napięcia (WN) stanowi ważną przesłankę dla oceny i kwalifikacji odcinków wysokiego ryzyka w sieci kablowej [1–5].

Zważywszy na poważne skutki awarii powodowanych uszkodzeniem izolacji kabli wysokiego napięcia w okresie ich eksploatacji, kable poddawane są wyczerpującym testom jakościowym po procesie produkcyjnym z uwzględnieniem prób napięciowych połączonych z detekcją wyładowań niezupełnych. Ponadto po ułożeniu kabla w terenie badania powykonawcze uwzględniają różnego rodzaju próby napięciowe [6–9], z których część może być zastosowana łącznie z diagnostyką wyładowań niezupełnych (WNZ) [10].

W praktyce najczęściej diagnostyka WNZ wykonywana jest na kablach wyłączonych z eksploatacji na czas pomiaru (off-line). W celu wywołania zapłonu wyładowań niezupełnych konieczne jest więc zastosowanie zewnętrznych źródeł zasilania. W Tabeli 1 przedstawiono przegląd napięć stosowanych w procedurach pomiarowych i diagnostycznych kabli elektroenergetycznych.

Niniejszy artykuł dotyczy przede wszystkim pomiarów wykonywanych „off-line” na kablach elektroenergetycznych wysokiego i najwyższego napięcia (o napięciach znamionowych od 50 kV do 380 kV), zarówno nowych jak też eksploatowanych.

Odnosząc się do aktualnie dostępnych i stosowanych metod pomiarowych i zaawansowanych technik diagnostycznych, artykuł przedstawia przegląd doświadczeń w zakresie badań eksploatacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem pomiarów wyładowań niezupełnych.

Wstęp

Jak wiadomo, przebicie izolacji kabla wysokiego napięcia może nastąpić w znamionowych warunkach pracy przy normalnych napięciach eksploatacyjnych, a także wskutek chwilowych przepięć powodowanych np. działaniem aparatury łączeniowej lub wyładowaniami atmosferycznymi. Przebicie następuje wtedy, gdy lokalne naprężenia elektryczne są większe niż wytrzymałość elektryczna materiału izolacji w danym miejscu lub jeśli materiał dielektryka uległ całościowej degradacji do takiego stopnia, że izolacja nie wytrzyma przyłożonych napięć. Stąd też dla zwiększenia niezawodności linii kablowych wysokiego napięcia ważne są nie tylko testy fabryczne i rutynowe, ale również profilaktyczne badania eksploatacyjne i diagnostyka wyładowań niezupełnych. Zadaniem badań elektrycznych i diagnostyki eksploatowanych linii kablowych jest w szczególności uzyskanie informacji dwojakiego rodzaju:

1. Jakość i solidność wykonania linii kablowej
 - a. W ramach pomontażowych badań odbiorczych – po wykonanych testach jakościowych w fabryce, celem badań jest sprawdzenie, czy w czasie transportu, magazynowania i montażu nie doszło do uszkodzenia kabla.
 - b. Badania mają na celu potwierdzenie, że transport z fabryki na miejsce montażu i sam montaż kabla i osprzętu kablowego nie spowodowały nowych poważnych uszkodzeń izolacji. W istocie nie tylko kabel, ale również główne elementy prefabrykowanego osprzętu kablowego (tj. stożki sterujące, elementy konstrukcyjne muf) podlegają testom jakościowym przed opuszczeniem fabryki. Jednakże skutki transportu i poprawność montażu można ocenić dopiero po zakończeniu instalacji w terenie.

- c. Badania poremontowe. Celem pomiarów wykonywanych w ramach badań poremontowych jest wykrycie błędów montażowych linii kablowej (łączenie z mufami i głowicami kabla) i w konsekwencji wykazanie, że wszystkie poważne defekty izolacji zostały skutecznie wyeliminowane.
2. Gotowość do włączenia i eksploatacji / niezawodność linii kablowej
- Diagnostyka: ocena aktualnego stanu technicznego linii kablowej po okresie eksploatacji wynoszącym np. 40 lub 50 lat.
 - Uzyskanie aktualnego obrazu odniesienia dla przyszłych badań diagnostycznych (próby i testy napięciowe z uwzględnieniem pomiaru parametrów wyładowań niezupełnych i współczynnika strat dielektrycznych). Korzystając z obrazu odniesienia można ustalić postęp degradacji izolacji i określić przewidywaną żywotność linii kablowej.

Typowe defekty izolacji

Dotychczasowe badania defektów izolacji linii kablowych w mniejszym stopniu dotyczyły elektroenerge-

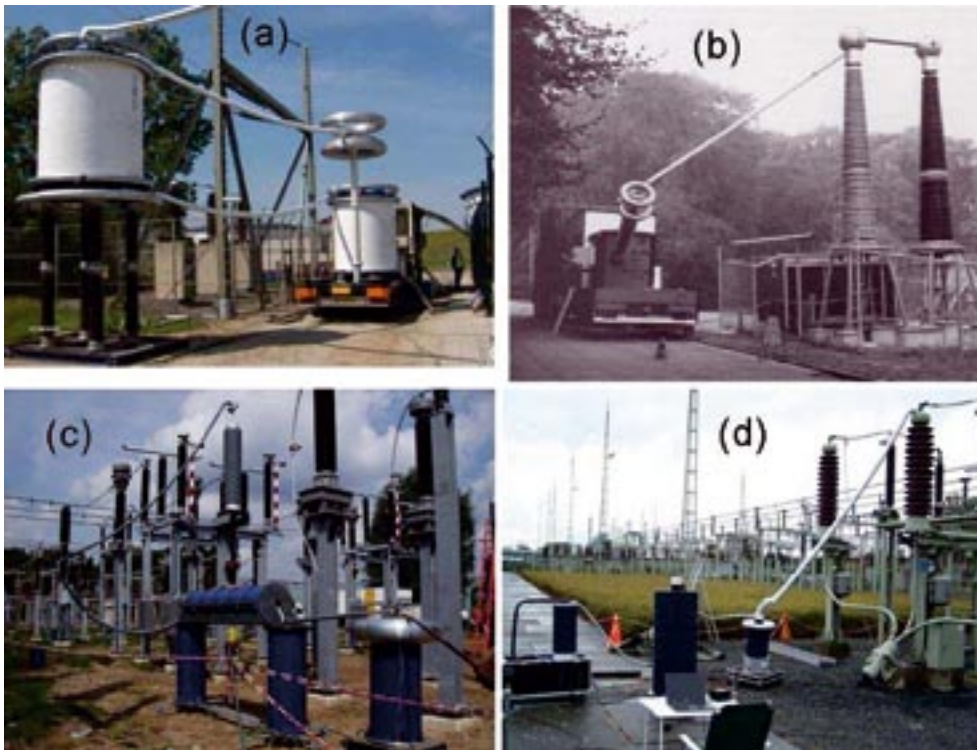
tycznych kabli transmisyjnych w porównaniu z kablami dystrybucyjnymi. W publikacji [1] przedstawiono przegląd typowych defektów izolacji poszczególnych elementów sieci kablowej oparty na oględzinach. Defekty te zakwalifikowano do kilku grup według kryteriów opartych na narażeniach powodujących uszkodzenia izolacji. Okazało się, że oględziny uszkodzonych elementów linii kablowej mogą być źródłem informacji na temat różnych typów wad izolacji prowadzących do przebicia. W toku wieloletnich badań [1] sklasyfikowano powtarzające się uszkodzenia. Niektóre opisy wad izolacji mają charakter hipotez formułowanych na podstawie praktycznych wniosków z przeprowadzonych badań.

Biorąc pod uwagę znacznie wyższą znamionową wytrzymałość elektryczną izolacji kabli i osprzętu wysokiego napięcia, systematyka defektów izolacji zamieszczona w [1] może być również zastosowana w rozważaniach dotyczących wad izolacji kabli WN.

Degradacja defektów izolacji opisanych w pracy [1] może przebiegać w różnych okolicznościach i według różnych mechanizmów. W wielu przypadkach przebicie izolacji jest poprzedzone aktywnością wyładowań niezupełnych. Badania typowych defektów izolacji i czynników wywołujących defekty izolacji potwierdzają rolę wyładowań niezupełnych w procesach degradacji. W pracy [1] przedstawiono opis

Tabela 1. Rodzaje napięć wykorzystywanych w badaniach elektrycznych eksploatowanych linii kablowych

| Napięcie [8] | Opis |
|---|---|
| Napięcie prądu przemiennego (AC) | Do badań napięciem przemiennym AC wykorzystywane są częstotliwości od 20 Hz do 300 Hz. Metody pomiarowe z zastosowaniem napięcia przemiennego są skuteczną metodą badań wszystkich typów systemów kablowych (sieci rozdzielczych i transmisyjnych). Napięcia przemiennie zalecane są do prób napięciowych, ponieważ odpowiadają one narażeniom występującym podczas normalnej eksploatacji kabla i odzwierciedlają naprężenia stosowane w fabrycznych testach jakościowych. Próba napięciowa kabla napięciem przemiennym (HVAC): badany odcinek linii kablowej uznaje się za sprawny, jeśli w zalecanym czasie przyłożenia napięcia nie nastąpiło przebicie izolacji. Diagnostyka: przy niektórych poziomach napięcia można mierzyć wyładowania niezupełne i współczynnik strat dielektrycznych w funkcji czasu/napięcia w celach diagnostycznych. |
| Napięcie prądu przemiennego samogasnące (DAC) | Próby napięciowe z zastosowaniem samogasnącego prądu przemiennego (DAC) wykonuje się z częstotliwością od 20 do 500 Hz (w sieciach rozdzielczych i transmisyjnych). W połączeniu z pomiarem wyładowań niezupełnych jest to skuteczna metoda pomiarów eksploatacyjnych wszystkich typów systemów kablowych. Zważywszy, iż parametry pomiarowe, przy których mierzone są wyładowania niezupełne zbliżone są do znamionowych warunków pracy kabla a także odpowiadają narażeniom napięciowym stosowanym w fabrycznych testach jakościowych, metody te zalecane są do badań diagnostycznych i pomiarów WNZ. Próba napięciowa z zastosowaniem samogasnącego prądu przemiennego (DAC): badany odcinek kabla uznaje się za wadliwy, jeśli nastąpiło przebicie izolacji podczas próby napięciowej o określonej wartości i czasu trwania napięcia DAC. Diagnostyka: przy określonych poziomach napięcia możliwy jest pomiar wyładowań niezupełnych i współczynnika strat dielektrycznych w funkcji czasu/napięcia dla celów diagnostycznych. |
| Napięcie probiercze bardzo niskiej częstotliwości (VLF) | Próby napięciowe VLF z zastosowaniem bardzo małej częstotliwości probierczej 0.1 Hz lub nawet 0,01 Hz, wykorzystuje się do pomiarów wszystkich typów izolacji kabli (tylko w sieciach dystrybucyjnych). Z uwagi na fakt, że częstotliwość probiercza jest znacznie niższa niż częstotliwość eksploatacyjna, próba napięciowa VLF opiera się na założeniu, że defekty izolacji muszą ulec przebiciu w czasie testu. Próba napięciowa VLF: badany odcinek linii kablowej uznaje się za wadliwy, jeśli nastąpiło przebicie izolacji podczas próby napięciowej z zastosowaniem wybranej wartości napięcia VLF w zalecanym okresie czasu. Diagnostyka: przy określonych poziomach napięcia probierczego możliwy jest pomiar wyładowań niezupełnych i współczynnika strat dielektrycznych w funkcji czasu/napięcia dla celów diagnostycznych. |
| Napięcie probiercze stałe (DC) | Próba napięciowa kabla napięciem stałym (DC) została w przeszłości wprowadzona jako metoda badania eksploatowanych systemów kablowych o izolacji laminowanej papierowo-olejowej (sieci dystrybucyjne i transmisyjne). Generalnie próby napięciowe napięciem stałym są mniej reprezentatywne lub - w przypadku kabli XLPE - w ogóle nie są miarodajne w porównaniu z próbami napięciem przemiennym (AC). Próba napięciem stałym (wyprostowanym) HVDC: badany odcinek linii kablowej uznaje się za sprawny, jeśli w zalecanym czasie przyłożenia napięcia nie nastąpiło przebicie izolacji. Diagnostyka: przy niektórych wartościach napięcia probierczego można zmierzyć całkowity prąd upływu w funkcji czasu a zaobserwowane różnice można wykorzystać w celach diagnostycznych. |



Rys. 1. Przykłady badań eksploatacyjnych kabli WN z zastosowaniem prób napięciowych AC i DAC:

- a) Badania pomontażowe kabla XLPE, 380kV z zastosowaniem rezonansowego urządzenia probierczego (całkowity ciężar urządzenia: 20000 kg) i niekonwencjonalnej metody pomiaru wyładowań niezupełnych w osprzęcie kablowym (metoda niestandardowa); (zobacz typ 2 w tabeli 2)

Tabela 2. Napięcia AC i DAC wykorzystywane w badaniach eksploatacyjnych i metodach pomiaru WNZ

| Rodzaj próby napięciowej | Opis |
|--|--|
| 1) Próba napięciem przemiennym | <ul style="list-style-type: none"> – próba napięciem przemiennym o częstotliwości 20 – 300 Hz, zasadniczo sinusoidalnym – parametry próby: $1,7 U_0 / 1 \text{ godz}$ (dopuszczalne są również niższe wartości napięcia i czasu próby) – alternatywą może być próba o parametrach $U_0 / 24 \text{ godz}$ |
| 2) Próba napięciem przemiennym i niestandardowa metoda pomiaru WNZ (zob. rys. 1) | <ul style="list-style-type: none"> – pomiar WNZ w μV w paśmie częstotliwości radiowych (do 500 MHz) – detekcja WNZ w osprzęcie kablowym |
| 3) Próba napięciem przemiennym i pomiar WNZ według norm IEC60270 / IEC885-3 (zob. rys. 1 b,c). | <ul style="list-style-type: none"> – pomiar WNZ w pC (pikokulombach) – lokalizacja WNZ w izolacji kabla – lokalizacja WNZ w osprzęcie kablowym |

Uwaga: norma IEC60270 (wysokonapięciowe metody pomiarowe i pomiary wyładowań niezupełnych) jest normą ogólną pomiarów wyładowań niezupełnych wyrażonych w pC i nie odnosi się w szczególności do systemów rozłożonych, takich jak zainstalowane systemy kablowe.

procesów degradacji towarzyszących różnym rodzajom defektów izolacji kabla. Z przeglądu tego wynika, że wyładowania niezupełne są odpowiedzialne za pośrednie i końcowe etapy procesów degradacji (np. w formie drzewienia elektrycznego). Stąd też wyładowania niezupełne mogą być ważnym źródłem informacji sygnalizującym obecność procesów degradacji w izolacji kabla. Z drugiej strony aktywność wyładowań niezupełnych może być jedynie symp-

tomem zachodzących procesów degradacji a nie ich przyczyną. Na przykład mikropęknięcia w materiale izolacji spowodowane naprężeniami mechanicznymi w miarę powiększania się mogą być źródłem wzmożonej aktywności wyładowań niezupełnych. Zjawiska wyładowań niezupełnych stanowią więc czuły wskaźnik umożliwiający rozpoznanie i zlokalizowanie obecności większości defektów izolacji kabla i osprzętu.

Podsumowując kwestię współzależności typowych defektów izolacji linii kablowej i towarzyszących im procesów degradacji można sformułować kilka ważnych uwag:

a) Czynnikiem odpowiedzialnym za defekty izolacji kabli elektroenergetycznych są naprężenia eksploatacyjne, oddziaływania środowiskowe i działalność człowieka. Wpływ tego ostatniego czynnika ma miejsce głównie na samym początku eksploatacji danego elementu linii kablowej, tj. w momencie jego montażu. Narażenia eksploatacyjne i środowiskowe oddziałują na linię kablową przez cały okres jej użytkowania. Wielu narażeń należących do wymienionych grup po prostu nie da się uniknąć.

b) Oględziny i badania uszkodzonych elementów linii kablowych prowadzone przez okres wielu lat ujawniły szereg typowych uszkodzeń występujących w kablowych sieciach elektroenergetycznych. W [1] przedstawiono przegląd typowych defektów występujących w poszczególnych typach izolacji kablowej i osprzęcie.

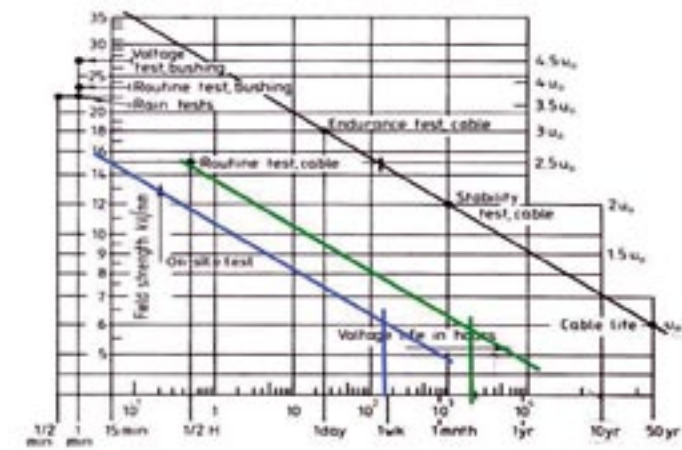
c) Mechanizmy degradacji izolacji w odniesieniu do poszczególnych typów defektów można sprowadzić do czterech rodzajów: degradacja

w mikropęknięciach i wtrącinach gazowych w materiale izolacji, degradacja powierzchniowa izolacji, degradacja izolacji poprzez drzewienie i degradacja spowodowana wyładowaniami w oleju.

d) Objawem degradacji izolacji w pośrednim i końcowym etapie jest aktywność wyładowań niezupełnych. Stąd detekcja wyładowań niezupełnych jest środkiem

diagnostycznym służącym do stwierdzenia obecności defektów izolacji.

Z uwagi na znacznie wyższe natężenia pola elektrycznego występujące w izolacji kabli i w osprzęcie wysokiego napięcia procesy degradacji związane z wyładowaniami niezupełnymi postępują znacznie szybciej w liniach kablowych WN niż w kablach średniego napięcia. Tym niemniej jest możliwe, że w przypadku niektórych typów izolacji, na przykład w kablach masowych (wypełnionych syciwem nieściekającym) lub w niektórych typach osprzętu kablowego, wyładowania niezupełne mogą występować w normalnych warunkach eksploatacji kabla. Generalnie jednak zakłada się, że kable wysokiego napięcia powinny być wolne od wyładowań niezupełnych w czasie eksploatacji w znamionowych warunkach pracy [20]. Stąd aby wykryć obecność wyładowań niezupełnych w izolacji kabla WN zestarzałej w okresie eksploatacji, w próbach napięciowych należy stosować napięcia wyższe niż znamionowe U_0 (testy przepięciowe). Jednocześnie z detekcją wyładowań niezupełnych uzyskuje się ważne dane pomiarowe: wartość napięcia zapłonu WNZ, napięcie gaszenia WNZ i poziom (maksymalny ładunek) WNZ. Następne dwa rozdziały artykułu poświęcone są rozważaniom dotyczącym detekcji i pomiaru wyładowań niezupełnych.



Rys. 2. Przykłady krzywej życia kabla o napięciu znamionowym 220 kV z uwzględnieniem wpływu na jego żywotność:

- a) pomiarów rutynowych (linia zielona), $2,5 U_0$ przez $\frac{1}{2}$ godziny; b) badań eksploatacyjnych (linia niebieska), $2,5 U_0$ przez 15 minut.

Opis: Voltage test, bushing – próby napięciowe, izolatory przepustowe
 Routinely test, bushing – pomiary rutynowe, izolatory przepustowe
 Rain tests – testy deszczowe
 Endurance test, cable – test wytrzymałościowy, kabel
 Stability test, cable – test stabilności, kabel
 Routinely test, cable – pomiary rutynowe, kabel
 On-site test, cable – pomiary diagnostyczne (terenowe)
 Field strength – natężenie pola elektrycznego
 Voltage life in hours – czas trwania próby w godzinach (?)

Napięcia stosowane w badaniach eksploatacyjnych i diagnostycznych

Normy opisane w pozycjach [6–10] literatury definiują napięcia stosowane w pomiarach eksploatacyjnych linii kablowych. Na podstawie doświadczeń praktycznych

w pomiarach eksploatacyjnych i diagnostyce stosuje się różne rodzaje i wartości napięć probierczych. Z tabeli 1 wynika, że poszczególne rodzaje napięć probierczych charakteryzują się różną skutecznością w konkretnych zastosowaniach [19, 21, 22].

Zastosowanie napięć stałych (wyprostowanych) do prób napięciowych ma najdłuższą historię w badaniu izolacji laminowanej papierowo-olejowej. Metody stałonapięciowe znajdują zastosowanie w przypadku uszkodzeń związanych z przewodnością izolacji i/lub problemami termicznymi. Układy probiercze są proste, lekkie, efektywne kosztowo i nie wymagają zasilania dużej mocy. Próby napięciem stałym nie odzwierciedlają jednak naprężeń typowych dla przemiennych napięć eksploatacyjnych i są wrażliwe na warunki temperaturowe. Ponadto próby napięciem stałym nie wykrywają wad izolacji związanych z działaniem prądu przemiennego takich jak wyładowania niezupełne.

Próba napięciem probierczym bardzo niskiej częstotliwości (VLF) jest od wielu lat uznana metodą wytrzymałościową dla wszystkich typów kabli rozdzielczych. W odróżnieniu od prób napięciem stałym, w przypadku testów VLF w izolacji polimerowej nie tworzą się ładunki przestrzenne dzięki ciągłej zmianie polaryzacji napięcia probierczego (z częstotliwością np. 0,1 Hz). W porównaniu do prób napięciowych prądu przemiennego (AC) w pomiarach VLF wymagane są wyższe napięcia probiercze, a także – w przypadku izolacji polimerowej – obserwuje się inny schemat zachowań wyładowań niezupełnych (inne napięcia początkowe i wartości wyładowań niezupełnych).

Zastosowanie napięć przemiennych do pomiarów wszystkich typów izolacji kabli ma szczególnie długą historię w badaniach laboratoryjnych. Ponad dziesięcioletnia historia badań eksploatacyjnych wszystkich typów systemów kablowych potwierdziła też, że zastosowanie naprężeń elektrycznych podobnych do tych, jakie stosowane są w fabrycznych procedurach jakościowych i które występują podczas normalnej eksploatacji linii kablowej pozwala na rozpoznanie wszystkich typów uszkodzeń izolacji i może również stanowić narzędzie diagnostyczne, np. w pomiarach WNZ lub pomiarach współczynnika strat dielektrycznych (zob. rys. 1).

Doświadczenia badań eksploatacyjnych z zastosowaniem napięć przemiennych w powiązaniu z postępem technologicznym w elektronice wysokich napięć i w dziedzinie przetwarzania sygnałów umożliwiły rozwój uznanej i stosowanej od kilku lat metody pomiarowej, w której zastosowano samogasnący prąd przemienny (DAC) do badań diagnostycznych i pomiarów wyładowań niezupełnych [8–10] (zob. Rys. 1 b,c). Metoda DAC znajduje szczególne zastosowanie w badaniach diagnostycznych wszystkich typów i długości linii kablowych średniego napięcia, a od kilku lat również stosowana jest do badań wszystkich typów i długości kabli elektroenergetycznych wysokiego napięcia [11–13, 20, 21].

Zastosowanie napięć przemiennych w badaniach eksploatacyjnych opiera się na zasadzie prób przepięciowych. W związku z tym należy rozważyć następujące kwestie:

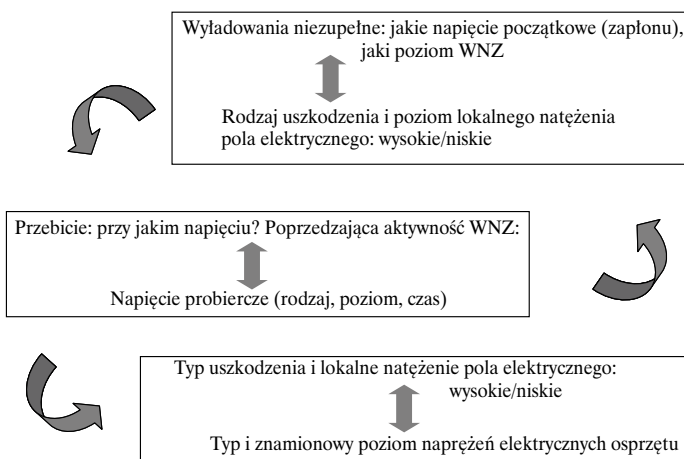
- a) Okresowe i planowane testy wysokiego napięcia są najbardziej podstawowymi badaniami elektrycznymi izolacji kabla.

b) Zważywszy, że napięcie probiercze jest wyższe od napięcia znamionowego kabla, pomiary AC są w istocie próbami przepięciowymi.

c) Pomiary te zostały wprowadzone do praktyki wiele lat temu, ponieważ test przepięciowy był wówczas jedyną dostępną metodą pomiarową.

d) Przebiecie może nastąpić w miejscu osłabienia izolacji i jest niekiedy poprzedzone zjawiskami nieliniowymi poprzedzającymi przebiecie (związanymi z lokalnym zwiększeniem natężenia pola elektrycznego).

e) W przypadku zastosowania do badań elektrycznych metod przepięciowych ważne jest, by zachować umiar i nie dopuścić do sytuacji, w której detekcja poważnych wad izolacji odbywała się kosztem pogarszania własności izolacyjnych linii kablowej.



Rys. 3. Wpływ napięcia AC do badania kabli energetycznych w terenie na obecność defektów w izolacji

Przydatność diagnostycznych metod pomiarowych

Z punktu widzenia jakości i niezawodności linii kablowej wysokiego napięcia ważne są cztery kwestie związane z próbami napięciowymi z zastosowaniem napięcia przemiennego $U_{\text{test}} > U_0$ i oceną wyników pomiarów:

a) zdrowa izolacja, tj. izolacja wolna od wad i efektów starzenia, może wytrzymać wysoki poziom napiężeń elektrycznego, podczas gdy izolacja zestarzała i posiadająca wady ulega przebieciu przy niższym napięciu probierczym (zob. rys. 3),

b) parametry próby napięciowej z wykorzystaniem napięcia wyższego niż znamionowe napięcia badanego kabla powinny być ustalone na poziomie powodującym przebiecie defektów izolacji, ale by jednocześnie jej wpływ na żywotność zdrowej izolacji kabla był pomijalny,

c) ponieważ napięcia elektryczne wywołane próbą napięciową $U_{\text{test}} > U_0$ są wyższe niż napięcia występujące w znamionowych warunkach pracy, próba może mieć charakter niszczący nawet jeśli nie doszło do przebiecia izolacji,

d) zważywszy, że czas próby napięciowej ustalany jest arbitralnie, np. 10 minut, nie można wykluczyć, że po 11 minutach nastąpiłoby przebiecie.

Generalnie można stwierdzić, że pomiar przemiennym napięciem probierczym przekraczającym znamionowe napięcie kabla, np. dwu i półkrotnie ($2,5 U_0$), w przypadku wolnych od wad nowo ułożonych kabli i osprzętu nie powinien mieć istotnie negatywnego wpływu na oczekiwany czas życia linii kablowej. Z rysunku 3 wynika, że taka próba może skrócić żywotność kabla o mniej więcej jeden tydzień. Jednak w przypadku izolacji kablowej posiadającej defekty, skutki próby przepięciowej są bardziej złożone. Z rysunku 3 wynika, że w tym przypadku należy wziąć pod uwagę dodatkowe, ważne aspekty wykonywanej próby. Możliwe są też interakcje pomiędzy typem defektu, jego lokalizacją, zjawiskami poprzedzającymi przebiecie i wielkością przyłożonego napięcia.

Istnieje bezpośredni związek między typem osprzętu kablowego i jego znamionową wytrzymałością napięciową i rodzajami defektów oraz lokalnym wzrostem natężenia pola elektrycznego. Na przykład wtrąciny (pęcherzyki) gazowe w materiale izolacji lub mikropęknięcia w pobliżu zewnętrznego przewodu kabla średniego napięcia są mniej podatne na przebiecie niż takie same defekty znajdujące się w pobliżu wewnętrznego przewodu. W obu przypadkach nie ma gwarancji, że wada izolacji ulegnie przebieciu w trakcie próby przepięciowej AC, co ma związek z niższym znamionowym natężeniem pola elektrycznego kabli elektroenergetycznych średniego napięcia. Jednakże takie same defekty w izolacji kabla wysokiego napięcia prawdopodobnie ulegną przebieciu. Ponadto w tym wypadku przebiecie izolacji poprzedzone będzie wzmożoną aktywnością wyładowań niezupełnych.

Wystąpienie przebieć przy danym napięciu w czasie próby napięciowej z wykorzystaniem napięcia przemiennego $U_{\text{test}} > U_0$ zależy również od charakteru wad izolacji. Rodzaj defektu izolacji wpływa również na zjawiska poprzedzające przebiecie, np. aktywność wyładowań niezupełnych. Wiadomo też, że niejednorodności materiału izolacji w postaci zanieczyszczeń, mikropęknięć, wtrącin gazowych czy mikroostrzy na powierzchni żył lub ekranu odgrywają znaczną rolę w inicjowaniu wyładowań niezupełnych. Należy też pamiętać, że w przypadku obecności wyładowań niezupełnych napięcie probiercze i czas próby mają zasadniczy wpływ na wystąpienie przebieć.

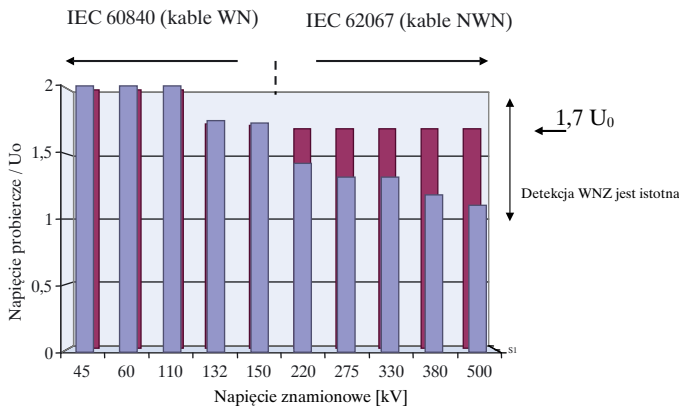
W przypadku wad jednorodnych, takich jak miejscowa degradacja izolacji spowodowana wilgocią lub nietypowych defektów, takich jak brak elementów konstrukcyjnych sterujących polem w osprzęcie kablowym, przebiecie może mieć miejsce bez wystąpienia zjawiska wyładowań niezupełnych. Wykres na rysunku 4 ilustruje znaczenie optymalnego wyboru napięć probierczych do badań kabli wysokiego i najwyższego napięcia. W szczególności należy zwrócić uwagę na konieczność zastosowania niższego stosunku U_{test}/U_0 w przypadku kabli najwyższego napięcia, co wynika z następujących ograniczeń:

a) ograniczenie napięć pomiarowych i mocy układów probierczych dostępnych w terenie,

b) w przypadku natychmiastowego przebiecia defektu izolacji, zjawiska poprzedzające przebiecie (WNZ) są widoczne przy niższym napięciu probierczym,

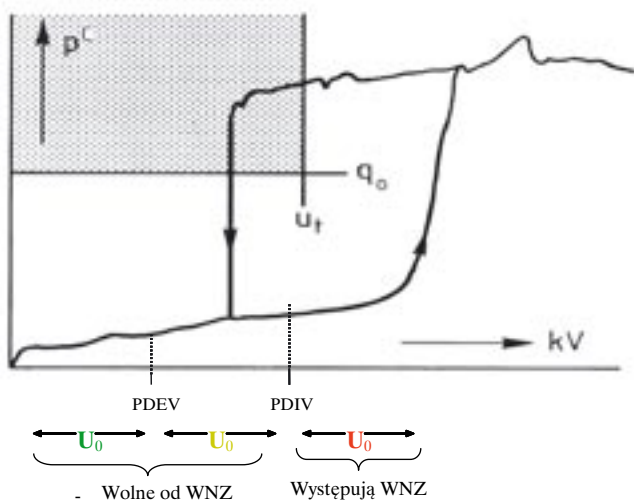
c) ograniczona wytrzymałość elektryczna osprzętu kablowego najwyższego napięcia.

Jak widać na wykresie (rys. 4), zmniejszenie stosunku U_{test}/U_0 w przypadku kabli najwyższego napięcia zwiększa możliwość uzyskania dodatkowych informacji diagnostycznych w formie detekcji i pomiarów wyładowań niezupełnych.



Rys. 4. Zastosowanie napięć probierczych w próbach napięciowych kabli wysokiego i najwyższego napięcia według norm IEC 60840/62067

Wiadomo, że izolacja kabli najwyższego napięcia ma znacznie większą wytrzymałość elektryczną niż izolacja kabli wysokiego napięcia. Z tego względu w przypadku kabli najwyższego napięcia wysokie naprężenia elektryczne uzyskuje się nawet przy „zredukowanym” napięciu probierczym. Kable wysokiego napięcia ($V \leq 150$ kV) mają mniejszą wytrzymałość napięciową, co oznacza, że mimo iż współczynnik U_{test}/U_0 stosowany w próbach napięciowych jest stosunkowo wysoki, naprężenia elektryczne występujące podczas próby są takie same lub nawet mniejsze niż naprężenia występujące w próbach napięciowych kabli najwyższego napięcia.



Rys. 5. Analiza pomiarów WNZ w oparciu o parametry próby napięciowej AC, w zależności od wartości q_0 i U_t charakterystycznych dla danego kabla: wyładowania o wartościach wyższych niż q_0 mierzonych przy napięciach niższych niż wybrane napięcie probiercze U_t stanowią kryterium dla odrzucenia badanego obiektu jako wadliwego (obszar zacieniony). Ważnymi wskaźnikami obecności wyładowań niezupełnych w znamionowych warunkach pracy są parametry PDIV (napięcie zapłonu WNZ) oraz PDEV (napięcie gaszenia WNZ) odniesione do wartości U_0 . Na podstawie tych dwóch parametrów można ocenić, czy linia kablowa jest wolna od wyładowań niezupełnych w czasie normalnej pracy w warunkach znamionowych

Podsumowując powyższe rozważania można stwierdzić, że łącząc czułe metody detekcji wyładowań niezupełnych z próbami napięciowymi z wykorzystaniem napięcia przemiennego, (np. o maksymalnej wartości $1,7 U_0$ w przypadku nowo ułożonych linii kablowych i do 80% tej wartości ($0,8 \times 1,7 U_0$) w przypadku zestarzałych kabli eksploatowanych) można wykazać, że badany system kablowy jest wolny od wyładowań niezupełnych. W przypadku wykrycia defektów związanych z wyładowaniami niezupełnymi, można zmierzyć ich parametry (napięcie zapłonu i gaszenia, rozkład wartości) i zlokalizować (głównie w osprzęcie kablowym) w celu oceny stopnia degradacji izolacji.

Wyładowania niezupełne

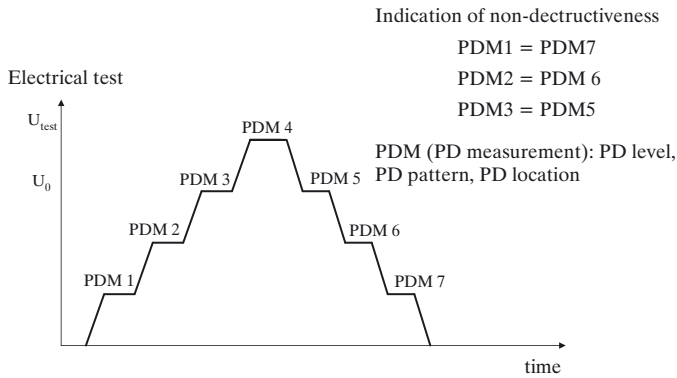
Analiza wyładowań niezupełnych ma na celu stwierdzenie, czy w linii kablowej znajdują się wady lub miejsca osłabienia izolacji. Aby wykonać pomiar należy spowodować zapłon wyładowań niezupełnych w izolacji kabla lub izolacji złączy poprzez przyłożenie określonego napięcia probierczego [8–10]. Wyładowania niezupełne są zjawiskiem fizycznym opisanym parametrami takimi jak napięcie zapłonu (inicjacji) WNZ, napięcie wygaszenia WNZ, poziom (wartość ładunku) impulsu WNZ, rozkład wartości WNZ i rozkład ilości WNZ na długości kabla. Pomiar diagnostyczny wyładowań niezupełnych z zastosowaniem napięć probierczych wyższych niż znamionowe napięcie sieci, tj. od wartości $1,0 U_0$ do maksymalnie $1,7 U_0$ (równoznacznej z najwyższymi napięciami występującymi w znamionowych warunkach pracy) jest istotny z następujących powodów (rys. 5 i 6):

a) w celu stwierdzenia, czy w izolacji badanej linii kablowej istnieją defekty ujawniające się w postaci wyładowań niezupełnych z napięciem zapłonu (PDIV) wyższym niż U_0 . Takie defekty w przypadku chwilowych przepięć w sieci mogą zapoczątkować przebicie izolacji;

b) w celu stwierdzenia (podobnie jak w przypadku badań pomontażowych nowej linii kablowej), że w izolacji kabla i osprzętu nie występują zjawiska wyładowań niezupełnych poniżej napięcia probierczego równego $1,7 U_0$, co oznacza, że w znamionowych warunkach pracy w izolacji nie powstają defekty izolacji związane z WNZ;

c) w celu oceny, czy sam pomiar diagnostyczny nie zapoczątkował procesów WNZ w izolacji linii kablowej, co jest ważne dla potwierdzenia, że zastosowana metoda badań jest nieniszcząca.

Dla koncernów energetycznych zainteresowanych oceną stanu technicznego własnych sieci kablowych na podstawie badań diagnostycznych wyładowań niezupełnych wszystkie te informacje mają istotne znaczenie. Analiza parametrów wyładowań niezupełnych w różnych typach izolacji może służyć budowie standardów praktycznych [14]. Standardy takie mogą być niezwykle przydatne w zarządzaniu majątkiem sieci kablowych przedsiębiorstw energetycznych i przemysłowych.



Rys. 6. Zastosowanie pomiarów WNZ w celu potwierdzenia nieniszczącego charakteru próby napięciowej. Pomiar WNZ podczas próby napięciowej i analiza zmierzonych parametrów WNZ mogą stanowić cenne źródło informacji na temat wpływu naprężeń przepięciowych na defekty izolacji wywołujące wyładowania niezupełne

Indication of non-destructiveness = relacje wskazujące na nieniszczący charakter próby napięciowej
PDM = pomiar WNZ (poziom WNZ, rozkład WNZ, lokalizacja WNZ)

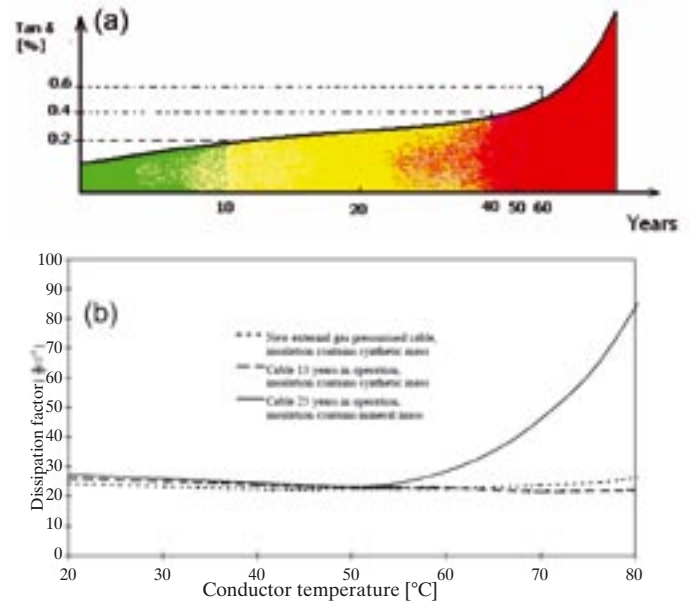
Współczynnik strat dielektrycznych (tangens delta)

Pomiar współczynnika strat dielektrycznych ($\tan\delta$) wykorzystywany jest do oceny stanu materiału izolacyjnego [24, 34, 35]. Biorąc pod uwagę fakt, że wartość tego współczynnika rośnie wraz z postępującymi procesami starzenia izolacji, pomiar $\tan\delta$ powinno się traktować jako narzędzie diagnostyczne i/lub pomiar uzupełniający. Z praktyki wynika, że poza bezwzględną wartością współczynnika stratności dla oceny stanu izolacji kabli wysokiego napięcia ważny jest również przyrost wartości $\tan\delta$ mierzony dla dwóch różnych wartości napięcia probierczego, tzw. $\Delta \tan\delta$. W celu oceny jakości impregnatu tworzy się wykres $\tan\delta$ w funkcji napięcia. Wartość $\tan\delta$ jest silnie uzależniona od struktury i jakości złącza kablowego a sam pomiar posiada wartość diagnostyczną tylko wtedy, gdy kolejne pomiary wykonywane są w niemal identycznych warunkach. W przypadku kabli papierowo-olejowych wysokiego napięcia pomiar $\tan\delta$ może być ważnym wskaźnikiem możliwych przebiegów termicznych (zob. rys. 7). Dla tego typu kabli istotne jest też określenie stopnia degradacji izolacji papierowej. Biorąc pod uwagę właściwości izolacji, szczególnie jej polaryzację, reakcja dielektryka na interakcje między polaryzacją makroskopową i polem elektrycznym jest dobrym wskaźnikiem zależności czasowych procesów polaryzacji zachodzących w izolacji.

Wnioski

Na podstawie rozważań zaprezentowanych w artykule można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Eksploatacyjne i diagnostyczne badania elektryczne są ważnym elementem zapewnienia jakości zarówno nowych/wyremontowanych jak też eksploatowanych linii kablowych. Bieżąca znajomość stanu technicznego sieci



Rys. 7. Zastosowanie pomiaru współczynnika strat dielektrycznych ($\tan\delta$) do oceny izolacji papierowo-olejowej kabli wysokiego napięcia:
 a) schemat zależności między wzrostem strat dielektrycznych, starzeniem się izolacji i stabilnością termiczną kabla
 b) przykład stabilności termicznej, strat dielektrycznych i starzenia się izolacji kabla gazowego o znamionowym napięciu 150 kV

Objaśnienia:

..... nowy kabel gazowy, izolacja zawiera syciwo syntetyczne
 ---- 13-letni kabel, izolacja zawiera syciwo syntetyczne
 — 25-letni kabel, izolacja zawiera syciwo mineralne

Conductor temperature = temperatura przewodu
Dissipation factor = współczynnik dyspersji

kablowych wysokiego napięcia jest ważnym elementem wspierającym proces zarządzania majątkiem z następujących względów:

- zarządzający uzyskują obraz odniesienia nowych linii kablowych,
- możliwa jest ocena całościowa stanu technicznego zarządzanej sieci,
- możliwa jest ocena niezawodności sieci elektroenergetycznej,
- dane uzyskane w badaniach diagnostycznych są ważnym źródłem informacji dla planowania harmonogramu konserwacji i wymiany elementów sieci kablowej.

2. Do badań eksploatacyjnych i diagnostycznych w terenie wykorzystuje się generowane napięcia przemienne i stałe, które można zastosować do prób napięciowych w połączeniu z pomiarem wyładowań niezupełnych.

3. Próby napięciowe z wykorzystaniem prądu przemiennego AC lub samogasnącego prądu przemiennego DAC do wartości $1,7 U_0$ lub nawet $2,5 U_0$, w przypadku wolnej od wad i nie zestarzałej izolacji nie wpływają istotnie na czas życia badanych elementów linii kablowej.

4. Z uwagi na mniejszą wytrzymałość elektryczną dłużej eksploatowanych linii kablowych, badania diagnostyczne lub poremontowe na tych liniach powinno się

wykonywać z zastosowaniem odpowiednio niższych napięć probierczych, np. 80% wartości napięcia stosowanego w przypadku nowych kabli [6, 7].

5. Próby napięciowe z wykorzystaniem napięć przemianowych wyższych niż napięcie znamionowe U_0 wykonywane na kablach posiadających wady izolacji lub zestarzałych w okresie eksploatacji mogą negatywnie wpływać na żywotność elementów badanej linii kablowej, nawet jeśli podczas próby nie nastąpiło przebicie izolacji.

6. Połączenie prób napięciowych AC i DAC z detekcją WNZ jest cennym źródłem informacji o wadach izolacji powodujących wyładowania niezupełne. Przy okazji można też ocenić, czy zastosowany pomiar miał niekorzystny wpływ na izolację badanej linii kablowej.

7. Na podstawie doświadczeń z badań terenowych i uzyskanych danych diagnostycznych (wyładowania niezupełne, straty dielektryczne) można zbudować normy doświadczalne dla izolacji kabli i osprzętu kablowego.

8. Normy takie mogą stać się instrumentem wspierającym proces zarządzania majątkiem przedsiębiorstw eksploatujących sieci kablowe wysokiego napięcia.

Literatura

1. Wester F. J., *Condition Assessment of Power Cables Using PD Diagnosis at Damped AC Voltages*, ISBN 90-8559-019-1, PhD theses TU Delft, 2004.
2. Ahmed N., Srinivas N., *On-line Partial Discharge Detection in Cables*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol5, Issue 2, April 1998, pp.181-188.
3. Hamerling B. R., Wester F. J., Gulski E., Smit J. J., Groot E. R. S., *Fundamental aspects of on-line PD measurements on distribution power cables*, IEEE 7th International Conference on Solid Dielectrics, 2001, pp. 408-411.
4. Wester F. J., Gulski E., Groot E. R. S. and van Vliet M. G. A., *Sensitivity of on-line PD detection for distribution power cables*, ISH2003, 13th International Symposium on High Voltage Engineering, 2003, Delft, The Netherlands, pp. 338.
5. Wester F. J., Gulski E., Smit J. J., Groot E. R. S., *Sensitivity Aspects of On-line PD Diagnosis of MV Power Cables*, Cired 2003, 17th International Conference on Electricity Distribution, Barcelona, Spain, 2003.
6. IEC 60840 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) Test methods and requirements.
7. IEC 62067, Standard Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) up to 500 kV ($U_m = 550$ kV) - Test methods and requirements.
8. IEC 60060-3 High Voltage test techniques -Part 3: Definitions and requirements for on-site testing
9. IEEE 400 Guide for Field Testing and Evaluation of the Insulation of Shielded Power Cable Systems
10. IEEE 400.3 Guide for PD Testing of Shielded Power Cable Systems in a Field Environment
11. Seitz P. P., Quak B., Gulski E., Smit J. J., Cichecki P., de Vries F., Petzold F., *Novel Method for On-site Testing and Diagnosis of Transmission Cables up to 250 kV*, Proceedings Jicable'07. 7th International Conference on Insulated Power Cables, France, Versailles, June 2007, paper 16.
12. Wester F. J., Gulski E., Smit J. J., *Detection of PD at Different AC Voltage Stresses in Power Cables*, IEEE Electrical Insulation Magazine, July/August 2007, [Volume 23 Number 4], p. 28-43.
13. Gulski E. et al, *Condition Assessment of Service Aged HV Power Cables*, Cigre 2008 Conference, Paris, paper D1-206.
14. Gulski E., Smit J. J., Cichecki P., Seitz P. P., Quak B., de Vries F., Petzold F., *Insulation Diagnosis of HV Power Cables*, Proceedings Jicable'07. 7th International Conference on Insulated Power Cables, France, Versailles, June 2007, paper 51.
15. Koreman C. G. A. et. al., *Development of a new 380 kV double circuit XLPE insulated cable system in The Netherlands*, Cigré 2006, B1-107.
16. Gulski E., Lemke, E., Gamlin, M., Gockenbach E., Hauschild W., Pultrum E., *Experiences in partial discharge detection of distribution power cable systems*. Cigre Electra, 2003, p. 34-43.
17. Meijer S., et. al., *Advanced Partial Discharge Measuring System for Simultaneous Testing of Cable Accessories in CMD conference proceedings*, Changwon, Korea, 2006.
18. Meijer S., et. al., *Simultaneous Condition Assessment of Accessories of Power Cables using a Wireless VHF/UHF PD Detection System* in CMD conference proceedings, Changwon, Korea, 2006.
19. Bartnikas R., Srivastava K. D., *Power and Communication Cables*, J. Wiley and Sons IEEE Press, New York, 2003.
20. Gulski E., Cichecki P., Groot E. R. S., Smit J. J., de Vries F., J. Slangen, Slangen., Groot E. R. S., Pellis J., van Houwelingen D., Hermans T. J. W. H., Wegbrands B., Lamballais L., *Condition Assessment of Service Aged HV Power Cables*, Cigre 2008 session, paper D1-206.
21. Thue W. A., *Electrical Power Cable Engineering*, ISBN 0-8247-9976-3, Book Marcel Dekker, Inc, 1999.
22. *site Testing and Diagnosis of Transmission Cables up to 250 kV*, Proceedings Jicable'07. 7th International Conference on Insulated Power Cables, France, Versailles, June 2007, paper 16.
23. Wester F. J., Gulski E., Smit J. J., *Detection of PD at Different AC Voltage Stresses in Power Cables*, IEEE Electrical Insulation Magazine, July/August 2007, [Volume 23 Number 4], p. 28-43.
24. Gulski E. et al, *Condition Assessment of Service Aged HV Power Cables*, Cigre 2008 Conference, Paris, paper D1-206.
25. Gulski E., Smit J. J., Cichecki P., Seitz P. P., Quak B., de Vries F., Petzold F., *Insulation Diagnosis of HV Power Cables*, Proceedings Jicable'07. 7th International Conference on Insulated Power Cables, France, Versailles, June 2007, paper 51.
26. Koreman C. G. A. et. al., *Development of a new 380 kV double circuit XLPE insulated cable system in The Netherlands*, Cigré 2006, B1-107.
27. Gulski, E., Lemke, E., Gamlin, M., Gockenbach E., Hauschild W., Pultrum E., *Experiences in partial discharge detection of distribution power cable systems*. Cigre Electra, 2003, p. 34-43.
28. Meijer S., et. al., *Advanced Partial Discharge Measuring System for Simultaneous Testing of Cable Accessories in CMD conference proceedings*, Changwon, Korea, 2006.
29. Meijer S., et. al., *Simultaneous Condition Assessment of Accessories of Power Cables using a Wireless VHF/UHF PD Detection System* in CMD conference proceedings, Changwon, Korea, 2006.

30. Bartnikas R., Srivastava K. D., *Power and Communication Cables*, J. Wiley and Sons IEEE Press, New York, 2003.
31. Gulski E., Cichecki P., Groot E. R. S., Smit J. J., de Vries F., J. Slangen, Slangen., Groot E.R.S., Pellis J., van Houwelinge D., Hermans T. J. W. H., Wegbrands B., Lamballais L., *Condition Assessment of Service Aged HV Power Cables*, Cigre 2008 session, paper D1-206.
32. Thue W. A., *Electrical Power Cable Engineering*, ISBN 0-8247-9976-3, Book Marcel Dekker, Inc, 1999.
33. Peschke E., von Olhausen R., *Cable Systems for High Voltage and Extra-High Voltage*, ISBN 3-89578-118-5, Book, Publicis MCD Verlag, 1999.
34. Popma J., Pellis J., *Diagnostics for high voltage cable systems*, proceedings ERA conference on HV plant life extension, Belgium, 23–24 November, 2000.
35. Gulski E., Smit J. J., Cichecki P., Seitz P. P., Quak B., de Vries F., Petzold F., *Insulation Diagnosis of HV Power Cables*, Proceedings Jicable'07. 7th International Conference on Insulated Power Cables, France, Versailles, June 2007, paper 51.

Edward Gulski
Delft University of Technology, High Voltage Technology and Management, Mekelweg 4, 2628CD Delft, The Netherlands
Poznan University of Technology, Institute of Electric Power Engineering, 3A Piotrowo, 60-965, Poznan, Poland

Aleksandra Rakowska, Krzysztof Siodła,
Poznan University of Technology, Institute of Electric Power Engineering, 3A Piotrowo, 60-965, Poznan, Poland

Przemysław Chojnowski, Jarosław Parciak
PBW OLMEX S.A. Modrzewiowa 58, Wójtowo, 11-010 Barczewo, Poland

Sprawozdanie Zarządu z działalności Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich z siedzibą w Łodzi za okres od 01.01.2008 r. do 31.12.2008 r.

I. Wprowadzenie

Zarząd Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich działał w 2008 roku w następującym składzie:

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Prezes Zarządu | – Franciszek Mosiński |
| Wiceprezesa Zarządu | – Andrzej Boroń |
| | – Jacek Kuczkowski |
| | – Józef Wiśniewski |
| Sekretarz | – Zdzisław Sobczak |
| Członkowie Zarządu | – Sławomir Burmann |
| | – Maciej Domowicz |
| | – Władysław Falkiewicz |
| | – Andrzej Gorzkiewicz |
| | – Adam Ketner |
| | – Stefan Koszorek |
| | – Jędrzej Lelonkiewicz |
| | – Henryk Małasiński |
| | – Izabella Mróz - Radłowska |
| | – Ryszard Olejniczak |
| | – Krystyna Sitek |

W skład Prezydium Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP wchodzi:

- Franciszek Mosiński
- Andrzej Boroń
- Jacek Kuczkowski
- Józef Wiśniewski

– Zdzisław Sobczak
Zarząd spotkał się na posiedzeniach 4 razy i podjął 6 uchwał.

Prezydium spotkało się na posiedzeniach 13 razy i podjęło 5 uchwał.

II. Przychody i wyniki finansowe

(zaokrąglone do 1,00 zł) Patrz: tabela na stronie 21.

Kapitał

W 2008 roku nastąpiła zmiana w wysokości kapitału podstawowego, który w dniu 01.01.2008 r. wynosił 600 713,17 zł, a 31.12.2008 r. zamknął się kwotą 623 890,04 zł. Zmiana kapitału nastąpiła z tytułu przeznaczenia zysku z 2008 roku w kwocie 23 176,87 zł na powiększenie kapitału podstawowego.

Zatrudnienie

Liczba zatrudnionych w dniu 31.12.2008 r. wynosiła 4 osoby. Średnia liczba etatów w roku 2008 – 4 etaty.

Oprócz pracowników etatowych Oddział współpracował na podstawie umów zleceń i o dzieło z kilkudziesięcioma osobami, jako podwykonawcami umów i zleceń złożonych w OŁ SEP.

Na uzyskany w 2008 r. wynik złożyły się:

1. Duża liczba przeprowadzonych szkoleń i egzaminów kwalifikacyjnych.

| L.p. | Parametry finansowe | Rok 2007 [zł] | Rok 2008 [zł] | Wzrost/ Spadek [%] |
|------|--|---------------|---------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 4/3 |
| 1. | Przychody ogółem, w tym | 1 420 885,- | 1 041 057,- | 26,8 |
| | a) przychody netto ze sprzedaży produktów, usług i towarów | 1 395 614,- | 1 008 213,- | 27,8 |
| | b) przychody z działalności statutowej (składki i inne przychody określone statutem) | 25 271,- | 32 844,- | 29,9 |
| 2. | Koszty ogółem, w tym: | 1 097 929,- | 709 356,- | 35,4 |
| | a) koszty sprzedanych produktów, usług i towarów | 942 712,- | 575 070,- | 39 |
| | b) koszty realizacji zadań statutowych (w tym odpis na ZG) | 155 217,- | 134 286,- | 13,5 |
| 3. | Zysk brutto ze sprzedaży (1a – 2a) | 452 902,- | 433 143,- | 4,4 |
| 4. | Wynik finansowy na działalności statutowej (1b – 2b) | - 129 946,- | - 101 442,- | 22 |
| 5. | Koszty ogólnego Zarządu | 306 677,- | 312 783,- | 2 |
| 6. | Przychody finansowe | 7 973,- | 16 777,- | 110 |
| 7. | Zysk netto | 15 504,- | 23 177,- | 49 |
| 8. | Rentowność netto ogółem (7/1 x 100%) | 1% | 2,2% | 103 |

LEGENDA: **WZROST SPADEK**

2. Konferencje.

W minionym roku Oddział Łódzki zorganizował:

- w dniach 18–19 listopada, wspólnie z Centrum Badawczym ABB w Krakowie **Forum Transformatorowe**, w którym uczestniczyło około 60 pracowników ABB.

3. Sprzedaż usług technicznych (projekty innowacyjne, ekspertyzy, wyceny).

4. 7 prezentacji firm (Schneider Electric Sp. z o.o., Polam – Rem S.A., Alfa – Elektro Sp. z o.o., Lug S.A., Osram Sp. z o.o., Nova Light Sp. z o.o., Legrand Polska Sp. z o.o.).

Ważniejsze przedsięwzięcia gospodarcze

Przy Oddziale Łódzkim SEP działają trzy Komisje Kwalifikacyjne, w skład których wchodzi 34 osoby. Komisje w roku 2008 przeprowadziły 4934 egzaminów w trzech grupach, w zakresie eksploatacji i dozoru. Łączny przychód z tego tytułu wyniósł 541 946,- zł.

W 2008 roku przeprowadzono 96 kursów przygotowawczych (1287 uczestników). Przychód z działalności szkoleniowej to 228 123,- zł.

Szkolenia i kursy z ramienia OŁ SEP prowadziło 8 osób.

Z Ośrodkiem Rzeczoznawstwa współpracowało w 2008 roku 20 rzeczoznawców i specjalistów SEP, wykonując ekspertyzy, projekty, pomiary i inne usługi znajdujące się w ofercie Ośrodka. Łączny przychód z tej działalności to 168 462,- zł, z czego 107 701,- zł to sprzedaż eksportowa. Koszty zatrudnienia na umowy cywilno-prawne obciążały bezpośrednio sprzedane usługi.

Inwestycje Oddziału w 2008 roku

W minionym roku dokonano zakupu:

- drukarki laserowej,
- kserokopiarki.

III. Działalność statutowa Oddziału

Obok działalności gospodarczej, Oddział prowadzi intensywną, określoną w Statucie SEP działalność, tzn. róż-

ne formy i płaszczyzny aktywności, skierowane do członków Stowarzyszenia i środowisk naukowo-technicznych związanych z szeroko pojętym określeniem elektryki.

1. Wydawanie Biuletynu Techniczno-Informacyjnego Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP – w 2008 roku ukazały się 4 numery. Biuletyn przesyłany jest do członków OŁ SEP, ZG, wszystkich Oddziałów Stowarzyszenia oraz firm współpracujących.

2. Zorganizowanie i sfinansowanie konkursów:

- na najlepszą dyplomową pracę magisterską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ;
- na najlepszą dyplomową pracę inżynierską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ;
- na najlepszą pracę dyplomową technika elektryka;
- na najatrakcyjniejsze obchody Światowego Dnia Elektryki.

3. Zorganizowano również:

- **Zebrań Centralnej Komisji Młodzieży i Studentów SEP oraz Studenckiej Rady Koordynacyjnej SEP** w dniu 28 listopada 2008 r. na Politechnice Łódzkiej.
- **Zebrań Centralnej Sekcji Energetyki Odnawialnej** w dniu 3 grudnia 2008 r.
- **Spotkanie Wigilijne** w dniu 19 grudnia 2008 r., w którym uczestniczyło ponad 100 najaktywniejszych członków naszego Oddziału oraz zaproszonych gości.

4. W dniach 08–10.04.2008 r. odbyły się **XIX Międzynarodowe Targi Komunikacji Elektronicznej INTER-TELECOM 2008**, na których zaprezentował się również Oddział Łódzki organizując Konferencję „**Elektronika plus Informatyka równa się Telekomunikacja**”.

5. W 2008 roku Oddział Łódzki aktywnie włączył się w organizację **VIII Festiwalu Nauki, Techniki i Sztuki**, który odbył w dniach 22–28.04.2008 r. w Łodzi, organizując cykl wykładów, pokazów i wycieczek pod wspólnym tytułem „**Postęp w elektroenergetyce**” oraz zwiedzanie łódzkich elektrociepłowni.

6. W dniach 18–22 czerwca 2008 r. odbyła się wycieczka na trasie Wiedeń – Budapeszt. Dla członków Oddziału z opłaconymi składkami była dofinansowana w wysokości 70%.

7. W mijającym roku odbyły się 4 prezentacje Członków Wspierających OŁ SEP:

- firmy SONEL S.A. – 3 prezentacje metod i przyrządów pomiarowych,
- firmy OLMEX S.A. – 1 prezentacja nowych rozwiązań w zakresie aparatury średnich i wysokich napięć ze szczególnym uwzględnieniem układów kompensacji mocy biernej średniego napięcia oraz rozdzielnic w izolacji gazowej (GIS).

8. Udzielono 12 zapomóg dla Członków – Seniorów naszego Oddziału na łączną kwotę 8000 zł, w tym jedną w wysokości 500,- zł dla studenta PŁ, zgodnie z regulaminem udzielania pomocy finansowej dla uczniów i studentów na podnoszenie kwalifikacji zawodowych, przyjętym na posiedzeniu Zarządu OŁ SEP w dniu 05.03.2007 r. – uchwała nr 2/Z/2007.

Ponadto:

1. W dniu 6 października 2008r. odbył się audyt recertyfikacyjny (z wynikiem pozytywnym) Systemu Zarządzania Jakością wg. normy PN-EN ISO 9001:2001, przedłużający certyfikat na kolejne 3 lata. Jest to potwierdzenie dobrej jakości wykonywanych przez Oddział usług w zakresie szkoleń, egzaminów, konferencji, działalności Ośrodka Rzeczoznawstwa, a także równie ważnej działalności stowarzyszeniowej.

2. Odnotowano aktywną działalność zwłaszcza czterech kół tj.:

- Koła Seniorów (wiele spotkań o charakterze zarówno merytorycznym jak i koleżeńskim),
- Koła przy Dalkii Łódź SA (aktywna pomoc przy realizacji wielu imprez organizowanych przez Oddział, udział pracowników Zespołu w organach statutowych Oddziału, organizacja wycieczek naukowo-technicznych),
- Koła Studenckiego (aktywna działalność na Politechnice Łódzkiej, organizacja wycieczek naukowo-technicznych, udział w ODME 2008, przygotowania do ODME 2009),
- Międzyszkolnego Koła Pedagogicznego (pomoc w realizacji szkoleń dla absolwentów zespołów szkół ponadgimnazjalnych, organizacja obchodów Światowego Dnia Elektryki).

W Konkursie o tytuł Najaktywniejszego Koła SEP w 2008 (za rok 2007) roku zostały wyróżnione 4 Koła z Oddziału Łódzkiego:

Grupa „S” – Koła szkolne i studenckie

- II miejsce – Międzyszkolne Koło Pedagogiczne przy Zarządzie Oddziału Łódzkiego SEP
- III miejsce – Studenckie Koło SEP przy Politechnice Łódzkiej

Grupa „B” – Koła zakładowe liczące 31 do 60 członków

- III miejsce – Koło SEP przy Dalkii Łódź S.A.

Grupa „E” – Koła seniorów i emerytów

- II miejsce – Koło Seniorów przy Zarządzie Oddziału Łódzkiego SEP

Grupa „T” – Koła Terenowe

VII miejsce – Koło Terenowe Nr 2

3. W 2008 r. przyznano medale i odznaczenia zasłużonym członkom i sympatykom SEP:

- Złota Odznaka Honorowa SEP – 1 osoba
- Medal im. prof. Eugeniusza Jezierskiego – 9 osób
- Medal im. prof. Stanisława Szpora – 2 osoby
- Godność Zasłużonego Seniora SEP – 4 osoby

IV. Działalność w organach ogólnopolskich SEP, komisjach i sekcjach

Oddział Łódzki SEP jest licznie reprezentowany w organach centralnych SEP:

1. **Kol. Franciszek Mosiński** – Rada Prezesów, Zespół ds. Finansowych Rady Prezesów, Komisja Statutowa oraz zespół powołany do opracowania regulaminu IRSEP,
2. **Kol. Andrzej Boroń** – Wiceprezes – Skarbnik Zarządu Głównego SEP, Rada Nadzorcza BBJ (do 11 czerwca 2008r.) oraz Rada Nadzorcza COSiW, a także Komisja Statutowa,
3. **Kol. Jacek Kuczkowski** – Centralna Komisja Organizacyjna,
4. **Kol. Józef Wiśniewski** – Centralna Komisja Wydawnictw,
5. **Kol. Zdzisław Sobczak** – Centralna Komisja Uprawnień Zawodowych i Specjalizacji Zawodowej Inżynierów,
6. **Kol. Lech Grzelak** – Główny Sąd Koleżeński,
7. **Kol. Andrzej Gorzkiewicz** – Centralna Komisja Odznaczeń i Wyróżnień,
8. **Kol. Adam Ketner** – Centralna Komisja Kół i Współpracy z Oddziałami,
9. **Kol. Stefan Koszorek** – Centralna Komisja Historyczna,
10. **Kol. Izabella Mróz-Radłowska** – Centralna Komisja Szkolnictwa Elektrycznego,
11. **Kol. Krystyna Sitek** – Centralna Komisja Finansów i Działalności Gospodarczej,
12. **Kol. Krzysztof Sałasiński** – Centralna Komisja Norm i Przepisów Elektrycznych,
13. **Kol. Tomasz Piotrowski** – Centralna Komisja Współpracy z Zagranicą,
14. **Kol. Bogusław Bocheński** – Centralna Komisja ds. Informatyzacji,
15. **Kol. Ryszard Pawełek** – Zespół ds. Realizacji Programów UE,
16. **Kol. Marek Pawłowski** – Centralna Komisja Młodzieży i Studentów,
17. **Kol. Michał Wojdał** – Studencka Rada Koordynacyjna SEP,
18. **Kol. Mieczysław Balcerek** – Zespół ds. Członków Wspierających i Współpracy z Przemysłem.

V. Program działalności na 2009 rok

Na rok 2009 Zarząd planuje nowe przedsięwzięcia oraz przynajmniej utrzymanie dotychczasowego poziomu efektywności w obu dziedzinach działalności, tzn. gospodarczej i statutowej:

1. Utrzymać certyfikat Systemu Zarządzania Jakością według normy PN-EN ISO 9001:2001.

2. Podejmować działania zmierzające do uczestniczenia w przetargach na prace dla Ośrodka Rzeczoznawstwa.

3. Wypracować i wdrożyć strategię zmierzającą do zwiększenia rentowności prac wykonywanych przez Ośrodek Rzeczoznawstwa.

4. Rozszerzyć listę aktywnych i profesjonalnych współpracowników Ośrodka Rzeczoznawstwa.

5. Utrzymać korzystną współpracę z firmami, dla których SEP organizuje szkolenia oraz egzaminy kwalifikacyjne. Dążyć do doskonalenia form organizowanych szkoleń.

6. Uaktywnić wszystkich członków OŁ SEP w kierunku poszukiwania nowych zleceń, nowych form i rodzajów działalności, zdobywania nowych – również zagranicznych – rynków zbytu.

7. Uaktywnić tych członków SEP, którzy nie należą do kół zakładowych czy terenowych. Oddział powinien powołać nowe koła, których działalność uatrakcyjniłaby przynależność do Stowarzyszenia.

8. Rozszerzyć współpracę z:

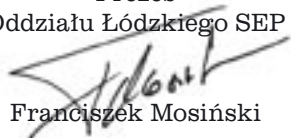
- Wydziałem Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ – współpraca poprzez Ośrodek Rzeczoznawstwa (projekty, opinie, ekspertyzy),
- Łódzką Okręgową Izbą Inżynierów Budownictwa,
- Łódzkim Kuratorium Oświaty i Wychowania – rozszerzenie tematyki kursów w zakresie edukacji pozaszkolnej,
- Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego – konkursy i szkolenia.

9. Wzmocnić działania zmierzające w kierunku pozyskania nowych członków wspierających. Stworzyć warunki do udziału członków wspierających w życiu SEP.

10. Optymalnie wykorzystywać internet do propagowania działalności Oddziału i SEP.

11. Uaktywnić wszystkie komisje powołane i istniejące przy OŁ SEP w celu rozszerzenia i poprawy w obszarze działalności statutowej.

podpisał za Zarząd

Prezes
Oddziału Łódzkiego SEP

Franciszek Mosiński

Marek Pawłowski

Młodzi dla młodych **XI Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka w Łodzi**

To stało się! Tak można powiedzieć o najważniejszym wydarzeniu dla młodych ludzi zrzeszonych w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. W dniach 16–19 kwietnia 2009 r. odbyły się XI Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka. Mimo, że historia tych spotkań sięga 12 lat, to tegoroczne spotkanie było inne. Na pytanie, na ile lepsze, odpowiedzą grupy pracujące nad opracowaniem wniosków płynących z tego spotkania. Organizatorami XI ODME było środowisko łódzkie oraz piotrkowskie. Powołany komitet organizacyjny przez ponad sześć miesięcy intensywnie pracował nad przygotowaniem. Postawione cele nie były łatwe do realizacji, ale dziś ich osiągnięcie pozwala z satysfakcją myśleć o kolejnych wyzwaniach, które przed nami stają.

Dla komfortu uczestników XI ODME, większość z nich przybyła do Łodzi w przeddzień inauguracji, która odbyła się 16 kwietnia w sali widowiskowej Politechniki Łódzkiej. Ponad 250 miejsc zostało wypełnionych przez zaproszonych gości, uczniów szkół średnich oraz studentów – uczestników dni. W kularach spotkania można było usłyszeć głosy uznania nad nowoczesną formą prowadzenia XI ODME. Dorota Hendzlik i Paweł Kelm doskonale

udowodnili, że spotkanie młodzieży może i powinno być prowadzone przez ludzi młodych.

Uroczystego otwarcia XI Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka dokonał prezes SEP, prof. Jerzy Barglik. Przybyłych na inaugurację przywitani: prezes Oddziału Łódzkiego SEP, prof. Franciszek Mosiński oraz przewodniczący Komitetu Organizacyjnego XI ODME, kol. Marek Pawłowski. Ciepłe słowa uznania oraz podziękowań za włożony trud padły z ust zaproszonych gości: prorektora Politechniki Łódzkiej, prof. Wojciecha Wolfa, dziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki, prof. Sławomira Wiaka, prezes NOT, pani Ewy Mańkiewicz-Cudny, przewodniczącego Polskiej Sekcji IEEE, prof. Andrzeja Pacuta, dyrektora łódzkiej fabryki ABB Andrzeja Szumińskiego.

Nieodłączną częścią oficjalnych spotkań stowarzyszeniowych jest wręczenie odznaczeń i nagród dla osób, które w sposób szczególny wpisują się w działalność SEP.

W konkursie na wyróżniającą się pracę dyplomową oraz na najlepszą publikację młodzieżową nagrody otrzymali: Grzegorz Sasinowski, Wojciech Kępiński i Kazimierz Józwiak.

O wręczenie wyróżnień poproszono wiceprzewodniczącego Komisji Konkursowej, prof. Andrzeja Kapłona z Politechniki Świętokrzyskiej.

Medal im. Prof. Eugeniusza Jezierskiego, przyznawany przez Zarząd Oddziału Łódzkiego SEP za zasługi dla przemysłu transformatorowego, elektroenergetyki i Stowarzyszenia Elektryków Polskich otrzymali: Edward Cadler z Oddziału Gorzowskiego SEP, Ryszard Dawicki z Oddziału Konińskiego SEP – dyrektor Elektrowni Adamów, Jan Musiał – wiceprezes Oddziału Piotrkowskiego SEP i prezes koła SEP przy Elektrowni Bełchatów, Marek Tymoszyk z Oddziału Konińskiego SEP – dyrektor Elektrowni Pątnów, Adam Zawistowski – dyrektor Zakładu ZREW Oddział Transformatorowy w Łodzi (Polimex – Mostostal).

Medal im. Prof. Stanisława Fryzego, przyznawany osobom szczególnie zasłużonym, w uznaniu ich wybitnej i twórczej pracy w dziedzinie elektryki, został wręczony pani profesor Henryce Stryczewskiej z Oddziału Lubelskiego oraz profesorowi Marianowi Dubowskiemu z Politechniki Białostockiej. Medale wręczyli: prezes SEP prof. Jerzy Barglik oraz prezes Oddziału Łódzkiego SEP prof. Franciszek Mosiński.

Medal im. inż. Michała Doliwo-Dobrowolskiego, nadawany przede wszystkim osobom młodym, organizacjom i instytucjom krajowym i zagranicznym, legitymującym się wybitnymi osiągnięciami w nauce, technice i dydaktyce otrzymali: prof. Stanisław Bolkowski z Oddziału Warszawskiego SEP, prof. Stanisław Grzybowski (Mississippi State University), prof. Kazimierz Zakrzewski z Politechniki Łódzkiej, prof. Franciszek Mosiński, studenci: Jacek Malczewski, Michał Wojdał, Gniewomir Ziemiński, Krzysztof Pawłowski oraz redakcja miesięcznika „Wiadomości Elektrotechniczne” (na ręce redaktora naczelnego dra Krzysztofa Wolińskiego). Medale zostały wręczone przez prezesa SEP prof. Jerzego Barglika oraz prezesa Oddziału Szczecińskiego SEP dra Piotra Szymczaka. Podczas inauguracji nie zabrakło indywidualnych wyróżnień w postaci stypendiów SEP, które są przyznawane w trzech kategoriach: dla uczniów szkół średnich, studentów oraz młodych pracowników nauki. Następnie prezes SEP prof. Jerzy Barglik oraz przedstawiciele



Odnaczeni medalem im. Michała Doliwo-Dobrowolskiego: (od lewej) kol. Jacek Malczewski, kol. Michał Wojdał, kol. Gniewomir Ziemiński, Krzysztof Pawłowski, dr Krzysztof Woliński, prof. Jerzy Barglik

Kapituły Konkursowej wręczyli statuetki wyróżniającego się nauczyciela, opiekuna i sojusznika młodzieży. Wyróżnienia odebrali: prof. Stanisław Bolkowski, prof. Stanisław Grzybowski i prof. Franciszek Mosiński.

Druga część inauguracji rozpoczęła się od referatu prof. Marka Bartosika, pt. „Czy Klub Rzymski miał rację? Globalny kryzys energetyczny”. Przytoczone liczby, dotyczące aktualnych źródeł energii i ich zapasów, stanowią niezaprzeczone dowody, iż kryzys energetyczny jest nieunikniony. Nie możemy pytać, czy do tego dojdzie, ale kiedy to nastąpi. Młodzi elektrycy, naukowcy są pokoleniem, które musi rozpocząć rozwiązywanie tego problemu. Czy z końcem węgla, ropy, gazu może się skończyć nasza cywilizacja?

„Łódź – transformatory wczoraj, dziś i jutro”, pod takim hasłem odbywały się tegoroczne ODME i również taki tytuł nosił referat prof. Franciszka Mosińskiego. Mówiąc o historii transformatora, profesor wymienił ludzi tworzących łódzką szkołę transformatorową. Szkołę, która zdecydowała o budowie fabryki transformatorów w Łodzi, a następnie o rozwoju konstrukcji i technologii budowy transformatorów. Wspomnienia te były wstępem do wystąpienia pani Małgorzaty Golickiej-Jabłońskiej, żony ś.p. prof. Michała Jabłońskiego, która przybliżyła zgromadzonym postać Profesora. Człowiek o olbrzymiej wiedzy i doświadczeniu, życzliwy, otwarty, z ogromnym poczuciem humoru, to tylko niektóre cechy profesora Michała Jabłońskiego. Jego postawa wobec świata, życia i nauki sprawiły, że stał się wspaniałym autorytetem i wzorem do naśladowania dla młodych ludzi. Dziś Studenckie Koło SEP przy Politechnice Łódzkiej może się chlubić, że ma swojego patrona. Decyzją Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP, w dniu 16 kwietnia 2009 roku, Studenckiemu Kołu SEP przy Politechnice Łódzkiej nadano imię prof. Michała Jabłońskiego.

Po wspólnym obiedzie, uczestnicy ODME mieli okazję zwiedzić fabrykę transformatorów ABB oraz dwie łódzkie elektrociepłownie.

Drugi dzień konferencji rozpoczął się od spotkania z prezesem SEP, prof. Jerzym Barglikiem. Punktem wyjścia do dyskusji stała się aktualna sytuacja ludzi młodych w Stowarzyszeniu. Dlaczego jedne delegacje na ODME mogą liczyć blisko 10 osób, a inne tylko 3 osoby? Czy tak bardzo różnią się studenci w tych Oddziałach SEP, czy to Oddziały prowadzą inną politykę wobec swoich młodych członków? Na te i inne trudne pytania starał się pan prezes odpowiedzieć, szukając jednocześnie dobrych rozwiązań. Stypendia SEP, umożliwienie pracy w ośrodkach rzeczoznawstwa czy bezpłatny udział w konferencjach naukowych, to jedne z najnowszych rozwiązań otwarcia Stowarzyszenia Elektryków Polskich na ludzi młodych. Z ust prezesa padły obietnice ciągłego wsparcia tych działań. Poruszono również bardzo ważną kwestię, jaką jest współpraca SEP z międzynarodowymi organizacjami zrzeszającymi elektryków. Czynnikiem koniecznym dla naukowego rozwoju jest zdobycie doświadczenia. Stypendia na zagranicznych uczelniach, konferencje naukowe, to jedne z lepszych dróg do jego zdobycia. Mamy nadzieję, że zaplanowane prace, mające ożywić i usprawnić kontakty międzynarodowe, zostaną podjęte szybko i skutecznie.

Spotkania ze sponsorami XI ODME były jednym z istotniejszych elementów konferencji. Dały możliwość młodym ludziom poznania firm o ugruntowanej pozycji w branży elektrycznej, nawiązania kontaktów, zaznajomienia się z możliwościami odbycia praktyk czy podjęcia pracy. Przedstawicielka sponsora głównego, firmy ABB Sp. z o.o., Aleksandra Gorzka z łódzkiej fabryki ABB zaprezentowała kierunki i plany rozwoju firmy i co za tym idzie, potrzebę tworzenia nowych miejsc pracy. Daje to doskonałą okazję, dla absolwentów uczelni technicznych, na rozpoczęcie kariery zawodowej. Fabryki ABB w Łodzi oraz Aleksandrowie Łódzkim sprawiają, że to nasz region może stać się korzystnym dla nowych inżynierów. Po spotkaniu przedstawiciele firmy ABB zorganizowali stanowisko, przy którym uczestnicy ODME mogli uzyskać odpowiedzi na indywidualne pytania, zostawić CV oraz dowiedzieć się o możliwościach odbycia praktyk zawodowych. Następnie głos zabrał pan dyrektor Edward Czarzasty, reprezentujący PGE Elektrownię Bełchatów S.A., przedstawiając historię oraz aktualny profil działalności Elektrowni. Po żywej i merytorycznej dyskusji na temat ochrony środowiska oraz nowoczesnych sposobów wytwarzania „zielonej” energii, uczestnicy ODME mieli okazję zwiedzić Elektrownię oraz Kopalnię Bełchatów.

Stałym punktem ODME jest „Liga Elektryków”, zbiór różnych konkurencji, mający na celu wyłonienie spośród uczestników najlepszej drużyny. Każda delegacja była reprezentowana przez 3 osobowy zespół w konkurencjach wiedzy teoretycznej oraz sportowej. 25 pytań, które zostały postawione zespołom, to przekrój wiedzy z dziedzin elektryki, automatyki, informatyki oraz działalności SEP. Konkurencje sportowe zostały rozegrane nad brzegiem jeziora Słok. Zarówno dla uczestników, jak i obserwatorów, był to czas dobrej zabawy i integracji. W tym roku zwycięzcami okazali się przedstawiciele Politechniki Świętokrzyskiej, drugie miejsce zajęła Politechnika Śląska, a trzecie Politechnika Rzeszowska. W ramach Ligi Elektryków, firma ABB Sp. z o.o. zorganizowała oddzielnie oceniany i nagradzany konkurs, którego zwycięzcami zostali przedstawiciele Politechniki Rzeszowskiej.

Trzeci dzień XI ODME zakładał trzy główne punkty. Pierwszy to seminarium pt. „Przeszłość i przyszłość młodzieży w Stowarzyszeniu”, drugi – spotkanie ze sponsorami XI ODME oraz trzeci – uroczysta kolacja, podczas której ogłoszono wyniki Ligi Elektryków.



Konkurs teoretyczny Ligi Elektryków

Ze względu na obszerną tematykę seminarium, zostało ono podzielone na dwie części. Pierwsza z nich rozpoczęła się od dwóch wykładów historycznych i wspomnieniowych. Przewodniczący Centralnej Komisji Młodzieży i Studentów, dr Piotr Szymczak, mówił o 90-letniej historii SEP, kładąc szczególny nacisk na ówczesną sytuację ludzi młodych. Drugi referat wygłosił prof. Stanisław Grzybowski, czterokrotny przewodniczący CKMiS. Jego historia oraz doświadczenie to przykład pięknej walki o swoje życie i szczęście. Koledzy Tomasz Pieńkowski oraz Piotr Rutkowski omówili strukturę, cele i osiągnięcia Studenckiej Rady Koordynacyjnej SEP. Kolega Marek Pawłowski mówił o problemach i decyzjach młodych ludzi, którzy wkraczają w dorosłe życie.



Seminarium „Przeszłość i przyszłość młodzieży w Stowarzyszeniu”. Od lewej: dr Piotr Szymczak, prof. Franciszek Mosiński, Jolanta Arendarska, prof. Jerzy Barglik, Jan Musiał

Na zakończenie odbyła się dyskusja, w wyniku której wysunięto pierwsze wnioski, które zapewne będą pomocne dla młodych, jak i starszych kolegów naszego Stowarzyszenia. Historia blisko czterech pokoleń napawa dumą, ale zmusza do postawienia pytania: „Co dalej?”. Jedyną słuszną drogą wydaje się dynamiczny i międzynarodowy rozwój. Rzeczą, która może być najtrudniejsza to zdecydowane otwarcie na ludzi młodych. Jeśli starsi koledzy zrobią to dostatecznie szybko, to będzie można mówić o przekazaniu wiedzy i doświadczenia. Żadna uczelnia, polska czy zagraniczna nie przekaze umiejętności zdobywanych latami praktyki. Krokiem naprzód będzie sukcesywne



Pełna sala podczas seminarium „Przeszłość i przyszłość młodzieży w Stowarzyszeniu”



Od lewej: Aleksandra Gorzka z działu HR w łódzkiej fabryce ABB i Beata Syczewska – dyrektor ds. komunikacji ABB

przekazywanie odpowiedzialności, które może się realizować jedynie poprzez obustronne zaufanie.

Po krótkiej przerwie odbyło się spotkanie z przedstawicielami sponsorów XI ODME: ABB Sp. z o.o., PGE Elektrownia Bełchatów S.A., Polimex – Mostostal S.A. (Zakład ZREW Oddział Transformatory), Dalkia Łódź S.A., Elkomtech S.A., podczas którego mogli oni zaprezentować działalność i rozwój swoich firm.

Po spotkaniu ze sponsorami odbyła się druga, polsko-angielska część seminarium pt. „Przeszłość i przyszłość młodzieży w Stowarzyszeniu”. Prof. Henryka Stryczewska poruszyła tematykę działalności zagranicznej młodzieży w strukturach SEP. Prof. Marian Kaźmierkowski wygłosił referat pt. „Publikować w IEEE Transactions”. Prof. Stanisław Grzybowski z USA wystąpił z referatem „Mississippi State University High Voltage Laboratory” oraz przedstawił aktywność studentów w strukturach IEEE w USA. Claudia Reithner z Austrii przedstawiła prezentację „YoungOVE Austria”.

W świetle tych wystąpień wydaje się koniecznym zaciśnięcie współpracy międzynarodowej. Wymaga ona od nas jedynie dobrej woli i znajomości języków obcych, dając w zamian ogromne możliwości rozwoju.

Uroczysta kolacja doskonale wkomponowała się w dostojny charakter spotkania i pozwoliła uczestnikom oraz gościom na długie koleżeńskie dyskusje, które – jak pewne osoby twierdzą – trwały do białego rana.

Marek Pawłowski

Słuchacz studiów doktoranckich na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej. Stypendysta projektu „Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń - zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej – zarządzanie uczelnią, nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacnianie zdolności do zatrudniania, także osób niepełnosprawnych” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Uroczystość poświęcona pamięci Profesora Władysława Pełczewskiego

Na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki, w dniu 26 maja odbyła się uroczystość związana z odsłonięciem tablicy pamiątkowej poświęconej Profesorowi Władysławowi Pełczewskiemu. Pierwsza część uroczystości miała charakter sesji, podczas której przypomniano dokonania Profesora. Sesja zorganizowana przez Instytut Automatyki w sali konferencyjnej Wydziału EEIA, zgromadziła profesorów Wydziału, pracowników Instytutu, a także współpracowników, przyjaciół i uczniów Profesora Władysława Pełczewskiego oraz licznie przybyłych gości. Na tym Wydziale nie ma chyba nikogo, kto nie zetknąłby się z Profesorem na jakimś etapie życia, a każdy taki kontakt pozostawiał w pamięci trwałe ślady, ponieważ Profesor był osobą wyjątkową. Szczególny charakter spotkania podkreślała obecność Rodziny Profesora.

Profesor Władysław Pełczewski – członek rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk, doktor honoris causa Politechniki Łódzkiej i uniwersytetu Paula Sabatier w Tuluzie, autor

wielu książek i wychowawca kilku pokoleń automatyków – uważany jest za twórcę łódzkiej szkoły naukowej automatyki. Podczas uroczystej sesji, której przewodniczył dziekan Wydziału EEIA prof. Sławomir Wiak, wiele osób chciało podzielić się wspomnieniami o Profesorze z przybyłymi gośćmi.

Sylwetkę Profesora przypomnieli dyrektor Instytutu Automatyki prof. Jacek Kabziński. Wspomnienia były wzbogacone zdjęciami pochodzącymi z archiwów Instytutu i ze zbiorów Rodziny. W liczącej 64 lata historii Politechniki Łódzkiej osoba Profesora miała ogromne znaczenie. Od ukończenia studiów w 1946 r. był on związany z Wydziałem Elektrycznym. W latach 1956–1959 był prodziekanem ds. nauki, a latach 1959–1960 dziekanem Wydziału. W 1952 r. został powołany na stanowisko zastępcy profesora i otrzymał zadanie zorganizowania i prowadzenia Zakładu Napędów Elektrycznych, przekształconego później w Katedrę Napędów Elektrycznych, a po kilku latach w Instytut

Automatyki. W swoim referacie prof. Kabziński przedstawił rozwój i dokonania Instytutu kierowanego przez Profesora Pełczewskiego. Przypomniał opinię znanego, nieżyjącego już polskiego uczonego, prof. Zdzisława Bubnickiego z Politechniki Wrocławskiej, wyrażoną o prof. Pełczewskim: „Zasługi Profesora jako twórcy łódzkiej szkoły automatyki są trudne do przecenienia. Składają się na to efekty Jego twórczej pracy z zakresu elektrotechniki i automatyki, uzyskany prestiż międzynarodowy, wiele wychowanych przezeń pokoleń inżynierów i pracowników naukowych, a także żmudna praca organizacyjna”.



Tablicę Profesora Władysława Pełczewskiego symbolicznie odsłonił jego synowie w towarzystwie dziekana Wydziału EEEiA PŁ prof. S. Wiaka i dyrektora Instytutu Automatyki PŁ prof. J. Kabzińskiego

Prof. Kazimierz Zakrzewski w swoim wystąpieniu opowiadał o wieloletniej współpracy z Profesorem Pełczewskim na różnych płaszczyznach, o spotkaniach prywatnych i o dyskusjach, w których Prof. Pełczewski miał na ogół ostatni, podsumowujący głos. Na ogół nikt już nie podejmował dalszej polemiki, gdyż było jasne, że jest to głos wyważony i mający na celu dobro Wydziału. Głos osoby o wielkim autorytecie. Prof. Zakrzewski przypomniał m.in. wieloletnią działalność Profesora w Centralnej Komisji Kwalifikacyjnej do spraw kadr naukowych. O tej działalności wspominał również prof. Wojciech Mitkowski – wiceprzewodniczący Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego.

W imieniu Polskiej Akademii Nauk głos zabrał prof. Marian P. Kaźmierkowski, profesor Politechniki Warszawskiej, który na ręce Dziekana WEEiA, przewodniczącego sesji, przekazał list od przewodniczącego Wydziału IV PAN – Nauk Technicznych – prof. Władysława Włosińskiego.

Profesor Pełczewski wiele czasu poświęcał pracy organizacyjnej, również poza Wydziałem. Profesor Władysław Pełczewski był czynnym i zasłużonym działaczem Łódzkiego Towarzystwa Naukowego, Stowarzyszenia Elektryków Polskich i Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej. Stowarzyszenie Elektryków Polskich, doceniając zasługi Profesora, nadało Mu wszystkie swoje honorowe tytuły. Wspomnieniami ze swojej współpracy z Profesorem podzielili się z zebranymi prof. Franciszek Mosiński – prezes Zarządu Oddziału Łódzkiego SEP oraz

Andrzej Boroń – wiceprezes Zarządu Głównego SEP, który odczytał także okolicznościowy list przesłany przez prezesa ZG SEP – prof. Jerzego Barglika.

Prof. Janusz Kacprzyk z Instytutu Badań Systemowych PAN wspominał o długoletniej pracy Prof. Pełczewskiego w radzie naukowej IBS, której był przewodniczącym, podkreślając, że choć w tym okresie swojej działalności naukowej Profesor zajmował się już raczej problemami związanymi z teorią sterowania, to nadal odwoływał się do swego bogatego doświadczenia inżynierskiego.

Gośćmi uroczystości byli także były rektor prof. Jan Krysiński i obecny prorektor ds. studenckich prof. Wojciech Wolf, który powiedział że: „Nauka nie jest demokratyczna. Potrzebujemy wzorców, które wskażą właściwy kierunek. Rola profesora, który potrafi łączyć praktykę inżynierską z nauką, jest ogromna, zwłaszcza w kształceniu młodzieży. Trzeba pokazywać studentom przykłady takich wielkich postaci, jak Prof. Pełczewski, bo jeśli oni w warunkach o wiele trudniejszych potrafili, to nam też się uda”.

Prof. Pełczewski znaczną część swego życia zawodowego związał z Instytutem Elektrotechniki w Warszawie, gdzie był przewodniczącym rady naukowej i opiekunem zorganizowanej wspólnie z Polską Akademią Nauk pracowni sterowania optymalnego. O tym okresie życia Profesora mówił prof. Wiesław Seruga z Izby Gospodarczej Przemysłu Elektrotechnicznego, reprezentujący dyrekcję Instytutu. Podkreślił, że Prof. Pełczewski był prawdziwym humanistą i rozumiał potrzebę kontaktów ze światem. Przypomniał, że właśnie on w 1973 r. podpisał w Londynie porozumienie z IEEE. Prof. Pełczewski spędził za granicą wiele miesięcy wykładając w Tuluzie, Rzymie, Bolonii i Siegen, a także w czasie krótszych wizyt m.in. w Paryżu, Grenoble, Padwie, Darmstadt, Monachium, Zurychu, Mediolanie, Sztokholmie, Glasgow, Delft.

Wśród gości zebranych na uroczystości byli obecni także prof. Zbigniew Nahorski z Instytutu Badań Systemowych PAN, doc. Jerzy Mukosiej z Instytutu Elektrotechniki w Warszawie, prof. Ryszard Sikora z Politechniki Szczecińskiej, reprezentujący Komitet Elektrotechniki PAN, oraz liczni wychowankowie Profesora Pełczewskiego, reprezentujący firmy współpracujące z Instytutem Automatyki.

Na zakończenie sesji, prof. Andrzej Dębowski opowiedział, jak tablica powstawała i podziękował sponsorom za udział w jej sfinansowaniu. Podkreślił, że odzew za jakim spotkał się apel o wsparcie tego zamierzenia świadczy o tym, iż określenie „łódzka szkoła automatyki” dotyczy nie tylko obecnych pracowników uczelni, ale obejmuje także szersze grono osób wykonujących zawód automatyka poza Politechniką, w instytucjach związanych z przemysłem.

W kolejnej części spotkania nastąpiło odsłonięcie pamiątkowej tablicy Profesora, która wmurowana została w galerii pamięci Wydziału. Autorem płaskorzeźby jest artysta plastyk Kazimierz Karpiński. Symbolicznego zdjęcia szarfy dokonali obaj synowie Profesora, Piotr i Jerzy w towarzystwie Rodziny, a w imieniu Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki kwiaty pod tablicą złożył dziekan prof. Sławomir Wiak. Kwiaty złożyli również prof. Jacek Kabziński w imieniu Instytutu Automatyki i prof. Franciszek Mosiński w imieniu Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

(HM, AD, JK)

IX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Elektrownie ciepłe. Eksploatacja – Modernizacje – Remonty”

(informacja pokonferencyjna)

Koło SEP przy Elektrowni Bełchatów wspólnie z Instytutem Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej oraz Elektrownią Bełchatów już po raz dziewiąty zorganizowało Konferencję Naukowo-Techniczną „Elektrownie ciepłe. Eksploatacja – Modernizacje – Remonty”. Tym razem, odbywającej się w dniach 1–3 czerwca, konferencji nadano oficjalnie charakter międzynarodowy. Tradycyjnie, spotkanie odbyło się w Hotelu „Wodnik”, położonym w malowniczej okolicy niedaleko Elektrowni Bełchatów.

W konferencji wzięło udział około 200 uczestników reprezentujących, zarówno przedsiębiorstwa energetyczne (m.in. elektrownie i elektrociepłownie wchodzące w skład PGE, Elektrownia Kozienice, Elektrociepłownia Kraków), jak i placówki naukowo-badawcze (m.in. Politechniki: Łódzka, Warszawska, Wrocławska, Śląska, Instytut Energetyki z Łodzi, Instytut Maszyn Przepływowych z Gdańska). Liczną grupę uczestników stanowili przedstawiciele firm działających w obszarze energetyki z kraju i zza granicy (m.in. Alstom, Rafako, Babcock, Danfoss, Emerson, Elektrobudowa, Energoprojekt). Międzynarodowy charakter imprezy tworzyli między innymi przedstawiciele tak znanych firm, jak ALSTOM i Steinmuller oraz gość specjalny z Rumunii, pan Victor Vaida – przewodniczący tamtejszego stowarzyszenia inżynierów elektryków (SIER)

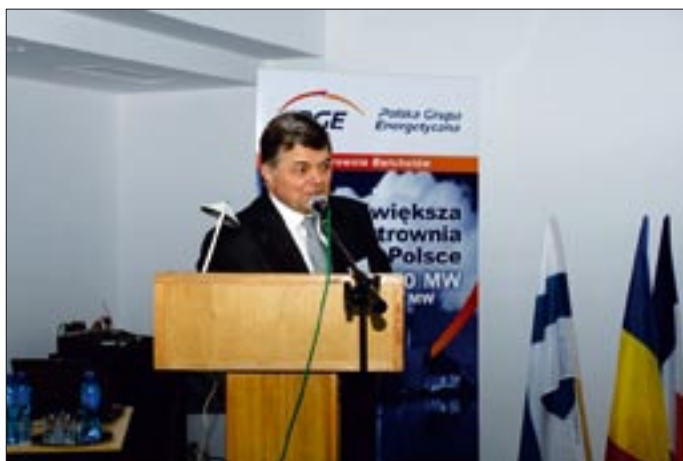
Podczas konferencji ogłoszono blisko 40 referatów naukowo-technicznych – opublikowanych w materiałach. Konferencji towarzyszyła wystawa techniczna, w której uczestniczyło 20 firm z branży energetycznej. Firmy te prezentowały się również podczas sesji komercyjnych.

Tematyka odbywających się w cyklu dwuletnim konferencji „Elektrownie ciepłe” jest różnorodna i dotyczy wielu aspektów przemysłu energetycznego. I tym razem prezentowane referaty dotyczyły najważniejszych problemów sektora wytwarzania energii.

W pierwszej, inauguracyjnej sesji merytorycznej można było posłuchać interesujących wystąpień przedstawicieli PGE Elektrowni Bełchatów SA dotyczących rozwoju tej największej w Europie elektrowni. Dyrektor techniczny Eugeniusz Bilkowski przedstawił strategię rozwojową i ekologiczną Elektrowni w kontekście modernizacji istniejących bloków, natomiast dyrektor ds. rozwoju Bolesław Cirkos zaprezentował założenia projektu budowy na nowopowstającym bloku 858 MW instalacji do wychwytywania CO₂. Z kolei prof. Maciej Pawlik – dyrektor Instytutu Elektroenergetyki PŁ – przybliżył uczestnikom nowoczesne rozwiązania konwencjonalnych elektrowni ciepłych o wysokich sprawnościach i ograniczonym oddziaływaniu na środowisko.

Kolejne sesje referatowe podzielone były tematycznie na zagadnienia związane z techniką spalania paliw i biomasy w kotłach, z problemami budowy i diagnostyki turbin parowych oraz pomp wodnych. Część referatów dotyczyła również zagadnień elektrycznych związanych ze współpracą elektrowni z systemem elektroenergetycznym, optymalizacją układów elektrycznych potrzeb własnych a także elektrowniami wiatrowymi i fotowoltaicznymi w kontekście ich pracy w systemie wytwórczym opartym na elektrowniach ciepłych.

Należy podkreślić nie tylko różnorodność tematyczną konferencji, ale także różne formy prezentacji problemów, czy też różne spojrzenia na te same zagadnienia. Były zatem referaty podsumowujące zaawansowane badania teoretyczne i modelowe ważnych problemów technicznych, prezentowane głównie przez przedstawicieli nauki. Były również referaty zdające sprawozdania z działań podejmowanych przez pracowników (inżynierów) elektrowni w celu usprawnienia lub rozwiązania konkretnych problemów technicznych. Wydaje się, że połączenie tych form



Prezes Koła SEP przy PGE Elektrowni Bełchatów SA mgr inż. Jan Musiał wita uczestników Konferencji



Okolicznościowe przemówienie wygłasza prof. Maciej Pawlik, dyrektor Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej



Uroczyste otwarcie wystawy technicznej

wyróżnia tę konferencję na tle innych. Uczestnicy obecnej edycji również wielokrotnie podkreślali w rozmowach kularowych, że taka formuła konferencji daje możliwość pełniejszego spojrzenia na problemy energetyki, a nieocenione są dyskusje i wymiana doświadczeń pomiędzy światem nauki, personelem elektrowni i elektrociepłowni i przedstawicielami firm z branży energetycznej.

Podczas konferencji obradowała specjalna Komisja w składzie: prof. Maciej Pawlik (Politechnika Łódzka), prof. Antoni Dmowski (Politechnika Warszawska), prof. Kazimierz Wójs (Politechnika Wrocławska) oraz mgr inż. Jan Musiał (prezes Koła SEP przy PGE Elektrowni

Bełchatów). Zadaniem komisji było wyłonienie spośród wystawców i prezentowanych firm laureatów w konkursie: „Najlepszy produkt dla energetyki”. Przyznano trzy równorzędne wyróżnienia:

- dla firmy Danfoss Sp. z o.o. za przetwornicę VLT Low Harmonic Drive,
- dla firmy Conco East Sp. z o.o. za system nieniszczących badań rurek wymienników ciepła metodą prądów wirowych oraz
- dla firmy Emerson Proces Management Sp. z o.o. za inteligentną technologię pomiarową „Smart Wireless”.

Specjalne wyróżnienie przyznano firmie Technopomiar Sp. z o.o. za uatrakcyjnienie Konferencji wystawą poplenerową V Ogólnopolskiego Pleneru Plastycznego „Wola Michowa 2008”.

Konferencji towarzyszyły również imprezy o charakterze towarzysko-rozrywkowym. W pierwszym dniu Uczestnicy bawili się na bankiecie w rytm utworów jazzowych oraz piosenek zespołu ABBA. Ostatnim punktem programu w drugim dniu była kolacja przy grillu. Tutaj czas spędzony przy ognisku umilały piosenki biesiadne. W ostatnim dniu konferencji odbyła się natomiast wycieczka techniczna do Farmy Wiatrowej Kamieńsk oraz do Kopalni Bełchatów.

Za dwa lata odbędzie się jubileuszowa, dziesiąta Konferencja „Elektrownie Ciepłe”. Miejmy nadzieję, że będzie równie udana, jak dziewięć dotychczasowych.

opracował: Tomasz Kotlicki

XII Rada Prezesów SEP Konin-Mikorzyn, 28–31 maja 2009 r.

W dniach 28–31.05.2009 r. – w pięknym ośrodku „Wityng”, w Mikorzynie pod Koninem odbyło się XII posiedzenie Rady Prezesów SEP. Gospodarzem spotkania był Oddział Koniński SEP. Prezesi Oddziałów dyskutowali nad informacjami prezesa SEP prof. Jerzego Barglika oraz

dziękana Rady Prezesów Jerzego Szastały. Dyskutowano na temat przygotowań do Kongresu Elektryki Polskiej, przyjęto sprawozdanie z działalności finansowej za rok 2008 oraz przedstawiono wstępny kalendarz wyborczy do wyborów w roku 2010 i Walnego Zjazdu Delegatów SEP,



Widok Elektrownii Konin



Rejs statkiem z Konina do Kruszwicy



który planuje się zorganizować w dniach 25–27 czerwca 2010 r. w Wiśle.

Osoby towarzyszące (głównie panie) miały spotkanie z wróżką.

Uczestnicy Rady zapoznani zostali z historią budowy elektrowni Pątnów II, mieli też okazję zwiedzić elektrownię. Odbyli rejs statkiem do Kruszwicy, połączone ze zwiedzaniem zabytków miasta i Mysiej Wieży.

Zdjęcia i tekst FM

Z życia Kół

Koło SEP przy Dalkia Łódź S.A. na pierwsze w tym roku zebranie zaprosiło firmę SONEL S.A. z prezentacją **„Pomiary ochronne z wykorzystaniem przyrządów pomiarowych firmy SONEL S.A.”**.

Prezentację prowadził pan Dariusz Ferenc, wykorzystując dobrze przygotowany program komputerowy i sprzęt audio. Następnie praktyczna prezentacja omawianych przyrządów wywołała uzasadnione duże zainteresowanie zebranych. A przedstawione zostały m.in:

- wielofunkcyjny miernik parametrów instalacji elektrycznych (MPI-520),
- lokalizatory tras przewodów (LKZ-700 i LKZ-710),
- cyfrowe mierniki cęgowo- (CMP-1000 i CMP1005).

Duże zainteresowanie wywołały również pirometry (DIT-130 i DIT-500) i luksomierz (LXP-1), pokazane już poza podstawowym tytułem prezentacji.

Przekazane katalogi i cenniki oraz materiały z IV Konferencji Technicznej „Pomiary ochronne oraz diagnostyka urządzeń i instalacji elektrycznych”, która była zorganizowana w Muszynie w dniach 04–08.03.2009 r. są w posiadaniu Koła i mogą być udostępnione zainteresowanym.

Na zakończenie zebrania rozlosowano wśród obecnych przekazany przez firmę SONEL S.A. cyfrowy miernik cęgowy (CMP-1).

Kieruję więc podziękowania do firmy SONEL S.A. za tak bogatą formułę prezentacji.

Jacek Kuczkowski



Wybory w Łódzkiej Radzie Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych

W dniu 22 kwietnia 2009 r. delegaci oddziałów Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych działających w regionie łódzkim wybrali Zarząd i Komisję Rewizyjną Łódzkiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Naczelnej Organizacji Technicznej (ŁRSNT-NOT). Wyniki wyborów są następujące:

Zarząd

1. Kol. Mirosław URBANIAK (SIMP) – prezes
2. Kol. Krystyna TARKOWSKA (SITR) – wiceprezes
3. Kol. Marek PAWLAK (STOP) – wiceprezes
4. Kol. Dariusz KOZIŃSKI – sekretarz
5. Kol. Jarosław PALENIK – członek

Komisja Rewizyjna

1. Kol. Adam KETNER (SEP) – przewodniczący
2. Kol. Marian KOZERA (SITLiD) – członek
3. Kol. Stanisław SUCHARZEWSKI (SIMP) – członek

Wykaz członków ŁRFSNT-NOT

1. **PZITB** – Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa
2. **SITPChem** – Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego
3. **STC** – Stowarzyszenie Techników Cukierników
4. **SEP** – Stowarzyszenie Elektryków Polskich
5. **SGP** – Stowarzyszenie Geodetów Polskich
6. **SITK** – Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji
7. **SITLiD** – Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa
8. **SIMP** – Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Mechaników Polskich
9. **SITPNiG** – Stowarzyszenie N-T Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego
10. **STOP** – Stowarzyszenie Techniczne Odlewników Polskich
11. **SITO** – Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Ogrodnictwa
12. **SPP** – Stowarzyszenie Papierników Polskich
13. **SITR** – Stowarzyszenie N-T Inżynierów i Techników Rolnictwa
14. **PZITS** – Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych
15. **SITSpoż** – Stowarzyszenie N-T Inżynierów i Techników Przemysłu Spożywczego
16. **SWP** – Stowarzyszenie Włókienników Polskich
17. **SITWM** – Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych
18. **SITP** – Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Pożarnictwa
19. **PZSWiR** – Polski Związek Stowarzyszeń Wynalazców i Racjonalizatorów
20. **TKP** – Towarzystwo Konsultantów Polskich
21. **SPWiR** – Stowarzyszenie Polskich Wynalazców i Racjonalizatorów
22. Ogólnopolskie Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Zabezpieczeń Technicznych i Zarządzania Bezpieczeństwem „POLALARM”
23. **PSRWN** – Polskie Stowarzyszenie Rzecznawców Wyceny Nieruchomości
24. **PRCP** – Stowarzyszenie Polski Ruch Czystej Produkcji
25. **SPChK** – Stowarzyszenie Polskich Chemików Kolorystów

KĄCIK SENIORA – Kronika wydarzeń 2/2009 (2)

Wielkanocne jajeczko w Klubie Seniora ŁRFSNT-NOT

2 kwietnia br. kilku przedstawicieli Koła Seniorów OŁ SEP uczestniczyło w koleżeńskej uroczystości – jajeczko wielkanocne. Pan Rinaldo Skrobirando przedstawił historię ustanowienia Świąt Wielkanocnych; są to święta ruchome. Spotkanie upłynęło w miłej atmosferze i prawie już w świątecznym nastroju.

Uczestnictwo w inauguracji XI ODME

16 kwietnia 2009 r. w sali kinowej Politechniki Łódzkiej odbyła się inauguracja XI Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka (ODME). Uczestniczyli w niej również przedstawiciele Koła Seniorów OŁ SEP; w ten sposób wyrazili uznanie dla nowego pokolenia przyszłych elektryków. Więcej informacji na ten temat zawiera numer 1/2009 (44) Biuletynu Techniczno-Informacyjnego ZOŁ SEP.



Wizyta w zajezdni tramwajowej

22 kwietnia br. członkowie Koła Seniorów OŁ SEP udali się do zajezdni tramwajowej MPK przy ulicy Telefonicznej w Łodzi. Tu, przed bramą wejściową, czekał na nich nowoczesny tramwaj 122N SPESA, którym udali się do automatycznej myjni taboru. Tramwaj wjechał na stanowisko wraz z pasażerami i rozpoczęło się jego mycie przy zamkniętych drzwiach – wywołało to dreszczek emocji. Warto dodać, że seniorzy nic nie ucierpieli; do środka nie przedostała się ani jedna kropla wody. Następnie zwiedzano halę zajezdni, gdzie obsługa udzielała informacji dotyczących utrzymania w ruchu taboru tramwajowego. Była możliwość wejścia do kanału pod stojący tramwaj; kilka osób skorzystało z tej możliwości. Na zakończenie wizyty wysłuchano prelekcji o najnowszym taborze MPK. W pojazdach tych zastosowano silniki asynchroniczne sterowane systemami elektronicznymi, które pozwalają na rekuperację energii. Wyposażone są także w akumulatory;

umożliwiają one w przypadku awarii sieci trakcyjnej na pokonanie odległości około 50 metrów. Ma to duże znaczenie dla ruchu ulicznego w dużych miastach – pozwala bowiem, w wielu przypadkach, zapobiec blokowaniu innych pojazdów i tworzeniu się korków ulicznych. Te wagony wyposażone są w system dźwiękowej i świetlnej sygnalizacji (wygodna i bezpieczna informacja dla pasażerów).



Wyjazd do Zygier – Konina i Uniejowa

28 maja br. Seniorzy wyruszyli na trasę Zygry – Konin – Uniejów; nie odstraszyła ich prognoza pogody – pochmurno i przelotne opady. Telewizyjny Ośrodek Nadawczy w Zygrach był pierwszym celem wyprawy. Ośrodek ten działa już ponad 50 lat. Pobyt w Zygrach dał asumpt do rozważań nad historią i rozwojem telewizji w Polsce i na ziemi łódzkiej.

Następny etap podróży to Elektrownia Konin; jest ona opalana węglem brunatnym. Elektrownia ma otwarty obieg chłodzenia. Obieg ten tworzą: 5 połączonych kanałami jezior oraz przepompownia wody wraz ze stacją pomp. Z tego obiegu korzysta także Elektrownia Pątnów. Hala turbogeneratorów wzbudziła duże zainteresowanie, a zwłaszcza stanowisko kontroli i sterowania. W Elektrowni trwają prace modernizacyjne. Po wyjeździe z Konina zaczęło padać; opady trwały niestety do końca podróży.

W Uniejowie zatrzymano się na rynku, gdzie przewodnik informował o architekturze otaczających rynek budynków i znajdującej się w północno-zachodnim narożniku placu neobarokowej wieży bramnej z zegarem oraz stojącej obok XIV-wiecznej kolegiaty. Ostatnim punktem podróży było zwiedzanie uniejowskiego zespołu parkowo-zamkowego oraz znajdującego się opodal kompleksu basenów termalnych. Odważni, mimo coraz bardziej padającego deszczu, skorzystali z kąpieli w odkrytych basenach z gorącą wodą. Późnym popołudniem, przemoczeni, ale pełni wrażeń, uczestnicy wycieczki powrócili do Łodzi.

Zdzisław Zarzycki

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH



Oddział Łódzki

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a

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

tel./fax (0 42) 630 94 74, 632 90 39

e-mail: seplodz@onet.pl sep.lodz@neostrada.pl

<http://sep.p.lodz.pl>

świadczy wszelkiego rodzaju usługi we wszystkich dziedzinach elektryki:

- ▶ usługi techniczno-ekonomiczne w ramach Ośrodka Rzeczoznawstwa
- ▶ kursy specjalistyczne w zakresie doskonalenia zawodowego
- ▶ kursy przygotowawcze do egzaminów kwalifikacyjnych (wszystkie grupy)
- ▶ szkolenia audytorów wewnętrznych systemów jakości (normy ISO 9000)
- ▶ egzaminy kwalifikacyjne dla osób na stanowiskach EKSPLOATACJI I DOZORU w zakresach: elektroenergetycznym, cieplnym i gazowym
- ▶ usługi marketingowe
- ▶ prezentacje
- ▶ reklamy w Biuletynie Techniczno-Informacyjnym OŁ SEP
- ▶ rekomendacje dla wyrobów i usług branży elektrycznej
- ▶ organizacja imprez naukowo-technicznych (konferencje, seminaria)

OŚRODEK RZECZOZNAWSTWA OŁ SEP

oferuje bogaty zakres usług technicznych i ekonomicznych:

- Projekty techniczne i technologiczne
- Ekspertyzy i opinie
- Badania eksploatacyjne
- Badania techniczne urządzeń elektrycznych, elektronicznych i elektroenergetycznych
- Ocena zagrożeń i przyczyn wypadków powodowanych przez urządzenia elektryczne
- Ocena prototypów wyrobów, maszyn i urządzeń produkcyjnych
- Ocena usprawnień, pomysłów, projektów i wniosków racjonalizatorskich
- Opracowywanie projektów przepisów oraz instrukcji obsługi, eksploatacji, remontów i konserwacji
- Wykonywanie wszelkich pomiarów w zakresie elektryki
- Prowadzenie nadzorów inwestorskich i autorskich
- Wykonywanie ekspertyz o charakterze prac naukowo-badawczych
- Prowadzenie stałych i okresowych obsług technicznych (konserwatorskich i serwisowych) oraz napraw
- Prowadzenie pośrednictwa handlowego (materiały, wyroby, maszyny, urządzenia i usługi)
- Odbiory jakościowe
- Pośrednictwo w zagospodarowywaniu rezerw mocy produkcyjnych, materiałów, maszyn i urządzeń
- Wyceny maszyn i urządzeń
- Ekspertyzy i naprawy sprzętu AGD i audio-video
- Tłumaczenia dokumentacji technicznej i literatury fachowej
- Doradztwo i ekspertyzy ekonomiczne
- Audyty i plany marketingowe
- Przekształcenia własnościowe
- Przygotowywanie wniosków koncesyjnych dla producentów i dystrybutorów energii

OR SEP tel. (0 42) 632 90 39, 630 94 74

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

Przedsiębiorstwo Badawczo-Wdrożeniowe

OLMEX S.A.

PRZEDSTAWICIEL FIRM

Wójtowo, ul. Modrzewiowa 58

11-010 Barczewo

tel. +4889/ 532 43 40 (50)

fax +4889/ 532 43 60

<http://www.olmex.pl> e-mail: olmex@olmex.pl

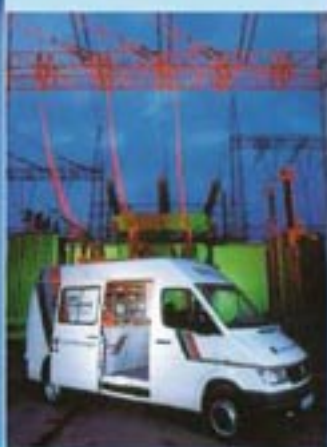
KONČAR



ELECTRONICON
Kondensatoren GmbH



sebaKMT



**KOMPENSACJA
MOCY
BIERNEJ
NN I SN**

**PRZEKŁADNIKI
ŚREDNICH
I WYSOKICH
NAPIĘĆ**

**KONDENSATORY
SPRZEGAJĄCE**

DŁAWIKI

**LOKALIZACJA
USZKODZEŃ
I DIAGNOSTYKA
KABLI
ENERGETYCZNYCH**

