



BIULETYN

TECHNICZNO - INFORMACYJNY

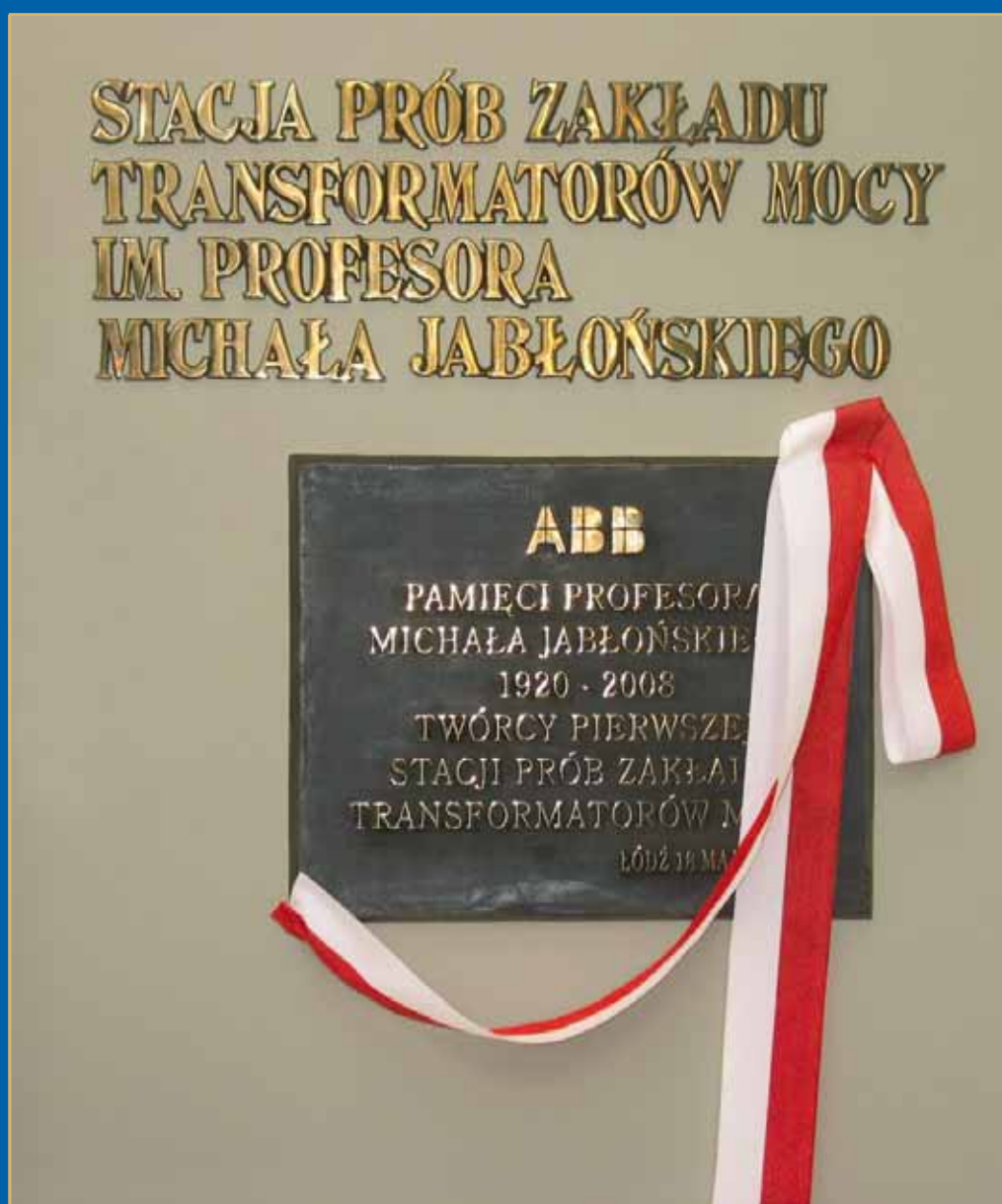


Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 2/2012 (57)

ISSN 2082-7377

Czerwiec 2012



O odsłonięciu tablicy więcej na stronie 26

IX KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

**TRANSFORMATORY
ENERGETYCZNE
I SPECJALNE**
projekt, produkcja, eksploatacja



KONTAKT

Małgorzata Siedlarek – *Sekretarz Organizacyjny*
Polimex-Mostostal S.A. Zakład ZREW
Oddział Transformatory
92-412 Łódź, ul. Rokicińska 144
tel. 42 671 86 15
fax 42 671 86 16
e-mail: malgorzata.siedlarek@polimex.pl

Krzysztof Majer – *Sekretarz Naukowy*
Politechnika Łódzka
Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych
90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 18/22
tel.: 42 631 25 71, 42 631 25 81
fax 42 636 23 09
e-mail: majer@p.lodz.pl

www.polimex.pl



TEMATYKA KONFERENCJI

Tematyka konferencji obejmuje zagadnienia z zakresu transformatorów energetycznych i specjalnych, a w szczególności:

- problemy eksploatacyjne,
- diagnostyka, próby i badania,
- nowoczesne metody obliczeniowe i projektowanie,
- remonty i modernizacje,
- aktualne trendy rozwojowe.

W ramach konferencji zostaną zaprezentowane referaty wiodących ośrodków naukowych, przedsiębiorstw reprezentujących energetykę zawodową, placówek naukowo-badawczych oraz firm współpracujących z energetyką.

MIEJSCE KONFERENCJI

Hotel Król Kazimierz w Kazimierzu Dolnym

Nowe miejsce konferencji

www.krolkazimierz.pl

KAZIMIERZ DOLNY
3-5 października 2012

Wydawca:

Zarząd Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a,

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

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



Widok hali targowej EXPOPOWER, fot. kol. Adam Cieślak

Spis treści:

Analogowe przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych w tworzeniu historii metrologii w Polsce – część III

– A. Szczęsny, Z. Kuśmierk 2

Odnawialne źródła energii – stan obecny i perspektywy rozwoju

– B. Olek 8

Artykuł poświęcony jest energetyce odnawialnej w aspektach technicznych, ekonomicznych oraz środowiskowych. Przedstawiony jest tu stan obecny oraz perspektywy rozwoju urządzeń wytwarzających energię elektryczną z zasobów „odnawialnych” oraz ich wpływ na system elektroenergetyczny. Opisane są zarówno popularne źródła jak turbiny wiatrowe czy ogniwa fotowoltaiczne ale również rozwijające się w krajach skandynawskich oraz Wielkiej Brytanii nowatorskie technologie wykorzystujące energię mór i oceanów.

Energetyka jądrowa – stan obecny i perspektywy rozwoju

– M. Wierzbowski 12

Artykuł prezentuje stan obecny i perspektywy rozwoju energetyki jądrowej. Został zawarty zarys historii powstania reaktora jądrowego i elektrowni jądrowej. Przedstawiono pracujące obecnie typy reaktorów oraz zaprezentowano możliwe ścieżki rozwoju nowych jednostek. Uwzględniono wpływ rozwoju nowych reaktorów na redukcję odpadów jądrowych.

Czy budowa elektrowni gazowo-parowych jest szansą poprawy sytuacji krajowego sektora energetycznego – T. Kleszcz 19

Uroczystość odsłonięcia tablicy pamiątkowej prof. Michała

Jabłońskiego w fabryce ABB w Łodzi – A. Grabiszewska 26

XII Festiwal Nauki, Techniki i Sztuki 27

Ogólnopolska inauguracja Roku Michała Doliwo-Dobrowolskiego

– T. Kleszcz 29

X Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu Instalacje elektryczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia n.t. Wybrane Zagadnienia Stacji Elektroenergetycznych, 09.05.2012 r.

– EXPOPOWER & GREENPOWER Poznań – T. Kleszcz 30

IX Rada Prezesów SEP, Słupsk, Dolina Charlotty,
10 – 13 maja 2012 roku 32

Zjazd Dziekanów 34

Lech Grzelak (1949 – 2012) – A. Grabiszewska 35

Leszek. Wspomnienie – A. Boroń 36

Mieczysław Wasilewski (1946 – 2012) 36

IX Wojewódzkie Dni Młodego Elektryka – W. Łyżwa, J. Król 37

Podsumowanie konkursów w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego 39

Podstawowy kurs pierwszej pomocy dla członków Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy PŁ – T. Kleszcz 40

BHP na wesoło – B. Świtek 41

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

Szczegóły na stronie internetowej Oddziału Łódzkiego SEP

http://sep.p.lodz.pl

po kliknięciu na poniższy banner

EURC rabat
dla posiadaczy legitymacji SEP

Komitet Redakcyjny:

mgr inż. Mieczysław Balcerek

dr hab. inż. Andrzej Dębowski, prof. PŁ.

– Przewodniczący

mgr Anna Grabiszewska – Sekretarz

dr inż. Adam Ketner

dr inż. Tomasz Kotlicki

mgr inż. Jacek Król

mgr inż. Jacek Kuczowski

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

Skład: Alter

tel. 42-676-45-10, 605 725 073

Druk: Drukarnia BiK Marek Bernaciak

Łódź, ul. Piłsudskiego 143

tel. 42-676-07-78

Nakład: 350 egz.

ISSN 2082-7377

Artur Szczęsny, Zygmunt Kuśmierk

Analogowe przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych w rozwoju historii metrologii w Polsce – część III

„Pamięć o przeszłości oznacza zaangażowanie w przyszłość.”
Jan Paweł II

Szanowni Państwo. Do rąk Czytelnika trafia trzeci z kolei artykuł z cyklu obejmującego analogowe przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych z okresu XIX i XX wieku. Artykuł ten ukierunkowany został na prezentację przyrządów do pomiaru mocy prądu elektrycznego oraz liczników elektromechanicznych i elektrochemicznych energii elektrycznej. Prezentowane przyrządy, jak i informacje o nich pochodzą ze zbiorów otrzymanych z Politechnik: Gdańskiej, Śląskiej, Wrocławskiej, Szczecińskiej, a także z Akademii Górniczo Hutniczej z Krakowa.

Mierniki mocy prądu elektrycznego

Wykorzystując dynamiczne oddziaływanie prądu elektrycznego został skonstruowany i zbudowany elektrodynamiczny miernik mocy. Miernik ten ma dwa obwody: obwód napięciowy w skład którego wchodzi cewka nieruchoma i rezystor wewnętrzny, obwód ten jest połączony równolegle do badanego odbiornika oraz obwód prądowy, którym jest cewka nieruchoma połączona w szereg z obwodem kontrolowanym. W takim układzie pomiarowym, mierzona jest moc prądu elektrycznego. Przez dodanie do obwodu napięciowego i prądowego, rdzeni magnetycznych, powstał watomierz ferrodynamiczny. Innym rodzajem przyrządów do pomiaru mocy, ale tylko prądu przemiennego były watomierze indukcyjne, w których moment skręcający został wytworzony przez oddziaływanie pola magnetycznego wytworzonego przez elektromagnes prądowy na prądy wirowe indukowane w tarczy aluminiowej miernika przez strumień napięciowy [1].



Fot. 2. Watomierz elektrodynamiczny. Ruchoma cewka napięciowa jest umieszczona wewnątrz nieruchomej prądowej. Produkcja Siemens & Halske z 1907 r. Zbiory AGH Kraków



Fot. 3. Walizka pomiarowa do wyznaczania mocy odbiorników trójfazowych. Produkcja Goerz Austria, pierwsza połowa XX w. Zbiory AGH Kraków



Fot. 1. Watomierz indukcyjny typu bębnowego (Ferraris). Mechanizmy pomiarowe amperomierzy, woltmierz i watomierzy indukcyjnych są do siebie podobne. Tłumienie organu ruchomego (aluminium bębna) powstaje przez oddziaływanie magnesu trwałego na prądy wirowe indukowane przez strumień napięciowy (zbiory profesora Sawickiego z Politechniki Gdańskiej)



Fot. 4. Watomierz elektrodynamiczny-astacyjny. Produkcja Weston Instrument – Berlin, Niemcy rok 1920. Zbiory Muzeum Politechniki Wrocławskiej



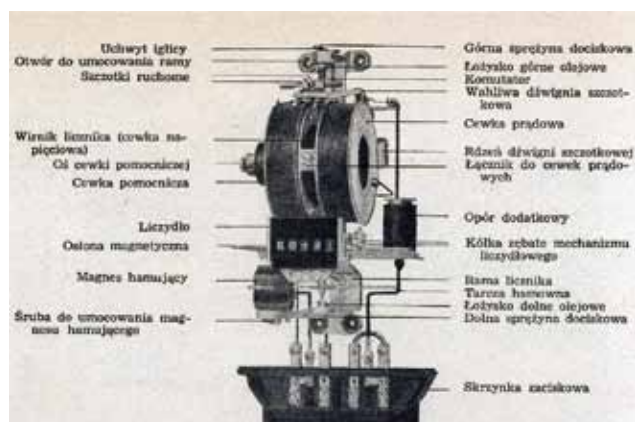
Fot. 5. Ferrodynamiczny miernik współczynnika mocy ($\cos \varphi$). Cewka prądowa jest nieruchoma, a ruchome są cewki napięciowe mechanicznie ze sobą sprzężone, prąd jest doprowadzony do tych cewek za pomocą elastycznych tasiemek (bezmomentowych). Tłumienie organu ruchomego powstaje przez oddziaływanie magnesu trwałego na prądy indukowane w aluminiowej tarczy poruszającej się między jego biegunami. Produkcja Hartmann & Braun – Frankfurt, rok 1924. Zbiory Muzeum Politechniki Wrocławskiej



Fot. 6. Miernik kombinowany z kleszczami Dietza, umożliwiający pomiar prądu i napięcia przemiennego oraz współczynnika mocy ($\cos \varphi$). Producent LUMEL, rok 1965 (zbiory prof. dr hab. inż. Jerzego Sawickiego z Politechniki Gdańskiej)

Liczniki elektromechaniczne

Wykorzystując zasadę działania watomierzy elektrodynamicznych, zbudowano licznik do pomiaru energii prądu elektrycznego. W liczniku tym cewka napięciowa jest cewką ruchomą i może wykonywać ruch obrotowy. Liczba obrotów cewki określa wartość pobranej przez odbiornik energii. Liczniki tego typu umożliwiają pomiar energii prądu stałego, jak i prądu przemiennego.



Rys. 1. Mechanizm licznika elektrodynamicznego [2]

Liczniki indukcyjne, mają podobną konstrukcję do watomierzy indukcyjnych, elementem ruchomym jest tarcza aluminiowa, jej liczba obrotów jest zależna od pobranej energii. Liczniki indukcyjne są obecnie stosowane jeszcze do pomiaru energii elektrycznej pobranej przez odbiorców indywidualnych. Trzecią grupę liczników stanowią liczniki magnetoelektryczne. Są to właściwie liczniki ładunku elektrycznego – amperogodzin. Obecnie nie są stosowane [3, 4].



Fot. 7. Licznik energii prądu stałego, elektrodynamiczny typu wahadłowego z mechanizmem różnicowym z autorskim systemem wytwórni ARON. Rok produkcji 1895 (zbiór autorski dr inż. Romualda Nowakowskiego z Politechniki Szczecińskiej)



Fot. 8. Licznik typu wahadlowego z fotografii 7 – struktura wewnętrzna. Taki licznik mógł być zainstalowany tylko u znaczącego odbiorcy, takiego jak lokal handlowy, bank czy willa zamożnego mieszkańca wielkiego miasta. Widoczne jest liczydło wskazówkowe, naciąg elektryczny napędu i dwa jednakowe wahadła, na końcach których są umocowane cewki napięciowe, poniżej cewki prądowe [5]



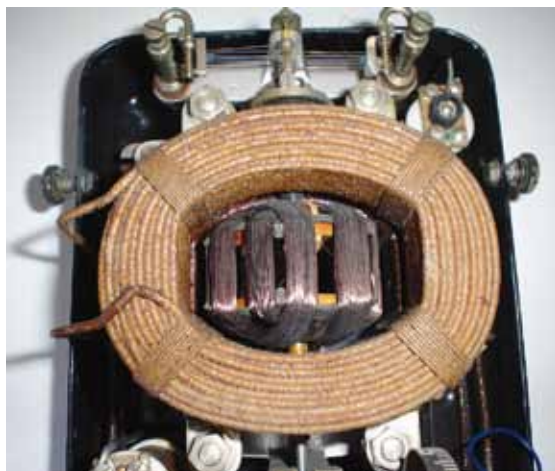
Fot. 10. Licznik energii prądu stałego, elektrodynamiczny (motorowy), typ BD na napięcia 2 x 220 V, prąd 5 A. Producent LANDIS & GYR GMBH, początek XX wieku (zbiór autorski dr inż. Romualda Nowakowskiego z Politechniki Szczecińskiej)



Fot. 9. Licznik typu wahadlowego z fotografii 7, konstrukcja liczydła. Wykonanie mechanizmu zliczającego wymagało zegarmistrzowskiej precyzji i umiejętności. Licznik wahadłowy stanowił bowiem połączenie konstrukcji miernika elektrodynamicznego i mechanizmu zegarowego. Metalowe części były oksydowane, a szklana obudowa przystosowana była do plombowania przez dostawcę energii elektrycznej [5]



Fot. 11. Licznik energii prądu stałego, elektrodynamiczny (motorowy), typ BD z fotografii 10, po zdemontowaniu obudowy. Widoczna ruchoma cewka napięciowa i magnesy hamujące



Fot. 12. Licznik elektrodynamiczny energii prądu stałego z fotografii 10, widoczne klasyczne duże cewki prądowe i okrągła cewka napięciowa. Licznik przeznaczony dla odbiorców komunalnych w latach trzydziestych XX wieku [5]



Fot. 15. Licznik energii prądu stałego, elektrodynamiczny (motorowy). Napięcie 440 V, prąd znamionowy 20 A. Korting&Mathiesen AG LEUTZSCH, początek XX wieku (zbiór autorski dr inż. Romualda Nowakowskiego z Politechniki Szczecińskiej)



Fot. 13. Licznik energii prądu przemiennego, indukcyjny firmy H. ARON, GMBH-Berlin Charlottenburg, rok 1903 (zbiór autorski dr inż. Romualda Nowakowskiego z Politechniki Szczecińskiej)



Fot. 14. Tabliczka znamionowa licznika energii prądu przemiennego z fotografii 12. Napięcie 220 V prąd 3 A. Należy zwrócić uwagę na mały zakres rejestracji – liczydło 3-cyfrowe i mały prąd znamionowy



Fot. 16. Licznik elektrodynamiczny (fot. 15.), po zdjęciu obudowy. Licznik produkowany w latach trzydziestych XX wieku, ilość zainstalowanych egzemplarzy – rzędu kilku tysięcy sztuk. Zewnętrzne dużych wymiarów są cewki prądowe, wewnątrz widoczna jest okrągła cewka napięciowa na osi z osadzoną aluminiową tarczą hamującą [5]



Fot. 17. Licznik energii prądu stałego, elektrodynamiczny (motorowy), AEG, dwutaryfowy na napięcie 2 x 220 V, prąd 15 A. Legalizacja typu cyfrą 88. Licznik z tabliczką własności „Breslau” nr 28172



Fot. 20. Licznik energii z fotografii 19 po demontażu obudowy. Widoczne są dwa jednakowe wahadła, na końcach których są umocowane cewki napięciowe, poniżej cewki prądowe



Fot. 18. Wnętrze licznika z fotografii 17. Zwrócić uwagę należy na zwartą konstrukcję cewek prądowych, cewki kompensacyjne oraz widoczny przełącznik taryfowy liczydeł. Licznik był własnością elektrowni we Wrocławiu (Breslau w okresie okupacji niemieckiej) [5]



Fot. 21. Załączone poświadczenia błęd wskazań do licznika z fotografii 19., z datą 18 dezbr. 1905 r. Charlottenburg



Fot. 19. Licznik energii prądu stałego, elektrodynamiczny, dwuwahadłowy. Egzemplarz w wykonaniu przenośnym, obudowa drewniana, stosowany jako wzorcowy w instalacjach prądu stałego (kolekcja doktora Nowakowskiego)



Fot. 22. Licznik energii prądu przemiennego jednofazowego (indukcyjny) ze wskaźnikiem mocy maksymalnej, typ W16m, Napięcie 220 V prąd 10 A. Producent SIEMENS, rok 1935 (kolekcja doktora Nowakowskiego)



Fot. 23. Tabliczka własności poprzedniego właściciela licznika typ W16m (fot. 22.) – E.W. Schleisen AG. Liczniki stosowane były w Niemczech i w Polsce przed 1939 r.

Liczniki elektrolityczne rtęciowe

Zasadę pracy liczników elektrolitycznych autorzy przedstawili w I części opracowania na przykładzie licznika wodorowego. W niniejszym opracowaniu przedstawione zostanie jedno z wcześniejszych rozwiązań – licznik rtęciowy. Pierwszy licznik elektrolityczny zbudował i zastosował w praktyce Tomas Edison w roku 1881, w którym ilość zużytej energii określano za pomocą zmiany masy elektrod. Na początku XIX wieku zaczęto używać nowego wówczas systemu licznika elektrolitycznego, mającego jedną elektrodę rtęciową i jedną platynową. Elektrolitem był azotan rtęci (Hg_2NO_3). Wydzielona na katodzie podczas przepływu prądu rtęć kapłała do wąskiej rurki pomiarowej, zaopatrzonej w podziałkę wyskalowaną najpierw w Ah, a następnie w Wh [3, 4].

Najszersze zastosowanie – i w związku z tym największe znaczenie – zyskały elektrolityczne liczniki rtęciowe produkowane w pierwszych dziesięcioleciach XX wieku przez niemiecką firmę Schott & Genossen z Jeny.

Otto Schott, założyciel firmy, nie był elektrotechnikiem, zajmował się technologią wyrobu szkła, jednak to właśnie z jego firmy pochodziły korpusy szklane liczników rtęciowych odpornych

na działanie czynników chemicznych i mechanicznych. To właśnie przyczyniło się, że Otto Schott wszedł do historii elektrotechniki (skrót STIA określający ten rodzaj liczników powstał z pierwszej i ostatniej litery nazwiska Schott oraz pierwszej i ostatniej litery nazwy miasta Jena).

Fot. 24. Licznik energii prądu stałego elektrolityczny, rtęciowy Hg typu STIA, napięcie 225 V prąd 10 A. Licznik tani w produkcji, powszechnie stosowany po roku 1927 dla odbiorców komunalnych. Zdjęty z eksploatacji w 1949 r. (udostępniony przez doktora Nowakowskiego)



Fot. 25. Elektrolityczny licznik energii pokazany w pozycji zerowania wskazania [5]

Fot. 26. Licznik energii prądu stałego, rtęciowy Hg typu UN4, napięcie 235 V prąd 10 A. Wyprodukowany przez firmę STIA Schott & Gen z Jeny (udostępniony przez doktora Nowakowskiego)

Podsumowanie

Rozwój techniki pomiarowej w ostatnim okresie czasu spowodował rozwój elektronicznych liczników energii elektrycznej, jak również elektronicznych mierników mocy. Zastąpienie klasycznych przyrządów pomiarowych – elektrodynamicznych, indukcyjnych i innych, miernikami elektronicznymi o cyfrowej strukturze przetwarzania było koniecznością ze względu na obecność we współczesnych obwodach elektrycznych prądów i napięć o przebiegach czasowych znacznie różniących się od sinusoidy (odkształconych). W tych warunkach przyrządy elektrodynamiczne i indukcyjne do pomiarów energii i mocy nie uwzględniały obecności wyższych harmonicznych.

W niniejszym opracowaniu, dotyczącym liczników, zostały wykorzystane materiały udostępnione przez dr inż. Romualda Nowakowskiego z Politechniki Szczecińskiej (obecnie Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie), który posiada największe zbiory historycznych liczników energii elektrycznej. Mając to na uwadze, składamy serdeczne podziękowania dr inż. R. Nowakowskiemu za umożliwienie skorzystania z tych zbiorów.

Literatura

1. Gruhn K.: *Elektrotechnische Meßinstrumente*, Berlin 1923 r.
2. Katedra Miernictwa Elektrycznego: *Rysunki i schematy elektrycznych przyrządów pomiarowych*, Łódź 1954 r.
3. Werner Skirl, Siemens HandBuch: *Elektrische Messungen*, Berlin 1936 r.
4. Krukowski W.: *Grundzüge der Zählertechnik*, Berlin 1930 r.
5. Nowakowski R.: Opr. autorskie dotyczące liczników (manuskrypt).

dr inż. Artur Szczęśny
Instytut Systemów Inżynierii Elektrycznej
Politechnika Łódzka

prof. dr hab. inż. Zygmunt Kuśmierek
Instytut Systemów Inżynierii Elektrycznej
Politechnika Łódzka

Błażej Olek

Odnawialne źródła energii – stan obecny i perspektywy rozwoju

1. Wstęp

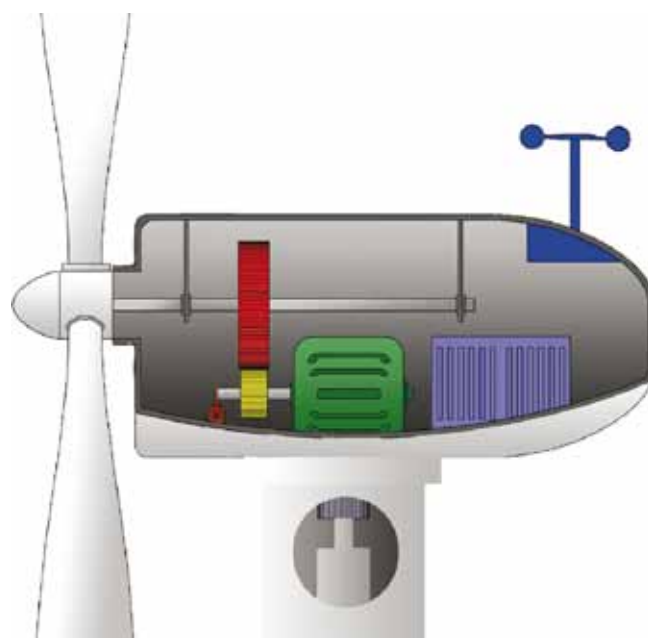
Zaledwie 10 lat wystarczyło, aby turbiny wiatrowe i kolektory słoneczne na dobre wpisały się w krajobraz Polski. Lecz, choć dla statystycznego obywatela tylko te dwa źródła kojarzą się z OZE, tak naprawdę pierwotnych źródeł zielonej energii jest znacznie więcej. Dodatkowo w rzeczywistości nie są one odnawialne, a jedynie ich zasób jest na tyle duży, iż w perspektywie kilkudziesięciu lat są one nieograniczone.

Biorąc pod uwagę fakt, iż pojęcie energii zielonej jest pojęciem bardzo enigmatycznym i odnosi się do szerokiej gamy urządzeń wytwarzających zarówno energię cieplną, jak i elektryczną, za początek energetyki odnawialnej można uznać moment opanowania ognia przez człowieka. Co w znaczeniu energetyki odnawialnej jest niczym innym, jak spalaniem stałej biomasy. Następnym przejawem wykorzystania energii zgromadzonej w przyrodzie są wiatraki i młyny wodne, które były wykorzystywane do napędzania maszyn młynarski bądź hydraulicznych. Jednakże w aspekcie wytwarzania energii elektrycznej, pierwsze odnawialne źródła energii pojawiły się na początku XX. wieku i były to turbiny wiatrowe sprzęgnięte wałem z generatorem oraz turbiny wodne instalowane na rzekach. Od tego czasu obserwujemy gwałtowny rozwój takich technologii przetwarzających siły natury na elektryczność, jak: turbiny wiatrowe, ogniwa fotowoltaiczne, kolektory słoneczne, morskie i śródlądowe elektrownie wodne, bio-gazownie etc.

2. Energetyka wiatrowa

Obecnie używane technologie wiatrowe dzielą się na dwie kategorie w zależności od pozycji usytuowania osi turbiny. Są to turbiny pionowe i poziome. Najbardziej rozpowszechnione są nowoczesne turbiny poziome z trzema łopatomy o średnicach z zakresu 40 – 120 m i są lokalizowane na lądzie (*onshore*) oraz w przypadku turbin o większej mocy, na morzu (*offshore*). Choć szczegółowe rozwiązania techniczne są różne w obu przypadkach, to zasada działania jest ta sama. Wiatr napotykając na turbinę przekazuje energię kinetyczną na wał w postaci energii mechanicznej. Następnie energia przenoszona jest na wirnik generatora – w starszych turbinach występuje również przekładnia mechaniczna – a następnie, za pośrednictwem pola elektromagnetycznego, na energię elektryczną (rys. 1) [1, 2, 3, 4, 5, 26].

Wyżej wymienione technologie odnoszą się głównie do dużych urządzeń wytwórczych, których moce wahają się od kilkunastu kilowatów do 7,5 MW (choć norwescy producenci oferują turbiny o mocy dochodzącej do 10 MW). W przypadku mikro-systemów są to np.: układy zasilające sygnalizację świetlną, pracujące w trybie wyspowym i składają się z turbin o średnicach łopaty około 0,5 m. Często również współpracują z panelami



Rys. 1. Przekrój gondoli turbiny wiatrowej wraz z wirnikiem i osprzętem

fotowoltaicznymi, zaś nadwyżka energii magazynowana jest w zasobnikach takich, jak akumulatory. Innym, coraz bardziej popularnym rozwiązaniem wykorzystującym energię wiatru są turbiny zarówno z osią poziomą, jak i pionową, o mocach rzędu od kilku do 45 kW, wykorzystywane do zasilania gospodarstw domowych czy małych zakładów zlokalizowanych głównie na terenie wiejskim [1, 2, 3, 4, 5, 26].

Przy obecnej infrastrukturze oraz instrumentach wspierania OZE, naziemne farmy wiatrowe są najtańszymi źródłami spośród OZE i jednocześnie konkurencyjnymi w stosunku do źródeł spalających paliwa kopalne. Koszt inwestycyjny śródlądowej farmy waha się od 1000 do 1200 €/kW, zaś morskiej od 1200 do 2000 €/kW. Wyższa cena farm morskich wynika z dużych kosztów budowy podwodnych fundamentów oraz zastosowania materiałów odpornych na korozję. Jednak, mimo wyższej ceny, to rozwiązanie *offshore* ma większe perspektywy rozwoju. Głównymi zaletami jest wietrzność – wiatr wieje częściej, mocniej i regularniej – oraz mniejsze problemy związane z najmem gruntów. Roczne koszty eksploatacyjne wynoszą od 35 do 45 €/kW w przypadku technologii *onshore* i od 90 do 120 €/kW w przypadku technologii *offshore* [1, 2, 3, 4, 5].

Podstawowym problemem ekologicznym turbin wiatrowych są duże elementy wirujące, jakimi są łopaty wirników. Stanowią one nie tylko bezpośrednie zagrożenie dla życia ptaków, ale również poprzez hałas i efekt stroboskopowy – migotanie światła podczas wschodów i zachodów słońca – wpływają negatywnie

na jakość życia okolicznych mieszkańców. Często używanym argumentem przez przeciwników farm wiatrowych jest również ich silny wpływ na lokalny krajobraz. Te wszystkie problemy dotyczą jednak głównie farm zlokalizowanych na lądzie. Co jest kolejnym bodźcem do rozwoju technologii *offshore*, choć i ta technologia nie jest wolna od negatywnego wpływu, jakim jest interferencja elektromagnetyczna, zakłócająca pracę np. urządzeń nawigacyjnych [1, 2, 3, 4, 5].

3. Energetyka solarna

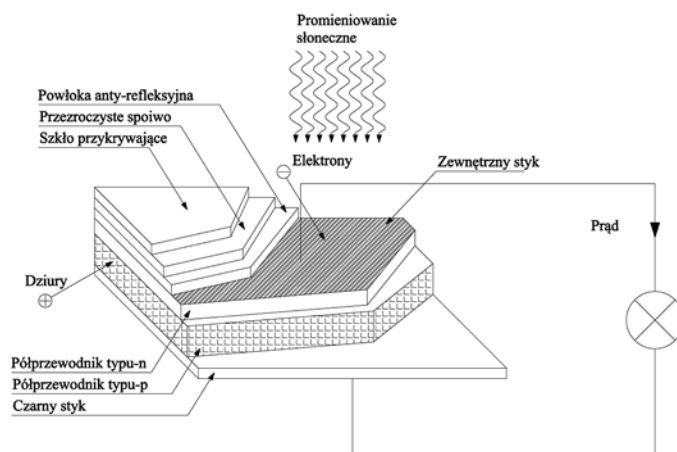
Urządzenia wytwórcze wykorzystujące energię promieni słonecznych dzielą się na trzy grupy urządzeń.

Pierwsza, to kolektory słoneczne, zbudowane z systemu rurowych wymienników cieplnych zainstalowanych wewnątrz komór próżniowych izolujących układ od temperatury panującej na zewnątrz. Instalacje te przetwarzają energię słoneczną bezpośrednio na ciepło. Kolektory znalazły zastosowanie do ogrzewania domów jedno- i wielorodzinnych oraz obiektów użyteczności publicznej, w szczególności obiektów z dużym zapotrzebowaniem na ciepłą wodę użytkową takich, jak baseny czy szpitale [3, 6, 7, 8, 9].

Druga grupa to urządzenia wytwarzające energię elektryczną w dwóch etapach: przemiana energii promieniowania słonecznego na ciepło i przemiana ciepła na energię elektryczną za pośrednictwem układu parowego Rankina, bądź też poprzez silniki cieplne takie, jak np. silnik Sterlinga. Samo przekazanie ciepła zachodzi poprzez ogrzanie wymiennika ciepła przez skoncentrowane promieniowanie słoneczne, stąd nazwa *Concentrated Solar Power* (CSP). Rozwiązanie to nie jest tak powszechne, jak kolektory solarne ze względu na duże koszty inwestycyjne, przez co systemy te są opłacalne jedynie w przypadku dużych elektrowni i to już po uwzględnieniu wsparcia, np. w postaci dopłat unijnych [3, 6, 7, 8, 9].

Trzecim rozwiązaniem, choć obecnie jeszcze drogim lecz pręźnie się rozwijającym, perspektywicznym i z największym potencjałem technicznym, są ogniwa fotowoltaiczne (*PV cell* – *photovoltaic cell*). Podstawową zaletą tych urządzeń jest bezpośrednia konwersja promieniowania słonecznego na elektryczność. Ogniwa budowane są z półprzewodników – najczęściej z krzemu, germanu bądź arsenu – w dwóch procesach produkcyjnych. W pierwszym, półprzewodniki są topione, formowane w sztaby, a następnie cięte diamentową piłą na plastry. Jest to pierwsza, zaawansowana lecz jednocześnie mało wydajna i kosztowna technologia wykorzystywana na masową skalę (rys. 2). Drugi proces, będący obecnie na etapie wdrażania do masowej produkcji, polega również na stopieniu półprzewodnika, jednakże do wyższej temperatury – w celu uzyskania małej gęstości surówki – a następnie napyłaniu cienkich warstw. Technologia ta pozwala na wydajniejsze wykorzystanie surowca i jest tańsza od poprzedniej. Bez względu jednak na sposób produkcji, ogniwa fotowoltaiczne charakteryzują się stosunkowo niską sprawnością, w zależności od technologii domieszkowania od 6% do 17%. Wyjątkiem są ogniwa tandemowe (wielowarstwowe), powstające w procesie napyłania, których sprawności mogą przekroczyć 30%. Są to jednak urządzenia wciąż bardzo drogie i w rozliczeniu ostatecznym mniej konkurencyjne [3, 6, 7, 8, 9].

Ze względu na potencjał techniczny, rozwój technologiczny oraz dużą elastyczność w formowaniu systemów wytwórczych, ogniwa fotowoltaiczne znalazły szerokie zastosowanie w układach autonomicznych – np.: sygnalizacji świetlnej, w pojazdach oraz w budownictwie mieszkalnym. Rozwój tego ostatniego



Rys. 2. Przekrój ogniwa fotowoltaicznego [3]

obszaru jest szczególnie obserwowalny w krajach Azji takich, jak Kora Południowa, Japonia, Indie, zaś w Europie w Niemczech, gdzie obecnie powstają całe osiedla domów jednorodzinnych zasilanych w całości z ogniw fotowoltaicznych [3, 6, 7, 8, 9].

Choć w zakresie fotowoltaiki widać wyraźny rozwój, to jest to technologia młoda i droga. Obecnie koszty inwestycyjne ogniw fotowoltaicznych wahają się od 3000 do 5000 €/kW, w zależności od konkretnego rozwiązania, co czyni ogniwa PV najdroższym OZE na rynku, mimo zachęcająco niskich kosztów eksploatacyjnych (od 20 do 45 €/kW rocznie) [3, 6, 7, 8, 9].

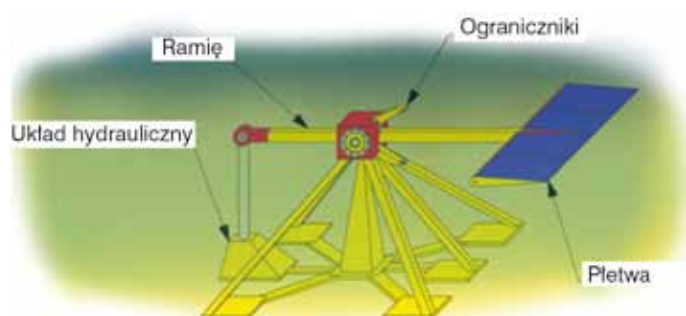
Sama praca zarówno ogniw fotowoltaicznych, jak i urządzeń CSP ma znikomy wpływ na środowisko, za wyjątkiem efektu wizualnego. Jednakże ich produkcja niesie ze sobą duże zagrożenie, głównie ze względu na odpady zarówno stałe, jak i ciekłe, powstające w procesach technologicznych. Dodatkowo urządzenia typu CSP używają jako czynniki robocze substancje nie występujące naturalnie w przyrodzie takie, jak np.: stopiona sól czy oleje [6, 7, 8, 9].

4. Energetyka morska

Wykorzystywanie energii pływów oraz fal morskich jest stosunkowo nowym pomysłem. Pionierami w tej dziedzinie są: Wielka Brytania, Dania, Norwegia i Holandia. Technologie morskie dzielą się na kilka grup ze względu na pierwotne źródło energii i są to urządzenia wykorzystujące pływy morskie, konwertujące energię fal, różnicę temperatur oraz różnicę stopnia zasolenia. W artykule zostaną omówione technologie maremotoryczne, czyli konwertujące energię fal oraz pływów morskich na energię elektryczną [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

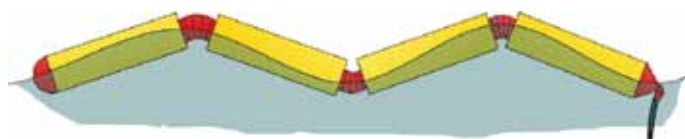
Obecnie największa elektrownia pływowa w Europie znajduje się we Francji w Normandii u ujścia rzeki Rance. Jest to zapora o długości 330 metrów z 24 kanałami zawierającymi po jednym generatorze o mocy 10 MW, co łącznie daje całkowitą moc elektrowni na poziomie 240 MW. Elektrownie takie lokalizowane są u wybrzeży bądź w kanałach charakteryzujących się dużą zmiennością poziomu wody w ciągu doby – minimalnie od 8 metrów. Pozwala to na kilkukrotne przetłaczanie wody z jednej strony zapory na drugą i tym samym na napędzanie generatorów. Choć jest to OZE, ma jednak bardzo duży i negatywny wpływ na okoliczną faunę i florę ze względu na konstrukcję zapory oraz jej wpływ na zasolenie zasilającej ją rzeki. Innym, stosunkowo nowym rozwiązaniem są generatory pływowe (*Tidal Stream Generator*), obecnie wykorzystywane w fazie demonstracyjnej m.in. na wodach terytorialnych Wielkiej Brytanii. Zasada działania jest

taka sama, jak w przypadku turbin wiatrowych, jednak ze względu na dziesięciokrotnie większą gęstość środowiska pracy – turbiny pracują pod wodą w obszarze silnych prądów morskich – urządzenia są masywniejsze i mają mniejsze powierzchnie. Masywna konstrukcja pozwala również na instalowanie dwóch wirników na jednej wieży. Stosowane są również urządzenia odbierające energię pływów przez elementy wykonujące ruchy wahadłowe (rys. 3) lub wykorzystujące ciśnieniowy efekt Venturi (*Venturi effect*) [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].



Rys. 3. Generator pływowy typu oscylująca pletwa (ang. Hydrofoil oscillating generator)

Druga grupa urządzeń wykorzystujących energię mórz i oceanów to Konwertory Energii Fal (KEF, ang. *Wave Energy Converter – WEC*). Są to obecnie najmłodsze technologie, dlatego też ich zróżnicowanie nie pozwala, póki co, określić, która z technologii rozwine się na masę skalę. Do tej grupy zaliczane są między innymi takie urządzenia, jak tłumiki (rys. 4), boje czy urządzenia przelewowe etc. [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].



Rys. 4. Wave Energy Converter – generator typu „tłumik” (ang. Attenuator) konwertujący energię kołysania fal na energię elektryczną

W większości przypadków urządzenia te wykorzystują ruch fal do napędzenia układów hydraulicznych bądź pneumatycznych, które następnie przekazują energię mechaniczną na wał generatorów [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

Ponieważ są to stosunkowo nowe technologie, konkretnych rozwiązań jest znacznie więcej, jednak dotychczas żadne z nich nie jest w stanie konkurować z technologiami wykorzystywanymi obecnie w energetyce zawodowej [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

Technologie morskie są stosunkowo młode i na etapie prototypów bądź demonstracji, dlatego też obecnie ceny tych urządzeń nie są konkurencyjne. Koszt inwestycyjny najtańszych urządzeń wynosi około 2500 €/kW w przypadku najtańszych konwerterów energii fal, aż do 8000 €/kW w przypadku dużych elektrowni pływowych. Na podstawie instalacji demonstracyjnych oszacowano roczny koszt eksploatacji, który waha się od 140 do 160 €/kW.

Ponieważ technologie te funkcjonują dopiero od niedawna, trudno jest oszacować, jak duży wpływ będą wywierać na środowisko, choć wiadomo, iż w przypadku elektrowni pływowych, budowanych na zaporach, negatywny wpływ jest ogromny. Jest to związane z zablokowaniem tras migracji wielu gatunków zwierząt, co silnie wpływa nie tylko na lokalny ekosystem, ale często na całe rzeki bądź zatoki. W przypadku TSG głównym problemem jest zagrożenie dostania się pod łopaty ssaków morskich. Oprócz

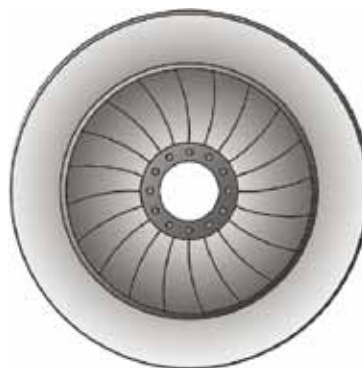
tych wymienionych, możliwe są również inne, pomniejsze zagrożenia takie, jak wycieki płynów izolacyjnych czy pożary [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

5. Energetyka wodna

Energetyka wodna zajmuje się wykorzystaniem energii rzek do wytwarzania energii elektrycznej. Głównie wykonywane jest to poprzez elektrownie instalowane na zaporach rzecznych i można je podzielić na dwie grupy: elektrownie szczytowo pompowe i elektrownie przepływowe [22, 23].

Pierwsza grupa elektrowni – szczytowo pompowych – w rzeczywistości nie służy do wytwarzania energii, ale do jej magazynowania. Głównym elementem również jest zapora budowana bądź to na rzece, bądź na połączeniu dwóch zbiorników wodnych usytuowanych na różnych wysokościach. Dzięki zastosowaniu wielobiegunowych generatorów rewersyjnych oraz specjalnie do tego typu pracy przystosowanych turbin Francissa (rys. 5), w okresie szczytu dziennego zapotrzebowania na energię elektryczną spuszcza się wodę z górnego zbiornika i elektrownia pracuje w trybie generacji. W czasie nocnej doliny zapotrzebowania energia z sieci jest odbierana poprzez przejście w tryb pracy silnikowej i przepompowywanie wody z dolnego zbiornika do górnego. Takie działanie pozwala na zniwelowanie wpływu nierównomierności zużycia energii i poprawia bezpieczeństwo funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [22, 23].

Druga grupa elektrowni to elektrownie przepływowe, które budowane są tylko i wyłącznie na rzecznych jazach i potrzebują ciągłego strumienia wody. Mogą być one budowane również na zaporach – rozwiązanie ze spiętrzaniem wody – bądź bez spiętrzania. W pierwszym przypadku mogą również być stosowane turbiny Francissa, jednak ze względów zarówno wydajności, jak i ekonomicznych, stosowane są prostsze rozwiązania takie, jak turbiny Kaplana lub Peltona. [22, 23].



Rys. 5. Widok wylotu turbiny Francissa [22, 23]

Obecnie w Europie nie powstaje zbyt dużo wielkich elektrowni wodnych ze względu na ich silny wpływ na środowisko, za to coraz częściej powstają niewielkie elektrownie, rzędu kilkunastu do kilkudziesięciu kilowatów, które nie wymagają tam [22, 23].

Mimo, iż elektrownie wodne budowane są od przeszło stu lat, wciąż są to stosunkowo drogie technologie. Główna składowa całkowitego kosztu determinowana jest przez zapory, które ze względu na stałe ceny materiałów budowlanych wciąż są drogie. Koszt inwestycyjny elektrowni wodnej to około 3500 €/kW. Jednak w przypadku rozwiązań bez tamy, koszt ten potrafi spaść do zaledwie 800 €/kW. Koszt eksploatacji elektrowni wodnej jest stosunkowo niski i stały, na poziomie 35 €/kW rocznie [22, 23].

Największy wpływ na środowisko mają zapory, które blokują trasy migracji ryb, co w dalszej konsekwencji prowadzi do

zaburzenia ekosystemu całej rzeki, łącznie z jej dopływami. Co prawda stosowane są np.: stopnie wodne, dzięki którym ryby mogą ominąć zapórę, jednak prowadzi to do zmniejszenia wydajności elektrowni od 11 do 18%. Dlatego też obecnie silny nacisk kładzie się na małe turbiny, nie wymagające budowy tam [22, 23].

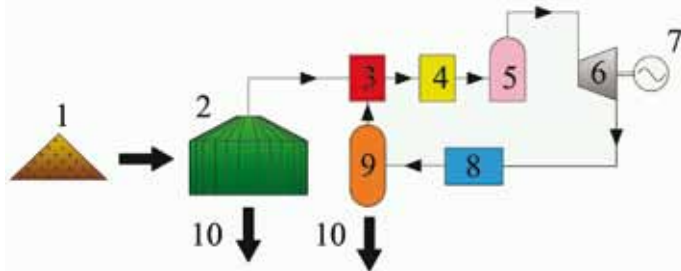
6. Bioenergetyka

Choć za początki bioenergetyki można by uznać spalanie biomasy w postaci drewna, które miały miejsce już w prehistorii, to jednak świadomie ludzkość zaczęła używać biopaliw dopiero pod koniec XX w. Obecnie, oprócz ogrzewania domów czy wykorzystywania ciepła do produkcji przeróżnych wyrobów, współczesna energetyka używa biomasy stałej, ciekłej oraz biogazu do wytwarzania elektryczności [24, 25].

Najprostszą i najłatwiejszą do zaadaptowania do istniejącej infrastruktury metodą wykorzystania biomasy jest współspalanie. Technologia ta wymaga stosunkowo niewielkiego nakładu inwestycyjnego – od 450 do 650 €/kW – na dostosowanie obecnego osprzętu, a polega na spalaniu mieszanki typowego dla kotła paliwa – węgla kamiennego/brunatnego – z domieszką przetworzonej biomasy. Takie rozwiązanie pozwala wytwórcy zmniejszyć emisję CO₂, a co za tym idzie, koszty związane z zakupem pozwoleń na emisję [24, 25].

Drugim rozwiązaniem wykorzystującym biomasę jest spalanie samej biomasy, bez mieszania z paliwami kopalnymi. Budowa takiej elektrowni jest jednak kosztowniejsza oraz przysparza problemów związanych z sezonowością paliwa [24, 25].

Obecnie najlepiej rokującą na rozwój biotechnologią są małe – rzędu 0,5 – 6 MW – elektrownie na biogaz, który jest paliwem łatwiejszym zarówno w transporcie, jak i eksploatacji. Dodatkową zaletą jest duża dostępność, zwłaszcza w przypadku biogazów rolnych (rys. 6). Biogaz jest uzyskiwany zarówno z biomasy stałej (zgazowywanie biomasy), ze stałych odpadów biodegradowalnych oraz ze ścieków. Zwłaszcza dwa ostatnie źródła silnie wpływają na złagodzenie efektu sezonowości paliwa [24, 25].



Rys. 6 Schemat elektrowni biogazowej: 1) biomasa, 2) kompostownik (zbiornik fermentacyjny), 3) separator CO, 4) separator siarki, 5) zbiornik na biogaz, 6) turbina gazowa, 7) generator, 8) zbiornik z ciepłą wodą, 9) zbiornik fermentacyjny – odpady gospodarcze, 10) odpady pofermentacyjne [7]

Z pośród stosowanych obecnie biotechnologii najtańszą jest współspalanie biomasy, ponieważ technologia jest łatwa do zaadaptowania w funkcjonujących elektrowniach kondensacyjnych. Cena takiej przebudowy wynosi około 500 €/kW. W przypadku nowych elektrowni spalających biomasę, koszt jest zdecydowanie wyższy i wynosi od 4000 do 7000 €/kW, w zależności od stosowanego paliwa. Koszty inwestycyjne biogazowi są mniej zróżnicowane i wahają się od 2000 do 4500 €/kW. Eksploatacja elektrowni spalających biomasę i biogaz kosztuje odpowiednio 250 i 170 €/kW rocznie [24, 25].

Choć w przypadku spalania biogazu bądź biomasy emisja gazów jest znikoma (SO_x – około 0,08 lb/MWh, NO_x – około

2,1 lb/MWh, CO – około 12,2 lb/MWh), instalacje te przyczyniają się do wyjałowienia lokalnych gruntów. Biomasa ze względu na swą wilgotność, jak i łatwość wchłaniania wody, nie może być transportowana na odległości większe niż 100 – 150 km, dlatego też elektrownie muszą zaopatrywać się w paliwo u lokalnych dostawców. W przypadku dużych obiektów, w połączeniu ze złym planowaniem bilansowania zużycia i produkcji biopaliwa, może doprowadzić do „wypalenia” całych lokalnych zasobów biomasy [24, 25].

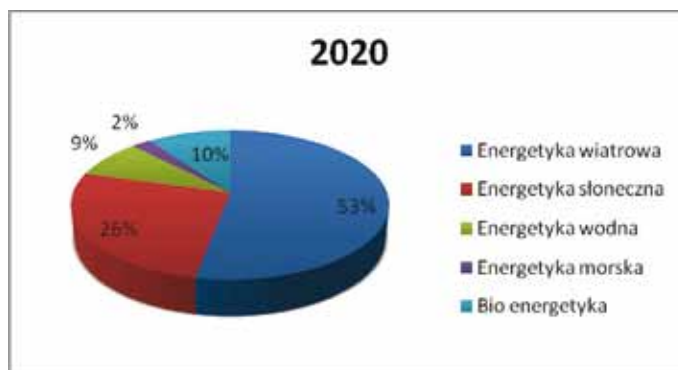
7. Perspektywy rozwoju

Obecnie w Polsce najbardziej rozpowszechnioną technologią OZE są turbiny wiatrowe z poziomą osią, których moc zainstalowana w systemie stanowi 61,84% całej mocy zainstalowanych OZE. Mimo to największy udział w produkcji mocy przypada na współspalanie biomasy – 54,56% za sprawą większej niezawodności i pewności produkcji energii niezależnej od stochastycznych zmian prędkości wiatru. W pierwszym półroczu 2011 roku elektrownie spalające i współspalające biomasę wyprodukowały 3 220 956 MWh, podczas gdy farmy wiatrowe zaledwie 1 196 766 MWh. Łączna produkcja energii z OZE osiągnęła wartość 5 903 298 MWh, co stanowi zaledwie 7,21% krajowej produkcji. Tak mały udział produkcji energii z OZE jest istotnym problemem, który może doprowadzić do niespełnienia obowiązku UE, 15% udziału OZE w produkcji do 2020 r. [27, 28].

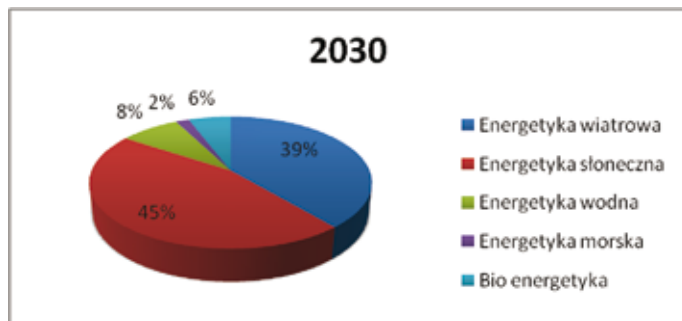
Jednak, biorąc pod uwagę UE, produkcja energii z OZE stanowiła 21% całej produkcji w 2010 roku, w tym największy udział przypadł elektrowniom wodnym, mimo iż ostatnie lata były wyjątkowo suche. Nie mniej jednak energetyka odnawialna wciąż się rozwija i tak np.: prognozowana na 2020 rok moc zainstalowana farm wiatrowych ma wynieść 230 GW, co będzie stanowiło 53% całej mocy zainstalowanej w OZE, a dziesięć lat później 350 GW. Największą dynamiką rozwoju w UE charakteryzuje się energetyka słoneczna, i tak w roku 2030 moc zainstalowana w postaci instalacji słonecznych może przekroczyć 410 GW z ponad 50-procentowym udziałem Niemiec (rys. 7, 8, 9) [26].

	Energetyka wiatrowa	Energetyka słoneczna	Energetyka wodna	Energetyka morska	Bio-energetyka
	GW	GW	GW	GW	GW
2020	230	115	37	10	43
2030	350	410	73	16	52

Rys. 7. Prognozowane wartości mocy zainstalowanych odnawialnych źródeł energii w UE-27 [26]



Rys. 8. Prognozowany udział mocy zainstalowanej poszczególnych OZE w 2020 w UE-27 [26]



Rys. 9. Prognozowany udział mocy zainstalowanej poszczególnych OZE w 2030 w UE-27 [26]

8. Podsumowanie

W artykule przedstawiony został zarys zarówno obecnie wykorzystywanych, jak i dopiero wprowadzanych do przemysłu elektroenergetycznego technologii OZE oraz związane z nimi koszty determinujące ich wykorzystanie oraz wpływ na środowisko naturalne. Szeroki wachlarz systemów wskazuje na duże możliwości wykorzystania OZE, które to technologie znajdują zastosowanie zarówno w dużej energetyce w postaci farm wiatrowych czy elektrowni spalających setki ton biomasy, jak i stosując je do zasilania domów jednorodzinnych czy pracujących wyspowo na potrzeby np.: sygnalizacji świetlnej. Duże różnicowanie kosztowe ukazuje problem, przed jakim stoją kraje członkowskie UE przy wdrażaniu instrumentów wspierania OZE.

9. Literatura

- Lubośny Z.: *Farmy wiatrowe w systemie elektroenergetycznym*. Warszawa 2009.
- Danish Wind Industry Association: www.windpower.org.
- Mukund R. Patel : *Wind and solar Power system, design, analysis and operations*. 2006.
- Global Wind Energy Council: www.gwec.net.
- The European Wind Energy Association: www.ewea.org.
- National Aeronautic And Space Administration: www.science.nasa.gov.
- Klugmann E., Klugmann-Radziemska E.: *Alternatywne źródła energii, energetyka fotowoltaiczna*. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 1999.
- European Photovoltaic Industry Association: www.epia.org
- Klugmann-Radziemska E.: *Fotowoltaika-znaczący rozwój na świecie*”, 12/2009, 1/2010 *Energetyka ciepła i zawodowa – Raport*.
- OCS Alternative Energy and Alternate Use Programmatic EIS: www.ocsenergy.anl.gov.
- BWEA, Renewable UK, The voice of wind & marine energy: www.bwea.com.
- Oziemski A.: *Energetyka a Środowisko*, lecture No. 4. Institute of Electrical Power Engineering, Technical University of Łódź.
- Alternate forms of energy: www.alternateformsofenergy.com.
- University of Strathclyde: Energy System Research Unit, www.esru.strath.ac.uk.
- Marine Current Turbine, Turning the tide: www.marineturbines.com.
- The European Marine Energy Centre Ltd: www.emec.org.uk
- Ocean Power Technologies: www.oceanpowertechnologies.com
- Aquamarine Power: www.aquamarinepower.com.
- Wave Dragon: www.wavedragon.net.
- Wave Hub: www.wavehub.co.uk.
- REUK.co.uk: www.reuk.co.uk.
- Juniewicz S., Michałowski S.: *Elektrownie wodne*, Warszawa 1957.
- Anuszczyk J.: *Maszyny elektryczne w energetyce*”. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.
- AEBIOM, European Biomass Association: www.aebiom.org
- Belfiore F.: *Benchmark of bioenergy permitting procedures in the European Union*. DG Tren 2009.
- 2011 TECHNOLOGY MAP of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan), Technology Descriptions.
- Wrońska I., Michałik-Bartoszewska K.: *Planowane przyłączenia źródeł odnawialnych nr 1 (17)*, I półrocze 2011, Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa.
- Bojanowska H., Liszyk W., Mikołajuk H., Smardz J., Zaborska D., Żarek M.: *Sytuacja techniczno-ekonomiczna sektora elektroenergetycznego II Kwartały 2011*, Agencja Rynku Energii S.A., Warszawa.
- Olek B., *Renewable Energy Sources. Comparative analysis and Web presentation*. Praca magisterska, Instytut Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2011.

mgr inż. Błażej Olek
Instytut Elektroenergetyki
Politechnika Łódzka
bolekn0t@o2.pl

Michał Wierzbowski

Energetyka jądrowa – stan obecny i perspektywy rozwoju

1. Wprowadzenie

W chwili obecnej Polska stoi przed poważnymi problemami dotyczącymi energetyki. Według dokumentu „Aktualizacja prognozy zapotrzebowania na paliwa i energię do roku 2030” [1], przygotowanego przez Agencję Rynku Energii S.A., w 2016 roku może zabraknąć mocy dla zapewnienia 15% rezerwy w szczycie

pracy systemu elektroenergetycznego. Dwa lata później, w 2018 roku możemy doświadczyć braku mocy na pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną. Według najnowszych prognoz, zapotrzebowanie na energię elektryczną będzie rosło w najbliższych latach o 1 – 1,3 punktów procentowych rocznie [2]. Do roku 2020 konieczna będzie modernizacja generatorów o łącznej mocy 6000 MW. Zostanie również wycofanych ponad

7000 MW mocy brutto w elektrowniach systemowych [3]. Do wymienionych czynników dochodzi konieczność dywersyfikacji źródeł wytwarzania energii elektrycznej, obniżenie emisyjności ze względu na EU ETS oraz ograniczenie wpływu wzrostu cen paliw kopalnych na ceny energii elektrycznej. Niezbędne są zatem szybkie inwestycje w infrastrukturę energetyczną, zwłaszcza w obszarze wytwarzania.

Panaceum na polskie problemy ma być elektrownia jądrowa. Takie stanowisko przedstawia polski rząd. Prowadzi to do gorącej dyskusji dotyczącej energetyki jądrowej. Plany polskiego rządu zakładają budowę dwóch reaktorów 1500 MW każdy w pierwszej fazie realizacji programu jądrowego. W kolejnym etapie następnych dwóch, czyli w sumie 6000 MW. Według Programu Polskiej Energetyki Jądrowej [4, 5] pierwszy z reaktorów miałby rozpocząć pracę już w roku 2020. Jest to plan niezwykle ambitny zważywszy na fakt, iż Polska nigdy nie miała na swoim terenie dużej, systemowej elektrowni jądrowej, przez co nie istnieje niezbędna infrastruktura dla przemysłu jądrowego.

Dyskusja dotycząca energetyki jądrowej toczy się również na świecie. Po zeszłorocznej awarii w elektrowni Fukushima Daiichi można zaobserwować niepewność państw i firm energetycznych w odniesieniu do przyszłości energetyki jądrowej. Bułgaria zrezygnowała z budowy nowej EJ na rzecz nowej jednostki gazowej [6]. Gotowość do porzucenia energetyki jądrowej wyrażają również Niemcy [7], Japonia [8] i Szwajcaria [9]. Zaskakująca jest decyzja Siemens, który jako jeden z czołowych producentów reaktorów jądrowych decyduje wycofać się z dalszej produkcji [10]. Jedne państwa rezygnują z EJ, a inne, jak na przykład USA, wydają nowe pozwolenia na budowę. Amerykański rząd po raz pierwszy od ponad 30 lat wydał zgodę na budowę nowych reaktorów [11].

Powstaje zatem pytanie, która ścieżka rozwoju energetyki przyjęta przez poszczególne kraje jest najbardziej korzystna i pozwoli na dalszy rozwój gospodarczy. W niniejszym artykule został przedstawiony obecny stan energetyki jądrowej oraz możliwości jej rozwoju.

2. Rys historyczny

Motorem napędowym dla wszelkich odkryć w dziedzinie fizyki jądrowej było dążenie do wyprodukowania śmiertelnej broni, której zasada działania byłaby oparta na reakcji rozszczepienia ciężkich jąder pierwiastków z nagłym uwolnieniem znacznej energii. Chęcią wynalezienia broni jądrowej ogarniętych było wiele państw m.in.: Stany Zjednoczone, Niemcy, Wielka Brytania, Francja, Japonia i ZSRR. Pierwsze w wyścigu okazały się Stany Zjednoczone. Pierwsza bomba została zrzucona na Hiroszimę w sierpniu 1945, druga, zawierająca Pu-239, spadła trzy dni później na Nagasaki.

Za początek badań nuklearnych uważany jest rok 1885. Rozwój wiedzy i technologii potrzebnych do stworzenia broni jądrowej wymagał 50 lat badań. Początkowo naukowcy pracowali bardzo ogólnie nad zagadnieniami przemian jądrowych, a dopiero w ostatniej fazie bezpośrednio nad reakcją rozszczepienia jąder. Przełom w pracach nastąpił w roku 1938, po odkryciu przez Enrico Fermiego przemiany jądrowej, podczas której powstały cząstki o masie równiej połowie masy uranu. Pozwoliło to na przypuszczenie, iż reakcja która zaszła była reakcją rozpadu ciężkich jąder uranu. Późniejsze badania miały na celu zapewnienie stabilności reakcji oraz umożliwienie

kontroli nad nią. W tym czasie okazało się, że reakcja zachodzi zdecydowanie szybciej i jest bardziej wydajna przy zastosowaniu uranu-235. Jednak naturalna ruda uranu zawierała jedynie 0,7% U-235, a resztę stanowił trudno rozszczepialny U-238. Zdecydowano się na wzbogacanie uranu, a w następnym kroku odkryto, że możliwe jest zastosowanie sztucznie wyprodukowanego Pu-239.

Był to moment prezentacji idei broni jądrowej. Następne lata zostały poświęcone na konstruowanie reaktora produkującego pluton-239. W roku 1942, wspomniany już Enrico Fermi zaproponował pierwszy doświadczalny reaktor CP1, przeznaczony do produkcji plutonu.

Po II wojnie światowej i zniszczeniu Hiroszimy i Nagasaki, ludzie uświadomili sobie niebezpieczeństwo płynące z wykorzystania energii jądrowej w celach militarnych. Na popularności zyskał pogląd o jej pokojowym wykorzystaniu. Oczywiście nie było możliwe całkowite zatrzymanie rozwoju broni jądrowej, zwłaszcza za „żelazną kurtyną”, jednak od tego czasu znaczny wysiłek został włożony, aby zaprzęcić reakcję jądrową do generacji pary i elektryczności.

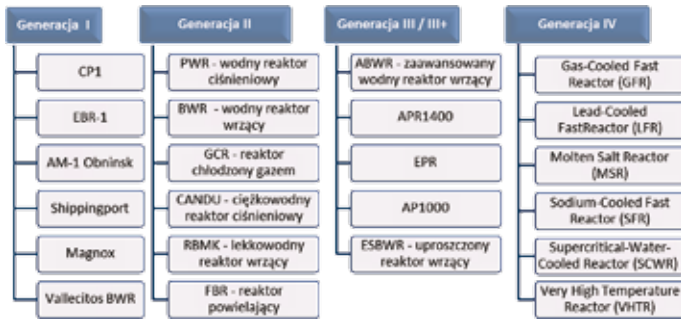
Pierwsze reaktory powstałe w celu generowania energii elektrycznej były konstrukcjami opartymi na rozwiązaniach wojskowych. Pozwalały na wymianę paliwa w trakcie pracy reaktora. Paliwem był wzbogacony uran, moderatorem spowalniającym neutrony – grafit, a chłodziwem – woda. W roku 1951, w Idaho Falls, powstał pierwszy eksperymentalny reaktor przystosowany do produkcji elektryczności. Został nazwany EBR-1 (*Experimental Breeder Reactor*). Był to reaktor na neutrony prędkie, chłodzony ciekłym metalem i pracującym na paliwie plutonowym. W roku 1953, również w Idaho Falls, zostały zaprezentowane pierwsze prototypy znanych reaktorów PWR i BWR.

Za pierwszą elektrownię jądrową uważana jest elektrownia w Obnińsku w Rosji, powstała w roku 1954. Zastosowany reaktor był prototypem czarnobylskiego reaktora RBMK i nazywał się AM-1. Natomiast pierwszą w pełni komercyjną elektrownią jądrową była siłownia w Calder Hall w Wielkiej Brytanii z reaktorem Magnox. Brytyjczycy zaproponowali swoją konstrukcję reaktora z naturalnym uranem jako paliwem, grafitowym moderatorem oraz chłodzeniem gazowym.

Wszystkie konstrukcje stworzone do lat 70 są uważane za reaktory generacji I. Te budowane w latach 1970 – 1990 określa się mianem generatorów generacji II. Były to głównie konstrukcje PWR lub BWR, czyli reaktor wodny ciśnieniowy lub reaktor z wrzącą wodą. Poważne awarie w elektrowniach jądrowych w roku 1979 (Three Miles Island) i 1986 (Czarnobyl) spowodowały ograniczenie rozwoju reaktorów jądrowych. Stąd reaktor generacji III został zbudowany dopiero pod koniec lat 90. Był nim zaawansowany reaktor na wrzącą wodę – ABWR zainstalowany w elektrowni Kashiwazaki-Kariwa w Japonii. Obecnie pracujące reaktory to głównie jednostki generacji II i pojedyncze generacji III. Bazują one na tych samych rozwiązaniach obiegów cieplnych. Różnią się natomiast systemami bezpieczeństwa, które szczyt możliwości osiągają w reaktorach generacji III+. Te reaktory są na etapie budowy, ale żaden jeszcze nie pracuje.

3. Reaktor jądrowy – dostępne technologie

Droga rozwoju reaktorów od generacji I do generacji IV przedstawiona jest na rysunku 1.



Rys. 1. Mapa rozwoju technologii jądrowych. Źródło: opracowanie własne na podstawie [12, 13]

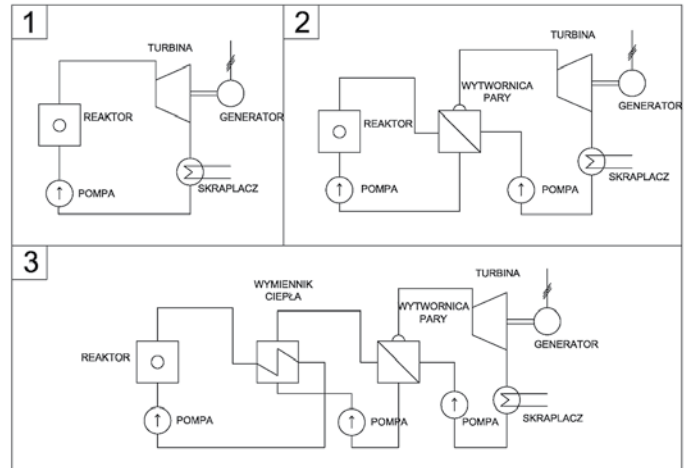
GENERACJA II

Wszystkie klasyczne elektrownie z obiegiem Rankine'a pracują w oparciu o zasadę silnika parowego dużej mocy. W konwencjonalnym bloku energetycznym ciepło jest wytwarzane w kotle, w reakcji chemicznego spalania paliwa. Następnie ciepło jest używane do generacji pary, a para pod wysokim ciśnieniem rozprężając się w turbinie napędza generator. Taki sam cykl przemian energii jest zachowany w przypadku znanych rozwiązań elektrowni jądrowych. Różnicę stanowi energia pierwotna, która w elektrowniach jądrowych pochodzi z reakcji rozszczepienia jąder paliwa (najczęściej uranu) [14].

Reaktor jest miejscem, w którym zachodzi wydzielanie się energii podczas reakcji rozszczepienia. Rodzaj paliwa jądrowego uzależniony jest od typu reaktora. Jednak najbardziej rozpowszechnioną i rozwiniętą technologią jest ta, oparta o neutrony termiczne i paliwo uranowe.

Rozpoczęcie reakcji rozpadu uwarunkowane jest dostarczeniem pewnej porcji energii w postaci neutronów bombardujących jądra uranu. Aby proces był ciągły i samopodtrzymujący, z każdej reakcji musi powstać przynajmniej jeden wolny neutron zdolny do zapoczątkowania kolejnej przemiany. Jednak nie każdy neutron jest zdolny do rozpoczęcia reakcji. Musi posiadać określoną energię. Wynika to z określonego przekroju czynnego uranu na rozszczepienie. W przypadku rozszczepienia U-235, czyli w konstrukcjach na neutrony termiczne, neutrony muszą posiadać energię 0,025 eV. Neutrony powstałe bezpośrednio z reakcji mają energię rzędu 2 MeV. Muszą zostać spowolnione. W tym celu stosowany jest moderator. Moderatorem może być ciężka, lekka woda lub grafit. W stosunku do wody grafit ma tę wadę, że jest łatwopalny. W przypadku braku wody będącej moderatorem, reakcja zmierza do zatrzymania. Gdy moderatorem jest grafit utrata wody w układzie chłodzenia powoduje zwiększenie temperatury rdzenia reaktora, a reakcja nie zatrzymuje się. Istnieje ryzyko bardzo poważnej awarii lub katastrofy [15].

Pręty paliwowe w rdzeniu reaktora mają podobne własności co



Rys. 2. Podstawowe obiegi ciepłe w elektrowniach jądrowych. Źródło: opracowanie własne na podstawie [16]

moderator – spowalniają neutrony, przez co możliwe jest kontrolowanie szybkości reakcji (regulacja mocy reaktora).

Za odbiór ciepła z reaktora odpowiedzialne jest chłodziwo. W zależności od konstrukcji jednostki, para powstaje bezpośrednio w podstawowym obiegu chłodzącym lub też stosowane są dodatkowe obiegi, a ciepło przekazywane jest w wymiennikach. Powstała para napędza turbinę i generator.

Parametry pary w typowych reaktorach są zdecydowanie niższe niż w elektrowniach konwencjonalnych. Możliwe jest uzyskanie pary nasyconej, ale nie występuje para przegrzana.

Wszystkie obecnie pracujące reaktory generacji II, a także III, działają według tych samych zasad. Konstrukcje różnią się między sobą odmiennymi kombinacjami substancji używanych jako moderator i chłodziwo. Jest to przedstawione w tabeli 1. Oznaczenia reaktorów znajdują się w tabeli 2.

Tabela 1. Podział reaktorów 2 generacji

Grupa reaktorów	Typ reaktora	Moderator	Chłodziwo		Neutrony	Paliwo
GCR	AGR	Grafit	Gaz CO ₂		Termiczne	Wzbogacony uran (UO ₂)
	Magnox		Gaz CO ₂			Uran naturalny U
	HTR		Gaz, Hel			UO ₂ , UC ₂ , ThO ₂ , (U-235, U-233, Pu)
HWR	PHWR	Ciężka woda	Ciężka woda	Pod ciśnieniem	Termiczne	Uran naturalny lub wzbogacony (UO ₂)
LWR	BWR	Lekka woda	Lekka woda	Wrzące	Termiczne	Uran wzbogacony (UO ₂) lub uran wzbogacony (UO ₂) + MOX
	PWR			Pod ciśnieniem		
	WWER			Pod ciśnieniem		
LWGR	RBMK	Grafit	Lekka woda	Wrzące	Termiczne	Uran wzbogacony (UO ₂)
	LWGR			Pod ciśnieniem		Uran naturalny lub wzbogacony (U)
HWLWR	HWLWR	Ciężka woda	Lekka woda	Wrzące	Termiczne	Uran wzbogacony (UO ₂)-PuO ₂
FBR	FBR	Brak	Sód		prędkie	Uran wzbogacony (UO ₂)-PuO ₂

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [17]

Tabela 2. Podstawowe oznaczenia reaktorów

Skrót	Nazwa reaktora	Polski opis
AGR	Advanced Gas Reactor	Zaawansowany reaktor chłodzony gazem
BWR	Boiling Water Reactor	Wodny reaktor wrzący
CANDU	CANadian Deuterium Uranium reactor – Canadian type of PHWR	Kanadyjski reaktor ciężkowodny ciśnieniowy (kanałowy)
FBR	Fast Breeder Reactor	Reaktor powielający (na neutrony prędkie)
GCR	Gas Cooled Reactor	Reaktor chłodzony gazem
HTR	High-Temperature Reactor	Reaktor wysoko temperaturowy
HWLWR	Heavy Water Light Water Reactor	Reaktor z moderatorem ciężkowodnym i chłodziwem lekkowodnym
HWR	Heavy Water Reactor	Reaktor ciężkowodny
LWGR	Light Water Graphite Reactor	Reaktor lekkowodny z moderatorem grafitowym
LWR	Light Water Reactor	Reaktor lekkowodny
PHWR	Pressurized Heavy Water Reactor	Ciężkowodny reaktor ciśnieniowy
PWR	Pressurized Water Reactor	Reaktor ciśnieniowy
RMBK	Reaktor Bolszoi Moszcznosti Kanalnyj – Russian type of LWGR	Rosyjski reaktor typu LWGR (kanałowy)
WWER	Wodo Wodjanoj Energetičeskiej Reaktor – Russian type of PWR	Rosyjski reaktor typu PWR

Źródło: Opracowanie własne

GENERACJA III

Rozwijając generację III+ reaktorów uczyniono krok naprzód w zakresie bezpieczeństwa pracy elektrowni jądrowej. Reaktory zamiast aktywnych układów chłodzenia zyskały układy bierne, oparte w całości na naturalnych zjawiskach, np. grawitacji czy rozprężaniu gazu. Dzięki temu konstrukcje te charakteryzują się wysokim poziomem bezpieczeństwa.

Celem tworzenia reaktorów generacji III i III+ było uczynienie reaktorów jądrowych ponownie konkurencyjnym rozwiązaniem na rynku komercyjnym. Koniecznym było ograniczenie ryzyka poważnych awarii takich, jak np. stopień rdzenia reaktora i obniżenie kosztów inwestycyjnych. Poprawę bezpieczeństwa uzyskano przez zmianę filozofii tworzenia układów bezpieczeństwa. Wcześniej reaktor musiał być odporny na tzw. awarię projektową, czyli taką, jaką założył konstruktor. W nowych konstrukcjach założono, że [18] reaktor musi być odporny na awarię całkowicie hipotetyczną, określaną przez instytucje dozoru jądrowego w dokumentach lokalnych i międzynarodowych. Nowe wymagania przyniosły wprowadzenie wspomnianych już systemów bezpieczeństwa biernego. Jest to chyba najważniejsza zaleta konstrukcji reaktorów generacji III+. Dzięki temu systemy bezpieczeństwa zostały uniezależnione od błędów człowieka oraz usterek elementów układów chłodzenia takich, jak rurociągi, pompy czy nawet układu awaryjnego zasilania. Dodatkowo w generacji III+ zredukowano poziom gęstości mocy w rdzeniu, zwiększono ilość wody w obiegu pierwotnym oraz poprawiono kontrolę obiegów reaktora. Redukcję kosztów uzyskano dzięki uproszczeniu konstrukcji reaktora, standaryzacji projektu,

wydłużeniu czasu działania reaktora oraz zmianom w procedurach licencjonowania. Trzeba pamiętać, że pomimo całego szeregu modyfikacji i ulepszeń, reaktory generacji III i III+ to nadal konstrukcje LWR [18, 19].

Najważniejszymi konstrukcjami generacji III/III+ oferowanymi obecnie na rynku są:

- EPR (AREVA, 1600 MW),
- AP1000 (WESTINGHOUSE, 1200 MW),
- ABWR (GE-HITACHI AND TOSHIBA, 1300 MW),
- APWR (konsorcjum we współpracy z MITSUBISHI, 1450 MW),
- ESBWR (GE-HITACHI, 1600 MW),
- APR 1400 (KHNP, 1450 MW),
- VVER 1200 (GIDROPRESS, 1290 MW).

GENERACJA IV

W wyniku badań prowadzonych w dziedzinie energetyki jądrowej następuje ciągły przyrost mocy i sprawności reaktorów. Poprawie ulegają zdolności regulacyjne i rośnie wykorzystanie paliwa. Niemniej jednak nie są wprowadzane rozwiązania eliminujące podstawowe problemy wszystkich reaktorów jądrowych takie, jak duża ilość odpadów, brak możliwości ich spalania, wciąż wysokie koszty inwestycyjne, niskie parametry pary na wejściu do turbiny (powodujące ograniczoną sprawność konstrukcji).

Założenia dotyczące konstrukcji generacji IV są bardzo obiecujące. Większość proponowanych rozwiązań zakłada pracę w zamkniętym cyklu paliwowych z możliwością spalania wysoko radioaktywnych odpadów z typowych elektrowni jądrowych generacji II. Zmniejsza to zdecydowanie ilość odpadów usuwanych z reaktora oraz poprawia wykorzystanie naturalnych źródeł uranu i plutonu. Trzy konstrukcje spośród sześciu są przystosowane do pracy z neutronami prędkimi. Są to zatem reaktory powielające, których użycie znacznie zwiększa zakres możliwego do stosowania paliwa. Należy pamiętać, że zasoby naturalnego uranu na Ziemi są ograniczone. Jedną konstrukcją jest określana mianem „fast neutron-ready”, co oznacza, że może zostać przystosowana do pracy z neutronami prędkimi. Jeden z reaktorów pracuje z neutronami epitermicznymi oraz dwa reaktory działają podobnie, jak obecnie znane generacji II i III. Z tą jednak różnicą, że wykorzystują zupełnie odmienne substancje jako moderator i chłodziwo, dzięki czemu możliwe jest uzyskiwanie wyższych temperatur. Zwiększa się sprawność jednostki. Reaktory generacji IV zapewniają ochronę przed proliferacją – pomimo obecności plutonu w rdzeniu, ale nie może on być odzyskany i użyty w innych celach [20].

Generatory IV generacji to [12]:

- VHTR (Very High Temperature Reactor) – reaktor wysoko temperaturowy, moderowany grafitem i chłodzony helem (temperatura na wyjściu rdzenia osiąga 1000 °C),
- SFR (Sodium Cooled Fast Reactor) – reaktor na neutron prędkie, powielający z ciekłym sodem jako chłodziwem; reaktor pracujący w zamkniętym cyklu paliwowym,
- SCWR (Supercritical Water cooled Reactor) – konstrukcja najbardziej zbliżona do obecnych rozwiązań reaktorów; kombinacja PWR i BWR z zastosowanym przegrzewem pary,
- GFR (Gas cooled Fast Reactor) – reaktor powielający (neutrony prędkie), chłodzony helem,
- LFR (Lead cooled Fast Reactor) – reaktor powielający (neutrony prędkie), chłodzony ciekłym ołowiem,
- MSR (Molten Salt Reactor) – reaktor zużywający paliwa rozpuszczone w płynnych solach, będących jednocześnie chłodziwem (wymagane 3 obiegi reaktora).

4. Atom przyszłości – fuzja

Reakcja syntezy jądrowej jest bardzo popularna we wszechświecie. Jest to źródło energii dla każdej gwiazdy, również dla naszego Słońca. Ze względu na olbrzymie ilości emitowanej energii badania nad fuzją leżą w interesie wielu państw. Jednak w przeszłości badania były prowadzone oddzielnie przez każde państwo. Dopiero po przełomowym odkryciu rosyjskich uczonych w zakresie reaktora „fuzyjnego” (tokamak) w 1970 r. poziom zainteresowania tą technologią znacznie wzrósł.

W reakcji termojądrowej dwa lekkie jądra pierwiastków łączą się. Całkowita masa substratów jest większa od masy produktów. Zjawisko to nosi nazwę „defektu masy”. Dodatkowa masa uzyskana podczas reakcji oznacza użyteczną energię, która zostaje wypromieniowana zgodnie ze wzorem $E = mc^2$ ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s – prędkość światła). Największa energia wiązań występuje w atomach wodoru i jego izotopach. Dlatego najbardziej efektywnym paliwem na potrzeby fuzji jest deuter i tryt. Deuter jest naturalnie występującym izotopem, np. w wodzie morskiej. Tryt musi zostać wytworzony sztucznie. Jest też radioaktywny. Można go jednak uzyskać bezpośrednio w komorze spalania reaktora z litu. Lit, pod wpływem silnego bombardowania neutronami, bardzo łatwo rozdziela się na hel i tryt. Dzięki implementacji tej dodatkowej reakcji bezpośrednio w reaktorze, paliwo na potrzeby pracy reaktora jest transportowane jako nieradioaktywny ładunek deuteru i litu. Zapotrzebowanie na paliwo jest również bardzo niskie. Przykładowo szacuje się, iż elektrownia z reaktorem termojądrowym o mocy 1 GWe potrzebuje 3 tony litu i 100 kg deuteru, aby wygenerować 7 TWh energii. Podobnej wielkości elektrownia konwencjonalna, aby wyprodukować tą samą ilość energii zużyje 1,5 mln t węgla.

Aby jednak zaszła reakcja termojądrowa, konieczne jest zapewnienie odpowiednich warunków. Paliwo musi zostać podgrzane do temperatury powyżej 100 M°C. W tej temperaturze gaz występuje już w postaci plazmy, w której, pod wpływem dostarczonej energii, elektrony odrywają się od nukleonów. Cząstki nukleonów bez elektronów posiadają dodatni ładunek, zatem pomiędzy nimi występują silne siły elektrostatyczne nie pozwalające na syntezę. Dopiero wysoka temperatura powoduje, że nukleony poruszając się pokonują siły oddziaływania elektrostatycznego i zbliżają się do siebie na tyle, aby mogła zajść reakcja. Aby jednak była ciągła i ekonomicznie opłacalna, muszą zostać ograniczone straty energii. W innym wypadku zewnętrzne podgrzewanie plazmy nie będzie mogło zostać wyłączone, a w konsekwencji cały proces będzie miał ujemny bilans energetyczny. Będzie nieopłacalny. Wyłączenie zewnętrznych źródeł podgrzewających plazmę, w sytuacji gdy nie będzie zapewniony dodatni bilans energetyczny, spowoduje ochłodzenie plazmy i przerwie reakcję. Dotychczas nie udało się zapewnić dodatniego bilansu energetycznego reakcji [21, 22].

Gdy uda się utrzymać reakcję syntezy odpowiednio długo i stabilnie, produkcja energii elektrycznej będzie zapewniona konwencjonalnymi metodami. Ciepło zostanie odebrane z płaszcza otaczającego komorę spalania, który spowolni neutrony emitowane podczas reakcji, a następnie użyte do generacji pary i napędzenia turbiny i generatora.

Istnieją trzy podstawowe sposoby zapewnienia warunków odpowiednich do zapłonu reakcji i wykorzystania jej energii [23]:

- „pułapka magnetyczna”,
- fuzja laserowa,
- fuzja hybrydowa.

PUŁAPKA MAGNETYCZNA

Idea „pułapki magnetycznej” polega na utrzymaniu gorącej plazmy z dala od ścian komory spalania przy pomocy silnego pola magnetycznego. Znane są trzy sposoby wykonania pułapki magnetycznej. Pierwszym jest tokamak. Nazwa pochodzi od rosyjskiej nazwy tego rodzaju reaktora. Tokamak używa plazmy jako wtórnego uzwojenie transformatora. Uzwojeniem pierwotnym jest centralny solenoid. Dzięki zmianom prądu płynącego w solenoidzie w silnie przewodzącej plazmie indukuje się prąd stabilizujący ją. Tak zaprojektowany transformator nie jest jednak w stanie zapewnić ciągłego prądu w plazmie. Dlatego stosowane są dodatkowe dwa układy pola magnetycznego: toroidalne i poloidalne. Generowane jest pole o natężeniu około 5 T. Jest ono 100 000 silniejsze niż pole magnetyczne Ziemi i zapewnia wystarczające zamknięcie dla plazmy, chroniąc ściany komory spalania. Prąd płynący w plazmie pełni jeszcze jedną funkcję. Dzięki rezystancji plazmy ogrzewa ją do około 10 M°C. Wyższe temperatury nie są możliwe do uzyskania ze względu na gęstość plazmy. Dalsze podgrzewanie realizowane jest za pomocą innych środków takich, jak: ogrzewanie falami radiowymi lub działami jonowymi.

Innym sposobem zamknięcia plazmy w pułapce jest użycie stellaratora. W tym rozwiązaniu nie pojawia indukowany prąd. Specjalny kształt szeregowo połączonych cewek pozwala na odpowiednie ukształtowanie linii pola, za którym podąża plazma. Zapewnienie wymaganego kształtu jest niezwykle trudne na etapie projektowym. W okresie, gdy nie istniały metody modelowania komputerowego, stworzenie projektu było bardzo wymagającym zadaniem. W chwili obecnej opracowanie projektu jest łatwiejsze, ale wykonanie nadal bardzo trudne. Z tego powodu tokamak cieszy się większą popularnością, pomimo jego podstawowej wady, jaką jest konieczność indukowania prądu w plazmie.

Trzecia metoda zapewnienia pułapki magnetycznej określaną mianem „reversed field pinch” jest podobna do idei tokamaka, z różnicami w natężeniu prądu oraz kierunku magnetycznego pola toroidalnego [23].

FUZJA LASEROWA

Urządzenia zapewniające pułapkę magnetyczną działają w warunkach stosunkowo niskiego ciśnienia, wysokiej temperatury i niskiej gęstości paliwa. Zostało udowodnione, że do zapłonu reakcji może dojść również w innych warunkach. Jeśli paliwo D-T (deuter – tryt) zostanie skompresowane 1000 razy bardziej niż w tokamaku, uformowane w postaci pastylki oraz rozbite uderzeniem wiązki lasera, również zajdzie reakcja syntezy jąder atomów. Czas uderzenia wiązki to miliardowe części sekundy. W tym czasie temperatura pastylki rośnie od -270 °C do kilku milionów. Taki nagły wzrost powoduje zapłon wodoru oraz umożliwia stosunkowo łatwe połączenie dwóch jąder. Ten rodzaj fuzji nie jest ograniczony jedynie do lasera, jednak obecnie jest to jedyne urządzenie zdolne dostarczyć dużą moc w odpowiednio krótkim czasie.

Możliwe jest użycie dwóch laserów kierujących wiązki na pastylki bezpośrednio po sobie. Pozwala to na ograniczenie mocy poszczególnych urządzeń. Jednak w dalszym ciągu lasery nie pracują w sposób ciągły, co ogranicza ich potencjalne zastosowanie [24].

FUZJA HYBRYDOWA

Metoda fuzji hybrydowej jest bardzo istotna z punktu widzenia nierozwiązanego problemu składowania odpadów z konwencjonalnej elektrowni jądrowej.

Typowy reaktor, w którym wywoływana jest reakcja termojądrowa, może zostać wyposażony w zewnętrzny płaszcz zawierający materiał rozszczepialny i będący specjalnym wykonaniem reaktora rozszczepiającego. Neutrony z reakcji termojądrowej zostaną zabsorbowane w płaszczu, rozpoczynając reakcję rozszczepienia. Z kolei neutrony z tej reakcji wspomogą dalsze przemiany rozpadu.

Fuzja hybrydowa będzie w stanie zapewnić spalanie ciężkich izotopów obecnych w wypalonym paliwie uranowym. W układzie reaktora hybrydowego nie ma konieczności instalowania płaszcza odpornego na silne bombardowanie neutronowe, a sam reaktor osiąga większą moc.

Pomimo szeregu zalet, nie zostały rozpoczęte poważne badania na polu fuzji hybrydowej [23].

BADANIA NAD FUZJĄ

Najbardziej poważne badania koncentrują się głównie na najbardziej rozwiniętych w chwili obecnej rozwiązaniach zdolnych do przeprowadzenia reakcji. Odpowiedni poziom zaawansowania prezentują tokamaki. Inne koncepcje są znacznie mniej rozwijane. Stellaratory są zbyt skomplikowane, w porównaniu do wspomnianych tokamaków. Fuzja laserowa wymaga bardzo poważnych badań, aby mogła być rozważana jako przyszłe źródło energii. W związku z czym prawie wszystkie inwestycje w rozwój fuzji są w rzeczywistości inwestycjami w rozwój tokamaków.

Dwa najważniejsze projekty to JET oraz ITER. JET – *Joint European Torus* skutkowało zbudowaniem tokamaka, który osiągnął moc 16 MW i wyprodukował 22 MJ energii w ciągu sekundy. Niestety, nie został osiągnięty dodatni bilans energetyczny reakcji. Obecnie projekt stracił na znaczeniu na rzecz ITER – *International Thermonuclear Experimental Reactor*. Pierwsze eksperymenty są przewidziane na rok 2018, a rozpoczęcie produkcji plazmy na rok 2026. Obecny koszt projektu to 16 mld € i ciągle rośnie. Należy wspomnieć, że do rozwoju projektu przyczynia się wiele mniejszych przedsięwzięć naukowych, w ramach których badane są pewne elementy tokamaka budowanego w projekcie ITER. Na przykład koreański projekt KSTAR udostępnia swoje prace dotyczące super nadprzewodników Nb₃Sn. Projekt ITER nie jest ukierunkowany na budowę elektrowni w oparciu o fuzję. W tym celu planuje się konstrukcję elektrowni o mocy 2 GWt pod nazwą DEMO, która ma być gotowa w roku 2033.

Perspektywa wykorzystania reakcji termojądrowej prezentuje serię zalet istotnych dla przemysłu energetycznego. Zapewnia możliwość wykorzystania praktycznie Nielimitowanego i taniego paliwa (deuter + lit/tryt). Działanie reaktora opartego na fuzji nie powoduje żadnych emisji przemysłowych. Radioaktywność elementów konstrukcji i ewentualnych odpadów jest bardzo niska i jeśli występuje, to w przypadku cząstek o krótkich okresach połowicznego rozpadu. Ponadto możliwe jest wykorzystanie paliwa deuter + deuter, w którym na żadnym etapie przemian nie występują cząstki radioaktywne. Każda usterka w działaniu reaktora powoduje obniżenie temperatury i przerwanie reakcji. Problem stanowi bardzo wysoka temperatura plazmy oraz wytrzymałość materiałów na bombardowanie neutronowe pochodzące z reakcji [21, 23].

5. Nowe technologie a składowanie odpadów

Przy obecnych standardach bezpieczeństwa, biernych systemach i filozofii „ochrony w głąb”, można stwierdzić, że

najpoważniejszą drogą wpływu EJ na środowisko są jej odpady, czyli usuwane z reaktora silnie radioaktywne, wypalone paliwo jądrowe. Od lat 50., kiedy to pierwsze komercyjne reaktory rozpoczęły swoją pracę, problem ten nie został rozwiązany. Istnieje kilka koncepcji na przechowywanie czy neutralizację odpadów jądrowych, np. wityfikacja i przechowywanie w specjalnych kontenerach otoczonych gliną bentonitową w przygotowanych geologicznych składowiskach końcowych głęboko pod ziemią [26]. Jednakże w rzeczywistości żadne tego typu składowisko nie istnieje i nie jest wykorzystywane na szeroką skalę. Ponadto naukowcy określają skuteczność tego typu rozwiązania na 1000 lat. Natomiast według tabeli 3 odpady z istniejących reaktorów jądrowych powinny być przechowywane minimum 130 000 lat.

Trwające prace nad składowiskami końcowymi to:

- Östhammar – szwedzki projekt składowiska; proces licencyjny na zaawansowanym etapie; koniec zaplanowany na rok 2023,
- Olkiluoto – fiński projekt; koniec zaplanowany na rok 2020,
- Bure – francuski projekt; koniec zaplanowany na rok 2025,
- Yucca Mountain – obiecujący projekt składowiska, którego konstrukcję przerwał rząd USA z niewiadomych przyczyn [26].

Dopóki składowiska końcowe nie będą w stanie odebrać od elektrowni wypalonego paliwa, będzie ono przechowywane jak dotychczas, czyli w basenach wypalonego paliwa obok elektrowni.

Dane w tabeli 3 przedstawiają, jak może zmienić się ilość generowanych odpadów oraz konieczny czas ich składowania przy zastosowaniu nowych generacji reaktorów. Dane zostały przygotowane przy założeniu elektrowni jądrowej o mocy 1000 MWe produkującej 8 TWh energii rocznie.

Tabela 3. Porównanie cykli paliwowych w aspekcie ilości generowanych odpadów

Typ cyklu paliwowego	Ilość paliwa jądrowego (uran naturalny)	Ilość odpadów radioaktywnych	Czas niezbędny na utratę radioaktywności
Cykl otwarty z wypaleniem paliwa 50 GWd/t	25,5 ton / 1TWh	2 500 kg / 1TWh	130 000 lat
Zamknięty cykl paliwa (MOX)	21,5 ton / 1TWh	533 kg / 1TWh	3 000 lat
Zamknięty cykl paliwa z utylizacją aktywności	13,7 ton / 1TWh	125 kg / 1TWh	500 lat
Molten salt reaktor (reaktor generacji IV z paliwem rozpuszczanym w topionej soli)	50 kg uranu naturalnego + 50 kg toru / 1TWh	100 kg / 1TWh	500 lat

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: [27, 28]

Wprowadzenie nowych rozwiązań cyklu paliwowego jest silnie uwarunkowane rozwojem i wprowadzeniem na rynek reaktorów generacji IV. Na chwilę obecną stosowanie zamkniętego cyklu paliwowego z paliwem typu MOX jest bardzo drogie i nieoptyczne przy aktualnej cenie uranu. Jednakże nie jest brany pod uwagę koszt utylizacji odpadów czy koszt składowiska ostatecznego, które w rzeczywistości jeszcze nie istnieje jako rozwiązanie komercyjne. W przypadku stosowania nowych

reaktorów wykorzystanie zamkniętego cyklu paliwowego jest naturalną własnością pracy reaktora. Następuje redukcja ilości generowanych odpadów, a niektóre konstrukcje pomagają spalić już istniejące odpady po reaktorach generacji II. Zatem generacja IV reaktorów może przynieść znacznie więcej korzyści niż obecnie promowana generacja III i III+.

6. Finansowanie EJ

Niewątpliwie ważnym elementem rozwoju energetyki jądrowej są koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. W przypadku EJ koszty eksploatacyjne są stosunkowo niskie. Problem stanowią koszty inwestycyjne. Okazuje się również, że nawet profesjonalne kalkulacje kosztów bardzo często nie są ze sobą zbieżne. Oszacowanie kosztów końcowych jest bardzo trudne. Podkreślają to nawet przedstawiciele producentów reaktorów [29]. Wyniki kalkulacji zależą od przyjętych założeń, a te mogą być różne, nawet dla każdego reaktora w jednym kraju. Składają się na nie rzeczywiste koszty technologii, koszty kapitału zależne od sposobu finansowania, koszty operatora, koszty infrastruktury, koszty likwidacji elektrowni (wydatki poniesione minimum za 100 lat od rozpoczęcia budowy dyskontowane na rok rozpoczęcia inwestycji). Niejednokrotnie okazuje się, że w miejscu budowy EJ należy rozwinąć sieć elektroenergetyczną zapewniając warunek n-2 związany z bezpieczeństwem pracy takiej elektrowni. Nieznane są również na początku koszty licencjonowania danej konstrukcji przez instytucję dozoru jądrowego [29]. Do tego dochodzi ryzyko finansowania związane z bardzo długim czasem zwrotu kapitału.

Według Cambridge Energy Research Associate (CERA) [30], koszt kapitałowy EJ w roku 2011 wzrósł 185% w stosunku do roku 2000. Obserwowany jest ciągły wzrost kosztów. Nie do końca wiadomo również, jak rynek zachowa się po ostatniej awarii w elektrowni jądrowej w Japonii.

Dla finansowania budowy EJ bardzo istotną kwestią są opóźnienia w budowie. Wszelkie problemy na tym polu przekładają się na znaczny wzrost kosztów.

W związku z trudnościami w ocenie kosztów budowy elektrowni jądrowej, należy podchodzić bardzo ostrożnie do wszystkich kalkulacji, zwłaszcza kiedy nie ma gwarancji dobrego źródła danych.

7. Podsumowanie

Na świecie jest wiele pracujących elektrowni jądrowych. Można powiedzieć, że wszystkie generacje reaktorów „spotykają” się w jednym czasie. Pomimo, że generacja II nie jest już produkowana, stanowi większość konstrukcji działających obecnie w systemie. W międzyczasie rozpoczęły pracę reaktory generacji III, zaś generacja III+ jest już gotowa do przejęcia kontroli na rynku nowych bloków jądrowych. Generacja IV, jeszcze nie gotowa do wprowadzenia na rynek komercyjny, stanowi ważny punkt zaczepienia w rozmowach o przyszłości energetyki ze względu na fakt, iż hipotetyczny reaktor generacji III+, rozpoczynający pracę w chwili obecnej, zakończy prace po 60 latach, zatem w okolicach roku 2072. Czyli w sytuacji, gdy już na pewno swoją dojrzałość rynkową osiągną reaktory generacji IV, a reaktory oparte o reakcję termojądrową będą w bardzo zaawansowanej fazie badań, a może już zaczną wchodzić do produkcji. Konieczna jest refleksja, czy nie warto postawić na

rozwiązania pomostowe w obszarze wytwarzania energii elektrycznej i poczekać, aż na rynek wejdą reaktory generacji IV.

Pewne jest, że dla znaczącego rozwoju energetyki jądrowej konieczne jest jak najszybsze wprowadzenie wspomnianych reaktorów generacji IV, a w kolejnym kroku reaktorów opartych na reakcji fuzji jądrowej. Tylko te dwie technologie pozwolą na wyeliminowanie problemów, które w przypadku klasycznych konstrukcji są jedynie ograniczane. Niemniej jednak istotnym czynnikiem przemawiającym za elektrowniami jądrowymi jest bardzo duża koncentracja mocy, mająca znaczenie przy zastępowaniu starych jednostek wytwórczych oraz pokrywaniu zapotrzebowania na energię. Paliwo jądrowe jest łatwo dostępne, a praca reaktora nie powoduje emisji dwutlenku węgla. Ostatni punkt dla wielu państw europejskich jest czynnikiem decydującym. Alternatywą dla nowych bloków jądrowych, również w Polsce, mogłaby być energetyka oparta na gazie, ze względu na niską emisyjność, niskie koszty inwestycyjne oraz znakomite właściwości ruchowe bloków gazowych. Niestety, bardzo wysoka cena gazu oraz brak długookresowej stabilności cen skutecznie blokują rozwój jednostek gazowych. W Polsce są one opłacalne tylko i wyłącznie dzięki mechanizmom subsydiowania produkcji energii w kogeneracji z gazu, które według przyjętych rozwiązań działają na zasadzie żółtych certyfikatów.

Obszerna analiza wytwarzania energii za pomocą elektrowni jądrowych w aspektach: technologicznym, systemowym, środowiskowym, bezpieczeństwa jądrowego, prawnym i społecznym została zawarta w pracy magisterskiej autora pt. „Nuclear power stations. Comparative analysis and the Web presentation”, którą znaleźć można na stornach portalu CIRE.pl [31].

Literatura

1. *Aktualizacja Prognozy zapotrzebowania na paliwa i energię do roku 2030*, Agencja Rynku Energii S.A., Zamówienie Ministerstwa Gospodarki, Warszawa, wrzesień 2011 r.
2. Mikotajuk H.: (2012), *Wyniki finansowe energetyki – kryzysowe?*, XVIII Konferencja Naukowo-Techniczna Rynek Energii Elektrycznej, Kazimierz Dolny, maj 2012 r.
3. *Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku. Załącznik 2. do Polityki energetycznej Polski do 2030*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, listopad 2009 r.
4. *Program Polskiej Energetyki Jądrowej*, Ministerstwo Gospodarki, Pełnomocnik Rządu ds. Polskiej Energetyki Jądrowej, Warszawa, 16 August 2010.
5. Lewiński M.: (2012), *Program Polskiej Energetyki Jądrowej – gdzie jesteście?*, XVIII Konferencja Naukowo-Techniczna Rynek Energii Elektrycznej, Kazimierz Dolny, maj 2012 r.
6. Sumara A.: (2012), *W Bułgarii nie powstanie druga elektrownia jądrowa*, PAP, 29 marzec 2012 r. <http://energetyka.inzynieria.com/cat/1/art/31636/w-bulgarii-nie-powstanie-druga-elektrownia-jadrowa>
7. Berg P.: (2011), *Koniec ery atomu*, 30 maj 2011 r. <http://www.polityka.pl/swiat/komentarze/1516372,1,niemcy-zamkna-elektrownie-jadrowe.read>
8. *Japonia wyłącza ostatni reaktor atomowy*, PAP, 5 maj 2012 r. <http://www.polskatimes.pl/artykul/568103,japonia-wylacza-ostatni-reaktor-atomowy,id,t.html?cookie=1>
9. *Szwajcaria zawieszona uruchomienie elektrowni atomowych*, PAP, IAR, 14 marzec 2011 r. <http://wiadomosci.wp.pl/kat,-1356,title,Szwajcaria-zawieszona-uruchomienie-elektrowni-atomowych,wid,13220298,wiadomosc.html>

10. Siemens wycofuje się z atomu. Po Fukushima, PAP, 19 września 2011 r., <http://www.tvn24.pl/wiadomosci-ze-swiata,2/siemens-wycofuje-sie-z-atomu-po-fukushimie,184693.html>.
11. Dobosz D.: (2012), *W USA powstaną pierwsze od 30 lat reaktory jądrowe*, PAP, Southern Company, 9 lutego 2012 r., <http://energetyka.inzynieria.com/cat/5/art/31029>.
12. *A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems*, U.S. DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee and Generation IV International Forum, grudzień 2002 r.
13. *Technology Roadmap. Nuclear Energy*, Energy Agency's Nuclear Development Division and the International Energy Agency's Energy Technology Policy Division, 2010, www.iea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf.
14. Jezierski G.: *Elektrownia jądrowa a konwencjonalna*, „Energetyka ciepła i zawodowa” 10/2009.
15. Kubowski J.: *Nowoczesne elektrownie jądrowe*, Warszawa, WNT, 2010 r.
16. *Poradnik inżyniera elektryka*, Praca zbiorowa, tom 3, Warszawa, WNT, 2005 r.
17. Jezierski G.: *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Warszawa, WNT, 2006 r.
18. Chwaszczewski S.: *Nowe rozwiązania reaktorów generacji III+ oferowanych dla krajów Unii Europejskiej*, http://www.iea.cyf.gov.pl/nowa/images/stories/iea/ej/szkola_ej/referaty/mozliwosci_i_zadania/1_St_Chwaszczewski_nowe_rozwiazania.pdf.
19. *Advanced Nuclear Power Reactors*, WNA – World Nuclear Association, kwiecień 2012r., <http://www.world-nuclear.org/info/inf08.html>.
20. *Generation IV Nuclear Reactors*, WNA – World Nuclear Association, grudzień 2010 r., <http://www.world-nuclear.org/info/inf77.html>.
21. *Fusion Research. An Energy Option for Europe's Future*, European Communities. Directorate-General for Research. Fusion energy Research, 2007, http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/92-79-00513-8_en.pdf.
22. Lisak M., Zaleśny J., Gałkowski A., Marczyński S., Berczyński P.: *Fuzja – kawałek Słońca na Ziemi*, „Foton”, No. 107 Winter 2009.
23. *Nuclear Fusion Power*, WNA – World Nuclear Association, kwiecień 2012 r., <http://www.world-nuclear.org/info/inf66.html>.
24. Rożek T.: *Laserowa fuzja*, „Wiedza i życie” 3/2006, http://portal-wiedzy.onet.pl/137215,,,,,laserowa_fuzja,haslo.html.
25. *Radioactive Waste Management*, WNA – World Nuclear Association, kwiecień 2012 r., <http://www.world-nuclear.org/info/inf04.html>.
26. *Update of the MIT 2003. Future of Nuclear Power*, An interdisciplinary MIT Study, <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclear-power-update2009.pdf>.
27. Chwaszczewski S.: *Cykl paliwowy: otwarty czy zamknięty. Czy to wystarczy?*, http://www.iea.cyf.gov.pl/nowa/images/stories/iea/ej/szkola_ej/referaty/cykl_paliwowy/4_St_Chwaszczewski_cykl_paliwowy.pdf.
28. *The Future of Nuclear Power*, An interdisciplinary MIT Study, Massachusetts Institute of Technology, 2003 r.
29. Rozwadowski A.: *Koszt budowy polskiej atomówki – skąd tak duże różnice w szacunkach*, rozmowę. przepr. Ciepła D., WNP.PL, maj 2012 r., http://www.wnp.pl/wiadomosci/koszt-budowy-polskiej-atomowki-skad-tak-duze-roznice-w-szacunkach,171294_1_0_0_0.html.
30. IHS Cambridge Energy Research Associate (CERA), <http://www.ihsex.com/>, dostęp: 1.06.2012 r.
31. Wierzbowski M.: *Nuclear power stations. Comparative analysis and the Web presentation*, praca magisterska, Instytut Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2011, http://www.cire.pl/pokaz-pdf-%252Fpliki%252F%252Felektrownie_jadrowe.pdf.

mgr inż. Michał Wierzbowski

*Instytut Elektroenergetyki
Politechnika Łódzka
ms.wierzbowski@gmail.com*

Tomasz Kleszcz

Czy budowa elektrowni gazowo-parowych jest szansą poprawy sytuacji krajowego sektora energetycznego

1. Wprowadzenie

Program Unii Europejskiej, skrótowo określany mianem 3x20%, zakłada gwałtowne zmiany dla energetyki do 2020 roku. O ile ograniczanie emisji NO_x, SO₂ i pyłów, pomimo trudności, daje się obecnie realizować, to ograniczanie emisji CO₂ jest większym problemem. Szczególnie dotyczy to krajów uzależnionych od spalania węgla, w tym Polski. Dodatkowe problemy stwarza stan krajowego sektora energetycznego. Większość bloków jest przestarzała i pracuje znacznie dłużej niż planowany okres użytkowania, który wynosi zazwyczaj 30 lat. Celem pracy dyplomowej była analiza struktur układów gazowo-parowych, jako przyszłości dla krajowej energetyki, uwzględniając konieczność

ograniczania wpływu na środowisko naturalne i budowy nowych mocy wytwórczych. Analiza energetyczna w programie IPSEpro pozwoliła dokonać ich porównania i w połączeniu z przestudiowaniem uwarunkowań ich rozwoju oraz polityki energetycznej kraju można było podjąć się odpowiedzi na pytanie, czy bloki tego typu są szansą dla poprawy sytuacji krajowego sektora energetycznego. Jeśli tak, to jakiego typu?

2. Niepewna przyszłość

Bezpieczeństwo energetyczne kraju, rozumiane jako bezproblemowe dostarczenie zadeklarowanej energii elektrycznej oraz ciepła do poszczególnych odbiorców, jest zagadnieniem

szeroko poruszonym w przyjętej przez Radę Ministrów w dniu 10 listopada 2009 roku *Polityce energetycznej Polski do 2030 roku*. Do jej priorytetów zaliczyć należy:

- poprawę efektywności energetycznej,
 - wzrost bezpieczeństwa dostaw paliw i energii,
- W kwestii bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego szczególny nacisk położono na dywersyfikację źródeł i kierunków jego dostarczania. Do działań w tym obszarze zaliczono:
- budowę terminalu do odbioru gazu skroplonego (LNG),
 - zawarcie na warunkach rynkowych kontraktów na zdywersyfikowanie dostaw gazu ziemnego dla terminalu do odbioru LNG oraz z kierunku północnego,
 - dywersyfikację dostaw poprzez budowę systemu przesyłowego umożliwiającego dostawy z różnych kierunków oraz budowę połączeń międzysystemowych,
 - budowę i rozbudowę magazynów gazu ziemnego,
 - pozyskiwanie przez polskie przedsiębiorstwa dostępu do złóż gazu ziemnego poza granicami kraju,
 - gospodarcze wykorzystanie metanu, poprzez eksploatację z naziemnych odwiertów powierzchniowych,
 - pozyskanie gazu z wykorzystaniem technologii zgazowania węgla,
 - dywersyfikację struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie energetyki jądrowej,
 - rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw,
 - ograniczenie oddziaływania energetyki na środowisko.

Niewątpliwie trudnym przedsięwzięciem, związanym oczywiście głównie z polityką UE, będzie ograniczanie oddziaływania sektora energetycznego na środowisko naturalne, podczas gdy produkcja energii elektrycznej w ponad 92% opiera się na spalaniu węgla. Wiąże się to z istotnym negatywnym efektem ekologicznym, polegającym na występowaniu emisji dużych ilości zanieczyszczeń. Posiadane przez Polskę zasoby węgla pełnią rolę ważnego stabilizatora bezpieczeństwa energetycznego kraju i będzie on jeszcze przez wiele lat głównym źródłem energii pierwotnej. Wobec polityki UE stwarza to jednak poważne problemy dla naszej gospodarki. Od 2013 r. unijny system redukcji emisji gazów cieplarnianych jeszcze się zaostrzy. Objętych zostanie nim więcej branż oraz inne – oprócz dwutlenku węgla – gazy cieplarniane. „Wysoko emisyjny” przemysł – i to będzie największa zmiana – będzie musiał płacić za każdą, a nie tylko nadwyżkową tonę wyemitowanego dwutlenku węgla. W konsekwencji tej ostatniej zmiany istniejące elektrownie będą musiały od 2013 r. kupować 30% (a nowo budowane 100%) przyznawanych dziś bezpłatnie uprawnień do emisji CO₂. W 2020 r. ma dojść do pełnej odpłatności za emitowany do atmosfery dwutlenek węgla.

Istotnym problemem jest również stan sektora energetycznego, który jest w większości przestarzały. Budowa nowych bloków jest niezbędna w ciągu najbliższych lat. Rozwój krajowej energetyki opartej na węglu jest uzasadniony, jednak budowane nowe bloki muszą być możliwie jak najmniej uciążliwe dla środowiska. Uwzględniając stan wiedzy i zawansowanie klasycznych technologii wytwarzania energii elektrycznej, nowobudowane bloki węglowe powinny być blokami nadkrytycznymi o temperaturach co najmniej 600 °C dla utrzymania poziomu 750 kg CO₂/MWh przy sprawności 45 – 46%. Ponadto winny one być przystosowane do współpracy w przyszłości z instalacją wychwytywania i magazynowania dwutlenku węgla (*Carbon Capture and Storage – CCS*).

3. Bloki gazowe i gazowo-parowe – cechy, uwarunkowania rozwoju, dostępność paliwa

Zmniejszenie stopnia „uwęglenia” sektora energetycznego jest tendencją dominującą w Europie. Elektrownie gazowe i gazowo-parowe były w ostatnich latach dynamicznie rozwijającymi się i szeroko wprowadzanymi do systemów elektroenergetycznych. Obecnie produkcja energii elektrycznej przez spalanie gazu stanowi ponad 20% produkowanej energii w UE. Wynika to z licznych zalet elektrowni gazowo-parowych, do który zaliczyć można:

- wysoką sprawność konwersji energii chemicznej paliwa na energię użyteczną (elektryczną i ciepło) – obecne najnowsze rozwiązania przekraczają już granicę 60% sprawności el. netto (ponad 90% w kogeneracji),
- bardzo niską emisję dwutlenku węgla (<400 kg/MWh),
- niezwykle niską emisję NO_x,
- brak problemów z emisją SO₂ i pyłów,
- krótki czas budowy – 20 – 36 miesięcy (węglowa 40 – 50, jądrowa 60 – 80),
- bardzo krótkie czasy rozruchu (ze stanu ziemnego 150 min, z ciepłego 105 min, a z gorącego 50 min – dane dotyczą złożonego układu trójciśnieniowego),
- umiarkowane koszty inwestycyjne na poziomie 550 – 650 \$/kW (elektrownia węglowa 1200 – 1400 \$/kW, elektrownia jądrowa 2000 – 3000 \$/kW),
- wysoką niezawodność i dyspozycyjność – nieznacznie wyższą niż w przypadku elektrowni węglowych,
- dużą elastyczność w stosowaniu paliw,
- stosunkowo niskie koszty utrzymania i obsługi,
- elastyczność w doborze mocy budowanych instalacji,
- duże zdolności regulacyjne w krajowym systemie elektroenergetycznym (KSE).

Bezpieczeństwo dostaw gazu stanowi znaczący aspekt decydujący o rozwoju energetyki opartej na gazie. Stabilność i ciągłość dostaw umożliwia planowanie produkcji. Budowane elektrownie zlokalizowane będą w miejscach dostępności tego surowca w przyszłości. Rozbudowa infrastruktury gazowej dostarczającej paliwo bezpośrednio do elektrowni jest również bardzo istotna. Należy jednak mieć na uwadze, że już średniej mocy elektrownia zużywać będzie rocznie prawie pół miliarda m³ surowca, a dostarczenie takiej ilości nie jest możliwe przy pomocy dowolnego gazociągu.

Przy tak wielu zaletach elektrowni gazowych i gazowo-parowych ryzyko braku dostępu do paliwa, wzrostu jego cen czy konieczności negocjacji, są poważną wadą. Jak już wspomniano, ilości potrzebnego do działalności energetycznej surowca są duże, nawet dla średniej wielkości zakładów. Do tej pory cena gazu była umiarkowana, ale pomimo tego nadal cena energii wyprodukowanej przez spalanie gazu była wyższa niż z elektrowni węglowej. Obrót gazem w głównej mierze ma wymiar światowy i reguły nim rządzące związane są często głównie z aspektami politycznymi. Jeszcze do niedawna prawie wszystkie kontrakty na dostawę tego surowca były długoterminowe i zawierały klauzule *take or pay*, zobowiązująca do zapłaty za nieodebrane ilości surowca. Cena za 1000 m³ gazu ustalana była na podstawie sześć- bądź dziesięcioletniej ceny ropy naftowej. Gaz pozostawał w jej cieniu. Sprzedaż i dostarczenie go były silnie związane z istniejącą, bądź budowaną infrastrukturą gazociągów. Był on ponadto narzędziem polityki zagranicznej Rosji.

Wielkie zmiany wprowadziła technologia skraplania i transportu gazu LNG. Ma on około 600 – 630 razy mniejszą objętość, niż jego postać gazowa. Pozwala to na transport z odległych ob-

szarów świata droga morską, bez ścisłego powiązania dostawcy i odbiorcy, jak ma to miejsce w przypadku gazociągów. Gaz stał się dzięki temu produktem globalnym. Infrastruktura do transportu LNG szybko się rozwija, gaz transportowany jest gazowcami, a zawierane kontrakty mają charakter krótkoterminowy. Dzięki rozwojowi handlu LNG można się spodziewać powstania światowego rynku transakcji krótkoterminowych gazu ziemnego. Znaczący wzrost wydobycia gazu niekonwencjonalnego w USA i zdolności produkcyjnych LNG na świecie powodują powolny spadek cen. Zaczyna się również trend na odchodzenie od indeksacji cen gazu do ropy naftowej. „Gazowa rewolucja” powoduje obniżenie znaczenia gazu przesyłanego rurociągami z Rosji, co okazuje się zagrożeniem dla głównego – jak na tą chwilę – dostawcy gazu do Europy. Następnym opisanych wydarzeń jest zapowiedziane przez Gazprom obniżenie cen i złagodzenie klauzuli *take or pay*.

Rynek gazu (RG) w UE ulega stopniowej liberalizacji. Otwarcie go rozpoczęło się od przyjęcia w 1998 r. Dyrektywy Gazowej. Pomiędzy poszczególnymi krajami UE istniały i istnieją znaczne różnice w całkowitym kształcie rynku, w tym różnice w strukturze i strategii (szybkości zmian) jego otwarcia. Strategie szybkiego i wczesnego wdrożenia liberalizacji oraz polityka otwarcia rynku niektórych krajów UE miały zasadniczy wpływ na obniżenie cen dla odbiorców, a tego potrzebuje RG, by się dynamicznie rozwijać. Istotnym jest działanie silnego regulatora wspartego regulacjami (kompletne prawo). Efektywna liberalizacja w kraju musi uwzględniać nadrzędny cel, jakim jest utworzenie wspólnego rynku europejskiego. Nie jest to możliwe działając w izolacji od rynków pozostałych krajów UE.

Plany dotyczące budowy nowych bloków gazowo-parowych ogłaszają polskie grupy energetyczne oraz zagraniczne koncerny działające w Polsce, ale i również firmy spoza branży. Suma mocy zgłoszonych w tych projektach jest znaczna i przekracza 6,5 GW. Plany te są w różnym stopniu realizacji, niektóre zostały tylko wstępnie zgłoszone i nie rozpoczęły się żadne prace projektowe. Wśród nich najbardziej zaawansowanym projektem jest EC Stalowa Wola.

W krajowej energetyce, oprócz gazu ziemnego wysokometanowego pochodzącego z importu, wykorzystać można gaz azotowany z rodzimych złóż. Charakteryzują się one zawartością metanu od 20 do 85%. Na daną chwilę w kraju znane są jedynie 4 złoża zawierające gaz wysoko metanowy o zawartości metanu od 70 do 99%. Wydobycie krajowe zaspokaja średnio 30% zapotrzebowania i utrzymuje się to na stałym poziomie od kilku lat.

Niekonwencjonalne zasoby gazu zgromadzone w łupkach ilastych, mogą pozwolić na uniezależnienie się od importu gazu (częściowo bądź całkowite) i rozwój ekologicznej energetyki gazowej. Należy podkreślić, iż jest to prawdopodobne, nie pewne. Szacowane ilości są rozbieżne. Prowadzone na szeroką skalę badania mają dać konkretne wyniki w ciągu najbliższych lat. Eksploatacja tych złóż może jednak okazać się zbyt droga i kłopotliwa. Istotne jest realne zagrożenie dla środowiska związane z technologią wydobycia. Zatlaczanie dużej ilości wody z substancjami chemicznymi może odbić się negatywnie na stanie gleb i wód gruntowych. Również emisja hałasu i odpadów płynnych jest problemem, nad którego rozwiązaniem powinno się popracować. Należy korzystać z doświadczeń USA w tym zakresie. Zarówno pozytywnych, jak i negatywnych, o których niewiele się mówi.

Paliwem dla omawianych elektrowni, oprócz wspomnianych, może być również gaz wysypiskowy i biogaz rolniczy. Dotyczy to jednak małych mocy, głównie kogeneracji. Warto jednak rozwijać tego typu technologie, również ze względu na ekologiczny aspekt

sprawy, przekładający się na względy ekonomiczne (świadczenia pochodzenia itp.). Podobnie wygląda sytuacja z gazem kopalnianym. Jego źródłem są kopalnie węgla kamiennego, zarówno czynne, jak i zamknięte oraz dziewicze pokłady węgla. Wykorzystanie energetyczne tego surowca pozwala również na ograniczenie emisji metanu do atmosfery. Istnieją duże szanse ku temu, że zostanie on uznany za odnawialne źródło energii, co znacznie podniesie atrakcyjność inwestycji bazujących na jego spalaniu. Jest to gaz o zróżnicowanych parametrach w zależności od źródła, ale w większości nadaje się do wykorzystania w przystosowanej turbinie gazowej. Jego zasoby w pokładach węgla w przeliczeniu na metan szacuje się w Polsce na 45 mld m³.

4. Analiza porównawcza

Założenia. Omówienie zasad analizy obiegów

Analizę układów przeprowadzono przy pomocy programu IPSEpro. W doborze parametrów kierowano się uzyskaniem najwyższej sprawności z zachowaniem zależności typowych dla danych układów. W każdym z nich dokonywano optymalizacji kluczowych parametrów obiegu.

Główne założenia:

- minimalny stopień suchości na wylocie części niskoprężnej turbiny $x = 0,87$ w zakresie temperatur od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- dla wszystkich stopni turbiny parowej sprawność wewnętrzna równa $0,87$,
- sprawność elektryczna generatora równa $0,985$, mechaniczna $0,99$,
- sprawność pompy $0,85$, mechaniczna $0,95$,
- sprawność elektryczna silnika $0,95$, mechaniczna $0,985$,
- strata ciśnienia w kanale spalinowym (kotle odzyskowym) stała dla wszystkich układów, równa $0,003\text{ MPa}$,
- $\Delta T_{min} (\Delta t_{pp}) = 10\text{ K}$, Δt_{ap} (approach temperature) = 5 K ,
- minimalna temperatura spalin na wylocie kotła odzyskowego $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- poza układami jednociśnieniowymi w pozostałych temperaturze wody zasilającej stała na poziomie $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- temperatura przegrzewu międzystopniowego równa temperaturze pary świeżej.

Ponadto w wymiennikach reprezentujących powierzchnie ogrzewalne kotła uwzględniono straty ciśnienia, w mixerach i rozdzielaczach pominięto. Ciśnienie pary świeżej było dobierane, jako maksymalne dla utrzymania danego stopnia suchości, nie większe niż $18,5\text{ MPa}$ (z wyjątkiem wariantu z kotłem nadkrytycznym). Temperatura pary świeżej została przyjęta na stałe na poziomie $535\text{ }^{\circ}\text{C}$, a dla układów bardziej złożonych (dwuciśnieniowe z przegrzewem i trójciśnieniowe) równa $565\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Poza układem ze zgazowaniem, do turbiny trafia gaz ziemny typu E (GZ-50) o parametrach, które ujęto w tablicy 4.1.

Tablica 4.1. Parametry gazu ziemnego przyjęte do obliczeń

Składnik		Udział objętościowy [%]	Udział masowy [%]
Metan	CH ₄	97,8	95,5
Etan	C ₂ H ₆	0,5	0,92
Propan	C ₃ H ₈	0,5	1,34
Dwutlenek węgla	CO ₂	0,2	0,54
Azot	N ₂	1,0	1,70
Wartość opałowa	Q _j	36,7 MJ/m ³ N	49,6 MJ/kg

Parametry turbiny

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem turbiny gazowej firmy Siemens SGT5-8000H o parametrach znamionowych (ISO) podanych w tabelicy 4.2. Jest ona jedną z największych na świecie, ale przede wszystkim pozwala na uzyskanie w cyklu kombinowanym najwyższej sprawności. W ostatnim wariantcie, ze względu na dopasowanie mocy turbiny do nadbudowywanego bloku, wykorzystano turbinę Siemens SGT5-4000F.

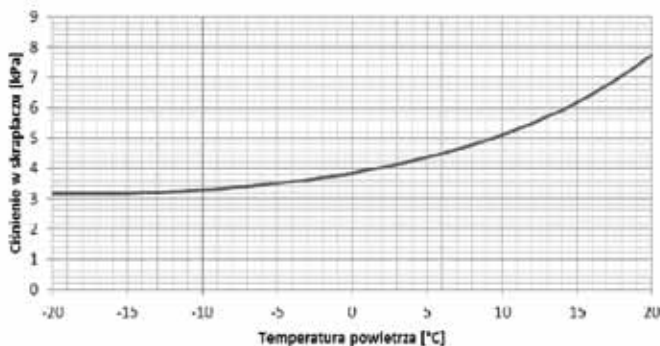
Tabela 4.2. Główne parametry znamionowe turbin wykorzystanych w analizie

Parametr	SGT5-8000H	SGT5-4000F	
Moc elektryczna	375	288	MW
Sprawność	40	39,5	%
Temperatura spalin	625	580	°C
Strumień spalin	820	688	kg/s

Turbina gazowa reprezentowana jest w programie jako element `gas_turbine_generic`. Ustawienia dopasowano na podstawie charakterystyk producenta dla serii SGT5-4000F oraz brakujące dane dobrano z szablonu dołączonego do bibliotek programu.

Układ chłodzenia

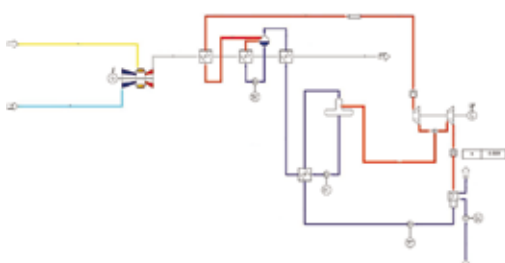
Przyjęto, iż układ chłodzenia turbiny parowej oparty jest na chłodni kominowej. Przyjęto prostą zmienność ciśnienia w skraplaczu w funkcji temperatury otoczenia, przedstawioną na rys. 4.1.



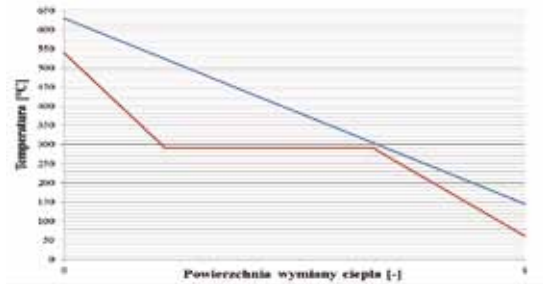
Rys. 4.1. Założona zmienność ciśnienia w skraplaczu w funkcji temperatury otoczenia

Struktury jednociśnieniowe

Analizowany układ jednociśnieniowy jest układem z podgrzaniem kondensatu wodą zasilającą (rys. 4.2). Pozwala to uzyskać wymaganą temperaturę wody zasilającej, a jednocześnie wykorzystać typowy odgazowywacz pracujący przy praktycznie dowolnym nadciśnieniu. Niestety, zastosowany wymiennik wymienia duże ilości ciepła, więc jego rozmiary będą znaczne. Rozwiązanie to jest często stosowane. Przebieg zmian temperatur w kotle przedstawia rys. 4.3.



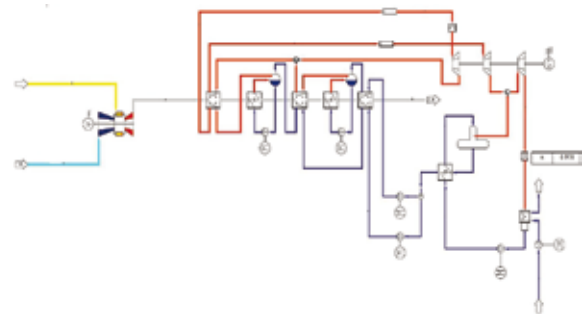
Rys. 4.2. Układ jednociśnieniowy – podstawowy + podgrzanie kondensatu wodą zasilającą, schemat 5



Rys. 4.3. Przebieg zmian temperatur w kotle odzyskowym wzdłuż powierzchni wymiany ciepła, dla schematu 5

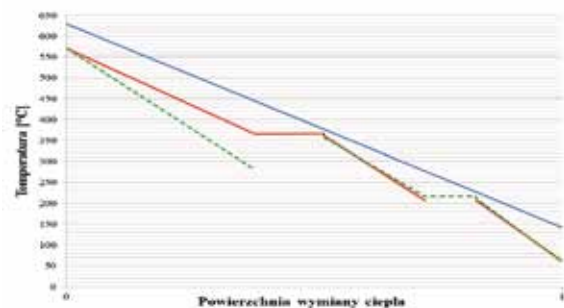
Struktury dwuciśnieniowe

Wykorzystując schemat 5 „dobudowano” wymienniki drugiego, niższego poziomu ciśnienia. Schemat 8 jest najbardziej złożonym spośród dwuciśnieniowych, ale jednocześnie najbardziej sprawnym (rys. 4.4).



Rys. 4.4. Układ dwuciśnieniowy szeregowo-równoległy z przegrzewem międzystopniowym, schemat 8

Powierzchnie ogrzewalne rozmieszczone są w sposób szeregowo-równoległy, a para niskoprężna po wstępnym przegrzaniu mieszana jest z parą wylotową części wysokoprężnej i łączny strumień przegrzewany do temperatury jak para świeża. W wariantcie tym podniesiono temperaturę pary świeżej i przegrzanej międzystopniowo do 565 °C. Rozkład temperatur ujmują rys. 4.5.

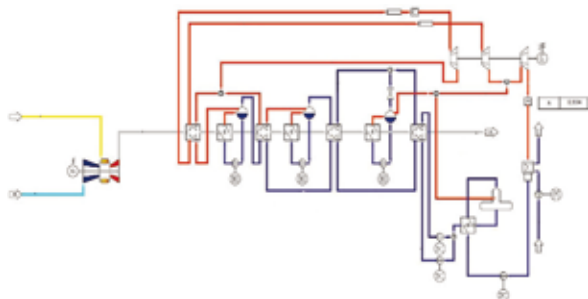


Rys. 4.5. Przebieg zmian temperatur w kotle odzyskowym wzdłuż powierzchni wymiany ciepła, dla schematu 8

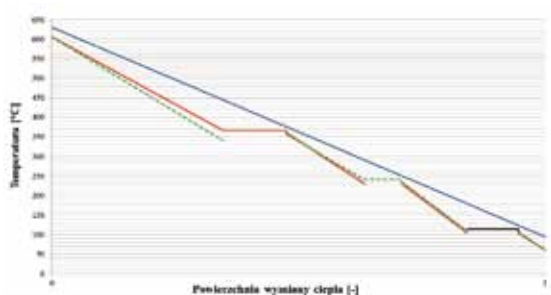
Struktury trójciśnieniowe

Schemat 8 rozbudowany został o kolejny poziom ciśnienia (rys. 4.6). Strumień wody o średnim ciśnieniu po podgrzaniu w podgrzewaczu wody niskiego ciśnienia rozdzielany jest na strumień kierowany do podgrzewacza wody średniego ciśnienia oraz na strumień wprowadzany do walczaka niskoprężnego, po uprzednim zdławieniu. Strumień wody o wysokim ciśnieniu podgrzewany jest w kolejnych wymiennikach umieszczonych równoległe do podgrzewaczy pozostałych stopni ciśnienia oraz

równolegle do pierwszego stopnia przegrzania pary średniego ciśnienia. Para o średnim ciśnieniu po wstępnym przegrzaniu mieszana jest z parą wylotową części wysokoprężnej, a łączny strumień przegrzewany w wymienniku równoległym do przegrzewacza pary świeżej. Sprawdzone, jaką sprawność układu uzyska się przy zwiększeniu temperatury pary świeżej i przegrzanej międzystopniowo do 600 °C oraz przy poprawie sprawności części wysokoprężnej i średnioprężnej turbiny parowej do 0,91, a niskoprężnej do 0,89. Na rys. 4.7 widać wyraźne zbliżenie temperatur czynników w kotle odzyskowym, co przekłada się na zmniejszenie strat.

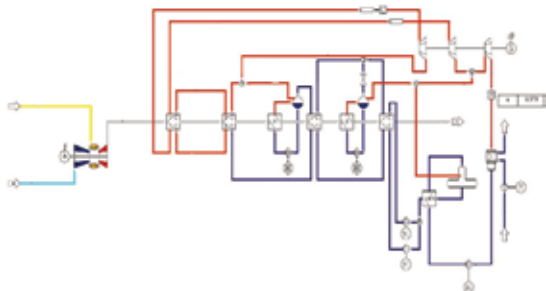


Rys. 4.6. Układ trójciśnieniowy szeregowo-równoległy z przegrzewem międzystopniowym bez przegrzania pary niskiego ciśnienia + zmiana sprawności turbiny i podniesienie temperatury pary świeżej, schemat 11



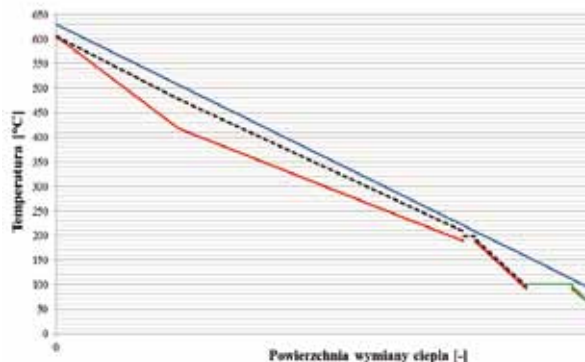
Rys. 4.7. Przebieg zmian temperatur w kotle odzyskowym wzdłuż powierzchni wymiany ciepła, dla schematu 11

Z podniesieniem temperatury pary podnosi się również zazwyczaj jej ciśnienie. W wariantcie 12 (rys. 4.8) przeanalizowano zamianę części wysokoprężnej podkrytycznej na nadkrytyczną o umiarkowanym ciśnieniu, typowym dla krajowych bloków.



Rys. 4.8. Układ trójciśnieniowy szeregowo-równoległy z przegrzewem międzystopniowym bez przegrzania pary niskiego ciśnienia + zmiana sprawności turbiny i odniesienie temperatury pary świeżej + zmiana części wysokoprężnej na nadkrytyczną, schemat 12

Uzyskano oczywiście przyrost sprawności, a rozkład temperatur (rys. 4.8) znacząco różni się od pozostałych. Brak obszaru parowania w części wysokoprężnej (linia ciągła czerwona) pozwala jeszcze zmniejszyć różnicę temperatur czynników.



Rys. 4.9. Przebieg zmian temperatur w kotle odzyskowym wzdłuż powierzchni wymiany ciepła, dla schematu 12

Układ gazowo-parowy zintegrowany ze zgazowaniem

Układ gazowo-parowy zintegrowany ze zgazowaniem oparto o schemat 11, jako najbardziej sprawny energetycznie (pominięto 12 ze względu rzadko stosowane w układach gazowo-parowych parametry nadkrytyczne). Instalacja zgazowania modelowana jest w programie poprzez element gasifier_hom, którego ustawione parametry zawarto w tabelicy 4.3. Pozostałe pozostawiono domyślne.

Tablica 4.3. Zestawienie parametrów wprowadzonych do elementu gasifier_hom

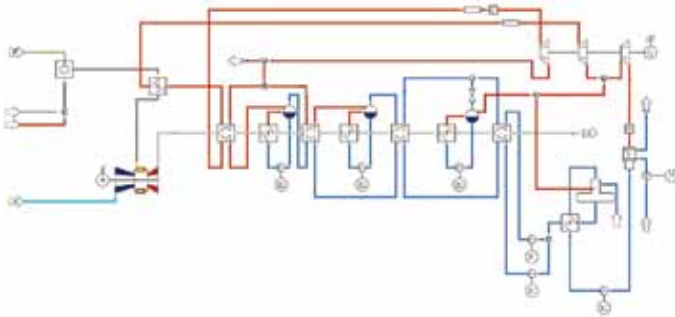
Parametr	Wartość	Jednostka	Objaśnienie
delta_p_gas	0,5	bar	spadek ciśnienia syngazu
heat_loss	3	%	straty ciepła
t_Ash	300	°C	temperatura popiołu
conversionC	0,92	kg/kg	stopień konwersji węgla

Ubytek czynnika w obiegu uzupełniany jest strumieniem wody wprowadzanej do odgazowywacza. Zgazowaniu podlega węgiel kamienny o typowych parametrach, które zawarto w tabelicy 4.4.

Tablica 4.4. Parametry węgla kamiennego przyjęte do obliczeń

Składnik		Udział masowy [%]
węgiel	C	54,0
wodór	H ₂	3,4
azot	N ₂	5,0
tlen	O ₂	5,0
siarka	S	0,1
wilgość	H ₂ O	12,0
popiół	-	20,5
Wartość opałowa		21,49 MJ/kg

Zgazowanie odbywa się przy temperaturze 950 °C i pod ciśnieniem ok 2,3 MPa. Jest to przybliżenie gazyfikatora ze złożem fluidalnym HTW. Strumień wzbogaconego powietrza (80% tlenu) wprowadzany do gazyfikatora równy jest strumieniowi pary pobieranej z wylotu części wysokoprężnej turbiny. Surowy gaz jest schładzany przegrzewając parę średniego ciśnienia i wprowadzany do komory spalania turbiny gazowej. Ze względu na ograniczone możliwości dostępnych bibliotek pominięto układ oczyszczanie gazu. Schemat bilansowy przeanalizowanego układu przedstawia rys. 4.10.

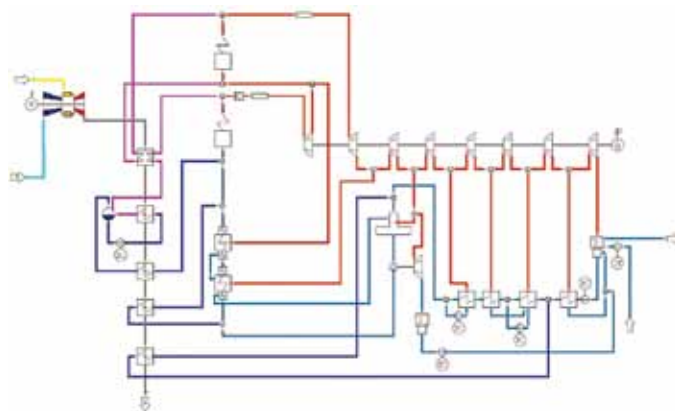


Rys. 4.10. Schemat układu bilansowy układu gazowo-parowego zintegrowanego ze zgazowaniem, schemat IGCC

Na podstawie schematu obliczono jedynie sprawność brutto odniesioną do strumienia energii chemicznej węgla wprowadzanego do gazyfikatora. Ze względu na złożoność układu rzeczywistego pominięto szacowanie mocy urządzeń potrzeb własnych. Może ona wynosić nawet 16% mocy brutto bloku. Biorąc pod uwagę tę wartość, sprawność netto wyniosła by w tym przypadku ok. 42,8%. Nadal jest to wynik bardzo korzystny w świetle sprawności krajowych bloków energetycznych.

Struktura dwupaliwowa – nadbudowa bloku na węgiel brunatny

Analizę rozpoczęto od stworzenia schematu bloku 360 MW, pracującego w elektrowni Bełchatów, spalającego węgiel brunatny. Otrzymano obieg o sprawności brutto wynoszącej 39,59%. Następnie do „istniejącego” bloku „dobudowano” turbinę gazową SGT5-4000F wraz z jednociśnieniowym kotłem odzyskowym. Generuje on dodatkowy strumień pary o parametrach jak kocioł węglowy oraz przegrzewa międzystopniowo część strumienia głównego w wymienniku umieszczonym równolegle z przegrzewaczem pary świeżej zabudowanym na wlocie kotła. Otrzymany schemat bilansowy pokazano na rys. 4.11.



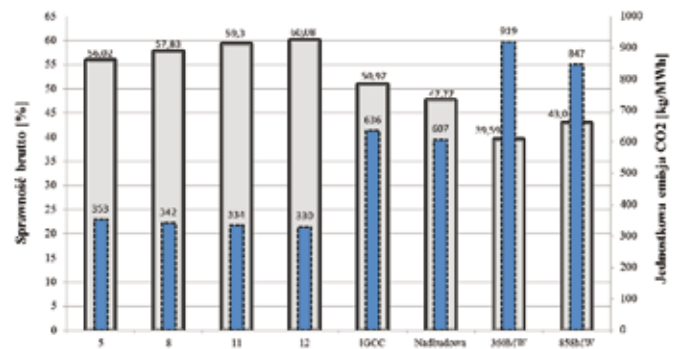
Rys. 4.11. Schemat bilansowy nadbudowanego bloku węglowego na węgiel brunatny turbiną gazową opalaną gazem ziemnym, schemat Nadbudowa

Ponadto w kotle odzyskowym zabudowano 2 wymienniki wspomagające odpowiednio regenerację wysoko i niskoprężną. Założono, iż moc cieplna kotła pozostanie niezmienną. Spowodowało to znaczny przyrost mocy turbiny parowej. Podobnie jak w poprzednich wykorzystano gaz ziemny o niezmiennych parametrach. Wszystkie parametry kotła odzyskowego, poza z góry narzuconymi wynikającymi z dopasowania do istniejącego obiegu, były optymalizowane celem uzyskania najwyższej sprawności.

Analiza wyników

Podsumowując całą analizę umieszczono parametry wybranych wariantów układów Combined Cycle na wspólnym wykresie (rys. 4.12) z układem zintegrowanym ze zgazowaniem (IGCC) oraz układem dwupaliwowym (nadbudowa). Dokonano również porównania z blokami na węgiel brunatny pracującymi w elektrowni Bełchatów – 360 MW (nadbudowywany) i 858 MW (25 MPa, 555/580 °C).

Porównywanymi parametrami są sprawność bloku brutto oraz jednostkowa emisja dwutlenku węgla na jednostkę wyprodukowanej energii elektrycznej. Wzięto pod uwagę jedynie sprawność brutto ze względu trudność w precyzyjnym oszacowaniu mocy urządzeń potrzeb własnych w każdym z wariantów, głównie układu IGCC. Emisję jednostkową, dla porównania wariantów, obliczono na podstawie sprawności brutto. Przyjęto średnie wskaźniki emisji CO₂: przy spalaniu węgla kamiennego 342 kg/MWh, brunatnego 364 kg/MWh, gazu ziemnego 198 kg/MWh, a dla spalania syngazu ze zgazowania węgla kamiennego 324 kg/MWh. Dla układu dwupaliwowego obliczono średnią ważoną.



Rys. 4.12. Porównanie sprawności brutto i jednostkowej emisji dwutlenku węgla analizowanych wariantów z blokami pracującymi w systemie

Należy podkreślić, iż w każdym badanym wariantcie strata ciśnienia spalin w kotle odzyskowym była stała, równa 0,003 MPa. Jest to typowa wartość. Sprawność turbiny gazowej, a więc i całego układu silnie od niej zależy. Dla kotłów bardziej rozbudowanych wartość ta może być wyższa, a dążenie do jej obniżenia bardzo kosztowne. Dlatego też sprawności takich układów mogą się nieznacznie różnić w praktyce. Również obliczone sprawności netto dotyczą tylko elementów potrzeb własnych widocznych na wykresie, więc wartość ta w praktyce okaże się nieznacznie mniejsza.

Należy dodać, iż zamodelowanie wszystkich elementów stosowanych w nowoczesnych blokach gazowo-parowych nie było możliwe przy posiadanych, ograniczonych bibliotekach programu. Ich umieszczenie w schemacie z pewnością podniosłoby jeszcze jego sprawność.

5. Podsumowanie

Nawiązując do pytania zadanego we wstępie, stwierdzić można, iż budowa bloków gazowo-parowych pozwala na osiągnięcie głównych celów na najbliższe lata, jakimi są ograniczenie oddziaływania energetyki na środowisko oraz odtwarzanie mocy wytwórczych. Elektrownie tego typu buduje się niezwykle szybko, koszty inwestycyjne są umiarkowane, a emisyjność bardzo

niska. Wspomniane liczne plany budowy bloków gazowo-parowych pokazują, iż zainteresowanie wyraźnie wzrasta. Pytanie jednak ile ze zgłoszonych planów zostanie zrealizowanych? Trudno odpowiedzieć. Wiele zależy będzie od regulacji prawnych UE dotyczących emisji CO₂ i przyznawania kolorowych certyfikatów. Niepewność hamuje tego typu inwestycje. Pełna odpłatność za emisję każdej tony dwutlenku węgla i wzrost cen jednostkowych za te emisje, zwiększy jeszcze atrakcyjność elektrowni gazowo-parowych.

Analiza uwarunkowań rozwoju elektrowni opalanych gazem wykazała, że w najbliższej przyszłości powinien stopniowo zanikać problem z dostępnością surowca. Perspektywy rozwoju rynku gazu w Polsce i UE, światowy handel LNG, budowa gazoportu LNG i rozbudowa infrastruktury gazowej w kraju winny ułatwiać inwestycje i zwiększać atrakcyjność stosowania gazu, jako paliwa w energetyce. Ponadto potencjalne wydobycie gazu łupkowego może być dodatkowym motorem napędowym do inwestowania.

Planowane elektrownie gazowo-parowe winny opierać się na strukturze trójciśnieniowej z przegrzewem (jak na schemacie 11) w wykonaniu jednopałowym z turbiną gazową klasy H wyposażoną w sekwencyjną komorę spalania. Gwarantuje to uzyskanie bardzo wysokich sprawności. W takiej konfiguracji pracuje blok 4. w niemieckiej elektrowni Irsching, światowy rekordzista – 60,75% netto.

Układy jedno i dwuciśnieniowe powinny być stosowane w przypadku, gdy sprawność generowania energii elektrycznej nie jest priorytetem. Preferowane są one do wykorzystania w kogeneracji. Należy jednak podkreślić, iż analiza energetyczna wykazała, że nawet układ gazowo-parowy jednociśnieniowy – schemat 5 – uzyskuje znacznie wyższą sprawność niż najnowsza jednostka w KSE – Bełchatów II 858 MW.

W związku ze wspomnianymi problemami przestarzałego sektora energetycznego i dużymi zasobami węgla, oprócz budowy nowych bloków, nieuniknione będą liczne modernizacje. Inwestowanie w CCS jest bardzo wątpliwym przedsięwzięciem. Szansą ograniczenia emisyjności starych bloków jest ich modernizacja do dwupaliwowych, poprzez nadbudowę turbiną gazową. Wzrost efektywności takiego bloku, w zależności od rozwiązania będzie różny. W każdym przypadku (nadbudowa równoległa, szeregową, podgrzew kondensatu i inne) ogólna emisja CO₂ ze znacznym naddatkiem mieści się poniżej progu 750 kg/MWh. Analizowany wariant nadbudowy wykazał, iż nawet nadbudowa równoległa kotłem odzyskowym o tylko jednym stopniu ciśnienia daje wyraźny przyrost sprawności. Układ uzyskuje sprawność brutto wyższą o ok. 8 pkt. procentowych niż blok wyjściowy. Ponadto takie rozwiązanie pozwala nadal spalać węgiel, jako główne paliwo, inwestując przy tym nawet 4 razy mniej niż w budowę nowego bloku nadkrytycznego. Czas realizacji będzie relatywnie krótki, a pozostało go niewiele, niecałe 8 lat. Nowe bloki na parametry nadkrytyczne winny być budowane tylko w przypadku, gdy modernizacja do struktury dwupaliwowej okaże się technicznie nieuzasadniona.

W przyszłości, rozwijające się technologie zgazowania węgla pracujące w integracji z układem gazowo-parowym (IGCC – *Integrated Gasification Combined Cycle*), mogą stać się alternatywą dla tradycyjnych technologii węglowych. Dodatkowo dają one możliwość utylizacji paliw dodatkowych i odpadowych. Zapewniają one także stosunkowo łatwe zintegrowanie z układem CCS oraz brak konieczności budowy instalacji odsiarczania i odzotowania spalin, utrzymując przy tym bardzo niskie wskaźniki

emisji. Sprawność (brutto) analizowanego układu była również wyższa, niż porównywanych bloków węglowych.

Bloki gazowo-parowe, czy to w konfiguracji *Combined Cycle*, czy w strukturze dwupaliwowej winny być dynamicznie rozwijane. Należy również dodać ich duże znaczenie dla KSE, jako źródła zdolnego do szybkich zmian obciążenia w kontekście zwiększania udziału mocy ze źródeł odnawialnych oraz budowy elektrowni jądrowej, która znamionowo pracuje z nieznacznie zmieniającą się mocą.

6. Literatura

Artykuł jest streszczeniem pracy inżynierskiej „Analiza porównawcza obiegów cieplnych elektrowni gazowo-parowych” napisanej w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej przez Tomasza Kleszcza pod kierownictwem dr inż. Janusza Buchty. Pełna wersja pracy dostępna jest w Internecie pod adresem: <http://www.cire.pl/item,63197,2,0,0,0,0,0,0,0,analiza-porownawcza-obiegow-cieplnych-elektrowni-gazowo---parowych.html>

W pracy wykorzystano łącznie 63 pozycje, głównie:

1. Badyda K., Miller A.: *Energetyczne turbiny gazowe oraz układy z ich wykorzystaniem*, KAPRINT, Lublin 2011.
2. Bartnik R.: *Elektrownie i elektrociepłownie gazowo-parowe*, WNT, Warszawa 2009.
3. Bartnik R., Duczkowska-Kądział A.: *Jedno- i dwupaliwowe technologie gazowo-parowe jako ważny potencjał modernizacyjny krajowej energetyki*, Energetyka, listopad 2011, s. 665 – 673.
4. Chmielniak T.: *Technologie energetyczne*, WNT Warszawa 2008.
5. Hannemann F., Kehlhofer R., Rukes B., Stirnimann F.: *Combined-Cycle Gas & Steam Turbine Power Plants 3rd edition*; PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma 2009.
6. Iluk T., Kotowicz J.: *Układy gazowo-parowe zintegrowane ze zgazowaniem*, Rynek Energii, marzec 2008, s. 34 – 40.
7. Jonshagen K.: *Modern Thermal Power Plants. Aspects of Modelling and Evaluation*, E-huset Tryckeri, Szwecja, Lund 2010.
8. Kaczmarek A.: *Analiza uwarunkowań rozwoju elektrowni i elektrociepłowni gazowych i gazowo-parowych*, Energetyka, maj 2010, s. 353 – 356.
9. Kalina J., Skorek J.: *Gazowe układy kogeneracyjne*, WNT Warszawa 2005.
10. Kotowicz J.: *Elektrownie gazowo-parowe*, KAPRINT Lublin 2008.
11. Pawlik M., Strzelczyk F.: *Elektrownie*, WNT, Warszawa 2010.
12. <http://www.energy.siemens.com>.
13. <http://www.pgig.pl>.
14. <http://energetyka.wnp.pl>.

Tomasz Kleszcz

Student na studiach dziennych drugiego stopnia kierunku *Elektrotechnika na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, ukończył studia inżynierskie na kierunku Energetyka*
email: tomaszkleszcz@vp.pl

Uroczystość odsłonięcia tablicy pamiątkowej prof. Michała Jabłońskiego w fabryce ABB w Łodzi

W dniu 18 maja 2012 r. na terenie Zakładu Transformatorów Mocy ABB w Łodzi odbyła się uroczystość odsłonięcia tablicy pamiątkowej ku czci Profesora Michała Jabłońskiego – Członka Honorowego SEP. Firma ABB, w uznaniu zasług Profesora w rozwój fabryki transformatorów w Łodzi oraz projektanta pierwszego laboratorium wysokich napięć w ABB (dawniej ELTA), uczyniła Go patronem stacji prób znajdującej się łódzkim Zakładzie Transformatorów Mocy ABB. W uroczystości wzięli udział między innymi członkowie rodziny Profesora Michała Jabłońskiego, przedstawiciele środowiska naukowego, przedstawiciele Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Centrum Badawczego ABB w Krakowie oraz byli i obecni pracownicy ABB, współpracownicy i przyjaciele Profesora.



Działalność firmy ABB przedstawia Andrzej Szumiński – wiceprezes ABB, dyrektor Lokalnej Jednostki Biznesu

Uroczystość prowadził Pan Andrzej Szumiński – wiceprezes Zarządu, dyrektor Lokalnej Jednostki Biznesu, który przybliżył zebrany historię i działalność firmy ABB zarówno w Polsce, jak i na świecie. Podkreślił, jak ważna jest współpraca przemysłu transformatorowego ze środowiskiem akademickim, gdyż osiągnięcia firmy nie byłyby możliwe bez korzystania z wiedzy i kompetencji w zakresie obliczania, projektowania, produkcji i testowania transformatorów. A źródłem tej wiedzy jest w dużej mierze właśnie środowisko akademickie. Wzajemna współpraca jest więc nieoceniona we wzmacnianiu pozycji firmy zarówno na rynku krajowym, jak i światowym.

Sylwetkę i dokonania Profesora przypomniał zebrany prof. Kazimierz Zakrzewski, opowiadając o wieloletniej współpracy z Profesorem Michałem Jabłońskim na płaszczyznach zarówno zawodowej, jak i prywatnej.

Kolejnym punktem uroczystości był pokaz filmu zrealizowanego przez studentów – członków Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego, którzy w niezwykle sposób przedstawili osobę swojego patrona. Film uświadomił zebrany, a szczególnie tym, którzy nie znali bliżej Profesora, jakim On był człowiekiem i wykładowcą, pokazał Jego poczucie humoru, otwartość w kontaktach z młodzieżą, ukazał Profesora jako człowieka szlachetnego, pogodnego, pełnego ciepła i życzliwości dla ludzi.

Podczas uroczystości prof. Franciszek Mosiński – prezes OŁ SEP wręczył, przyznane decyzją Zarządu OŁ SEP medale im. prof. Eugeniusza Jezierskiego: panu Andrzejowi Szumińskiemu – wiceprezesowi ABB, panu Grzegorzowi Płuciennikowi głównemu specjalście – konstruktorowi w Zakładzie Transformatorów Mocy oraz panu Wojciechowi Zielińskiemu, kierownikowi działu konstrukcyjnego w Zakładzie Transformatorów Rozdzielczych. List gratulacyjny od prof. Jerzego Barglika – prezesa SEP odczytał Andrzej Boroń, sekretarz generalny SEP.



Moment wręczenia medali im. prof. Eugeniusza Jezierskiego. Od lewej prof. Franciszek Mosiński, Wojciech Zieliński, Grzegorz Płuciennik i Andrzej Szumiński

Na koniec pierwszej części uroczystości pan Adam Jaros przedstawił historię stacji prób w łódzkim Zakładzie Transformatorów Mocy ABB. Jednym z „ojców” tej stacji był prof. Michał Jabłoński, który był odpowiedzialny za rozruch całego laboratorium, pierwsze próby i – wiele lat później – za jedną z najważniejszych modernizacji. Obecnie stacja prób uważana jest za jedno



Sylwetkę prof. Michała Jabłońskiego przedstawia prof. Kazimierz Zakrzewski



Uczestnicy uroczystości. W pierwszym rzędzie, od lewej Ryszard Sobocki, Małgorzata Golicka-Jabłońska, Piotr Jabłoński i Ewa Napieralska-Juszczak

z najnowocześniejszych laboratoriów badawczych na świecie. Wyposażenie oraz możliwości techniczne pozwalają przeprowadzać badania, których gdzie indziej prowadzić nie można.

W kolejnej części spotkania nastąpiło uroczyste odświeżenie tablicy pamiątkowej, która wmurowana została przy stacji prób. Symbolicznego zdjęcia szarfy dokonała żona Profesora – pani Małgorzata Golicka-Jabłońska. Tablica pamiątkowa jest płaskorzeźbą autorstwa artystki Marii Hempel-Dyblak. Kwiaty w imieniu

Oddziału Łódzkiego SEP złożyli prezes Oddziału – prof. Franciszek Mosiński i sekretarz Oddziału – Zdzisław Sobczak oraz niżej podpisana, a w imieniu Wydziału EEIA Politechniki Łódzkiej złożył dziekan – prof. Sławomir Wiak.

Spotkanie zakończyło wspólne zdjęcie oraz obiad w stacji prób, przy którym kontynuowano wspomnienia o Profesorze Michale Jabłońskim oraz rozmowy o historii i przyszłości przemysłu transformatorowego w Polsce i na świecie.

Anna Grabiszewska

XII Festiwal Nauki, Techniki i Sztuki

Podobnie jak w latach ubiegłych, do udziału i organizacji XII Festiwalu Nauki, Techniki i Sztuki w Łodzi włączyły się stowarzyszenia naukowo-techniczne działające w ramach Naczelnej Organizacji Technicznej NOT. Festiwal odbywał się w dniach 17 – 19 kwietnia 2012 r. Hasło tegorocznego festiwalu brzmiało – **Z WIEDZĄ DO SUKCESU**.

Imprezy organizowane przez NOT miały charakter wykładów, wystaw i wycieczek. Wykłady odbywały się w Domu Technika w dniach 17 i 18 kwietnia, a wycieczki i wystawy w dniach 16 – 20 kwietnia. Pierwszego dnia, 17 kwietnia, sesje wykładowe prowadziła prof. dr hab. inż. Maria Kotefko ze Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników Polskich i dr inż. J. Wiśniewski ze Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Następnego dnia sesje prowadzili dr inż. Zdzisław Czaplicki ze Stowarzyszenia Włókienników Polskich i dr inż. Kazimierz Blus ze Stowarzyszenia Polskich Chemików Kolorystów.

W trakcie sesji wykładowych funkcjonowały dwie wystawy: **Witraże i lampy Tiffanigo** mgr Jolanty Treli oraz wystawa prowadzona przez mgr inż. Bolesława Lipnickiego **Odlewy precyzyjne**.

Stowarzyszenie Elektryków Polskich przygotowało trzy wykłady.

Mgr inż. Michał Wierzbowski i mgr inż. Błażej Olek przedstawili wykład **Energia zielona i jądrowa. Teraz i jutro**. Energia zielona i jądrowa to dwa przeciwległe bieguny współczesnej energetyki posiadające tyleż samo zwolenników jak i przeciwników.



Podczas wykładu przedstawiono zasady działania, innowacyjne rozwiązania, bezpieczeństwo użytkowania oraz perspektywy rozwoju tych dwóch technologii generacji energii elektrycznej.



Dr hab. inż. Grzegorz Granosik zaprezentował zagadnienie **Roboty hipermobilne – idea i zastosowania**. Wykład dotyczył stosunkowo rzadko spotykanych konstrukcji robotów zwanych hipermobilnymi. Składają się z wielu segmentów tworzących strukturę podobną do węża, ale poruszają się dzięki nogom, kołom lub gąsienicom. Wykład obejmował prezentację kilku ciekawych konstrukcji tego typu z różnych ośrodków badawczych oraz pokazał metody sterowania takimi robotami na przykładzie modelu symulacyjnego.



Z kolei dr inż. Adam Ketner, mgr inż. Michał Świątkowski i mgr inż. Piotr Woźniak przedstawili referat **O płynach elektroizolacyjnych do transformatorów energetycznych**. Transformatory energetyczne są zwykle napełnione płynami elektroizolacyjnymi. Płyn ten ma spełnić dwie funkcje: izolacyjną i chłodzącą. Od dawien dawna płynem tym jest olej mineralny, otrzymywany

z ropy naftowej. Transformatory pracujące w energetyce ulegają niestety awariom, w czasie których olej z ich kadzi może przedostać się do gleby, a stąd do wody. Podczas tych awarii zdarzają się również pożary, czemu sprzyjają palność i niska temperatura zapłonu oleju mineralnego. A więc skutki awarii transformatorów olejowych są niekorzystne dla szeroko rozumianego środowiska naturalnego (gleba, woda, powietrze) oraz znajdujących się w tym środowisku organizmów żywych. Powyższe kwestie dały impuls do poszukiwań innego, przyjaznego środowiska płynów elektroizolacyjnych. Rezultaty niektórych z nich przedstawiono w referacie.



Oprócz wykładów, SEP zaoferował możliwość zwiedzania w dniach 17 – 19 kwietnia łódzkich elektrociepłowni EC-2, EC-3 i EC-4. Wycieczki zorganizował mgr inż. Jacek Kuczkowski. Ponadto istniała możliwość zwiedzania w dniach 19 – 20 kwietnia zajezdni tramwajowej. Tę wycieczkę zorganizował inż. Mirosław Grzelakowski.

Wszystkie imprezy, wykłady i wycieczki cieszyły się dużym zainteresowaniem. Uczestniczyły w nich liczne grupy uczniów i studentów.

(JW)

Zwiedzanie łódzkich elektrociepłowni w ramach XII Festiwalu Nauki, Techniki i Sztuki

Tegoroczny Festiwal był największym w historii zwiedzania elektrociepłowni Dalkia Łódź S.A. W 17 grupach zwiedzało 287 uczestników głównie z Zespołów Szkół Ponadgimnazjalnych.

Składam podziękowania wszystkim realizatorom za doskonałe wręcz przygotowanie zwiedzania i zadowolenie zwiedzających, a także opiekunom grup szkolnych z ZSP nr 9 i nr 3, którzy najliczniej odwiedzili zakłady Dalkia Łódź S.A.

(JK)

Serdecznie gratulujemy naszym Kolegom:

Koledze Pawłowi Kelmowi obronienia w dniu 11 czerwca 2012 r. pracy doktorskiej pt.: *Kształtowanie bryły fotometrycznej wieloźródłowej oprawy oświetleniowej z diodami elektroluminescencyjnymi*,
oraz

Koledze Markowi Pawłowskiemu, wiceprezesowi OŁ SEP obronienia w dniu 14 czerwca 2012 r. pracy doktorskiej pt.: *Energooszczędne, inteligentne instalacje komunalne z zasobnikami energii*.

Życzymy dalszych sukcesów naukowych i zawodowych.



Ogólnopolska inauguracja Roku Michała Doliwo-Dobrowolskiego

Michał Doliwo-Dobrowolski urodził się 2 stycznia 1862 r. w Gatczyźnie pod Petersburgiem. Był synem Józefa Dobrowolskiego, pełniącego funkcję dyrektora szkoły zawodowej. W 1878 r. ukończył szkołę realną w Odessie i mając 16 lat podjął studia na Wydziale Chemii Politechniki w Rydze. W 1881 r. wyjechał do Niemiec, gdzie rozpoczął studia na pierwszym na świecie Wydziale Elektrotechnicznym Wyższej Szkoły Technicznej w Darmstadt w Hesji prowadzonym przez prof. Erasmusa Kittlera. W 1883 r. został nagrodzony na Międzynarodowej Wystawie Elektrotechnicznej w Wiedniu za zaprezentowane na niej ogniwo galwaniczne własnej konstrukcji. Tego samego roku, dzięki poleceniu prof. Erasmusa Kittlera nawiązał współpracę z firmą Deutsche Edison-Gesellschaft (późniejsze AEG).



*M. Doliwo-Dobrowolski
około roku 1908*

Po poślubieniu w Odessie Kornelii Tumba w 1887 r. udał się wraz z nią do Berlina, gdzie w oddziale firmy AEG objął kierownicze stanowisko. Dało mu to możliwość realizowania się jako konstruktor. W 1889 r. zgłosił patent rewolucyjnego silnika indukcyjnego trójfazowego klatkowego. Tani w produkcji, łatwy w obsłudze silnik zapoczątkował nowy rozdział w elektryce na całym świecie. W tym samym roku M. Doliwo-Dobrowolski skonstruował również generator prądu przemiennego, a następnie silnik zwany dziś pierścieniowym oraz dwuklatkowy. Jednocześnie pracował nad rozwojem różnych wariantów transformatorów trójfazowych. Jest on również twórcą autotransformatora. W 1891 r., podczas Wszechświatowej Wystawy Elektrotechnicznej we Frankfurcie n. Menem zaprezentował kilka urządzeń pracujących w systemie trójfazowym, a zasilane one były poprzez pierwszy na świecie system trójfazowy, który przesłał linią o napięciu 15 – 30 kV energię elektryczną z odległej o 175 km elektrowni Lauffen. Rok ten uznaje się za początek epoki prądu przemiennego. Kontynuował on nadal badania nad generatorami dużej mocy, co w efekcie zaowocowało wykonaniem w 1898 r. prądnicy dla pierwszej na świecie elektrowni wodnej w Rheinfelden. Współpracował on także z projektantami elektrowni ciepłych w Zabrze i Chorzowie.

Jego osiągnięcia zostały docenione otrzymanym w 1900 r. Medalem Światowej Wystawy w Paryżu, po czym w 1901 r. nadano mu tytuł doktora honoris causa Politechniki w Darmstadt. W tym samym roku został on również członkiem Komisji Normalizacji i Maszyn Elektrycznych Stowarzyszenia Elektrotechników Niemieckich oraz komisji ds. histerezy magnetycznej tego stowarzyszenia. Zmarł 15 listopada 1919 r. w klinice uniwersyteckiej w Heidelbergu.

W dniu 8 września 2011 r. Zarząd Główny SEP podjął uchwałę o ustanowieniu roku 2012 Rokiem Michała Doliwo-Dobrowolskiego. Dnia 13 kwietnia 2012 r. odbyła uroczysta, ogólnopolska inauguracja zorganizowana przez Szczeciński Oddział SEP im. Michała Doliwo-Dobrowolskiego, której uczestnikiem była delegacja młodzieży ze Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej.



Pamiątkowa fotografia z delegacją młodzieży z SK SEP im. prof. M. Jabłońskiego przy PŁ oraz przedstawicielami młodzieży ze Szczecina. W pierwszym rzędzie od lewej: Jerzy Hickiewicz, Jerzy Barglik, Piotr Szymczak, Stefan Molenda

Uroczystości rozpoczęto o godz. 9:30 od konferencji prasowej w sali konferencyjnej rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT). Po czym o godz. 11:00, w Sali Rady Wydziału Elektrycznego ZUT odbyło się uroczyste posiedzenie Ogólnopolskiego Komitetu Obchodów Roku Michała Doliwo-Dobrowolskiego z udziałem prezesa SEP Jerzego Barglika, członka Zarządu Głównego (ZG) Krzysztofa Wolińskiego, prezesa Oddziału Szczecińskiego Adama Borguńskiego, prezesa Oddziału Poznańskiego Kazimierza Pawlickiego, przewodniczącego Centralnej Komisji Historycznej Jerzego Hickiewicza, wiceprezesa Oddziału Radomskiego Wiesława Michalskiego, przedstawiciela Oddziału Warszawskiego Stefana Molendy, ośmioosobowej delegacji młodzieży z Oddziału Łódzkiego oraz goszczącego w murach Wydziału Elektrycznego dziekana prof. Stefana Domka. Omówione zostały cele na najbliższy rok dotyczące obchodów ogłoszonego roku, poinformowano o planowanej wymianie młodzieży Polski i Federacji Rosyjskiej oraz wyjeździe do Darmstadt. Prowadzącym obrady był członek ZG oraz przewodniczący Ogólnopolskiego Komitetu Organizacyjnego Roku Michała Doliwo-Dobrowolskiego, Piotr Szymczak.



Delegacja młodzieży ze SK SEP im. prof. M. Jabłońskiego przy PŁ przy pamiątkowym obelisku na skwerze im. M. Doliwo-Dobrowolskiego



Komisarz Romuald Nowakowski podczas oprowadzania po wystawie poświęconej M. Doliwo-Dobrowolskiemu

Następnie o godz. 13:00 goście zebrali się przed pamiątkowym obeliskiem, znajdującym się na skwerze im. Michała Doliwo-Dobrowolskiego, gdzie złożono wieńce oraz zapalono znicze. Oficjalna inauguracja odbyła się o godz. 14:00 w Sali Senatu ZUT, w obecności JM Rektora ZUT prof. Włodzimierza Kiernożyckiego oraz wymienionych już gości. Zebranych powitał członek ZG Piotr Szymczak, a otwarcia uroczystego seminarium dokonał prezes Jerzy Barglik. Wyróżniono trzy instytucje oraz cztery osoby medalem im. M. Doliwo-Dobrowolskiego. Następnie wygłoszono następujące referaty: „Stowarzyszenie Elektryków Polskich wczoraj i dziś” – Jerzy Barglik, „Początki nauczania elektrotechniki na ziemiach polskich” – Jerzy Hickiewicz, „Michał Doliwo-Dobrowolski pionier elektrotechniki” – Piotr Szymczak. Po zakończeniu seminarium zaproszono gości na otwarcie, w holu Wydziału Elektrycznego ZUT, wystawy prezentującej życie i osiągnięcia tego wybitnego elektryka polskiego pochodzenia. Orowadzającym był Komisarz Romuald Nowakowski.

Po zakończeniu części oficjalnej delegacji Oddziału Łódzkiego udali się na godzinne zwiedzanie Szczecina „Spacerkiem

po uroczych zakątkach miasta” z przewodnikiem, który wykorzystując swoją niezwykłą wiedzę przybliżył historię miasta, po czym pokierował do Filharmonii Szczecińskiej na kolejną część obchodów. Odbył się tam koncert Orkiestry Symfonicznej Filharmonii Szczecińskiej oraz Chóru Akademickiego im. prof. Jana Szyrockiego ZUT, w programie K. Jenkins – *Mass of Peace*, dyrygował Szymon Wyrzykowski. Na zakończenie uroczystej ogólnopolskiej inauguracji w siedzibie FSNT NOT odbyło się spotkanie uczestników z przedstawicielami Chóru Akademickiego ZUT, który wykonał koncert *a capella*.

Studenckie Koło SEP im. im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej pragnie podziękować Oddziałowi Łódzkiemu za możliwość uczestniczenia w tak doniosłej uroczystości. Nasza obecność w tak licznej grupie została bardzo pozytywnie odebrana, a szczególne podziękowania dla Oddziału Łódzkiego kierował członek ZG oraz przewodniczący Ogólnopolskiego Komitetu Organizacyjnego Roku Michała Doliwo-Dobrowolskiego Piotr Szymczak.

Tomasz Kleszcz

X Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu Instalacje elektryczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia n.t. Wybrane Zagadnienia Stacji Elektroenergetycznych, 09.05.2012 r. – EXPOPOWER & GREENPOWER Poznań

W dniach 8 – 10 maja 2012 r. odbyły się Międzynarodowe Targi Energetyki EXPOPOWER oraz Międzynarodowe Targi Energetyki Odnawialnej GREENPOWER na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich. Była to czwarta edycja targów cieszących się bardzo dużym zainteresowaniem. Stały się one jednym z najważniejszych spotkań branży elektroenergetycznej w kraju, gdyż można tam zapoznać się m. in. z ofertą czołowych

firm energetycznych działających na rynku krajowym i nie tylko. Wystawa GREENPOWER, dotycząca odnawialnych źródeł energii dla gospodarstw domowych, zwracała szczególnie uwagę zwiedzających. Dotyczyła głównie energii słonecznej, wiatrowej, biogazu, ale także można było uzyskać informacje na temat energooszczędnych rozwiązań dla domu. Podczas licznych konferencji trwających w trakcie targów poruszano tematykę

inwestowania w sektorze energetyki odnawialnej, ale również doświadczeń eksploatacyjnych. Patronat honorowy nad wydarzeniem objęło m. in. Ministerstwo Gospodarki, Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Polska Izba Gospodarcza Elektrotechniki.



Rozpoczęcie konferencji przez Prezesa Oddziału Poznańskiego SEP Kazimierza Pawlickiego, fot. kol. Adam Cieślak

Jednym z elementów targów EXPOPOWER była X Konferencja Naukowo-Techniczna z cyklu *Instalacje elektryczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia n.t. Wybrane zagadnienia stacji elektroenergetycznych*, organizowana przez Oddział Poznański Stowarzyszenia Elektryków Polskich im. prof. Józefa Węglarza. Delegacja ze Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy PŁ, w składzie Adam Cieślak, Marcin Rybicki i Łukasz Zapala była uczestnikiem tego wydarzenia.

Konferencja rozpoczęła się o godz. 10:00, od powitania zebranych przez prezesa Oddziału Poznańskiego SEP Kazimierza Pawlickiego. Następnie głos zabrali przedstawiciele firmy ENEA Operator, przedstawiając referat pt. *Kryteria doboru przekładników prądowych i napięciowych do pomiarów i zabezpieczeń*. Poruszono tematykę wymagań technicznych stawianych przez operatorów systemu rozdzielczego odbiorcom w zakresie przekładników stosowanych w układach pomiarowo-



Prezentacja firmy ABB „Energoozczędne transformatory o rdzeniu z blach amorficznych”, fot. www.expopower.pl



Prezentacja oferty kogeneracyjnego kontera z silnikiem spalinowym spalającym biogaz autoryzowanego przedstawiciela Ge Gas Engines - ekspozycja GREENPOWER, fot. kol. Adam Cieślak

-rozliczeniowych i zabezpieczeń wynikających w głównej mierze z aktualnych aktów prawnych oraz zatwierdzonej *Instrukcji ruchu i eksploatacji systemu dystrybucyjnego*. Następnie, od godz. 10:45 przedstawiciele firmy ABB Sp. z o. o. Oddział Przasnysz prezentowali referat *Przekładniki prądowe i napięciowe w stacjach wysokich napięć*. Omówiono nowe produkty fabryki przekładników tej firmy, ze szczególnym naciskiem na zmiany konstrukcyjne w stosunku do poprzednich konstrukcji, znacznie poprawiające ich właściwości. Kolejne wystąpienie na temat *Przekładników prądowych i napięciowych w stacjach średnich napięć*, przedstawiła również firma ABB. Omówiono aktualne oczekiwania rynku dotyczące dokładności pomiaru parametrów energii elektrycznej oraz zasady doboru odpowiedniej mocy znamionowej przekładnika, która to w znacznym stopniu wpływa na poprawną jego pracę.



Stoisko prezentujące działanie instalacji fotowoltanicznej, fot. kol. Adam Cieślak

Po zakończeniu prezentacji odbyła się przerwa kawowa, a po niej ponownie pracownik ABB zabrakł głos. Tym razem tematem były *Energoozczędne transformatory o rdzeniu z blach amorficznych*, jako przyszłościowe rozwiązania pozwalające na ograniczenie strat mocy w sieciach rozdzielczych. Transformatory rozdzielcze tego typu (amorficzne) są już w ofercie firmy, w zakresie mocy od 10 do 3500 kVA. Porównano również wpływ układu połączeń transformatora na jego masę i wymiary – Yz vs Dy. Ostatnie wystąpienie traktowało także na temat transforma-



Widok hali targowej EXPOPOWER, fot. kol. Adam Cieślak

torów, a dokładniej analizowano *Wpływ oszczędności w stratach energii na dobór transformatorów rozdzielczych SN/nn*. Referat wygłosił przedstawiciel Wyższej Szkoły Kadr Menedżerskich w Koninie. Przedstawiono współzależności między oszczędnościami w stratach energii elektrycznej podczas transformacji przy założonym charakterze obciążenia jednostki a przyrostem nakładów inwestycyjnych na transformator rozdzielczy o określonej wydajności energetycznej.

Na zakończenie konferencji odbyła się krótka dyskusja uczestników spotkania z referującymi, po czym zebranych pożegnał i podziękował za udział prezes Oddziału Poznańskiego SEP Kazimierz Pawlicki. Koledzy z SK SEP wykorzystali jeszcze pozostały czas na zwiedzanie rozległej wystawy EXPOPOWER oraz niezwykle interesującej GREENPOWER.

Pragniemy złożyć szczególne podziękowania dla Oddziału Łódzkiego SEP za wsparcie finansowe, bez którego ten bardzo przydatny dla nas wyjazd, nie mógłby się odbyć.

Tomasz Kleszcz

IX Rada Prezesów SEP Słupsk, Dolina Charlotty, 10 – 13 maja 2012 roku

W dniach 10 – 13 marca br. w Hotelu Dolina Charlotty, opodal Słupska, odbyło się dziewiąte w kadencji zebranie Rady Prezesów SEP, zorganizowane staraniem Oddziału Słupskiego SEP. Obrady prowadzili: prezes SEP Jerzy Barglik oraz dziekan Rady Prezesów Franciszek Mosiński. Obecny był sekretarz generalny SEP Andrzej Boroń oraz członkowie Zarządu Głównego SEP, kol. Aleksandra Konklewska, która łączy funkcję członka ZG SEP i prezesa Oddziału Toruńskiego SEP oraz koledzy Marek Grzywacz, Eugeniusz Kaczmarek, Krzysztof Kolonko i Piotr Szymczak. W Radzie uczestniczyło 31 prezesów i 4 wiceprezesów oddziałów SEP.



Fot. 1. Spacer po Słupsku



Fot. 2. Na wydmach w Słowińskim parku Narodowym

Część merytoryczna obrad Rady Prezesów – w głównym nurcie – była wypełniona ożywioną dyskusją nad:

1. informacją członka ZG SEP Piotra Szymczaka o inauguracji obchodów roku Michała Doliwo-Dobrowolskiego;
2. sprawozdaniem finansowym Zarządu Głównego; Rada po wysłuchaniu opinii Zespołu Finansowego RP pracującego pod przewodnictwem Kazimierza Pawlickiego prezesa Oddziału Poznańskiego, jednomyślnie zaakceptowała sprawozdanie;
3. projektem zmian w instrukcji finansowej SEP, przedstawionym przez kol. Krzysztofa Kolonko;
4. projektem przygotowań do XXXVI Walnego Zjazdu Delegatów SEP w Szczecinie; informację o stanie przygotowań



Uczestnicy zebrania Rady Prezesów. Fot. Paweł Gawel



Fot. 3. Latarnia morska w Czołpinie

do tego ważnego wydarzenia przedstawili Piotr Szymczak i Adam Borguński, prezes Oddziału Szczecińskiego; sprawy organizacyjne związane z przygotowaniem do Zjazdu, w tym działalność Zespołu Statutowego SEP omówił kol. Marek Grzywacz, który przedstawił także stan prac nad ustawą o zreszeeniach.

Omówiono stan przygotowań do imprez centralnych SEP (Światowy Dzień Telekomunikacji i Społeczeństwa Informacyjnego – Warszawa, 17 maja 2012, Międzynarodowy Dzień Elektryki – Belchatów, 11 czerwca 2012 r., Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka – Częstochowa, 7 – 9 listopada 2012 r.).

Wysłuchano prezentacji firmowych, informacji o działalności Oddziału Słupskiego SEP oraz omówiono sprawy różne, w tym kwestie organizacji kolejnych zebrań Rady Prezesów SEP w Gdańsku, Warszawie, Bydgoszczy, Kołobrzegu i Krakowie.

Obradom merytorycznym towarzyszył ciekawy program turystyczno-integracyjny. W piątek rano prezesi oddziałów i osoby towarzyszące zwiedzili Muzeum w Słupsku (fot. 1). Sobota poświęcona była zwiedzaniu ruchomych wydm w Rąbkach, Muzeum Wsi Słowińskiej w Klukach i latarni morskiej w Czołpinie (fot. 2 i 3).

Literatura

1. Infosepik nr 436, 10.05.2012 r.
2. Infosepik nr 437, 11.05.2012 r.
3. Infosepik nr 438, 14.05.2012 r.
4. Infosepik nr 439, 15.05.2012 r.

(Zdjęcia i tekst FM)

Zjazd Dziekanów

W dniach 31.05 – 02.06.2012 r. w Łodzi, na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej odbył się XXII Ogólnopolski Zjazd Dziekanów Wydziałów Elektrycznych, Elektroniki, Telekomunikacji, Automatyki i Robotyki oraz Informatyki. W zjeździe oprócz Dziekanów uczestniczyli także m.in. przedstawiciele Polskiej Komisji Akredytacyjnej, Państwowej Akademii Nauk, Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego, Centralnej Komisji ds. stopni i tytułów, eksperci bolońscy, eksperci z PricewaterhouseCoopers (PWC), przedstawiciele Microsoft Polska. Celem spotkania była wymiana doświadczeń i poglądów władz Wydziałów uczelni krajowych oraz przedstawicieli środowiska naukowego, dotyczących działalności naukowej i dydaktycznej.



Wystąpienie prof. dr hab. inż. Sławomira Wiaka

W ramach obrad Zjazdu omawiane były wybrane zagadnienia ogólne i prawne dotyczące Krajowych Ram Kwalifikacji oraz główne problemy związane z przygotowywanymi efektami kształcenia. Poruszana była również problematyka studiów doktoranckich, pomiarów jakości kształcenia oraz informatycznego wspomaganie procesu dydaktycznego.

Uczestnicy Zjazdu dyskutowali głównie na temat jakości kształcenia i przygotowania studentów na potrzeby wymogów rynku pracy i gospodarki. Jednym z punktów programu była dyskusja dotycząca współpracy pomiędzy szkołami wyższymi oraz przedsiębiorcami. Przedstawiciele biznesu podzielili się swoimi uwagami dotyczącymi praktycznych aspektów współpracy pomiędzy firmami a uczelniami technicznymi, w tym oczekiwań



Uczestnicy zjazdu

wobec kompetencji studentów starających się o pracę w reprezentowanych korporacjach.

W trakcie spotkania uczestnicy mogli wysłuchać występu chóru akademickiego Politechniki Łódzkiej pod batutą Jerzego Rachubińskiego oraz obejrzeć w Galerii „Pod Napięciem”, znajdującej się w budynku organizatora, obrazy namalowane przez studentów Akademii Sztuk Pięknych.

Puchar przechodni Zjazdu Dziekanów został przekazany przez Dziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej prof. dr hab. inż. Sławomira Wiaka dr hab. inż. Andrzejowi Kapłonowi, Dziekanowi Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej. Kolejny Zjazd w 2013 roku w Kielcach pozwoli na kontynuowanie owocnej wymiany doświadczeń.

dr inż. Ewa Korzeniewska

Lech Grzelak (1949 – 2012)

*Odszedłeś od nas tak nagle pozostawiając smutek i wielki żal.
A chcieliśmy jeszcze tak wiele dokonać.
W sercach naszych trwać będziesz na zawsze.*



Z ogromnym smutkiem i żalem przyjęliśmy wiadomość o nagłej śmierci naszego Kolegi Lecha Grzelaka. Odszedł późnym wieczorem 15 maja 2012 r., w wieku 63 lat. Tak trudno uwierzyć, mówić i pisać o Nim w czasie przeszłym. Jeszcze dzień przed śmiercią był w Oddziale Łódzkim SEP, pogodny, serdeczny, taki jak zawsze i takim Go zapamiętamy.

Lech Grzelak urodził się 10 stycznia 1949 r. w Łodzi. W 1972 r. ukończył studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Łódzkiej, specjalność trakcja elektryczna.

Już w czasach studenckich, w 1970 roku rozpoczął swoją ponad 40-letnią pracę społeczną na rzecz Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Trwała by ona nadal, gdyby Jego życie nie zostało tak niespodziewanie przerwane, bo obok pracy zawodowej, to właśnie działalność stowarzyszeniowa dawała Mu ogromną satysfakcję i była dla Niego źródłem zadowolenia i motywacją do podejmowania kolejnych działań społecznych. Miał jeszcze tyle planów i marzeń, których, niestety, już nie zrealizuje.

Pracę zawodową rozpoczął w 1972 r. w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym MPK Łódź. W latach 1975 – 1988 był dyrektorem Zespołu Usług Technicznych Naczelnej Organizacji Technicznej w Łodzi, gdzie opracował i wdrożył koncepcję działalności ZUT. Nie bał się wyzwań i nowych doświadczeń, dlatego też kolejne lata pracował w Towarzystwie Powierniczo-Consultingowym FIDELIA Sp. z o.o., a także założył własną firmę zajmującą się doradztwem techniczno-ekonomicznym. Od początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku do 2010 r. pracował w Dalkii Łódź S.A. (dawniej Zespół Elektrociepłowni w Łodzi), w której opracował i wdrożył system polityki marketingowej oraz koncepcję programowania

metodami statystycznymi zaopatrzenia na ciepło sieciowe, system badania konkurencyjności ciepła sieciowego, a także system doradztwa dla odbiorców ciepła. Pracował również w zespołach merytorycznych oceniających możliwość włączenia do struktur Dalkii nowych podmiotów gospodarczych. Był członkiem Rady Nadzorczej Spółki Energo – Inwest – Broker w Toruniu.

Kolega Lech Grzelak należał do długoletnich, najbardziej aktywnych członków naszego Stowarzyszenia. W działalności społecznej i zawodowej dał się poznać jako człowiek potrafiący w sposób rzeczowy uzasadnić swoje zdanie, a jednocześnie przyjmować racje innych. Cenił profesjonalizm, współpracując z Nim dokładało się wszelkich starań, aby Go nie zawieść, a powierzone zadania wykonać z największą starannością i dokładnością. Szanowany przez przełożonych, cieszący się zaufaniem kolegów, znany był jako człowiek odpowiedzialny, reagujący na potrzeby współpracowników. Zawsze gotowy do pomocy tym, którzy jej potrzebowali.

Kolega Lech Grzelak był prezesem Oddziału Łódzkiego SEP w latach 1990 – 1998, przez kilka następnych kadencji, również w tej bieżącej, wiceprezesem – skarbnikiem Oddziału. Aktywnie działał w naszym Stowarzyszeniu również na szczeblu centralnym. W latach 1990 – 1994 był członkiem Zarządu Głównego SEP oraz członkiem Prezydium Zarządu Głównego. Od grudnia 2007 r. do marca 2010 r. pełnił funkcję wiceprzewodniczącego Głównego Sądu Koleżeńskiego. Jako prezes Oddziału Łódzkiego SEP zrestrukturyzował Biuro Oddziału. Rozpropagował działalność gospodarczą Oddziału w trudnych warunkach transformacji początku lat dziewięćdziesiątych, przyczynił się do odbudowy stanu liczebnego Oddziału. Był jednym z inicjatorów reaktywowania Studenckiego Koła SEP przy Politechnice Łódzkiej, inicjatorem komputeryzacji Biura oraz wydawania Biuletynu Techniczno-Informacyjnego Oddziału Łódzkiego SEP. Do końca był członkiem Komitetu Redakcyjnego Biuletynu.

Posiadał dużą wiedzę w dziedzinie techniki, ekonomii i prawa, którą potrafił wykorzystać w życiu zawodowym i pracy społecznej. Ceniony, rzetelny specjalista, cieszący się autorytetem w środowisku technicznym, licencjonowany audytor energetyczny i rzeczoznawca SEP, a także wykładowca, który w wyjątkowy sposób potrafił dzielić się swoją wiedzą i doświadczeniem. W lutym tego roku został powołany na Pełnomocnika Sekretarza Generalnego SEP ds. restrukturyzacji Agend Stowarzyszenia.

Praca zawodowa i społeczna nigdy nie przesłaniały Mu życia rodzinnego, które cenił sobie najbardziej i które zawsze było dla Niego najważniejsze. Z żoną Haliną przeżyli wspólnie 40 lat. Gdy tylko mógł wyjeżdżał poza miasto do swojej ukochanej Małej Wsi, gdzie w ciszy i spokoju, pośród szumiących drzew i nurtu płynącej rzeki Warty mógł odpocząć i zbierać siły do dalszej pracy. Obcowanie z przyrodą, ze zwierzętami, wypadki do lasu i nad pobliską rzekę były dla Niego cennymi chwilami wytchnienia od codzienności.

Za wieloletnią, oddaną działalność zawodową i społeczną został uhonorowany wieloma odznaczeniami państwowymi i stowarzyszeniowymi – Srebrnym i Brązowym Krzyżem Zasługi, Honorową Odznaką Miasta Łodzi, Złotą i Srebrną Odznaką Honorową SEP i NOT, Medalem im. prof. Mieczysława Pożaryskiego, Medalem im. inż. Kazimierza Szpotańskiego, Medalem im. prof. Janusza Groszkowskiego, Medalem im. prof. Romana Podoskiego, Medalem im. prof. Eugeniusza Jezierskiego, Medalem 90-lecia SEP oraz Godnością Zasłużonego Seniora SEP.

Życzliwy, koleżeński, zaangażowany w to, czego się podejmował, odszedł w pełni sił, w trakcie realizacji kolejnych zadań. Pożegnaliśmy Go 21 maja 2012 r. na cmentarzu św. Franciszka w Łodzi. Pożegnaliśmy wieloletniego prezesa Oddziału, zasłużonego działacza Stowarzyszenia, ale przede wszystkim wspaniałego, serdecznego, życzliwego i ciepłego Człowieka, Kolegę, Przyjaciela...

Na zawsze pozostanie w naszej pamięci i w naszych sercach, *bo nie umiera ten kto trwa w pamięci żywych* (ks. Jan Twardowski).

Anna Grabiszewska

Leszek. Wspomnienie

Jeszcze rano z Nim rozmawiałem. Miał przyjechać do Warszawy, zrelacjonować prace związane z restrukturyzacją Biura Badawczego ds. Jakości SEP. Twierdził, że czuje się źle i idzie do lekarza. Zmarł późnym wieczorem 15 maja 2012 r. Miał 63 lata.

Leszka Grzelaka poznałem na początku lat dziewięćdziesiątych. Może to jest nieściskość, gdyż spotkaliśmy się wcześniej na Politechnice – Leszek studiował na tym samym wydziale, rok „niżej” i z pewnością się nie raz widzieliśmy. Na początku lat dziewięćdziesiątych, Leszek był wówczas prezesem Oddziału Łódzkiego SEP, spotkaliśmy się w Stowarzyszeniu, na którymś z zebrań. Już wkrótce (1993 r.) okazało się, że Leszek rozpoczął pracę w Zespole EC w Łodzi, tak więc nasze kontakty były częstsze i dotyczyły również spraw zawodowych.

Leszek był promotorem mojej działalności stowarzyszeniowej – zrobił to bardzo umiejętnie. Na początku zaproponował mi współpracę w Biuletynie OŁ SEP, później start w wyborach na prezesa Oddziału Łódzkiego. I tak, od ponad dwudziestu lat w SEP-ie „działam”.

Choć w Zespole EC (dziś Dalkia Łódź SA) pracowaliśmy w różnych pionach, nasze kontakty zawodowe były bardzo częste. Początkowo przy restrukturyzacji firmy, następnie prywatyzacji, a już ostatnio przy projektach pozyskania nowych obiektów („Ra-

domsko”, „Kutno” czy „Zgierz”). Mogłem zatem ocenić i docenić zaangażowanie Leszka, jego profesjonalizm i czasami tytaniczną wręcz pracę przy łączeniu w całość projektu, pracę zawsze w niedoczasie, na „wczoraj”, przy tworzeniu odpowiedniego klimatu współpracy. Nie wszystkie przedsięwzięcia zostały zrealizowane. Ale dzięki między innymi Jego wysiłkom, sporo firma zyskała.

Leszek był pryncypialny. Miał swoje zdanie i potrafił je argumentować. I miał jeszcze dwie wyjątkowe cechy charakteru – był prawdomówny i szczery. Doceniałem je i uważałem za Jego duży atut, choć nie zawsze były one przyjmowane właściwie. Bo prawda czasami boli i nie wszyscy chcą jej wysłuchać.

Leszek zakończył pracę w Dalkii dwa lata temu. Szukał nowych wyzwań zawodowych. Przez rok pracował jako ekspert w toruńskim Energo – Inwest – Brokerze. Na początku tego roku zaproponowałem mu pracę nad restrukturyzacją agend SEP-u. Propozycję przyjął. Po akceptacji Zarządu Głównego został Pełnomocnikiem Sekretarza Generalnego SEP ds. restrukturyzacji agend SEP. Na pierwsze rezultaty Jego spostrzeżeń czekałem właśnie 15 maja.

Pożegnaliśmy Go 21 maja na łódzkim cmentarzu przy ul. Rzgowskiej. Do tej pory nie mogę uwierzyć, że Go z nami już nie ma.

Andrzej Boroń

Mieczysław Wasilewski (1946 – 2012)

Nie ma już niestety, wśród nas kol. Mieczysława Wasilewskiego. Zmarł 6 maja 2012 r., w wieku 66 lat. Ze Stowarzyszeniem Elektryków Polskich związany od 1975 roku. Odznaczony m.in. Złotą i Srebrną Odznaką Honorową SEP, Srebrną Odznaką Honorową NOT i Medalem im. inż. Kazimierza Szpotańskiego.

Od kilkunastu lat członek komisji kwalifikacyjnej przy Oddziale Łódzkim SEP, przez kilka lat pełnił też, jako znakomity praktyk inżynier elektryk, funkcję przewodniczącego Poradni Energetycznej OŁ SEP, udzielając bezpłatnych porad elektrykom łódzkim.

Był zweryfikowanym wykładowcą SEP. Politechnikę Łódzką ukończył w latach siedemdziesiątych, uzyskując tytuł inżyniera elektryka, następnie ukończył również na Politechnice studia podyplomowe. W kolejnych latach uzyskał uprawnienia budowlane i ukończył kurs dla pracowników służb BHP.

Pracował 47 lat w jednej i tej samej firmie, dawniej EMA Elester, obecnie GE Power Controls S.A. Pracował na różnych stanowiskach, m.in. jako kierownik Działu Głównego Mechanika, kierownik Działu Ochrony Środowiska, ostatnio jako manager ds. infrastruktury. Zarówno w firmie, w SEP, wszędzie darzono Go dużą sympatią, był koleżeński, uczynny, życzliwy.

Był wyśmienitym fachowcem, na którego zawsze mógł liczyć każdy: od podwładnego do najwyższej rangi przełożonego, od kogokolwiek potrzebującego pomocy i wsparcia koleżeńskiego, stowarzyszeniowego, po Zarząd SEP.

Cześć Jego pamięci



(MB)

IX Wojewódzkie Dni Młodego Elektryka

W dniu 19 kwietnia bieżącego roku na wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej odbyła się już IX odsłona Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka. Uroczystość odbyła się tradycyjnie w Sali Konferencyjnej wydziału WEELiA oraz wybranych jednostkach dydaktycznych. Impreza organizowana jest corocznie przez członków Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej oraz Technical University of Lodz Student Branch IEEE.



Uroczyste rozpoczęcie IX Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka przez prezesa kolegę Wojciecha Łyżwę

- Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 20 im. Marszałka Józefa Piłsudskiego w Łodzi,
- Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 1 im. 10-tego Pułku Piechoty w Łowiczu
- Zgierski Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych im. Jana Pawła II w Zgierzu,
- Technikum Energetyczne przy Zespole Szkół Ponadgimnazjalnych nr 3 w Bełchatowie,
- Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 9 im. Komisji Edukacji Narodowej w Łodzi,
- Technikum Elektroniczne przy Zespole Szkół Ponadgimnazjalnych nr 10 im. Jana Szczepanika w Łodzi.

Podczas oficjalnego otwarcia IX WDME prezes Studenckiego Koła SEP, kol. Wojciech Łyżwa przywitał przybyłych gości, w tym: przedstawiciele władz Wydziału EEliA Politechniki Łódzkiej, członków Oddziału Łódzkiego SEP, nauczycieli akademickich oraz gości ze szkół ponadgimnazjalnych, a także dokonał krótkiego przedstawienia działalności SK SEP. Następnie dziekan wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej prof. dr hab. inż. Sławomir Wiak wygłosił przemówienie na temat Politechniki Łódzkiej ze szczególnym wyróżnieniem naszego wydziału. Omówił proponowane dla młodych elektryków kierunki i możliwości, jakie niesie ze sobą decyzja o podjęciu studiów na Wydziale EEliA. Szczegółową ofertę dydaktyczną przedstawił zaproszonym gościom prodziekan ds. kształcenia, dr hab. inż. Sławomir Hausman. W kolejnej części dr inż. Józef

Wojewódzkie Dni Młodego Elektryka są skierowane do ludzi młodych, a konkretnie do uczniów szkół ponadgimnazjalnych o profilach technicznych.

W czasie tej imprezy mają oni okazję zapoznania się z działalnością Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Technical University of Lodz Student Branch IEEE oraz Politechniką Łódzką, która może być ich dalszą drogą kształcenia. Celem WDME jest propagowanie wiedzy na temat szeroko pojętej elektrotechniki oraz uświadomienie uczestnikom, że kształcenie się w kierunkach technicznych jest bardzo dobrą inwestycją na przyszłość, która jednocześnie może przynieść wiele satysfakcji. Wojewódzkie Dni Młodego Elektryka z roku na rok cieszą się coraz większym zainteresowaniem. W tegorocznej imprezie wzięło udział aż siedem szkół z województwa łódzkiego:

- Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 2 im. Janusza Groszkowskiego w Pabianicach,



Organizatorzy IX Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka wraz z panią Małgorzatą Golicką-Jabłońską



Uczestnicy IX WDME podczas rozwiązywania testu teoretycznego

Wiśniewski, wiceprezes ds. naukowo-technicznych Oddziału Łódzkiego SEP wygłosił prezentację na temat Oddziału Łódzkiego SEP.

Po uroczystym otwarciu kol. Łukasz Karpik, prezes Technical University of Lodz Student Branch IEEE zaprezentował projekty wykonane przez studentów, m.in. „Rowerową Elektrownię Domową” oraz „Działko magnetyczne Coilgun”. Kol. Leszek Byczkowski pokazał model inteligentnego budynku. Wszystkie projekty wzbudziły ogromne zainteresowanie wśród uczestników.

W dalszej części nadszedł czas na zwiedzanie przez uczniów jednostek dydaktycznych wydziału EEIiA m in.:

- Instytutu Elektroenergetyki,
- Instytutu Systemów Inżynierii Elektrycznej,
- Instytutu Elektroniki,
- Katedry Aparatów Elektrycznych.

W Katedrze Aparatów Elektrycznych uczestnicy mieli okazję obejrzenia zwiarcowni, gdzie odbywają się próby wyłączników. W Instytucie Elektroenergetyki prowadzący oprowadzili uczniów po Laboratorium Inżynierii Wysokich Napięć, gdzie mogli oni zaobserwować sposoby pomiarów wyładowań elektrycznych oraz aparaturę z tym związaną. Mogli również zwiedzić Laboratorium Oświetlenia oraz Laboratorium Odnawialnych Źródeł Energii, gdzie zostali zapoznani z zagadnieniami dotyczącymi ogniw fotowoltaicznych, turbin gazowych, wiatraków oraz ogniw wodorowych. W Instytucie Systemów Inżynierii Elektrycznej zwiedzający mieli możliwość zeknięcia się z pomiarami przemieszczeń liniowych, czujnikami i przetwornikami temperatury, pomiarami sił skręcających oraz wykorzystaniem tensometrów do pomiaru naprężeń i masy. W Instytucie Elektroniki gościom zostały zaprezentowane prace prowadzone przez doktorantów tego Instytutu oraz mieli oni możliwość zwiedzenia Laboratorium Inżynierii Akustycznej. We wszystkich odwiedzonych jednostkach goście zostali zapoznani z pracowniami laboratoryjnymi oraz nowościami technicznymi, nad którymi pracują aktualnie pracownicy Politechniki Łódzkiej.

Kolejnym etapem IX Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka był konkurs wiedzy teoretycznej i praktycznej. Przedstawiciele każdej ze szkół mieli okazję sprawdzić swoją wiedzę, rozwiązując test jednokrotnego wyboru oraz wykonując zadanie praktyczne.

Zadanie to polegało na wyznaczeniu współczynnika mocy za pomocą mierników: watomierza, woltomierza oraz amperomierza. Zarówno test teoretyczny, jak i zadanie praktyczne zostały w całości przygotowane przez członków Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej oraz Technical University of Lodz Student Branch IEEE.

Następnie kol. Tomasz Kleszcz, wiceprezes TUL SB IEEE wygłosił prezentację na temat Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy Politechnice Łódzkiej oraz Technical University of Lodz Student Branch IEEE. Podczas wystąpienia szczególną uwagę zwrócił na szeroki zakres działalności tych organizacji studenckich oraz otwartość na nawiązanie współpracy z nowo wstępującymi osobami. W czasie prezentacji ocenione zostały zmagania szkół z przeprowadzonego konkursu.

Zwycięzcą zmagania podczas IX Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka został **Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 9 im. Komisji Edukacji Narodowej w Łodzi**. Drugie miejsce zajęli uczniowie z **Zespołu Szkół Ponadgimnazjalnych nr 2 im. Janusza Groszkowskiego w Pabianicach**. Trzecią lokatę osiągnęli przedstawiciele **Technikum Energetycznego przy Zespole Szkół Ponadgimnazjalnych nr 3 w Bełchatowie**. Trzeba wspomnieć, że podczas konkursu panowała zacięta rywalizacja, a o ostatecznym wyniku decydowały dosłownie pojedyncze punkty.

Podczas oficjalnego zakończenia IX Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka ogłoszono wyniki konkursu oraz wręczono



Prezentacja modelu inteligentnego budynku

puchary, nagrody rzeczowe i pamiątkowe dyplomy. Fundatorką jednej z nagród dla zwycięskiej szkoły była pani Małgorzata Golicka-Jabłońska, żona patrona Studenckiego Koła SEP.

Szczególne podziękowania składamy nauczycielom akademickim, którzy udostępniili i umożliwili zwiedzanie laboratoriów dydaktycznych. Dziękujemy za poświęcony czas oraz przekazanie ciekawych informacji uczestnikom IX Wojewódzkich Dni Młodego Elektryka.

*Wojciech Łyżwa
Jacek Król*

Podsumowanie konkursów w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego

W dniu 31 maja 2012 r. w Łódzkim Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego odbyło się uroczyste podsumowanie konkursów „Najlepsza praca modelowo-konstrukcyjna w szkołach elektrycznych i elektronicznych”, „Szkolna Liga Elektryki” oraz „Co wiem o mechatronice”, organizowanych przez Centrum i Oddział Łódzki SEP. ŁCDNiKP reprezentowała pani Elżbieta Gonciarz, wicedyrektor Centrum, a Oddział Łódzki SEP Józef Wiśniewski wiceprezes ds. naukowo-technicznych. Wspieranie młodzieży szkolnej w rozwijaniu zainteresowań i pasji, podnoszenie poziomu kształcenia zawodowego, pobudzanie i rozwijanie zainteresowań uczniów zawodem elektryka i elektronika poprzez organizowanie konkursów, wystaw, wycieczek czy konferencji jest jednym z celów statutowych Stowarzyszenia. Oddział Łódzki realizuje te cele poprzez stałą współpracę ze szkołami ponadgimnazjalnymi o profilu elektrycznym, czynnie włączając się w organizację wielu przedsięwzięć dla uczniów i studentów.

Uroczystość poprowadził konsultant ŁCDNiKP, a zarazem członek Międzyszkolnego Koła Pedagogicznego SEP kol. Ryszard Zankowski, który dokonał krótkiego podsumowania rozstrzygniętych konkursów, podkreślając, że ich poziom z roku na rok jest coraz wyższy, co niezwykle cieszy i daje nadzieję, że podobnie będzie w latach następnych. W konkursie „Najlepsza praca modelowo-konstrukcyjna” w etapie wojewódzkim udział wzięło 5 szkół, z których 19 uczniów zgłosiło 15 prac. W konkursie „Szkolna Liga Elektryki” udział wzięło 20 uczniów z 5 szkół, a do konkursu „Co wiem o mechatronice” zgłosiło się 24 uczniów z 3 szkół.

Po wysłuchaniu krótkiego podsumowania laureaci konkursów mieli możliwość zaprezentowania nagrodzonych i wyróżnionych prac. Dużym zainteresowaniem zebranych cieszyły się wszystkie prezentacje, a w szczególności *System zdalnego sterowania inteligentnym domem „Home Inteligo”* oraz *Micro – Reader*.

Kolejnym, niezwykle miłym akcentem uroczystości było wręczenie dyplomów i nagród ufundowanych przez Oddział Łódzki SEP, którego dokonali Elżbieta Gonciarz, wicedyrektor Centrum oraz Józef Wiśniewski, wiceprezes OŁ SEP.

Na zakończenie dyrektor Centrum pogratulowała uczestnikom i laureatom konkursów ciekawych pomysłów, wysokiego poziomu technicznego i sposobu prezentacji wykonanych przez siebie prac oraz podziękowała nauczycielom za zaangażowanie i rozwijanie zainteresowań swoich uczniów.

Do gratulacji i podziękowań dołączył wiceprezes Oddziału Łódzkiego SEP, który zachęcił młodzież do kontaktu ze Stowarzyszeniem i kontynuowania edukacji na Politechnice Łódzkiej.

W dalszym ciągu artykułu prezentujemy wyniki wszystkich trzech konkursów współorganizowanych z Oddziałem Łódzkim SEP.

„Najlepsza praca modelowo-konstrukcyjna w szkołach elektrycznych i elektronicznych”

Kategoria „Pierwsze kroki”

I miejsce – Mateusz Góra (*Robot „Mac Liner”*) – Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 10 w Łodzi (opiekun: Tomasz Kąkolewski)

Kategoria „Profesjoniści”

I miejsce – Patryk Łyszcz i Krzysztof Popiół (*System zdalnego sterowania inteligentnym domem „Home Inteligo”*) – Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 10 w Łodzi (opiekun: Janusz Hajdukiewicz)

II miejsce – Dominik Packi i Michał Kokosiński (*Direct PCB printer*) Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 10 w Łodzi (opiekun: Włodzimierz Łużyński)

III miejsce ex aequo:

– Adrian Michałak (*Ramię manipulatora sterowane komputerem PC*) – Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 9 w Łodzi (opiekun: Grzegorz Łakomski)

– Maciej Zakręta i Adam Pawlik (*Makieta skrzyżowania sterowana siecią przemysłową*) Zespół Szkół Elektronicznych w Zduńskiej Woli (opiekun: Paweł Kowalski)

wyróżnienie:

Dominik Packi i Michał Kokosiński (*Micro – Reader*) – Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 10 w Łodzi (opiekun: Tomasz Kąkolewski)

„Szkolna Liga Elektryki”

I miejsce – Daniel Nogański – Zespół Szkół Centrum Edukacji Zawodowej i Ustawicznej w Rawie Mazowieckiej (opiekunowie: Urszula Rutkowska Mariusz Mosiński)

II miejsce – Łukasz Doner – Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 22 w Łodzi (opiekun: Elżbieta Węgrzyn)

III miejsce – Rafał Dolny – Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 10 w Łodzi (opiekun: Ryszard Zankowski)

„Co wiem o mechatronice”

I miejsce – Karol Wołosiewicz – III Prywatne Gimnazjum Krzysztofa Augustyniaka w Łodzi

II miejsce – Krzysztof Krysiak – III Publicznego Gimnazjum nr 14 w Łodzi

III miejsce – Joanna Grzegorzczak – III Publicznego Gimnazjum nr 46 w Łodzi

Podstawowy kurs pierwszej pomocy dla członków Studenckiego Koła SEP im. prof. Michała Jabłońskiego przy PŁ



W dniach 12 – 13 maja br. członkowie SK SEP im. prof. M. Jabłońskiego wzięli udział w Podstawowym kursie pierwszej pomocy prowadzonym przez Łódzki Oddział Okręgowy Polskiego Czerwonego Krzyża. Składał się z on z 16 godzin zajęć dydaktycznych, z czego ponad połowa czasu poświęcona była zajęciom praktycznym. Celem kursu było przygotowanie jego uczestników do udzielenia pierwszej pomocy w najczęściej spotykanych przypadkach.



Ćwiczenie pozwalające utrwalić umiejętności układani poszkodowanego w pozycji bocznej ustalonej, fot. kol. Adam Cieślak

Na początek przedstawiono podstawy prawne pierwszej pomocy i tym samym uświadomiono, iż wszyscy obywatele mają obowiązek udzielić poszkodowanemu pierwszej pomocy w każ-



„Co zrobić kiedy zastaniemy poszkodowanego w pozycji leżącej na brzuchu?” - czyli dalsza część ćwiczeń, fot. kol. Adam Cieślak

dym przypadku, z wyjątkiem sytuacji zagrożenia życia ratującego i innych wyjątkowych.



Każdy z uczestników szkolenia ćwiczył przeprowadzenie resuscytacji na fantomie, fot. kol. Adam Cieślak



Jednym z elementów szkolenia było również opatrywanie ran ciętych, klutych, oparzeń itp. Na zdjęciu widać imitację rany na nadgarstku jednego z uczestników, fot. kol. Adam Cieślak



Ćwiczenie wykonywania opatrunków, fot. kol. Tomasz Kleszcz

Następnie przedstawiono szczegółowo etapy udzielania pierwszej pomocy – zapewnienie bezpieczeństwa, ocena stanu poszkodowanego, wezwanie pomocy, dalsze udzielanie pomocy – uwzględniając możliwe sytuacje takie, jak wypadki komunikacyjne, porażenie prądem itp. W dalszej części omawiano kolejno podstawowe urazy i sposoby reagowania w razie ich wystąpienia, przeplatając wykłady z ćwiczeniami praktycznymi, w których brał udział każdy uczestnik kursu.

Drugiego dnia, na zakończenie, odbył się test teoretyczny oraz egzamin praktyczny obejmujący całą poruszaną tematykę. Zadaniem egzaminowanego było wykorzystanie zdobytej wiedzy i umiejętności w praktyce w dwóch wyreżyserowanych przez egzaminatorów sytuacjach. Wszyscy uczestnicy zdali, choć w wielu przypadkach nie obyło się bez „sesji poprawkowej”. Komisja zwracała uwagę na najmniejsze błędy, by uświadomić, iż te w sytuacji konieczności udzielenie pomocy mogą zaważyć na zdrowiu lub życiu poszkodowanego.

Członkowie Koła mieli już po raz drugi okazję uczestniczyć w takim kursie. Zdany wtedy przez nich egzamin, był ważny jedynie 24 miesiące i skorzystali oni z okazji, by go odnowić. Mamy nadzieję, że uda się organizować takie szkolenia corocznie, gdyż ćwiczenia praktyczne są niezwykle cenne. Pozwalają one na utrwalenie umiejętności w celu jak najlepszego ich wykorzystania w praktyce.

Pragniemy złożyć szczególne podziękowania dla Oddziału Łódzkiego SEP za istotne wsparcie finansowe.

Tomasz Kleszcz

Beata Świtek

BHP na wesoło

1. Wstęp

25 maja tego roku na potrzeby seminarium studenckiego „Od zagrożeń do zabezpieczeń” zorganizowanego przez SKN SUKCES (Koło Naukowe zajmujące się tematyką bezpieczeństwa pracy), działającego przy Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej, utworzono prezentację przedstawiającą w krzywym zwierciadle nastawienie pracowników do zasad BHP, którzy patrzą na nie z wielkim przyrzuceniem oka.

2. Zagrożenia chemiczne

Potencjalne niebezpieczeństwo zatrucia, pożaru lub wybuchu, jakie stwarzają z powodu swych własności fizykochemicznych i toksycznych substancje chemiczne [1].

Jako pierwsze zaprezentowano zagrożenia chemiczne. Zagrożenia te są stosunkowo rzadko spotykane w życiu codzien-

nym, mimo tego, że tak wiele chemikaliów otacza nas również w domach. Ponadto nie są tak rozpowszechnione, jak zagrożenia elektryczne czy pożarowe. Najczęściej można się z nimi spotkać w zakładach pracy, gdzie kontakt z nimi może być bardzo niebezpieczny dla użytkownika.

Bardzo ważne jest oznakowanie takich materiałów, w taki sposób, aby wszyscy wiedzieli jaka substancja zawarta jest w danym opakowaniu, oraz jak się z nią obchodzić.

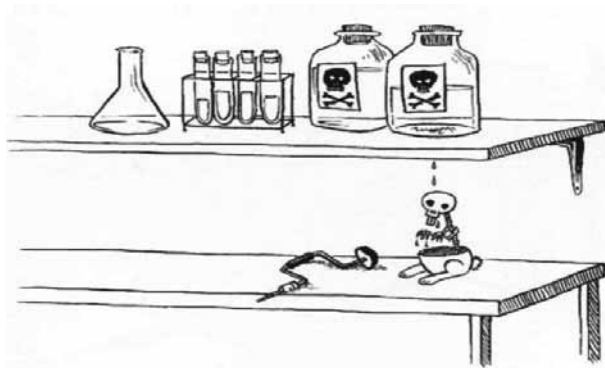
Na załączonym przykładzie [fot. 1] zaprezentowano, jak ważne są oznakowania. Żółty jest ogólnie przyjętym kolorem ostrzegawczym, z czego wynika, że beczki z naniesionym piktogramem informującym o zagrożeniu chemicznym oraz nazwą substancji sprawiają, że wiemy, jak obchodzić się z danymi materiałami. Widocznie te materiały miały dodatkową adnotację: „należy przechowywać w artystycznym nieładzie”.

W następnej kolejności musimy pamiętać o dokładnym zabezpieczeniu substancji przed dostępem do niej osobom nieupoważnionym [fot. 2], aby z ich czystej ciekawości, bądź nieostrożności nie przytrafiło im się to, co temu zwierczakowi



Fot. 1 [6]

poniżej. Taka sytuacja, tyle że z udziałem człowieka, jest jak najbardziej realna .



Fot. 2 [7]

Przy każdym z opisanych w niniejszym artykule zagrożeniu będzie do znudzenia powtarzane: trzeba zwrócić uwagę na to, że przed każdymi sytuacjami wypadkowymi, przed kontaktami z substancjami niebezpiecznymi czy szkodliwymi możemy się zabezpieczyć. W dzisiejszych czasach istnieje szereg środków ochrony, które pozwalają na bezpieczną pracę wśród wszelkich zagrożeń chemicznych, biologicznych itp. Należy stosować je i pracować zgodnie z zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy, aby codziennie po pracy wracać do najbliższych.

3. Zagrożenia elektryczne

Efekt powstający w wyniku przepływu znacznego prądu elektrycznego przez tkanki organizmów żywych, budynki, maszyny [2].

Zagrożenia elektryczne czyhają na nas wszędzie. Wiele osób uważa, że bez powszechnie stosowanego prądu elektrycznego życie straciłoby wiele na wartości od braku dostępu do przyziemnych rozrywek takich, jak: TV, komputery, gry elektroniczne, do spraw najważniejszych, jakim jest możliwość ratowania zdrowia i życia ludzkiego poprzez dostęp np. do szpitali, które są przecież zasilane prądem elektrycznym.

Nie można zapominać o niebezpieczeństwie, jakie niesie ze sobą nieprawidłowa eksploatacja urządzeń i sieci elektrycznych oraz ich konserwacja i serwisowanie przez osoby nie posiadające odpowiednich kwalifikacji. Te wszystkie złe nawyki, ale także przypadki losowe, mogą wywołać szereg skutków takich, jak np. pożar, poparzenia czy nawet śmierć.



Fot. 3 [8]

Dlatego należy pamiętać o tym, że wszelkie prace przy prądzie elektrycznym należy powierzać „osobom wykwalifikowanym [fot. 3], które korzystają z wszelkich możliwych zabezpieczeń oraz znając się na swojej pracy nie doznają zawrotu głowy na widok powyższej instalacji.”

Zarówno w powietrzu, jak i na lądzie musimy pamiętać o środkach ochrony. Coś na ten temat wie pracownik spawający łukiem elektrycznym, który dokładnie wie, jak zabezpieczyć się przed promieniowaniem optycznym, iskrami oraz odpryskami metalu i żużlu [fot. 4].



Fot. 4 [9]

4. Zagrożenia mechaniczne

Zagrożenie mechaniczne jest to określenie czynników fizycznych, które mogą być przyczyną urazów spowodowanych mechanicznym działaniem części maszyn, przedmiotów obrabianych lub narzędzi na człowieka [3].

Zagrożenia mechaniczne mogą występować zarówno w pracy, jak i w domu. Dlatego musimy pamiętać o tym, że korzystając z różnego rodzaju maszyn i urządzeń musimy przestrzegać pewnych zasad i zdawać sobie sprawę z tego, do czego tak naprawdę przeznaczone są te urządzenia.

Wypadki wynikające z zawodności mechanizmów są rzadko spotykane w porównaniu do tych, które spowodował człowiek swoją nieuwagą lub brawurą. Poniżej przedstawiono pewną historię wypełnioną marzeniami i przyjaźnią, zakończoną happy endem.



Fot. 5 [10]

Kierowca koparki przedstawionej na fot. 5 postanowił wznieść się w powietrze tak wysoko, by poczuć wiatr we włosach. Niestety, nawet z pomocą pobliskiego kontenera udało mu się to zrobić zaledwie na kilka metrów. Nieszczęśliwy kierowca pomyślał, że nie zdoła osiągnąć swojego celu, ale w końcu od czego ma się przyjaciół.



Fot. 6 [11]

Z pomocą przychodzi mu operator żurawia [fot. 6], który spełnia marzenia małej kopareczki i wznosi ją wysoko, jednocześnie prosząc o małą przysługę w postaci robót wyburzeniowych. Pod



Fot. 1 [6]

wrażeniem całej zaistniałej sytuacji byli kierowcy innych maszyn, którzy dostownie chylili im czoła [fot. 7]. Po przebytej przygodzie spełniona kopareczka powróciła do swoich codziennych obowiązków.

Ludzka pomysłowość nie zna granic...

5. Zagrożenia biologiczne

Są to organizmy lub substancje pochodzenia organicznego, które stanowią zagrożenie dla zdrowia człowieka [4].

Przeszukując Internet, niestety dla prezentacji, a na szczęście dla rzeczywistości, nie znaleziono żadnych zdjęć, które udokumentowałyby przewinienia i lekkomyślność przy obcowaniu z zagrożeniami biologicznymi, co nie świadczy o tym, że akurat w tej dziedzinie jesteśmy bardziej rozważni.

Należy pamiętać o jednej, podstawowej rzeczy – na czynniki zagrożeń biologicznych możemy natknąć się dosłownie wszędzie [fot. 8], np. spożywając pokarmy zakażone substancjami pochodzenia organicznego, wdychając oraz wchodząc w jakikolwiek inny kontakt z tymi substancjami.



Fot. 8 [13]

Jest to szczególnie niebezpieczne, ponieważ substancje te mogą wywołać ogromne szkody w organizmie człowieka. Ratunek przed taką sytuacją jest zawsze taki sam. Dla każdego rodzaju ryzykownych przedsięwzięć, nawet najpoważniejszego zagrożenia biologicznego, można zastosować środki ochrony osobistej bądź zbiorowej, które ustrzegą przed niechcianym zakażeniem biologicznym [fot. 9].



Fot. 9 [14]

6. Zagrożenia pożarowe

Zespół czynników określonych stosownymi parametrami, mających wpływ na możliwość powstania i rozprzestrzeniania się pożarów[5].

Bardzo ważnymi i powszechnie występującymi zagrożeniami są zagrożenia pożarowe. Każdy doskonale wie o tym, że pożar lub wybuch może powstać z naprawdę błahych powodów, lecz w większości przypadków winę za nie ponosi człowiek.



Fot. 10 [15]

Dla przykładu podano fot. 10. Kto by pomyślał, że butla z gazem pod wpływem otwartego ognia, bądź wysokiej temperatury może ulec zniszczeniu? Na pewno nie ten pracownik, który zostawia włączony palnik gazowy i odchodzi. Ale spokojnie, pracownik ten zapewne zna podstawowe zasady ochrony przeciwpożarowej oraz wie, jakich środków użyć do gaszenia pożarów. Najpopularniejszymi oczywiście są gaśnice, które użyte w pierwszych fazach pożaru mogą zdusić go w zarodku, wystarczy dobrać odpowiedni typ gaśnicy w stosunku do palącego się materiału .



Fot. 11 [16]

Niestety, czasem zdarza się tak, że w miejscu, gdzie powinna znajdować się gaśnica znajduje się coś zupełnie innego

[fot. 11]. W razie nagłej potrzeby ugaszenia pożaru sprzętem gaśniczym, o którego istnieniu byliśmy przeświadczeni, reakcja na widok środka, jak na przedstawionym powyżej zdjęciu, może być dwojaka, mianowicie może się śmiać albo płakać, a w tym samym czasie pożar rozprzestrzeni się, zajmując kolejne sprzęty i kondygnacje.

Czasami zdarzają się sytuacje, że nasze bezpieczeństwo uzależnione jest od z pozoru nieważnych czynników takich, jak kolor. Zwykła czerwona gaśnica oznaczona w odpowiedni sposób po prostu nam się znudzi, bądź kolorystyka tak się nam nie podoba, że nie możemy znieść jej widoku. Kiedyś nic na to byśmy nie poradzili, ale przecież żyjemy w XXI wieku, który zobowiązuje nas do kreatywności i wymyślania nowych rozwiązań. Pewna francuska firma wprowadziła na rynek designerskie gaśnice [fot. 12], które stworzone są dla: m. in. fanów gry w polo, pracowników ZOO oraz dla nowojorskich taksówkarzy. Wystarczy dokonać takiego zakupu i cieszyć się modnym zabezpieczeniem.



Fot. 12 [17]

7. Ryzykanci

Wielokrotnie już wspomniany czynnik zagrożeń towarzyszący każdej dziedzinie przemysłu, występujący wszędzie tam, gdzie z rozsądkiem wygrywa brawura, to zagrożenia spowodowane przez człowieka. Tylu ilu będziemy mieć „kreatywnych” pracowników, możemy spodziewać się tyle samo sytuacji niebezpiecznych spowodowanych ich niekiedy genialnymi pomysłami.

Według polskiego prawa każdemu pracownikowi przysługuje czas na odpoczynek. Wiadomo, że w dni upalne większość osób pracujących w pełnym słońcu, schowa się w cieniu [fot. 13]. Kiedy pracownicy nie mają zapewnionego tego luksusu, na pewno wymyślą coś, aby sobie go zorganizować.



Fot. 13 [18]

Następnie, po skończonej przerwie, pracownicy mogą powrócić do swoich codziennych obowiązków, np. malowania ścian za pomocą solidnej konstrukcji z aluminiowych drabin [fot. 14],



Fot. 14 [19]

czy też naprawiania wentylatora [fot. 15].



Fot. 15 [20]

8. Podsumowanie

Jako podsumowanie niniejszego tekstu wykorzystano cytaty umieszczone na tabliczce informacyjnej zamieszczonej, na jednym ze zdjęć znalezionym za pośrednictwem przeglądarki internetowej:



Fot. 16 [21]

Jedynie co można dodać do tego cytatu to, że musimy szanować własne życie, kierować się zdrowym rozsądkiem i przestrzegać zasad bezpieczeństwa i higieny zarówno w pracy, jak i w domu, ponieważ drugiej szansy od nikogo nie dostaniemy.

Bibliografia

1. <http://www.wojnarowski.org.pl/1/defin.htm> [Dostęp: 02.05.2012r]
2. <http://www.treelektryk.pl/ochrona-przed-porazeniem-pradem-elektrycznym.html> [Dostęp: 12.05.2012r]
3. <http://www.ciop.pl/6562.html> [Dostęp: 02.05.2012r]
4. http://akwaria.mi-lan.one.pl/Zagro%C5%BCenie_biologiczne.html [Dostęp: 02.05.2012r]
5. <http://osp-lochow-fabryczny.pl/pojecia.html> [Dostęp: 02.05.2012r]
6. <http://demotywatory.pl/1281145/BHP-w-praktyce> [Dostęp: 12.04.2012r]
7. http://muppetka.wrzuta.pl/obraz/1UfmEl8WO4Z/ostro_nie_obchodzi_si_z_produkami_chemicznymi... [Dostęp: 01.05.2012r]
8. http://firmawnl.com/photogallery.php?photo_id=14&y=2010&m=3 [Dostęp: 01.05.2012r]
9. <http://demotywatory.pl/2965578/BHP> [Dostęp: 19.03.2012r]
10. http://fundir.org/gallery,jak_wjehac_koparka_na_wagon_kolejowy_707,0,0.html [Dostęp: 01.05.2012r]
11. <http://demotywatory.pl/2105569/BHP> [Dostęp: 23.04.2012r]
12. <http://www.obrazky.pl/148-dzwig-zaniemogl> [Dostęp: 01.05.2012r]
13. http://chmurak.pl/pictures/203566_strefa-zagrozenia.jpg [Dostęp: 01.05.2012r]
14. <http://www.jopi.pl/zdjecia-zwierzat/708-kask.html> [Dostęp: 01.05.2012r]
15. <http://demotywatory.pl/2579013/po-co-nam-BHP> [Dostęp: 21.04.2012r]
16. <http://www.cda.pl/grafika/336695a> [Dostęp: 04.03.2012r]
17. <http://www.bluetooth.trademaker.pl/index.php/bluetooth/category/gasnice/> [Dostęp: 01.05.2012r]
18. <http://fajne-zdjecia.pl/fajrant> [Dostęp: 01.05.2012r]
19. <http://demotywatory.pl/2519383/BHP> [Dostęp: 01.04.2012r]
20. http://fajne-zdjecia.pl/wpcontent/uploads/tdomf/2873/4506_3.jpg [Dostęp: 01.04.2012r]
21. <http://demotywatory.pl/3578945/Zasady-BHP> [Dostęp: 07.04.2012r]

Beata Świtek

Prezes SKN SUKCES

e-mail: kolonaukowe.sukces@gmail.com

<http://sukces.ipos.p.lodz.pl/>

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH



Oddział Łódzki

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a

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

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

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

http://sep.p.lodz.pl

- ◆ Egzaminy kwalifikacyjne dla osób na stanowiskach EKSPLOATACJI i DOZORU w zakresach: elektroenergetycznym, cieplnym i gazowym
- ◆ Kursy przygotowujące do egzaminów kwalifikacyjnych (wszystkie grupy)
- ◆ Kursy pomiarowe (zajęcia teoretyczne i praktyczne)
- ◆ Kursy specjalistyczne na zlecenie firm
- ◆ **Konsultacje jednodniowe przygotowujące do egzaminu kwalifikacyjnego – NOWOŚĆ**
- ◆ **Ekspresowe kursy pomiarowe w zakresie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej do 1 kV dla STUDENTÓW i ABSOLWENTÓW WEEIA PŁ – NOWOŚĆ**
- ◆ Szkolenia BHP dla wszystkich stanowisk
- ◆ Pomiary i ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej
- ◆ Prezentacje firm
- ◆ Reklamy w Biuletynie Techniczno-Informacyjnym OŁ SEP
- ◆ Rekomendacje dla wyrobów i usług branży elektrycznej
- ◆ Organizacja imprez naukowo-technicznych (konferencje, seminaria)

Ceny szkoleń organizowanych przez OŁ SEP są zwolnione z podatku VAT

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. 42 632 90 39, 42 630 94 74

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