

Maciej PAWLIK¹

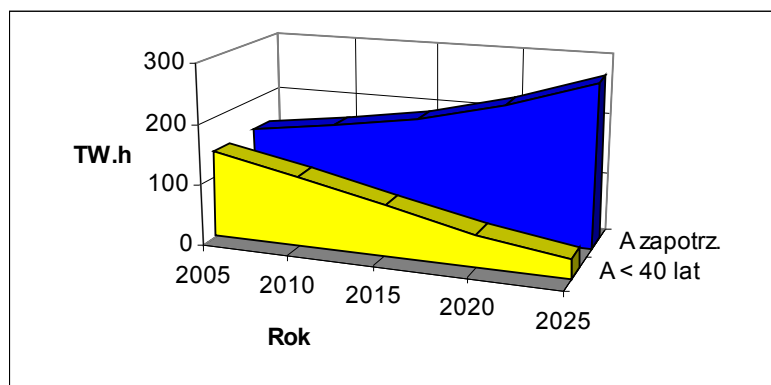
TECHNOLOGIE WYTWÓRCZE DLA ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA ELEKTROENERGETYCZNEGO KRAJU

Referat przedstawia analizę dostępnych technologii dla odtworzenia i rozbudowy mocy wytwórczych krajowych elektrowni, przeprowadzoną z punktu widzenia sześciu istotnych kryteriów technicznych i ekonomicznych. Omówiono szczegółowo uwarunkowania rozwoju trzech podstawowych technologii wytwórczych: węglowej, gazowej i jądrowej w warunkach Polski.

1. WSTĘP

Polska elektroenergetyka w sektorze wytwarzania energii elektrycznej stoi dziś przed koniecznością wyboru technologii, które zapewniłyby odtwarzanie mocy wytwórczych wycofywanych z eksploatacji ze względów wiekowych oraz pokrycie przewidywanego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną w perspektywie dwudziestu najbliższych lat.

Skalę potrzeb ilustruje rys. 1, na którym przedstawiono możliwości produkcyjne krajowych elektrowni przy założeniu ich czasu życia na poziomie 40 lat, na tle prognozowanego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną brutto (wg wariantu „węglowego” Polityki Energetycznej Polski do 2025 roku, z dn. 5.01.2005 r.).



Rys 1. Zapotrzebowanie na energię elektryczną brutto (A_{zapotrz}) i przewidywana produkcja krajowych elektrowni, młodszych niż 40 lat ($A < 40 \text{ lat}$)

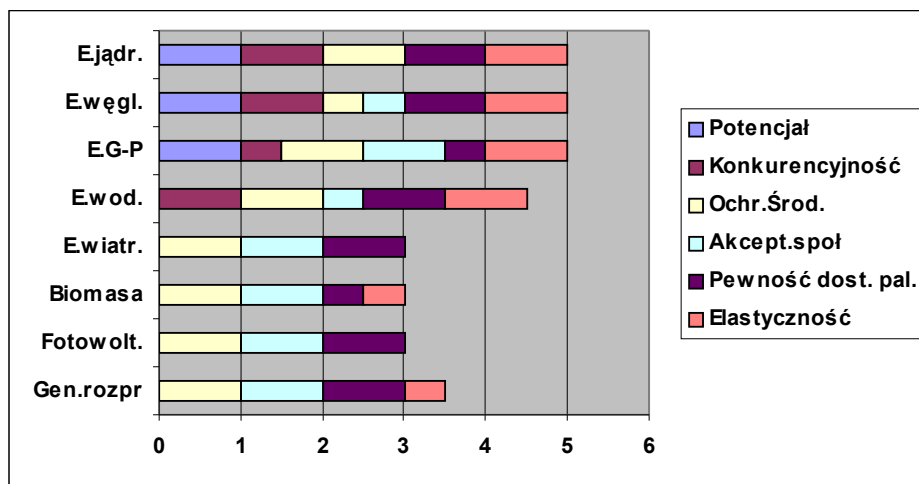
¹ Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki, 90-924 Łódź,
ul. Stefanowskiego 18/22, tel. (0-42) 6361193, e-mail: mpawlik@p.lodz.pl

Rozwój krajowego sektora wytwarzania energii elektrycznej powinien być zorientowany na osiągnięcie podstawowego trójkąta celów:

- bezpieczeństwa zaopatrzenia gospodarki kraju w energię elektryczną,
- efektywności ekonomicznej, decydującej o konkurencyjności na rynku energii,
- spełnienia coraz ostrzejszych wymagań ochrony środowiska.

Uproszczoną ocenę dostępnych technologii, z punktu widzenia powyższych trzech celów podstawowych, a ponadto z uwzględnieniem potencjału (zasobów), akceptacji społecznej, elastyczności ruchowej oraz pewności dostawy paliwa (z włączeniem ryzyka cenowego) przedstawiono na rys. 2. Przydatność poszczególnych technologii z punktu widzenia każdego z sześciu kryteriów, oceniona jest na wykresie w skali 0÷1 punktów. Spełnienie kryterium oznacza 1 pkt., spełnienie częściowe lub z ograniczeniami 0,5 pkt., nie spełnienie określonego wymagania – 0 pkt.[2].

Wyniki tej analizy wskazują jednoznacznie na dominujący udział trzech technologii: węglowej, gazowej i jądrowej.



Rys. 2. Porównanie technologii wytwarzania energii elektrycznej, wg [2]

Konkurencyjne są jedynie elektrownie wodne, ale potencjał do ich rozbudowy w kraju jest bardzo mały. Podobnie w przypadku pozostałych technologii, które ponadto nie są jak dotychczas konkurencyjne.

2. ZAAWANSOWANE TECHNOLOGIE WĘGLOWE

Sprawdzona, niezawodna i konkurencyjna technologia PF (Pulverized-coal Fired) - spalania węgla w postaci pyłu, opartej na obiegu Rankine'a na parametry nadkrytyczne i ze skutecznymi systemami ochrony środowiska, a także duże światowe rezerwy węgla powodują, że będzie on w nadchodzących latach dalej dominującym paliwem energetycznym w skali świata a także w Polsce. Aktualny stan rozwoju technologii PF wyznaczają: przy spalaniu węgla kamiennego – blok Nordjylland (Dania) o sprawności netto wytwarzania energii elektrycznej 47 % oraz blok BoA (Niederaussem – Niemcy) o

sprawności 45,5 % - na węgiel brunatny. W pełni opanowane są parametry 260÷300 bar, 600/620 °C.

Dalsze zwiększenie efektywności przetwarzania energii chemicznej paliwa w energię elektryczną znajduje się dalej w centrum uwagi, ponieważ w większości krajów świata wciąż znacząca część energii elektrycznej będzie wytwarzana ze spalania paliw organicznych (węgiel kamienny, brunatny i gaz). W ramach finansowanego przez Komisję Europejską programu Thermie, w którym uczestniczy kilkadziesiąt firm europejskich jest realizowany projekt badawczy AD 700 (Advanced Supercritical 700 °C Coal-Fired Power Plant), którego celem jest opanowanie w ciągu bieżącej dekady parametrów ultra nadkrytycznych 375 bar, 700/720/720 °C, co pozwoli uzyskać sprawność netto bloku na poziomie 55 %. Opracowywane są nowe rozwiązania konstrukcyjne kotła i turbiny z zastosowaniem na krytyczne elementy bloku nowych gatunków żaroodpornych stopów na bazie niklu (Ni-alloy).

Dla dalszego rozwoju tego projektu stworzony został program COMTES 700, finansowany przez Research Fund for Coal and Steel (RFCS) oraz E_{MAX} (grupę eksploatatorów elektrowni: EdF, Electrabel, Elsam, ENBW, Energi E2, Eon, RWE, Vattenfall i PCC-Grecja). Celem jest potwierdzenie technicznej dojrzałości nowych rozwiązań technicznych i materiałów na krytyczne elementy bloku (ponad 30000 godzin pracy przy temperaturze powyżej 700 °C). Stanowisko badawcze zainstalowane w jednej z elektrowni koncernu EOn będzie służyć tym testom i ma na celu zdobycie wiedzy odnośnie do właściwości wytrzymałościowych, metod produkcji, obróbki i spawania nowych materiałów oraz związanych z tym kosztów.

Chociaż trudno dziś jednoznacznie ocenić opłacalność przedsięwzięcia, realizatorzy programu przewidują oddanie bloku do eksploatacji w 2012 roku.. Wskazują przy tym na wkład tego rozwiązania w ograniczenie emisji, zgodnie z postanowieniami protokołu z Kyoto, przyjętymi przez kraje europejskie [2]. Zwiększenie bowiem sprawności netto z poziomu 47 % (aktualnie najbardziej sprawne jednostki) do 55 % daje w efekcie zmniejszenie zużycia paliwa i jednocześnie emisji CO₂ o ponad 15 %. Technologia PF będzie dalej podstawą rozwoju krajowych elektrowni węglowych.

3. TECHNOLOGIE GAZOWO-PAROWE

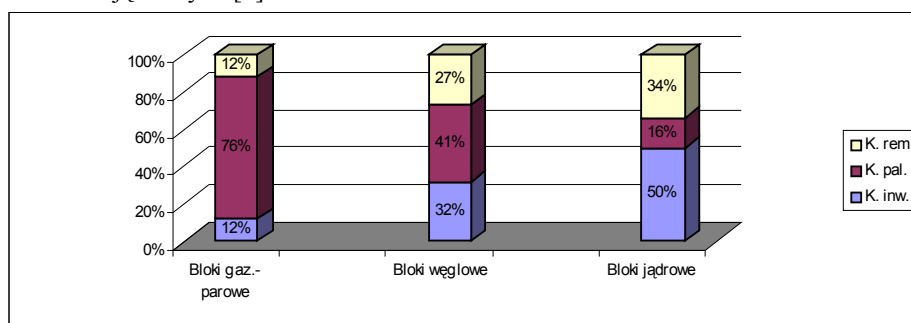
Elektrownie gazowo-parowe były w ostatnich latach najbardziej dynamicznie rozwijane i szeroko wprowadzane do systemów elektroenergetycznych wielu krajów, zwłaszcza przemysłowych. Decydowały o tym: brak dostatecznej akceptacji społecznej elektrowni jądrowych, rosnące rygory ochrony środowiska i do niedawna – akceptowalny poziom cen gazu, decydujący o efektywności ekonomicznej [3].

Na korzyść elektrowni opalanych gazem przemawia nadal sprawność procesu - najwyższa spośród elektrowni spalających paliwa organiczne. Istotną zaletą elektrowni wykorzystujących jako paliwo gaz ziemny są także stosunkowo niskie emisje substancji szkodliwych do środowiska naturalnego. Niewątpliwym atutem instalacji gazowo-parowych są także relatywnie niskie koszty inwestycyjne, krótki czas budowy i zwarta konstrukcja elementów, decydująca o małej kubaturze.

Paradoksalnie, okolicznością sprzyjającą rozwojowi tych elektrowni jest rosnące rozpoznanie światowych zasobów gazu [7]. Jeszcze w 1970 roku udokumentowane rezerwy gazu szacowano, jako wystarczające zaledwie na 38 lat. Po upływie 30 lat, w

ciągu których dynamicznie wzrastało zużycie gazu do produkcji energii elektrycznej, udokumentowane rezerwy gazu pozwolą na jego użytkowanie przez 65 lat, a wraz z rozpoznanymi zasobami nawet przez 149 lat [5].

Trzeba jednak zdawać sobie sprawę z zagrożeń, związanych z rozwojem elektrowni opalanych gazem. Podstawowym zagrożeniem są rosnące od kilkunastu lat ceny gazu na rynkach światowych. Przyjmując ceny z roku 1970 jako 100 %, ceny węgla zmieniły się o ok. 200 %, podczas, gdy ceny gazu wzrosły do czerwca 2005 roku o 700 %, a ropy naftowej nawet o 900 % [6]. Jest to bardzo istotne, ponieważ w strukturze kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach gazowo-parowych dominują koszty zmienne paliwa (rys. 3). Znacznie korzystniej pod tym względem kształtuje się struktura kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach węglowych, a zwłaszcza jądrowych [4].



Rys. 3. Struktura kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach gazowo-parowych, węglowych i jądrowych, wg [4]

Równie istotnym zagrożeniem dla rozwoju elektrowni opalanych gazem jest wzrastające uzależnienie od zewnętrznych źródeł zaopatrzenia w paliwa gazowe. Stopień uzależnienia Europy (UE 25) od importu gazu jest aktualnie na poziomie 46 % i będzie się zwiększał do poziomu ok. 75 % w 2025 roku. Trzeba mieć także na uwadze, że gaz może być kartą przetargową w załatwianiu spraw nie zawsze związanych z gospodarką. Dodatkowo niebezpieczeństwo to wzrastające zagrożenie terrorystyczne rurociągów i instalacji gazowych.

4. ENERGIA JĄDROWA MA PRZYSZŁOŚĆ

Mimo wielu zalet, w tym głównie całkowitego braku emisji CO₂ dysponująca ogromnym potencjałem *energia jądrowa* nie jest niestety w wielu krajach akceptowana społecznie. Rysujące się jednak perspektywy na światowym rynku paliw i rosnące wymagania odnośnie do ochrony środowiska a zwłaszcza klimatu, wskazują na potrzebę dalszego rozwoju energetyki jądrowej. Takie kraje jak Chiny, Japonia, Korea a ostatnio Indie i Iran (zamieszkałe przez ok. 40 % ludności świata) weszły na drogę rozwoju energetyki jądrowej głównie ze względów strategicznych. W USA trwa – zakrojony na szeroką skalę - proces przedłużania licencji na eksploatację bloków jądrowych o dalsze 20 lat (do 60 lat), podobny proces rozpoczyna się w Japonii. W Niemczech, gdzie udział energii jądrowej w produkcji energii elektrycznej sięga 30 %, ale ma być ograniczany zgodnie z politycznymi uzgodnieniami poprzedniej koalicji

rządowej (SPD i Zieloni), z niepokojem patrzy się na zaostrzającą się z tego względu problematykę emisji CO₂, z nadzieją zaś na rozwój nowej generacji bezpiecznych reaktorów oraz doświadczenia Finlandii, gdzie jest realizowana budowa nowego bloku jądrowego o mocy 1600 MW[2].

W warunkach Polski energetyka jądrowa jawi się jako konieczność i element bezpieczeństwa energetycznego, co znalazło swój wyraz w „Polityce energetycznej Polski do 2025 roku”, przyjętej przez rząd 5 stycznia 2005 r. i przewidującej konieczność uruchomienia pierwszej elektrowni jądrowej ok. 2021-2022 roku. Aktualnie podstawowym surowcem dla krajowej elektroenergetyki jest węgiel kamienny i brunatny. Zasoby istniejących kopalń zarówno węgla kamiennego jak i brunatnego wystarczą na ok. 30-40 lat. Okres ten można oczywiście wydłużyć drogą budowy nowych kopalń i odkrywek ale rosnące koszty wydobycia spowodują wzrost cen węgla. Pamiętać trzeba także, że normy ochrony środowiska zawarte w Traktacie Akcesyjnym, nakładające limity emisji SO₂ i NO_x, już w latach 2008-2012 wymuszają ograniczenie produkcji energii elektrycznej ze źródeł spalania [9]. W perspektywie długoletniej oczekiwać należy zaostrzenia unijnych wymagań ochrony klimatu, tj. emisji CO₂, znacznie niższych od przewidzianych dla Polski w Protokole z Kioto.

Energia jądrowa zaspakaja aktualnie ok. 17 % światowej produkcji energii elektrycznej. W rozszerzonej Unii Europejskiej (EU-25) udział ten jest jeszcze większy i wynosi 32 %. W styczniu 2005 roku w 31 krajach świata pracowało 439 reaktorów energetycznych o łącznej mocy 365,5 GW, w budowie znajdowało się 25 reaktorów o łącznej mocy 19,5 GW (w tym pierwsze reaktory w Iranie i Korei Płn.) a planowane jest dalsze 37 reaktorów o mocy 38,5 GW. Trzeba także mieć świadomość, że w odległości do 300 km od granic Polski pracuje 27 bloków jądrowych, nie mając więc własnych elektrowni jądrowych i tak nie żyjemy w świecie wolnym od tej energii.

Budowane aktualnie, sprawdzone i niezawodne reaktory wodne ciśnieniowe PWR o budowie modułowej spełniają bardzo surowe wymagania bezpieczeństwa. W ostatniej generacji reaktorów naturalnie bezpiecznych (generacja III+) stosowane są pasywne systemy bezpieczeństwa, wykorzystujące naturalne prawa fizyki, zdolne opanować hipotetycznie najgroźniejszą awarię reaktora. W ciągu pół wieku eksploatacji elektrowni jądrowych żadna z awarii nie zagraziła życiu lub zdrowiu ludności zamieszkałej w okolicy elektrowni. Niechlubny przypadek awarii w Czarnobylu był konsekwencją wadliwej konstrukcji reaktora (brak obudowy bezpieczeństwa) i rażących błędów w eksploatacji. W żadnym reaktorze typu PWR nawet przy błędach obsługi taka awaria nie miałaby miejsca, co wynika ze zjawisk fizyki [10].

Także względy ekonomiczne przemawiają na korzyść rozwoju energetyki jądrowej, bowiem koszt wytwarzania energii elektrycznej już dziś jest w większości krajów niższy od kosztu energii z elektrowni opalanych coraz droższym węglem, a zwłaszcza gazem. Bardzo wysoka koncentracja energii zawartej w paliwie jądrowym przy relatywnie dużych nakładach inwestycyjnych powoduje, że udział kosztów paliwa w elektrowni jądrowej jest bardzo mały (rys.3). Wynika stąd mała wrażliwość kosztu energii elektrycznej z elektrowni jądrowej na koniunkturalne wahania cen surowców energetycznych, zwłaszcza jeśli uwzględnić, że koszt koncentratu uranowego stanowi zaledwie ok. 25 % kosztu paliwa ładowanego do reaktora.

Zasadniczą sprawą pozostaje akceptacja społeczna energetyki jądrowej w Polsce, dlatego niezwykle ważna jest szeroka działalność edukacyjna i informacyjna upowszechniająca wiedzę na temat bezpieczeństwa energetyki jądrowej.

5. PODSUMOWANIE

Dla zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej przy rosnącym zapotrzebowaniu krajowych odbiorców niezbędna jest rozbudowa własnych źródeł wytwórczych. Przy ograniczonych możliwościach wykorzystania energii odnawialnej i wobec potrzeby dywersyfikacji źródeł energii, rozwój krajowego sektora wytwórczego powinny uwzględniać nie tylko zaawansowane technologie węglowe. W większym jak dotąd zakresie powinny być wykorzystywane technologie gazowe i gazowo-parowe (zwłaszcza w elektrociepłowniach), konieczny jest także w Polsce powrót do budowy elektrowni jądrowych. Pojawienie się w krajowym systemie elektroenergetycznym po 2020 roku elektrowni jądrowych zapewni większe bezpieczeństwo energetyczne i pozwoli sprostać rosnącym wymaganiom ochrony środowiska a zwłaszcza klimatu. Konieczne jest więc bezzwłoczne rozpoczęcie społecznej debaty dla obalenia wielu mitów jakie narosły wokół energetyki jądrowej i uzyskania jej akceptacji.

6. LITERATURA

1. Voigtländer P., Gattinger M., Lenk U.: *Wettbewerb der Technologien zur Stromerzeugung*. Mat. XXXIII Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Dresden, 23-24 Oktober 2001 r.
2. Pawlik M.: *Polski podsektor wytwórczy energii elektrycznej po akcesji do Unii Europejskiej*. Przegląd Elektrotechniczny 2004, nr 9, s.881-885
3. Pawlik M.: *Uwarunkowania rozwoju elektrowni opalanych gazem*. Mat. Konf. „Elektrownie gazowe i gazowo-parowe”, Kiekrz, 28-29.11.2005, s. 49-56
4. Zabłocki W.: *Bloki energetyczne z kotłami o parametrach nadkrytycznych jako przyszłościowa perspektywa w modernizacji i rozwoju polskiej energetyki*. Ma. Seminarium Komitetu Problemów Energetyki „Podstawowe problemy maszyn i urządzeń energetycznych”, Jabłonna 27-28.03.2003, s. 111-123
5. RWE : *Weltenergiereport 2004*
6. VGB PowerTech: *Zahlen und Fakten zur Stromerzeugung 2005*
7. Neumann J. C.: *Fossile Dauerbrenner*, BWK 2004 r., nr 11, s. 44-49
8. IEA: *Key World Energy Statistics 2005*
9. Trojanowska H.: *Uruchomienie programu energetyki atomowej w Polsce*. Biuletyn Miesięczny PSE 2005, nr 5, s.20-22
10. Strupczewski A.: *Czy awaria taka jak w Czarnobylu może powtórzyć się w polskiej elektrowni atomowej*. Biuletyn Miesięczny PSE 2005, nr 10, s. 9-24

POWER GENERATION TECHNOLOGY FOR ASSURANCE OF POLISH ENERGY SAFETY

The paper presents a comprehensive, comparative analysis of power generation technology from the point of view of different criteria (efficiency, production capacity, social acceptance, operation flexibility, ecological and economic aspects). Conditions of the development of coal-fired, gas-fired and nuclear power plants in Poland, are evaluated.