

Zygmunt MACIEJEWSKI¹

**WYBRANE PROBLEMY KRAJOWEGO SYSTEMU
ELEKTROENERGETYCZNEGO**

W pracy przedstawiono aktualny stan sieci przesyłowej krajowego systemu elektroenergetycznego. Zwrócono uwagę na rosnącą dysproporcję między produkcją energii elektrycznej a rozbudową systemu przesyłowego, który jest niedoinwestowany. Podano prognozę krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Na tej podstawie oceniono stan bezpieczeństwa elektroenergetycznego i jego wpływ na bezpieczeństwo energetyczne kraju. Zaproponowano kierunki rozbudowy i modernizacji krajowej sieci przesyłowej dla zapewnienia bezpieczeństwa elektroenergetycznego i rozwoju kraju.

SOME PROBLEMS OF THE POLISH NATIONAL POWER SYSTEM

In the paper current state of the Polish Power System is presented. Disproportions between production electricity and technology development of the network system are observed. The network system is not sufficient invested. It is given of forecast of domestic electricity demand. It is estimated that security of the power system has significant influence on energy security. There are proposed some directions of the network system developing and modernization in order to ensure of security of the power system and in general development of Poland.

1. KRAJOWY SYSTEM ELEKTROENERGETYCZNY

Krajowy system elektroenergetyczny składa się z trzech podsystemów:

- wytwarzania energii elektrycznej,
- przesyłu energii elektrycznej siecią elektroenergetyczną najwyższych napięć wraz z połączeniami trans granicznymi,
- dystrybucji i dostawy do odbiorców energii elektrycznej sieciami średnich i niskich napięć.

Sektor wytwórczy krajowego systemu elektroenergetycznego charakteryzują dane podane w tabeli 1.

¹ Dr hab. inż., prof. nadzwyczajny, Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki, 26-600 Radom; Malczewskiego 29; Tel.: + 48 22 810-20-31, E-mail: zygmun37@neostrada.pl

TABELA 1. Produkcja i zużycie energii elektrycznej w krajowym systemie elektroenergetycznym w latach 2006 – 2008

Wyszczególnienie	2006	2007	2008
Moc zainstalowana na koniec roku [MW]	35715	35820	35599
Moc osiągalna na koniec roku [MW]	35033	35122	35326
Maksymalne zapotrzebowanie mocy [MW]	24640	24611	25121
Produkcja energii elektrycznej ogółem [TWh]	161,7	159,3	155,5
Krajowe zużycie energii elektrycznej [TWh]	150,7	154,0	154,3
Wymiana energii elektrycznej z zagranicą [TWh]	11,0	5,3	1,2

Źródło: *Statystyka Elektroenergetyki Polskiej, Agencja Rynku Energii S.A. Warszawa, 2007,2009*

W 2009 roku:

- krajowa produkcja energii elektrycznej 150,9 [TWh],
- krajowe zużycie energii elektrycznej 148,7 [TWh].

W 2010 roku, według operatywnych danych PSE Operator SA::

- krajowa produkcja energii elektrycznej 156,3 [TWh],
- krajowe zużycie energii elektrycznej 155,0 [TWh].

Oznacza to, że w 2010 roku poziom krajowej produkcji energii elektrycznej i krajowego zużycia energii elektrycznej był taki sam jak w 2008 roku.

Moc w krajowych elektrowniach jest zainstalowana w blokach energetycznych: 500 MW, 360 MW, 200 MW i 120 MW oraz w turbozespołach o mniejszych mocach a także w turbozespołach przeznaczonych do skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej pracujących w elektrociepłowniach.

Największymi w kraju wytwórcami energii elektrycznej są elektrownie:

- Bełchatów, Turów, Pątnów, Adamów, Konin – pracujące na węglu brunatnym,
- Kozienice, Połaniec, Rybnik, Dolna Odra, Opole, Łaziska, Siersza, Łagisza, Ostrołęka – pracujące na węglu kamiennym.

Krajowe wodne zasoby energetyczne są ograniczone. Moc zainstalowana w krajowych elektrowniach wodnych wynosi tylko 2,2 GW, w tym w elektrowniach szczytowo – pompowych 1,33 GW. Do największych elektrowni wodnych pracujących na dopływie naturalnym należą: Włocławek – 160 MW, Rożnów – 50 MW. Pozostałe elektrownie z tej grupy mają mniejsze moce. Dwie elektrownie wodne pracują częściowo na dopływie naturalnym, a częściowo jako szczytowo – pompowe. Są to: Solina o mocy 137 MW oraz Dychów o mocy 80 MW. Pracują również dwie elektrownie szczytowo – pompowe ze sztucznymi zbiornikami górnym. Są to: Żarnowiec o mocy 680 MW oraz Porąbka Żar o mocy 500 MW.

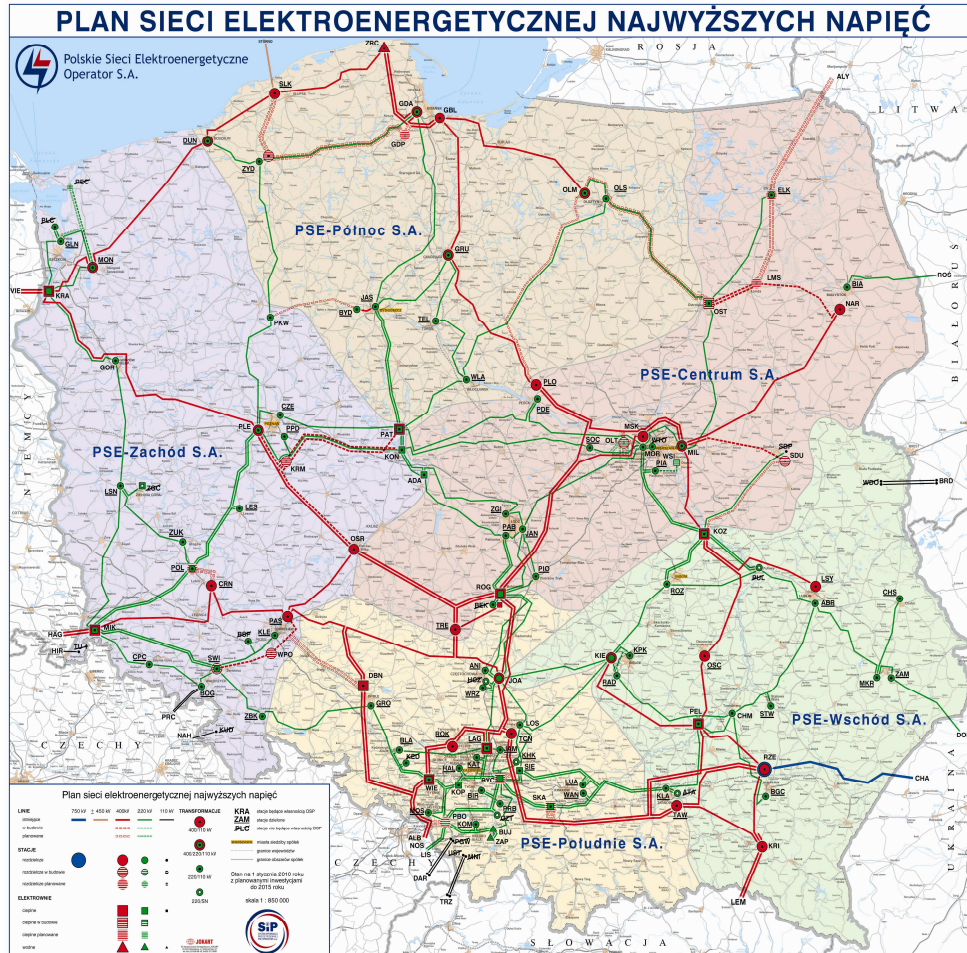
Ogólny schemat sieci przesyłowej najwyższych napięć (750, 400, 220 kV) wraz z połączeniami zagranicznymi krajowego systemu elektroenergetycznego jest przedstawiony na rys. 1.

W tabeli 2 są przedstawione dane dotyczące długości linii najwyższych napięć 750, 400 i 220 kV, wysokich napięć 110 kV, średnich napięć, niskich napięć, produkcji energii elektrycznej oraz energii elektrycznej wprowadzanej do tych sieci.

TABELA 2. Dane charakteryzujące krajowy system elektroenergetyczny
w latach 1995 – 2008

Wyszczególnienie	1995	2000	2005	2007	2008	08/95
Długość linii elektroenergetycznych napowietrznych [km]:						
750, 400 i 220 kV	12840	12890	13068	13185	13185	1,027
110 kV	31817	32284	32310	32462	32393	1,018
średnie napięcia	221391	223800	233855	234256	234202	1,058
niskie napięcia	281369	284116	286994	288067	289723	1,030
Razem wszystkie napięcia	547417	553090	566227	567970	569503	1,040
Produkcja energii elektrycznej [TWh]	139,0	145,2	156,9	159,3	155,5	1,119
Zużycie energii elektrycznej [TWh]	136,2	138,8	145,7	154,0	154,3	1,133
Energia elektryczna wprowadzona do sieci 400 i 220 kV [TWh]	80,3	80,9	89,9	92,2	94,6	1,178
Energia elektryczna wprowadzona do sieci 110 kV [TWh]	109,5	112,7	120,7	28,5	127,5	1,164
Energia elektryczna wprowadzona do sieci średniego i niskiego napięcia [TWh]	79,8	84,7	92,0	98,6	100,0	1,253

Źródło: Statystyka Elektroenergetyki Polskiej, Agencja Rynku Energii S.A. Warszawa,
2007,2009



Rys. 1. Stacje i linie przesyłowe krajowego systemu elektroenergetycznego 750 kV, 400 kV, i 220 kV

Szczegółowe dane krajowego systemu przesyłowego według stanu na koniec 2008 roku:

DŁUGOŚCI LINII NAWIETRZNYCH:

750 kV 114 km; 400 kV 4920 km; 220 kV 8151 km,

Łącznie linie najwyższych napięć 750, 400 i 220 kV 13185 km.

110 kV 32393 km;

średnich napięć 234202 km;

niskich napięć 289723 km.

DŁUGOŚCI LINII KABLOWYCH:

110 kV 116 km;

średnich napięć 66309 km,

niskich napięć 134163 km.

LICZBA STACJI O GÓRNYM NAPIĘCIU:

400 i 750 kV 32; 220 kV 69; 110 kV 1372; średnie napięcia 242148.

LICZBA I MOC TRANSFORMATORÓW SIECIOWYCH:

NN/(NN+WN) 179, 39672 MVA; WN/SN 2497, 47430 MVA; SN/nN 243345, 42603 MVA.

Z przedstawionego w tabeli 2 zestawienia wynika, że w latach 1995 – 2008 wzrost długości wszystkich linii krajowego systemu elektroenergetycznego, które mają decydujący wpływ na bezpieczeństwo elektroenergetyczne kraju, wyniósł 4,0 %, w tym: wzrost długości linii najwyższych napięć 400 i 220 kV o 2,7 %, a linii 110 kV o 1,8 %. Jest to wzrost zdecydowanie mniejszy od wzrostu krajowej produkcji 11,9 %, zużycia 13,3 % i wprowadzanej do sieci energii elektrycznej.

Oznacza to, że w latach 1995 – 2008 nastąpiło zwiększenie dysproporcji między sektorem wytwórczym i przesyłowym krajowego systemu elektroenergetycznego. Nastąpiło zatem dalsze zwiększenie niedoinwestowania krajowego systemu przesyłowego i tym samym zmniejszenie bezpieczeństwa elektroenergetycznego, które ma decydujący wpływ na ogólny stan bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Niedoinwestowanie krajowego systemu przesyłowego powoduje również zwiększenie strat sieciowych. Straty te w krajowym systemie elektroenergetycznym są znaczne: 2006 rok – 14,0 TWh, 2007 rok – 14,4 TWh, 2008 rok – 11,3 TWh.

Obecny stan sieci przesyłowej nie spełnia w zadawalającym stopniu wymagań zachowania bezpieczeństwa elektroenergetycznego kraju. Stan ten wynika przede wszystkim z braku rozbudowy w ostatnich latach sieci przesyłowych 400 kV. Linie przesyłowe najwyższych napięć są najsłabszym elementem krajowego systemu elektroenergetycznego. Brak dalszej rozbudowy sieci przesyłowej 400 kV, szczególnie w północnej części kraju (rys.1), zagraża bardzo poważnie bezpieczeństwu elektroenergetycznemu. Braki w rozbudowie krajowej sieci przesyłowej w porównaniu z europejską siecią przesyłową są przedstawione na rys.2.

Należy również zwrócić uwagę, że średni wiek istniejącego majątku sieciowego krajowego systemu elektroenergetycznego ma około 40 lat. Oznacza to o zbliżaniu się części tego majątku do granicy technicznego zużycia. Według oceny PSE – Operator SA. przewidywany średni czas sprawności funkcjonalnej głównych elementów sieci przesyłowej wynosi: linie 220 kV około 13 lat, linie 400 kV około 22 lat, transformatory około 26 lat.



Rys. 2. Europejska sieć przesyłowa najwyższych napięć

2. POŁĄCZENIA MIĘDZYKRAJOWE KRAJOWEGO SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

Krajowy system przesyłowy jest połączony z systemami przesyłowymi krajów sąsiednich następującymi międzysystemowymi liniami najwyższych napięć 220 kV, 400 kV i 750 kV (rys. 1):

- na granicy zachodniej z Niemcami 4 liniami 400 kV:
 - 2 – torowa linia 400 kV Krajnik – Vierraden, pracująca obecnie na napięciu 220 kV,
 - 2 – torowa linia 400 kV Mikułowa – Hagenverder.
- na granicy południowej z Republiką Czeską i z Republiką Słowacką 4 liniami 400 kV i 2 liniami 220 kV:
 - linia 400 kV Wielopole – Albrechtice,
 - linia 400 kV Wielopole – Noszowice,
 - linia 220 kV Kopanina – Liskovec,
 - linia 220 kV Bujaków – Liskovec,
 - 2 – torowa linia 400 kV Krosno Iskrzynia – Lemesany.

- na granicy północnej ze Szwecją za pośrednictwem stacji przekształtnikowej i podmorskiego kabla prądu stałego ± 450 kV o zdolności przesyłowej 600 MW.
- na granicy wschodniej z Ukrainą linią 220 kV łączącą do pracy synchronicznej z krajowym systemem elektroenergetycznym wydzielone w elektrowni Dobrotwór bloki o maksymalnej mocy 180 MW.

Istnieją ponadto na granicy wschodniej dwa połączenia, które są wyłączone z ruchu, są to:

- linia 220 kV Białystok – Roś (Białoruś), która zasilala obszar wyspowy sieci 110 kV Zakładu Energetycznego Białystok S.A.
- linia 750 kV Rzeszów – Chmielnicka (Ukraina), która jest wyłączona od 1995 roku tj. od chwili połączenia krajowego systemu elektroenergetycznego do pracy synchronicznej z systemem elektroenergetycznym krajów Europy Zachodniej UCTE (*Union for the Coordination of Transmission of Electricity*). Linia ta nie może być załączona do ruchu ze względu na brak stacji przekształtnikowej prądu stałego umożliwiającej połączenie i współpracę systemów elektroenergetycznych nie pracujących synchronicznie. Obecnie nie ma warunków technicznych do synchronicznej współpracy krajowego systemu elektroenergetycznego z systemem ukraińskim.

Obecny stan możliwości przesyłowych połączeń międzynarodowych krajowego systemu elektroenergetycznego jest niezadawalający. Główną przyczyną tego stanu jest brak powiązania krajowego systemu elektroenergetycznego z systemami Ukrainy, Białorusi i Litwy. Trwałe wyłączenie linii 750 kV Rzeszów – Ukraina stanowi znaczne osłabienie bezpieczeństwa krajowego systemu elektroenergetycznego w awaryjnych stanach powodowanych deficytem mocy. Należy uznać za celowe uzyskanie połączeń międzynarodowych krajowego systemu przesyłowego na granicy wschodniej a także wzmocnienie istniejących połączeń na zachodniej i południowej granicy kraju. Dotyczy to uruchomienia istniejącej linii 750 kV Rzeszów – Ukraina oraz budowę nowych linii w relacji Poznań – Niemcy, Śląsk – Słowacja, Białystok – Białoruś oraz Ełk – Litwa. Budowa połączeń Białystok – Białoruś, Ełk – Litwa wymaga znacznej rozbudowy krajowej sieci przesyłowej

w północno – wschodniej części kraju (rys 1).

3. PROGNOZY KRAJOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ

Według Prognozy Zapotrzebowania na Paliwa i Energię do 2030 roku, opracowanej przez Ministerstwo Gospodarki, krajowe zapotrzebowanie na energię elektryczną w 2030 roku wyniesie 217,4 [TWh]. Jest to wzrost zapotrzebowania o 46 % w odniesieniu do krajowego zużycia energii elektrycznej w 2009 roku. Oznacza to konieczność rozbudowy krajowej sieci przesyłowej najwyższych napięć przynajmniej o 30 % w stosunku do stanu obecnego, tzn. wybudowania około 4000 km nowych linii 400 kV. Jest to prognoza zdecydowanie zawyżona, a wybudowanie do 2030 roku 4000 km nowych linii 400 kV jest praktycznie niemożliwe.

Realny wzrost krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną do 2030 roku nie powinien przekroczyć 185 [TWh]. Należy zatem przewidywać, że do 2030 roku konieczne będzie wybudowanie około 2500 km nowych linii 400 kV.

Obecnie nakłady inwestycyjne szacuje się na następującym poziomie:

- budowa linii najwyższych napięć ok. 4 mln zł/km.
- budowa stacji najwyższych napięć ok. 50 mln zł.

Łączne nakłady inwestycyjne na rozbudowę i modernizację krajowych sieci elektroenergetycznych do 2030 roku powinny wynieść około 21 mld. zł, z tego:

- budowa nowych linii i stacji 400 kV – 11 mld zł. (2500 km x 4 mln zł/km = 10 mld zł, 20 stacji x 50 mln zł = 1 mld zł),
- modernizacja i rozbudowa pozostałych sieci najwyższych napięć (400 i 220 kV), wysokich napięć (110 kV), średnich i niskich napięć około 10 mld. zł.

Ponadto, przy prognozie zapotrzebowania na energię elektryczną w 2030 roku wynoszącą 185 TWh, niezbędne będzie zwiększenie mocy zainstalowanej do około 45 GW. Oznacza to, że przy zachowaniu obecnej mocy zainstalowanej wynoszącej 35 GW należy wybudować dodatkowo około 10 GW nowych mocy w elektrowniach. Szacunkowy koszt tych inwestycji należy ocenić na około 40 mld zł.

Rozbudowa krajowej sieci przesyłowej wraz z połączeniami zagranicznymi jest niezbędna dla zapewnienia bezpieczeństwa elektroenergetycznego kraju. Przerwa w dostawach do odbiorców indywidualnych jak i przemysłowych, powoduje wielomiliardowe straty gospodarcze. Wskazują na to liczne awarie systemowe, które miały miejsce w kraju i na świecie (tabela 3). Awarie te uświadomiły jak wielkie negatywne skutki ekonomiczne, gospodarcze i społeczne powoduje brak dostawy do odbiorców energii elektrycznej. Przyczyny zestawionych w tabeli 3 elektroenergetycznych awarii systemowych, które spowodowały wielkie straty gospodarcze i społeczne, były rozmaite. W wielu jednak przypadkach awarie te były spowodowane głównie niedoinwestowaniem sieci przesyłowych, dystrybucyjnych i rozdzielczych, niedostatkami systemów wspomagania dyspozytorskiego, błędami popełnianymi w zakresie prognozowania zapotrzebowania na moc i energię elektryczną oraz sterowania pracą systemów elektroenergetycznych.

TABELA 3. Wybrane awarie systemów elektroenergetycznych

Data	Miejsce	Wyłączenia
1965	USA (płn-wsch.), Kanada (Ontario)	20000 MW, ok. 30 mln. odbiorców
1972	Polska (Dolny Śląsk)	3500 MW zapotrzebowania
1977	USA (Nowy Jork)	6000 MW, ok. 9 mln odbiorców
1978	Francja	28000 MW, ok. 75 % zapotrzebowania
1981	Wielka Brytania	1900 MW zapotrzebowania
1983	Szwecja	11400 MW zapotrzebowania
1985	Francja	4300 MW, wyłączenie 7 bloków
1987	Polska (płn-wsch.), El. Ostrołęka	920 MW zapotrzebowania
1987	Francja (Bretania)	spadki napięć, wył. generatorów
1994	Włochy	2000 MW zapotrzebowania
1996	USA, Kanada, Meksyk – rejon Zach.	11850 MW, ok. 2 mln. odbiorców

1996	USA, Kanada, Meksyk – rejon Zach.	28000 MW, ok. 7,5 mln. odbiorców
1998	Kanada (Quebec)	2000 MW, ok. 1,7 mln. odbiorców
1998	USA (płn.), Kanada (Ontario)	950 MW zapotrzebowania
1998	USA (Nowy Jork)	10280 MW zapotrzebowania
1999	Francja	ok. 1918 tys. odbiorców
2003	Algieria (płn.)	4200 MW zapotrzebowania
2003	Portugalia	550 MW zapotrzebowania
2003	Wielka Brytania (Londyn)	800 MW zapotrzebowania
2003	Meksyk (5 stanów)	ok. 4 mln. odbiorców
2003	Szwecja, Dania	ok. 4 mln. odbiorców
2003	Włochy	największy blackout w Europie
2006	Polska (płn-wsch.), El. Ostrołęka	blackout płn-wsch. rejon kraju
2008	Polska (płn.-zach.),	blackout płn-zach. rejon kraju

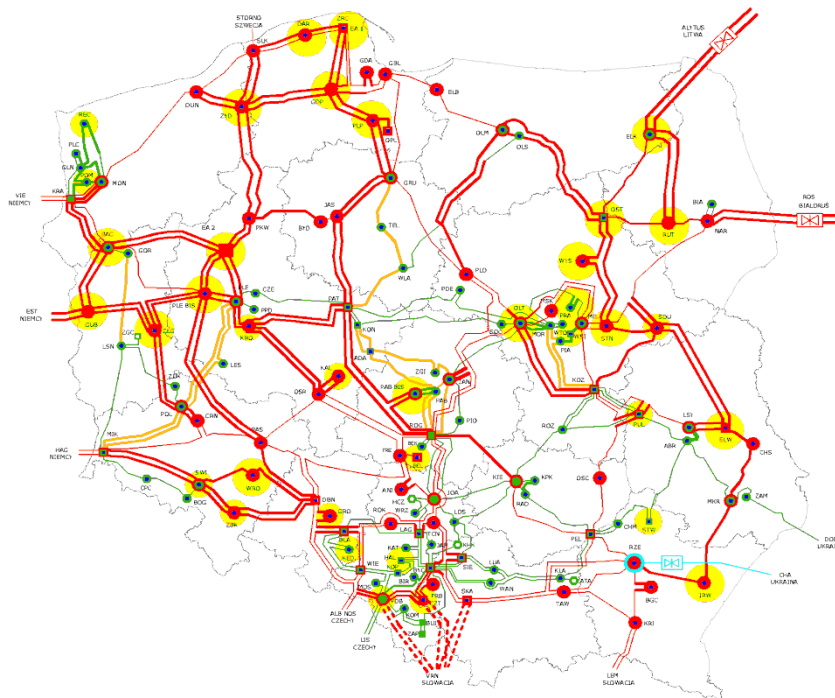
Według przewidywań Polskich Sieci Elektroenergetycznych Operator SA. rozbudowa krajowej sieci przesyłowej najwyższych napięć 400 kV do 2030 roku (rys. 3), w porównaniu ze stanem obecnym (rys. 1), będzie znaczna. Przy tak znacznej rozbudowie sieci przesyłowej jest nieodzowny spójny z tą prognozą rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej.

4. ZAKOŃCZENIE

Stan aktualny krajowej sieci elektroenergetycznej wysokich, średnich i niskich napięć oraz prognozy wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną wskazują na konieczność znacznej ich rozbudowy i modernizacji. Kierunki rozbudowy sieci przesyłowej najwyższych napięć będą uwarunkowane lokalizacją pierwszej krajowej elektrowni jądrowej. Możliwość bezpiecznego i niezawodnego wyprowadzenia mocy z tej elektrowni będzie czynnikiem decydującym o jej lokalizacji. Dla bezpiecznego wyprowadzenia mocy z elektrowni jądrowej o mocy 3200 MW (2 x 1600 MW) niezbędne będzie wybudowanie przynajmniej ośmiu linii 400 kV.

Stan sieci, szczególnie w Polsce Północnej, gdzie prawdopodobnie będzie budowana pierwsza elektrownia jądrowa, uniemożliwi przyłączenie tej elektrowni do krajowego systemu przesyłowego. Rozbudowa infrastruktury sieciowej w tym rejonie do 2030 roku musi nie tylko zapewnić możliwość wprowadzenia do systemu mocy z elektrowni jądrowej, ale również zapewnić warunki przyłączenia elektrowni wiatrowych, których łączna moc będzie wówczas wynosiła około 5000 MW. Będzie to moc większa od mocy elektrowni jądrowej. Nowe linie 400 kV wyprowadzające moc z dużych elektrowni, szczególnie z elektrowni jądrowych, powinny być przystosowane do przesyłów dużych mocy. Wybudowanie nowych linii 400 kV do wyprowadzenia mocy z elektrowni jądrowej może okazać się trudniejsze do wykonania niż wybudowanie i uruchomienie samej elektrowni.

Dodatkowym utrudnieniem przy rozbudowie sieci są obecnie problemy związane z uzyskaniem zezwoleń na budowę. Wymagana jest zatem zmiana odpowiednich przepisów legislacyjnych.



Rys 3. Planowany rozwój krajowej sieci przesyłowej w 2030 roku
(źródło: *Elektroenergetyka współczesność i rozwój*, PSE Operator SA, nr 2, 2009)

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Agencja Rynku Energii SA: *Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2008*, Warszawa, 2009
- [2] Maciejewski Z.: *Sieci przesyłowe jako element bezpieczeństwa elektroenergetycznego Polski*, Polityka Energetyczna, Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Tom 11, Kraków 2008
- [3] Ministerstwo Gospodarki: *Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku*, Warszawa 2009
- [4] Lipko K., Parczewski Z., Tatarewicz I., Klimpel A.: *Długoterminowe prognozy popytu na energię i moc elektryczną w kraju dla potrzeb rozwojowych PSE Operator SA*, *Elektroenergetyka współczesność i rozwój*, PSE Operator SA, nr 1, Konstancin – Jeziorna 2010