

Prof. dr hab. inż. Janusz Badur, Kierownik Zakładu Konwersji Energii,  
mgr inż. Mateusz Bryk, Specjalista, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku

# Krajowe nadkrytyczne bloki węglowe:

## praca podstawowa czy elastyczna?

Obecne trendy w projektowaniu nowych bloków węglowych stawiają na wysokie moce i maksymalne sprawności ważone.

W blokach nowej generacji, by uzyskać wysoką sprawność netto produkowanej energii elektrycznej wprowadza się zabiegi takie jak:

- podwyższanie parametrów początkowych: ciśnienia pary świeżej oraz temperatury pary świeżej i wtórnie przegrzanej (pisząc o wysokich parametrach mamy na myśli wartości ciśnienia powyżej 22,115 MPa oraz temperaturę pary osiągającą wartość aż do 630°C);

- obniżanie parametrów końcowych ekspansji pary w turbinie - ma to za zadanie zwiększyć spadek entalpii, który jest odzwierciedleniem pracy wykonanej przez turbinę, która zaś z kolei przekłada się na wzrost produkcji energii elektrycznej [1];
- karnotyzacja układu cieplnego, zwiększenie liczby stopni podgrzewania regeneracyjnego i temperatury wody zasilającej;
- udoskonalenie konstrukcji kotła i turbozespołu, prowadzące do zwiększenia ich sprawności;

- maksymalne wykorzystanie ciepła spalin wylotowych z kotła;

- optymalizacja poszczególnych urządzeń pomocniczych, takich jak np. turbina pomocnicza służąca do napędu pompy głównej zasilającej kocioł, a co z tym się wiąże - wysokie parametry medium roboczego (pary).

Polska jest krajem, w którym są eksploatowane oraz budowane [1-6] kolejne jednostki na parametry nadkrytyczne. Między innymi wymienić można cztery bloki, które oddane zostały do użytku w latach 2008-2017. Są to jednostki:

- blok 858 MW Bełchatów
  - blok 460 MW Łagisza
  - blok 464 MW Pątnów II
  - blok 1075 MW Kozienice
- Dodatkowo w budowie są bloki:
- 2x900 MW Opole
  - 910 MW Jaworzno
  - 3x450 MW Turów.

Wspomnieć należy, że została podjęta decyzja o budowie bloku w Ostrołęce i Rybniku.

Na rys. 1. przedstawione zostało rozmieszczenie bloków nadkrytycznych na terenie Polski.

Jeśli postuluje się, aby produkować energię elektryczną jak najmniejszym kosztem, to powinno się prowadzić blok z jego stałym znamionowym obciążeniem - wtedy to sprawność bloku jest największa [1]. Wysoka sprawność oznacza mniejsze nakłady pieniężne na paliwo, które musiałyby zostać doprowadzone do kotła w przypadku bloku o mniejszej wartości sprawności. Z tego też względu bloki nadkrytyczne, najbardziej sprawne w całej energetyce zawodowej, powinny pracować ze stałym obciążeniem minimalnym.

Jednakże pomimo powyższego, praktyka rodzinnej eksploatacji wskazuje, że moc bloków na parametry nadkrytyczne jest zmienna, w zakresie od 40-105%. Wynika to z oddziaływania odnawialnych źródeł energii na pracę energetyki konwencjonalnej oraz pracy systemu w układzie dziennym i nocnym.

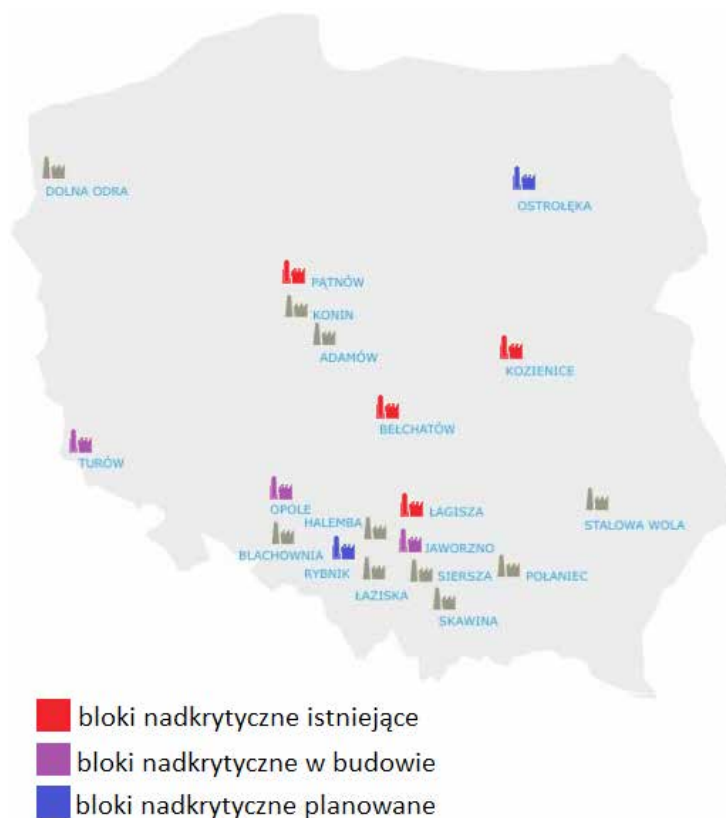
Wiadomym jest, że w systemie elektroenergetycznym równowaga między mocą odbieraną a wytwarzaną jest konieczna. W przeszłości tzw. rezerwa wirująca pokry-

wałaby zmiany mocy obciążenia w przeciągu 10 minut. Jeżeli spodziewany jest wzrost obciążenia, to muszą być gotowe instalacje, które by to obciążenie przejęły. Jednakże aktualnie mamy do czynienia z negatywnym oddziaływaniem m.in. Niemiec, w których systemie elektroenergetycznym zainstalowane jest blisko 45 GW mocy w farmach wiatrowych [1, 7]. Z racji tego, że systemy Polski i Niemiec są ze sobą połączone ww. zjawiska mają miejsce coraz częściej w polskim systemie elektroenergetycznym. Dodatkowo, rozwój energetyki wiatrowej w naszym kraju prowadzi do negatywnego oddziaływania na energetykę konwencjonalną. Na chwilę obecną Polska posiada zainstalowaną moc w turbinach wiatrowych na poziomie około 6 GW [7], co stanowi około 15% całości mocy zainstalowanej.

Jak wiadomo wiatr jest "kapryśny" i w ciągu kilku minut radykalnie może zmienić się wartość swojej prędkości, która proporcjonalnie przekłada się na moc elektryczną generowaną przez farmy wiatrowe, sytuacja taka wystąpiła w 2015 r. [8]. Dodatkowo postuluje się, by pewne bloki stanowiły tzw. podstawę obciążenia, to znaczy by jak najtańszym kosztem produkowały energię elektryczną, z racji wyższych sprawności instalacji o większych mocach [1, 9]. Przekłada się to jednoznacznie na jednostkowe zużycie paliwa, cenę energii oraz aspekty środowiskowe związane z produkcją w/w energii. Przykładowe wartości sprawności bloków nadkrytycznych w porównaniu z konwencjonalnymi przedstawione zostały na rys. 2.

Widać, że zarówno moce elektrowni nadkrytycznych (kolor żółty) jak i sprawności (kolor niebieski) są o wiele wyższe aniżeli bloków na parametry podkrytyczne. Dodatkowo emisje poszczególnych zanieczyszczeń są mniejsze w porównaniu z blokami podkrytycznymi (kolor zielony).

Należy postawić w tym miejscu pytanie: „Czy bloki nadkrytyczne po-



- bloki nadkrytyczne istniejące
- bloki nadkrytyczne w budowie
- bloki nadkrytyczne planowane

Rys. 1. Rozmieszczenie bloków nadkrytycznych w Polsce

Grupa energetyczna	Elektrownia	Moc bloku energetycznego [MW]	Sprawność wytwarzania brutto [%]	Emisja pyłu [kg/MWh]	Emisja SO <sub>2</sub> [kg/MWh]	Emisja NO <sub>x</sub> [kg/MWh]	Emisja CO <sub>2</sub> [kg/MWh]
ZE PAK SA	El. Adamów	120	32,90	0,52	4,15	2,23	1217,4
ZE PAK SA	El. Patnów	200	33,74	0,13	0,87	1,56	1168,7
TAURON SA	El. Siersza	120	34,00	0,17	2,80	2,22	1000,0
TAURON SA	El. Lagisza	200	37,00	0,04	0,89	0,70	900,0
PGE SA	El. Belchatów	370	37,36	0,05	4,22	1,51	1125,0
PGE SA	El. Turów	235	38,13	0,13	1,31	0,86	920,0
PGE SA	El. Belchatów	380	38,45	0,01	1,26	0,85	1089,0
PGE SA	El. Belchatów	390	38,64	0,02	1,41	0,82	1052,0
PGE SA	El. Turów	261	40,97	0,09	1,25	0,90	920,0
ZE PAK SA	El. Patnów	464	44,00	0,04	0,52	0,74	927,7
TAURON SA	El. Lagisza	460	45,00	0,01	0,45	0,52	830,0
PGE SA	El. Belchatów II	858	44,40	0,01	0,38	0,80	995,0
PGE SA	El. Turów NOWY	460	45,00	0,03	0,44	0,58	850,0
PGE SA	El. Opolo NOWY	950	49,00	0,03	0,26	0,26	691,0
ENEA SA	El. Kozienice NOWY	1075	49,00	0,01	0,40	0,40	700,0
TAURON SA	El. Jaworzno III NOWY	910	49,70	0,01	0,40	0,40	750,0

Rys. 2. Porównanie elektrowni na parametry nadkrytyczne z elektrowniami na parametry podkrytyczne [10]

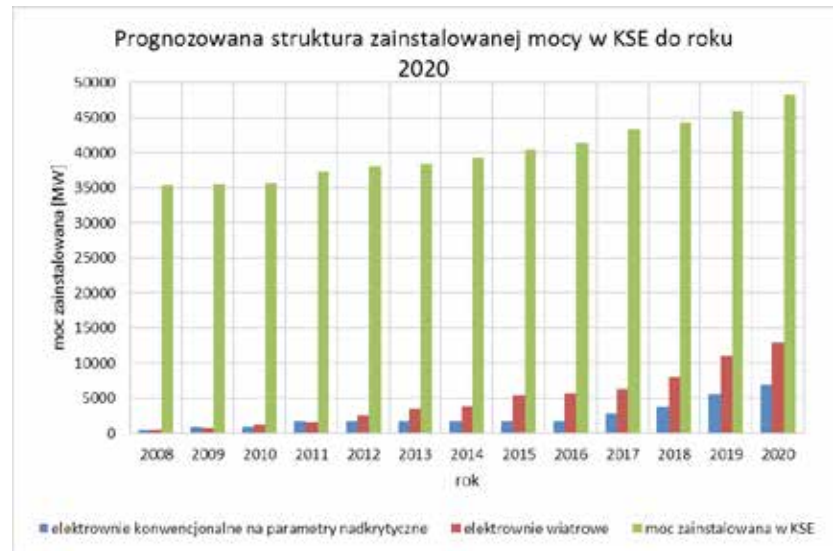
winy dostosowywać swoją moc do zmienności obciążenia, czy powinny pracować z niezmienną mocą, zaś zmienność obciążenia przejmowana byłaby przez starsze jednostki?”

W przypadku pierwszym, bloki nadkrytyczne będą musiały zmniejszać swoją moc zważywszy na rozwijanie instalacji wiatrowych. Obecnie mamy do czynienia z taką sytuacją. W dzisiejszych czasach ze względu aspektów stabilnej pracy kotła i przepływu pary w turbinie, obciążenie nie powinno przyjmować wartości mniejszych niż 40% obciążenia znamionowego [9].

W drugim przypadku jednostki nadkrytyczne pracowałyby z pełną mocą, niezależnie od wpływu energetyki wiatrowej a zmienność obciążenia przejęłyby starsze i mniejsze jednostki, które winny być odstawiane i uruchamiane w trybie szczytowym. Krok ten powinien zostać wykonany ze względu na wysokie koszty budowy bloku nadkrytycznego. Z racji wysokiego stopnia zaawansowania technologii wykorzystywanych w blokach nadkrytycznych, ich ceny również są wysokie. Ażby elektrownie były rentowne należałoby prowadzić blok tak, aby jak najszybciej zaczął na siebie zarabiać, czyli w omawianym przypadku - pracował ciągle z obciążeniem maksymalnym.

Omawiany problem jest jak najbardziej aktualny ze względu na polski mikś energetyczny, w którym jak wiemy pojawiają się nowe jednostki wytwórcze bazujące na źródłach odnawialnych. Na rys. 3. przedstawione zostało prognozowane zapotrzebowanie na moc zainstalowaną w systemie oraz moc źródeł wytwórczych konwencjonalnych na parametry nadkrytyczne oraz farm wiatrowych.

Zdaniem autorów należy przedsięwziąć kroki w kierunku drugiego sposobu prowadzenia bloków na parametry nadkrytyczne. Bowiem ważnym aspektem życia codziennego jest energia elektryczna a co za tym idzie jej cena. Należy dążyć do zmniejszenia



Rys. 3. Prognozowana struktura zainstalowanej mocy w KSE do 2020 r. [1, 7, 11]

ubóstwa energetycznego w Państwie, co związane będzie z produkcją energii elektrycznej mniejszym kosztem.

□

#### Literatura:

1. Bryk M. (2017) Analiza szybkich rozruchów i odstawień turbin dużej mocy, praca dyplomowa magisterska, PG, Gdańsk
2. Inwestycja - Blok 910 Jaworzno, <http://www.blok910.pl/inwestycja/Strony/inwestycja.aspx>, (data dostępu 21.02.2018 r.).
3. Elektrownia Opole bloki 5 i 6, <http://inwestycjeenergetyczne.itc.pw.edu.pl/inwestycja/elektrownia-opole-bloki-5-i-6/>, (data dostępu 21.02.2018 r.).
4. Pątnów II, <http://zepak.com.pl/pl/ofirmie/grupa-kapitalowa/spolki-zalezne/pak-holdco/patnow-ii.html>, (data dostępu 21.02.2018 r.).
5. PGE GiEK SA Oddział Elektrownia Opole - blok 5 i 6, [https://www.blok5i6.pl/wp-content/uploads/2014/12/2014\\_11\\_03\\_budowa\\_blokow\\_nr\\_5\\_i\\_6\\_w\\_elektrowni\\_opole\\_broszura.pdf](https://www.blok5i6.pl/wp-content/uploads/2014/12/2014_11_03_budowa_blokow_nr_5_i_6_w_elektrowni_opole_broszura.pdf), (data dostępu 21.02.2018 r.).
6. Blok energetyczny 460 MWe z kotłem CFB na parametry nadkrytyczne, [http://www.tauron-wytwarzanie.pl/SiteCollectionDocuments/wydawnictwa/tryptyk\\_lagisza\\_ok.pdf](http://www.tauron-wytwarzanie.pl/SiteCollectionDocuments/wydawnictwa/tryptyk_lagisza_ok.pdf), (data dostępu 01.09.2017 r.).

7. Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej czerwiec, 2017 Stan energetyki wiatrowej w Polsce w 2016 r.

8. Badur J., Kowalczyk T., Ziółkowski P., Ziółkowski P.J., Sławiński D., Bryk M.: Problem elastyczności bloków cieplnych w warunkach dynamicznego rozwoju OZE. Acta Energetica - zgłoszone do publikacji w związku z XVIII Konferencją Naukową Aktualne Problemy w Elektroenergetyce - APE'16, 2016.

9. Chmielniak T.: Elastyczność cieplna bloków energetycznych dużej mocy. Możliwość jej zwiększenia. III Konferencja Techniczna RBnPN 2015, 25-27 listopada 2015.

10. <http://demagog.org.pl/wypowiedzi/sprawnosc-elektrowni-weglowych/>

11. Raporty Polskich Sieci Elektroenergetycznych, <https://www.pse.pl> (data dostępu 21.02.2018 r.).