

Michał Wójcik, specjalista ds. turbin, Wydział Realizacji Projektów i Serwisu, ENEA Wytwarzanie Sp. z o.o.

Modernizacje części przepływowych WP i NP bloków „200 MW” w ENEA Wytwarzanie

Turbozespoły bloków „200 MW” są najliczniejszą grupą urządzeń, jakie zainstalowano w polskich elektrowniach konwencjonalnych. Duża ilość pracujących maszyn i wymiana doświadczeń z ich użytkowania sprawiła, że inżynierowie często podejmowali próby usprawnienia tych jednostek wytwórczych. Przez szereg lat wprowadzano w nich różne zmiany konstrukcyjne w celu zwiększenia efektywności wytwarzania energii i wydłużenia żywotności poszczególnych elementów. Zabiegi te sprawiły, że pomimo upływu lat - od prawie pół wieku są one nadal podstawowymi jednostkami w polskiej energetyce.

W ENEA Wytwarzanie Sp. z o.o. (dawniej Elektrownia Kozienice) zainstalowane jest 8 turbozespołów „200 MW”. Zostały one oddane do użytku w latach 1972-1975. Były to turbiny 13K215 dostarczone przez firmę Zamech. Jest to trójkadłubowa, jednowałowa maszyna kondensacyjna z międzystopniowym przegrzewem pary. Posiada siedem nieregulowanych

upustów zasilających wymienniki regeneracyjne. Oryginalnie turbina ta składa się z trzech zasadniczych części:

- akcyjnej wysokoprężnej WP zawierającej 12 stopni,
- akcyjnej średnioprężnej SP zawierającej 11 stopni,
- dwuprzepływowej akcyjnej niskoprężnej NP zawierającej 2x4 stopnie.

Nominalne parametry pary wlotowej dla turbiny 13K215 wynoszą: 12,75 MPa, 535°C i 650 t/h. Maszyna ta charakteryzuje się sprawnościami wewnętrznymi części WP, SP i NP turbiny kształtującymi się odpowiednio na poziomie: 81%, 89% i 73%.

■ Modernizacje części przepływowych NP

Elementy turbin 13K215 eksploatowanych w Kozienicach były projektowane do pracy przez około 100 000 godzin. Ograniczenie to wynikało głównie z dostępnych metod obliczeniowych i braku doświadczeń z tego typu maszynami w dłuższym okresie eksploatacji. Dbałość o poprawne prowadzenie pracy turbiny przez obsługę ruchową, regularne remonty kapitalne i oceny żywotnościowe sprawiły, że urządzenia te bezpiecznie przekroczyły projektowy czas eksploatacji. Wraz z rozwojem techniki i zachodzącymi zmianami gospodarczymi w latach 90. pojawiły się w Polsce nowe propozycje poprawy sprawności turbin. Efektem tego było

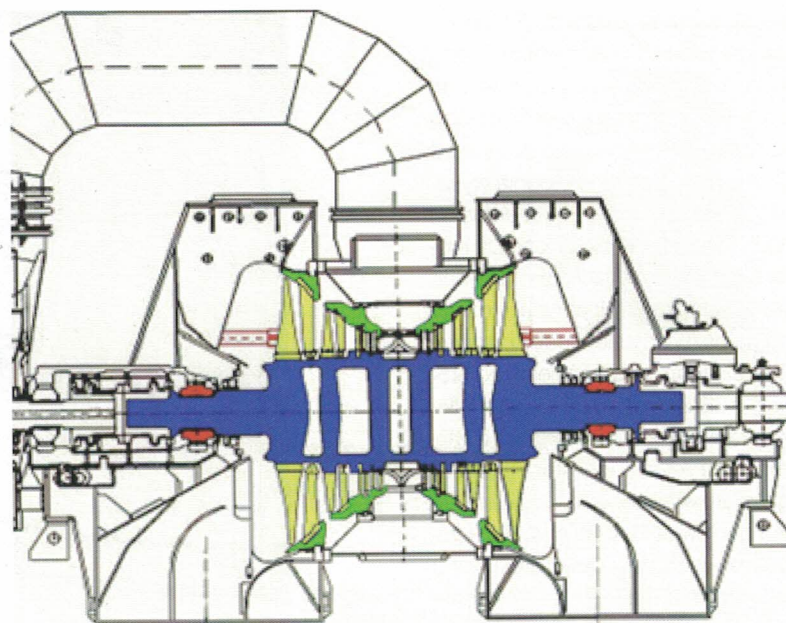
przeprowadzenie w Koziencicach modernizacji części przepływowych NP. Warunki jakie postawiono potencjalnemu Wykonawcy to:

- zmniejszenie jednostkowego zużycia ciepła,
- zwiększenie mocy,
- zapewnienie wysokiego stanu dynamicznego turbiny,
- przedłużenie żywotności,
- wydłużenie okresu międzyremontowego.

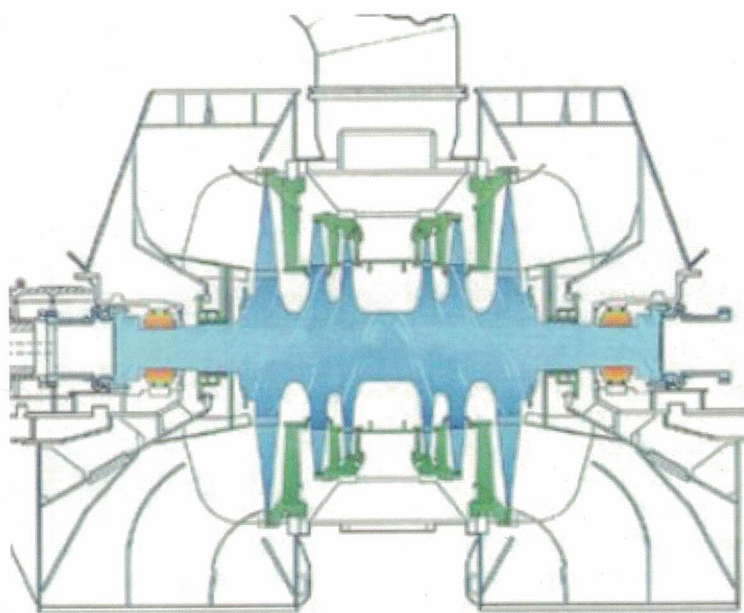
Ówczesnie na rynku polskim dostępne były dwie propozycje modernizacji. Ich autorami były firmy ABB Zamech i Westinghouse. Spośród tych ofert, na pierwszym z bloków modernizację przeprowadziła firma ABB Zamech. Propozycja ta uwzględniała następujące zmiany konstrukcyjne:

- wymiana części przepływowej na reakcyjną,
- zabudowa dyfuzora wylotowego,
- nowy wirnik spawany z 4 elementów,
- wymiana łożysk 4, 5 i wzmocnienie pokryw łożyskowych 4, 5,
- przystosowanie istniejącego korpusu zew. NP do zabudowy nowej części przepływowej.

W trakcie prac prowadzonych podczas modernizacji stara akcyjna część przepływowa NP o niskiej sprawności, posiadająca stopień Baumana została zastąpiona nowym wysokosprawnym układem reakcyjnym. Dzięki zastosowaniu nowych materiałów elementy zyskały zwiększoną wytrzymałość. Łopatki pierwszych dwóch stopni zostały wykonane w konstrukcji całofrezowanej z bandażami i skręceniem wstępnym. Łopatki ostatni dwóch stopni zaprojektowano jako wolnonośne. W porównaniu z poprzednim rozwiązaniem nie posiadają one drutów tłumiących. Łopatki ostatniego stopnia ND41-a zostały dodatkowo zabezpieczone przed erozją poprzez hartowanie i kulowanie, co pozwoliło w efekcie zrezygnować ze stosowania stellite'ów wykorzystywanych wcześniej. Dostarczono także nowe obejmy, które zamontowano w istniejącej części kadłuba zew. NP. W moder-



Rys. 1. Zmodernizowana część przepływowa NP w wersji ABB Zamech [1]



Rys. 2. Modernizacja części przepływowej w wykonaniu Westinghouse [1]

nizacji zastąpiono stary pełno kuty wirnik nowym spawanym z 4 elementów. Zaprojektowano także nowe lżejsze łożyska nr 4 i 5 i nowe uszczelnienia dławicowe. Kolejnym aspektem wpływającym na poprawę sprawności była zabudowa nowego dyfuzora wylotowe-

go. Dodatkowo cały korpus zew. NP został usztywniony poprzez zamocowanie w nim prętów wzmacniających.

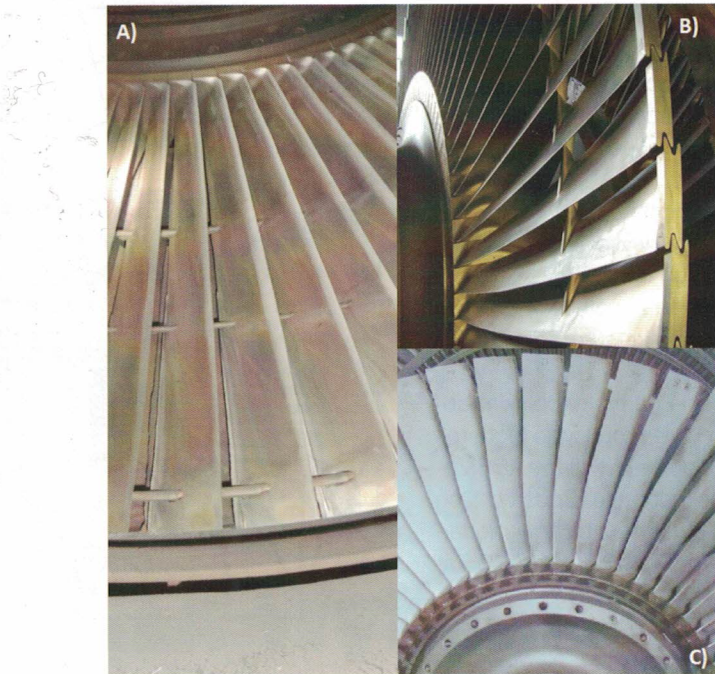
Na kolejnym z modernizowanych bloków została zaadaptowana propozycja firmy Westinghouse. W tym przypadku w reakcyjnej części przepływo-

wej zastosowano 2 razy po 3 stopnie. Pierwszy wieniec wykonano w wersji pełno frezowanej wraz z bandażem. Łopatki stopnia drugiego i trzeciego wykonano jako wolnostojące. W konstrukcji łopat ostatniego stopnia wykorzystano zamek pośredni (inter-lock) i bandaż (Z-lock). W celu uniknięcia erozji na ostatnich stopniach zastosowano stelity z wkładkami z inconelu. Pozwoliło to na usztywnienie łopatki i zmniejszenie jej drgań. W odróżnieniu od propozycji ABB Zamech w tym przypadku zastosowano pełno kuty wirnik. Z uwagi na mniejszą ilość stopni stał się lżejszy od alternatywnej propozycji konkurencji. Wykonano nowe łożyska nr 4, 5 (zastosowano w nich posadowienie kuliste) i uszczelnienia dławicowe. Podobnie jak w poprzedniej modernizacji na korpusie zew. NP wykonano dodatkowe wzmocnienia pozwalające usztywnić konstrukcję i nowy dyfuzor wylotowy zmniejszający stratę wylotową.

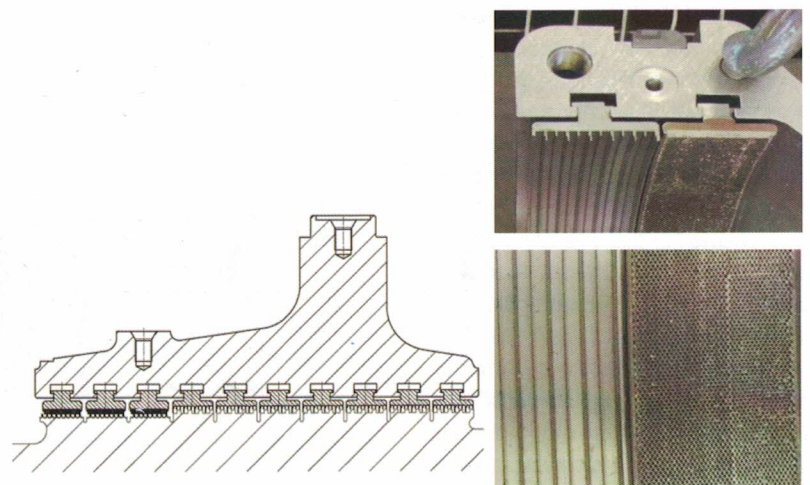
Docelowo w latach 1995-2004 wykonano 8 modernizacji. Jedną z nich przeprowadzono w wersji Westinghouse, natomiast pozostałe wykonał ABB Zamech. Przy okazji tych prac zabudowano także instalację do schładzania wylotu pary z części NP i zastosowano hydrauliczne śruby sprzęgłowe na połączeniu z wirnikiem generatora. W konsekwencji dzięki przeprowadzonym modernizacjom uzyskano nową turbinę typu 13K225 o mocy 225 MW. Uzyskano sprawność części NP na poziomie 83% i zmniejszenie jednostkowego zużycia ciepła o około 400 kJ/kWh. Kolejnym aspektem wykonanych działań było przedłużenie żywotności części przepływowej o kolejne 100 000 godz. i wydłużenie cykli remontowych z 4 do 8 lat. Dzięki temu możliwe było przekroczenie 200 000 godz. pracy turbozespołu.

■ Modernizacje części przepływowych WP

Wraz ze zbliżaniem się do założonego okresu żywotności turbozespołów 13K225 pojawiły się pomysły na działa-



Rys. 3. Ostatni stopień części NP: A) przed modernizacją (13K215) B) po modernizacji w wersji Westinghouse C) po modernizacji w wersji ABB Zamech (ND41-a)



Rys. 4. Nowe wykonanie wew. dławicy wlotowej z segmentami typu „plaster miodu”

nia pozwalające na dalszą bezpieczną eksploatację tych urządzeń. W tym celu konieczna była jednak szeroka ingerencja w różne elementy turbozespołu poprzez wykonanie niezbędnych modernizacji i napraw odtworzeniowych. Działania te objęły:

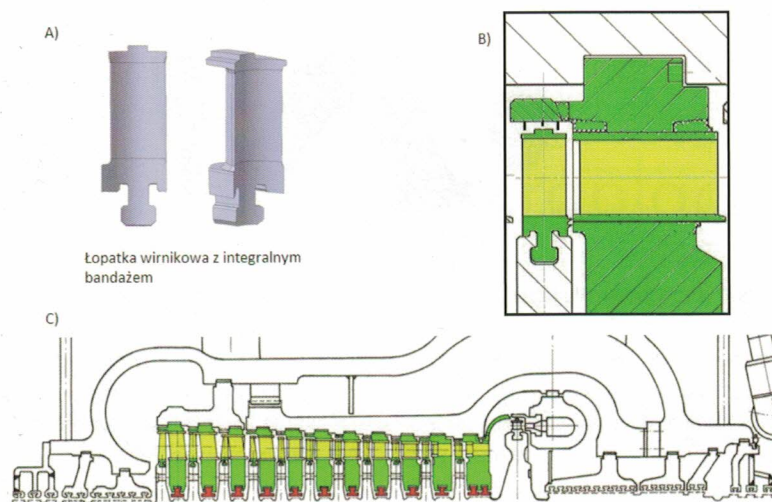
- wymiany układów łopatkowych (załączenie producenta),
- rewitalizację komór korpusów i komór zaworowych WP i SP,
- wymiany odtworzeniowe na regeneracji XN i XW, regulacji oraz pozostałych układach Turbozespołu.

W polskich elektrowniach przeprowadzano w ramach ww. działań różny zakres wymiany układów przepływowych. W Kozienicach zdecydowano

się na przeprowadzenie modernizacji części przepływowej WP. Dla potencjalnych Wykonawców postawiono następujące warunki:

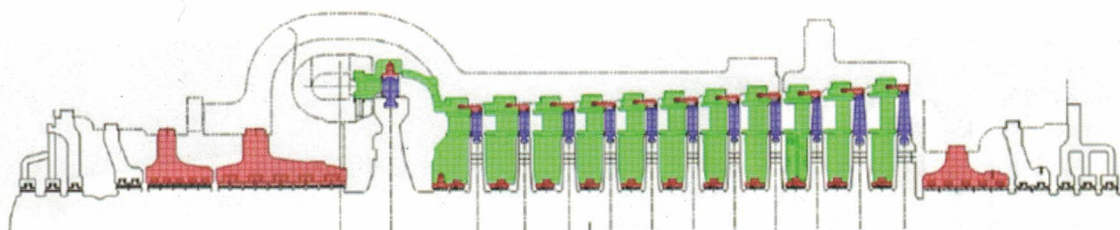
- zwiększenie mocy z części WP o co najmniej 3 MW,
- obniżenie jednostkowego zużycia ciepła z części WP o co najmniej 100 kJ/kWh, (zwiększenie sprawności części WP do co najmniej 85%),
- wydłużenie żywotności głównych elementów turbiny o około 100 000 godz.

Podobnie jak w przypadku modernizacji części przepływowych NP, w ENEA Wytwarzanie zostały wykonane dwie wersje modernizacji. Pierwszą przeprowadziła firma Alstom Power. W swoim rozwiązaniu wykonali nowe łopatki wirnikowe wraz z integralnym



Rys. 5. Modernizacja w wersji Alstom
A) nowa łopatka wirnikowa z integralnym bandażem b) szczegół konstrukcji nowego uszczelnienia nadbandażowego C) przekrój osiowy części WP [1]

- Modernizacja uszczelnień dławnicowych, międzystopniowych i nadbandażowych
- Modernizacji segmentów dyszowych stopnia regulacyjnego i tarcz kierowniczych
- Modernizacja łopatek wirnikowych



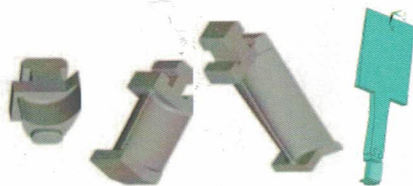
Rys. 6. Przekrój osiowy części WP wraz z zakresem modernizacji w wykonaniu TurboCare [1]

bandażem (rys. 4) i tarcze kierownicze. Zastąpiły one stare łopatki z nitowanym bandażem. Ilość stopni pozostała niezmienna. Podobnie jak przed modernizacją wykonawca zastosował technologię akcyjną. Zmodernizowano także segmenty dyszowe stopnia regulacyjnego. Wykonano nowe labiryntowe uszczelnienia nadbandażowe (dodatkowo dołożono jedną blaszkę) i międzystopniowe. W celu poprawy sprawności na pierwszych trzech segmentach wewnętrznej dławicy od strony wlotu pary zastosowano uszczelnienia typu

„plaster miodu” (rys. 5). Na pozostałych segmentach wykonano naprawy odtworzeniowe. W związku ze zwiększeniem ciśnienia w komorze koła regulacyjnego po modernizacji do 103 bar konieczna była wymiana 7 szpilek korpusu wew. WP na nowe z lepszego materiału. Rozwiązanie to zaimplementowano na dwóch blokach.

Drugim rozwiązaniem jakie zostało wykorzystane w Kozienicach była propozycja firmy TurboCare. W swym rozwiązaniu Wykonawca zastosował niezmienną ilość stopni. Dostarczy-

no nowe zmodernizowane łopatki wirnikowe, tarcze kierownicze i segmenty dyszowe stopnia regulacyjnego. Zastosowane profile łopatkowe są skręcone i były projektowane w technologii 3D. Podobnie jak w rozwiązaniu oryginalnym łopatki wirnikowe posiadają stopki w kształcie litery T. W celu zwiększenia sprawności części WP zastosowano także nowe rozwiązania mające za zadanie zmniejszyć przecieki. Wykonano 3 nowe dławice (rys. 6). Zastosowano w nich cofające się pierścienie uszczelniające (rys. 8A). Wykorzystanie sprę-



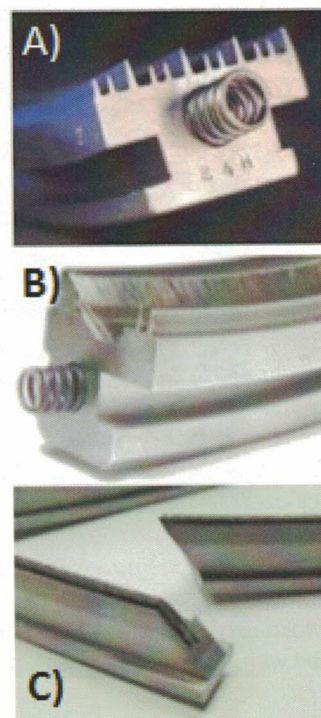
Rys. 7. Przykład profilu łopatkowego WP zastosowanego w modernizacji TurboCare [1]

żyn na obwodzie pozwala zwiększyć luz podczas pracy w okresach uruchomień i odstawień, gdzie może dochodzić do przytarć. Po zamknięciu segment uszczelnienia pracuje z normalnym (zmniejszonym) luzem. Jako uszczelnienia międzystopniowe wykorzystano cofające się segmenty, w których zamontowano szczotki (rys. 8B). Tego typu rozwiązanie ma za zadanie po zamknięciu uszczelnienia zapewnić tzw. zerowy luz. Efektem tego jest wysoka sprawności część WP turbiny. Szczotki wykorzystano także w uszczelnieniach nadbandażowych (rys. 8C).

W obydwu wersjach modernizacji wykorzystano stary wirnik, co wyma-

gało jego kompleksowej diagnostyki. Przeprowadzone działania pozwoliły na uzyskanie wysokiej sprawności części WP przekraczającej 85%, zmniejszeniu jednostkowego ciepła w granicach 100-150 kJ/kWh i uzyskaniu dodatkowych 3 MW mocy. Dzięki przeprowadzeniu rewitalizacji i napraw odtworzeniowych turbozespoły bloków „200 MW” będą mogły bezpiecznie przekroczyć granicę 300 000 godz. Wraz z wykonywaniem ww. modernizacji części WP rozpoczęto także wymianę na nowe łopatek ostatniego stopnia NP typu ND-41a.

[1] Materiały z prezentacji od Wykonawców modernizacji



Rys. 8 A) odsuwane labiryntowe uszczelnienie diawicowe, B) odsuwane szczotkowe uszczelnienie międzystopniowe, C) nadbandażowe uszczelnienie szczotkowe [1]

ZAMÓW PRENUMERATĘ NA ROK 2016

Magazyn „Nowa Energia”
to specjalistyczne czasopismo
dedykowane branży energetycznej



Cena egzemplarza 15 PLN

www.nowa-energia.com.pl