

Udział Doosan Škoda Power w rekonstrukcjach bloków elektrowni węglowych w Republice Czeskiej.

Ing. Jiří Fiala, Dyrektor Globalnego R & D centrum

Czeska spółka energetyczna ČEZ, główny właściciel i zarządzający elektrowniami w Republice Czeskiej, w 2006 roku postanowił zdecydowanie wymienić urządzenia elektrowni węglowych. Pierwszym dużym projektem w ramach tego działania była kompletna rekonstrukcja czterech bloków 200 MW elektrowni Tušimice. w roku 2007 realizowano kolejny projekt rekonstrukcji trzech bloków w elektrowni Pruněřov. Głównym powodem rekonstrukcji było podniesienie wydajności bloków i obniżenie obciążenia ekologicznego, przedłużenie żywotności przynajmniej o kolejnych 25 lat i podniesienie elastyczności eksploatacyjnej bloków tak, aby odpowiadały współczesnym wymaganiom sieci. Niemniej ważne było również obniżenie kosztów utrzymania. Wykonawcą generalnym obu projektów była Škoda Praha Invest, a. s., głównymi dostawcami technologii Vřtkovice Power Engineering w dziedzinie kotłów i Doosan Škoda Power jako dostawca maszynowni turbiny parowej.

Czynnikiem decydującym przy rekonstrukcji maszynowni Tušimic było wykorzystanie fundamentów pierwotnej trójkadłubowej turbiny z lat siedemdziesiątych zeszłego wieku. To określiło i podstawowe wymaganie konstrukcyjne na powtórzenie trzykadłubowej budowy turbiny parowej. Pierwotny fundament był projektowany jako kombinacja górnej fundamentowej płyty betonowej i słupów stalowych. Ze względu na większe odległości łożysk nowej części WP (wysokoprężnej) i SP (średnioprężnej) konieczne było posunięcie poprzecznic pod przednim kozłem łożyska i kozłem łożyska między częścią WP a SP.



☒ Maszynownia elektrowni Tušimice 4 x 200 MW po rekonstrukcji

Powodem podniesienia parametrów wejściowych pary było wymaganie podniesienia sprawności cieplnej do ponad 46%. Podniesione parametry wejściowe oznaczają dla konstrukcji turbiny wzrost wpływów entalpicznych na część wysokoprężną i średnioprężną. Nowa wysokoprężna część turbiny została zaprojektowana jako równoprężna z wykorzystaniem nowocze-

4 (długość łopatki 840 mm). Referencyjnie sprawdziła się np. w projektach rekonstrukcji części NP elektrowni jądrowych Dukovany albo Bohunice i dla turbin 500 MW dla chińskiej elektrowni Shen Tou. NP rotor jest, w stosunku do pierwotnej koncepcji składanej, wykonany jako odkuty w całości z jednej części bez wiercenia osiowego.

Wyraźnie zmieniły się parametry pary wejściowej

Podstawowe parametry turbiny	nowe	pierwotne
Moc nominalna mierzona na zaciskach generatora	200 MW	200 MW
Ciśnienie nominalne pary świeżej	17,5 MPa	16,5 MPa
Temperatura nominalna pary świeżej	570 °C	535 °C
Temperatura nominalna pary wtórnie przegrzanej	575 °C	535 °C

snego 3D układu łopatkowego i zastosowaniem merydionalnego kształtowania łopatek rozprowadzających na pierwszym stopniu. Dla nadbandażowych uszczelnień łopatek obiegowych są zastosowane ostrza bezpośrednio wychodzące z integrowanego bandaża, naprzeciw nim są w części statorowej umieszczone jako „odpowiednik” taśmy o strukturze plasterów miodu. Minimalny roboczy luz promieniowy 0,3 mm umożliwiają pierścienie labiryntowe z natryskiem tzw. materiału abra-deble, które zapewniają niezawodność eksploatacji. Nowa część średnioprężna jest jednoprzepływowa, zbudowana z 15 stopni równociśnieniowych z 3D układem łopatkowym. Uszczelki wykorzystują te same technologie jak w części wysokoprężnej. Wydajność termodynamiczna tej nowej części średnioprężnej wynosi mniej więcej 94 %.

Rozmiary pierwotnego fundamentu ograniczały konstrukcję niskoprężnej (NP) części turbiny. Rozwiązanie optymalne dla ostatniego stopnia i straty wyjściowej wymagało by większą powierzchnię wyjściową. Optymalny stopień końcowy nie zmieścił by się na istniejącym fundamencie. Konieczny był więc kompromis. Część niskoprężna jest zaprojektowana z solidną, dynamiczną ostatnią łopatką o sprawdzonej wydajności, zwaną wewnątrz Modu-

Pierwotne generatory ŠKODA 200 MW chłodzone wodorem były w całości zastąpione nowymi generatorami Siemens z chłodzeniem powietrznym.

Kolejnym tematem rekonstrukcji była modernizacja zasilania kotła. Wymagała dostawy nowej turbiny o mocy 6,5 MW dla napędu pomp zasilających, która pracuje w zakresie obrotów 3000 do 4900 obr/min.

Przy rekonstrukcji kondensatorów wykorzystano pierwotne płaszcze, do których wsunięto nowe moduły rurowe. Kompletnie wymieniono niskociśnieniowe i wysokociśnieniowe grzejniki regeneracyjne. Cykl cieplny uzupełniono, w części najwyższej temperatury wody zasilającej, o obniżacz przegrzania. Zachowano koncepcję pionową grzejników, jak również ich rozmieszczenie w maszynowni. Były wymienione wszystkie armatury i rurociągi zarówno w systemach parowych, jak i w części kondensacyjnej, części wody zasilającej, wody chłodzącej, smaru smarującego, odwodnienia, pary uszczelniającej itd.

W ramach rekonstrukcji bloków został kompletnie wymieniony system sterujący. Jako tzw. nadrzędny system sterujący (DCS) został wybrany system SPP 3000 firmy Siemens. Doosan Škoda Power dostarczyła moduł sterowania

wyspy turbinowej z hardware na bazie Simatic S 7, który zapewni kompletne sterowanie samej turbiny.

Można więc stwierdzić, że wszystkie parametry gwarantowane wymagane przez zleceniodawcę zostały z powodzeniem spełnione i turbiny wykazały się wymaganą wysoką wydajnością, z dostawami ciepła w wysokości 80 MW ciepłych włącznie.

Przebieg rekonstrukcji elektrowni Prunéřov

Wkrótce po podpisaniu kontraktu w lutym 2007 roku powstały problemy przy zatwierdzeniu pozwolenia na budowę. Warunkiem jego otrzymania było zatwierdzenie studium oddziaływania na środowisko (EIA). Było ono co prawda opracowane i zatwierdzone, ale później było podawane w wątpliwość i wymagano jego kontroli. Przeciwno budowie Prunéřova protestował nawet jeden archipeląg wysp na Pacyfiku. To spowodowało ponad trzyletnie opóźnienie budowy. Rekonstruowane bloki będą więc uruchomione kolejno dopiero w bieżącym roku.

Elektrownia Prunéřov II pierwotnie eksploatowała pięć bloków o mocy jednostkowej 210 MW z turbinami polskiego producenta ABB Zamech, które były uruchamiane w latach 1981 do 1982. w czasie ich eksploatacji modernizowała Doosan Škoda Power konstrukcyjnie przestarzałe części NP (z tzw. stopniem Baumana) i zastąpiła konstrukcję pierwotną designem Škoda.

Spółka ČEZ zdecydowała o całkowitej wymianie trzech bloków z pięciu istniejących. Wymiana dotyczyła zarówno kotłów – nowe kotły o wyższych parametrach – jak i maszynowni z zwiększoną mocą elektryczną bloku z pierwotnych 210 MW na 250 MW. Škoda dla tego projektu dostarczyła turbiny dwukadłubowe z kombinowaną częścią WP/SP w jednym korpusie i z klasyczną dwuprzepływową częścią NP. To nowoczesne rozwiązanie wymagało nowy fundament turbiny, ponieważ pierwotne turbiny ABB Zamech były trzykadłubowe.

Parowy cykl każdej z trzech rekonstruowanych maszynowni zawiera pięć niskociśnieniowych grzejników, zbiornik zasilający, stację zasilania i dwa grzejniki wysokociśnieniowe z dodatko-

wym obniżaczem temperatury pary. Dodatkowo zastosowano ciepłofikację z trzema grzejnikami wody grzewczej. Turbina jest skonstruowana z siedmioma nieregulowanymi odpustami pary dla regeneracji i jednym regulowanym odpustem pary dla regulacji temperatury w ogrzewającym grzejniku nr. 3.

Porównanie podstawowych parametrów turbiny

	nowe	pierwotne
Moc nominalna mierzona na zaciskach generatora	250 MW	210 MW
Ciśnienie nominalne pary świeżej	17,6 MPa	13,5 MPa
Temperatura nominalna pary świeżej	572 °C	540 °C
Temperatura nominalna pary wtórnie przegrzanej	578 °C	540 °C

Turbina parowa 250 MW jest równoprężną turbiną kondensacyjną z przygrzewaniem pary za częścią WP, z jedną kombinowaną częścią WP-SP i jedną dwuprzepływową częścią NP. Oba kadłuby turbiny są dwupłaszczkowe. Wyjście z części NP jest wyprowadzone do kondensatora. Zastosowana jest regulacja ciśnieniem zmieniającym się z mocą, przy niskich obciążeniach regulacja dławiąca. Chłodzenie zapewnia mokra chłodnia kominowa z naturalnym ciągiem.

Część WP i SP mają wspólny zewnętrzny turbinowy korpus i rotor (dlatego kombinowana część WP/SP). Przepływową część jest wszak rozdzielona na część WP i SP jak również do każdej z tych części jest oddzielne wejście pary. Przepływową część WP tworzy 13 elementów a część SP 9 stopni równoprężnych. Zastosowane koła rozdzielcze mają tzw. konstrukcję składaną. Rotor WP/SP jest odkuty w całości, nie wiercony, z przykutymi tarczami sprzęgieł. System łopatkowy rotora z 3D kształtowaniem jest typu równociśnieniowego.

Część niskoprężna jest dwupłaszczkowa, dwuprzepływową, z wyjściem do kondensatora w dół w każdym przepływie. Króciec wyjściowy jest na stałe połączony z nadbudową kondensatora, który jest umieszczony na sprężynach. Rotor niskoprężny jest odkuty w całości z układem łopatkowym typu równoprężnego i z przykutymi sprzęgłami. Część przepływową tworzy 5 stopni

równoprężnych w każdym przepływie. Długość ostatniej łopatki wynosi 1085 mm. Dla łopatek rozprzodających i obiegowych przedostatniego i ostatniego stopnia zastosowano transoniczne profile nowej generacji.

Każdy rotor (WP/SP i NP) leży na dwóch łożyskach poprzecznych o konstrukcji dzielonej

poziomo. Łożyska są typu segmentowego z segmentami przechylnymi.

Powierzchnię wymiany ciepła kondensatora tworzą rury nierdzewne obustronnie rozwalcowane i zespawane w ścianę sitową, w których przepływa woda chłodząca. Kondensator jest dwuciągowy, rozdzielony po stronie wody. Umożliwia to, w przypadku konieczności, działanie połowy kondensatora przy obniżonej mocy turbiny. Ogrzewanie głównego kondensatu odbywa się w pięciu niskociśnieniowych grzejnikach przez parę odbieraną z nieregulowanych upustów turbiny, następnie bezpośrednio w odpowietrzaczu zbiornika zasilającego i w dwóch stopniach WP grzejników regeneracyjnych, uzupełnionych obniżaczem przegrzania pary grzewczej.

Dla bacznie obserwowanego projektu Prunéřov wybrano nowoczesną, o dwukadłubowej konstrukcji, turbinę Škoda 250 MW, która jest z powodzeniem wykorzystywana w projektach z turbinami o podobnej mocy. Zastosowano również wszystkie nowoczesne elementy konstrukcyjne - np. 3D układ łopatek, nową konstrukcję uszczelnień rotorowych, które umożliwiają, przy małych luzach promieniowych, wysoką niezawodność i bezpieczeństwo eksploatacji. Konstrukcja turbiny i pozostałych urządzeń Škoda była wybrana tak, aby spełniła wysokie wymagania zleceniodawcy dotyczące maszynowni wraz z turbiną parową.



❏ Pierwotna turbina ABB Zamech w elektrowni Prunéřov



❏ Kombinowana część WP / SP przy montażu kontrolnym



❏ NP rotor turbiny 250 MW