

Adam Dragon, Piotr Mastela
ZRE Katowice SA

Modernizacja turbozespołu w **TAURON Wytwarzanie** – **Elektrownia Jaworzno III – Elektrownia II**

Modernization of a power unit in **TAURON Wytwarzanie** – **Elektrownia Jaworzno III – Elektrownia II**

W ramach zadania: „Budowa nowego bloku OZE w **TAURON Wytwarzanie – Elektrownia Jaworzno III – Elektrownia II**”, ZRE Katowice podpisały dwa kontrakty:

- pierwszy, jako generalny wykonawca, w zakresie modernizacji części turbinowej wraz z układami i urządzeniami pomocniczymi oraz
- drugi, jako podwykonawca, w zakresie prac związanych z adaptacją istniejącego fundamentu i montażem nowego generatora.

Przedmiotem kontraktu głównego było zaprojektowanie i wykonanie modernizacji turbozespołu TG-1 wraz z urządzeniami i instalacjami pomocniczymi części turbinowej dla nowej jednostki wytwórczej OZE. Kontrakt obejmował także: niezbędne dostawy, montaż, rozruch i 720-godzinny ruch próbny zakończony przekazaniem urządzeń wchodzących w skład nowego bloku OZE do eksploatacji.

Celem modernizacji było:

- przystosowanie istniejących układów do wymagań nowego kotła biomasowego;
- utrzymanie mocy znamionowej turbozespołu, tj. turbiny z wymienionym generatorem na poziomie co najmniej 50 MW;
- przedłużenie żywotności eksploatowanych już instalacji na okres co najmniej 200 000 godzin (25 lat);
- zapewnienie wysokiej niezawodności ruchowej turbiny wraz z instalacjami pomocniczymi w celu produkcji i sprzedaży „zielonej energii”;
- zwiększenie komfortu obsługi oraz bezpieczeństwa pracy.

W ramach kontraktu głównego można wyspecyfikować następujące główne zadania:

- modernizacja turbiny TG-1;
- modernizacja pomp wody zasilającej EP-9 i EP-10 z remontem kapitalnym pomp oraz modernizacją przekładni hydro-

kinetycznej z zastąpieniem mechanicznej regulacji prędkości – sterowaniem elektrohydraulicznym;

- modernizacja zbiorników wody zasilającej nr 3 i 4;
- modernizacja układu rurociągów WP i NP z wykonaniem nowego rurociągu zasilającego parowy podgrzewacz powietrza nowego kotła oraz wykonanie kompletnej instalacji zasilania parą upustową stacji odgazowania;
- wymiana głównych pomp wody chłodzącej z adaptacją fundamentu dla nowych agregatów;
- modernizacja układu próżniowego z zabudową nowych agregatów pomp próżniowych;
- modernizacja układu regeneracji wysokoprężnej wraz z wymianą rurociągów wody zasilającej.

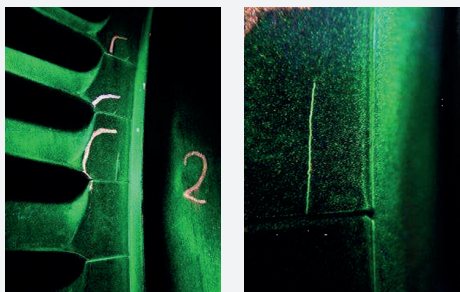
Istniejący turbozespół z turbiną ciepłowniczo-kondensacyjną 10CK60 uruchomiony został w 1995 roku i przepracował blisko 50 tys. godzin.

W ramach jednostki OZE przewidziany jest głównie do pracy kondensacyjnej z możliwością pracy ciepłowniczej. Przeprowadzone prace modernizacyjne objęły również swoim zakresem remont kapitalny turbiny rozszerzony o materiałowe badania diagnostyczne.

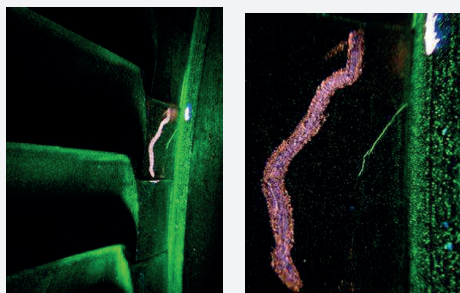


Rys. 1. Turbina 10CK60

W wyniku przeprowadzonych badań poprzedzających procesy modernizacji stwierdzono między innymi liczne nieciągłości zlokalizowane na wirniku turbiny w obrębie stopnia A22. Zmęczenia charakter pęknięć zlokalizowanych na stopkach łopatek stopni A22 groził odłamaniem części roboczej łopatek, tzw. pióra, podczas dalszej eksploatacji i przesądził o konieczności wymiany uszkodzonych łopatek na nowe.



Rys. 2. Pęknięcie stopki łopatki stopnia A22 w świetle UV

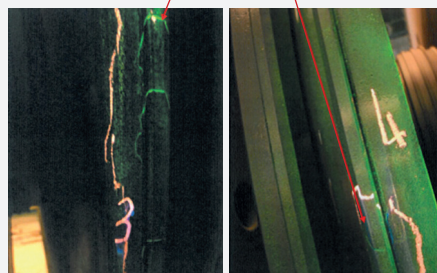
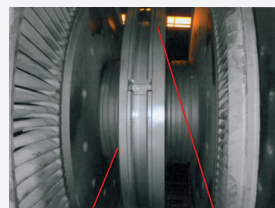


Rys. 3. Pęknięcie stopki łopatki stopnia A22 w świetle UV

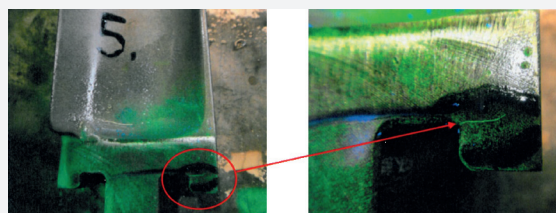
Ze względu na możliwe wyczerpanie zapasu wytrzymałości łopatek, mimo braku wskazań, zdecydowano się również na wymianę pozostałych niepękniętych łopatek wspomnianego stopnia.

Na podstawie danych ustalonych przy analizie awarii stopnia A24 na sąsiedniej turbinie o podobnej geometrii układu przepływowego, w celu umożliwienia pełnej analizy stanu technicznego mocowania łopatek, podjęto decyzję o demontażu łopatek koła wirnikowego A24 i poddaniu dokładnej kontroli defektoskopowej wrębów obu stopni oraz łopatek stopnia A24. Kontrola, przeprowadzona po dokładnym oczyszczeniu wrębów, wykazała liczne pęknięcia o charakterze zmęczeniowym w obszarze wrębu na tarczy wirnika stopnia A22, grożące poważną awarią.

W wyniku badań zdemontowanych łopatek stopnia A24 również i tutaj stwierdzono nieciągłości w obszarze zaczepu zamka. W przypadku badań defektoskopowych prowadzonych na załatkowanym wirniku miejsca występowania wad pozostawały w obszarze niedostępnym. Bez demontażu łopatek ustalenie takich wskazań było niemożliwe, co potwierdziło słuszność decyzji o demontażu łopatek stopnia A24, w obszarze którego w wyniku wstępnych badań nie zostały ujawnione jakiegokolwiek usterki.



Rys. 4. Uszkodzenia zaczepu na tarczy wirnikowej stopnia A24



Rys. 5. Uszkodzenia zaczepu łopatek stopnia A24

Na podstawie zdobytych doświadczeń ZRE Katowice SA zaproponowało i uzyskało zgodę Klienta na wykorzystanie podczas naprawy wirnika innowacyjnej metody odbudowy uszkodzonego wrębu metodą spawalniczą łukiem krytym.

Metoda ta polega na usunięciu części tarczy wirnika poniżej dna wrębu i napawaniu go po podgrzewie, obróbce termicznej po spawaniu, a następnie odtworzeniu jego geometrii przy pomocy obróbki skrawaniem. Zaletą tej metody naprawy jest bardzo głębokie wtopienie w materiał rodzimy oraz uzyskanie napoiny o udarności większej niż materiał rodzimy. Na opracowaną technologię naprawy wirników metodą łuku krytego ZRE Katowice SA uzyskało certyfikat i uprawnienia TUV.



Rys. 6. Odbudowa tarczy wirnika metodą spawania



Rys. 7. Stanowisko do spawania wirników turbin



Rys. 8. Odbudowany wręb łopatkowy

Dodatkowo, w celu ograniczenia możliwości drgań łopatek, będących najprawdopodobniej przyczyną powstania pęknięć zmęczeniowych w obszarze mocowania łopatek, zmodernizowano geometrię i wzmocniono stopki łopatek.

W ramach prac modernizacyjno–remontowych związanych z przedłużeniem żywotności turbiny wymieniono kompletny pakiet uszczelnień labiryntowych wraz z współpracującymi blaszkami uszczelniającymi w celu zminimalizowania strat na uszczelnieniach parowych turbiny.

Istniejący układ regulacji zmodernizowano wykorzystując serwomotory nowego typu, uzbrojone w chłodnice wodne mające ograniczyć wpływ ciepła oraz wzmacniacz spływu, którego zadaniem jest odcięcie dopływu oleju roboczego do zespołu wykonawczego układu regulacji po zaniku ciśnienia oleju w linii zabezpieczeń i szybkie zdrenowanie oleju z rurociągu i zespołu wykonawczego.

Istniejący układ rurociągow olejowych przebudowano w obrębie chłodnic olejowych i rozbudowano o sterowany z systemu nadrzędnego trójdrożny zawór mieszalnikowy w celu zwiększenia zakresu regulacyjności temperatury oleju smarnego. W ramach podniesienia komfortu obsługi zmodyfikowano istniejące chłodnice olejowe umożliwiając obustronny demontaż komór wodnych bez utraty szczelności po stronie olejowej.



Rys. 9. Obróbka skrawaniem wirnika

Dostosowanie układów do nowych wymagań związane było również z koniecznością odseparowania istniejących instalacji, pracujących dotychczas w układzie kolektorowym kotłów węglowych, w celu zapewnienia niezależności i pełnego odseparowania jednostki OZE od źródeł węglowych.

W tym celu zaprojektowano, dostarczono i zmontowano kompletne instalacje i układy uzbrojone w pomiary technologiczne i armaturę sterowaną w zakresie doprowadzenia pary z III upustu turbiny do parowego podgrzewacza powietrza nowego kotła oraz zasilania parą z II upustu turbiny stacji odgazowania.

Jednym z ciekawszych problemów, jakie trzeba było rozwiązać było przywrócenie właściwej lokalizacji głównej zasuwy parowej (GZP). Istniejąca podturbinowa pętla rurociągu pary świeżej została odcięta przy GZP, bez zablokowania zawiesz, co spowodowało jej odprężenie. Tym samym w pętli przyturbinowej i na samych króćcach turbiny powstały nieznane obciążenia siłami i momentami, wywołane siłami od zawiesz i samego rurociągu.

W takim stanie obciążenia układu nie można było podłączyć nowej części instalacji biegnącej z kotła do GZP. Pojawiło się pytanie: jak przywrócić istniejącej pętli podturbinowej stan montażowy i jednocześnie znaleźć właściwe położenie montażowe miejsca połączenia rurociągów.

ZRE Katowice podjęło się wykonania zadania odciążenia króćców turbiny i ustalenia właściwego położenia GZP. Celem prac było odciążenie króćców turbiny do minimum gwarantującego jej poprawną pracę. Zagadnienie to wymagało zarówno dużej umiejętności posługiwania się wiedzą z zagadnień metod obliczeniowych jak i nieprzeciętnej praktyki inżynierskiej.

Do wykonania projektu wykorzystano posiadane oprogramowanie i doświadczenie projektantów. Określono sposób działania i przeanalizowano wszystkie warianty zachowania się rurociągu podczas prac naprawczych. Opracowano też listę kontrolną przemieszczeń w kluczowych punktach rurociągu. Metodyka przeprowadzenia naprawy polegała na przykładaniu sił do rurociągu i wymuszaniu konkretnych przemieszczeń w celu „zestrojenia” modelu obliczeniowego z rzeczywistością.



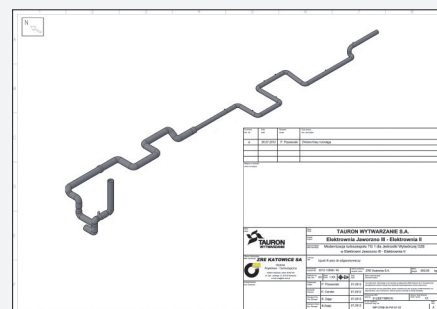
Rys. 10. Nowy serwomotor regulacyjny

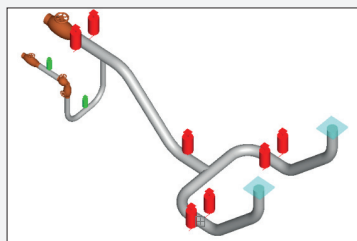


Rys. 11. Zawór mieszalnikowy regulujący temp. oleju smarnego

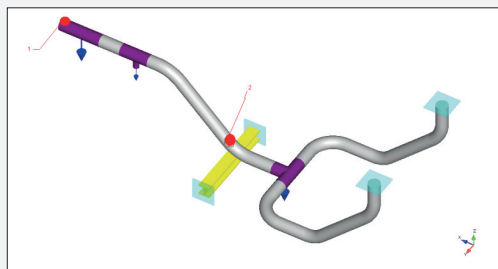


Rys. 12. Rurociąg układu zasilania parą podgrzewacza powietrza nowego kotła





Rys. 13. Zawieszenia do demontażu

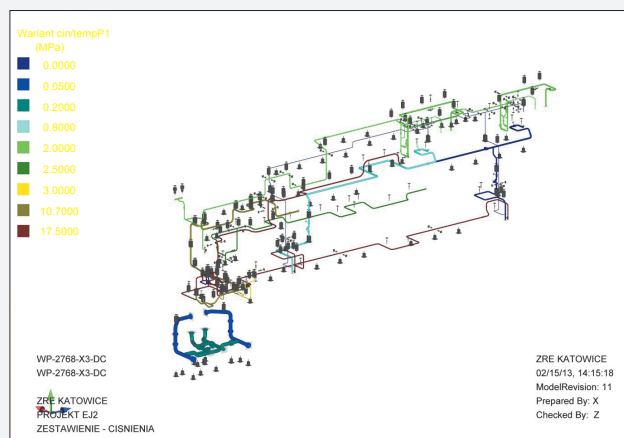


Rys. 14. Miejsce pomiarów geodezyjnych

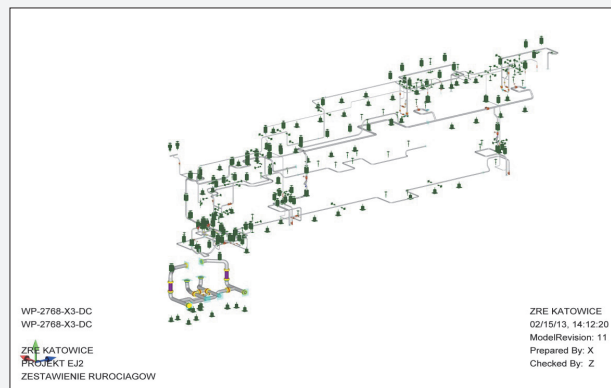
„Zbadano” w ten sposób czy rzeczywista praca pętli rurociągu spełnia założenia projektowe. Po uzyskaniu pozytywnych wyników i „zbieżności poszczególnych rozwiązań zagadnienia” przystąpiono do drugiego etapu projektu. Polegał on na określeniu wymaganego położenia rurociągu za pomocą sprawdzonej procedury, stosując jednak znane wyniki. Wyznaczono tym samym precyzyjnie (do 1 mm) nowe, poprawne wytrzymałościowe położenie rurociągu, gwarantujące jego stan swobodny.

Realizacja naprawy przebiegła bez zastrzeżeń, a wyniki pomiarów geodezyjnych wykazały, że rozbieżności pomiędzy przemieszczeniami obliczeniowymi a rzeczywistymi wynosiły mniej niż 1%.

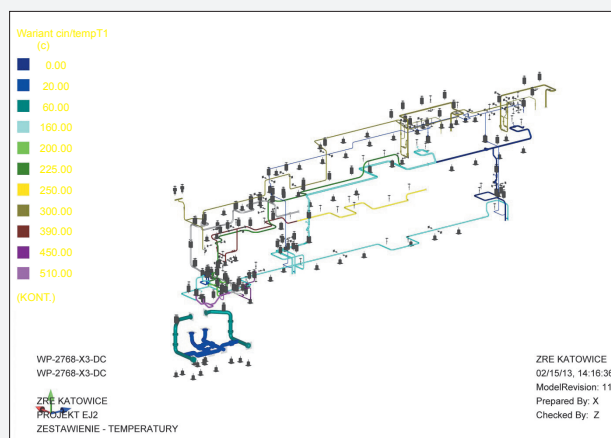
W ramach kontraktu przystosowano istniejące zbiorniki wody zasilającej nr 3 i 4 do jednoczesnej współpracy w celu zapewnienia dużej elastyczności zaopatrzenia układów nowego kotła w wodę zasilającą, uzbrajając oba zbiorniki w niezbędną automatykę oraz stacje regulacyjne sterujące za pośrednictwem inteligentnych siłowników podawaniem pary na tzw. poduszkę ciśnieniową i barbotaż.



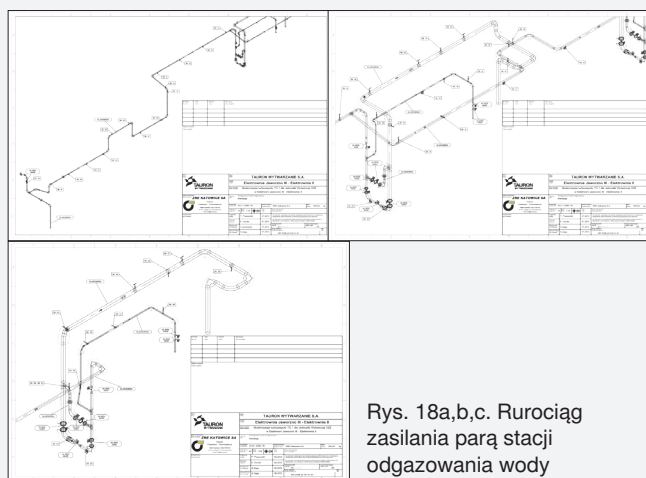
Rys. 15. Wyniki pomiarów ciśnienia



Rys. 16. Zestawienie rurociągów

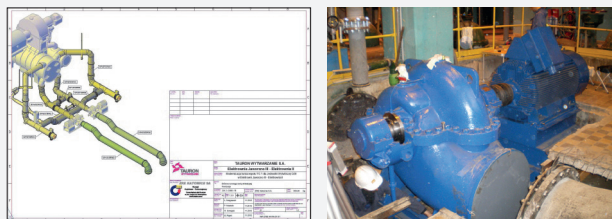


Rys. 17. Wyniki pomiarów temperatury

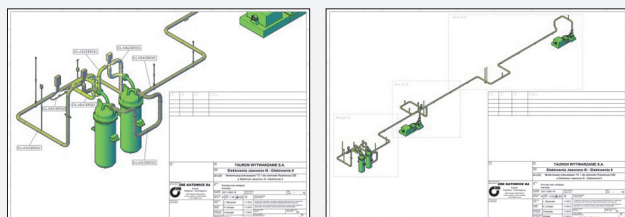


Rys. 18a,b,c. Rurociąg zasilania parą stacji odgazowania wody

W celu spełnienia założeń przedłużenia żywotności urządzeń i instalacji wchodzących w skład Jednostki Wytwórczej OZE konieczna była wymiana głównych rurociągów układu wody chłodzącej z zabudową nowych agregatów pompowych. Istniejące wystużone urządzenia zastąpiono nowymi agregatami pompowymi typu 60B63BA, a rurociągi główne układu wody chłodzącej wraz z przynależną armaturą sterowaną wymieniono na nowe.



Rys. 19. Nowe rurociągi główne układu wody chłodzącej wraz z nowymi agregatami pompowymi typu 60B63BA-US2/A0



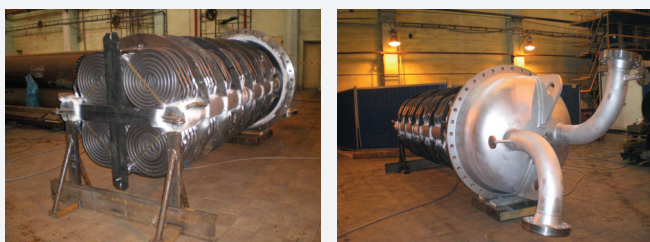
Rys. 20. Układ nowych rurociągów wody zasilającej i regeneracji wysokoprężnej

W ramach działań mających na celu przedłużenie żywotności istniejących rurociągów wymieniono rurociągi wody zasilającej po stronie tłoczenia wraz z układem regeneracji wysoko-
prężnej.

W istniejącym węźle funkcjonowały dwa wymienniki, które nie spełniały nowych wymagań. W ramach przystosowania układu zaprojektowano i wykonano dwa kompletnie nowe wkłady oraz płaszcz zewnętrzny jednego z wymienników. Funkcjonowanie układu regeneracji oparto na nowych zaworach trójdrogowych sterowanych kondensatem.

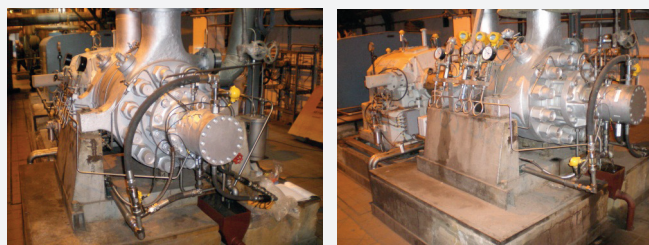


Rys. 21. Montaż elementów nowych wymienników regeneracyjnych



Rys. 22. Nowy wkład wymiennika regeneracji WP

Zainstalowane w układzie agregaty pompowe wody zasilającej typu 13Z33 poddano remontowi kapitalnemu, w ramach którego wymieniono zespoły wirników, a zainstalowaną automatykę kontrolno-pomiarową rozbudowano o pomiary temperatury i drgań łożysk.



Rys. 23. Zmodernizowana pompa wody zasilającej typu 15Z33

Wyeksploatowane i nieprecyzyjne układy mechanicznego sterowania regulacją prędkości obrotowej za pośrednictwem przekładni hydrokinetycznej zastąpiono nowym układem ze sterowaniem elektrohydraulicznym.



Rys. 24. Modernizacja przekładni TYPU SH 512 wysokoprężnej

W ramach prac mających na celu przedłużenie żywotności układów wymieniono również wyeksploatowane chłodnice oleju smarowego i roboczego zespołów pompowych.



Rys. 25. Zainstalowane nowe chłodnice oleju smarowego i roboczego

W celu poprawy funkcjonalności, przedłużenia żywotności, jak również umożliwienia rozruchu turbozespołu w układzie blokowym bez konieczności poboru pary technologicznej niezbędnej dla uruchomienia dotychczasowego układu ekstrakcji próżni za pośrednictwem smoczków parowych, istniejący układ zastąpiono nowym, opartym na działaniu agregatów pomp próżniowych typu AT 1006.



Rys. 26. Nowe zespoły pomp próżniowych AT 1006

W ramach niezależnej umowy prowadzono również prace związane z przebudową fundamentu oraz budową nowej żelbetonowej komory chłodzenia generatora, które rozpoczęły się niespełna 4 miesiące wcześniej, co w efekcie umożliwiło posadowienie stojana w docelowym miejscu pracy jeszcze przed rozpoczęciem prac w części turbinowej. W ramach prac związanych z przystosowaniem istniejącego fundamentu do współpracy z nowym generatorem konieczne okazało się opracowanie projektu przebudowy wzdłużnych rygli fundamentu oraz zaprojektowanie i wykonanie nowej komory chłodzenia generatora, uwzględniającej nowe wymagania związane przede wszystkim z lokalizacją kanałów chłodzenia nowego generatora.



Rys. 27. Prace adaptacyjno-budowlane w obrębie fundamentu generatora

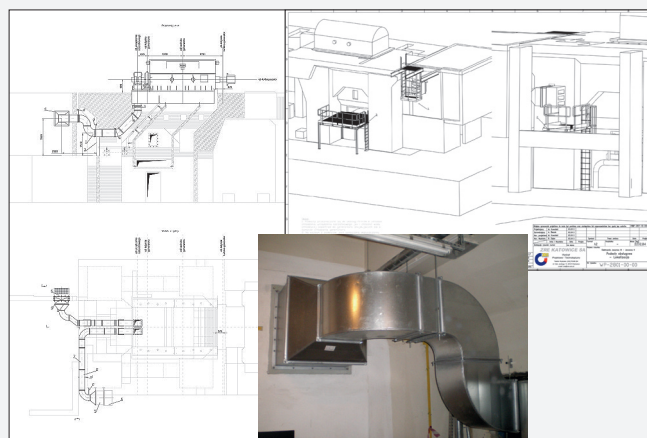
W ramach zadania opracowano kompleksowe projekty budowlane w zakresie przebudowy rygla wzdłużnych oraz konstrukcji komory chłodzenia nowego generatora.

Umieszczone w komorze generatora chłodnice wymagały ponadto przebudowy przyłącza wody chłodzącej oraz wykonania podestu obsługowego w celu ułatwienia ich obsługi i przeglądu.



Rys. 28. Kolektorowe przyłącze wody chłodzącej nowego chłodnic nowego generatora

Dużym wyzwaniem było również zaprojektowanie i wykonanie instalacji kanałów wentylacyjnych urządzenia szczotkowego w ciasnej przestrzeni nawrotnego kanału chłodzenia, współdzielonej dodatkowo z szynoprzewodami wyprowadzenia mocy. W celu zwiększenia komfortu obsługi oraz bezpieczeństwa pracy wykonano i zainstalowano liczne podesty obsługowe, umożliwiające swobodny dostęp do filtrów czepni powietrza, jak również chłodnic generatora.



Rys. 29. Kanały chłodzenia i podesty obsługowe nowego generatora

W ramach tego zadania ZRE Katowice odpowiedzialne było również za kompleksowy transport wirnika i stojana nowego generatora, obejmujący zarówno transport drogowy z fabryk wytwórcy w Birr (Szwajcaria) i Wrocławiu, jak również za prace przeładunkowo-rozładunkowe i transport lokalny w hali maszynowni. Dla potrzeb projektu ZRE Katowice opracowało kompleksową dokumentację technologiczną w zakresie transportu drogowego rozładunku, tymczasowego składowania i końcowego transportu stojana nad czynnymi urządzeniami w hali maszynowni.



Rys. 30. Transport wewnętrzny stojana generatora o wadze 72 t



Rys. 31. Montaż wirnika generatora w rdzeniu stojana generatora o wadze 72 t

Docelowy transport stojana ważącego niemal 72 tony wzdłuż całej hali maszynowni został przeprowadzony po zakończeniu prac adaptacyjnych na fundamencie i zamocowaniu elementów posadowienia generatora. Ze względu na niską nośność suwnic zainstalowanych w hali maszynowni, transport wymagał użycia suwnic w tzw. tandemie, z wykorzystaniem specjalnie do tego celu zaprojektowanej i wykonanej przez **ZRE Katowice** trawersy, której geometria uwzględniała wszystkie czynniki gwarantujące bezpieczny i bezproblemowy przejazd zestawem nad pracującymi turbozespołami, od lokalnych warunków zabudowy hali maszynowni do kształtu gardzieli haków.

Po zamontowaniu stojana w jego rdzeniu umieszczono przy pomocy poduszek pneumatycznych wirnik uzbrojony w tuleję

pójsprężła elastycznego, dostosowaną przez **ZRE Katowice** do połączenia i współpracy z wałem turbiny.

Pomimo znacznych trudności związanych z koniecznością dostosowania harmonogramu działania w obrębie instalacji objętych przedmiotem kontraktów **ZRE Katowice** do zmian terminowych dyktowanych przez Klienta, a mających na celu dopasowanie prac prowadzonych na maszynowni do aktualnych potrzeb związanych z instalacjami technologicznymi nowego kotła biomasowego, sprawna koordynacja, elastyczność oraz ścisły monitoring postępu prac pozwoliły na ograniczenie do minimum kolizji terminowych związanych z brakiem gotowości układów na węzłach łączących układy nowego kotła z modernizowanymi instalacjami maszynowni, co zdecydowało końcowo o powodzeniu projektu.

ZRE Katowice S.A.
 ul. Jankego 13, 40-615 Katowice
 tel. +48 32 78 98 201; e-mail: zre@zre.com.pl

www.zre.com.pl

