

Wpływ warunków chemicznych pracy bloków energetycznych na możliwość przedłużania ich eksploatacji powyżej 300 000 godzin

Effect of the chemical conditions of power units service on a possible extension of their life beyond 300 000 hours

Na łamach prasy technicznej, jak również w bezpośrednich dyskusjach specjalistów zajmujących się diagnostyką urządzeń energetycznych toczy się dyskusja, jakie są szanse i możliwości wydłużania czasu ich pracy powyżej 300 000 godzin. Szereg podstawowych w energetyce bloków energetycznych przekroczyło obecnie obowiązujący obliczeniowy czas pracy, który określono na 250 000 godzin. Wiadomo, że przedłużenie czasu pracy urządzeń energetycznych nie może być nieograniczone, lecz rodzi się pytanie do ilu tysięcy godzin i na jakich warunkach technicznych można eksploatować zainstalowane w kraju bloki energetyczne. Zgoda jest jedynie co do poglądu, że decyzje umożliwiające dalszą pracę urządzeń energetycznych są decyzjami indywidualnymi, uzależnionymi od aktualnego stanu technicznego elementów w poszczególnych urządzeniach bloków energetycznych. Dlatego na podstawie badań diagnostycznych podstawowych urządzeń, a szczególnie ich elementów krytycznych będą musiały być podejmowane decyzje o ich remontach, modernizacji i związanych z tym możliwościach poniesienia odpowiednich kosztów.

Podstawową rolę w tych decyzjach odgrywać będą również możliwości spełnienia wymagań ochrony środowiska. Ale jeżeli już zostaną wypracowane procedury pozwalające na obiektywną ocenę techniczno-ekonomiczną urządzeń, co wpłynie na podjęcie decyzji o dalszej eksploatacji bloku, to należy pamiętać, że warunki eksploatacyjne pracy tych bloków w następnych latach będą weryfikowały słuszność tych decyzji. Kontrola i dotrzymanie parametrów eksploatacyjnych, gromadzenie istotnych informacji o parametrach pracy urządzeń będą konieczne i pomocne przy ustalaniu prognozy dalszej pracy urządzeń w następnych latach i jej bieżącej weryfikacji. Można przyjąć z całą pewnością, że utrzymanie w następnych latach dobrego stanu technicznego urządzeń energetycznych zależeć będzie od odpowiedniego nad nimi nadzoru eksploatacyjnego. Jednym z elementów tego nadzoru mającym wpływ na żywotność i bezawaryjną pracę urządzeń blokowych jest utrzymywanie prawidłowych parametrów chemicznych nie tylko w obiegach wodno-parowych boków energetycznych, ale również w urządzeniach pozablokowych. Dlatego koniecznym będzie na poszczególnych blokach zweryfikowanie stosowanego reżimu chemicznego uwzględniając obecny stan techniczny urządzeń, nowe technologie poprawiające warunki eksploatacji oraz najnowsze wytyczne dotyczące wartości reżimowych w obiegach wodno-parowych autorstwa takich uznanych organizacji jak VGB i EPRI.

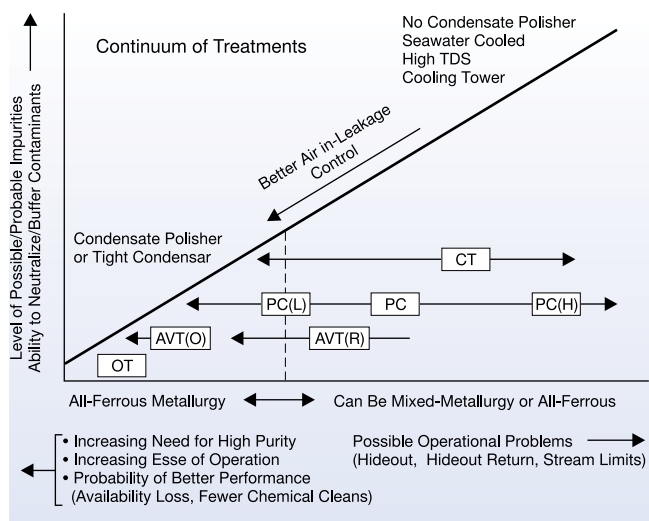
Wytyczne dotyczące reżimu chemicznego pracy bloków energetycznych

W krajowych elektrowniach tak zawodowych jak i przemysłowych zdecydowana większość reżimów chemicznych była opracowana na podstawie wytycznych ZPBE *Energopomiaru*, VGB i EPRI z lat 1990 – 1996. Na ich podstawie dobierano różne korygenty, które powinny zapewnić prawidłowe, bezpieczne dla pracy urządzeń parametry fizykochemiczne wód i par. Na przestrzeni ostatnich lat szereg firm krajowych i zagranicznych dbając o własny handlowy interes proponowało i wdrażało różne preparaty chemiczne, których skuteczność była wątpliwa, a niejednokrotnie przyczyniła się do występowania procesów cieplno-chemicznych niszczących urządzenia. Sytuacja ta niestety trwa jeszcze i obecnie, chociaż już w mniejszym zakresie. Jeżeli będziemy chcieli bezpiecznie i ekonomicznie eksploatować bloki energetyczne w przedłużonym okresie eksploatacji koniecznym będzie zweryfikowanie obecnie stosowanego reżimu chemicznego oraz zoptymalizowanie wartości reżimowych. Powinno się uwzględnić najnowsze doświadczenia i wytyczne nie tylko VGB i EPRI, ale również doświadczenia tych elektrowni, które w ostatnim okresie nie tylko zmieniły sposób podejścia do optymalizacji wartości reżimu, ale również do sposobu i zakresu rejestrowania utrzymywanych parametrów. Szeroka wiedza o parametrach pracy urządzeń energetycznych, w tym w głównej mierze integracja danych z kontroli fizykochemicznej oraz danych charakteryzujących pracę urządzeń, będąca elementem diagnostyki eksploatacyjnej, w połączeniu z wiedzą wynikającą z diagnostyki remontowej daje dopiero możliwości prawidłowej oceny stanu technicznego urządzeń. Niedocenianie roli chemii energetycznej najczęściej ze względu na opóźniony charakter jej działania skutkowało i skutkuje ewidentnymi stratami sprawności urządzeń, zwiększeniem kosztów utrzymania i remontu, a nawet skróceniem ich żywotności.

Pro Novum na przestrzeni ostatnich kilku lat mając specjalistów z kilkudziesięcioletnim doświadczeniem w eksploatacji urządzeń energetycznych prowadzi działania mające na celu optymalizację pracy urządzeń w zakresie utrzymywania prawidłowych parametrów reżimu chemicznego z uwzględnieniem indywidualnego ich stanu technicznego. Stwierdzamy, że zlecany od szeregu lat przez *Pro Novum* sposób korekcji chemicznej wód i par

i normowane przez nas wartości reżimowe są zgodne z obecnie opublikowanymi wytycznymi VGB i EPRI. Wytyczne opracowane przez obie organizacje w generaliach prezentują podobne podejście w odniesieniu do możliwych sposobów prowadzenia korekcji, kontroli obiegu oraz częstotliwości i sposobów badań parametrów fizykochemicznych czynnika.

Na rysunku 1 przedstawiono możliwe sposoby prowadzenia korekcji chemicznej wody zasilającej i kotłowej rekomendowane na przestrzeni ostatnich lat przez VGB i EPRI, w zależności od wyposażenia obiektów oraz rodzaju materiałów występujących w obiegu (głównie miedzi).



- OT – oxygenated treatment (reżim kombi)
- AVT(O), AVT(R) – oxidizing/reducing all-volatile treatment (korekcja amoniakiem AVT(O) lub amoniakiem z dodatkiem środka redukującego AVT(R))
- PC – phosphate continuum (korekcja fosforanami)
- PC(L), PC(H) – phosphate treatment with low/high level of phosphate
- CT – caustic treatment (korekcja wodorotlenkiem sodu)

Rys. 1. Rekomendowane systemy korekcji czynnika obieguowego

Jak z powyższego wynika, rekomendowane przez obie organizacje sposoby korekcji oparte są na wykorzystaniu związków nieorganicznych. Pomimo pełnej świadomości stosowania w światowej energetyce różnego rodzaju koregentów organicznych obecnie zarówno VGB jak i EPRI nie zalecają ich stosowania i nie podają aktualnie wytycznych właściwych dla tego rodzajów korekcji.

Należy jednak podkreślić, że wytyczne VGB i EPRI są jedynie ogólnymi wytycznymi, które każdorazowo indywidualnie należy adaptować do warunków pracy i specyfikacji pracy poszczególnych bloków energetycznych.

Jednak najlepiej dla danych warunków pracy bloku opracowany reżim chemiczny nie będzie skuteczny, jeżeli ustalone parametry fizykochemiczne wód i par nie będą dotrzymywane lub wartości te będą miały okresowo znaczne odchyłki od wartości ustalonych. Występujące zwłoki czasowe od chwili wykonania analizy do zaobserwowanego efektu regulacji wartości reżimowej nie pozwalają na uzyskanie stabilności założonych parametrów fizykochemicznych. Nie wpływa to na poprawę i bezpieczną pracę urządzeń energetycznych. Na przestrzeni ostatniego roku udało się we współpracy Pro Novum z EC II Poznań – Karolin i firmą SEEN Technologie Sp. z o.o. rozwiązać ten problem. W EC Poznań wprowadzono rozwiązanie polegające na stałym automatycznym

regulowaniu dozowania preparatów korekcyjnych poprzez automatyczny pomiar parametrów wiodących sterujących pompami, dozującymi korygenty do układu wodno-parowego. System ten jest w stanie nadążać za zmiennymi obciążeniami obiegu wodno-parowych uwarunkowanych zmiennymi potrzebami produkcyjnymi oraz zmianami parametrów jakościowych wody.

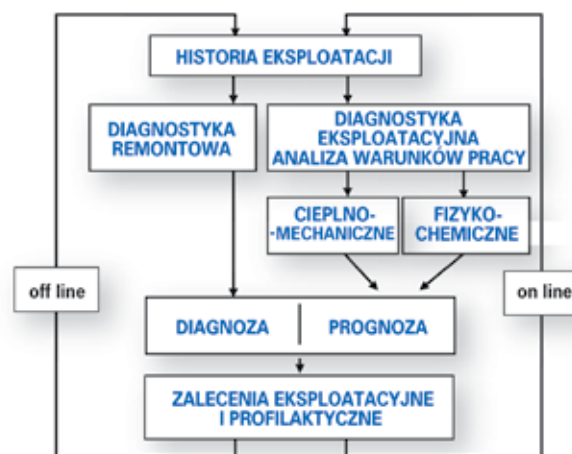
Na podstawie kilkumiesięcznego okresu eksploatacji bloków w EC Poznań z nowym automatycznym systemem dozowania korygentów można stwierdzić, że różnice pomiędzy wartościami reżimu chemicznego zadanymi a utrzymywanymi są minimalne.

Ponadto naszym zdaniem optymalizacja reżimów chemicznych pracy bloków i systemu rejestracji chemicznych parametrów pracy bloków długo eksploatowanych (powyżej 300 000 h) powinna być poprzedzona procesem chemicznego czyszczenia kotłów, zapewniającym usunięcie wszystkich osadów z wewnętrznych powierzchni ogrzewalnych. Proces taki pozwoli na zdeaktywowanie wszystkich ośrodków korozyjnych na wewnętrznej powierzchni rur ekranowych i wytworzenie skutecznej magnetytowej warstewki ochronnej. Działania te pozwolą na ustalenie tzw. opcji zerowej stanu technicznego bloku energetycznego w zakresie procesów ciepłno-chemicznych i ustaleniu systemu jego oceny. Wdrażanie takich rozwiązań na pewno będzie się przekładać pozytywnie na utrzymywanie dobrego stanu technicznego urządzeń o przedłużonej eksploatacji.

Rejestracja i analiza chemicznych parametrów eksploatacyjnych

Integracja wiedzy z diagnostyki remontowej oraz eksploatacyjnej daje możliwość oceny aktualnego stanu technicznego urządzeń w okresach międzyremontowych.

Pomiary chemiczne i ich rejestracja jako fragment diagnostyki eksploatacyjnej powinny być zoptymalizowane i być źródłem wiedzy przy ustalaniu faktów i zdarzeń zachodzących w czasie eksploatacji jak i przy ocenie urządzeń w przypadku awarii lub przy pracach remontowych. Ważnym jest, ażeby parametry chemiczne pracy urządzeń były analizowane wspólnie z pozostałymi ciepłno-mechanicznymi parametrami pracy bloku. Na rysunku 2 przedstawiono diagnostykę jako proces kreowania i aktualizowania wiedzy w trybie on-line (diagnostyka eksploatacyjna) i off-line (diagnostyka remontowa).



Rys. 2. Diagnostyka jako proces kreowania i aktualizowania wiedzy w trybie on-line (diagnostyka eksploatacyjna) i off-line (diagnostyka remontowa)

Pro Novum wdraża w kilku elektrowniach program komputerowy LM System PRO®, który jest narzędziem integrującym wiedzę z badań diagnostycznych wykonywanych podczas postojów (remontów urządzeń) oraz na podstawie zarejestrowanych w trakcie pracy istotnych z punktu widzenia diagnostyki, parametrów pracy i zdarzeń. Zgodnie z zapotrzebowaniem użytkowników urządzeń w najnowszych wersjach systemu oprócz wcześniej istniejących modułów analizujących urządzenie (element) w zakresie cieplno-mechanicznym zaimplementowano moduł wyposażony w algorytmy analizujące także fizykochemiczne parametry pracy. Ze względu na indywidualne potrzeby i uwarunkowania oprogramowanie może być elastycznie konfigurowane i dostosowywane do indywidualnych potrzeb.

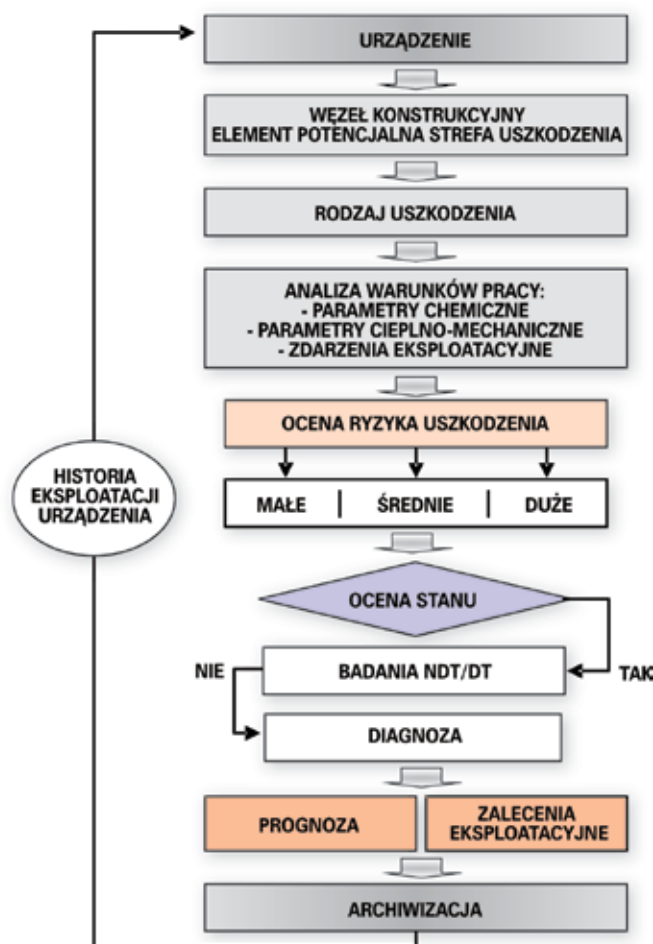
LM System PRO® uwzględnia zapis stanów eksploatacyjnych, w tym rejestrację nie tylko bieżących parametrów chemicznych pracy bloku, ale również zdarzeń eksploatacyjnych, związanych z zachodzącymi w poszczególnych urządzeniach procesami fizykochemicznymi. Aktualna wersja systemu może być wyposażona w moduły umożliwiające m.in.:

- archiwizację w odpowiedni sposób informacji nt. historii eksploatacji,
- archiwizację dokumentacji istotnej z punktu widzenia diagnostyki,
- udostępnianie mechanizmów aktualizacji wiedzy,
- integrację danych z zewnętrznych aplikacji,
- identyfikację aktualnego stanu pracy urządzenia,
- bieżącą rejestrację podstawowych parametrów fizykochemicznych wód i par w układach wodno-parowych z automatyczną identyfikacją problemów:
 - bieżących (krótkoterminowych), m.in.:
 - przecieki wody chłodzącej do czynnika obiegowego (kondensat, woda zasilająca),
 - zanieczyszczenia układu związkami organicznymi,
 - korozja/erozja – korozja (FAC),
 - przekroczone zawartości zanieczyszczeń tlenkowych,
 - niewłaściwy poziom koregentów w czynnikach obiegowych,
 - zasalenie przegrzewaczy,
 - zasalenie turbiny,
 - długoterminowych, m.in.:
 - uszkodzenia korozyjne/korozyjno-erozyjne rurek kondensatorowych,
 - uszkodzenia korozyjne/korozyjno-erozyjne wymienników regeneracyjnych,
 - zanieczyszczenie osadami rur kotłowych,
 - korozja (różnego typu) rur kotłowych,
 - transport zanieczyszczeń tlenowych w układzie przegrzewacze – turbina,
 - osady w układzie przepływowym turbiny;
- przewidywanie ewentualnych konsekwencji nieprawidłowego funkcjonowania urządzeń energetycznych (związanych z przekroczeniami wartości ustalonych lub nieodpowiednim doborem parametrów pracy),
- opracowanie prognozy trwałości urządzeń, uwzględniającej rejestrowane wyniki badań i pomiarów diagnostyki materiałowej i eksploatacyjnej oraz analizę zdarzeń,
- tworzenie automatycznych raportów, zestawień tematycznych.

Funkcjonalność programu może być dostosowana do indywidualnych potrzeb oraz wyposażenia urządzeń w zakresie opomiarowania.

Program akceptuje dane transferowane automatycznie i ręcznie. Algorytmy zawsze dostosowywane są do indywidualnych cech obiektu (konstrukcja, rodzaj procesu) i potrzeb.

Na rysunku 3 przedstawiono ogólny schemat działania systemu uwzględniającego fizykochemiczne warunki pracy urządzeń.



Rys. 3. Filozofia działania systemu uwzględniającego fizykochemiczne warunki pracy urządzeń

Podsumowanie

Bloki energetyczne, które w wyniku decyzji właścicieli i zarządów elektrowni będą eksploatowane ponad 300 000 godzin oprócz wykonania prac modernizacyjno-remontowych będą musiały mieć zapewniane takie warunki eksploatacji, które umożliwią bezpieczną ich pracę w wydłużonym czasie. Jednym z uwarunkowań eksploatacyjnych będzie zapewnienie optymalnych parametrów chemicznych i cieplno-chemicznych ich pracy, na które wpływ ma przyjęty reżim chemiczny i sposób korekcyjnego układu wodno-parowego.

Przedstawione w artykule doświadczenia *Pro Novum* na podstawie współpracy z kilkoma elektrowniami pokazują, że istnieje możliwość opracowania i wdrożenia optymalnych dla danego bloku energetycznego reżimów chemicznych z automatyczną regulacją zadanych wartości reżimowych. Proponowane przez *Pro Novum* sposoby korekcyjnej wód i par i proponowane wartości reżimowe uwzględniają aktualne zalecenia i

wytuczne proponowane przez VGB i EPRI. Proponowany – przy zastosowaniu LM System PRO® – sposób rejestracji i przetwarzania danych pomiarowych dotyczących ciepłno-mechanicznych i chemicznych parametrów pracy bloków energetyczny pozwala integrować wiedzę z diagnostyki eksploatacyjnej i remontowej. W systemie tym techniczny stan urządzeń oraz prognoza trwałości dla elementów i węzłów konstrukcyjnych są na bieżąco weryfikowane i aktualizowane, co stwarza warunki zarówno dla ich bezpiecznej pracy jak i wysokiej dyspozycyjności w całym okresie przedłużonej eksploatacji.

LITERATURA

- [1] Gawron P., Murzynowski W.: LM System Pro®-Systemowe podejście do wiedzy płynącej z diagnostyki eksploatacyjnej. XIII Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń”, Szczyrk 2010
- [2] Gawron P.: Normy, wytyczne dotyczące jakości czynnika obiegowego w układach wodno-parowych elektrowni i elektrociepłowni- stan obecny. XIII Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń”, Szczyrk 2010

- [3] Maciejewski K. Ochrona chemiczna obiegów wodno-parowych w EC II Poznań – Karolin. XIII Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń”, Szczyrk 2010
- [4] Śliwa A. Wpływ chemicznych warunków eksploatacji na możliwość wydłużenia czasu pracy długie eksploataowanych bloków 200 MW. XIII Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń”, Szczyrk 2010
- [5] VGB Power Tech VGB-R 450 Second Edition 2004 – Guideline for feed water, boiler water and steam quality for power plants/ industrial plants
- [6] Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Phosphate Continuum and Caustic Treatment, 2004
- [7] Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: All Volatile Treatment (AVT) 1004187, 2002
- [8] Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Oxygenated Treatment (OT) 1004925, 2005



Filip Klepacki, Dariusz Wywrot
Pro Novum Sp. z o.o. EDF Polska

Trwałość węzownic przegrzewaczy wtórnych w warunkach niskoemisyjnego spalania

Life of resuperheater coils exposed to the effects of low-emission combustion

W kotłach krajowych w celu redukcji zawartości NO_x w spalinach wprowadzono niskoemisyjną technikę spalania. Ogólnie polega ona na kontrolowanym doprowadzeniu powietrza do procesu spalania, tak by temperatura spalin na całej wysokości komory paleniskowej była podobna, jednocześnie zapewniając całkowite i zupełne spalanie przy $\lambda < 1$. Metoda ta przy wprowadzeniu jej do starych kotłów przysparza jednak wiele kłopotów podczas eksploatacji tych urządzeń (korozja niskotlenowa rur parownika). Korozja niskotlenowa jest charakterystyczna dla tego typu spalania i jest głównym powodem obniżenia trwałości ekranów komory paleniskowej. Należy tu jednak zwrócić uwagę nie tylko na problem parownika, ale także na warunki pracy węzownic przegrzewaczy pary pierwotnej jak i wtórnej, zwłaszcza w rejonie przewału.

Obliczeniowe grubości węzownic przegrzewaczy wtórnych, z uwagi na panujące w nich ciśnienie, nie przekraczają $g_0 < 2,5$ mm, a w rzeczywistości grubości nominalne przekraczają $g_n > 4$ mm.

Mimo tych nadmiernych grubości, większość uszkodzeń spowodowana jest ścienieniem ścianki. Zazwyczaj nieszczelności występują na węzownicach przy grubości nie większej $g < 1$ mm. Przyczyną takiego stanu jest okresowa praca metalu w temperaturach przekraczających wartości projektowe, a nawet dopuszczalne, oraz agresywność gazów spalinowych.

Prócz niskoemisyjnego spalania dodatkowo negatywny wpływ wywiera współspalanie węgla z biomasą, a zwłaszcza gdy ta ostatnia jest podawana przed młynami. Powoduje to pogorszenie przemiatu paliwa, przez co do komory paleniskowej trafiają grubsze frakcje paliwa potrzebujące dłuższego czasu na spalenie się, a tym samym niejednokrotnie dopalają się w obszarze przegrzewaczy.

W związku z powyższym wg doświadczeń krajowych trwałość przegrzewaczy pary wtórnej zazwyczaj umiejscowionych nad przewalem w kotłach parowych z paleniskami niskoemisyjnymi wynosi od 80 do 150 tys. h.