Wojciech Brunné
Pro Novum Sp. z o.o.

Zagrożenie nagłego kruchego uszkodzenia nisko- i średnioprężnych rurociągów układu wody zasilającej

Risk of sudden brittle damages of low- and medium-pressure feed water pipelines

Rurociągi wody zasilającej stanowią bardzo istotny element pierwszej części procesu technologicznego każdej elektrowni czy elektrociepłowni. Układy wody zasilającej przebiegają w tych obszarach maszynowni i kotłowni, gdzie bardzo często przebywa personel techniczny elektrowni. Ze względu na parametry wody ($t_o \approx 250°C$, $p_o \sim 23$ MPa), układy tych rurociągów są najbardziej niebezpiecznym „urządzeniem" dla obsługi bloku. Ewentualne nagłe totalne rozerwanie rurociągu spowoduje błyskawiczne rozprężenie wytryskującej wody, co w konsekwencji doprowadzi do wypełnienia całej przestrzeni maszynowni i/lub kotłowni mokrą parą ($t < 100°C$), która nie daje żadnych szans przeżycia ludziom przebywającym w tym czasie na hali i w pomieszczeniach bezpośrednio przyległych (nastawnie, dyspozytornie itp.).

Pomimo tak dużego potencjalnego zagrożenia dla życia i zdrowia obsługi układy rurociągów wody zasilającej traktowane są, niestety, najczęściej, jako urządzenie niewymagające nadzoru, a nawet obsługi. Paradoksalnie takiemu podejściu „sprzyja" sytuacja formalnoprawna, ponieważ rurociągi wody zasilającej nie są objęte dozorem technicznym. Dodatkowym czynnikiem, który tłumaczy „uśpienie" służb technicznych jest fakt, że rurociągi wody zasilającej projektowane są w oparciu o R_{et} i nie są liczone na wytrzymałość czasową (R_z), co oznacza, że nie jest dla nich wyznaczony dopuszczalny czas pracy.

Rozwiązania techniczne rurociągów wody zasilającej bloków 120 MW i 200 MW

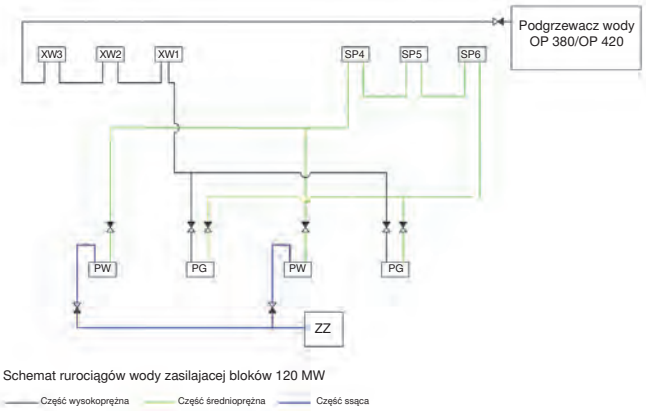
Rurociągi wody zasilającej bloków 120 MW składają się najczęściej z trzech podstawowych części (rys. 1) tj.:

- niskoprężnej przed pompą wstępną,
- średnioprężnej za pompą wstępną, a przed pompami głównymi,
- wysokoprężnej za pompami głównymi.

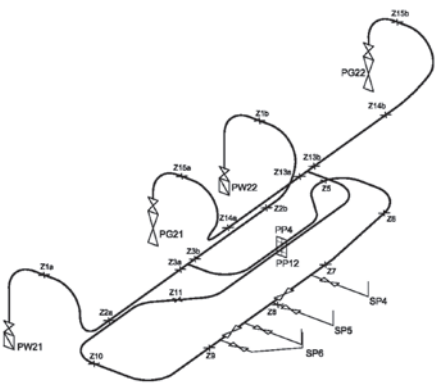
Część średnioprężna, która między innymi obejmuje regenerację średnioprężną, jest w praktyce najczęściej realizowana na dwa sposoby (rys. 2 i 3) w zależności od czasu projektowania oraz przestrzeni, jaką projektant miał do dyspozycji. Dla bloków 200 MW pompy zasilające mieszczą się bezpośrednio za zbiornikiem wody zasilającej i taki układ dzielimy na część:

- niskoprężną,
- wysokoprężną,

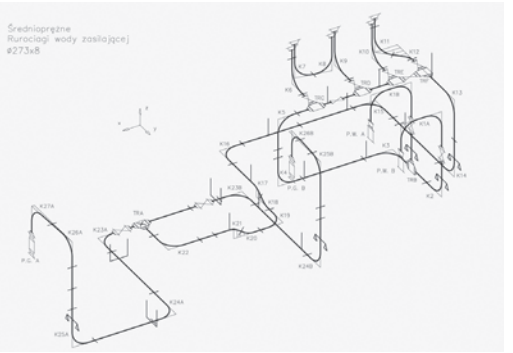
których schemat pokazano na rysunku 4.



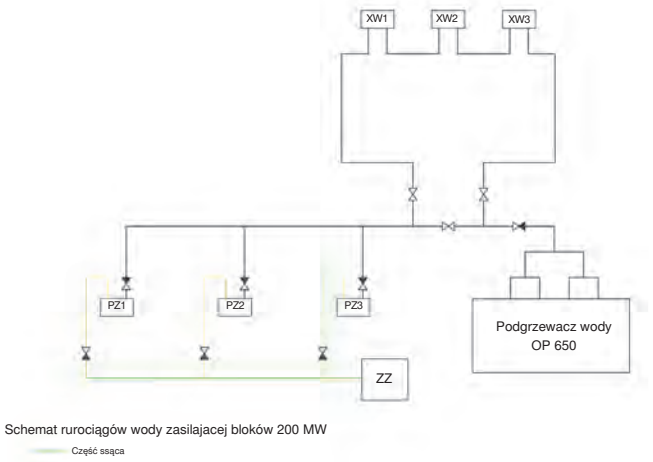
Rys. 1. Schemat rurociągów wody zasilającej bloków 120 MW



Rys. 2. Rurociągi wody zasilającej – część średnioprężna – układ zwrotny



Rys. 3. Rurociąg wody zasilającej – część średnioprężna – układ rozbudowany



Rys. 4. Schemat rurociągów wody zasilającej bloków 200 MW

Program badań diagnostycznych do oceny stanu elementów rurociągów

Po analizie posiadanej przez Użytkownika dokumentacji rurociągów oraz historii eksploatacji należy opracować indywidualny, dla każdego układu rurociągów wody zasilającej, program badań diagnostycznych.

Biorąc pod uwagę medium i parametry pracy ramowy program badań diagnostycznych powinien obejmować następujące elementy krytyczne układu [1]:

- kolana,
- spoiny wraz ze strefą wpływu ciepła,
- armaturę i kształtki,
- odwodnienia, odpowietrzenia,
- system zamocowań.

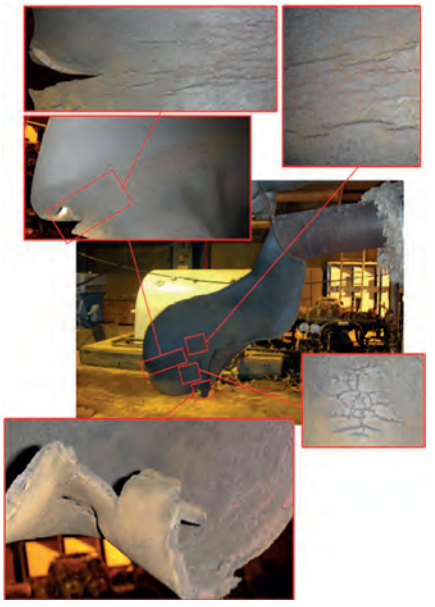
Ponadto, dla tych rurociągów należy wykonać obliczenia konstrukcyjne pozwalające na określenie oczekiwanej reakcji zamocowań i dopiero na takiej podstawie opracować wytyczne do ewentualnej regulacji zamocowań.

Ze względu na sytuację, omówioną na wstępie artykułu tylko nieliczne elektrownie zawodowe decydują się na kompleksowe badania diagnostyczne rurociągów wody zasilającej, a i to niektóre z nich ograniczyły się tylko do części wysokoprężnej, gdzie teoretycznie występuje najmniejsze ryzyko zagrożenia wystąpienia nagłego uszkodzenia.

Awaria części średnioprężnej rurociągu wody zasilającej

Bardzo poważnym ostrzeżeniem dla Użytkowników kotłów energetycznych (niezależne od tego czy pracują w układzie blokowym czy kolektorowym lub czy reprezentują energetykę zawodową czy przemysłową) była awaria części średnioprężnej rurociągu bloku 120 MW [2].

W jednej z elektrowni zawodowych wystąpiło nagłe, totalne uszkodzenie (rozerwanie) rurociągu na łuku 45° (rys. 5), co w konsekwencji spowodowało zalanie rejonu pomp pośrednich i głównych. Sprawne, awaryjne, odstawienie kotła oraz fakt, że skutecznie zadziałała klapa zwrotna przed podgrzewaczem wody (część wysokoprężna była wcześniej objęta badaniami diagnostycznymi) zminimalizowało zakres strat materialnych. Na szczęście czas i miejsce awarii (brak personelu w promieniu 50 m) uchroniły przed niebezpieczeństwem groźnego wypadku.



Rys. 5. Awaria kolana części średnioprężnej rurociągu wody zasilającej

Omówienie wyników badań diagnostycznych części średnioprężnej rurociągu wody zasilającej

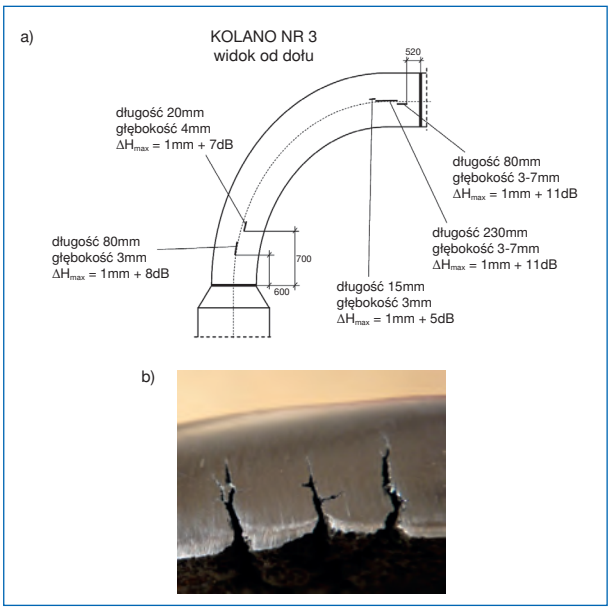
Badania i pomiary diagnostyczne przeprowadzone na wszystkich, nieuszkodzonych w czasie awarii elementach krytycznych części średnioprężnej rurociągu wykazały:

- nadmierną owalizację pozostałych kolan,
- nieciągłości na powierzchni wewnętrznej w obojętnej strefie gięcia kolan,
- niższą, o 25% od nominalnej, grubości ścianki na niektórych kolanach.

W ramach usuwania skutków awarii na rurociągach wymieniono, oprócz totalnie zniszczonego kolana, także te elementy, które nie spełniły kryterium bezpiecznej dalszej eksploatacji na podstawie analizy wyników badań diagnostycznych. Wykryte w trakcie badań uszkodzenia powierzchni wewnętrznej kolan (strefa obojętną) ilustruje rysunek 6 [3].

Rys. 6. Widok powierzchni wewnętrznej (strefa obojętna) zdemontowanego kolana po jego rozkrojeniu

Profilaktyczne badania na innych elektrowniach wykazały występowanie podobnych nieprawidłowości (rys.7).



Rys. 7. Wykryte wskazania w czasie badań UT-H (a) i przekrój kolana w rejonie wskazań (b)

Mechanizm powstawania uszkodzeń

Ponieważ rurociągi wody zasilającej pracują poniżej temperatury granicznej dla zastosowanej stali K18 (t_{gr} = 400°C) nie jest dla nich określony horyzont czasowy (czas eksploatacji). W czasie eksploatacji, a szczególnie w stanach nieustalonych pracy kotła, i co jest bardzo istotne, przy nadmiernej owalizacji, naprężenia występujące w ściance kolan mają charakter zmienny i mogą okresowo przekraczać naprężenia dopuszczalne. Proces ten odbywa się w środowisku agresywnym, jakim jest woda zasilająca, a tym samym, w związku z powyższym, bezpośrednią przyczyną uszkodzeń jest zmęczenie korozyjne.

Podsumowanie

Nadmierna owalizacja kolan jest pochodzenia technologicznego, co nie ma związku z eksploatacją rurociągu. Najczęściej nakładają się na siebie następujące przyczyny:

- dopuszczenie do prefabrykacji kolan rur o maksymalnej dopuszczalnej owalizacji hutniczej ($\varepsilon \leqslant 4{,}0\%$),
- montaż kolan z tzw. doginaniem, np. w przypadku ograniczeń przestrzeni,
- odkształcenie przekroju rury w czasie gięcia.

Rurociągi wody zasilającej w części średnioprężnej zbudowane są z bardzo wiotkich rur $\alpha = g_n/_{Dn} \approx 0{,}03$. (dla rurociągu pary świeżej, rury o tej samej średnicy mają $\alpha \geqslant 0{,}10$). Dopasowanie „siłowe" kolana o $\alpha \approx 0{,}03$. do złożonej trasy rurociągu nie nastręcza żadnych problemów, ale zazwyczaj skutkuje nadmierną owalizacją.

Rurociągi wody zasilającej, a szczególnie części niskoprężnej, stanowią realne zagrożenie dla obsługi. Ponieważ w większości przypadków będą one jeszcze eksploatowane przez Użytkownika przez najbliższe 15-20 lat należy objąć je wzmożonym i systematycznym nadzorem diagnostycznym [1], tym bardziej, że najczęściej, do tej pory, nie były nigdy poddawane systematycznym badaniom i pomiarom diagnostycznym.

Pewną gwarancją dalszej bezpiecznej eksploatacji rurociągów wody zasilającej byłoby objęcie ich stałym dozorem technicznym w podobnym zakresie jak rurociągi parowe.

Wnioski

- Niektóre elementy średnio- i niskoprężnych rurociągów obiegu zasilającego kotły mogą ulegać nagłym uszkodzeniom ze znacznym rozwarciem, dotyczy to szczególnie kolan.
- Przyczyną tego rodzaju uszkodzeń jest zmęczenie korozyjne wywołane nadmierną owalizacją.
- Czas pracy do rozerwania zależy m.in. od:
  - stopnia owalizacji,
  - zastosowanego materiału,
  - stosunku grubości ścianki do średnicy rurociągu,
  - agresywności środowiska.
- Dla uniknięcia tego rodzaju nagłych – nieprzewidzianych a jednocześnie niebezpiecznych uszkodzeń wskazanym jest prowadzić profilaktyczne:
  - badania nieniszczące,
  - pomiary geometrii,
  - wykonać obliczenia sumarycznych naprężeń statycznych i zmiennych wywołanych zginaniem.

LITERATURA

[1] Rekomendacje w zakresie kwalifikowania elementów urządzeń cieplno-mechanicznych bloków 200 MW w *PKE S.A.* do pracy do 350.000 godzin – Dokument *Pro Novum* Nr PN/90.25 22/2010, marzec 2011, Uzgadniany z UDT.

[2] Sprawozdanie *Pro Novum Sp. z o.o.* nr 153.2585/2010 – praca niepublikowana

[3] Sprawozdanie *Pro Novum Sp. z o.o.* nr 159.2593/2010 – praca niepublikowana

[4] Sprawozdanie *Pro Novum Sp. z o.o.* nr 13.2605/2011 – praca niepublikowana

pro•vum®
RESEARCH & TECHNOLOGICAL SERVICES
Centrum Badawczo - Rozwojowe