

Dr Wojciech Brunné

Pro Novum — Katowice

UKD 621.181.021

Badania rzeczywistych reakcji zamocowań głównych rurociągów parowych

Jednym z czynników warunkujących właściwy przebieg eksploatacji głównych rurociągów parowych jest poprawna praca zamocowań. Rurociągi na swej trasie między kotłem a turbiną są podtrzymywane przez zamocowania (od kilku do kilkunastu) różnych typów i rodzajów. Niezależnie jednak od technicznych rozwiązań zastosowanych w poszczególnych zamocowaniach, każde z nich musi być dobrze wyregulowane, tzn. jego reakcja powinna odpowiadać przenoszonym obciążeniom.

W trakcie projektowania rurociągu, w miejscach jego zamocowań wyznacza się — na drodze obliczeń — obciążenia, jakie powinno przenosić zamocowanie. Na tej podstawie projektant dobiera zamocowanie i określa sposób jego regulacji.

Z dotychczasowych doświadczeń firmy *Pro Novum* wynika, że zawieszenia sprężynowe, w tym stałosiłowe, praktycznie nie były regulowane na reakcje zakładane w projekcie. Zdarzyły się przypadki niewłaściwego doboru sprężyn oraz pozostawienia blokad montażowych. Nie stwierdzono, by w wyniku długotrwałej eksploatacji sprężyny zmieniły swą charakterystykę. W praktyce zamocowania rurociągów nie są konserwowane i dotyczy to zarówno elektrowni zawodowych jak i przemysłowych. Brak konserwacji ujemnie wpływa na pracę zamocowań, a w przypadku stałosiłowych zamocowań sprężynowych prowadzi do ich blokady.

Niewłaściwa praca zamocowań:

- powoduje przeciążenia niektórych węzłów konstrukcyjnych,
- wprowadza nowe momenty gnące i skręcające o wartościach istotnych dla wytrzymałości konstrukcji,
- prowadzi do zmiany trasy rurociągu i powstawania przeciwnych spadów w stanie zimnym.

Ponieważ większość rurociągów jest eksploatowana już ponad 100 tys. h, czyli przekroczyła obliczeniowy czas pracy, właściwa regulacja zamocowań jest zadaniem bardzo ważnym, ale i trudnym zarazem.

Podstawową trudnością przy regulacji zamocowań jest dotarcie do miarodajnych informacji o zakładanych przez projektanta obciążeniach miejsc zamocowań rurociągu. Dostępna dokumentacja często nie zawiera informacji o zakładanych obciążeniach w stanie zimnym rurociągu, a prawie zawsze brak takich danych w odniesieniu do stanu gorącego. Ponadto należy pamiętać o tym, że sam projekt rurociągu często powstawał dwadzieścia—trzydzieści lat temu, a co za tym idzie obliczenia konstrukcyjne opierano na ówczesnym poziomie wiedzy, a możliwości obliczeniowe (sprzętowe i programowe) były niepomiarne skromniejsze od dzisiejszych.

Układ pomiaru reakcji zamocowań

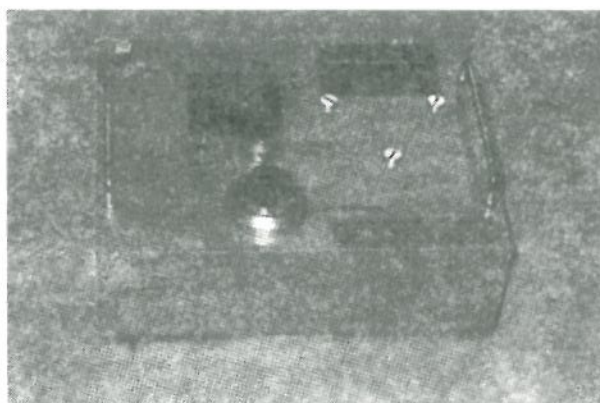
Z przedstawionych uwag wynika, że jedyłą, pewną informację o obciążeniach zamocowań rurociągu w stanach zimnym i gorącym można uzyskać dzięki bezpośredniemu pomiarowi ich reakcji w obu tych stanach.

Stosowany przez *Pro Novum* układ do pomiaru rzeczywistych reakcji zamocowań składa się z dwóch elementów:

- wysokoczułego, liniowego siłomierza tensometrycznego (rys. 1),
- wzmacniacza operacyjnego z cyfrowym wyświetlaczem (rys. 2).

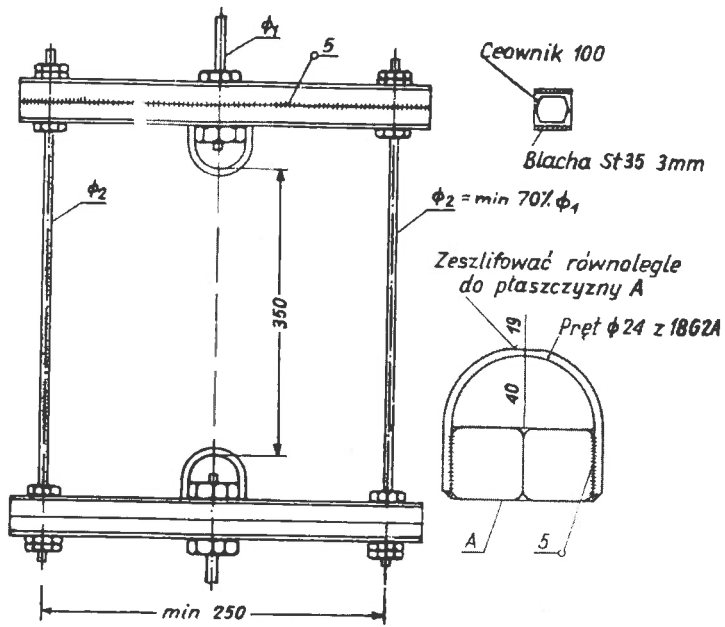


Rys. 1. Wysokoczuły, liniowy siłomierz tensometryczny

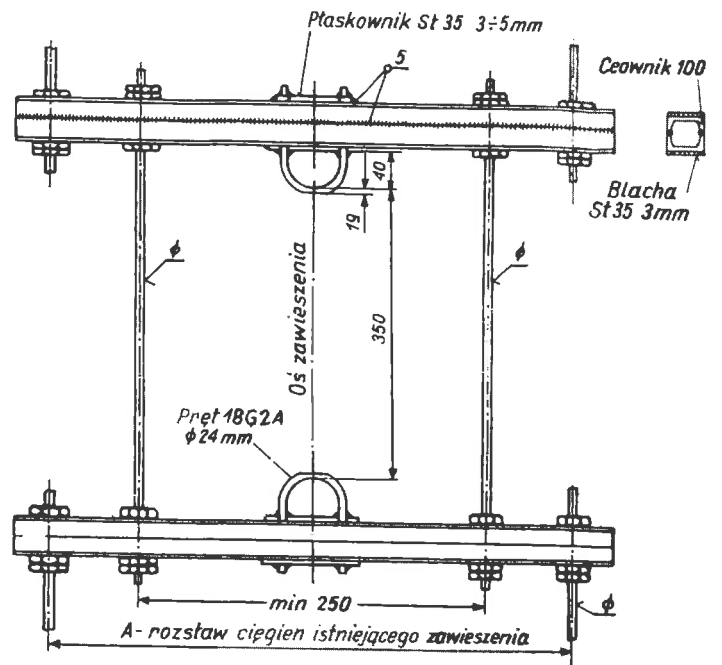


Rys. 2. Wzmacniacz operacyjny z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym

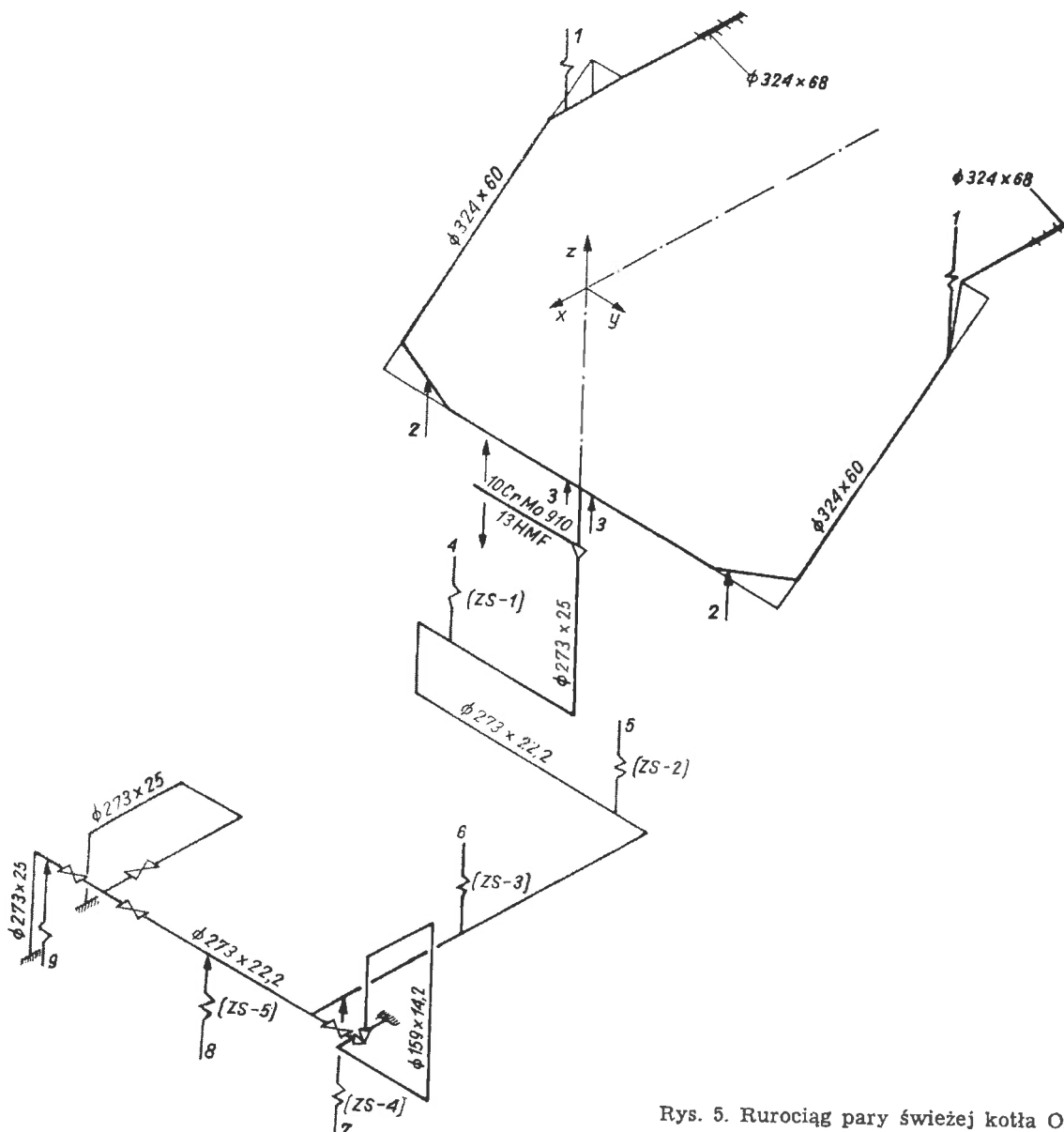
Siłomierz tensometryczny klasy 0,5, identyczny ze stosowanymi w maszynach wytrzymałościowych, charakteryzuje się pełną kompensacją temperaturową. Siłomierz odróżnia obciążenia ściskające (+) od rozciągających (—), może być zatem używany do pomiaru reakcji podparć jak i zawieszzeń. Wzmacniacz operacyjny — w celu zwiększenia dokładności odczytu — ma cztery podzakresy oraz wstępne i dokładne ustawienie punktu zerowego obciążenia (elektroniczne zero równe zeru mechanicznemu).



Rys. 3. Jednocięgowy układ pomiarowy



Rys. 4. Dwucięgowy układ pomiarowy



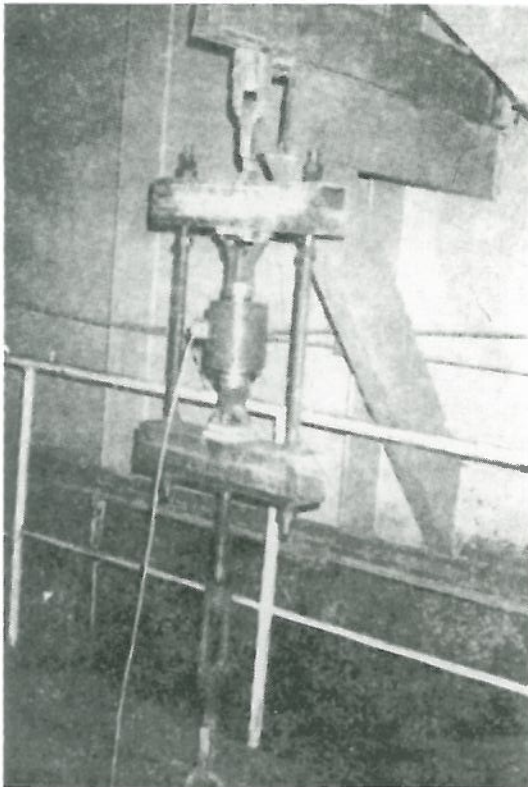
Rys. 5. Rurociąg pary świeżej kotła OPG-230

Reakcję zamocowania można zmierzyć wówczas, gdy w miejsce dotychczasowego ciągną zostanie zabudowane ciągną pomiarowe, w zależności od rodzaju zawieszenia jedno- lub dwuciągnowe (rys. 3 i 4). Ciągną takie zostaje zabudowane na stałe, dzięki czemu można reakcję zawieszenia mierzyć tak często, jak to wynika z potrzeb, i to zarówno w stanach zimnym jak i gorącym. *Pro Novum* jest w trakcie opracowywania sposobu pomiaru reakcji stołów sprężynowych i podpór stałych, kiedy to jednym z ograniczeń jest długość siłomierza (165 mm).

Przykłady pomiaru reakcji zamocowań

Wyniki przeprowadzonych w ostatnim czasie pomiarów reakcji wybranych zawieszonych na dwóch różnych rurociągach pary świeżej wykazują, że reakcje zamocowań odbiegają od założonych w projekcie.

- Dla rurociągu pary świeżej kotła OPG-230 (rys. 5) reakcje zamocowania 4 (rys. 6) zamieszczono w tabeli 1.
- Dla rurociągu pary świeżej kotła OP-430 (rys. 7), gdzie w trakcie eksploatacji zostały zniszczone stałosiłowe podpory sprężynowe C9 i C10 (rys. 8), reakcje zamocowań zestawiono w tabeli 2.

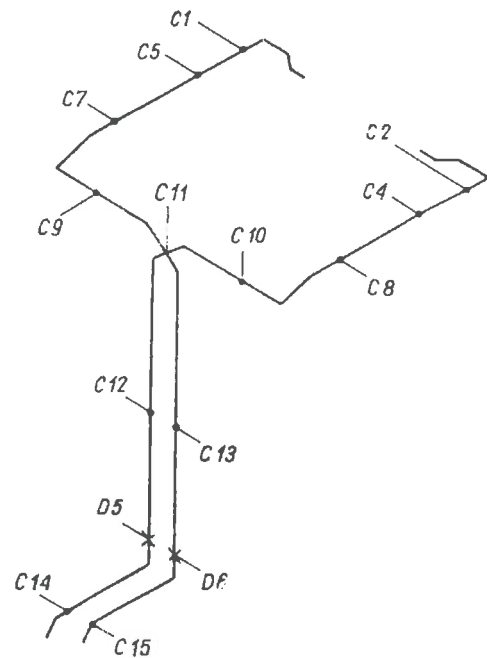


Rys. 6. Pomiar reakcji zamocowania nr 4 w stanie gorącym rurociągu

Tabela 1

Reakcja zamocowania nr 4

Sposób uzyskania danych o reakcji zawieszenia	Reakcja zawieszenia, N		Uwagi
	na zimno	na gorąco	
Zmierzona układem pomiarowym	12 684	20 689	rys. 6
Obliczona Systemem CLPIPING	12 302	18 237	—
Założenia projektowe bez regulacji	22 661	—	—
Założenia projektowe z regulacją	18 688	—	—



Rys. 7. Rurociąg pary świeżej kotła OP-430 od komór wylotowych do podpór stałych

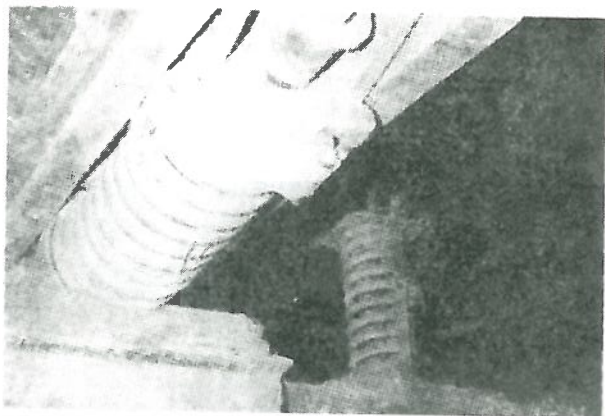
Tabela 2

Reakcje zamocowań C5, C6, C9 i C10

Zawieszenie	Sposób uzyskania danych o reakcji zamocowania	Reakcja zamocowania, N	
		na zimno	na gorąco
C5	Zmierzona układem pomiarowym	24 525	—
	Obliczona Systemem CLPIPING	17 255	14 205
	Założona w projekcie	21 189	—
C8	Zmierzona układem pomiarowym	19 620	—
	Obliczona Systemem CLPIPING	17 305	14 205
	Założona w projekcie	21 189	—
C9	Zmierzona układem pomiarowym	37 278	—
	Obliczona Systemem CLPIPING	20 836	20 836
	Założona w projekcie	17 560	—
C10	Zmierzona układem pomiarowym	45 126	—
	Obliczona Systemem CLPIPING	20 836	20 836
	Założona w projekcie	17 560	—

U w a g a: Obliczenia konstrukcyjne prowadzono przy założeniu, że nastąpi wymiana stałosiłowych podpór sprężynowych C9 i C10 na nowe o podobnej konstrukcji, które zostaną wyregulowane na reakcję 21 000 N. Pomiary reakcji zamocowań wykazały, że skutki awarii nie zostały usunięte podczas poprzedniego remontu. Niedociążone są zamocowania C11, C12 i C13 oraz podpory stałe D5 i D6, a bardzo przeciążone zamocowania C9 i C10.

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów podpory stałościowe sprężynowe C9 i C10 zmieniono na zawieszenia stałościowe dźwigniowo-ciężnne.



Rys. 8. Zniszczone stałościowe podparcie sprężynowe zamocowań C9 i C10

Podsumowanie

Dodatkowa ważna informacja o rzeczywistych reakcjach zamocowań pozwala na dokładną regulację zamocowań, a zatem umożliwia lepszą ich pracę. Pomiary obciążeń w węzłach konstrukcyjnych, które uległy uszkodzeniom podczas eksploatacji, pozwalają na poprawny dobór rodzaju zamocowań i właściwą ich regulację.

Dzięki pomiarom reakcji zamocowań można doskonalić systemy obliczeniowe i przybliżać wyniki obliczeń do rzeczywistych wartości obciążeń i przemieszczeń głównych rurociągów parowych.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J., Brunné W.: Ocena stanu technicznego głównych rurociągów parowych bloków energetycznych. *Energetyka* 1993, nr 3
- [2] Jadamus H.: Sposób kontroli i regulacji zamocowań rurociągów wysokoprężnych podczas eksploatacji. *Energetyka* 1991, nr 8

panovum

Mgr inż. Jędrzej Hlebowicz

Institut Elektrotechniki — Warszawa

UKD 621.165:621.373.1.001.4

Badania stanu powierzchni osiowych otworów wirników turbin i generatorów

(artykuł dyskusyjny)

W dużych odkuwkach wałów wirników wady technologiczne koncentrują się z reguły w pobliżu osi odkuwki, toteż konstruktorzy najczęściej projektują wirniki z przetłotowym otworem osiowym, eliminującym większość takich wad. Wykonanie otworu osiowego (najczęściej nazywanego przez energetyków otworem centralnym) daje dodatkowo możliwość wykonania badań defektoskopowych od strony otworu, co ma ogromne znaczenie dla oceny jakości wykonania wału wirnika.

Wykonanie otworu centralnego zmienia jednak niekorzystnie stan naprężeń wirnika, gdyż na powierzchni tego otworu naprężenia obwodowe są dwukrotnie większe od naprężeń obwodowych w wirniku pełnym [1].

Jeżeli w warstwie przyściennej otworu występują wady materiałowe w postaci szczeliny (pęknięcia) lub wady szczelinopodobne (wtrącenie niemetaliczne o ostrych krawędziach), to przy dużych naprężeniach może nastąpić propagacja szczeliny. Powiększa się ona skokowo po każdym uruchomieniu wirnika, aż jej lawinowy wzrost może doprowadzić do całkowitego zniszczenia wirnika.

W strefach wirnika narażonych na działanie wysokich temperatur dodatkowo należy spodziewać się uszkodzeń wywołanych pełzaniem.

Tak więc otwór centralny i warstwa przyścienna otworu są obiektami szczególnego zainteresowania diagnostyków turbin, co przejawia się zintensyfikowaniem badań nieniszczących, zmierzających do oceny stanu tej strefy. Ocena tak powinna umożliwiać zlokalizowanie wad, określenie ich rodzaju, orientacji i rozmiarów.

Istotnym czynnikiem decydującym o wyborze metody badań nieniszczących jest prawdopodobieństwo wykrycia wady. W przypadku badań stanu powierzchni i warstwy przyściennej otworu centralnego prawdopodobieństwo to zależy w głównej mierze od długości wady. Na dobrze oczyszczonej powierzchni otworu można z powodzeniem metodą penetracyjną i metodą magnetyczno-proszkową wykrywać wady długości 2 mm, natomiast metodą prądów wirowych — wady długości minimum 5 mm.

Metoda endoskopowa w zależności od stosowanego powiększenia pozwala na wykrywanie wad powierzchniowych długości powyżej 1 mm, z tym że na wykrywalność wad najbardziej wpływają sposób, jakość oczyszczenia i oświetlenia badanej powierzchni.

I tu dochodzimy do problemu przygotowania powierzchni otworu centralnego wirników turbin i generatorów do badań defektoskopowych.

Kompleksowe badanie wirników od strony otworu centralnego stosowane przez takie firmy, jak *ABB*, *Westinghouse* czy *Siemens* obejmują oprócz wspomnianych metod również metodę ultradźwiękową, która pozwala na ocenę stanu objętości całego wału wirnika, od otworu centralnego do powierzchni zewnętrznej wału.

Badanie takie, wspomagane komputerową analizą wyników, wymaga przygotowania powierzchni przez honowanie otworu, zazwyczaj do głębokości ok. 0,5 mm. W ten sposób jest usuwana warstwa przyścienna, której oceny właśnie oczekują diagnostycy turbin.