

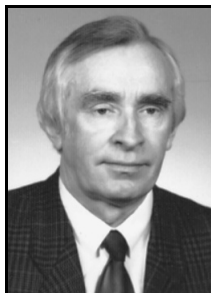
Zdzisław KABZA, Marek KRAWCZYK, Jacek KWIATKOWSKI, Mariusz RYSZCZYK
POLITECHNIKA OPOLSKA, INSTYTUT ELEKTROWNI I SYSTEMÓW POMIAROWYCH

Badania przemieszczeń pyłoprzewodów zasilających kocioł BP-1150

Prof. dr hab. Inż. Zdzisław KABZA

Jest absolwentem Politechniki Wrocławskiej. W tej uczelni otrzymał także stopnie naukowe doktora (1971 r.) i doktora habilitowanego (1977 r.) z zakresu metrologii energetycznej. W 1986 r. uzyskał tytuł naukowy, a w 1991 stanowisko profesora zwyczajnego. Aktualnie jest dyrektorem Instytutu Elektrowni i Systemów Pomiarowych Politechniki Opolskiej. Obszarem działalności naukowo-badawczej oraz wdrożeniowej profesora jest metrologia oraz audyt energetyczny, ekonomiczny i finansowy.

e-mail: z.kabza@po.opole.pl



Mgr inż. Jacek KWIATKOWSKI

Od 2005 roku jest absolwentem kierunku informatyka na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, w tym samym roku rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Aktualnie jest pracownikiem Biprokwas Sp. z o.o w Gliwicach, gdzie odpowiedzialny jest za globalne wdrożenie zarządzania inwestycjami, oraz ich monitoring przy pomocy systemu MS Project.

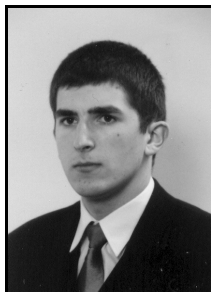
e-mail: jacek.kwiatkowski@onet.eu



Marek KRAWCZYK

Jest studentem V roku informatyki na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Od roku 2005 blisko współpracuje z Instytutem Elektrowni i Systemów Pomiarowych uczestnicząc w pracach naukowo-badawczych. Po półrocznej praktyce w BOT Elektrownia Opole uzyskał roczne stypendium, w czasie którego uczestniczył w informatyzacji procesu wsparcia decyzji remontowych.

e-mail: krwc@wp.pl



Mgr inż. Mariusz RYSZCZYK

Ukończył kierunek studiów informatyka w 2006 r. na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, w tym samym roku rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Aktualnie jest pracownikiem w Instytucie Elektrowni i Systemów Pomiarowych Politechniki Opolskiej.

e-mail: m.ryszczuk@po.opole.pl



Streszczenie

Artykuł prezentuje metody pomiarów zmieniającej się topologii podczas procesu uruchamiania i odstawiania bloku energetycznego. Autorzy skupiają swoją uwagę na przemieszczeniach układów kompensacyjnych pyłoprzewodów wraz z ich opisem.

Słowa kluczowe: Przemieszczenia topologii, pyłoprzewody, energetyka.

Investigations of ash pipes displacement in BP-1150 boiler

Abstract

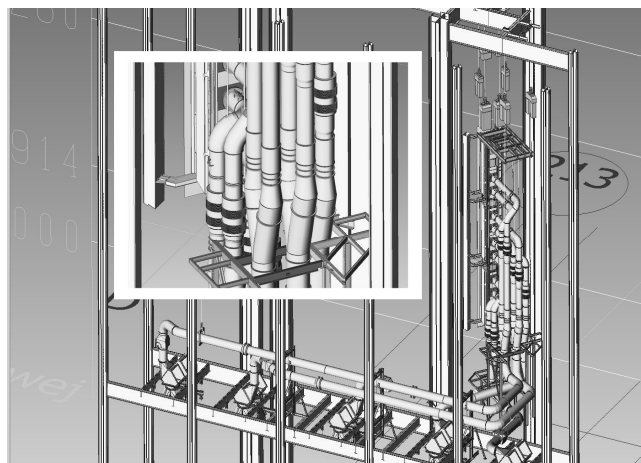
The article presents methods of surveying changing topology during the process of boiler startup and shutdown. Possibility of abnormal movement occurred which led to extensive research of ash pipes. Methodology of those research based on using complex equipment able to measure from a distance up to 200 m with uncertainty of 2 to 5 mm and direct laser measurements was introduced. The main focus of the publication is fixed on describing complicated ash pipe displacements and its compensation systems as well as exhibition of preliminary results.

Keywords: Changing topology, ash pipe, power engineering.

1. Wstęp

W BOT Elektrowni Opole S.A. zainstalowane są 4 bloki energetyczne o mocy 360 MW każdy. Para pod ciśnieniem 18,3 MPa i temperaturze 540 °C produkowana jest przez wieżowe, jednociągowe kotły BP-1150 o wysokości dochodzącej do 100 m. Mieszanka powietrza i pyłu węgla kamiennego z młynów znajdujących się na poziomie 0 transportowana jest pyłoprzewodami dochodzącymi do wszystkich 4 narożników kotła skąd kierowana jest do komory paleniskowej. Podwieszenie kotła na konstrukcji nośnej umożliwia jego równomierne przemieszczenia wzdłuż osi pionowej. Oddziaływanie temperatury powoduje zmiany wysokości od 30 do 40 cm. W czasie uruchomienia i odstawienia urządzenia kotłowego kompensatory na pyłoprzewodach mają eliminować negatywne skutki przemieszczeń pyłoprzewodów zmieniających położenie wraz z kotłem. Na rys. 1 przedstawiono układ rurociągów zasilających kocioł w paliwo.

Ocena zachowań skomplikowanych układów infrastruktury technicznej o zmieniających się w czasie procesu technologicznego wymiarach geometrycznych to jedno z najtrudniejszych zagadnień analizowanych przez specjalistów odpowiedzialnych za proces eksploatacji obiektów energetycznych.



Rys. 1. Fragment modelu 3D ilustrujący pyłoprzewody doprowadzające paliwo do komory paleniskowej w kotle BP-1150

Fig. 1. Fragment of 3D model illustrating ash pipes which deliver fuel to hearth chamber in BP-1150 boiler

Kilkudziesięciocentymetrowe odształcenia termiczne, rosnąca liczba odstawień, cykliczność obciążeń wymagają sprawnych układów kompensacyjnych. Analiza ewoluującej topologii instalacji na tle wskazań systemów monitorujących, skorelowane parametry technologiczne tworzą tło do wyciągania wniosków wdrażanych w czasie eksploatacji i modernizacji instalacji kotłowych.

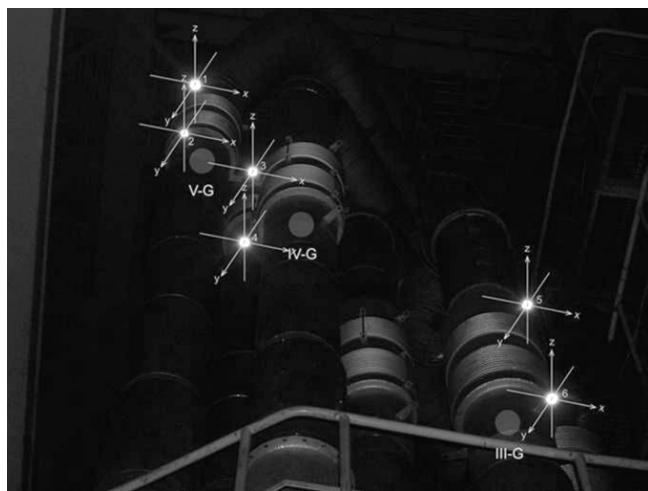
Monitorowanie stateczności konstrukcji i urządzeń instalacji energetycznej pozwala na szybką interpretację graficzną przemieszczeń pionowych badanych obiektów [1]. Pomiary te dostarczają służbom eksploatacyjnym informacji istotnych do oceny poprawności pracy urządzeń oraz stanu technicznego konstrukcji i fundamentowania [2, 3].

Celem przeprowadzonych pomiarów było określenie odkształceń kompensatorów znajdujących się na pyłoprzewodach oraz ich zachowania podczas rozruchu i odstawienia bloku energetycznego. Zaprojektowane kompensatory zapewniają prawidłowe wydłużenie i skracanie pyłoprzewodów jedynie wzdłuż osi z rurociągu (w pionie). Obserwacje działania instalacji wskazują na występowanie przemieszczeń kompensatorów nie tylko w płaszczyźnie poziomej, ale także ich skręcanie. Powoduje to szybsze zużycie i większą awaryjność przekładającą się bezpośrednio na straty ekonomiczne. Zachodzi zatem potrzeba identyfikacji przemieszczeń kompensatorów w przestrzeni trójwymiarowej.

2. Metodyka badań

Planowanie eksperymentu i wstępna analiza metrologiczna pozwoliły na wyznaczenie punktów pomiarowych znajdujących się na poziomach 3...12 m, do których nie było bezpośredniego dostępu. Wymusiło to wybór aparatury pomiarowej umożliwiającej pośredni odczyt przemieszczeń z niepewnością od 2 do 5 mm. Wyniki przemieszczeń powinny być bezpośrednio importowane do modelu obiektowego wykorzystywanego do obliczeń wykonywanych metodą elementów skończonych z użyciem profesjonalnego oprogramowania, np. Autodesk Inventor 11.

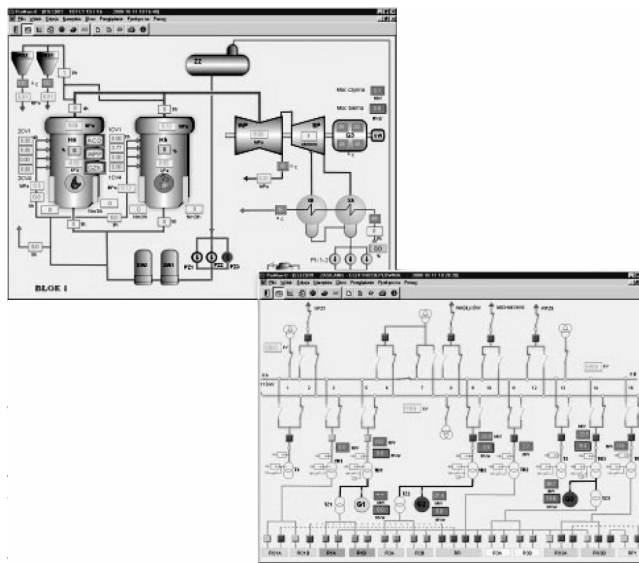
Do wyznaczenia przemieszczeń pyłoprzewodów w trzech płaszczyznach wykorzystano specjalistyczną aparaturę, taką jak geodimetr *Total Station* z rodziny TRIMBLE 5600, tachimetr Leica TC2002 [4], które jako jedyne zapewniały wymaganą niepewność pomiarów. Te nowoczesne urządzenia bezlustrwe eliminują uciążliwą konieczność fizycznego dostępu do punktów pomiarowych. *Total Station* umożliwia pomiar z odległości 200 metrów, w szczególnych przypadkach do 600 metrów w zależności od barwy i refleksyjności powierzchni obiektu z niepewnością pomiaru kąta poziomego i pionowego równą 3" oraz odległości 1mm, przy czasie pomiaru w trybie standard – 3,5 s, szybki pomiar – 1,3 s, szybki tracking – 0,4 s [5].



Rys. 2. Wybrane zamarkowane punkty pomiarowe
Fig. 2. Marked chosen measured points

Metoda bezlustrwa wykorzystująca wyżej wspomniane geodimetr oraz tachimetr polegała na umieszczeniu markerów na charakterystycznych punktach obiektu oraz rejestrowaniu ich położenia w przestrzeni trójwymiarowej w relacji do wcześniej zadeklarowanych stałych punktów osadzonych na nieruchomej konstrukcji (rys. 2). Drugą metodą były bezpośrednie pomiary laserowe z niepewnością rzędu 2 mm polegające na odczycie współrzędnych trzech punktów na podstawie których było możliwe jednoznaczne wyznaczenie położenia pierścienia kompensatora. Dodatkowo mierzone było przesunięcie pierścienia w płaszczyźnie poziomej.

Wykorzystano również aparaty cyfrowe o wysokiej rozdzielczości matrycy (Canon EOS 30D) oraz narzędzia informatyczne jakimi dysponuje Elektrownia m.in. profesjonalne modułowe oprogramowanie „Proman” analizujące na bieżąco stan instalacji technologicznych oraz systemów automatyki, raportujące i wizualizujące zarówno dane bieżące jak i historyczne [6]. Podczas badań wykorzystana została funkcjonalność raportowania wybranych temperatur mieszanki węglowo-powietrznej oraz przepływu strumienia paliwa.



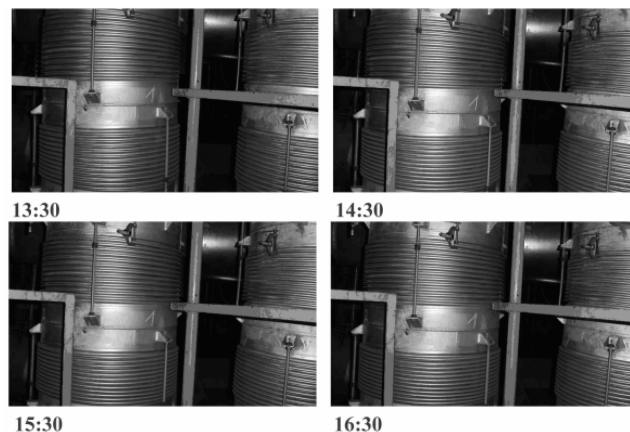
Rys. 3. Przykład wizualizacji danych w programie Proman [6]
Fig. 3. Example of data visualization in Proman programme [6]

Do pełnej analizy zachowania się instalacji wykorzystano:

- modele obiektowe 3D,
- techniki pomiarowej weryfikacji ewoluującej topologii infrastruktury technicznej,
- systemy akwizycji danych i monitorowania wyników pracujące w czasie rzeczywistym.

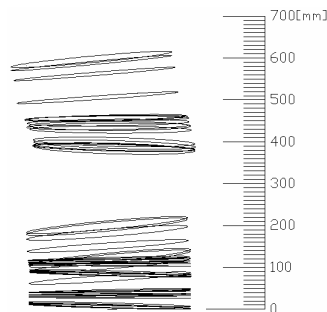
3. Wstępne wyniki badań

Wizualizacja wykonanych pomiarów jest wykorzystywana do analizy procesów diagnostycznych i remontowych. Na ich podstawie można wywnioskować, iż następują niedozwolone zmiany topologii pyłoprzewodów podczas rozruchu i odstawienia bloku. Analizowano także wpływ temperatury mieszanki pyłowo-powietrznej i wybranych parametrów bloku energetycznego na zachowanie instalacji.

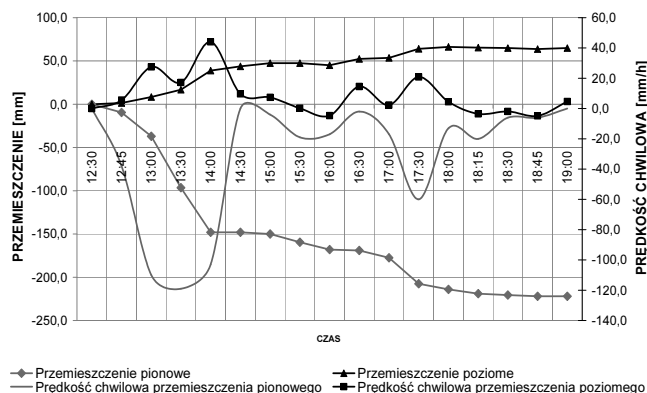


Rys. 4. Obraz odkształceń kompensatora w czasie uruchamiania kotła
Fig. 4. Image of compensator deformation during boiler startup

Na rys. 4 pokazano deformacje kompensatora w czasie rozruchu kotła, a na rys. 5 zmiany spowodowane między innymi migracją pierścieni. Na sporządzonych wykresach przedstawiono tempo zmian wymiarów geometrycznych instalacji oraz odkształcenia przekraczające dopuszczalne wartości.



Rys. 5 Wektorowy obraz migracji pierścienia dolnego i górnego kompensatora
Fig. 5. Vector image of low and high compensator rings migration



Rys. 6. Przemieszczenia wybranego kompensatora podczas uruchomienia kotła
Fig. 6. Displacements of chosen compensator during boiler startup



Rys. 7. Przemieszczenia wybranego kompensatora podczas odstawienia kotła
Fig. 7. Displacements of chosen compensator during boiler shutdown

Przemieszczenie górnej części kompensatora wzdłuż osi z obliczone było w odstępach 30-minutowych (z wyjątkiem pierwszej i ostatniej godziny, patrz rys. 6 oraz 7). Punktem odniesienia była dolna część kompensatora, która przemieszczała się w granicach 1...2 mm podczas całego procesu uruchamiania, zatem została uznana za płaszczyznę odniesienia.

Prędkość chwilowa przemieszczenia wzdłuż osi z była obliczona na podstawie przemieszczenia i odniesiona do przyrostu czasu czyli różnicy pomiędzy kolejnymi pomiarami. Na rysunku 6 prę-

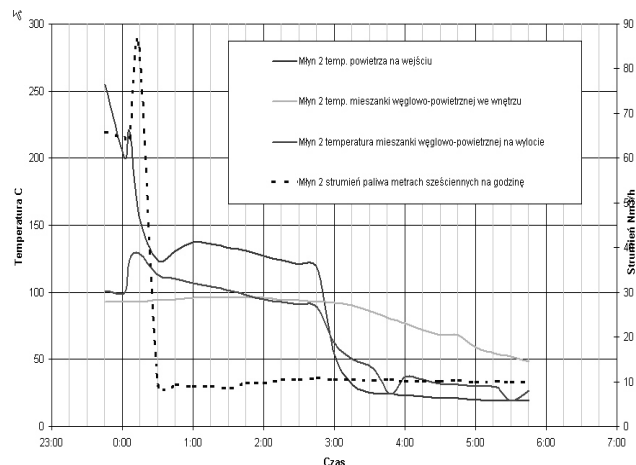
kość chwilowa ma wartość ujemną. Jest to umowne oznaczenie kierunku ruchu górnego pierścienia kompensatora w dół. Na rysunku 7 jest widoczna sytuacja odwrotna – ruch w górę.

Przemieszczenie w płaszczyźnie xy zostało obliczone zgodnie z zasadami rachunku wektorowego. Dla każdego kompensatora wystąpiło nadmierne przemieszczenie w płaszczyźnie poziomej w granicach 3...10 cm.

Prędkość chwilowa przemieszczenia wektora składowego xy została obliczona analogicznie do prędkości wzdłuż osi z z tą jednak różnicą iż dodatnia wartość była równoznaczna z przesunięciem w kierunku kotła, a ujemna – w drugą stronę.

Duże prędkości na początku procesu uruchamiania wynikają ze wzrostu temperatury spowodowanej przepływem gorącej mieszkanki po uruchomieniu młyna. Występują wówczas największe deformacje kompensatorów.

Wstępne wnioski z analizy uzyskanych wyników wykazują, że obserwowana utrata nośności zawieszonych niektórych gałęzi pyłoprzewodów generuje dodatkowe cykle odkształceń kompensatorów, a zatem konieczne jest uwzględnienie zaobserwowanego zjawiska w estymacji żywotności kompensatorów.



Rys. 8. Pomiary wybranych parametrów uruchomienia drugiego młyna
Fig. 8. Measurements of chosen parameters of second mill startup

4. Literatura

- [1] Diagnostyka eksploatacyjno-remontowa urządzeń energetycznych. Zagadnienia wybrane (pod red. Z. Kabzy i P. Santarius), Wyd. Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych "Energetyka i Środowi-sko", Warszawa-Opole-Ostrava 2006, s.31-36 ISBN: 83-923118-4-1
- [2] Z. Kabza, L. Kwiatkowski: Designing Constructing and Operating Data in Common Environment. Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej nr 299 seria Elektryka z.55, Opole 2005.
- [3] Z Kabza, L. Kwiatkowski, K. Pawłowski: Wykorzystanie ewolucyjnych modeli obiektowych w gospodarce remontowej, Mat. Konferencyjne GRE '2006, Zeszyty Naukowe Pol. Opolskiej, Seria Elektryka z.56, Nr kol. 315/2006, Opole 2006
- [4] W. Anigacz, K. Czmielowski: Autokolimacyjna metoda badania warunków osiowych ustawienia walcarki typu Sendzimir ZR. Przegląd Geodezyjny nr 11/2004 s.12-15
- [5] <http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-8889/5600DSE.pdf>
- [6] <http://www.prosys.wroc.pl>