

Adam ROGALA¹, Marcin ZMARZŁY², Grzegorz BIALIC², Rafał STANISŁAWSKI²

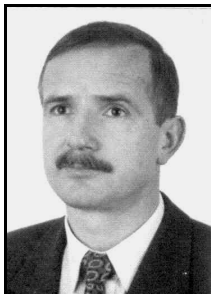
¹REMAK S.A. OPOLE

²POLITECHNIKA OPOLSKA, INSTYTUT AUTOMATYKI I INFORMATYK

System pomiaru sił dla procesu wciągania bandaży na konstrukcję kotłów energetycznych

Mgr inż. Adam ROGALA

Wiceprezes Zarządu, Dyrektor ds. realizacji w Remak SA. Odpowiedzialny za przygotowanie i realizację kontraktów w kraju i za granicą.



e-mail: adam.rogala@remak.com.pl

Mgr inż. Marcin ZMARZŁY

Śluchacz III roku studiów doktoranckich w dyscyplinie Automatyka i Robotyka na Politechnice Opolskiej. Prowadzi prace badawcze w zakresie identyfikacji sieci wodociągowych oraz wykorzystania metod sztucznej inteligencji w diagnostyce i sterowaniu pomp i pompowni.



e-mail: marcin@zmarzly.com.pl

Dr inż. Grzegorz BIALIC

Adiunkt na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Pracownik Instytutu Automatyki i Informatyki. Prowadzi prace badawcze z zakresu cyfrowych systemów sterowania, identyfikacji oraz pomiarów elektronicznych.



e-mail: g.bialic@po.opole.pl

Dr inż. Rafał STANISŁAWSKI

Adiunkt w Katedrze Systemów Sterowania i Elektroniki Instytutu Automatyki i Informatyki na Wydziale Elektrotechniki Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Autor i współautor ponad 50 publikacji koncentrujących się głównie na zagadnieniach identyfikacji i modelowania złożonych obiektów dynamicznych.



e-mail: r.stanislawski@po.opole.pl

Streszczenie

Technologia montażu kotła wymaga instalacji konstrukcji stalowej zwanej bandażami, której zadaniem docelowym jest usztywnienie ekranów komory paleniskowej (wykonanych z rur kotłowych). W czasie montażu kotła bandaże wykorzystywane są także jako element technologiczny (podesty robocze). Wciąganie bandaży odbywa się za pomocą siłowników hydraulicznych za pośrednictwem cięgien stalowych, do których stopniowo podwieszane są poszczególne elementy konstrukcji. Liczba, zakresy przenoszonych sił oraz rozmieszczenie cięgien zostały ustalone na drodze obliczeń projektowych. Zawsze istnieje jednak zagrożenie przeciążenia cięgna, wynikające z możliwej asymetrii obciążeń lub błędów obliczeniowych, co może doprowadzić do katastrofy budowlanej. Z tego powodu, jako część technologii montażu bandaży na ścianach kotła, zaproponowano monitorowanie sił przy pomocy pomiarów elektronicznych w systemie FSS (Force Sensor System) i symetryzację obciążeń poprzez dociskanie (dokręcanie) odpowiednich nakrętek montażowych. Opisane rozwiązanie jest przedmiotem zgłoszenia patentowego [3, 4].

Słowa kluczowe: pomiar siły, mostek tensometryczny, system komunikacji, system wizualizacji.

A force sensor system for the process of temporary suspension of buckstays on power boiler construction

Abstract

The technology of power boiler erection requires temporary suspend of buckstays. The aim of buckstay installation is to brace screens of a combustion chamber. During the power boiler assembling process buckstays are used as the engineering equipment (working platform). The suspending of buckstays is performed by means of hydraulic cylinders and steel strings. The amount, location and force ranges of strings are selected using designing computation. However, there is always a danger of string overload which results from the force asymmetry or computational faults. This can lead to a building accident. To minimise this risk and to ensure the highest process safety level, the computer system (Force Sensor System) for monitoring the force in each string allowing force symmetrization by tightening up special screw caps was designed and built. The force sensor system [3, 4] consists of 24 measurement units (MU) which make the sensor network connected via RS 485 interface. Each measurement

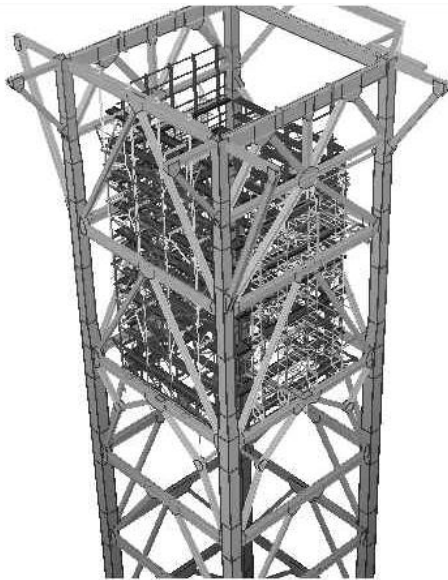
unit (Fig. 3) contains: 1) a measurement foot to transfer the total force from a single string to the sensor (there is assumed the 1:3 force transmission), 2) a strain gauge based force sensor, 3) a microprocessor based signal amplifier equipped with a communication interface. The data coming from MU are acquired by a central data concentrator. Next after pre-processing, the data are transmitted to the operation unit via a radiomodem. They are further presented in the online mode on the LCD panel and recorded on the system hard drives. The operation unit (Fig. 6) is equipped with a system which generates sonic and visual alarms when the critical values are exceeded. The use of the FSS during suspending of buckstays caused that the safety of the whole erection procedure was improved. The electronic online measurements and recorded data let engineers symmetrize the force and verify the values modelled before, that is when the construction had been designed.

Keywords: force measurement, strain gauge bridge, visualization system, communication system.

1. System pomiarowy FSS

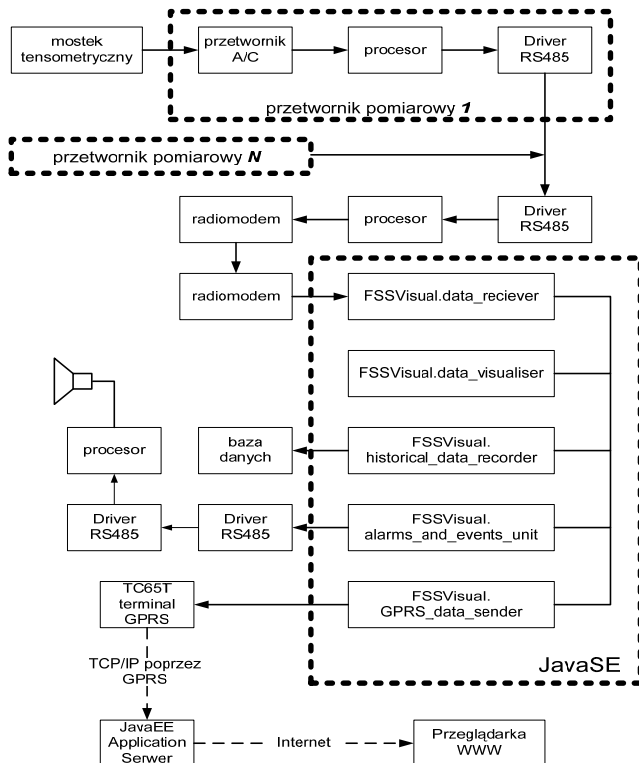
26 października 2007 na jednym z największych europejskich placów budowy - elektrowni w niemieckim Grevenbroich-Neurath koło Neuss w Nadrenii Północnej-Westfalii miała miejsce katastrofa budowlana. To tragiczne w skutkach zdarzenie zaistniało podczas procedury tymczasowego wciągania bandaży na konstrukcję kotła energetycznego i mogło być spowodowane błędami obliczeniowymi wytrzymałości konstrukcji.

Wykonawcą prac montażowych części ciśnieniowej kolejnego kotła (G) w Neurath jest między innymi firma Remak S.A. której profil działalności obejmuje: modernizację kotłów wszystkich typów, elektrofiltrów, systemów rurowych oraz innych towarzyszących urządzeń i instalacji dla przemysłu energetycznego. W obliczu tak tragicznej w skutkach katastrofy budowlanej na bliźniaczym obiekcie zaproponowano przeprowadzenie elektronicznego pomiaru naprężeń w cięgnach podczas procesu wciągania bandaży. Rezultatem współpracy z firmą Remak S.A. jest projekt i realizacja systemu pomiaru sił FSS.



Rys. 1. Konstrukcja nośna kotła energetycznego
Fig. 1. Support construction of power boiler

Wciąganie bandaży odbywa się za pomocą siłowników hydraulicznych za pośrednictwem cięgien stalowych, do których stopniowo podwieszane są poszczególne elementy konstrukcji. Liczba, zakresy przenoszonych sił oraz rozmieszczenie cięgien są ustalane na drodze obliczeń projektowych. Montażysty mają możliwość symetryzacji obciążeń poprzez dociskanie (dokręcanie) odpowiednich nakrętek montażowych.



Rys. 2. Schemat blokowy systemu pomiaru sił
Fig. 2. Block diagram of the Force Sensor System

System pomiarowy FSS (rys. 2) składa się z 20 skalibrowanych głowic pomiarowych (rys. 3). Każda z nich bazuje na stopie pomiarowej, zaprojektowanej tak, aby przenieść znaną część siły osiowo na mostek tensometryczny. Mostek tensometryczny naklejony został na specjalnie wykonanym czujniku o kształcie walca. Napięcie niezrównoważenia mierzone jest w przetworniku pomia-

rowym, którego pierwszym członem jest wzmacniacz pomiarowy z przetwornikiem analogowo-cyfrowym z modulacją Sigma-Delta wykonujący pomiar z dokładnością 10 bitową. Następnie wynik pomiaru jest filtrowany i skalowany z wykorzystaniem mikroprocesora. Skalowanie przeprowadzone zostało w oparciu o dane z procedur kalibracyjnych [1]. Mierzona siła porównywana jest z wartościami progowymi wynikającymi z obciążenia maksymalnego dla czujnika (150%) oraz z wartościami maksymalnego dopuszczalnego obciążenia dla cięgna. Dane pomiarowe udostępniane są w module SLAVE w protokole komunikacyjnym z warstwą fizyczną bazującą na interfejsie RS485. Moduł MASTER odpytuje każdy z 20 przetworników pomiarowych uzyskując informacje o aktualnej wartości mierzonej siły, jak również o pojawiających się krótkotrwałych przekroczeniach sił dopuszczalnych. Moduł MASTER udostępnia dalej skumulowane dane poprzez przemysłowy modem radiowy pracujący w paśmie 869MHz. Umożliwia to zdalny pomiar systemem umieszczonym na ruchomej trawersie podnoszonej do wysokości 160m. Odbiorcze stanowisko komputerowe wizualizacji umieszczone zostało w pomieszczeniu montażystów. Oprogramowanie wizualizacji wykonane zostało w technologii JavaSE, gdzie szereg procedur odpowiada za procesy odbierania danych ich wizualizacji, wykrywania alarmów, rejestracji danych historycznych oraz transmisji danych do serwera WWW [5]. Wykorzystanie platformy Java [2] do wizualizacji procesów technologicznych, systemu raportowania i analiz trendów historycznych stanowi dla użytkownika systemu istotną zaletę podczas codziennej eksploatacji obiektu oraz poprawę niezawodności wchodzących w jego skład urządzeń. Platformę Java cechuje otwarta architektura, jest ona zbiorem standardów stosowanych przez wielu producentów oprogramowania, co w dużym stopniu gwarantuje wsparcie tej technologii w przyszłości. Wykrywane alarmy i ostrzeżenia sygnalizowane są akustycznie za pośrednictwem niezależnego systemu mikroprocesorowego.



Rys. 3. Widok głowic pomiarowych zamontowanych na cięgnach
Fig. 3. Placement of measurement units on strings

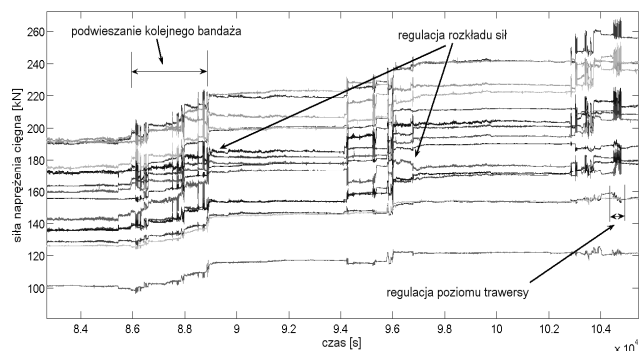
Dane prezentowane są w sieci internetowej (rys. 4), na każdym z etapów montażu. Projektanci mają możliwość zapoznania się z stanem procesu bez potrzeby kontaktowania się z montażystami. Ma to duże znaczenie jeśli prace wykonywane są poza granicami kraju, co często ma miejsce. Również gdy wiele osób uczestniczy w procesie montażu, a prace wykonywane są w cyklu zmianowym. Informacja trafia wprost do zainteresowanych bez pośrednictwa innych osób.

Serial Number	Label	Force [kN]
1122	20R	119.0
1123	18R	126.8
1124	16R	102.2
1125	14R	138.5
1126	12R	67.7
1127	10R	72.2
1128	8R	72.8
1129	6R	69.4
1130	4R	27.0
1131	2R	90.8
1132	11R	83.6
1133	19R	67.1
1134	9R	105.4
1135	17R	62.9
1136	7R	43.2
1137	5R	95.1
1138	15R	37.0
1139	3R	46.6
1140	13R	57.6
1141	1R	100.1
Common Data		
Current Level	LEVEL 14	
Total Force [kN]	1586	

Rys. 4. Wskazania systemu pomiarowego prezentowane online na witrynie internetowej po podwieszeniu 14 bandaży

Fig. 4. Indications of the system after suspending 14 buckstays, presented on the web site

Dane wizualizowane w trybie online pozwalają na ciągłą kontrolę i regulację naprężeń. Na rysunku 5 przedstawiono fragment charakterystyki rozkładu sił opisujący proces podwieszania bandaży. Technologia stosowana podczas montażu pozwala na regulację obciążenia wyłącznie na aktualnie podwieszanym bandażu. Podwieszenie kolejnego uniemożliwia możliwość korekty na wyższym poziomie.



Rys. 5. Wartości siły obciążenia w czasie dla każdego z cięgien

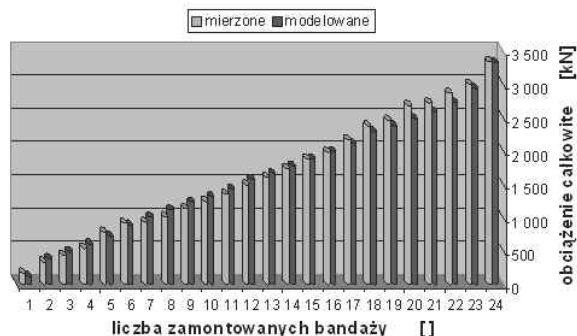
Fig. 5. Force values vs. time for each string

System pomiarowy wyposażony jest równocześnie w inklinometr do wskazania poziomu trawersy. Podczas procesu wciągania można zauważyć tendencję do odchylenia trawersy od poziomu. Proca regulacji poziomu widoczny jest również w zmianach rozkładów sił, zaznaczono to na rysunku 5.

2. Podsumowanie

Przeprowadzone pomiary a następnie badania wyników pomiarów wykazały, że zastosowanie nowoczesnych technik pomiarowych jest niezbędne w celu zapewnienia bezpieczeństwa podczas prac montażowych. Zarejestrowane sumaryczne siły (rys. 6) wykazały niewielkie rozbieżności od danych modelowych wyznaczanych na etapie projektowania. Jednak analiza rozkładu sił dla poszczególnych cięgien pozwoliła wykryć nieprawidłowości podczas projektowania. Okazało się, że zaprojektowane cięgna na

krawędziach powinny zostać wzmocnione ze względu na przekroczenia sił modelowanych. Przekroczenia te dochodziły do 20%, i mimo że mieszczą się w marginesie bezpieczeństwa to wskazały projektantom niedoskonałości procesu projektowania. Prawidłowy montaż wymaga również poziomowania konstrukcji, co z kolei powoduje nieprzewidywalne zmiany obciążeń w poszczególnych cięgnach. Dzięki zastosowaniu systemu FSS pozostają one jednak pod ciągłą kontrolą kadry inżynierskiej.



Rys. 6. Przebieg sumarycznego obciążenia zmierzonego na tle obciążenia modelowanego i wizualizacja w systemie FSSVisual

Fig. 6. Total measured force in contrast to the modelled (designed) one and data presentation in the FSSVisual system

3. Literatura

- [1] Bialic G., Zmarzły M., Szmechta M., Stanisławski R.: Proces kalibracji głowic pomiarowych dla systemu pomiaru sił wykorzystywanego podczas montażu kotła energetycznego 1100MW. PIDWE 2009. Karłowa Studanka.
- [2] java.sun.com, Java Platform Enterprise Edition, Specification v5.0, 2005.
- [3] Sposób pomiaru siły obciążenia cięgna oraz głowica do pomiaru obciążenia cięgna, Zgłoszenie patentowe nr. P386137, Urząd Patentowy RP, Warszawa 2008.
- [4] Zmarzły M., Bialic G., Stanisławski R., Rogala A.: System pomiaru sił dla procesu wciągania bandaży na konstrukcję kotłów energetycznych. PIDWE 2009. Karłowa Studanka.
- [5] Zmarzły M., Szmechta M.: The efficiency and reliability analysis of a telemetric event driven data transmission over GPRS, 5th International Conference New Electrical and Electronic Technologies and Their Industrial Implementation, Zakopane, 12-15 czerwca 2007.