

Jerzy Zalewicz*

Wizualizacja parametrów technologicznych w komputerowych układach pomiarów i regulacji

1. Wstęp

Podstawowym zagadnieniem związanym z automatyzacją bloków energetycznych jest opracowanie komputerowych układów kontroli procesów cieplnych oraz wybór wielkości wiodących w tych procesach, zależnych od wybranych sygnałów sterujących. Bezpośrednie technologiczne powiązanie turbozespołu z kotłem wywołuje konieczność pomiarów i kontroli wielkości mechanicznych, cieplnych i elektrycznych w całym bloku energetycznym.

Mierzone i przetwarzane są [1, 2]:

- ciśnienia czynników termodynamicznych,
- przepływy pary i wody,
- temperatury pary wody i metalu korpusów turbin i wybranych elementów kotłów,
- różnice temperatur w ściankach grubościennych elementów bloków,
- prędkości obrotowe,
- moce drgania,
- mimośrodowość,
- wydłużenia cieplne,
- położenie mechanizmów i częstotliwość napięcia w sieci elektroenergetycznej.

Liczba czujników pomiarowych w dużych blokach elektroenergetycznych przekracza 1000. Logiczne jest więc grupowe automatyzowanie poszczególnych zespołów wchodzących w skład bloków elektrycznych.

W artykule omówiono podstawowe czynniki związane z wizualizacją pomiarów wielkości fizycznych, decydujące o bezpiecznym prowadzeniu procesów technologicznych.

* Wydział Informatyki, Zarządzania i Transportu, Wyższa Szkoła Humanistyczno-Ekonomiczna w Łodzi; zalewacz@wp.pl

2. Czujniki i przetworniki wielkości mechanicznych występujące w turbozespołach

Szybki rozwój światowej energetyki wywołał potrzebę budowy turbozespołów o mocach kilkaset MW, a spowodowane jest to względami ekonomicznymi i dążeniem do coraz większych sprawności obiegów cieplnych.

Wszystko to czyni układ cieplny bloków elektroenergetycznych bardzo złożonym.

Turbozespoły wielkich mocy – pracują wyłącznie w systemie blokowym, w którym kocioł pary, turbogenerator, transformator i wszystkie urządzenia pomocnicze tworzą technologicznie jeden zespół. Uruchamianie bloku energetycznego wymaga wykonania bardzo dużej liczby operacji rozruchowych przy prowadzeniu jednocześnie skrupulatnej kontroli ich realizacji i przebiegu oraz obserwacji kilkuset wskaźników kontrolujących pracę urządzeń.

Nie bez znaczenia jest fakt, że prędkości zmian parametrów technologicznych zawarte są w bardzo dużych przedziałach [3].

Dla procesów nagrzewania grubościennych elementów kotła i turbozespołu prędkość ta wynosi od jednego cyklu na kilka godzin do kilku cykli na minutę.

W przypadku częstotliwości napięcia w sieci elektrycznej podczas mierzenia i przetwarzania wielkości nieelektrycznych w obszarze instalacji turbozespołu występują specyficzne warunki utrudniające ich pozyskiwanie.

Podstawowym wymaganiem stawianym układom pomiarowym jest duża niezawodność działania i trwałość ich charakterystyki. Jest to warunek szczególnie ważny dla układów pomiarowych mierzących najbardziej reprezentatywne wielkości decydujące o bezpieczeństwie instalacji. Są to:

- drgania,
- mimosłowności,
- wydłużenia względne,
- naprężenia, temperatury,
- różnice temperatur,
- poziomy.

Przykładowo termopary mierzące temperatury i różnice temperatur w grubościennych elementach turbiny powinny pracować niezawodnie (do kolejnego remontu) gdyż brak jest możliwości ich wymiany.

Podobnie jest z czujnikami wydłużeń, drgań i mimosłowności.

W stosunku do dokładności pomiarów wielkości technologicznych stawiane są ostre wymagania, gdyż ich błędne wskazanie prowadzić może do uszkodzeń kosztownych elementów bloku energetycznego.

Większość sygnałów pomiarowych wielkości mechanicznych i elektrycznych turbozespołu wykorzystywana jest do sterowania, regulacji i wizualizacji jego stanu cieplnego.

Współpraca z dyskretnymi układami automatycznej regulacji stwarza aparaturze pomiarowej dodatkowe wymagania. Do nich należą:

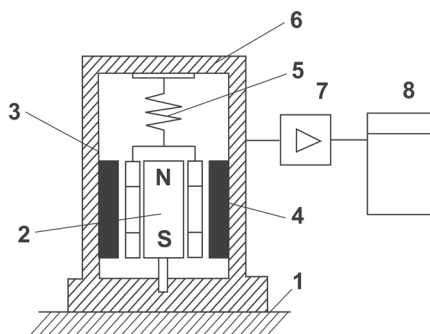
- potrzeba zapewnienia jednorodności sygnałów wyjściowych wszystkich przetworników (prądowy, napięciowy i odpowiedni zakres zmian),
- liniowość oraz stałość charakterystyki statycznych i dynamicznych.

Aparatura pomiarowa powinna niezawodnie pracować przy istnieniu czynników zakłócających pomiary w elektrowniach, do których należą:

- temperatura (powietrza od 10 do 40°C, a wystające części turbiny do 450°C);
- silne pola elektryczne i magnetyczne wynikające z komutacji urządzeń energetycznych, indukowanie się prądów w wirujących masach, rozpyływanie prądów w instalacji zerującej i uziemiającej.

3. Wykorzystanie sygnałów pomiarowych w automatyzacji obiektów energetycznych i wizualizacji ich stanu dynamicznego

Czujnik drgań bezwzględnych łożysk (rys. 1) jest jednym z podstawowych, gdyż decyduje o stanie dynamicznym turbozespołu.

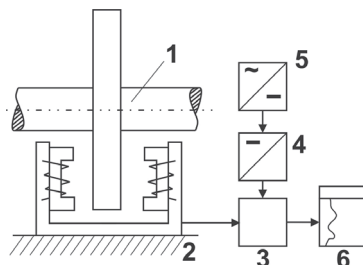


Rys. 1. Dynamiczny czujnik do pomiaru drgań bezwzględnych łożysk turbozespołu.
1 – korpus turbozespołu, 2 – magnes, 3 – cewka, 4 – zwoja, 5 – sprężyna, 6 – obudowa,
7 – wzmacniacz, 8 – rejestrator (miejscowy)

Zakres zmian drgań łożysk turbozespołu $0 \div 50 \mu\text{m}$; dokładność pomiaru około 1%.

Jeżeli wielkości drgań bezwzględnych łożysk turbozespołu wchodzi do układu zabezpieczeń lub wizualizacji ich stanu, to łączą się z komputerem przetwarzającym te dane.

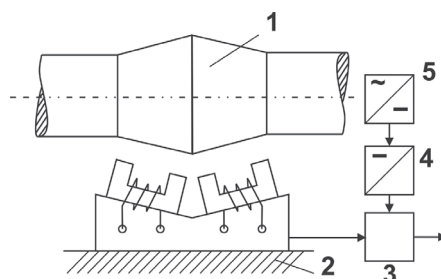
Położenia wałów turbozespołu mierzone są czujnikiem przedstawionym na rysunku 2.



Rys. 2. Układ do pomiaru położenia wału turbozespołu. 1 – wał turbozespołu, 2 – fundament,
3 – przetwornik, 4 – zasilacz, 5 – zasilacz, 6 – rejestrator

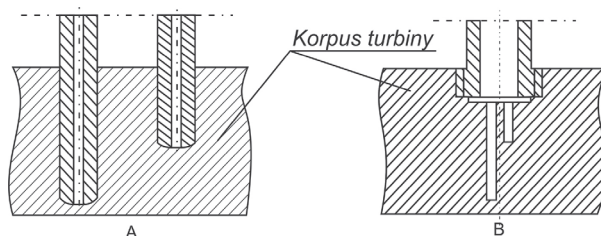
Układ do pomiaru położenia wału turbozespołu działa na zasadzie transformatora różnicowego. Zakres zmian położenia wału turbozespołu 0÷20 mm; dokładność pomiaru około 1%.

Na rysunku 3 przedstawiono układ do pomiaru wydłużenia względnego turbiny lub generatora. Wydłużenie względne turbiny lub generatora mierzone jest w zakresie ± 5 mm; dokładność pomiaru około 1%.



Rys. 3. Układ do pomiaru wydłużenia względnego turbiny lub generatora. 1 – wał, 2 – korpus, 3 – przetwornik, 4 – zasilacz, 5 – zasilacz

Różnice temperatur w grubościennych korpusach turbin lub zaworów mierzone są za pomocą termopar stanowiących sondy, które są rozmieszczone w specjalnych otworach, co przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Sondy do pomiarów różnic temperatur

Termopary mierzą temperaturę metalu dochodzącą do 450°C, a różnica na grubości metalu korpusu nie przekracza zwykle 50°C.

Pożądana jest dokładność pomiaru różnic temperatur około 2%.

Mimośrodowość wału turbiny lub generatora mierzona jest za pomocą czujnika indukcyjnego, w którym bicie wału wywołuje pulsowanie strumienia magnetycznego i powstanie siły elektromotorycznej.

Zakres zmian mimośrodowości 0÷0,5 mm, dokładność pomiaru 2%.

4. Wizualizacja sygnałów pomiarowych w blokach energetycznych

Podczas ruchu bloków energetycznych istnieje potrzeba wizualizacji parametrów wielkości fizycznych w nich występujących.

Powinny być one mierzone i wizualizowane w trybie on-line. Nie bez znaczenia jest sposób grupowania wielkości, które powinny podlegać wizualizacji. Muszą one być zestawione z uwzględnieniem dynamiki ich zmian.

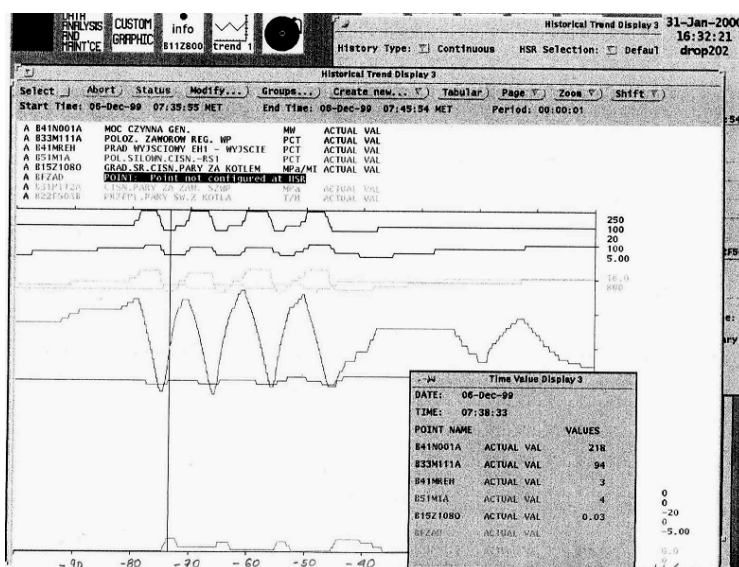
Błędnym byłoby grupowanie na tym samym ekranie przebiegów o nieporównywalnych stałych czasowych, czasach opóźnień lub częstotliwości zmian sygnałów.

Wizualizacja sygnałów pomiarowych wynikać musi z właściwie dobranych zakresów i dużej znajomości procesu technologicznego.

Na rysunku 5 przedstawiono przebieg znaczących sygnałów bloku energetycznego, a m.in.:

- mocy czynnej generatora,
- położenia zaworów regulacyjnych w WP,
- prądu wyjściowego EHI.

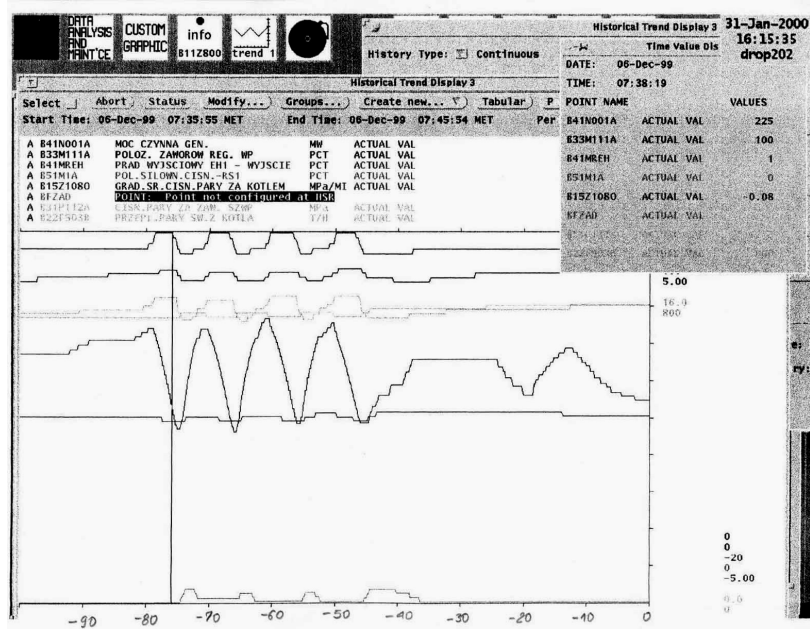
Ustawiony kursor pokazuje, że moc bloku wynosi 218 MW, położenie zaworów regulacyjnych WP osiągnęło wartość 94%, prąd wyjściowy EHI był równy 3 mA.



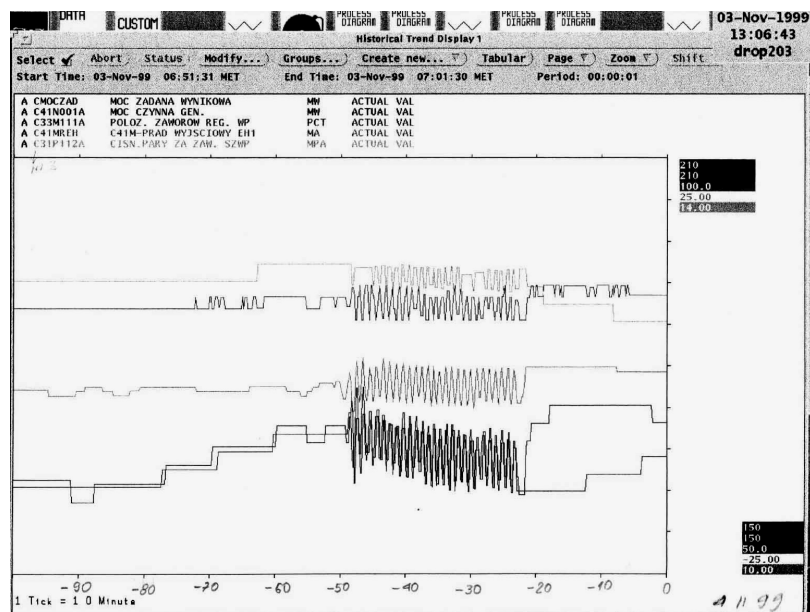
Rys. 5. Przebieg znaczących sygnałów bloku energetycznego

Na rysunku 6 przedstawiono ustawienie kursora identyfikacji parametrów bloku energetycznego w innym położeniu (inne są parametry bloku – prawa góra tabela).

Na rysunku 7 przedstawiono przebieg innych parametrów bloku energetycznego. Wynika z niego, że identyfikacja przebiegów poszczególnych parametrów nie jest łatwa gdyż poszczególne przebiegi wzajemnie się pokrywają. Sytuację dodatkowo komplikuje fakt, że podczas uruchomienia bloku energetycznego istnieje potrzeba sprawdzenia jego stanu technicznego na wielu odsłonach 3-4 ekranów.



Rys. 6. Przebieg znaczących sygnałów bloku energetycznego w innej chwili czasowej



Rys. 7. Przebieg parametrów bloku energetycznego

5. Podsumowanie

Wizualizacja przebiegów złożonych procesów ciepłno-przepływowych wymaga zwrócenia należytej uwagi na jej organizację. Do podstawowych należy zgrupowanie parametrów technicznych o porównywalnej dynamice zmian. Procedura powyższa musi być poprzedzona dobrą znajomością dynamiki poszczególnych procesów technologicznych. W zakresie zagadnień pomiarowych związanych z wizualizacją sygnałów należy uznać, że stanowią one złożony problem zarówno pod względem ich różnorodności jak i ilości.

Podstawowym czynnikiem decydującym o niezawodności pomiarów jest jakość czujników, przetworników i urządzeń pomocniczych.

Przy dużych ilościach obwodów pomiarowych uszkodzenie kilku znaczących czujników lub przetworników prowadzi do poważnych awarii w całym systemie pomiarowym i regulacyjnym.

W dotychczasowej praktyce pomiarowej, niedoceniony jest wpływ specyficznych, trudnych warunków przemysłowych na jej prawidłową pracę.

Literatura

- [1] Zalewicz J.: *Regulacja pierwotna turbozespołów dużej mocy*. Materiały XII Krajowej Konferencji Automatyki, Gdynia 6–8.09.1994
- [2] Zalewicz J., Karaś W.: *Regulacja prędkości obrotowej turbozespołów firmy Alstom o mocy 120 MW*. VI Krajowa Konferencja Naukowo-techniczna, Gospodarka Remontowa Energetyki, Bielsko Biała 8–10.06.1998
- [3] Zalewicz J.: *Modelowanie pracy turbozespołu z elektrohydrauliczną regulacją mocy*. 4 Ukraińsko – Polska Konferencja Mechanika Środowiska, Metody Informatyczne, Symulacje; Lwów, 24–26.06.2004

