

Algorytmy diagnostyki dla komputerowego systemu sterowania elektrowni wodnej

Jerzy Kapcia

Zasadniczym zadaniem przedstawionego systemu diagnostyki i sterowania jest identyfikacja symptomów nieprawidłowej pracy obiektu sterowanego, a następnie modyfikacja algorytmu lub układu, tak aby wyprowadzić obiekt z obszaru nieprawidłowej pracy

Wysokie wymagania dotyczące niezawodności i bezpieczeństwa współczesnych systemów sterowania powodują, iż zagadnienia diagnostyki zajmują coraz więcej miejsca w literaturze technicznej. W diagnostyce uszkodzeń są stosowane dwie metody: analityczna i sztucznej inteligencji. W metodzie analitycznej jest wymagana znajomość struktury systemu, na podstawie której dokonuje się próby stworzenia pełnego opisu matematycznego systemu. Dla współczesnych systemów o dużej złożoności opracowanie modelu matematycznego i jego przebadanie jest bardzo utrudnione i czasochłonne, a opracowany model ma często wiele ograniczeń. Z metod sztucznej inteligencji najczęściej jest stosowana sztuczna sieć neuronowa. Zastosowanie tej metody ma jedną podstawową zaletę – do budowy modelu nie jest wymagana znajomość struktury wewnętrznej systemu. Dokładność modelu w dużym stopniu zależy od poprawnego doboru struktury sieci neuronowej.

Bardzo prostym przykładem układu diagnostyki i sterowania może być układ ABS w samochodzie. Sygnałem wejściowym do układu jest sygnał z czujnika przyspieszenia mierzącego opóźnienie. W przypadku przekroczenia zadanego progu na wyjściu układu pojawia się sygnał impulsowy zmieniający sposób sterowania hamulcem.

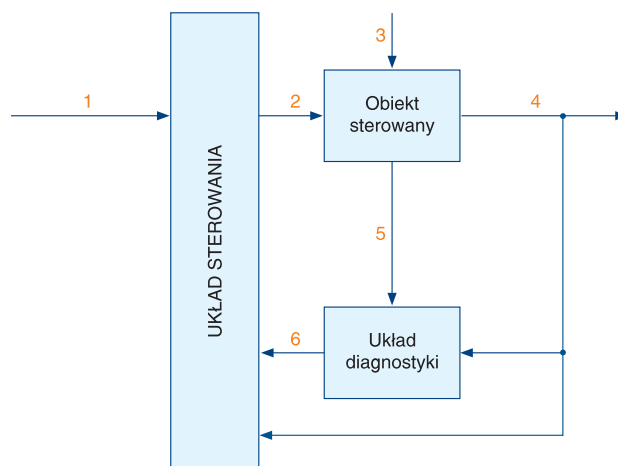
Struktura systemu diagnostyki i sterowania

Niezależnie od zastosowanej metody diagnostyki w proponowanym systemie sygnały wychodzące z układu są dzielone na cztery grupy:

- sygnały uszkodzenia wybranych podzespołów, takich że system nie pracuje w optymalnych warunkach, ale bez zatrzymywania może pracować przez pewien określony czas;
- sygnały powodujące natychmiastowe wyłączenie systemu w trybie awaryjnym z uwagi na zagrożenie jakie może powodować jego dalsza praca, nawet jeśli spo-

sób wyłączenia może spowodować uszkodzenie wybranych podzespołów systemu;

- sygnały powodujące wyłączenie systemu według procedury ustalonej dla danego rodzaju uszkodzenia;
- sygnały zmieniające sterowanie poprzez zmianę – przełączenie układu sterowania lub zmianę – modyfikację algorytmu.

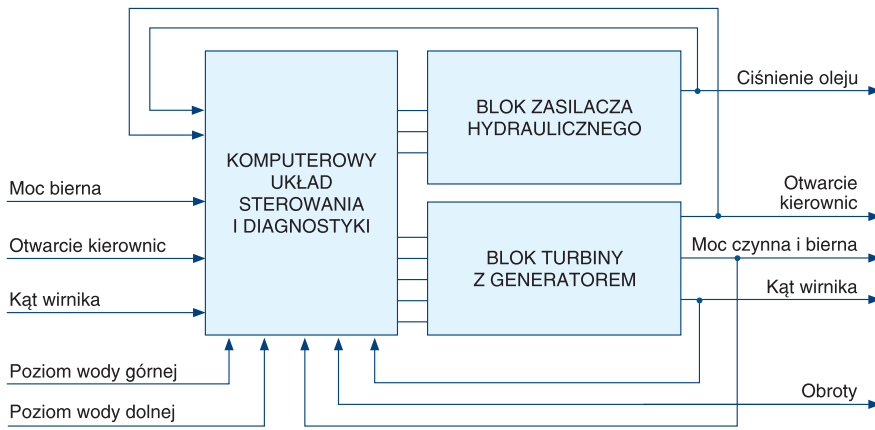


Rys. 1. Schemat blokowy systemu diagnostyki i sterowania – wektory sygnałów: 1 – zadanego, 2 – wejściowego, 3 – zakłócającego, 4 – wyjściowego, 5 – diagnostycznego wejściowego, 6 – diagnostycznego wyjściowego

Tak rozbudowany system sterowania można wdrażać i testować w praktyce, jeśli do jego budowy wykorzystano system komputerowy. Ideę systemu przedstawiono na schemacie blokowym – rys. 1. Praktycznie wektor na wejściu układu diagnostyki ma więcej sygnałów aniżeli wektor wejściowy układu sterującego. Tymi dodatkowymi sygnałami są przebiegi uzyskiwane z przetworników: drgań, przemieszczeń, sił, obrotów, prądów, napięć itp. Omawiany układ diagnostyki i sterowania dotyczy układu turbiny z generatorem.

Schemat blokowy układu przedstawiono na rys. 2 z zaznaczonymi podstawowymi sygnałami. Na schemacie tym układ sterowania i układ diagnostyki objęto jednym blokiem pod nazwą – komputerowy układ sterowania i diagnostyki. Do realizacji funkcji sterujących i diagnostycznych jest używany komputer przemysłowy, natomiast kontakt użytkownika z systemem odbywa

Dr inż. Jerzy Kapcia – Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej



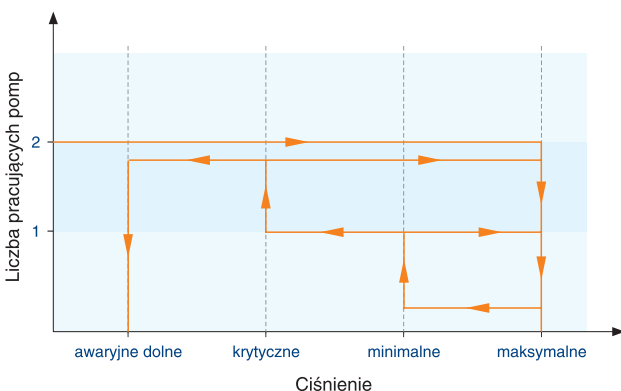
Rys. 2. Podstawowe sygnały sterowania blokiem

się przez komputer nadrzędny. Wprowadzenie dwóch komputerów teoretycznie uniemożliwia użytkownikowi zawieszenie systemu sterowania z komputera nadrzędnego, a ponadto ma na celu ochronę algorytmów sterujących. Komputer nadrzędny pozwala na podstawowe czynności związane ze sterowaniem blokami elektrowni takimi jak: uruchomienie, zatrzymanie, zadawanie otwarcia kierownic, zadawanie mocy. Na ekranie monitora są wyświetlane podstawowe wielkości takie jak: moc czynna, napięcie, obroty, ciśnienie w zasilaczu hydraulicznym, otwarcie kierownic, kąt wirnika, poziomy wody górnej i dolnej. W sytuacjach alarmowych na ekranie monitora można wyświetlić okna z wielkościami wejściowymi i wyjściowymi. Komputery nadrzędny oraz sterujące pracują w sieci lokalnej. Oprogramowanie pracuje w dwu cyklach: sterującym 0,1-sekundowym i informacyjnym 1-sekundowym.

Opis algorytmów

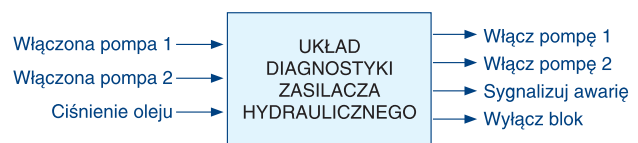
Optymalnym rozwiązaniem algorytmu diagnostyki i sterowania byłoby zespolenie wszystkich jego funkcji w jeden zintegrowany system, jednakże z uwagi na dużą liczbę powiązań i zależności dokonano podziału systemu na bloki. W opracowanym algorytmie sterowania można wydzielić cztery podstawowe bloki regulacji:

- ciśnienia w zasilaczu hydraulicznym
- napięcia w generatorze
- otwarcia kierownicy
- kąta wirnika.



Rys. 3. Schemat regulacji pomp w zasilaczu

W zasilaczu hydraulicznym zamontowano dwie pompy, którymi steruje regulator z czterema progami ciśnienia: ciśnienie maksymalne, powyżej którego obydwie pompy są wyłączone; ciśnienie minimalne, powyżej którego pracuje jedna pompa, jeśli ciśnienie nie spadło poniżej tego progu lub dwie pompy w przeciwnym wypadku; ciśnienie krytyczne, powyżej którego pracują dwie pompy a poniżej zostaje uruchomiona sekwencja wyłączania systemu. Na rys. 4 przedstawiono tę zależność.



Rys. 4. Sygnały wejściowe i wyjściowe

Na podstawie tego schematu opracowano układ diagnostyczny, którego zadaniem jest sygnalizacja awarii pomp z wyprzedzeniem, zanim ciśnienie spadnie poniżej awaryjnego.

Zasadniczą część układu diagnostyki i sterowania dotyczy regulatorów kierownic i wirnika turbiny z generatorem. Optymalny dobór kąta ustawienia łopat wirnika dla danego otwarcia kierownic i istniejącej różnicy poziomów wody dolnej i górnej. Zatem przy założeniu stałej prędkości obrotowej wirnika kąt ustawienia jego łopat powinien być funkcją dwóch zmiennych: otwarcia kierownic i różnicy poziomów wody.

$$\varphi = f(o, h) \quad (1)$$

gdzie: φ – kąt wirnika, o – otwarcie kierownic, h – różnica poziomów wody.

Zależność taką wyznacza producent turbiny wodnej i wprowadza do regulatora. Praktycznie zagadnienie nie daje się jednak sprowadzić do prostej optymalizacji z uwagi na efekty gwałtownego wzrostu drgań wirnika dla pewnych obszarów funkcji związanych m.in. z efektem kawitacji. Stąd przewidziano dwa rodzaje pracy regulatora:

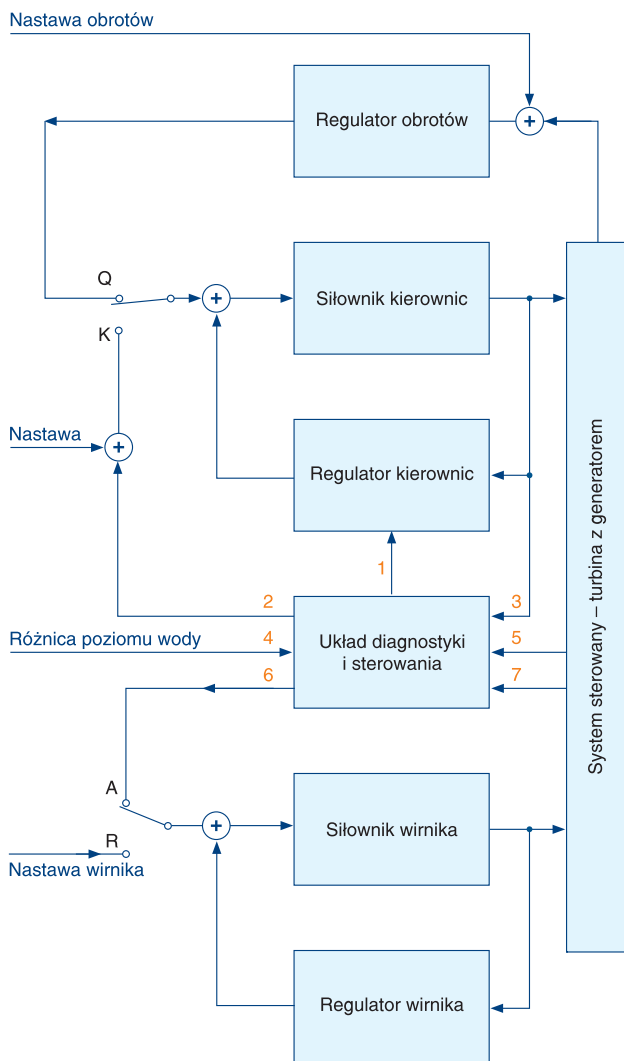
- 1) ze sztywną zależnością wartości kąta łopat wirnika od otwarcia kierownic,
- 2) z ręcznie ustawianym kątem otwarcia. Drugi rodzaj pracy przewidziano, aby umożliwić ewentualną korekcję ustawienia kąta wirnika w przypadku niestabilnej pracy turbiny.

Poza okresem pracy turbiny ze stałą prędkością należy również rozpatrzyć dwa stany przejściowe pracy, jakimi są rozruch generatora i zatrzymanie. Szczególnie dla tych stanów dobór funkcji kąta wirnika w zależno-

ści od otwarcia kierownic i różnicy poziomów wody na drodze analitycznej jest bardzo trudne, stąd próby zastosowania metod sztucznej inteligencji. Układem diagnostyki i sterowania objęto dwa układy regulatora kierownic i regulatora wirnika.

Podstawowym zadaniem układu jest zapewnienie optymalnej wartości kąta wirnika dla danego otwarcia kierownic, czyli poszukiwanie funkcji (1). Funkcje te należy wyznaczyć dla dwóch trybów pracy turbiny:

- 1) praca w sieci,
- 2) praca na potrzeby własne.

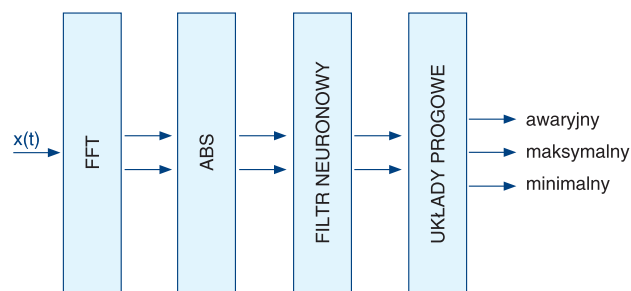


Rys. 5. Bloki regulacyjne systemu sterowania turbin z generatorem. Sygnały układu diagnostyki i sterowania: 1 – zmiana parametrów regulatora, 2 – korekta nastawy kierownic, 3 – położenie kierownic, 4 – różnica poziomów wody, 5 – obroty turbiny, 6 – nastawa wirnika, 7 – sygnały diagnostyczne

W każdym z tych trybów należy uwzględnić trzy fazy pracy turbiny: uruchomienia, pracy i zatrzymania. W rozważaniach pominięto fazy uruchomienia i zatrzymania, przyjmując dla nich raz dobrany stały kąt otwarcia wirnika. Założenie takie ma uzasadnienie w praktyce, przyjmuje się, że kąt ustawienia wirnika powinien zapewniać możliwie mały gradient siły osiowej turbiny w momencie włączenia obciążenia.

Praca w sieci

Turbina pracuje z układem regulacji otwarcia kierownic. Stałe obroty są utrzymywane przez generator podłączony do sieci. Poszukiwanie funkcji jest złożonym zadaniem z uwagi na dwa przeciwstawne kryteria maksimum mocy a jednocześnie minimum drgań. Przy tworzeniu algorytmu przyjęto założenie, że zmienne: otwarcie kierownic i kąt wirnika mają skończoną liczbę poziomów kwantyzacji – 100, natomiast różnica poziomów wody – 10. Stąd w algorytmie wykorzystywano macierz trójwymiarową o liczbie elementów 10^5 . W każdym z elementów macierzy są zapamiętywane dwie wielkości: poziom mocy oraz poziom drgań. Zadaniem algorytmu jest poszukiwanie punktu optymalnego z jednoczesnym odnotowaniem na trasie przejścia aktualnej wartości mocy oraz drgań. W ten sposób w kolejnych przejściach program osiąga cel w coraz krótszym czasie. Należy podkreślić, że w warunkach rzeczywistych o szybkości działania algorytmu będzie decydować czas reakcji systemu, a ściślej układu sterowania siłownikiem wirnika. W kryterium oceny drgań przyjęto funkcję z dwoma wartościami progowymi: progiem dopuszczalnych drgań i progiem minimalnych drgań, poniżej którego algorytm kończy poszukiwania. Liczba poziomów kwantyzacji nie jest krytyczna i w miarę potrzeb można ją zwiększyć. Proces uczenia można przeprowadzić w trakcie symulacji procesu sterowania lub podczas pracy systemu w warunkach rzeczywistych. Przy konstruowaniu algorytmu przyjęto w pierwszym podejściu założenie, że przebieg drgań w funkcji kąta wirnika czy otwarcia kierownic mają w przybliżeniu kształt krzywych rezonansowych z wyraźnym maksimum lokalnym. Docelowo przebiegi otrzymane z czujnika drgań są poddawane analizie widmowej – obliczana jest transformata Fouriera FFT. Na podstawie analizy różnicy widm amplitudowych bieżącego przebiegu oraz przebiegu odniesienia jest dokonywana ocena wielkości drgań. W celu uzyskania prawidłowej interpretacji zjawisk widmo amplitudowe bieżącego przebiegu powinno zostać podane na wejście sieci neuronowej. Na wyjściu układu jest oczekiwany sygnał na jednym z trzech wyjść: awaryjnym, maksymalnym lub minimalnym. W procesie modelowania punkty maksimum drgań na płaszczyznach kąt wirnika ustalono w sposób losowy. Końcowym efektem modelowania jest trójwymiarowa macierz, której elementy wyznaczają trasę przemieszczania i wartości kąta wirnika.



Rys. 6. Układ diagnostyki drgań z filtrem neuronowym. $x(t)$ – sygnał wejściowy przebiegu drgań

Praca na własne potrzeby

W tym trybie podstawowym zadaniem regulatora jest utrzymanie stałości obrotów na poziomie obrotów nominalnych z maksymalną dopuszczalną odchyłką $\pm 0,5\%$. Sygnałem zakłócającym pracę układu jest skokowo zmieniające się obciążenie generatora w sieci lokalnej. Skokowe zmiany obciążenia dają efekt zmiany charakterystyk układu sterowanego. Sygnałem wykorzystywanym do uzyskania szybkiej informacji o zmianie obciążenia jest sygnał otrzymywany z miernika mocy w układzie generatora.

Wnioski

Przedstawione próby budowy systemu diagnostyki i sterowania dotyczą turbiny wodnej z generatorem. W pierwszej fazie prac opracowano i wdrożono kompleksowy system sterowania na bazie nieklasycznych układów sterowania, np. zamiast programowalnych sterowników zastosowano komputer. Dało to szansę na to by przy opracowaniu oprogramowania dla systemu sterowania wprowadzić również diagnostykę. W kolejnym etapie są czynione próby opracowania kompleksowego algorytmu łączącego diagnostykę i sterowanie. Przedstawione algorytmy nie ujmują jeszcze problemu kompleksowo, lecz dotyczą kilku wybranych zagadnień. Opracowany i przebadany został algorytm diagnostyki i sterowania dotyczący zmian kąta wirnika w funkcji otwarcia kierownic oraz różnicy poziomów wody. W celu zweryfikowania przydatności proponowanego filtru neuronowego dla analizy drgań konieczne będą dalsze pomiary i rejestracja przebiegów z rzeczywistego obiektu. Opracowany model układu diagnostyki i sterowania turbiną z generatorem do pracy na własne potrzeby na obecnym etapie nie jest jeszcze gotowy do prób wdrożenia.

Bibliografia

1. Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L.: Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. Wydawnictwo PWN, Warszawa, Łódź 1999.
2. Pizoń A.: Elektrohydrauliczne analogowe i cyfrowe układy automatyki. WNT, Warszawa 1995.
3. Tou J. T.: Nowoczesna teoria sterowania. WNT Warszawa 1967.
4. Money S. A.: Mikroprocesory. WKŁ, Warszawa 1996.
5. Paślawski A.: Programowanie w Delphi 5.0. E2000, Kraków 2000.
6. Brzózka J. Ćwiczenia z automatyki w Matlabie i Simulinku.
7. XIV Krajowa Konferencja Automatyki, Zielona Góra, 24-27 czerwca 2002.
8. AUTOMATION 2002, Konferencja Naukowo-Techniczna, Warszawa, 20-22 marca 2002.
9. AUTOMATION 2003, Konferencja Naukowo-Techniczna, Warszawa, 2-4 kwietnia 2003.
10. Mulawka J. J.: Systemy ekspertowe, WNT, Warszawa 1999. ■

Lubisz dotykać?



METROL LTD.

WYŁĄCZNY PRZEDSTAWICIEL

Contrinex

Di-Soric

Duelco

Hiquel

Metrol

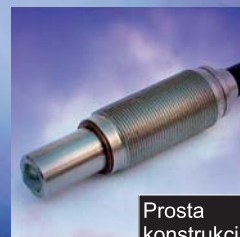
Murrelektronik

Pantron

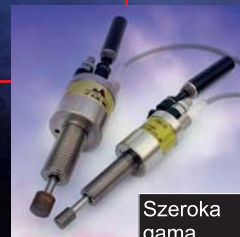
REER Safetytechnic

Roland electronic

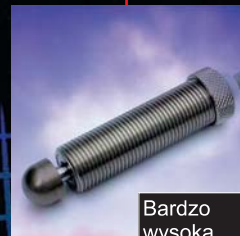
SNT Sensortechnik



Prosta konstrukcja



Szeroka gama produktów



Bardzo wysoka dokładność

Contec Sp. z o.o. od 1998 roku wspiera polski przemysł, oferując wysokiej jakości produkty do automatyzacji i modernizacji procesów przemysłowych. Współpraca z głównymi dostawcami na całym świecie pozwala nam zaoferować kompletne rozwiązania i doradztwo techniczne dla wszystkich sektorów produkcji, a nasza dobrze przygotowana kadra służy Państwu najlepszą pomocą.

CONTEC®

CONTEC Sp. z o.o. ul. Lipowa 7, PL 62-052 Komorniki
Tel. +48 (0) 61 810-83-50, fax. +48 (0) 61 810-84-45
e-mail: contec@contec.net.pl, www.contec.net.pl

Firma Contec Sp. z o.o. jest w trakcie wdrażania systemu zarządzania jakością wg normy PN/EN ISO:9001:2001 i standardów obowiązujących w przemyśle motoryzacyjnym VDA 6.4.