

KOMPUTEROWY SYSTEM STEROWANIA ELEKTROWNI WODNEJ

W referacie przedstawiono komputerowy system sterowania blokami elektrowni wodnej. Opracowany i wdrożony system pozwala na pełne sterowanie blokami energetycznymi z typowego stanowiska komputera osobistego

COMPUTER CONTROL SYSTEM OF WATER - POWER STATION

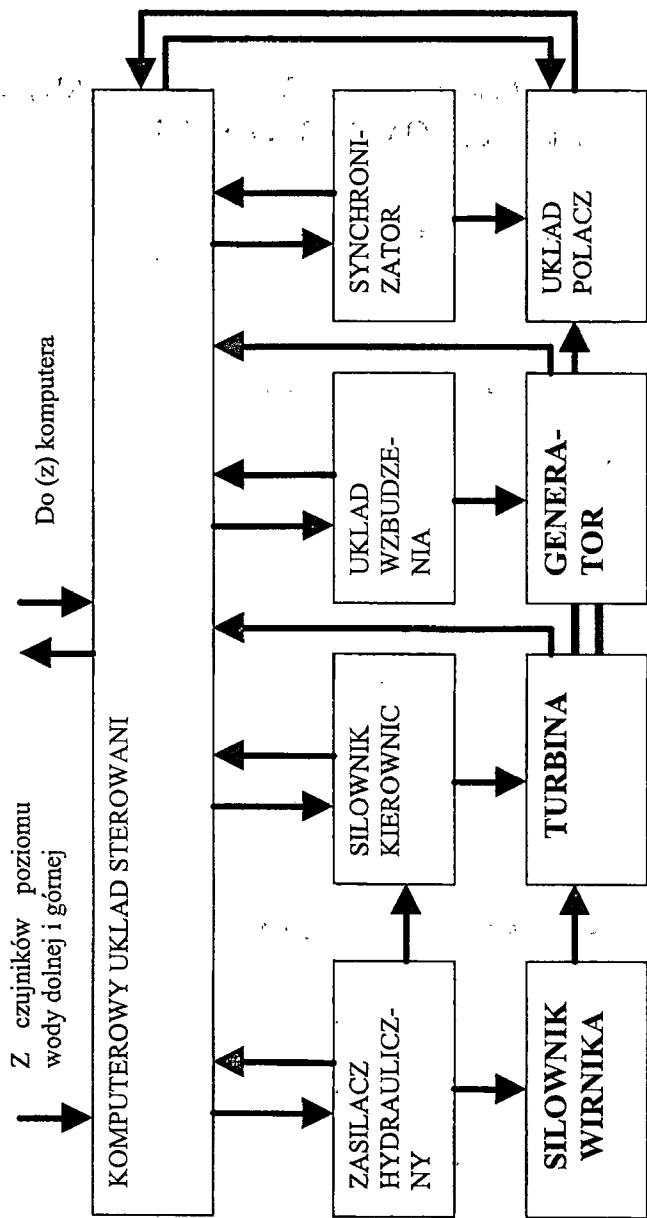
The paper presents computer control system for water power station. Worked out and initiated system permits on full steering with power units from typical control stand of the personal computer.

1. WSTĘP

W referacie przedstawiono komputerowy system sterowania zrealizowany dla elektrowni wodnej z dwoma blokami o mocy 2 MW każdy. Zadaniem systemu jest realizacja pełnego procesu sterowania od uruchomienia poprzez bieg jałowy, pracę na potrzeby własne, synchronizację i pracę w sieci. Każdym z bloków steruje komputer przemysłowy z procesorem Pentium III. Całość systemu jest nadzorowana przez komputer osobisty pracujący w sieci lokalnej. Opracowane algorytmy sterowania pozwalają wybrać określony rodzaj pracy bloków np. ze stałą mocą lub stałym otwarciem kierownicy.

2. STRUKTURA SYSTEMU STEROWANIA

Generator napędzany jest turbiną wodną ze śrubą nastawną. Do zmiany nastawy śruby jak również otwarcia kierownicy wykorzystywane są siłowniki hydrauliczne sterowane zaworami proporcjonalnymi. Zasilacz hydrauliczny wspólny dla obu siłowników wyposażony jest w dwie pompy hydrauliczne z akumulatorem. W układzie wzbudzenia generatora przełączane jest źródło zasilania (akumulatory), a po uruchomieniu napięcie własne generatora oraz regulowane jest napięcie wzbudzenia. Schemat pojedynczego bloku generatora z zaznaczonymi układami sterowanymi przez komputer przedstawiono na rys 1. Zaznaczone na rysunku strzałkami połączenia pomiędzy blokami, a systemem komputerowym pokazują zakres działania systemu.



Rys. 1 Schemat blokowy układu sterowania

W zasilaczu hydraulicznym przewidziano sterowanie dwoma silnikami pomp w celu utrzymania ciśnienia w założonym zakresie, niezależnie od szybkości manewrowania. W przypadku stabilnej pracy bloku stałość ciśnienia zapewnia pompa o mniejszej wydajności. Przy szybkich manewrach, szczególnie siłownikiem zmieniającym kąt nastaw łopat wirnika do pracy, włącza się duża pompa. Do komputera przesyłane są z przetworników umieszczonych w wybranych punktach układu hydraulicznego wielkości ciśnienia oleju oraz temperatury. W trakcie uruchomienia oraz zatrzymania bloku komputer steruje również zaworami hydraulicznymi.

W układach siłowników wirnika oraz kierownic komputer steruje poprzez przetworniki C/A liniowym zaworem hydraulicznym. Do pomiaru położenia wirnika i kierownic wykorzystano liniowe czujniki indukcyjne.

W układzie wzbudzenia regulacją objęto wielkość prądu tak, aby utrzymać zadaną wielkość: napięcia na zaciskach prądnicy dla pracy samodzielnej lub wielkości mocy biernej przy pracy w sieci. Podczas rozruchu generatora kontrolowany jest proces wzbudzenia napięcia na zaciskach głównych i przełączanie źródła zasilania.

Synchronizator jest układem wspólnym dla obu bloków, przyjęto bowiem założenie że nie będzie wymagane równoczesne synchronizowanie generatorów z siecią. Przełączenia synchronizatora dokonuje komputer.

W układach automatyki i zabezpieczeń rejestrowane są stany binarne wybranych przełączników.

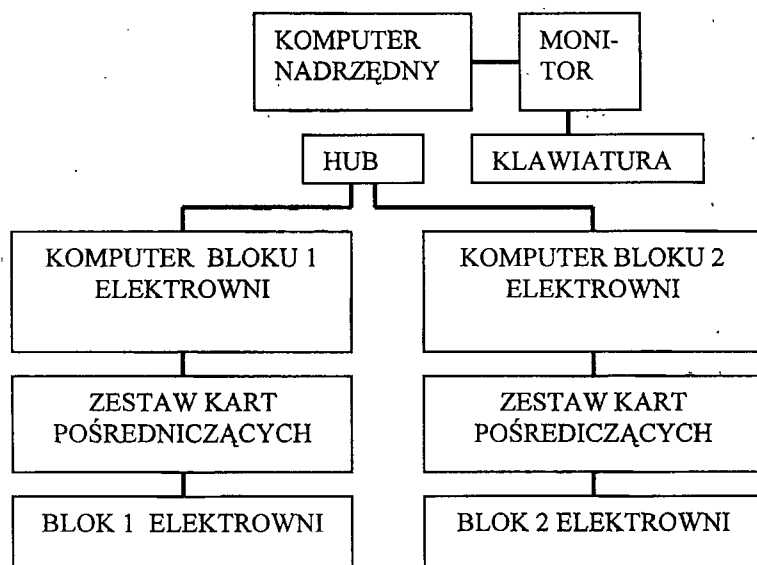
W układzie generatora mierzone i rejestrowane są: przebiegi napięć, prądów w każdej z faz, poziomy oleju i temperatury łożysk.

W układzie turbiny mierzone i rejestrowane są: obroty, poziomy oleju i temperatury łożysk. Przewiduje się zamontowanie czujników do pomiaru drgań.

Poza pomieszczeniami znajdują się czujniki do pomiaru i rejestracji poziomów wody górnej i dolnej.

3.OPIS SYSTEMU KOMPUTEROWEGO

Do budowy systemu dla każdego z bloków przewidziano komputer przemysłowy w obudowie pozwalającej na zamontowanie ich w panelu czołowym szafy sterowniczej. Jako komputer nadrzędny wytypowano standardowy komputer klasy PC. Schemat systemu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2 Schemat blokowy systemu komputerowego

Każdy z komputerów wyposażono w dysk twardy, napęd CD-ROM, pamięć 32 MB. Komputery połączone w lokalną sieć w celu umożliwienia wymiany danych pomiędzy nimi. W komputerach przemysłowych zamontowano dodatkowo:

- Dwie karty przetworników analogowo cyfrowych 8 kanałowych,
- Cztery karty po 8 wejść i 8 wyjść binarnych,
- Kartę z 6 przetwornikami cyfrowo - analogowymi,
- Kartę z licznikami impulsów.

W sumie uzyskano: 16 wejść analogowych, 32 wejścia cyfrowe, 32 wyjścia cyfrowe, 6 wyjść analogowych oraz 6 liczników. W komputerach zainstalowano system Windows 98 i oprogramowanie sterujące w języku Delphi. Karty komputerowe połączone są do zewnętrznych płyt zaciskowych zamontowanych w szafach sterowniczych. Dla wejść cyfrowych przewidziano optoizolację, natomiast dla wyjść cyfrowych - przekaźniki.

4. OPROGRAMOWANIE SYSTEMU

Oprogramowanie systemu napisane zostało w języku Delphi 5. Do obsługi układów wejściowo-wyjściowych i przetworników wykorzystano sterowniki firmowe.

Programy komputerów sterujących wykonywane są w dwu cyklach:

- Cykl 0.1- sekundowy, w którym realizowane są wszystkie funkcje związane ze sterowaniem,

- Cykl 1-sekundowy, w którym realizowane są funkcje pomocnicze związane z przekazywaniem informacji o stanie systemu.

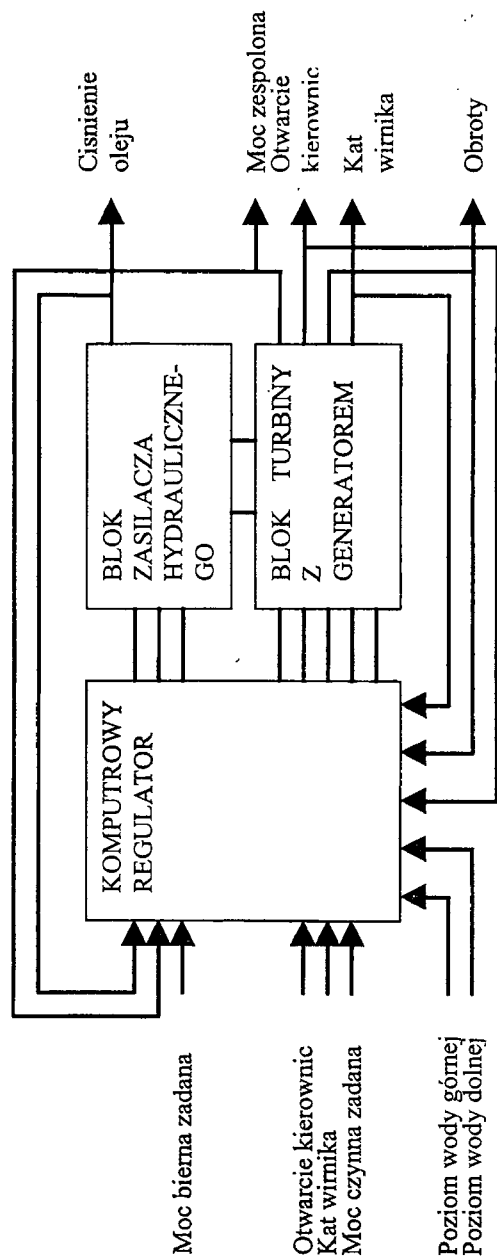
W programie przewidziano następujące stany pracy bloków:

- **Odstawienia**, w którym zamknięte są całkowicie kierownice, generator nie pracuje, zasilacz hydrauliczny jest wyłączony. Stan ten uzyskujemy po włączeniu zasilania systemu komputerowego lub po zakończeniu pracy.
- **Gotowości**, w którym pracuje zasilacz hydrauliczny oraz wszystkie poziomy sygnałów o stanie gotowości takie jak np. ciśnienia, temperatury są prawidłowe,
- **Biegu jałowego**, w którym można regulować obroty w zakresie od zera do prędkości nominalnej. Generator pracuje bez wzbudzenia.
- **Uruchomienia** - stan przejściowy od stanu gotowości do stanu pracy w sieci. Program sterujący doprowadza generator do obrotów nominalnych, włącza wzbudzenie i po uzyskaniu napięcia nominalnego uruchamia synchronizator. Jeśli proces synchronizacji zakończy się poprawnie system przechodzi do pracy w sieci.
- **Pracy w sieci**, gdzie istnieją dwa tryby pracy: praca ze stałym otwarciem kierownic lub praca ze stałą mocą.
- **Zatrzymania** jest to również stan przejściowy w którym w pierwszym etapie następuje zamykanie kierownic w celu uzyskania mocy bliskiej zeru, po czym zostaje rozarty wyłącznik główny i następuje całkowite zamknięcie kierownic.
- **Zatrzymania awaryjnego** z szybkim zamykaniem kierownic i równoczesnym otwarciem wyłącznika głównego.

Powyższe stany można inicjować z przycisków na panelu szafy sterowniczej lub myszką na ekranie komputera nadrzędnego. Komputery przemysłowe pracują bez monitorów oraz klawiatur, jednakże w celu zapewnienia diagnostyki systemu lub korekty oprogramowania można je dołączyć. Po przełączeniu w tryb diagnostyczny na ekranie tych monitorów możemy obejrzeć przebiegi czasowe wybranych wielkości lub stany wejść i wyjść cyfrowych. Na monitorze komputera nadrzędnego wyświetlane jest okno panelu głównego. Na panelu tym zamieszczono wartości mocy, otwarcia kierownicy, położenia wirnika, napięcia generatora oraz ciśnienia w zasilaczu hydraulicznym dla obu bloków oraz poziomy wody dolnej i górnej. Ponadto znajdują się przyciski sterujące kierownicami oraz wirnikiem. Na monitorze tym można również przywołać inne panele np. panel z wielkościami kontrolowanymi przy sprawdzaniu gotowości, panel z przyciskami zatrzymania zwykłego i awaryjnego po podaniu hasła. Wszystkie zatrzymania awaryjne są odnotowywane w specjalnym pliku. Wraz z datą i godziną rejestrowane są wszystkie wartości sygnałów w chwili zatrzymania.

5. ALGORYTMY STEROWANIA

Podstawowym argumentem przemawiającym za wdrożeniem systemu komputerowego do sterowania blokami generatorów w miejsce sterowników programowalnych jest możliwość prowadzenia badań związanych z testowaniem algorytmów sterujących. W opracowanym systemie przewidziano trzy rodzaje sprzężeń dla układu regulacji:



Rys. 3 Podstawowe sygnały występujące w układzie sterowania blokiem elektrowni

- pętla ze stałym otwarciem kierownic,
- pętla ze stałą mocą,
- pętla ze stałą prędkością obrotową.

Podczas pracy poza siecią bloki pracować muszą w pętli utrzymującej stałe obroty. W trakcie uruchomienia następuje przejście z pętli regulacji obrotów do pętli regulacji otwarcia. W celu utrzymania stałego przepływu wody w czasie pracy w sieci bloki mogą pracować, zależnie od wymagań, w pętli utrzymującej zadaną moc lub zadane otwarcie kierownic.

Po włączeniu przez komputer generatora do sieci pracuje on początkowo w pętli otwarcia kierownic z minimalnym otwarciem. Obsługa elektrowni może ustawić z panelu kontrolnego na ekranie komputera wymagane otwarcie kierownic lub wymagany poziom mocy po przejściu do pętli utrzymywania zadanej mocy. Ustawienia kąta wirnika można dokonać ręcznie, przyciskami na szafie sterowniczej lub wpisując zadaną wartość ustawienia w okienku na ekranie monitora. Kąt wirnika może być ustawiany automatycznie w zależności od wielkości otwarcia kierownic oraz wysokości słupa wody jako różnicy poziomu wody górnej i dolnej. Zależność ta została wyznaczona eksperymentalnie przez producenta turbiny, jednakże w istniejących warunkach pracy turbiny wymaga ona korekcji. W systemie komputerowym zależność ta została zapisana w postaci tablicy funkcji dwu zmiennych. Jednym z planowanych zadań przy modernizacji systemu sterowania jest rozbudowa oprogramowania tak, aby możliwa była automatyczna korekcja tej tablicy. Jako kryterium w algorytmie przyjęto poszukiwanie maksimum mocy przy danym otwarciu kierownic i danej wysokości słupa wody z jednoczesną eliminacją efektów kawitacji i wynikających stąd drgań.

Schemat blokowy układu sterowania przedstawiono na rys. 3.

6. WNIOSKI

Wykorzystanie komputerowego systemu do sterowania elektrownią wodną pozwoliło na kompleksowe rozwiązanie sterowania z jednoczesnym zapewnieniem sygnalizacji i wizualizacji stanów pracy bloków wraz z układami pomocniczymi. W trakcie wdrażania systemu możliwy był szeroki zakres testowania algorytmów sterowania bloków, jak również wizualizacja i rejestracja wybranych przebiegów. Opracowany system sterowania pracuje w elektrowni wodnej od kilku lat. Przyjęta struktura systemu pozwala na jego sukcesywną rozbudowę i modernizację nie tylko oprogramowania ale również zakresu sterowania o układy pomocnicze. W przyszłości planowane jest objęcie systemem układów wentylacji.

7. LITERATURA

- [1] Tou Julius T.: Nowoczesna teoria sterowania. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne Warszawa
- [2] Pizoń Andrzej.: Elektrohydrauliczne analogowe i cyfrowe układy automatyki. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne Warszawa
- [3] Pasławski Andrzej.: Programowanie w Delphi 5.0. Wydawnictwo Edition 2000