ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985
Seria : AUTOMATYKA z.79 Nr kol. 848

Ryszard KLEMPOUS
Jan NIKODEM
Jędrzej UŁASIEWICZ
Instytut Cybernetyki Technicznej
Politechnika Wrocławska

MIKROKOMPUTEROWY SYSTEM OPTYMALNEGO STEROWANIA W CZASIE RZECZYWISTYM SIECIĄ DYSTRYBUCJI WODY

Streszczenie. W pracy przedstawiono koncepcję systemu optymalnego sterowania siecią dystrybucji wody zbudowanego przy wykorzystaniu układów mikroprocesorowych serii Intel 8080/85 oraz Z-80. Określono cele i kryteria oceny jakości regulacji. Zaproponowano wzorcową konfigurację urządzeniową oraz opisano zastosowane moduły oprogramowania.

1. WPROWADZENIE

Prezentowana praca jest kolejną z serii publikacji [2], [3], [4] dotyczących zagadnień optymalizacji sterowania rozpływem w sieciach dystrybucji wody. Wynikiem wieloletnich badań prowadzonych w Zespole Sterowania i Optymalizacji Systemów, Instytutu Cybernetyki Technicznej, Politechniki Wrocławskiej jest opracowanie założeń, koncepcji oraz metod i algorytmów [3], dla potrzeb komputerowo wspomaganej optymalizacji sterowania sieciami dystrybucji wody. Jednakże praktyczna realizacja systemu sterowania, wykorzystującego opracowane metody i algorytmy, napotykała na szereg barier techniczno-ekonomicznych. Dopiero wyniki prac [3], [4] umożliwiły znaczne uproszczenie algorytmów (mniejsza zajętość PAO, krótsze czasy obliczeń), wskazując jednocześnie na możliwość obniżenia bariery ekonomicznej, z uwagi na redukcję kosztów instalowanego sprzętu obliczeniowego. Ponadto szybki postęp w dziedzinie miniaturyzacji i wytwarzania układów wielkiej skali integracji - LSI, stworzył dogodne warunki do budowy systemu sterowania w oparciu o układy mikroprocesorowe.

Prace nad przedstawianym systemem sterowania częściowo finansowane były przez Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi - Lubin, na którego zlecenie (w ramach PR-2.6.9.3) opracowywany jest system sterowania wodami zwrotnymi w LGOM. Podkreślić jednak należy, iż przyjęta konfiguracja urządzeniowa i przygotowany zestaw oprogramowania w najmniejszym stopniu nie zawęża zakresu jego możliwych zastosowań.

2. CELE I ZADANIA SYSTEMU STEROWANIA

Podstawowe cele i zadania prezentowanego systemu sterowania wiążą się ściśle z wymaganiami stawianymi sieciom dystrybucji wody. Przyjęta koncepcja układu odpowiada występującej w systemie rozprowadzania wody hierarchii celów oraz odzwierciedla ich wzajemne powiązania.

Układy dystrybucji wody mają za zadanie przede wszystkim zapewnić dostarczenie odbiorcom żądanych ilości wody przy określonej wartości ciśnienia h. Niezwykle ważne jest jednak, aby realizacja żądań odbiorców przebiegała w sposób zapewniający możliwie najmniejsze zużycie energii elektrycznej. Istotne jest również ograniczenie strat wody w czasie transportu siecią rurociągów zarówno tych wynikających z nadmiernych ciśnień panujących w sieci, jak również tych, które wiążą się ze zbyt późnym wykryciem awarii. Stąd podstawowe cele stawiane systemowi sterowania sformułować można następująco:

- zaspokojenie potrzeb poszczególnych odbiorców przy jednoczesnym utrzymaniu ciśnień panujących w sieci w ustalonym przedziale (h_{min}, h_{max}),
- minimalizacja kosztów zużycia energii elektrycznej pobieranej przez zespoły pompowe,
- sygnalizacja stanów awaryjnych systemu dystrybucji ze wskazaniem miejsca lokalizacji uszkodzeń.

Realizację powyższych celów zapewnia przyjęta, trójpoziomowa, hierarchiczna struktura systemu sterowania (rys. 1), z jednoczesnym podziałem podejmowanych decyzji na długo-, średnio- i krótkoterminowe. Przyjęcie takiej struktury wynika zarówno z różnorodności zagadnień uwzględnianych przez system sterujący, jak również wiąże się z horyzontami czasowymi, w jakich te zagadnienia powinny być rozpatrywane.

POZIOM 1

Na najwyższym poziomie sterowania rozpatrywane jest zagadnienie nierównomierności zapotrzebowania odbiorców na wodę w czasie i określony zostaje rozkład tego zapotrzebowania. Następnie, w oparciu o otrzymany czasowy rozkład zapotrzebowania, opracowywany jest harmonogram pracy zbiorników sieciowych w ten sposób, aby łagodząc występujące nierównomierności, zapewnić realizację podstawowego celu sterowania, jakim jest zaspokojenie potrzeb odbiorców.

Drugim pod względem ważności zadaniem na tym poziomie sterowania jest taki wybór strategii pracy zbiorników, który umożliwia wykorzystanie występującego zróżnicowania cen energii elektrycznej w celu długoterminowej minimalizacji kosztów eksploatacji systemu.

POZIOM 2

Występujący w strukturze hierarchicznej drugi poziom sterowania, związany jest bezpośrednio z zagadnieniem optymalizacji, w sensie kryterium strat energetycznych, pracy systemu dystrybucji wody w określonych na po-

POZIOM 1

1. Określanie dobowych histogramów zapotrzebowania na wodę.
2. Opracowywanie harmonogramów pracy zbiornika sieciowego, uwzględniającego zapotrzebowania i cenę energii elektrycznej.

POZIOM 2

1. Wyznaczanie optymalnych wydajności oraz wysokości podnoszenia zespołów pompowych.
2. Porównywanie rzeczywistych punktów pracy pomp z wartościami obliczonymi.
3. Ocena zgodności prognoz zapotrzebowania ze stanem faktycznym.

POZIOM 3

1. Utrzymywanie optymalnych ciśnień i wydajności zespołów pompowych.
2. Zbieranie i przekazywanie informacji o stanie sieci do poziomów wyższych.

Rys. 1. Podział podstawowych zadań i funkcji systemu sterowania na poszczególne poziomy hierarchii

ziomie nadrzędnym przedziałach czasowych.
Podstawowa funkcja systemu sterowania na tym poziomie, sprowadza się do rozwiązania problemu dostosowania układów pompowych do aktualnej sytuacji sieci w ten sposób, aby wielkość strat energetycznych, ponoszonych dla dostarczenia wymaganej ilości wody do odbiorców, była jak najmniejsza. Na tym poziomie sterowania, w oparciu o opracowane na poziomie nadrzędnym strategie wykorzystania zbiorników sieciowych, określane są takie parametry pracy zespołów pompowych, które zapewniają zaspokojenie wymagań odbiorców zarówno co do ilości, jak i ciśnienia dostarczanej wody. Następnie, drogą redukcji występujących w sieci nadwyżek ciśnienia, osiągany jest stan, w którym przy pełnym zaspokojeniu wymagań odbiorców

osiągane jest minimum strat energetycznych.

POZIOM 3

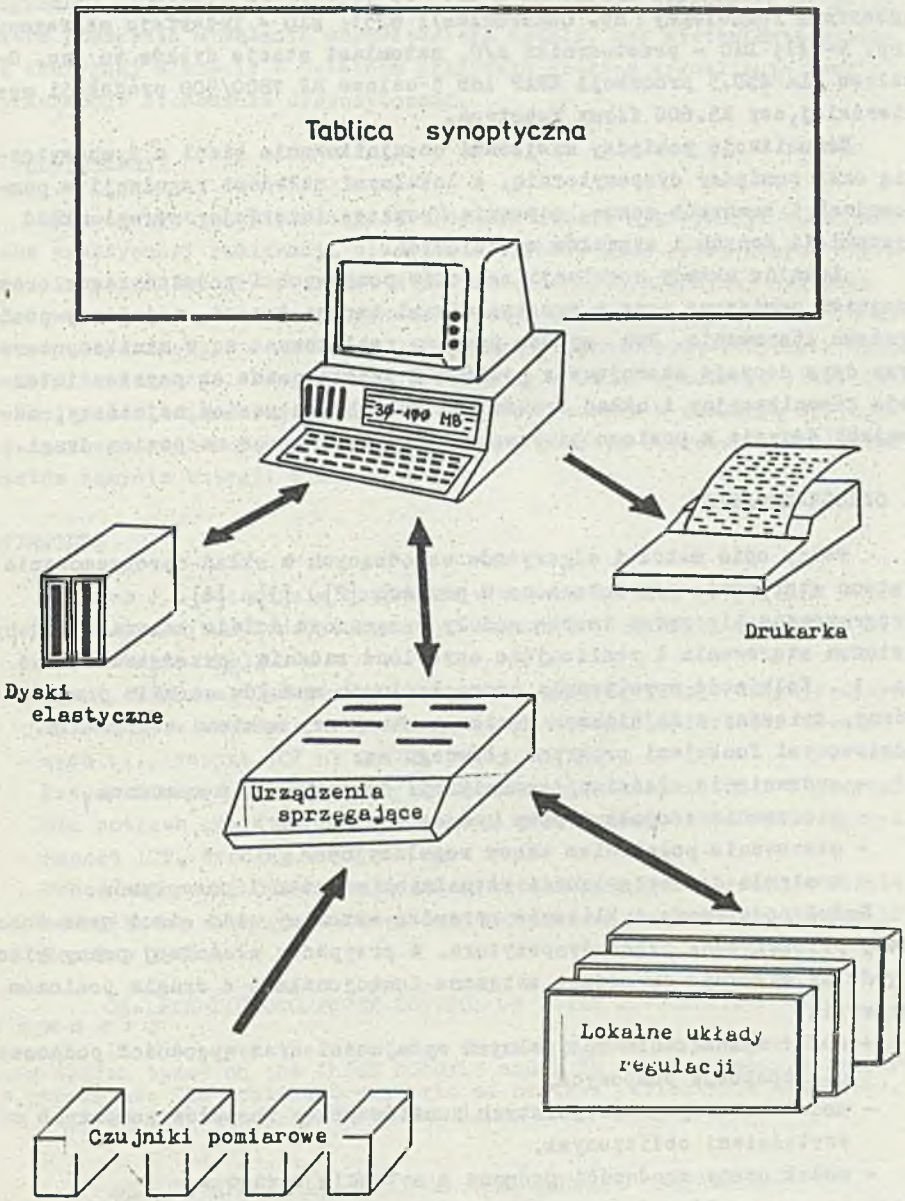
Na ostatni, najniższy z poziomów systemu sterowania, przekazywane są określone na poziomie wyższym parametry pracy poszczególnych zespołów pompowych oraz wynikające z opracowanych na poziomie najwyższym harmonogramów pracy zbiorników sieciowych, nastawy zasuw zbiorników. Głównym zadaniem tego poziomu jest utrzymanie w sieci dystrybucji wody takich warunków pracy, jakie określone zostały na poziomach wyższych poprzez przeciwdziałanie wszelkim zakłóceniom występującym w sieci, wynikającym zarówno z chwilowych zmian zapotrzebowania na wodę, jak również innych czynników zewnętrznych.
Na poziomie tym realizowane są ponadto dwie główne pętle sprzężenia zwrotnego pomiędzy siecią a poziomami wyższymi. Rejestracji podlegają rzeczywiste wartości poboru wody przez odbiorców oraz chwilowe wartości parametrów pracy zespołów pompowych i zbiorników sieciowych. Wielkości te przekazane na poziom wyższy są podstawą, o ile jest to konieczne, do korekcji punktów pracy pompowni. Ponadto na poziomie wyższym wielkości rzeczywiste zapotrzebowania oraz przepływów do (od) zbiornika porównywane być muszą z wartościami otrzymywanymi z poziomu najwyższego, a o przypadku wystąpienia rozbieżności informowany jest poziom najwyższy, który podejmuje decyzje odnośnie do zmiany strategii wykorzystania zbiorników sieciowych lub dalszej kontynuacji strategii aktualnie realizowanej.

3. KONFIGURACJA SPRZĘTOWA SYSTEMU STEROWANIA

Przyjęta konfiguracja urządzeniowa systemu sterowania (rys. 2) bazuje na 8-bitowych, modułowych systemach mikrokomputerowych firmy Intel 8080/85 oraz firmy Zilog Z-80. Ośmiobitowa długość słowa wydaje się być wystarczająca z punktu widzenia realizacji określonych powyżej zadań, a względna dostępność tych układów i relatywnie niskie ceny umacniają przekonanie o trafności takiego wyboru.
Szeroki zestaw oferowanych na rynku krajowym mikrokomputerów 8-bitowych budowanych na układach 8080/85, Z-80 (IMP-85, IMP-86, CS-80, AC 925, ELWRO 523, COMPAN 8 itd.) spowodował, że za centralny element systemu sterowania przyjęto jeden z produkowanych w Polsce mikrokomputerów wyposażony dodatkowo w pakiet interfejsów komunikacyjnych. W skład pakietu wchodzą:

- cyfrowe interfejsy we/wy szeregowe i równoległe,
- analogowe interfejsy we/wy wraz z przetwornikami A/C, C/A.

Mikrokomputer umieszczony w dyspozytorni centralnej wyposażony jest ponadto w pamięć masową typu Winchester o pojemności rzędu 30 ÷ 100 KBajtów, stację dysków elastycznych oraz drukarkę typu DZM KSR-180. Pakiety interfejsów komunikacyjnych realizowane będą w oparciu o moduły: 8255, PIO -



Rys. 2. Konfiguracja sprzętowa systemu sterowania

interfejs równoległy (np. Centronics); 8251, SIO - interfejs szeregowy (np. V-24); DAC - przetworniki A/C, natomiast stacje dysków to np. 8-calowe PLx 450.5 produkcji KFAP lub 5-calowe MF 1800/900 produkcji węgierskiej, czy K5.600 firmy Robotron.

Komunikację pomiędzy miejscami oczujnikowania sieci a dyspozytornią oraz pomiędzy dyspozytornią, a lokalnymi układami regulacji w pompowniach i komorach zasuw, zapewnia (poprzez interfejsy we/wy) układ transmisji danych i sygnałów sterujących.

Lokalne układy regulacji zespołów pompowych i położeń zasuw oraz czujniki pomiarowe wraz z przetwornikami tworzą trzeci, najniższy poziom systemu sterowania. Dwa wyższe poziomy realizowane są w minikomputerze, przy czym decyzje sterujące z poziomu 2 przekazywane są poprzez interfejs komunikacyjny i układ transmisji danych, na poziom najniższy, natomiast decyzje z poziomu pierwszego przekazywane są na poziom drugi.

4. OPROGRAMOWANIE

Pełny opis metod i algorytmów wchodzących w skład oprogramowania systemu sterowania przedstawiono w pracach [2], [3], [4]. Oprogramowane algorytmy tworzą moduły programowe ściśle związane z danym poziomem sterowania i realizujące określone zadania przedstawione na rys. 1 . Kolejność wywoływania poszczególnych modułów określa program główny, związany z najniższym poziomem struktury systemu sterowania. Podstawowymi funkcjami programu głównego są:

- zapewnienie właściwej komunikacji dyspozytora z systemem,
- sterowanie zespołami pomp (włącz - wyłącz),
- sterowanie położeniem zasuw regulacyjnych,
- kontrola dopuszczalności aktualnych ciśnień i przepływów.

Moduł podstawowy cyklicznie sprawdza aktualny stan sieci oraz komunikaty przekazywane przez dyspozytora. W przypadku właściwej pracy sieci co godzinę wywołuje on moduły związane funkcjonalnie z drugim poziomem sterowania;

- moduł wyznaczenia optymalnych wydajności oraz wysokości podnoszenia zespołów pompowych,
- moduł korekcji rzeczywistych punktów pracy zespołów pompowych z wartościami obliczonymi,
- moduł oceny zgodności prognoz z sytuacją bieżącą.

Natomiast raz na 24 godziny wywoływane są procedury poziomu najwyższego:

- moduł budowy dobowych histogramów zapotrzebowania na wodę,
- moduł harmonogramu pracy zbiorników z uwzględnieniem zapotrzebowania i ceny energii elektrycznej.

W przypadkach stwierdzenia zbyt dużych rozbieżności prognoz ze stanem bieżącym lub dużych różnic pomiędzy rzeczywistymi, a obliczonymi punktami pracy zespołów pompowych, program główny wywołuje odpowiednie moduły

programowe. Podobnie dzieje się również w przypadku otrzymania od dyspozytora polecenia wywołania odpowiedniego modułu, czy wystąpienia sytuacji awaryjnej w sieci. W ostatnim przypadku program sygnalizuje awarię i przekazuje sterowanie dyspozytorowi.

5. PODSUMOWANIE

Opisany system optymalnego sterowania siecią dystrybucji wody jest próbą praktycznej realizacji algorytmów opracowanych przez Zespół Sterowania i Optymalizacji Systemów. W chwili obecnej dysponujemy zestawem modułów programowych oraz programem głównym opracowanym w wersji dla mikrokomputera ZX-Spectrum. Prezentację tego programu przewidujemy w czasie trwania konferencji. Program ten,wyposażony w moduł symulacji sieci dystrybucji,umożliwia prześledzenie procesu sterowania w dowolnym horyzoncie czasowym, dokonując jednocześnie oceny jakości sterowania pod kątem kosztów zużycia energii elektrycznej.

LITERATURA

[1] Nikodem J., Sterowanie optymalne w trybie on-line rozpływami w sieciach dystrybucji wody, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Nr 69, Gliwice 1983.

[2] Praca zbiorowa, Opracowanie programu wspomagającego decyzje dyspozytorskie w zakresie optymalnego wykorzystania zbiorników sieciowych ..., Raport ICT nr 25/82, Wrocław 1982.

[3] Praca zbiorowa, Opracowanie podstawowych założeń metod i algorytmów dla potrzeb operatywnego sterowania złożonym systemem wodociągowym, Raport ICT, Wrocław 1981.

[4] Praca zbiorowa, Opracowanie metod automatycznego sterowania siecią wodociągową z uwzględnieniem ich technicznej realizacji, Raport ICT, Wrocław 1981.

ON-LINE MICROCOMPUTER CONTROL OF WATER DISTRIBUTION SYSTEM

S u m m a r y

In the paper the idea of a control system of a water distribution system based on the Intel 8080/85 and Z 80 microprocessors family is presented. The goals and criteria of control performance are given. The basic software and hardware configurations are presented.

МИКРОКОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Р е з ю м е

Работа посвящена концепции системы оптимального управления сетью водоснабжения , построенной на базе микропроцессорных систем ИНТЕЛ 8080/85 и З 80 . Определены цели и задачи управления. Описаны алгоритмы управления.