

Janusz PIOTROWSKI, Urszula POCLASK,

Jerzy SOBSTEL, Janina SZEBESZCZYK

Politechnika Śląska

Instytut Automatyki

KONCEPCJA UKŁADU STEROWANIA SYSTEMEM
WODNO-GOSPODARCZYM

Streszczenie: Scharakteryzowano system wodno-gospodarczy i jego elementy liczbą wyjść informacyjnych o stanie i wejść sterujących. Podano koncepcję funkcjonalną układu sterowania z podziałem na 4 poziomy i strukturę urządzeniową.

1. Wstęp

Koncepcja układu sterowania systemem wodno-gospodarczym aglomeracji śląskich została opracowana w Instytucie Automatyki Pol. Śl. w latach 1972-76, początkowo w ramach problemu węzłowego 10.1.2 [1], a następnie w programie rządowym PR-7.05. [2]. System wodno-gospodarczy aglomeracji śląskich jest wielkim systemem złożonym z wielu różnorodnych obiektów rozmieszczonych na terenie województw katowickiego i bielskiego. System i jego elementy pracują w zmieniających się warunkach fizycznych i podlegają oddziaływaniu otoczenia, stąd do osiągnięcia zadanych celów funkcjonowania systemu niezbędne jest odpowiednie sterowanie. Do realizacji kompleksowego, optymalnego sterowania pracą systemu niezbędne są informacje o stanie elementów systemu, algorytmy sterowania i urządzenia, które te funkcje realizują.

Przy opracowywaniu koncepcji uczyniono następujące założenia:

- 1/ koncepcja określa stan docelowy w latach 1985-90,
- 2/ ponieważ istniejące urządzenia automatyki nie nadają się do pracy w układzie kompleksowej automatyzacji, więc nie brano pod uwagę istniejącego wyposażenia,
- 3/ układ sterowania realizowany będzie z aparatury krajowej.

2/ Opis systemu wodno-gospodarczego

Celem globalnym systemu wodno-gospodarczego na obszarze Śląska jest:

- zapewnienie potrzebnych dla ludności i dla działalności gospodarczej na ww. obszarze zasobów wody,
- dostarczenie odbiorcom wody o odpowiednich parametrach stosownie do potrzeb,
- poprawa jakości wód powierzchniowych.

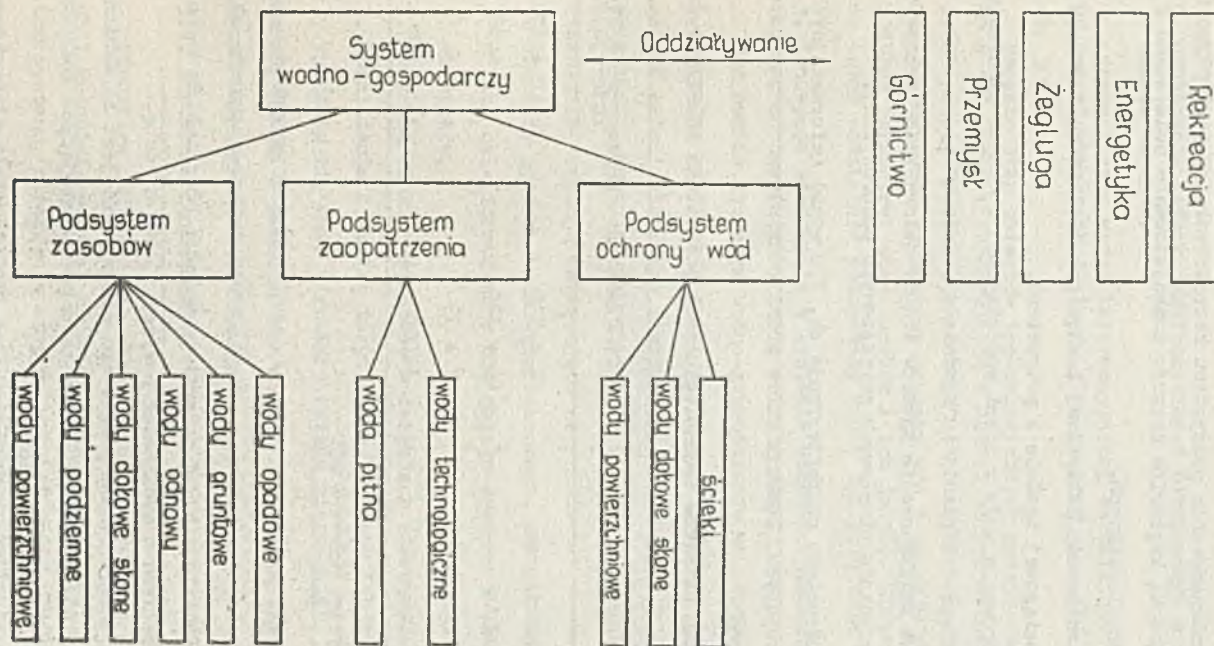
Z celu wynika podział systemu na 3 podsystemy:

- zasobów,
- zaopatrzenia,
- ochrony wód.

Otoczeniem systemu są warunki hydrologiczne, fizjograficzne itp. oraz inne systemy gospodarcze prowadzące działalność na obszarze Śląska. Na rys. 1 przedstawiono rodzaje wód, które wchodzą w zakres wymienionych powyżej podsystemów.

2.1. Podsystem zasobów

Elementami podsystemu zasobów są zlewnie i rurociągi alokacji zasobów między zlewniami. Celem tego podsystemu jest bilansowanie, prognozowanie i sterowanie rozrzędem zasobów wody w zlewniach, rodzajami zasobów wody podsystemu wg rys. 1 w całym systemie wodno-gospodarczym. Stan podsystemu zasobów określa ok. 1400 wyjść informacyjnych. Wejść sterujących, poprzez które można oddziaływać na podsystem, jest ok. 600.



Rys. 1. System wodno-gospodarczy

2.2. Podsystem zaopatrzenia w wodę

Elementami podsystemu są sieci wodociągowe, przy czym pominięto wodociągi o produkcji wody poniżej $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cele funkcjonowania podsystemu zaopatrzenia są następujące:

1. optymalne wg kryteriów kosztów funkcjonowanie podsystemu i obiektów technologicznych,
2. uzdatnianie wody pobieranej z ujęcia i dostarczenie jej do sieci wodociągowej zgodnie z potrzebami,
3. przepompowanie wody z sieci wodociągowej o niskim ciśnieniu do sieci o wyższym ciśnieniu zgodnie z potrzebami,
4. okresowe magazynowanie zasobów wody w zbiornikach terenowych dla wyrównania okresowych zwiększonych poborów wody.

Stan podsystemu charakteryzuje ok. 700 wyjść informacyjnych. Wejść sterujących, poprzez które można oddziaływać na podsystem, jest ok. 700.

Ponadto stan obiektów technologicznych podsystemu charakteryzują:

	Liczba wyjść informac.	Liczba wejść sterujących
stacja wodociągowa	74 + 720	25 + 650
przepompownia	44 + 190	13 + 58
zbiornik terenowy	7 + 19	2 + 6
razem około	6.000	4.000

2.3. Podsystem ochrony wód

Elementami podsystemu ochrony wód są ciekły i kanały przenoszące ładunek zanieczyszczeń oraz obiekty technologiczne oczyszczania ścieków. Ponadto w skład podsystemu wchodzi 66 obiektów technologicznych komunalnych o wydajności powyżej $10\,000 \text{ m}^3/\text{dobę}$.

Celem funkcjonowania podsystemu ochrony wód jest zapewnienie:

1. ochrony wód przed zrzucaniem ładunków działających toksycznie na środowisko biologiczne,
2. ochrona wód przed nadmiernym zanieczyszczeniem, które uniemożliwia użycie tych wód do odpowiednich celów gospodarczych lub ha-

- muje procesy samooczyszczania,
5. ograniczenie zrzucanego do cieków ładunku zanieczyszczeń przez oczyszczanie ścieków,
 4. oczyszczanie ścieków w sposób optymalny wg kryteriów ekonomicznych,
 5. utylizacja ładunku zanieczyszczeń otrzymanego w procesach oczyszczania ścieków.

Łączna liczba wyjść informacyjnych, określających stan wszystkich zlewni podsystemu, wynosi około 1000, a wejść sterujących ok. 300.

Ponadto stan obiektów technologicznych podsystemu określa 80 * 160 wyjść informacyjnych z każdej oczyszczalni - razem około 6.600 punktów pomiarowych oraz 40 * 60 wejść sterujących - razem ok. 2.900 wejść. Podsystemy ochrony wód i zasobów charakteryzują podobne parametry: stan zasobów i ich jakość. Dlatego potraktowane tutaj oddzielnie podsystemy winny być połączone w jeden podsystem.

3. Koncepcja sterowania w systemie wodno-gospodarczym

Sterowanie systemem wodno-gospodarczym ma zapewnić skuteczną i optymalną realizację zadań systemu. Z zadań systemu można wyprowadzić cele i algorytmy sterowania. Złożoność i różnorodność sterowania powoduje złożoną strukturę układu sterowania. O strukturze sterowania decydują następujące czynniki:

1. elementy systemu wodno-gospodarczego, ich rodzaj, zadania funkcjonalne, cele formułowane dla całego systemu i dla poszczególnych elementów,
2. horyzont czasu obejmowany w decyzjach sterowania,
3. lokalizacja i zasięg terytorialny systemu lub elementu.

Wyróżnia się dwie struktury układu sterowania:

1. strukturę funkcjonalną,
2. strukturę urzędzeniową.

3.1. Struktura funkcjonalna

Struktura funkcjonalna obejmuje uporządkowanie zadań wg hierarchii ważności, podział zadań na zadania stawiane systemowi i elementom systemu, określenie współzależności zadań. Zróżnicowanie zadań uwidacznia się w postaci poziomów sterowania i hierarchii poziomów.

Schemat struktury układu sterowania systemem wodno-gospodarczym przedstawiono na rys. 2.

Klasyfikując elementy systemu wodno-gospodarczego i przyporządkowując im zadania sterowania powstaje 4-poziomowa struktura układu sterowania. Poziom najniższy I zawiera sterowanie urządzeniami i grupami jednakowych urządzeń, np. upustami na zbiornikach cieków, pompami, zaworami płukania filtrów itd.

Poziom II obejmuje sterowanie obiektami przedstawionymi na rys. 2, np. sterowanie zlewnią, stacją wodociągową itd. Z poziomu

II, w sposób bezpośredni steruje się parametrem wiodącym urządzenia, np. wydajnością zespołu pomp, zasuwą upustową ścieków do odbiornika.

Poziom III sterowania obejmuje cały system wodno-gospodarczy z podziałem na podsystemy. Do zadań sterowania rozrządem zasobów na tym poziomie należy:

- a/ planowanie pracy obiektów podsystemu,
- b/ prognozowanie stanu zasobów i jakości wody,
- c/ koordynacja sterowania rozrządem wód w stanach powodziowych i przy deficycie zasobów,
- d/ prognozowanie stanu obiektów nie sterowanych przez system, lecz z nim współpracujących,
- e/ zbieranie informacji o stanie zasobów.

Do zadań sterowania zaopatrzeniem w wodę na poziomie III należy:

- a/ planowanie pracy obiektów,
- b/ sterowanie procesem zaopatrzenia w wodę w stanach nie planowanych i awaryjnych,
- c/ bezpośrednie sterowanie rozpiływem wody w sieci.

Do zadań sterowania ochroną wód na poziomie III należy:

- a/ zbieranie informacji o jakości wód w systemie,
- b/ planowanie pracy obiektów podsystemu,
- c/ sterowanie podsystemem w stanach nie planowanych i awaryjnych.

Ponadto na tym poziomie będzie realizowana grupa zadań taka sama dla wszystkich podsystemów:

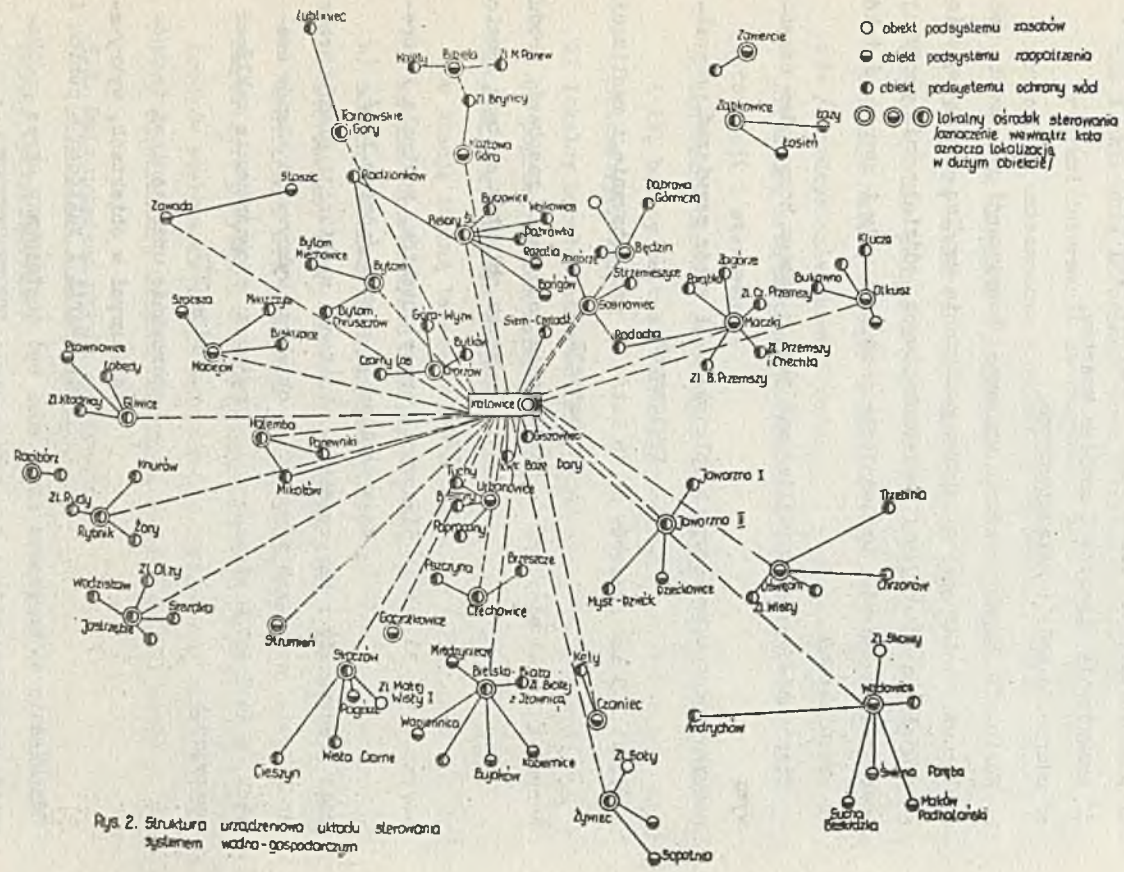


Fig. 2. Struktura urzędowego układu sterowania systemem wodno-gospodarczym

- a/ wykrywanie awarii i stanów alarmowych,
- b/ dokumentacja przebiegu sterowania,
- c/ planowanie pracy podsystemów w okresie tygodniowym i dłuższym,
- d/ prowadzenie bilansów i analiza kosztów,
- e/ adaptacja modeli matematycznych.

Poziom IV obejmuje zadania wzajemnej koordynacji sterowania podsystemami, wynikającej z faktów: powiązania wspólną siecią wodociągową ujęć wód w głębinnych i powierzchniowych, oddziaływania produkcji wody na stan zasobów, uzależnienie produkcji wody i zrzutów ścieków od stanu zasobów.

Sterowanie systemem realizowane jest z różnym horyzontem czasowym:

- horyzont perspektywiczny - planowanie i wybór rozwiązań perspektywicznych,
- horyzont 2-5 lat /zasobów do 10 lat/ - projektowanie i realizacja inwestycji,
- horyzont 1 + 24 miesięcy - planowanie gospodarki zasobami, produkcji i remontu obiektów systemu /poziom IV/,
- horyzont 1 + 30 dni - planowanie pracy obiektów, kontrola i korekcja realizacji planów /poziom III/,
- czas rzeczywisty z horyzontem - kontrola realizacji planów przez do 24 godz. w stanach normalnych, a do 7 dni w stanach awaryjnych
 - awaryjnych
 - poziom III,
 - sterowanie urządzeniami technologicznymi w obiektach, wykrywanie awarii i zakłóceń - poziom II.

Odpowiednio do horyzontu czasu musi być dostosowany okres próbkowania przy zbieraniu informacji o stanie urządzeń, obiektów, podsystemów. Okres ten powinien być dopasowany do szybkości zmian danej wielkości fizycznej charakteryzującej stan obiektu, podsystemu itd.

3.2. Struktura urzędzeniowa układu sterowania

Strukturę urzędzeniową tworzy lokalizacja urządzeń przetwarzania i zbierania informacji wraz z siecią łączności.

Źródłami informacji są urządzenia pomiarowe rozproszone w terenie oraz umieszczone w obiektach technologicznych, czyli występują źródła skupione i rozproszone. Do rozproszonych źródeł informacji należą wielkości charckteryzujące stan 3 podsystemów, których liczba została podana w pkt 2.1, 2.2, 2.3. Do skupionych źródeł informacji należą obiekty technologiczne poszczególnych podsystemów /w podsystemie zasobów rurociąg i przepompowania Go-Cza/.

Struktura urzędzeniowa zawiera następujące węzły koncentracji informacji i sterowania:

- 1/ centralny ośrodek sterowania realizujący zadania poziomów III i IV, będący centralą lokalnych ośrodków sterowania i ośrodków telemetrycznych,
- 2/ lokalny ośrodek sterowania obsługujący grupę obiektów poziomu II poprzez system telemechaniki,
- 3/ stacja sterowania obsługująca 1 obiekt poziomu II, wyposażona w stację zdalną telemechaniki, przy czym stacja jest podporządkowana odpowiedniemu lokalnemu ośrodkowi sterowania,
- 4/ lokalny ośrodek telemetryczny równoważny lokalnemu ośrodkowi sterowania, który zbiera informacje poprzez komutowaną sieć abonencką i nie realizuje funkcji sterowania.

Określenie powyższej struktury nastąpiło po uwzględnieniu kosztów środków sterowania i łączności. Koszt pozostałych urządzeń nie zależy od struktury układu. Strukturę układu przedstawiono na rys. 3.

3.3. Opis urządzeń układu sterowania

3.3.1. Oprzyrządowanie

Oprzyrządowanie systemu wodno-gospodarczego stanowi aparatura pomiarowa. Wymaga się dopasowania aparatury do układu sterowania w zakresie:

- funkcjonalności,
- odporności na warunki pracy,

- dopasowania do współpracy z systemem CRFD,
- nadzoru nad pracą aparatury.

3.3.2. Wyposażenie stacji sterowania

Stacje sterowania znajdują się w obiektach, które mają być zdalnie sterowane. Wyposażenie tych obiektów składa się z aparatury podstawowej, przyrządów pomiarowych, obwodów automatycznej regulacji itp. oraz aparatury zdalnego sterowania - stacji zdalnych telemechaniki. W zależności od złożoności obiektu stacje zdalne są lub nie są wyposażone w mikro- lub minikomputery umożliwiające sterowanie sekwencyjne oraz wymianę informacji z ośrodkiem nadrzędnym.

3.3.3. Wyposażenie lokalnego ośrodka sterowania

W lokalnym ośrodku sterowania przewiduje się realizację zadań sterowania grupą obiektów lub jednym złożonym obiektem.

Przewidywane wyposażenie obejmuje:

- minikomputer sterujący,
- procesor telekomunikacyjny,
- urządzenia transmisji danych,
- zestaw łączności dyspozytorskiej,
- stacją centralną telemechaniki.

3.3.4. Wyposażenie centralnego ośrodka sterowania

W centralnym ośrodku sterowania będą realizowane zadania poziomu III i IV. Przewiduje się następujące wyposażenie ośrodka:

- kompleksowy ośrodek sterujący wyposażony w maszynę lub maszyny do pracy w czasie rzeczywistym,
- procesor telekomunikacyjny, zapewniający łączność ośrodka centralnego z ośrodkami lokalnymi poprzez magistrale transmisji danych,
- komputerowy ośrodek obliczeniowy wyposażony w maszyny do przetwarzania danych,
- urządzenia transmisji danych,
- urządzenia łączności dyspozytorskiej.

3.3.5. Łączność

Do przesyłu informacji niezbędnych do sterowania i zarządzania przewiduje się zastosowanie zintegrowanej, wielopoziomowej sieci łączności. W sieci tej występują następujące poziomy:

a/ Sieć telemetryczna

Sieć telemetryczna jest oparta na łączach komutowanych okręgowej oraz miejskiej sieci telekomunikacyjnej. Służy do cyklicznego zbierania wyników pomiaru z rozproszonych punktów pomiarowych z częstością nie większą niż 1 odczyt na godzinę.

b/ Sieć telemechaniki

Sieć telemechaniki jest oparta na łączach trwałych pomiędzy stacjami sterowania a lokalnymi ośrodkami sterowania, a także pomiędzy stacjami kontroli zasobów a ośrodkami sterowania zasobami. Szybkość transmisji 600 + 2400 Bd. Służy do przesyłania wyników pomiaru i rozkazów sterowania pomiędzy stacjami sterowania, a lokalnymi ośrodkami sterowania.

c/ Sieć transmisji danych

Sieć transmisji danych wykorzystuje łącza trwałe lub komutowane pomiędzy lokalnymi ośrodkami sterowania a węzłami teleinformatyki. Węzły teleinformatyki są zlokalizowane w wybranych ośrodkach lokalnych i pośredniczą w wymianie informacji pomiędzy pozostałymi ośrodkami lokalnymi a ośrodkiem centralnym.

d/ Sieć magistralna transmisji danych

Sieć ta oparta jest na łączach trwałych pomiędzy węzłami teleinformatyki a centralnym ośrodkiem sterowania. Charakteryzuje się ona dużą przepustowością oraz niezawodnością transmisji, służy do przesyłania informacji niezbędnych do sterowania i zarządzania systemem.

3.3.6. Algorytmy sterowania i oprogramowania układu

Użytkowanie urządzeń układu sterowania staje się możliwe wówczas, gdy istnieje odpowiedni zbiór programów zwanych oprogramowaniem systemu. Oprogramowanie systemu obejmuje 2 zbiory pro-

gramów:

- 1/ programy zarządzania i organizacji współdziałania urządzeń układu sterowania,
- 2/ programy realizacji zadań układu sterowania tzw. programy użytkowe.

Punktem wyjściowym dla oprogramowania systemu jest opracowanie algorytmów sterowania realizujących zadania poszczególnych poziomów sterowania. Wymaga to przeprowadzenia badań dotyczących modelu matematycznego obiektów i urządzeń, wskaźników jakości pracy oraz sposobów realizacji optymalnych decyzji i dostosowania do występujących zakłóceń zewnętrznych i wewnętrznych. Obecnie badania te są w początkowej fazie. Ich dalszy postęp wymaga oprzyrządowania obiektów oraz opracowania struktury organizacyjno-prawnej całego systemu.

4. Realizacja układu sterowania

Ze względu na nowatorski charakter i dużą skalę przedsięwzięcia realizacja układu sterowania musi być podzielona na etapy.

Uszeregowanie etapów wynika z możliwości technicznych, umiejętności i dostępnego wyposażenia. Wyróżnia się następujące zadania:

- 1/ oprzyrządowanie systemu w aparaturę pomiarową, sterowniczą i teletransmisyjną, niezbędną do zbadania charakterystyk obiektów systemu i kontroli stanu systemu,
- 2/ analiza podsystemów zaopatrzenia, zasobów i ochrony wód, opracowanie zasad i algorytmów sterowania, realizacja układu sterowania w podsystemach,
- 3/ przygotowanie sieci telekomunikacyjnych do zapewnienia łączności dla potrzeb systemu,
- 4/ kompleksowa automatyzacja obiektów technologicznych podsystemów,
- 5/ analiza systemu, opracowanie zasad i algorytmów sterowania, realizacja układu sterowania.

Przedstawione powyżej etapy realizacji systemu wymagają przeprowadzenia szeregu prac przygotowawczych takich jak:

- opracowanie i produkcja aparatury,
- przeprowadzenie badań na wybranych obiektach pilotujących,

- przygotowanie sieci telekomunikacyjnej /budowa łączy/.

Realizacja wymienionych powyżej prac trwać będzie kilka lat.

LITERATURA

- [1] Studia nad systemem optymalnego kompleksowego sterowania rozrządem wód w obszarze wodno-gospodarczym GOP. Praca NB-306/218. Inst. Autom. Przem. i Pom. Pol. Śl. Gliwice, 1975 /niepubl./
- Cz. I - Studia nad obiektem sterowania
Cz. II - Studia nad metodyką projektowania
Cz. III - Studia nad systemem pomiarowym
Cz. IV - Studia nad systemem łączności
Cz. V. Studia nad organizacją systemu i urządzeniami dyspozytorskimi
Cz. VI - Konceptcja systemu optymalnego, kompleksowego sterowania /synteza Cz. I - V/.
- [2] Opracowanie koncepcji kompleksowego sterowania w systemie wodno-gospodarczym na obszarze Śląska, Praca NB-502, Inst. Autom. Przem. i Pom. Pol. Śl., Gliwice, 1976 /niepubl./

КОНЦЕПЦИЯ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ

В статье схарактеризовано водно-хозяйственную систему и её элементы количеством входов информации о состоянии и управляющих входов. Подано функциональную концепцию системы управления разделену на четыре уровня и структуру оборудования.

THE CONTROL STRUCTURE CONCEPTION FOR THE WATER-ECONOMIC SYSTEM

The Water-Economic System and its elements by the number of informational outputs about state and controlling inputs is characterized. Functional conception of 4-leveled control system and the device structure is given.