

**ZESZYTY  
NAUKOWE  
POLITECHNIKI  
ŚLĄSKIEJ**

JANUSZ PIOTROWSKI, URSZULA POCIASK

P. 3042/87  
**APARATURA POMIAROWA I TELEMTRYCZNA  
DLA WYPOSAŻENIA SYSTEMU  
WODNO-GOSPODARCZEGO ŚLĄSKA**

**MATERIAŁY INFORMACYJNE O WYNIKACH PRAC**

**INSTYTUTU AUTOMATYKI POL. ŚL. w PR-7.05 w latach 1976-85**

**AUTOMATYKA**

**Z. 87**

**GLIWICE**

**1987**

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 907



JANUSZ PIOTROWSKI, URSZULA POCIASK

P. 3342 / 87

**APARATURA POMIAROWA I TELEMTRYCZNA  
DLA WYPOSAŻENIA SYSTEMU  
WODNO-GOSPODARCZEGO ŚLĄSKA**

**Materiały informacyjne o wynikach prac  
Instytutu Automatyki Politechniki Śląskiej  
w PR-7.05 w latach 1976 – 85**



## SPIS TREŚCI

WSTĘP .....		9
1. OPIS SYSTEMU WODNO-GOSPODARCZEGO I JEGO ORGANIZACJA .....		11
2. KONCEPCJA STEROWANIA W SWG .....		15
2.1. Struktura funkcjonalna .....		15
2.1.1. Podsystem kształtowania i ochrony wód .....		17
2.1.2. Podsystem zaopatrzenia .....		17
2.2. Struktura urzędzeniowa .....		20
3. ALGORYTMY STEROWANIA .....		25
3.1. Algorytmy sterowania w podsystemie zasobów .....		26
3.2. Podsystem zaopatrzenia .....		28
3.2.1. Algorytm optymalnego sterowania w układzie otwartym .....		29
3.3. Obiekty systemu .....		41
3.3.1. Stacje uzdatniania wody (SUW) .....		43
3.3.2. Oczyszczalnie ścieków .....		60
3.3.3. Struktury układów regulacji .....		64
4. OPIS WYPOSAŻENIA SYSTEMU .....		66
4.1. Aparatura pomiarowa .....		67
4.1.1. Przepływomierze .....		67
4.1.2. Poziłomierze .....		80
4.1.3. Przetworniki ciśnienia i ciśnienia różnicowego .....		86
4.1.4. Przetworniki położenia zasuw .....		86
4.1.5. Monitor chloru w wodzie uzdatnionej .....		87
4.1.6. Mętnościomierze .....		89
4.1.7. Monitory jakości wody .....		90
4.1.8. Pomiary opadów i ich intensywności .....		91
4.1.9. Stacje meteorologiczne .....		92
4.1.10. Pomiary mocy i energii .....		92
4.2. Aparatura telemetryczna .....		93
4.2.1. Koncepcja systemu telemetrycznego dla potrzeb SWG .....		93
4.2.2. Stacja telemetryczna ST .....		98
4.2.3. Stacja alarmowa SA .....		102
4.2.4. Stacja mikroprocesorowa MX systemu STA .....		105
4.2.5. Radiowe łącze telemetryczne .....		106
4.2.6. Stacje centralne systemu STA .....		110
4.3. Ośrodki dyspozytorskie .....		111
4.3.1. Stacja zbiorcza SZ-80 .....		112
4.3.2. Stacja centralna SC-80 .....		117
4.3.3. Stacja centralna SC-60 .....		117
4.3.4. Lokalny ośrodek sterowania LOS .....		119
4.3.5. Centrum dyspozytorskie CD .....		120

5. ORGANIZACJA I KOSZTY UKŁADU STEROWANIA .....	123
5.1. Organizacja układu sterowania .....	123
5.2. Koszty układu sterowania .....	125
5.3. Efekty sterowania .....	127
LITERATURA .....	129
STRESZCZENIA .....	134
ZAŁĄCZNIKI : Wykaz prac naukowo-badawczych dotyczących SWG	Z1-Z21

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	9
1. ОПИСАНИЕ ВОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ОРГАНИЗАЦИЯ .....	11
2. КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВХС .....	15
2.1. Структура функциональная .....	15
2.1.1. Подсистема ресурсов и защиты вод .....	17
2.1.2. Подсистема снабжения водой .....	17
2.2. Структура оборудования .....	20
3. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ .....	25
3.1. Алгоритмы управления в подсистеме ресурсов .....	26
3.2. Подсистема снабжения .....	28
3.2.1. Алгоритм оптимального управления в открытой цепи ....	29
3.3. Объекты системы .....	41
3.3.1. Утилизационные станции .....	43
3.3.2. Станции очистки сточных вод .....	60
3.3.3. Структуры цепей управления .....	64
4. ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ .....	66
4.1. Средства измерения .....	67
4.1.1. Расходомеры .....	67
4.1.2. Уровнемеры .....	80
4.1.3. Датчики давления и перепада давления .....	86
4.1.4. Датчики положения клапанов .....	86
4.1.5. Монитор хлора в воде .....	87
4.1.6. Приборы для измерения мутности воды .....	89
4.1.7. Мониторы качества воды .....	90
4.1.8. Приборы для измерения осадков .....	91
4.1.9. Метеорологические станции .....	92
4.1.10. Измерения мощности и энергии .....	92
4.2. Телеметрическая аппаратура .....	93
4.2.1. Концепция телеметрической системы .....	93
4.2.2. Телеметрическая станция СТ .....	98
4.2.3. Контрольная станция СА .....	102
4.2.4. Микропроцессорная станция МХ .....	106
4.2.5. Аппаратура канала связи по радио .....	110



4.2.6. Центральные станции системы СТА .....	II0
4.3. Диспетчерские центры .....	III
4.3.1. Сборная станция СЗ-80 .....	II2
4.3.2. Центральная станция СЦ-80 .....	II7
4.3.3. Центральная станция СЦ-60 .....	II7
4.3.4. Локальный диспетчерский центр ЛОС .....	II9
4.3.5. Диспетчерские центры ЦД .....	II0
5. ОРГАНИЗАЦИЯ И СТОИМОСТЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ .....	I23
5.1. Организация системы управления .....	I23
5.2. Стоимость системы управления .....	I25
5.3. Эффективность управления .....	I27
ЛИТЕРАТУРА .....	I29
РЕЗЮМЕ .....	I34
ПРИЛОЖЕНИЯ: Список исследовательских работ по проблеме ВХС	3I - 32I

# C O N T E N T S

	Page
Introduction .....	9
1. Description of the water-economic system (SWG) and its organization .....	11
2. The controlling idea in SWG .....	15
2.1. The functional structure .....	15
2.1.1. Subsystem for shaping and protecting of waters ..	17
2.1.2. Supplying subsystem .....	17
2.2. Equipment structure .....	20
3. Control-algorithms .....	25
3.1. Control-algorithms in the reserve-subsystem .....	26
3.2. Supplying subsystem .....	28
3.2.1. Algorithm for optimal control in open circuit ..	29
3.3. Objects of system .....	41
3.3.1. Stations for water conditioning (SUW) .....	43
3.3.2. Sewage treatment plants .....	60
3.3.3. The structures of regulation circuits .....	64
4. Description of the system-equipment .....	66
4.1. Measuring apparatus .....	67
4.1.1. Flow-meters .....	67
4.1.2. Level-indicators .....	80
4.1.3. Converter for pressure and for differences of pressure .....	86
4.1.4. Converter for gate valve position .....	86
4.1.5. Chlor-monitor for prepared water .....	87
4.1.6. Turbidimeter .....	89
4.1.7. Water-quality monitors .....	90
4.1.8. Measuring of rainfalls and of rainfalls intensity .....	91
4.1.9. Meteorological stations .....	92
4.1.10. Measuring of power and energy .....	92
4.2. Telemetric apparatus .....	93
4.2.1. The idea of telemetric system .....	93
4.2.2. Telemetric station ST .....	98
4.2.3. Alarm station SA .....	102
4.2.4. Microprocessor-station MX of STA system .....	105
4.2.5. Telemetric radio-link .....	106
4.2.6. Central-stations of STA-system .....	110
4.3. Dispatcher centres .....	111
4.3.1. Collecting station SZ-80 .....	112
4.3.2. Central station SC-80 .....	117
4.3.3. Central station SC-60 .....	117
4.3.4. Local control-point LOS .....	119
4.3.5. Dispatcher-centre CD .....	120
5. Organization and costs of control-circuit .....	123
5.1. Organization of control-circuit .....	123
5.2. Costs of control-circuit .....	125
5.3. Results of control .....	127
Literature-list .....	129
Summary .....	134
Enclosures : List of scientific and research-works concerning SWG .....	Z1-Z21

## WSTĘP

Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych - tytuł Rządowego Programu Badawczo-Rozwojowego w latach 1976-85 to kilka kierunków działalności zmierzających do rozwiązania podstawowych problemów ważnych dla rozwoju kraju. Kierunek 02 obejmował unowocześnienie i rozbudowę systemów informatycznych i kontrolno-pomiarowych ilości i jakości zasobów wodnych, a kierunek 05 opracowanie i wdrożenie pilotowego systemu wodno-gospodarczego na obszarze aglomeracji miejsko-przemysłowej.

Niniejsze opracowanie dotyczy zagadnień realizowanych w kierunku 05, choć tematycznie związanych z kierunkiem 02. Kierunek 05 stwarzał konkretne zapotrzebowanie, stąd taka przynależność formalna.

Opracowanie obejmuje zagadnienia :

- struktury organizacyjnej systemu,
- sterowania systemem i obiektami systemu,
- propozycji wyposażenia systemu w aparaturę pomiarową i telemetryczną.

Dla wielu Czytelników ten przegląd - jak przypuszczamy - będzie inspiracją do zastosowania proponowanych rozwiązań lub będzie przewodnikiem o dalszych materiałach źródłowych do rozwiązania tych zagadnień. Stopień wyczerpania jest zróżnicowany stosownie do dostępnych materiałów katalogowych i innych. Przy wyborze materiału kierowano się względami aplikacyjnymi, a nie naukowymi. Aspekt naukowy uwidocznił się w spisie wykonanych prac badawczych. Naukowy charakter miały publikacje materiałów z czterech konferencji organizowanych w Ustroniu-Jaszowcu w latach 1979, 1981, 1983, 1985, opublikowane w Zeszytach Naukowych Politechniki Śląskiej "Automatyka", zesz.48, 52, 59, 60, 68, 69, 78, 79.

Dziesięcioletni okres prac studialnych i badawczych oraz pierwsze wdrożenia dają powód do stwierdzenia, że :

- przez zastosowanie odpowiednich sterowań można zwiększyć zasoby dyspozycyjne wody, a w podsystemie zaopatrzenia w wodę uzyskać 10-20% obniżkę kosztów pompowania i uzdatniania wody,
- obiekty gospodarki wodnej można wyposażać w aparaturę pomiarową i telemetryczną produkcji krajowej,
- proponowane rozwiązania stanowią znaczny krok w unowocześnienie tego działu gospodarki, choć nie dorównują jeszcze wynikom zagranicznym.



Droga do zastosowania proponowanych rozwiązań jest niestety zbyt długa. Jest to związane z utrudnieniami wyposażenia obiektów istniejących, małą skalą przedsięwzięć i dość długim cyklem inwestycyjnym oraz ciągle nie docenianą potrzebą racjonalizacji gospodarki na podstawie rzeczywistego, kontrolowanego aparaturą pomiarową stanu obiektów. Należy przypuszczać, że wiedza zebrana w okresie funkcjonowania PR-7.05 pozwoli lepiej rozwiązać aktualne problemy.

## 1. OPIS SYSTEMU WODNO-GOSPODARCZEGO I JEGO ORGANIZACJA

Obszar aglomeracji śląskiej charakteryzuje się wysoką dynamiką rozwoju przemysłu i urbanizacji oraz szczupłymi zasobami wodnymi. Równoczesne występowanie wymienionych powyżej czynników powoduje powstawanie w chwili obecnej poważnych ilościowych niedoborów wody oraz silnego zanieczyszczenia zasobów wodnych. Wielokierunkowość działań związanych z dążeniem do pokrycia zapotrzebowania na wodę oraz do zmniejszenia koncentracji zrzutów ładunków zanieczyszczeń stwarza konieczność organizacji systemu wodno-gospodarczego (SWG) [1.1], [5.1], [5.2].

Celem globalnym funkcjonowania systemu jest :

- zapewnienie zasobów wodnych potrzebnych dla ludności i działalności gospodarczej,
- dostarczenie odbiorcom wody w odpowiedniej ilości i o odpowiednich parametrach jakościowych,
- poprawa jakości wód powierzchniowych.

Powyższy cel winien być realizowany poprzez zastosowanie nowoczesnych form organizacyjnych w zakresie zarządzania oraz poprzez wprowadzenie automatyzacji i sterowania w powiązaniu z dotychczasową działalnością inwestycyjną. Sama nazwa system wodno-gospodarczy, funkcje, struktura oraz zasady organizacji zarządzania i sterowania ulegały zmianie w czasie prac nad realizacją programu PR-7.

Zakres terytorialny systemu obejmuje obszar województw katowickiego, bielskiego oraz częściowo opolskiego, częstochowskiego i nowosądeckiego.

Otoczeniem SWG są warunki hydrologiczne, fizjograficzne itp. oraz inne systemy gospodarcze, jak np. górnictwo, energetyka, prowadzące działalność na jego obszarze.

Zakres funkcjonowania systemu wyznaczają działania niezbędne do realizacji celu globalnego. W działaniach tych można wyróżnić następujące grupy :

- planowanie,
- zbieranie informacji,
- kontrola i nadzór,
- sterowanie,
- koordynacja działań.

Zasady organizacji, zarządzania i sterowania SWG ulegały zmianie w trakcie realizacji PR-7. Zmiany te miały na celu wprowadzenie aktualnych wyników prowadzonych prac oraz uwzględnienie sytuacji organizacyjno-prawnej w kraju. Proces kształtowania systemu nie jest zakończony - szczególnie w zakresie struktury zarządzania.

W pracy [1.1] proponuje się powołanie Zarządu Systemu Wodno-Gospodarczego z zachowaniem w nienaruszonej postaci obecnie działających instytucji. Zadaniem Zarządu byłoby integrowanie całokształtu działań dotyczących gospodarki wodnej na obszarze systemu. Struktura systemu sterowania została przedstawiona w pracach [1.1], [1.2], [1.3].

Pierwotne koncepcje sterowania [1.3] przewidywały podział systemu na 3 podsystemy: zasobów, ochrony wód i zaopatrzenia w wodę. W dalszych pracach podsystemy zasobów i ochrony wód zostały połączone w podsystem kształtowania i ochrony zasobów wodnych. Elementami tego podsystemu są:

- zlewnie rzek ze zbiornikami retencyjnymi,
- pompownie i rurociągi przerzutu wody między zlewniami,
- ujęcia wód powierzchniowych dla potrzeb komunalnych, rolnictwa i zakładów przemysłowych,
- obiekty zrzutu ścieków z oczyszczalni komunalnych i zakładów przemysłowych.

Do kontroli stanu obiektów podsystemu kształtowania i ochrony zasobów wodnych przewidziane są:

- posterunki wodowskazowe (część posterunków z pomiarem natężenia przepływu wody),
- posterunki opadowe,
- posterunki monitorowe,
- stacje meteorologiczne,
- punkty pomiarowe do kontroli ujęć wody i zrzutu ścieków przez obiekty komunalne i bardziej uciążliwe zakłady przemysłowe.

Obszar systemu oraz lokalizację większych obiektów podsystemu kształtowania zasobów i ochrony wód pokazano na rys.1.1.

Wielkość podsystemu charakteryzują liczby obiektów i punktów pomiarowych zestawione w tabl.1.1.

Podsystem zaopatrzenia w wodę obejmuje wodociągi zlokalizowane na obszarze województw katowickiego i bielskiego.

Elementami podsystemu są:

- ujęcia wody,
- stacje wodociągowe i stacje uzdatniania wody (SUW).

Na rys.1.2 oraz 1.3 przedstawiono podsystem zaopatrzenia. Do większych obiektów podsystemu zaopatrzenia należą:



Województwo katowickie :

S U W - Goczałkowice, Kobiernice, Dzieńkowice, Maczki, Będzin, Kuźnica Warczyńska, Kozłowa Góra, Bibliela, Tarnowskie Góry, Zawada Gliwice, Strumień, Olkusz.

Z b i o r n i k i : Zagórze, Grodziec, Łosień, Warpie, Mikołów, Czarny Las, Chorzów, Murcki, Paprocany, Urbanowice, Piekary, Stolarzowice, Libiąż, Trzebinia, Małobądz, Kromóżów, Rokitnica, Rogoźnik, Bytków, Bojków, Orzesze, Pszów, Załęska Hałda, Traugutt, Chełm, Imielin, Chrzanów, Racibórz, Maślachowice.

P o m p o w n i e : Zagórze, Mikołów, Paprocany, Urbanowice, Czarny Las, Chorzów, Stolarzowice, Rybnik

S t a c j e w o d o c i ą g o w e : Bańgów, Rozalia, Brzezinka, Imielin, Będzin, Małobądz, Maciejów, Szalsza, Racibórz, Strzybnik, Matylda, Trzebianka, Borowno, Siersza, Borowe Pole, Porkoszowice, Poręba.

P a w i l o n y z a s u w : Chudów, Żory, Rybnik, Pawłowice, Piekary Bańgów, Dańdówka, Katowice-Dąb, Czułów.

Województwo bielskie :

S U W : Soła I , III , Międzyrzecze, Brenna, Podgórze-Cieszyn, Wisła-Czarne, Wisła Malinka, Żywiec, Sporysz, Węgierska Górka, Wadowice, Swinna Poręba, Maków Podhalański, Oświęcim, Wapiennica, Zasole, Zaborze, Sucha Beskidzka, Andrychów, Ochaby.

Z b i o r n i k i : Lipnik, Złote Łany, Aleksandrowice, Komorowice - Swierkowice, Mazańcowice, Szczyrk, Cieszyn, Skoczów, Żywiec, Góra Grójecka, Oświęcim, Kalwaria Zebrzydowska.

P o m p o w n i e : Złote Łany, Aleksandrowice, Stare Bielsko, Lipnik, Grójec, Oświęcim

S t a c j e w o d o c i ą g o w e : Szczyrk, Soła II

P a w i l o n y z a s u w : Bielsko Nr 1 i nr 2 .

## CHARAKTERYSTYKA PODSYSTEMU KSZTAŁTOWANIA ZASOBÓW I OCHRONY WÓD SWG

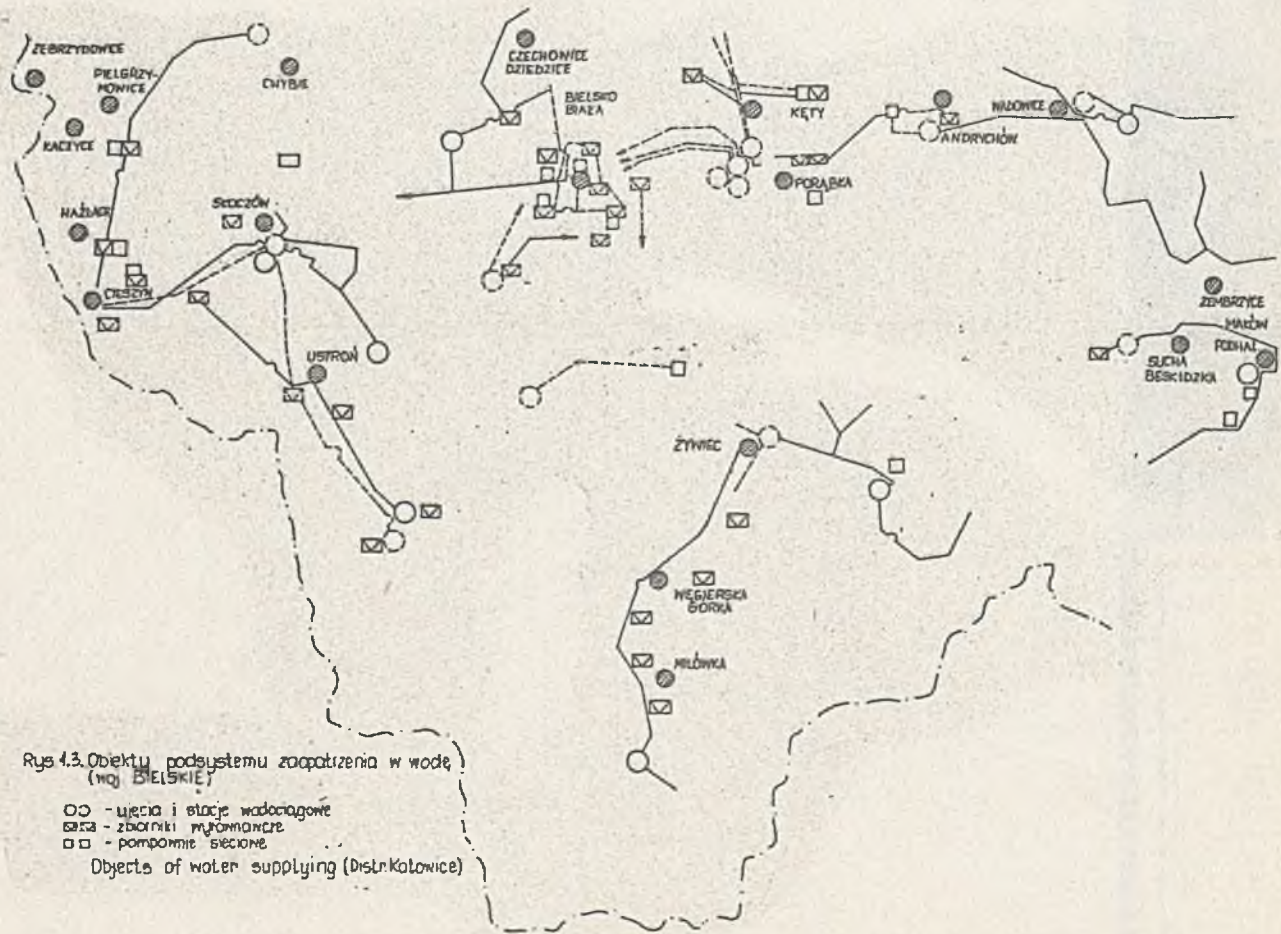
Podano liczby obiektów (w nawiasie posterunków wodowskazowych + także pomiar natężenia przepływu)

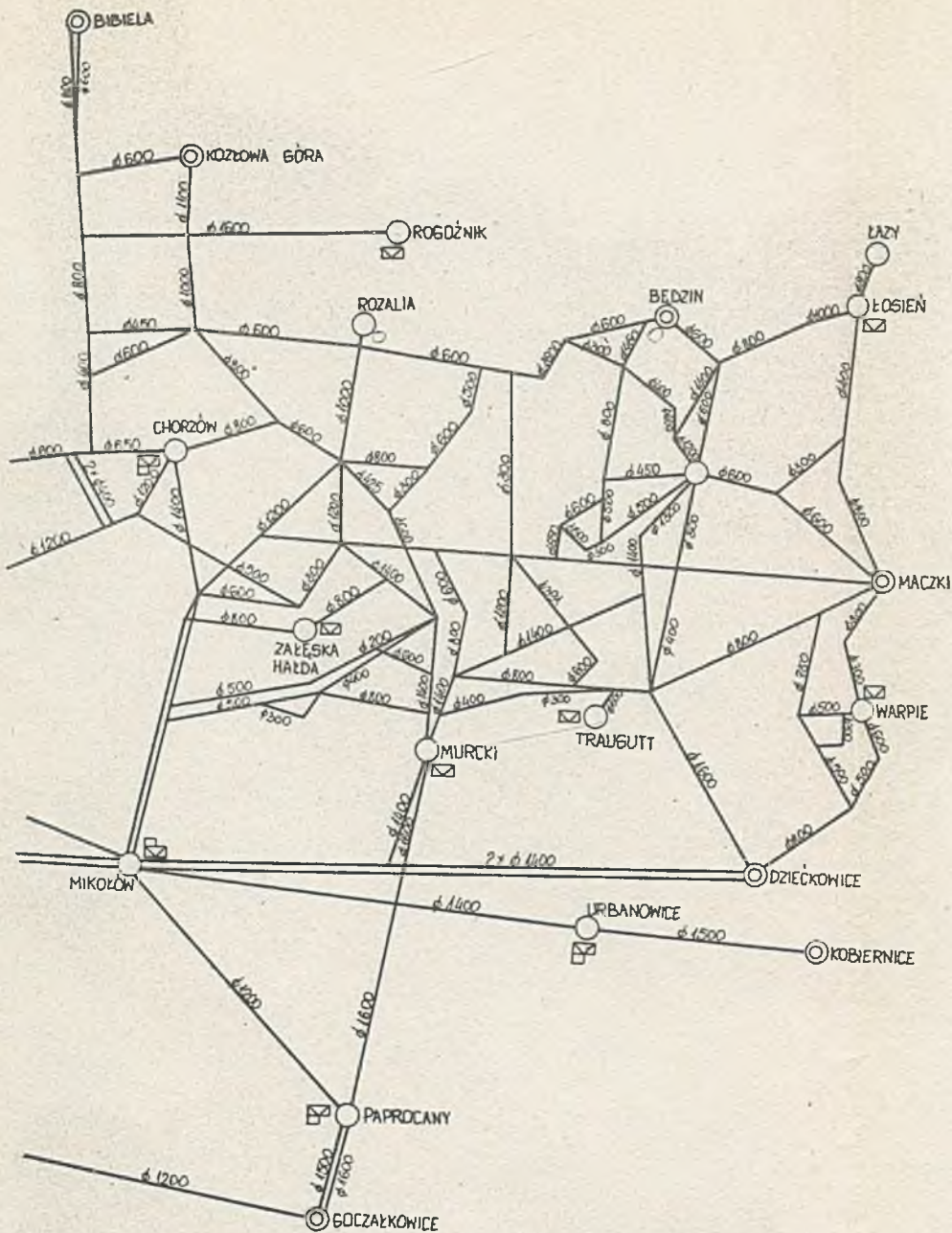
Nr stacji zbiorczej	Lokalizacja	Zbiorn. retencyjne	Prze-rzuty wody	Komunalne ujęcia wód powierzchniowych	Ujęcia wód powierzchniowych dla zakładów przemysł	Posterunki wodowskazowe	Posterunki opadowe	Stacje meteorologiczne	Posterunki monitorowe
1	Goczałkowice	5	2	8	2	5 (3)	5	-	3
2	Bielsko-Biała	2	-	5		2 (1)	-	-	3
3	Żywiec	11	1	8	8	16 (5)	15	1	1
4	Świnna Poręba	6	2	10	2	10 (3)	4	4	1
5	Oświęcim	1	3	1	4	3 (3)	-	-	3
6	Bojszowy								
7	Łąka	2	1	-	4	2	1	-	2
8	Dzieńkowice	2	4	1	2	-	-	-	1
9	Szczakowa	3	4	1	8	2	-	-	-
10	Przeclisce	4	4	2	9	4 (1)	1	-	4
11	Kozłowa Góra	2	1	1	3	3 (1)	4	1	3
12	Jastrzębie	3	-	2	5	7	2	-	3
13	Racibórz	1	-	-	10	4 (3)	1	1	7
14	Rybnik	2	-	-	4	4 (1)	3	-	3
15	Dzierżno	3	-	-	8	6 (2)	5	1	5
	R a z e m	39	11	39	69	68 (23)	41	4	39











Rys. 1.2 Obiekty podsystemu zaopatrzenia w wodę (woj. KATOWICKIE)

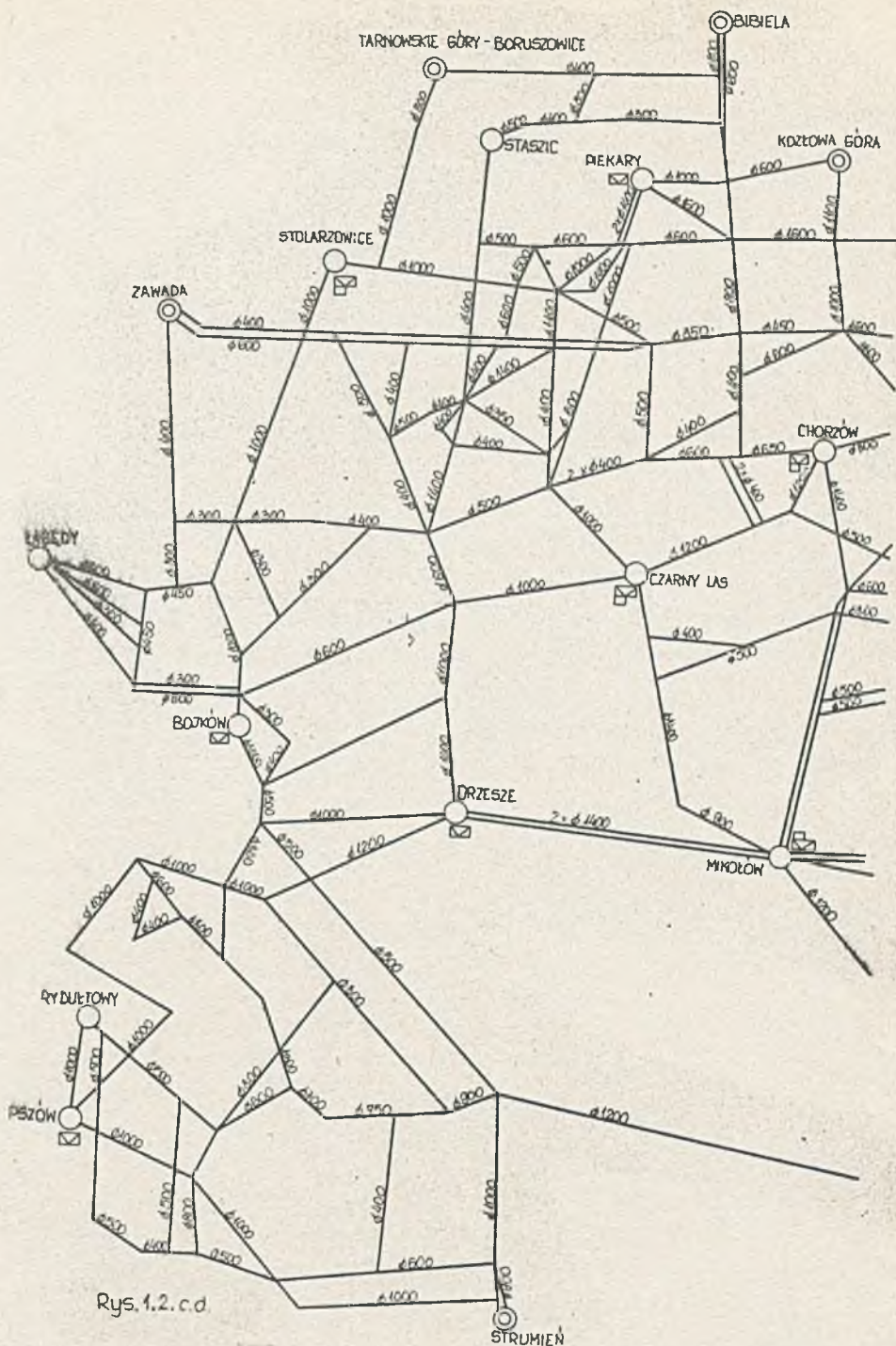
○ - ujęcia i stacje wodociągowe

⊠ - zbiorniki wyłównawcze

□ - pompownie sieciowe

Objects of water supplying subsystem (Distr. Katowice)







## 2. KONCEPCJA STEROWANIA W S W G

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

- elementy systemu wodno-gospodarczego, ich rodzaj, zadania funkcjonalne i cele formułowane dla całego systemu i dla elementów,
- horyzont czasowy obejmowany w decyzjach sterowania,
- lokalizacja i zasięg terytorialny.

Wyróżnia się dwie struktury układu sterowania systemu SWG :

- struktura funkcjonalna - obejmuje uporządkowanie zadań wg hierarchii ważności, podział zadań na zadania stawiane systemowi i elementom systemu, określenie współzależności zadań itp. Zróżnicowanie zadań uwidocznia się w postaci hierarchii poziomów sterowania,
- struktura urządzeniowa - obejmuje lokalizację urządzeń pomiarowych, regulacyjnych, przetwarzania i zbierania informacji, dobór tych urządzeń do źródeł i odbiorców informacji oraz sieci łączności.

### 2.1. Struktura funkcjonalna

Przy określaniu struktury funkcjonalnej muszą być brane pod uwagę dwa czynniki :

- 1) hierarchia zadań sterowania i koordynacja zadań poszczególnych obiektów,
- 2) struktura organizacyjna zarządzania obiektami systemu.

Celem funkcjonowania systemu sterowania jest realizacja globalnego zadania SWG przy równoczesnym optymalnym wg kryteriów kosztów funkcjonowaniu obiektów.

Z przedstawionego powyżej celu wynikają następujące zadania szczegółowe :

- zaspokojenie potrzeb ilościowych i jakościowych odbiorców wody w czasie rzeczywistym i w pewnej przyszłości,
- minimalizacja kosztów pompowania wody,
- minimalizacja kosztów produkcji wody,

- minimalizacja kosztów transportu wody,
- zapobieganie skutkom awarii i innych zakłóceń,
- zbieranie informacji dla potrzeb sterowania, nadzoru i kontroli pracy obiektów oraz planowania eksploatacji, remontów i rozwoju systemu.

Struktura organizacyjna zarządzania obiektami SWG jest skomplikowana. Istnieją koncepcje dotyczące obszaru aglomeracji katowickiej i bielskiej, nie mają one jednak charakteru ostatecznego [2.1]. Klasyfikując obiekty SWG i przyporządkowując im zadania sterowania otrzymuje się 4-poziomą hierarchiczną strukturę układu sterowania [1.1] [1.2] .

Poziom najniższy I to sterowanie grupami urządzeń takich jak : filtry, pompy, zasowy w dużych obiektach lub sterowanie całym lub małymi obiektami zwykle bez obsługi, np. zbiornikami retencyjnymi w zlewni.

Poziom II zawiera sterowanie obiektami odpowiednich podsystemów. W podsystemie zasobów i ochrony wód są to zlewnie rzek. W podsystemie zaopatrzenia w wodę są to : stacje uzdatniania wody, przepompownie, zbiorniki terenowe, sieci magistralne, wodociągi małych miast jako całość.

Poziom III sterowania obejmuje cały SWG z podziałem na podsystemy.

Poziom IV obejmuje zadania koordynacji podsystemów SWG z innymi systemami działającymi na terenie aglomeracji śląskiej, takimi jak energetyka, górnictwo, żegluga itd.

Sterowanie SWG będzie realizowane z różnym horyzontem czasowym :

- horyzont perspektywiczny,
- horyzont 2-5 lat (zasobów 10 lat) - projektowanie i realizacja inwestycji,
- horyzont 1 + 24 miesięcy - planowanie gospodarki zasobami, remontami obiektów,
- horyzont 1 + 30 dni - planowanie pracy obiektów,
- horyzont 1 + 24 godzin - sterowanie w czasie rzeczywistym.

Prace wykonane w PR-7 przewidują scentralizowaną strukturę sterowania. Za jej utrzymaniem przemawiają następujące czynniki :

- system wodno-gospodarczy winien mieć tylko jeden organ decyzyjny podejmujący decyzje o wzajemnym współdziałaniu pomiędzy obiektami gospodarki wodnej (obecnie podległymi ODGW i częściowo WPWiK), a obiektami zaopatrzenia w wodę odbiorców (obecnie podległymi WPWiK),
- nie można przeprowadzić dekompozycji zadania optymalizacji dla wszystkich obiektów ze względu na istniejące sprzężenia między obiektami i nieliniowość modeli obiektów.



### 2.1.1. Podsystem kształtowania i ochrony wód

Poziom III sterowania w podsystemie kształtowania i ochrony zasobów wodnych realizuje zadania :

- kontroli sterowania przerzutami wody między zlewniami,
- opracowywanie prognoz długoterminowych dopływu wody do zbiorników retencyjnych na okres 12 tygodni z krokiem 1-tygodniowym,
- opracowywania prognoz krótkoterminowych (48 godz.) dopływu wody do zbiorników na podstawie pomiarów opadów,

Zadanie to wykonywane przez poziom III po zebraniu doświadczeń i uproszczeniu algorytmów do modeli regresyjnych może być przeniesione na poziom II. Gdy poziom III będzie dysponował odpowiednią mocą przetwarzania informacji, to realizacja będzie obejmowała :

- badania i próby nowych algorytmów rozrządu zasobów, w szczególności z uwzględnieniem jakości wód,
- zbieranie informacji z całego podsystemu - archiwizowanie i wydawanie komunikatów informacyjnych,
- kontrolę i nadzór rozrządu zasobów w stanach normalnych i w stanach powodziowych ; w stanach deficytu zasobów wody sterowanie rozrządem,
- sterowanie zrzutami ścieków w stanach przekroczenia dopuszczalnych ładunków zanieczyszczeń.

Do zadań poziomu II należy utrzymanie każdego z obiektów w określonym stanie, tzn. :

- sterowanie pracą zbiorników retencyjnych wg instrukcji (sterowanie retencją, przygotowaniem rezerwy powodziowej, odpływem wód ze zbiorników, zrzutem wody w stanach powodziowych),
- kontrola poborów wody przez odbiorców,
- sterowanie przerzutami wody między zlewniami,
- sporządzanie prognoz dopływu wody do zbiorników na podstawie pomiarów opadów (w II etapie),
- odbieranie alarmów o stanach zagrożenia powodzią i wydawanie ostrzeżeń i komunikatów w tym zakresie.

Na poziomie I jest realizowane :

- bezpośrednie sterowanie upustami zbiorników retencyjnych,
- bezpośrednie sterowanie pompami w przepompowniach przerzutu wody między zlewniami.

### 2.1.2. Podsystem zaopatrzenia

Poziom III stanowi najwyższy rangą ośrodek sterowania dla podsystemu zaopatrzenia. Pełni on funkcje [1.2] :

- nadzoru nad pracą całego podsystemu,

- sterowania pracą systemu w czasie rzeczywistym w stanach normalnej i awaryjnej pracy,
- zbierania i gromadzenia informacji o stanie systemu.

Funkcje nadzoru nad pracą całego systemu wodociągowego realizuje przez :

- zbieranie informacji o stanie systemu z częstotliwością wynikającą z algorytmu sterowania (od kilkudziesięciu minut do godziny),
- przyjmowanie meldunków o stanach urządzeń w poszczególnych obiektach nadawane z poziomu II,
- przyjmowanie meldunków o stanie zaspokojenia odbiorców nadawane przez poziom II.

Sterowanie w czasie rzeczywistym podsystemem zaopatrzenia poziom III realizuje poprzez :

- opracowywanie godzinowych harmonogramów pracy dla poszczególnych obiektów z horyzontem 1 doby,
- kontrolę realizacji harmonogramów poprzez zbieranie informacji o stanie obiektów,
- opracowywanie planów perspektywicznych z horyzontem 1 tygodnia, 1 miesiąca, 1 roku,
- opracowywanie planów zapotrzebowania na materiały technologiczne,
- uaktualnienie godzinowych harmonogramów pracy obiektów w przypadku awarii lub innych zakłóceń.

Dla obiektów, których praca posiada decydujące znaczenie dla poprawnego funkcjonowania całego systemu z poziomu III, przekazywane są szczegółowe godzinowe harmonogramy pracy poszczególnych grup urządzeń w danym obiekcie. Do tych obiektów zalicza się : stacje uzdatniania wody o dużej wydajności, duże pompownie współpracujące z rurociągami magistralnymi, zbiorniki terenowe o dużej pojemności, ważniejsze węzły sieci.

Dla obiektów mniejszych o prostej technologii poziom III przekazuje jedynie godzinowy harmonogram wydajności całego obiektu. Realizacja zadanego harmonogramu oraz dobór punktów pracy urządzeń należą do poziomu II i I.

Ze względu na złożoność zadań sterowania poziomu III wymagany jest podział funkcji na warstwy sterowania, optymalizacji i adaptacji. W warstwie optymalizacji występują dwa zadania : optymalizacja statyczna i dynamiczna.

Optymalizacja dynamiczna obejmuje planowanie wydajności systemu na podstawie prognoz o zapotrzebowaniu, jakości i ilości wody w poszczególnych ujęciach. Wyniki optymalizacji dynamicznej będą wykorzystywane przez optymalizację statyczną.

Do zadań poziomu II należy sterowanie obiektami na bazie harmonogramów otrzymanych z poziomu III. Sterowanie to jest realizowane poprzez :



- przyjmowanie harmonogramów obiektów oraz innych dyspozycji przekazywanych z poziomu III,
- nadzór nad realizacją harmonogramów,
- zbieranie informacji pomiarowych,
- przekazywanie do poziomu III informacji niezbędnej do opracowania harmonogramów o kontroli stanu systemu,
- wykrywanie stanów awaryjnych i podejmowanie decyzji w przypadku awarii.

Ponadto na poziomie II jest prowadzona :

- kontrola stanu zaspokojenia zapotrzebowania na wodę odbiorcy,
- prowadzenie rozliczeń z podległymi odbiorcami,
- ograniczanie poborów wody dla odbiorców limitowanych,
- przekazywanie raportów dobowych do poziomu III,
- przyjmowanie raportów dobowych do dyspozytorów obiektów,
- rejestracja i przechowywanie wyników pomiarów, meldunków.

Stopień szczegółowości dobowych harmonogramów przekazywanych z poziomu III zależy od wielkości, złożoności i znaczenia danego obiektu w podsystemie. Dla obiektów o dużej wydajności i złożonej technologii harmonogram określa sposób pracy poszczególnych grup urządzeń w każdej godzinie doby.

Dla pozostałych obiektów przekazywany jest jedynie harmonogram ich godzinowych wydajności.

Na poziomie II na podstawie godzinowego harmonogramu prognoz poboru wody przez sieć miejską przekazywanego z poziomu III wyznaczone są punkty pracy takich obiektów, jak : hydrofarmy, zbiorniki sieciowe, przepompownie sieciowe.

Z poziomu II przekazywane są harmonogramy pracy na poziom I. Na poziom II przekazywane są informacje niezbędne do kontroli pracy obiektów. Ponadto z poziomu II przekazywane są raporty dobowe zawierające :

- produkcję netto i brutto : SUW, stacji wodociągowych i przepompowni,
- zużycie i zapotrzebowanie chemikaliów,
- zużycie energii elektrycznej,
- wyniki badań laboratoryjnych wody surowej i uzdatnionej,
- informacje o stopniu zaspokojenia potrzeb odbiorców,
- bilanse dobowe i godzinowe określające ilość wody pobranej z sieci magistralnej.

Na poziomie I realizowane jest bezpośrednie sterowanie takimi urzą-

dzeniami, jak : filtry, pompy, zasowy, hydrofornie, studnie itd.

Struktura funkcjonalna zależy w pewnym stopniu od organizacji SWG. Do czasu określenia struktury organizacyjnej SWG nie można ustalać szczegółowych zaleceń do struktury funkcjonalnej.

## 2.2. Struktura urzędzeniowa

Realizacja techniczna koncepcji sterowania wymaga wyposażenia SWG w aparaturę kontrolno-pomiarową, regulacyjną, urządzenia zbierania i przetwarzania informacji oraz sieć łączności. Wybór rozwiązań technicznych musi uwzględniać :

- możliwość realizacji funkcji wynikających z koncepcji funkcjonalnej, technologii obiektów i algorytmów sterowania,
- etapowość realizacji systemu sterowania,

Pierwsza koncepcja wyposażenia została opracowana w 1975 r. [1.3] , a następnie rozszerzona w 1976 r. do obecnego zakresu działalności systemu wodno-gospodarczego [2.1] . W okresie tym nie były jeszcze znane algorytmy sterowania obiektami systemu i podsystemu. Koncepcję wyposażenia obiektów wzorowano na rozwiązaniach zagranicznych, przy czym udział aparatury importowanej szacowano na 90 % [2.1] . W miarę upływu czasu uściślano wymagania funkcjonalne sterowania systemem i jego obiektami. Równolegle trwały prace nad aparaturą, której większość w obecnej chwili może być produkowana w kraju (rozdz.4).

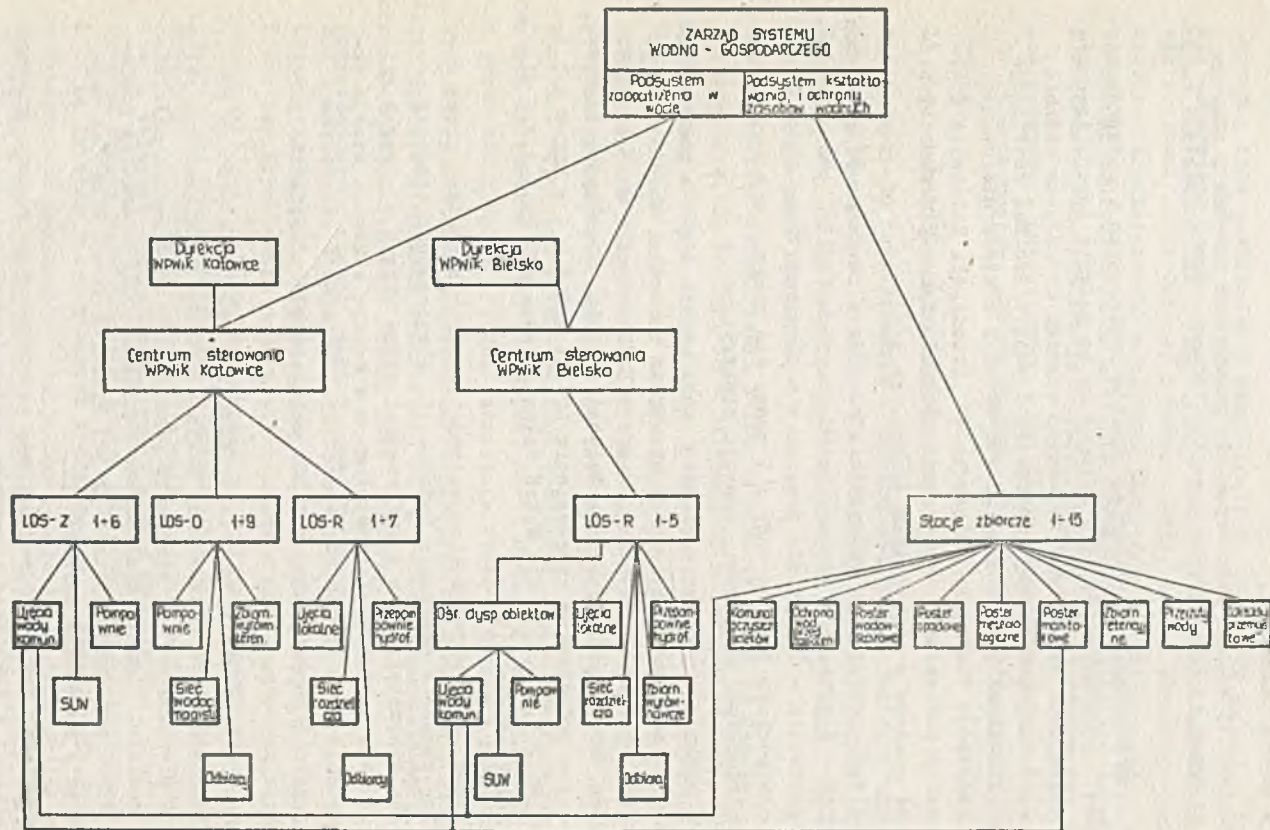
Etapy realizacji systemu nie zostały dotychczas jednoznacznie określone. Powstawanie systemu wiąże się z inwestycjami wyposażania obiektów systemu w urządzenia do zbierania i gromadzenia informacji. Inwestycje takie są już podejmowane przez niektóre przedsiębiorstwa zarządzające obecnie obiektami, tzn. WPWiK Katowice (Inwestycja "Wodociąg Dzieckowice" CDGW Gliwice, ODGW Kraków.

W istniejących realiach ograniczających przewiduje się strukturę przedstawioną na rys.2.1.

Zróżkami informacji są punkty pomiarowe zlokalizowane na obiektach lub w terenie. Informacje wysyłane grupowane są w węzłach koncentracji informacji. W podsystemie zasobów i ochrony wód rolę tę pełnią stacje zbiorcze.

W podsystemie zaopatrzenia oddzielnie potraktowano jako subsystemy WPWiK Katowice i WPWiK Bielsko-Biała. Dla każdego poziomu sterowania został przyporządkowany ośrodek dyspozytorski : centrum sterowania CS (poziom III), lokalny ośrodek sterowania LOS (poziom II) i dyspozytornia obiektów (poziom I). Ze względu na funkcje określone rodzajem sterowanych obiektów wyróżnia się : LOS-Z lokalny ośrodek sterowania zakładem produkcji wody ; LOS-O - lokalny ośrodek sterowania oddziałem sieci





Rys.2.1. Struktura układu sterowania systemem. The controlling-structure of system

magistralnej ; LOS-R - lokalny ośrodek sterowania rejonem dystrybucji wody.

Wykaz obiektów podlegających poszczególnym ośrodkom sterowania znajduje się w części pierwszej.

Przewidziano 15 stacji zbiorczych dla podsystemu zasobów i ochrony wód oraz 12 LOS-Z, 4 LOS-O, 12 LOS-R [1.1] [2.1] dla podsystemu zaopatrzenia.

Obecny stan prac nad wyposażeniem punktów pomiarowych i ośrodków sterowania jest bardzo zróżnicowany. Wpłynął na to głównie rozwój inwestycji na obszarze SWG. Stosunkowo najlepiej zostały wyczerpane zadania dotyczące aparatury pomiarowej (rozdz.4). Trwają prace nad realizacją wyposażenia lokalnych ośrodków dyspozytorskich i centrum sterowania objętych inwestycją "Wodociąg Dzieńkowice" (rozdz.4). Zalecenia dotyczące aparatury pomiarowej, wyposażenia ośrodków dyspozytorskich i sieci łączności zawarte w materiałach źródłowych :

- częstotliwość pomiaru : w podsystemie zasobów i ochrony wód w stanach normalnych - 2 godz. ; w stanach powodziowych - 1 godz. ; w podsystemie zaopatrzenia - 15 min dla poziomu w zbiornikach i na ujęciach ; 30 min dla pomiaru jakości wody ; 1 godz. dla pomiaru ciśnienia, natężenia przepływu, objętości, energii elektrycznej ;
- ciągłość pracy - wymagania ciągłej pracy stawia się : w podsystemie zasobów i ochrony wód posterunkom alarmowym opadowym, wcdowskazowym, monitorowym oraz kontroli pracy obiektów bez obsługi ; stacje zbiorcze Żywiec, Goczałkowice, Swinna Poręba, Bielsko, Przeczyce, Racibórz, Dzierżno ; w podsystemie zaopatrzenia LOS-Z1,2,3,4,5,6 ; LOS-O 1,2,3, 4 ; LOS R1,2,3,4,5,6,7 dla WPWiK Katowice oraz LOS R1,2,3,4,5 dla WPWiK Bielsko-Biała [1.1] ;
- niezawodność - wymaganie niezawodności określone zostało przez dopuszczalną zwłokę w odebraniu informacji. Niesprawność urządzeń pomiarowych, telemetrycznych i informatyki można wykryć w ciągu 1 cyklu. W punktach pomiarowych wyposażonych w stacje alarmowe stacja okresowo melduje stan sprawności aparatury. Dla stacji zbiorczych i LOS należy zapewnić funkcjonalną rezerwę polegającą na możliwości przejęcia funkcji przez sąsiedni ośrodek ;
- dokładność - wymaganie to było przedmiotem studiów w pracach PR-7.05. Przeanalizowano wpływ dokładności pomiaru poziomu w zbiornikach retencyjnych i sieciowych oraz natężenia przepływu w rurociągach na efektywność pomiaru. Ponadto analizowano rozmieszczenie aparatury pomiarowej w sieci wodociągowej tak, by jej liczba i koszt były jak najmniejsze przy założonej dokładności.

W podsystemie zasobów i ochrony wód wytyczne co do rodzaju mierzonych wielkości i lokalizacji punktów pomiarowych są wystarczające.



W podsystemie zaopatrzenia w wodę istnieją 2 źródła wytycznych : WFWiK Katowice dla zadania XXV inwestycji "Wodociąg Dzieckowice" obejmującego obszar ww. WFWiK oraz Hydroprojektu O.Katowice dla wodociągów woj. katowickiego i bielskiego [1.1] [2.1] .

Obecnie trwa realizacja I etapu (do roku 1990). Ma on objąć [2.1] :

- dla podsystemu kształtowania i ochrony zasobów wodnych : oprzyrządowanie zlewni rzeki Czarnej Przemszy, Soły, budowa około 20 przepływomierzy ultradźwiękowych w rzekach jako obiektów pilotujących, budowa 10 stacji monitorowych do kontroli jakości wód powierzchniowych i ścieków zrzucanych z oczyszczalni, budowę stacji centralnej ;
- dla podsystemu zaopatrzenia : LOS Z1 Goczałkowice, LOS Z2 Czaniec, LOS Z6 Dzieckowice, LOS O2 Mikołów, LOS R6 Tychy oraz centrum sterowania.

II etap (do 1995 r.) ma objąć :

- dla podsystemu kształtowania i ochrony wód stacje zbiorcze SZ1-Goczałkowice, SZ4 - Swinna Poręba, SZ5 - Oświęcim, SZ7 - Dzieckowice, SZ 11 Kozłowa Góra, SZ 14 Rybnik, SZ 15 - Dzierżno, SZ6 - Łąka, SZ8 - Bojszowy (obiekt wód słonych) ;
- dla podsystemu zaopatrzenia : LOS Z3 - Maczki, LOS Z4 Zawada, LOS Z5 Kozłowa Góra, Z7 Będzin, Z8 - Bibiela, Z9 - Tarnowskie Góry, Z11 Gliwice Łabędy, Z12 Strumień, LOS O1 Zagórze, LOS O3 Piekary, LOS O4 Orzesze, LOS R1 Katowice, LOS R2 Chrzanów, LOS R3 Chorzów, LOS R4 Sosnowiec, LOS R5 Gliwice, LOS R7 Wodzisław, R8 Bytom, R9 Rybnik, LOS R1 WFWiK Bielsko-Biała (ma to być ośrodek wspólny z SZ2).

Etap III (po roku 2000) obejmuje pozostałe stacje zbiorcze nowo zbudowanych zbiorników SZ-9 Szczakowa, SZ-13 Racibórz, SZ-12 Jastrzębie oraz pozostałe lokalne ośrodki sterowania WFWiK Katowice i Bielsko-Biała.

Projekt wyposażenia poszczególnych ośrodków sterowania w I etapie nie został jeszcze w całości zakończony. Dla podsystemu kształtowania i ochrony zasobów wodnych stan obecny jest następujący :

- Oprzyrządowanie zlewni rzeki Czarnej Przemszy :

Inwestorem przedsięwzięcia ma być ODGW Gliwice. Projekt techniczny i dostawy wyposażenia mają realizować MERA ZAP Ostrów Wlkp. i Instytut Automatyki Pol.Śl. Inwestor określił lokalizację dwóch stacji zbiorczych, tzn. w siedzibie ODGW w Gliwicach i w siedzibie kierownictwa zbiornika Przeczyce. Większość stacji zdalnych będzie połączona ze stacją zbiorczą łączami radiowymi w pasmie UKF 400 MHz. Sieć teletryczna będzie zawierała : 8 stacji zdalnych na łączach radiowych i 18 na łączach telefonicznych komutowanych, 1 stację pośredniczącą w Przecyzach zawierającą stację bazową dla sieci radiowej, 1 stację sprzęgającą sieć telefoniczną z radiową w Będzinie, 1 stację zbiorczą typu SZ-80 zlokalizowaną w Gliwicach (pkt 4).

- Oprzyrządowanie zlewni rzeki Soły. Pierwotna koncepcja wyposażenia zlewni Soły została opracowana przed 10 laty. Aktualna obejmuje 56 punktów pomiarowych, 4 lokalne sieci radiowe ze stacjami bazowymi w Rajczy, Jeleśni, Oświęcimiu i Szczyrku oraz stację zbiorczą w Żywcu.
- Budowa przepływomierzy ultradźwiękowych w rzekach.

Na podstawie opracowanych przez IMiGW charakterystyk hydrologicznych ustalono wykaz punktów zalecanych do budowy przepływomierzy oraz opracowano program przedsięwzięcia budowy stacji monitorowych do kontroli jakości wód powierzchniowych i ścieków. Obecnie na terenie SWG nie funkcjonuje żadna stacja monitorowa. Budowane w kraju takie punkty pomiarowe z różnych względów ulegały szybkiemu unieruchomieniu. Z tego względu zaleca się uruchomienie najpierw sieci pilotującej obejmującej 10 stacji monitorowych.

Dla podsystemu zaopatrzenia inwestorem I etapu jest WFiK Katowice. Koncepcję wyposażenia opracował Instytut Automatyki [2.3]. Obejmuje ona zalecenia wyposażenia punktów w aparaturę, zalecenia wyposażenia ośrodków dyspozytorskich, określenie rodzaju stacji zdalnych dla każdego punktu, koncepcję urzędzeniową sieci radiotelemetrycznych, opracowanie zaleceń gospodarki aparaturą, napraw i eksploatacji, algorytmy rejestracji i przetwarzania danych. Wyposażenie SWG w II i III etapie rozwoju trudno jest określić ze względu na duży horyzont czasowy. Należy się spodziewać, że stosunkowo najmniejsze zmiany będą dotyczyć aparatury pomiarowej. Natomiast urządzenia łączności i wyposażenia ośrodków sterowania ulegną całkowitej zmianie.



### 3. ALGORYTMY STEROWANIA

Spośród kilku funkcji SWG wymienionych w rozdz.1 w tej części opracowania przedstawia się funkcję sterowania całym systemem i obiektami SWG. Dotychczas problem taki nie był stawiany, gdyż obiekty systemu budowane były dla spełnienia węższych celów niż cel stawiany systemowi i wymaganie współpracy obiektów miało inny sens. Dopiero w okresie realizacji prac PR-7.05 zaczęto uwzględniać sterowalność projektowanych i budowanych obiektów, a planując rozwój systemu, formułowano zasady sterowania.

Jednym z czynników powodujących podział SWG na podsystemy są zasady sterowania. W podsystemie zasobów zasady sterowania formułowane są dla bardzo długiego horyzontu czasu, a dyspozycje sterowania realizowane w postaci pozwoleń wodno-prawnych na pobór wody mają stały charakter. Jednostką planowania rozrządu wód jest 10 dni (1 miesiąc). W podsystemie zaopatrzenia zakłócenia i decyzje sterowania dotyczą horyzontu czasu 1 doby (1 tygodnia), a jednostka planowania pracy obiektów wynosi 1-4 godzin.

Koordinacja sterowań między podsystemami zasobów i zaopatrzenia ma nierównoprawny charakter. Dominującą rolę gra podsystem zasobów. Sterowania wydawane przez podsystem zasobów są ograniczeniami na sterowania w podsystemie zaopatrzenia.

Przedstawiane poniżej algorytmy sterowania mają różny stopień wdrożenia. Algorytmy sterowania dla podsystemu zasobów zostały wprowadzone do instrukcji eksploatacji, ale nie wszystkie instrukcje dotychczas zostały zatwierdzone. W podsystemie zaopatrzenia część algorytmów zalecono zastosować w ramach inwestycji Wodociąg Dzieckowice. Zastosowanie tych algorytmów ograniczają: niesterowalność systemu wodociągowego wskutek za małych zasobów dyspozycyjnych wody w stosunku do zapotrzebowania (uruchomienie SUW Dzieckowice winno ten stan zmienić) oraz brak wyposażenia obiektów w aparaturę pomiarową, przez co nie znane są rzeczywiste charakterystyki obiektów i brak jest danych o stanie systemu, według których można sterować. Prezentowane algorytmy badano dla danych zaczerpniętych z projektów tych obiektów oraz orientacyjnych danych o średnich poborach wody i rozpływach, które są stosowane do opracowań projektowych. Na przykład brak jest danych o dobowym rozkładzie poborów wody przez użytkowników.

### 3.1. Algorytmy sterowania w podsystemie zasobów

W podsystemie zasobów steruje się pracą :

- zbiorników retencyjnych,
- przerzutami wody między zlewniami,
- zrzutem ścieków do zlewni.

Dla pojedynczych zbiorników w zlewni algorytmy sterowania dostosowane są do zadania, dla którego zbiornik budowano. Jest to zwykle retencja wody dla odbiorców i ochrona przeciwpowodziowa zlewni. W stanach normalnych maksymalną retencję uzyskuje się przez minimalizację zrzutów jałowych ze zbiornika.

W SWG występują przerzuty wody między zlewniami, a wówczas sterowanie jest bardziej złożone. Do wyznaczenia sterowań zastosowano zasadę wyczerpywania zasobów ze współpracujących zbiorników w proporcji do ich udziału w zasobach całkowitych. Dąży się do utrzymania tej proporcji przez przerzuty wody między zlewniami, a przy zmniejszaniu się zasobów ogranicza się pobory wody przez odbiorców. Zasady sterowania określone są następująco [3.15] :

1. Sterowania ustala się dla wszystkich współpracujących zbiorników :
  - a) do 1995 : zlewnie rzek M. Wisły, Soły i Skawy ze zbiornikiem Dzieńkowice oraz niezależnie zlewni rzek Czarnej Przemszy i Brynicy,
  - b) w latach 1996-2005 zlewnie rzek M. Wisły, Soły, Skawy, Przemszy i Brynicy,
  - c) po 2005 r. system dodatkowo zasilany będzie przerzutem wody z Dunajca.
2. W sterowaniach poborami i przerzutami wody wyróżnia się 2 fazy sterowania :
  - a) faza I, gdy zasoby wody w zbiornikach są większe od ustalonej wartości,
  - b) faza II, gdy zasoby są mniejsze od ustalonej wartości.
3. Dla każdej z faz określa się odpływy wyrównane z systemu i z poszczególnych zbiorników wg podanych proporcji oraz przerzuty wody między zlewniami. Odpływy odpowiednio się koryguje, gdy nie są spełnione ograniczenia.
4. Sterowania wyznacza się 1 raz na dobę w obecnym stanie i co 2 godziny (6 godzin) po wyposażeniu obiektów w aparaturę pomiarową. Do wyznaczenia sterowań uwzględnia się prognozę dopływu wody do zbiorników.
5. Kcmunalne ujęcia wody winny pracować elastycznie z dopuszczalnymi odchyłkami od poboru wyrównanego do 20%, stosownie do zapotrzebowania na wodę.



Wyznaczanie sterowań sprowadzono do równań algebraicznych [3.15]. Natomiast złożony jest sposób wyznaczania współczynników napełniania zbiorników dla fazy II i opróżniania dla fazy I określających udział danego zbiornika w wyrównanym odpływie wody z systemu. Za pomocą badań symulacyjnych ustalono wartości współczynników zapewniających najlepsze osiągnięcia systemu, tzn. największy odpływ wyrównany (najmniejsze zrzuty jałowe) [3.15].

Funkcjonowanie powyższych zasad zostaje zawieszona w stanach powodziowych. Według zaleceń [3.15] sterowania w stanach powodziowych prowadzą kierownicy zbiorników w sposób niezależny. Sterowania te są następujące:

1. W określonych okresach czasu (15.VI - 15.VIII) należy zwiększyć rezerwę powodziową.
2. W stanach wysokich stosownie do stanów wody w zbiorniku otwierane są odpowiednie upusty, powodując określony odpływ. Sterowania przed kulminacją i po kulminacji są nieco inne.
3. Do sterowania wykorzystuje się prognozę dopływu.

Istotną zaletą opracowanych algorytmów jest stosunkowo prosty sposób wyznaczania sterowań. Do roku 1995 sterowania winny być wyznaczane przez LGS-SZ w Żywcu pełniący funkcje nadrzędne, później przez centrum dyspozytorskie. Do wyznaczenia sterowań potrzebne są informacje o stanach wody w zbiornikach, dopływach i odpływach, poborach wody przez użytkowników, bilanse wód w zlewni i prognozy dopływów.

Przedstawione powyżej zasady sterowania [3.15] badano w celu ustalenia częstotliwości i dokładności pomiarów [2.2]. Podano tam również strukturę układu sterowania zlewni M. Wisły, Soły i Skawy z uwzględnieniem wszystkich urządzeń upustowych na zbiornikach.

W ramach prac PR-7.05 opracowano propozycje innych algorytmów sterowania zasobami wód. Jako uzupełnienie wyżej przedstawionego algorytmu należy brać pod uwagę:

- algorytm prognozy dopływu wody do zbiornika na podstawie pomiarów opadów [3.16], [3.17],
- algorytm średnioterminowej prognozy dopływu wody do zbiorników na podstawie statystycznych ocen danych historycznych [3.18],
- algorytm rozprzestrzeniania się fali powodziowej w obszarze zlewni [3.19],
- algorytm transformacji ładunku zanieczyszczeń [3.20].

Opracowano również inne zasady i algorytmy sterowania. Zasady te zmierzają do bardziej elastycznego traktowania poborów wody i stopnia zaspokojenia potrzeb odbiorców. Zasadę sterowania poprzez zmianę ceny wody stosownie do zasobów dyspozycyjnych proponuje Instytut Geofizyki [3.20].

IMI GW w Krakowie proponuje rozrząd wody wg funkcji strat spowodowanych

niedostarczeniem potrzebnych ilości wody [3.21]. Dla tej zasady opracowano funkcje strat niektórych odbiorców [3.21]. Idea ta jest bardzo ważna i praktycznie jest stosowana w stanach niedoborów wody. Brak jest jednak danych o funkcji strat większości odbiorców, co ogranicza użyteczność tej idei. Istnieje kilka prób sformułowania zasad i algorytmów sterowania zasobami wody z uwzględnieniem jakości wód. Prace te mają charakter studialny i zmierzają do przełamania bariery pomijającej w ogóle jakość wody.

W podsystemie zasobów występuje jeden obiekt zarządzany przez Ministerstwo Górnictwa i Energetyki, mianowicie zbiornik wód słonych Bojszowy. Są w nim gromadzone wody słone z kopalni ROW zrzucające do zlewni rzeki Gostynki.

Ideą budowy zbiorników wód słonych jest ograniczenie zrzutu zanieczyszczeń w stanach niskich, a zwiększenie w stanach wysokich. Zasady sterowania określone są w opracowaniu IMiGW w Krakowie [3.22]. Zasady sterowania zrzutami ścieków z oczyszczalni ścieków do zlewni SWG podano w formie zaleceń [3.23], natomiast zasady monitoringu wód powierzchniowych zawiera opracowanie Instytutu Kształtowania Środowiska w Katowicach [3.24].

### 3.2. Podsystem zaopatrzenia

W punkcie 1 została podana krótka charakterystyka podsystemu zaopatrzenia. Na jej podstawie można wyróżnić trzy zasadnicze stany pracy systemu :

- stan pełnego pokrycia zapotrzebowania na wodę ; odbiorcom jest dostarczana potrzebna ilość wody,
- stan niedoboru wody ; występuje ograniczenie poboru wody z systemu zasobów i w związku z tym woda musi być racjonowana szczególnie dla odbiorców przemysłowych,
- stan awarii występuje wtedy, gdy ulegnie uszkodzeniu ważny ze względu na strumień dostarczonej wody, obiekt systemu.

Z przedstawionej w punkcie 1 wielopoziomowej, hierarchicznej struktury sterowania całym SWG wynika, że dla podsystemu zaopatrzenia (jako całości) najważniejszy jest poziom III sterowania obejmujący warstwę optymalizacji. W stanach normalnej pracy celem optymalizacji jest minimalizacja kosztów związanych z dostarczeniem do odbiorców wymaganej ilości wody o określonej jakości. Na całkowite koszty zmienne składają się głównie koszty pompowania oraz uzdatniania wody. W stanie deficytu wody dochodzą dodatkowe koszty związane z niedostarczaniem wody. Innego potraktowania wymaga sterowanie w stanach awaryjnych, gdzie działania koncentrują się głównie na ograniczeniu skutków i usunięciu awarii, w mniejszym zaś stopniu decydują bezpośrednie kryteria ekonomiczne.



Istota optymalizacji pracy podsystemu tkwi w tym, aby [3.1] [3.2] :

- wykorzystać wodę z tańszych ujęć,
- pompować wodę głównie w okresach, gdy jest niższa cena energii elektrycznej, natomiast w pozostałych okresach oraz przy szczytowym zapotrzebowaniu na wodę korzystać z pojemności buforowej zbiorników.

Jednocześnie musi być spełnionych szereg ograniczeń w systemie :

- na poziomy wody w zbiornikach,
- na liczbę pomp pracujących w pompowniach,
- na minimalne i maksymalne wartości ciśnień w głównych węzłach sieci,
- na pobór wody z określonych ujęć,
- na wartości natężenia przepływu w niektórych gałęziach.

Duża złożoność : wielowymiarowość, nieliniowość, występujące zakłócenia wymagają zastosowania odpowiednich metod optymalizacji.

W dotychczas zrealizowanych pracach z tego zakresu można wyróżnić dwa etapy wyznaczania algorytmów optymalnego sterowania podsystemem zaopatrzenia i jego obiektami. Pierwszy etap to wyznaczenie dla całego podsystemu algorytmu bazującego na algorytmie Tamury [3.5]. Problem optymalizacji jest traktowany deterministycznie. Zakłada się, że zasadnicze zakłócenia w systemie, tj. wielkości poborów wody, są znane ; zmieniają się według znanej funkcji czasu. Dany jest liniowy, dyskretny, dynamiczny model systemu. Występują ograniczenia równościowe liniowe i nierównościowe na zmienne procesowe. Wskaźnik jakości jest formą kwadratową zmiennych stanu i sterowań. Przy takich założeniach wyznaczane są optymalne harmonogramy pracy pompowni i zbiorników. Stacje uzdatniania wody (SUW) są uwzględnione tylko jako pompownie wody uzdatnionej.

Drugi etap obejmuje wyznaczanie optymalnych harmonogramów pracy SUW przy uwzględnieniu całego ciągu technologicznego procesu uzdatniania. W tym przypadku wskaźnik jakości ma postać nieliniową i nieciągłą [3.4].

Poniżej zostanie przedstawiony algorytm sterowania podsystemem objęty pierwszym etapem, a w punkcie 3.3 algorytm będący treścią drugiego etapu.

### 3.2.1. Algorytm optymalnego sterowania w układzie otwartym

Bezpośrednio do sterowania, w szczególności do harmonogramowania pracy pompowni i zbiorników, potrzebny jest model dynamiczny w wersji dyskretny. Wynika to po pierwsze z zastosowania komputera do wyznaczania sterowań, a po drugie ze sposobu sterowania. Między innymi ze względu na powolność procesów w obiektach zmiany sterowań odbywają się w dyskretnych chwilach czasu (np. co 2godz.). W przedziałach czasu między tymi zmianami wielkości wejściowe pozostają na niezmiennym poziomie.

Podobne założenia można przyjąć dla zmian poborów wody przez odbiorców. W związku z powyższym zmienne procesowe charakteryzujące system mają charakter dyskretny w czasie [3.1].

Wprowadza się następujące oznaczenia dla zmiennych procesowych w k-tej chwili czasu :

- $u/k/$  - wektor zmiennych sterujących (przepływy sterowane),
- $x/k/$  - zmienne stanu (zmiany objętości w zbiornikach),
- $q_w/k/$ ,  $H_w/k/$  - zmienne wyjściowe (wybrane przepływy i ciśnienia w niektórych węzłach sieci),
- $Q_I/k/$ ,  $Q_{II}/k/$  - zmiany poborów wody przez odbiorców zgrupowanych odpowiednio w węzłach normalnych i przy zbiornikach,

$K$  - horyzont sterowania.

Model dynamiczny dyskretny ma w przestrzeni stanu następującą postać :

$$X/k+1/ = A \cdot X/k/ + B u/k/ - c/k/$$

Równanie wyjścia :

$$\begin{bmatrix} q_w/k/ \\ H_w/k/ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \end{bmatrix} X/k/ + \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} \cdot u/k/ + \begin{bmatrix} W_1/k/ \\ W_2/k/ \end{bmatrix}$$

gdzie :

$$\lambda = e^{\delta}$$

$\tau$  - okres dyskretyzacji,

$e^{\beta\tau}$  - macierzowa funkcja wykładnicza,

$G$  - macierz blokowa wyjścia,

$F$  - " " wejścia-wyjścia,

$$c/k/ = [e^{\beta\tau} - I_n] \cdot \delta^{-1} [\Lambda_1 \cdot Q_I/k/ + \Lambda_2 \cdot Q_{II}/k/ + v_0]$$

$$W/k/ = [W_1/k/ ; W_2/k/]^T = \Gamma \cdot [\Delta Q_I/k/ ; \Delta Q_{II}/k/]^T$$

$\Lambda$ ,  $\Gamma$  - macierze oddziaływania zakłóceń odpowiednio na stan i wyjście obiektu.

Ograniczenia nierównościowe są ograniczeniami technologicznymi na zmienne stanu i sterujące. Ograniczenia na zmienne sterujące - wydajności pompowni można zapisać w postaci nierówności :

$$u_{\min} /k/ \leq u/k/ \leq u_{\max} /k/ \quad k = 0, 1 \dots k-1$$

Ograniczenia na zmienne stanu :

$$X_{\min} \leq X/k/ \leq X_{\max} \quad k = 0, 1 \dots K$$

wynikają z dopuszczalnych zmian objętości w zbiornikach.



Wskaźnik jakości obejmuje zmienne koszty dostarczania wody,  $S_j$  to koszty energii elektrycznej zużywanej przez pompownię. Zależność mocy elektrycznej  $P_j$  j-tej pompowni od wydajności  $u_j$  przybliżono funkcją kwadratową :

$$P_j/u_j = s_j \cdot u_j^2 + r_j \cdot u_j + r_{0j}$$

gdzie :

$s_j, r_j, r_{0j}$  - stałe współczynniki wyznaczane przez aproksymację średniokwadratową.

Wskaźnik jakości obejmuje koszty pompowania wody w horyzoncie optymalizacji [3.1] :

$$I_B = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{j=1}^J T/k/ \cdot \Delta t \cdot P_j [u_j/k/],$$

gdzie :  $T/k/$  - taryfa cenowa energii elektrycznej w różnych okresach doby,

$\Delta t$  - okres dyskretyzacji dla pompowania,

$J$  - liczba pompowni.

Ogólne sformułowanie zadania optymalizacji jest następujące : dla systemu o przedstawionym modelu dynamicznym należy zminimalizować wskaźnik jakości  $I_B$  przy istnieniu ograniczeń równościowych i nierównościowych na zmienne stanu i sterowania [3.5]. Zakłada się, że prognozy zakłóceń  $c(k)$  są znane. W wyniku optymalizacji wyznacza się optymalne strategie sterowania  $u^0(k)$  i odpowiadające trajektorie stanu  $X^0(k)$ .

Sformułowany problem optymalizacji dynamicznej sprowadza się do zadania optymalizacji statycznej, w którym zmiennymi decyzyjnymi są wartości wektora sterowań  $u(k)$  i stanu  $X(k)$  we wszystkich chwilach horyzontu optymalizacji  $K$ .

Rzeczywisty wskaźnik jakości  $I_B$  rozszerza się o składnik zależny od stanu, dając tzw. pierwotny wskaźnik jakości :

$$I = \Delta t \sum_{k=0}^{K-1} T/k/ \left[ u^T/k/ S u/k/ + R^T u/k/ \right] + \sum_{k=1}^K \left[ X/k/ - X^A /k/ \right]^T Q_A \left[ X/k/ - X^A /k/ \right]$$

gdzie :  $S = \text{diag} [s_1, s_2 \dots s_j]$

$R = [r_1, r_2 \dots r_j]^T$

$Q_A = \text{diag} [q_1, q_2 \dots q_v]$  - macierz współczynników wagowych,  
 $X^A/k/$  = wektor pożądanych poziomów zbiorników (poziomy odniesienia),  
 $X/k/ = X /0/$  - warunki początkowe.

Przedstawiona powyżej postać wskaźnika jakości uwzględnia straty zależnie od odchyłek stanu względem trajektorii zadanej.

Jeżeli w rzeczywistym systemie nie występuje potrzeba "karania" odchyłek stanu od zadanej trajektorii  $X^A(k)$ , to współczynniki  $q_i$  mogą być dowolnie małe.

Wskaźnik jakości  $I$  jest funkcją ściśle wypukłą względem zmiennych decyzyjnych. Problem optymalizacji sprowadza się do problemu dualnego poszukiwania punktu siodłowego funkcji Lagrange'a [3.2] :

$$L(u, x, p) = I(x, u) + \sum_{k=0}^{K-1} p^T(k) [x(k+1) - Ax(k) - Bu(k) + c(k)]$$

gdzie :  $p$  - wektor mnożników Lagrange'a ,

$$p^T(k) = [p_1(k) \dots p_N(k)].$$

Minimalizacja wskaźnika jakości  $I(u, x)$  przy ograniczeniach równościowych i nierównościowych odpowiada poszukiwaniu punktu siodłowego  $(u^*, x^*, p^*)$  funkcji Lagrange'a :

$$\max_p \min_{u, x} L(u, x, p) ; (u, x) \in W_1$$

Warunek  $(u, x) \in W_1$  oznacza, że rozwiązania dla zmiennych decyzyjnych  $(u, x)$  poszukuje się w zbiorze rozwiązań dopuszczalnych  $W_1$ , tzn. takich, w których są spełnione ograniczenia nierównościowe oraz warunki brzegowe.

Jeżeli punkt siodłowy istnieje, to wyznaczone rozwiązanie  $(u^*, x^*)$  problemu dualnego stanowi rozwiązanie problemu pierwotnego minimalizacji wskaźnika jakości  $I$ . Istnienie punktu siodłowego jest zagwarantowane wypukłością wskaźnika  $I$  oraz wypukłością ograniczeń równościowych. Podobnie zbiorem wypukłym jest zbiór  $W_1$ .

Wprowadza się pojęcie funkcji dualnej :

$$\vartheta(p) = \min_{(u, x) \in W_1} L(u, x, p)$$

Wtedy problem poszukiwania punktu siodłowego  $L(u, x, p)$  sprowadza się do wyznaczania maksimum funkcji dualnej  $\vartheta(p)$  :

$$\max_p \vartheta(p)$$



Rozwiązanie tego problemu może odbywać się na dwóch poziomach : na jednym odbywa się wyznaczanie  $L(u,x,p)$  ze względu na zmienne decyzyjne  $(u,x)$  i obliczanie funkcji dualnej, na drugim (wyższym) maksymalizacja funkcji dualnej. Stąd prezentowana metoda jest metodą hierarchiczną.

### Poziom I

Funkcja  $L(u,x,p)$  jest formą liniowo-kwadratową separowalną ze względu na  $u$  oraz  $x$ . Oznacza to, że  $L(u,x,p)$  można zapisać w postaci sumy  $2 \times k$  składowych, z których każda zależy tylko od jednej ze zmiennych decyzyjnych  $u(k)$ ,  $x(k)$ , tzn. :

$$L(u,x,p) = \sum_{k=0}^{K-1} L_{u,k} [u(k), p] + L_{x,k} [x(k), p]$$

gdzie :

$$L_{u,k} [u(k), p] = \frac{1}{2} T(k) [u(k) - u^0(k)]^T S [u(k) - u^0(k)] + p^T(k) B u(k) \quad k = 0 \dots (k-1)$$

$$L_{x,k} [x(k), p] = \frac{1}{2} [x(k) - x^0(k)]^T Q [x(k) - x^0(k)] + p^T(k) A x(k) + p^T(k-1) x(k) \quad k = 1, 2 \dots (k-1)$$

Dzięki separowalności zadanie minimalizacji  $L(u,x,p)$  ze względu na  $(u,x)$  na poziomie I może być zdekomponowane na  $(2 \times k)$  odrębnych problemów minimalizacji  $L$  ze względu na poszczególne zmienne decyzyjne  $u(k)$ ,  $x(k)$ . Schematycznie pokazano to na rysunku 3.1.

Każdy z odrębnych problemów optymalizacyjnych na poziomie I sprowadza się właściwie do minimalizacji nie pełnej funkcji  $L(u,x,p)$ , lecz odpowiedniej składowej. Z kolei każda z tych składowych jest formą liniowo-kwadratową odpowiadającą zmiennej decyzyjnej  $u(k)$  lub  $x(k)$ . Dzięki temu istnieje bezpośrednie analityczne rozwiązanie każdego z zadań minimalizacji. Po obliczeniu gradientu funkcji i przyrównaniu do zera otrzymuje się rozwiązanie warunkowe [3.5] :

$$\bar{u}(k) = T^{-1}(k) S^{-1} [B^T p(k)] + u^0(k) \quad k = 0, 1 \dots (k-1)$$

$$\bar{x}(k) = Q^{-1} [A^T p(k) - p^{(k-1)}] + x^0(k) \quad k = 1, 2 \dots (k-1)$$

$$\bar{x}(0) = Q^{-1} [A^T p(0) - p^{(k-1)}] + x^0(k)$$

Ponieważ rozwiązanie problemu minimalizacji wskaźnika powinno należeć do zbioru  $W_1$ , to ostatecznie problem minimalizacji :





$$\hat{u}(k) = \max \left\{ u_{\min}(k), \min [\check{u}(k), u_{\max}(k)] \right\}$$

$$\hat{x}(k) = \max \left\{ x_{\min}(k), \min [\check{x}(k), x_{\max}] \right\}$$

Poziom II

Wartości  $\hat{u}$ ,  $\hat{x}$  wyznaczone na poziomie I pozwalają wyliczyć wartość funkcji dualnej :

$$\vartheta(p) = L(\hat{u}, \hat{x}, p)$$

oraz jej gradient :

$$\bar{\nabla}_p \vartheta(p) = \hat{x}(k+1) - A \hat{x}(k) - B \hat{u}(k) - C(k)$$

Zadaniem poziomu II jest maksymalizacja funkcji dualnej. Ponieważ jest to złożona funkcja  $p$ , dlatego poszukiwanie ekstremum realizuje się metodą iteracyjną. Można do tego wykorzystać jedną z metod gradientowych.

Poniżej zostanie przedstawiony algorytm oparty na metodzie FLETCHERA-REEVESA. Kolejne przybliżenia mnożników Lagrange'a, zapewniające przyrost  $\vartheta(p)$ , oblicza się jako [3.5] :

$$p^{n+1} = p^n + \alpha \cdot v^n,$$

gdzie :  $v^n$  jest aktualnym kierunkiem poszukiwań w przestrzeni  $p$ ,

$\alpha$  - długość kroku wyznaczana w procesie maksymalizacji  $\vartheta(p)$  na danym kierunku  $v^n$ .

Z kolei aktualny kierunek poszukiwań wyraża się zależnością :

$$v^n = \nabla_p \vartheta(p) \Big|_{p=p^n} + \beta_{u-1} v^{n-1}$$

gdzie :

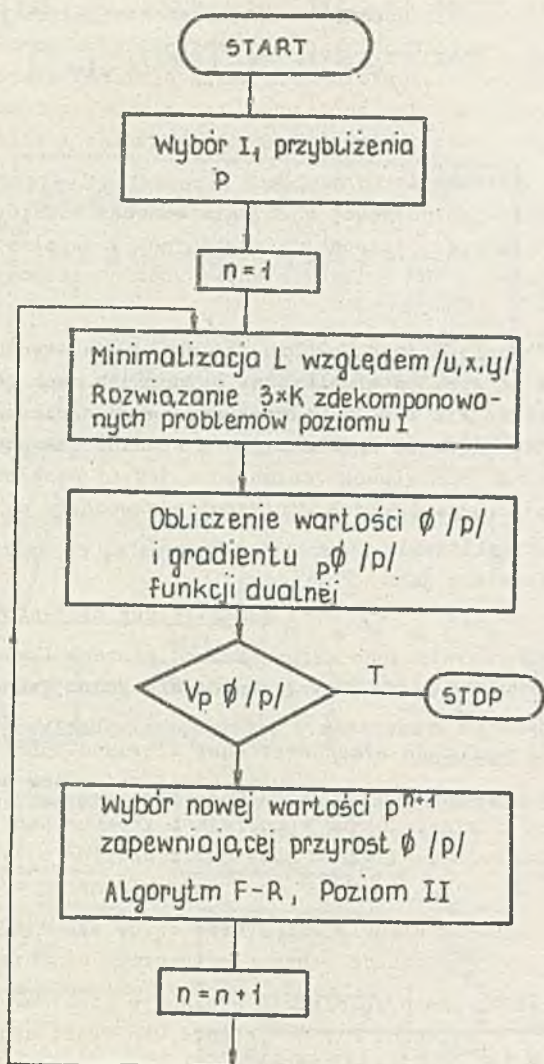
$$\beta_{u-1} = \frac{[\nabla_p \vartheta(p^n)]^T \cdot [\nabla_p \vartheta(p^n)]}{[\nabla_p \vartheta(p^{n-1})]^T \cdot [\nabla_p \vartheta(p^{n-1})]}$$

$$v^1 = \nabla_p \vartheta(p) \Big|_{p=p^1} - \text{początkowy kierunek poszukiwań.}$$

Ogólny schemat blokowy hierarchicznej optymalizacji podano na rys.3.2.

Przy opracowywaniu konkretnego algorytmu obliczeniowego optymalizacji należy rozwiązać szereg zagadnień szczegółowych, między innymi :

- opracowanie metody maksymalizacji funkcji dualnej w kierunku poszukiwań,



Rys.3.2. Ogólny schemat blokowy algorytmu optymalizacji

The general block-scheme for research of the optimization algorithm



- wybór punktu startowego  $p^1$ ,
- wybór początkowej długości kroku  $\alpha$ ,
- eliminowanie wpływu dodatkowej nierzeczywistej składowej  $J$  wskaźnika jakości.

### Algorytm optymalnego sterowania w układzie otwarto-zamkniętym

W praktyce sterowanie podsystemem w układzie otwartym może być niewystarczające z następujących powodów :

- rzeczywiste pobory wody przez odbiorców różnią się od prognozowanych. Występuje składowa losowa pobrań ;
- przy harmonogramowaniu stosuje się pewne uproszczenia, między innymi korzysta się z przybliżonego liniowego modelu dynamicznego systemu, aproksymowanych charakterystyk mocy pompowni, obliczonych wartości oporów hydraulicznych itp.

Sterowanie w układzie otwartym wg optymalnych harmonogramów spowoduje odstępstwa rzeczywistych trajektorii stanu, tj. objętości wody w zbiornikach od trajektorii optymalnych. Może to spowodować rozbieganie się tych trajektorii w czasie i w rezultacie opróżnienie lub przelewanie się zbiorników.

Eliminację tych wad można uzyskać przez zastosowanie sprzężenia zwrotnego od zmiennych stanu [3.5].

Jedną z metod wprowadzenia sprzężenia zwrotnego od stanu systemu może być zastosowanie kroczącego horyzontu optymalizacji. Zakłada się pomiary wektora stanu  $x(k)$  w kolejnych chwilach sterowania  $k$  [3.5] :

$$x(k) = \hat{x}(k)$$

gdzie :  $x(k)$  - znane.

Zazwyczaj  $x(k)$  różni się od odpowiadającej wartości trajektorii optymalnej, tj. :

$$\hat{x}(k) \neq x^0(k)$$

Stosując w każdym, bądź co kilka kroków algorytm optymalizacji dla warunku początkowego :

$$\hat{x}(0) = x(0)$$

oraz

$$x(k) = x^0(k)$$

po upływie 1 doby trajektoria stanu powinna wrócić do optymalnej.

Pompowniami steruje się wg wyznaczonych harmonogramów podobnie jak w układzie otwartym, z tym że w momencie odnawiania harmonogramu następuje sprzężenie od aktualnego stanu systemu. Przedstawiony powyżej algorytm można znacznie uprościć, gdy odchyłki rzeczywistych trajektorii od optymalnych są małe :

$$\| [x(k) - x^0(k)] \| \rightarrow 0$$

Wówczas wyznaczone na nowo trajektorie  $u^*(k)$  i  $x^*(k)$  leżą na ograniczeniach w tym samym zbiorze punktów. Ponadto w tym samym zbiorze punktów leżą na ograniczeniach trajektorie optymalne dla układu otwartego  $u^0(k)$  i  $x^0(k)$ .

Rozważmy szczegółowo zadanie optymalizacji realizowane na bieżąco, przy zastosowaniu metody kroczącego horyzontu optymalizacji [3.5]. Dany jest model systemu :

$$x(k+1) = A x(k) + B u(k) - C(k)$$

ograniczenia :

$$u_{\min}(k) \leq u(k) \leq u_{\max}(k)$$

$$x_{\min} \leq x(k) \leq x_{\max}$$

i warunki brzegowe :  $x(0) = x^0(0)$

$$x(k) = x^0(k)$$

Trzeba zminimalizować wskaźnik jakości :

$$J = \sum_{k=0}^{K-1} [u(k) - u^A(k)]^T R_A [u(k) - u^A(k)] + \sum_{k=1}^k [x(k) - x^A(k)]^T Q_A [x(k) - x^A(k)]$$

przy równoczesnym spełnieniu ograniczeń i modelu.

$R_A$  i  $Q_A$  są macierzami diagonalnymi współczynników wagowych,  $u^A(k)$  i  $x^A(k)$  wektorami.

Podany problem można sformułować nieco inaczej. Wystarczy zminimalizować wskaźnik jakości :

$$J^* = \sum_{k=0}^{K-1} [u(k) - u^B(k)]^T R^*(k) [u(k) - u^B(k)] + \sum_{k=1}^k [x(k) - x^B(k)]^T Q^*(k) [x(k) - x^B(k)]$$

dla systemu o przedstawionym modelu, lecz bez ograniczeń, gdzie :

$$-q_i^*(k) = G, \quad x_i^B(k) = x_i^0(k) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

jeżeli :  $u_j^0(k) = u_{j \min}(k)$  lub  $u_j^0(k) = u_{j \max}(k)$

to :  $r_j^*(k) = G, \quad u_j^B(k) = u_j^0(k)$



jeżeli :  $x_i^0(k) = x_i \text{ min}$  lub  $x_i^0(k) = x_i \text{ max}$ ,

to :  $q_i^*(k) = G$ ,  $x_i^B(k) = x_i^0(k)$

$i = 1, 2, \dots, N$ ,  $k = 1, 2, \dots, k$

$j = 1 \dots M$

$M$  i  $N$  odpowiednio liczba zmiennych sterujących i zmiennych stanu,

$G$  liczba dużo większa od pozostałych współczynników wagowych.

Tak sformułowane zadanie optymalizacji jest klasycznym problemem syntezy regulatora liniowego dla systemu. Strategię sterowania wyznacza się wg znanej reguły :

$$u(k) - u^0(k) = s^*(k) [x(k) - x^0(k)],$$

gdzie macierz współczynników sprzężenia zwrotnego  $s(k)$  oblicza się rekurencyjnie, odwrotnie w czasie dla  $k = (k-1), (k-2) \dots 0$  zgodnie z równaniem :

$$s(k) = - [B^T \cdot w(k+1) \cdot B + R^*(k)]^{-1} \cdot B^T \cdot W(k+1) \cdot A$$

$$W(k) = A^T W(k+1) \cdot A + A^T W(k+1) \cdot B \cdot s^*(k) + Q(k)$$

gdzie :  $W(k) = Q(k)$ .

Przedstawiony problem minimalizacji realizuje się przy optymalizacji z horyzontem kroczącym, przykładowo w chwili  $k = 0$ . Stąd z wyznaczonego ciągu macierzy  $s(k)$  współczynników sprzężenia zwrotnego do sterowania w kroku  $k=0$  wykorzystuje się tylko końcową macierz  $s(k) = s(0)$ . Podobnie przesuwając horyzont optymalizacji o 1 krok naprzód, można wyznaczyć macierz sprzężenia zwrotnego dla kroku  $k=1$ . Postępując dalej w analogiczny sposób, otrzymuje się macierz sprzężenia zwrotnego  $s(k)$  dla  $k$  kroków, tj. całej doby. Obliczenia te można wykonać jednorazowo off-line. Wtedy realizacja sterowania jest bardzo prosta i przebiega wg reguły :

$$u(k) = s(k) \cdot [x(k) - x^0(k)] + u^0(k).$$

W ten sposób unika się wykonywania na bieżąco złożonych obliczeń optymalizacyjnych. Analizując podany sposób sterowania w układzie otwarto-zamkniętym, trzeba zauważyć, że centralne miejsce zajmuje tu optymalny harmonogram sterowania  $u^0(k)$  i odpowiadająca trajektoria stanu  $x^0(k)$  dla sterowania w układzie otwartym. Wyznaczanie sterowania w układzie otwarto-zamkniętym polega na obliczeniu poprawek na sterowania (względem  $u^0(k)$ ). Są one kombinacjami liniowymi odchyłek rzeczywistych i mierzonych trajektorii stanu od trajektorii nominalnych  $x^0(k)$ . Po obliczeniu off-line trajektorii nominalnych  $u^0(k)$  i  $x^0(k)$  oraz macierzy współczynników sprzężenia zwrotnego  $s(k)$  samo wyznaczenie sterowania wymaga wykonania na bieżąco bardzo prostych operacji arytmetycznych.

Symulacyjne badanie algorytmów sterowania

Przedstawione dotychczas algorytmy pozwalają na wyznaczenie optymalnych harmonogramów pracy obiektów w systemie. Mimo weryfikacji każdego z etapów obliczeń celowe jest całościowe sprawdzenie proponowanej metody sterowania. W tym celu opracowano algorytm symulacji cyfrowej. Podsystem zaopatrzenia modelowany jest za pomocą modelu fizykalnego. W algorytmie tym przyjęto [3.5] :

- krok symulacji odpowiada 1 godzinie,
- generacja poborów wody odbywa się w sposób deterministyczny :

$$Q_j^a(k) = Q_{j0} H(j,k)$$

gdzie :  $Q_{j0}$  - średniodobowe zapotrzebowanie na wodę,  
 $H(j,k)$  - standardowy harmonogram zapotrzebowania odbiorcy typu  $j$  w kroku  $k$ -tym ,

lub losowy :

$$Q_j^b(k) = Q_j^a(k) + Z_j(k)$$

gdzie :  $Z_j(k)$  - addytywne zakłócenie poboru wody przez  $j$ -tego odbiorcę,

$Z_j(k)$  jest białym szumem o rozkładzie  $N(0, W_z \cdot Q_{j0})$   
 $W_z$  - współczynnik,

- kontrola stanu i zmiana sterowań odbywa się co 2 godziny,
- wielkości sterujące wyznaczone są na bazie algorytmu w układzie otwarto-zamkniętym.

Dla sieci zaopatrzenia w wodę, która zawiera  $M$  gałęzi,  $N_1$  węzłów, w tym  $N$  węzłów normalnych i  $N_2$  zbiorników, model fizykalny da się zapisać w postaci macierzowej [3.6] :

$$A \cdot X_1 + B_1 \cdot X_2 + B_2 \cdot H_z = E$$

$$B_1^T X_1 = Q_I$$

$$B_2^T X_1 = Q_{II} + s \cdot H_z$$

- gdzie :  $X_1 = [q_1, q_2 \dots q_M]^T$  - wektor przepływów gałęziowych,  
 $X_2 = [H_1, H_2 \dots H_N]^T$  - wektor ciśnień w węzłach normalnych  
 $H_z = [H_{N+1}, H_{N+2} \dots H_{N_1}]^T$  - wektor poziomów wody w zbiornikach,  
 $E = [E_1, E_2, \dots E_M]^T$  - wektor zastępczych sił elektromotorycznych dla charakterystyk gałęzi (np. charakterystyk pomp),



$Q = \begin{bmatrix} Q_I \\ Q_{II} \end{bmatrix} = [Q_1 \dots Q_N, Q_{N1}]^T$  - wektor poborów węzłowych wody,

$A = \text{diag} [A_1, A_2 \dots A_M]$  - macierz diagonalna nieliniowych oporów hydraulicznych gałęzi,

$B = [B1, B2]$  - macierz opisująca strukturę sieci, przy czym elementami macierzy są liczby 0, 1, -1,

$S = \text{diag} [S_{N+1}, \dots S_{N1}]$  - diagonalna macierz współczynników powierzchni zwierciadła wody zbiornika.

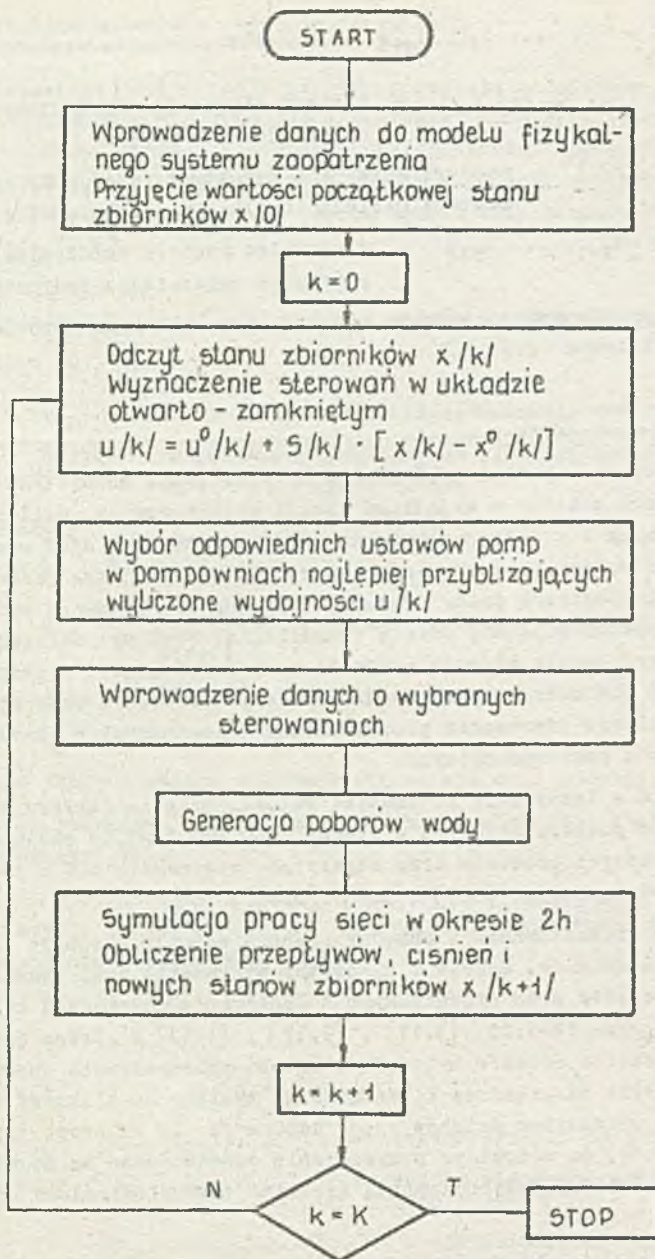
diag  $[S_{N+1}, \dots S_{N1}]$  -  
Sposób symulacyjnego sterowania pokazano na uproszczonym schemacie blokowym (rys.3.3).

### 3.3. Obiekty systemu

Przedstawione w punkcie 3.2 algorytmy sterowania podsystemu obejmują wszystkie jego obiekty z wyjątkiem stacji wodociągowych zasilanych z ujęć podziemnych i stacji uzdatniania wody zasilanych z ujęć powierzchniowych. Stacje wodociągowe zasilane z ujęć podziemnych mają narzucone wymagania technologiczne pracy pompowni wody surowej ze stałą wydajnością. Ponadto charakteryzują się prostą technologią. Stąd optymalizacja ich pracy dotyczyć będzie głównie pompowni wody uzdatnionej, a uwzględnia już algorytm dla całego podsystemu. Szerszego omówienia wymagają algorytmy optymalnego sterowania procesami technologicznymi w stacjach zasilanych z wód powierzchniowych.

Prowadzone w Instytucie Automatyki Pol.Śl. prace z zakresu sterowania SUW z wód powierzchniowych w ramach programu PR-7.05 obejmowały modele jednostkowych procesów oraz algorytmów sterowania SUW z różnymi procesami jednostkowymi [3.2], [3.7], [3.9].

Podsystem kształtowania i ochrony zasobów wodnych obejmuje również oczyszczalnie ścieków. Modele i algorytmy sterowania tymi procesami były również tematem prac prowadzonych w Instytucie Automatyki Pol.Śl. w ramach programu PR-7.05 [3.11], [3.12], [3.13]. Prace ograniczono do oczyszczalni ścieków bytowych i bytowo-przemysłowych obsługujących miasta o liczbie mieszkańców kilkadziesiąt tysięcy do kilkuset tysięcy. Odpowiada to przepływowi ścieków rzędu 1000 m<sup>3</sup>/d do kilkuset tysięcy m<sup>3</sup>/d. Założono, że ścieki po oczyszczeniu odprowadzane są do wód powierzchniowych śródlądowych i muszą spełniać wymagania określone odpowiednimi normami.



Rys.3.3. Uproszczony schemat blokowy badania sterowania systemem zaopatrzenia w wodę

The simplified block-scheme of research on the watersupplying control



### 3.3.1. Stacje uzdatniania wody (SUW)

Zadaniem stacji uzdatniania wody jest zaspokojenie zapotrzebowania na wodę odbiorców, przy czym ilość wody pobieranej przez poszczególnych odbiorców jest określana przez nadrzędny poziom sterowania, tzn. poziom III. Celem optymalnego sterowania pracą SUW jest zapewnienie możliwości dostarczania odbiorcom określonych ilości wody przy minimalnym jednostkowym koszcie produkcji.

W sterowaniu pracą SUW można wyróżnić zadania warstwy : sterowania bezpośredniego, optymalizacji i adaptacji. W warstwie adaptacji realizowane są zadania :

- wyznaczanie maksymalnej średniej prędkości filtracji  $V_D$ , a stąd średniej dobowej wydajności filtru  $Q_D$ ,
- wyznaczanie optymalnej długości filtrocyklu  $t_P$ ,
- wyznaczanie czasu płukania filtru  $t_P$ ,
- wyznaczanie optymalnych dawek reagentów,
- aktualizacja charakterystyk pomp i rurociągów.

Zadaniem warstwy optymalizacji jest minimalizacja dobowego kosztu energii elektrycznej zużywanej w procesach pompowania wody. W wyniku realizacji tego zadania uzyskuje się dobowe harmonogramy pracy : pomp wody surowej, filtrów, pomp wody płucznej, pomp wody uzdatnionej. W zależności od struktury sieci zaopatrywanej przez SUW różne będą możliwości realizacji zadania wyznaczania optymalnych harmonogramów.

W układzie 1 (rys.3.4) przeprowadzenie optymalizacji jest celowe tylko wówczas, jeżeli użyteczne pojemności zbiorników wody surowej i wody uzdatnionej w SUE są dostatecznie duże.

W układzie 2 (rys.3.4) optymalizacji może podlegać układ wodociągowy : SUW - zbiornik. Zbiornik może być traktowany jako zbiornik buforowy dla SUW. Daje to większą liczbę stopni swobody w sterowaniu pracą stacji.

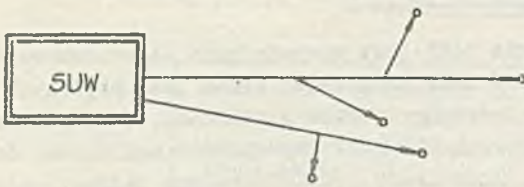
W układzie 3 (rys.3.4) pompownię można traktować jako odbiorcę wody ze zbiornika o zapotrzebowaniu równym sumie wartości zapotrzebowań na wodę przez poszczególnych odbiorców zaopatrywanych z tej pompowni.

W układzie 4 (rys.3.4) zadanie optymalizacji pracy SUW należy rozpatrywać łącznie z optymalizacją całego układu wodociągowego. Nie można bowiem wyodrębnić części układu zaopatrywanego w wodę wyłącznie przez rozpatrywaną SUW.

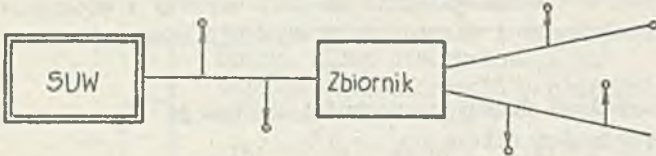
Wielkościami zadanymi dla warstwy optymalizacji są [3.2] :

- najpóźniejsze terminy płukań poszczególnych filtrów w rozpatrywanej dobie,
- objętość wody  $V_P$  oraz energia  $E_P$  zużywana do wypłukania jednego filtru,

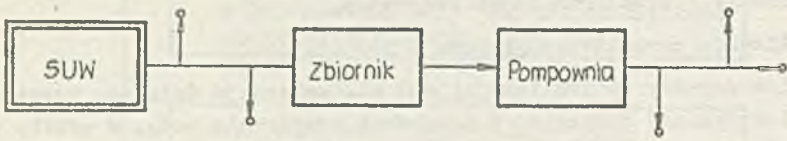
SUW - odbiorcy



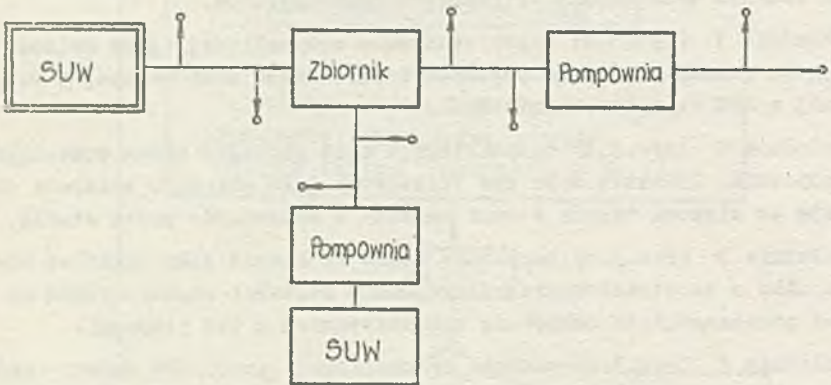
SUW - zbiornik terenowy - odbiorcy



SUW - odbiorcy - zbiornik - pompownia



SUW - złożona sieć wodociągowa



Rys.3.4. Schematy blokowe współpracy stacji uzdatniania wody z obiektami sieci

Block diagram of cooperation of a water conditioning station with water-distribution net objects



- minimalna liczba filtrów, które powinny pracować w ciągu rozpatrywanej doby :

$$N_j = \frac{\sum_{k=1}^j Q_{ok} + n_p V_p + Q_D n_p}{Q_D}$$

gdzie :

$Q_{ok}$  - wartość sumarycznego poboru wody przez odbiorców w okresie k-tym,

$n_p$  - liczba filtrów, które powinny zostać wypłukane w ciągu rozpatrywanej doby.

Powyższe wielkości są określane na podstawie :

- zadanych z poziomu nadrzędnego wartości okresowych poborów wody przez poszczególnych odbiorców,
- parametrów wyznaczonych przez warstwę adaptacji.

Zadanie minimalizacji zmiennego kosztu pracy SUW jest realizowane w warstwie adaptacji i optymalizacji. Korzyść z wprowadzenia oddzielnej warstwy polega na możliwości przedstawienia modelu obiektu w postaci znacznie ułatwiającej przeprowadzenie bieżącej optymalizacji. Horyzont optymalizacji dla zadań warstwy adaptacji jest dłuższy niż dla zadań warstwy optymalizacji, tzn. warstwa adaptacji : 1 tydzień + 1 miesiąc w warunkach typowych dla średniorocznej jakości wody surowej oraz 1 + 2 dni w okresie powodziowym.

Warstwa optymalizacji - 1 doba.

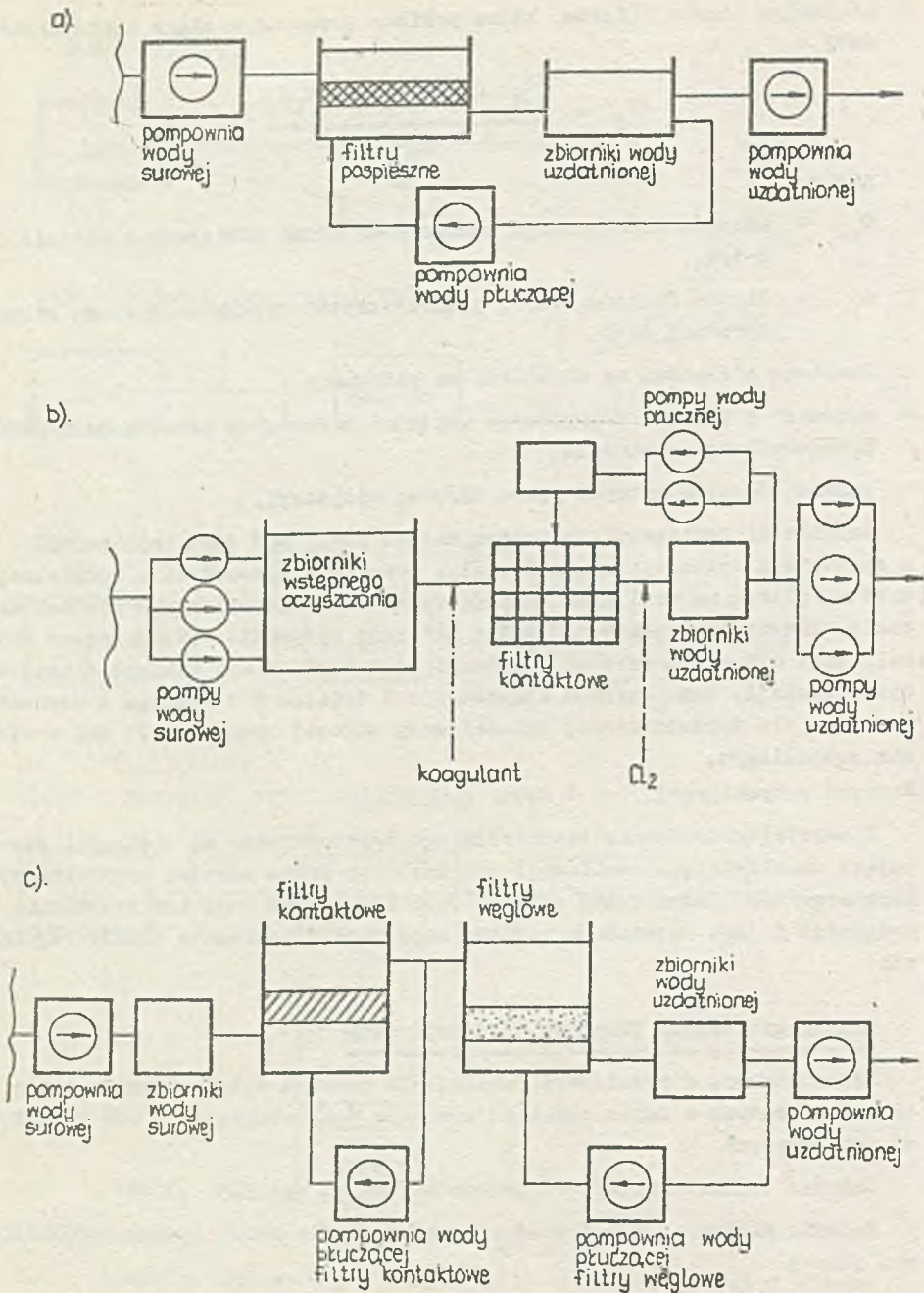
W warstwie sterowania bezpośredniego wypracowywane są wielkości sterujące umożliwiające realizację wyznaczonych przez warstwę optymalizacji harmonogramów. Zadanie tej warstwy jest klasycznym zadaniem sterowania nadążnego i jego realizację powinny zapewniać odpowiednie układy regulacji.

#### Harmonogramowanie procesów produkcji wody

Sformułowanie i możliwości rozwiązania zadania optymalizacji zależą od realizowanych w danym obiekcie procesów technologicznych SUW z filtrami pospieszonymi.

Schemat technologiczny SUW przedstawiono na rys.3.5 [3.10] .

Zadanie minimalizacji dobowego kosztu zużycia energii można sformułować jako :



Rys.3.5. Schemat technologiczny stacji uzdatniania wody  
Technological diagram of a water-conditioning station



$$\begin{aligned} \min K_B &= \min_{Q_{jk}} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^1 c_k P_{jk}(Q_{jk}) \Delta t = \\ &= \min_{Q_{jk}} \sum_{k=1}^1 c_k \sum_{j=1}^3 P_k(Q_{jk}) \Delta t \end{aligned}$$

przy ograniczeniach :

$$Q_{j \min} \leq Q_{jk} \leq Q_{j \max} \quad (1) \quad j = 1, 2, 3$$

$$Q_{2k} = \sum_{n=1}^q Q_{nk}^0 \quad (2) \quad k = 1 \dots 1$$

dla układu 1 z rys.3.5

$$V_{u \min} \leq V_{uk} \leq V_{u \max} \quad (3)$$

$$V_{u \ k+1} = V_{u \ k} + Q_{1k} - Q_{2k} - Q_{3k} \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{l_1} Q_{3k} = V_p, \quad \sum_{k=1}^{l_2} Q_{3k} = 2V_p, \dots, \quad \sum_{k=1}^1 Q_{3k} = n_p V_p \quad (5)$$

W przypadku gdy zasilana przez SUW sieć wodociągowa zawiera zbiornik (układ 2 lub 3 z rys.3.5), ograniczenie (2) przyjmuje postać [3.10] :

$$Q_{2k} = \sum_{n=1}^q Q_{nk}^0 \quad \} n$$

i do zadania optymalizacji wprowadza się dodatkowe ograniczenia :

$$V_{B \min} \leq V_{Bk} \leq V_{B \max}$$

$$V_{B \ k+1} = V_{Bk} + Q_{2k} - \sum_{n=1}^q Q_{nk}^0$$

gdzie :

- j - wskaźnik określający pompownie w SUW,
  - j = 1 pompownia wody surowej,
  - j = 2 pompownia wody uzdatnionej,
  - j = 3 pompownia wody płuczającej,

$c_k$  - cena energii elektrycznej w okresie k-tym określona wg taryfy obowiązującej dla rozpatrywanej SUW [zł/kWh],

- $k$  - wskaźnik określający numer kolejny okresu harmonogramowania,  
 $l$  - liczba okresów harmonogramowania,  
 $t$  - długość okresu,  
 $Q_{jk}$  - wydajność  $j$ -tej pompowni w okresie  $k$ -tym  $[m^3/h]$ ,  
 $Q_{jk}$  - wydatek  $j$ -tej pompowni w okresie  $k$ -tym  $[m^3]$ ,  
 $P_{jk}$  - pobór mocy przez  $j$ -tą pompownię w okresie  $k$ -tym  $[kW]$ ,  
 $V_{uk}$  - objętość wody zgromadzona w zbiorniku wody uzdatnionej na początku okresu  $k$ -tego  $[m^3]$ ,  
 $V_{Bk}$  - objętość wody zgromadzonej w zbiorniku zewnętrznym (zaopatrywanym przez SUW) na początku  $k$ -tego okresu  $[m^3]$ ,  
 $l_1, l_2 \dots l$  - numery okresów harmonogramowania, po których powinno zostać wypłukane  $1, 2 \dots n_p$  filtrów,  
 $V_p$  - średnia objętość wody zużywana do wypłukania 1 filtru,  
 $\xi_n = \begin{cases} 1 & \text{jeżeli } n\text{-ty odbiorca jest zaopatrywany w wodę z rurociągu wyjściowego SUW,} \\ 0 & \text{jeżeli } n\text{-ty odbiorca jest zaopatrywany ze zbiornika zewnętrznego.} \end{cases}$

#### SUW z filtrami kontaktowymi

Schemat technologiczny SUW przedstawiono na rys.3.5. Problem optymalizacji można sformułować jako [3.10] :

$$\min_{Q_{jk}} k_E = \min \sum_{j=1}^h c_k \sum_{k=1}^l P_{jk} (Q_{jk}) \quad t$$

przy takich samych ograniczeniach jak dla filtrów pospiesznych oraz :

$$V_{w \min} \leq V_{wk} \leq V_{w \max} \quad \text{dla } k = 1 \dots l$$

$$V_{w(k+1)} = V_{wk} + Q_{1k} - Q_{5k}$$

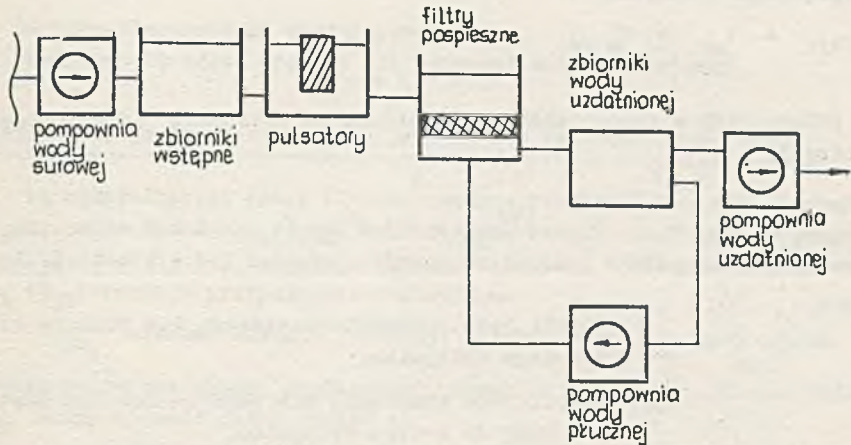
gdzie :  $V_{wk}$  - objętość wody zgromadzona w zbiornikach wstępnych na początku  $k$ -tego okresu  $[m^3]$ ,

$Q_{5k}$  - objętość wody wypływającej ze zbiorników wstępnych w okresie  $k$ -tym  $[m^3]$ .



SUW z pulsatorami i filtrami pospiesznymi

Schemat technologiczny SUW przedstawiono na ryc.3.6.



Rys.3.6. Schemat technologiczny stacji uzdatniania wody z pulsatorami i filtrami pospiesznymi.  
Technological diagram of a water conditioning station with pulsators and rapid filters

Zadanie optymalizacji ma taką samą postać jak dla filtrów pospiesznych. Należy jedynie uwzględnić dodatkowe ograniczenie [3.10] :

$$V_w(k+1) = V_{wk} + Q_{1k} - Q_p$$

gdzie :

$Q_p$  - wydatek stacji pulsatorów w okresie k-tym, stała w ciągu doby.

Ogólne sformułowanie zadania optymalizacji dla SUW z różnymi procesami technologicznymi

Założenia :

- pobory wody zmieniają się w cyklu dobowym,
- cena energii elektrycznej zmienia się w cyklu dobowym,
- zbiorniki w SUW oraz zasilane przez SUW zbiorniki zewnętrzne umożliwiają zgromadzenie zapasu wody na okres nie dłuższy niż kilka godzin :

$$\min k_E = \min_{Q_{jk}} \sum_{k=1}^1 c_k \sum_{j=1}^{n_j} P_{jk} (\dot{Q}_{jk}) \Delta t$$

przy ograniczeniach :

na wydajność pompowni :

$$\dot{Q}_j \min \leq \dot{Q}_{jk} \leq \dot{Q}_j \max \quad j = 1 \dots n_j$$

na pojemność zbiorników :

$$V_m \min \leq V_{mk} \leq V_m \max \quad m = 1 \dots m_z$$

$$k = 1 \dots 1$$

Bilans wody w zbiornikach oraz warunek zaspokojenia zapotrzebowania odbiorców :

$$V_{m(k+1)} = V_{mk} + \sum_{j=1}^{n_j} Q_{jk} \cdot \psi_{jm} - \sum_{n=1}^q Q_{nk}^o \gamma_{nm} \quad \text{dla } m = 1 \dots m_z$$

$$k = 1 \dots 1$$

gdzie :

$$\psi_{jm} = \begin{cases} 1 & \text{jeżeli } j\text{-ta pompownia dostarcza lub pobiera wodę} \\ & \text{z } m\text{-tego zbiornika,} \\ 0 & \text{jeżeli } j\text{-ta pompownia nie pobiera lub nie dostar-} \\ & \text{cza wody do } m\text{-tego zbiornika,} \end{cases}$$

$$\gamma_{nm} = \begin{cases} 1 & \text{jeżeli } n\text{-ty odbiorca jest zaopatrywany z } m\text{-tego} \\ & \text{zbiornika lub rurociągu zasilającego ten zbiornik,} \\ 0 & \text{jeżeli } n\text{-ty odbiorca nie jest zaopatrywany z } m\text{-teg} \\ & \text{zbiornika.} \end{cases}$$

Wymagania związane z koniecznością płukania filtrów :

$$\sum_{k=1}^{l_1} Q_{nk} = v_p, \quad \sum_{k=1}^{l_2} Q_{nk} = 2 v_p, \quad \dots \quad \sum_{k=1}^1 Q_{nk} = n_p \cdot v_p$$

gdzie :  $n_p$  - liczba filtrów, które powinny zostać wypłukane w ciągu analizowanej doby,

$v_p$  - średnia objętość wody zużywanej do wypłukania jednego filtru,

$V_{mk}$  - objętość wody zgromadzona w  $m$ -tym zbiorniku na początku  $k$ -tego okresu.

Dobór metod zastosowanych do rozwiązania przedstawionego powyżej zadania optymalizacji wynika z charakteru funkcji  $P_{jk}(\dot{Q}_{jk})$ .

Dla pompowni wody płuczającej zależności  $P_{jk}(\dot{Q}_{jk})$  są liniowe, gdyż wydajność tych pompowni może być zmieniana przez dobór czasu pracy pomp. Zmiany wydajności pompowni wody surowej i wody uzdatnionej mogą być realizowane w sposób ciągły bądź poprzez zmianę zestawu lub liczby pracujących pomp. Charakterystyki  $P_{jk}(\dot{Q}_{jk})$  dla tych pompowni dla obydwu rodzajów regulacji są nieliniowe.



Rozpatrywane zadanie optymalizacji jest rozwiązywane w dwóch fazach. W fazie pierwszej otrzymuje się rozwiązanie przybliżone opierając się na minimalizacji wskaźnika jakości zawierającego aproksymację charakterystyk  $P_{jk}(\dot{Q}_{jk})$  :

- liniowe dla pompowni wody surowej ,
- odcinkowo liniowe, wypukłe dla pompowni wody uzdatnionej.

Algorytm optymalnego sterowania pracą SUW z filtrami kontaktowymi

Do optymalizacji pracy SUW zastosowano dwufazowy algorytm optymalizacji, przy czym w obu fazach wykorzystano metodę programowania rozdzielnego. W metodzie tej każdemu z węzłów odcinkowej aproksymacji funkcji  $P_{jk}(\dot{Q}_{jk})$  zostaje przyporządkowana zmienna  $\lambda_{jk_i}$  ( $i = 1 \dots r_{jk}$ ). Jeżeli  $\alpha_{jk_i}$  stanowi wartość odciętej, natomiast  $\beta_{jk_i}$  jest rzędną  $i$ -tego węzła odcinkowej aproksymacji funkcji  $P_{jk}(\dot{Q}_{jk})$ , wówczas zmienną  $\dot{Q}_{jk}$  można wyrazić jako [3.10] :

$$\dot{Q}_{jk} = \sum_{i=1}^{r_{jk}} \alpha_{jk_i} \lambda_{jk_i}$$

Natomiast składowe wskaźnika jakości, które podlegają aproksymacji, wynoszą :

$$P_{jk} = \sum_{i=1}^{r_{jk}} \beta_{jk_i} \lambda_{jk_i}$$

Po wprowadzeniu aproksymacji odcinkowej zadanie pierwotne zastępuje się zadaniem :

$$\min_{\lambda} = \min_{\lambda_{jk_i}} \sum_{k=1}^1 c_k \sum_{j=1}^{n_j n_j} \sum_{i=1}^{r_{jk}} \beta_{jk_i} \lambda_{jk_i} \Delta t$$

przy ograniczeniach :

$$Q_j \min \leq \sum_{i=1}^{r_{jk}} \alpha_{jk_i} \lambda_{jk_i} \leq \dot{Q}_{jk \max}$$

$$V_{m(k+1)} = V_{mk} + \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{i=1}^{r_{jk}} \alpha_{jk_i} \lambda_{jk_i} \psi_{jm} \Delta t - \sum_{n=1}^q Q_{nk}^0 \gamma_{um}$$

$$\sum_{k=1}^1 \sum_{i=1}^{r_{jk}} \alpha_{rk_i} \lambda_{rk_i} \geq V_p, \dots, \sum_{k=1}^1 \sum_{i=1}^{r_{jk}} \alpha_{rk_i} \lambda_{rk_i} = n_p \cdot V_p$$

$$j_{k1} \geq 0 \quad \text{dla } j = 1 \dots n_j \\ k = 1 \dots 1$$

$$\sum_{i=1}^{r_{jk}} \lambda_{jk_i} = 1$$

Problem ten może zostać rozwiązany przy zastosowaniu metody Simplex ze zmodyfikowaną procedurą wyboru zmiennych do bazy. Modyfikacja wynika z warunku :

$$\bigwedge_{j,k} \left\{ [i \in \langle 1, r_{jk} \rangle, \lambda_{jk_i} > 0] \rightarrow [\bigwedge_{m \neq i-1, i, i+1} \lambda_{jk_m} = 0] \right.$$

$$\left. \left[ (\lambda_{jk_{(i-1)}} \geq 0) \wedge (\lambda_{jk_{(i+1)}} \geq 0) \wedge \right. \right. \\ \left. \left. [\lambda_{jk_{(i-1)}} \cdot \lambda_{jk_{(i+1)}} = 0] \right] \right\}$$

tj. dla każdej pary wskaźników (jk) w bazie mogą znajdować się co najwyżej dwie sąsiadujące ze sobą zmienne, tj.  $\lambda_{jk_i}$  i  $\lambda_{jk_{(i+1)}}$  lub  $\lambda_{jk_{(i-1)}}$  i  $\lambda_{jk_i}$ .

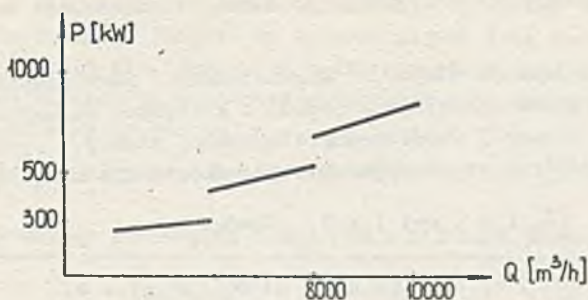
Po rozwiązaniu tego problemu wyznacza się poszukiwane wartości  $Q_{jk}$ . Wobec wzajemnie jednoznacznego przekształcenia zmiennych uzyskane optimum dla problemu ze zmiennymi  $x$  jest równoznaczne z wyznaczeniem optimum dla problemu ze zmiennymi  $\underline{q}$ .

W drugiej fazie optymalizacji realizuje się poszukiwanie rozwiązania uzyskanego w fazie pierwszej dla wskaźnika jakości zawierającego rzeczywiste charakterystyki  $P_{jk}(Q_{jk})$  dla pompowni wody surowej i uzdatnionej. Dwufazowa optymalizacja umożliwia zmniejszenie wymiaru zagadnienia.

Charakterystyki  $P_{jk}(Q_{jk})$  można przedstawić jako funkcje nieregularnie odcinkowo ciągłe (rys.3.7). Taki rodzaj charakterystyk otrzymuje się przy założeniu ciągłej regulacji wydajności pompowni. Po zastąpieniu punktów nieciągłości tych funkcji odcinkami prostych o dużym nachyleniu, poszukiwanie rozwiązania optymalnego przebiega przy zmniejszonym zakresie zmian wydajności pompowni wody surowej i uzdatnionej, tzn. ograniczonym do otoczenia rozwiązania przybliżonego uzyskanego w fazie pierwszej.

Jeżeli  $Q_{1k}^I, Q_{2k}^I$  są wydatkami pompowni wody surowej i pompowni wody uzdatnionej w kolejnych okresach harmonogramowania ( $k = 1 \dots 1$ ) uzyskanymi w wyniku optymalizacji problemu rozwiązywanego w fazie pierwszej, to w fazie drugiej rozpatruje się wartości  $Q_{1k}^d, Q_{1k}^g, Q_{2k}^d, Q_{2k}^g$  dla  $k = 1 \dots 1$ , przy czym :





Rys.3.7. Zależność mocy pomp od wydajności.  
Dependence of pump-power from their output

$Q_{1k}^d, Q_{1k}^g$  - wydatki pompowni wody surowej będące odpowiednio dolnym i górnym otoczeniem wydatku  $Q_{1k}^I$ , przy założeniu, że zmiana wydajności pompowni następuje przez dobór liczby lub zestawu pracujących pomp,

$Q_{2k}^d, Q_{2k}^g$  - wydatki pompowni wody uzdatnionej wyznaczane analogicznie jak dla pompowni wody surowej.

Poszukiwanie rozwiązania optymalnego następuje w kolejnych etapach. W każdym z etapów rozpatruje się rozwiązanie zapisane w postaci wektorów :

$$S(x,n) = [S_k(x,n)] \quad \text{dla } x=1 \dots x_n \\ k=1 \dots 21$$

$$S_k(x,n) = \begin{cases} 0 & \text{dla } Q_{1k} = Q_{1k}^d \\ 1 & \text{dla } Q_{1k} = Q_{1k}^g \end{cases} \quad k = 1 \dots 1$$

$$S_k(x,m) = \begin{cases} 0 & \text{dla } Q_{2k} = Q_{2k}^d \\ 1 & \text{dla } Q_{2k} = Q_{2k}^g \end{cases} \quad k = 1, \dots, 21$$

gdzie :  $n$  - numer kolejny okresu harmonogramowania,  
 $x$  - numer kolejny rozwiązania w danym etapie.

Dla każdego z rozwiązań  $S(x,n)$  bada się spełnienie ograniczeń oraz wyznacza się wartość wskaźnika jakości  $S(x,n)$ . W etapie pierwszym przyjmuje się  $S(1,1)$ , dla którego  $S_k(1,1) = 0$  dla  $k = 1 \dots 21$ .

Jeżeli dla  $S(1,1)$  ograniczenia są spełnione, tj.  $S(1,1)$  jest rozwiązaniem dopuszczalnym rozpatrywanego problemu, wówczas jest to rozwiązanie optymalne.

Kolejne rozwiązania etapu  $n$  wygenerowane z rozwiązania etapu  $n-1$  otrzymuje się przez zastąpienie jednej z kolejnych zerowych współrzędnych wektora  $S(x, n-1)$  współrzędną o wartości równej 1, podczas gdy wartości pozostałych współrzędnych tego wektora nie ulegają zmianie :

$$\bigvee_{z \in \{1, 2, \dots, 21\}} [S_z(x, n-1)] = 0 \implies$$

$$\bigwedge_{k \neq n} [S_k(x', n) = S_k(x, n-1)] \wedge [S_z(x', n) = 1]$$

$$k \in \{1, 2, \dots, 21\}$$

W celu uniknięcia generowania z różnych rozwiązań etapu  $n-1$  rozwiązań identycznych zastosowano procedurę eliminacji rozwiązań identycznych, polegającą na porównywaniu odpowiednich współrzędnych wektora  $S(x, n)$  w wygenerowanych rozwiązaniach :

$$\bigwedge_{k \in \{1, 2, \dots, 21\}} [S_k(j, n) = S_k(i, n)] \implies S(j, n) = S(i, n)$$

Decyzję o tym, które rozwiązania będą brały udział w generacji rozwiązań następnego etapu, podejmuje się wg następujących zasad :

- jeżeli żadne z rozwiązań etapu  $n$  nie spełnia ograniczeń, to rozwiązania etapu  $n+1$  są generowane ze wszystkich rozwiązań etapu  $n$ ,
- jeżeli w etapie  $n$  istnieje tzw. rozwiązanie aktualnie optymalne, tj. rozwiązanie dopuszczalne, dla którego wskaźnik jakości ma wartość najmniejszą ze wszystkich wartości wskaźnika jakości dla rozwiązań dopuszczalnych, to do dalszej generacji wykorzystywane są tylko te rozwiązania etapu  $n$ , dla których wskaźnik jakości przyjmuje wartości mniejsze niż dla rozwiązania aktualnie optymalnego. Poszukiwanie rozwiązania optymalnego może zostać zakończone, jeżeli :
- żadne z rozwiązań wygenerowanych w kolejnych etapach nie spełnia ograniczeń. Zakończenie obliczeń następuje po wygenerowaniu rozwiązań ostatniego etapu. W tym przypadku konieczna jest zmiana sposobu regulacji wydajności pompowni lub przeanalizowanie możliwości zmiany niektórych ograniczeń ;
- w etapie  $n$  istnieje rozwiązanie aktualnie optymalne, a wskaźnik jakości dla wszystkich rozwiązań etapu  $n+1$  przyjmuje wartości wyższe od wartości wskaźnika jakości dla rozwiązania aktualnie optymalnego. Wówczas rozwiązanie aktualnie optymalne jest zarazem rozwiązaniem optymalnym rozpatrywanego problemu i proces generacji rozwiązań może być zakończony w etapie  $n+1$  ;



- w etapie  $n$  istnieje rozwiązanie aktualnie optymalne  $S(x,n)$  takie, dla którego wskaźnik jakości ma wartość najmniejszą spośród wartości wskaźnika jakości dla wszystkich rozwiązań etapu  $n$ . Rozwiązanie  $S(x,n)$  jest wówczas rozwiązaniem optymalnym i proces generacji może zostać zakończony na etapie  $n$ .

Schemat blokowy algorytmu przedstawiono na rys.3.8 [3.10].

### Algorytm optymalnego sterowania pracą SUW z filtrami kontaktowymi i węglowymi

Wyznaczanie dobowego harmonogramu pracy pomp wody surowej, filtrów kontaktowych i filtrów węglowych, pomp wody płuczającej filtry i pomp wody uzdatnionej jest realizowane przy przyjęciu założeń podanych dla SUW z filtrami kontaktowymi oraz znajomości liczby filtrów węglowych przewidywanych do płukania w ciągu analizowanej doby [3.8].

W etapie 1 algorytmu realizowana jest optymalizacja wskaźnika jakości będącego liniową aproksymacją wszystkich nieliniowych i nieciągłych funkcji  $P_{jk}(Q_{jk})$ . Zakładając, że sterowanie wydajnością pompowni wody płuczającej filtry kontaktowe i pompowni wody płuczającej filtry węglowe realizowane jest przez zmianę czasu pracy pomp, zależności  $P_{3k}(Q_{3k})$  oraz  $P_{nk}(Q_{nk})$  dla  $k = 1 \dots l$  można traktować jako funkcje liniowe. Funkcjami nieciągłymi są natomiast charakterystyki zużycia energii przez pompownię wody surowej i wody uzdatnionej, tj.  $P_{1k}(Q_{1k})$  i  $P_{2k}(Q_{2k})$  dla  $k = 1 \dots l$ .

Podobnie jak dla SUW z filtrami kontaktowymi w I etapie stosuje się algorytm Simplex. Jako wynik I etapu uzyskuje się harmonogramy wydatków:

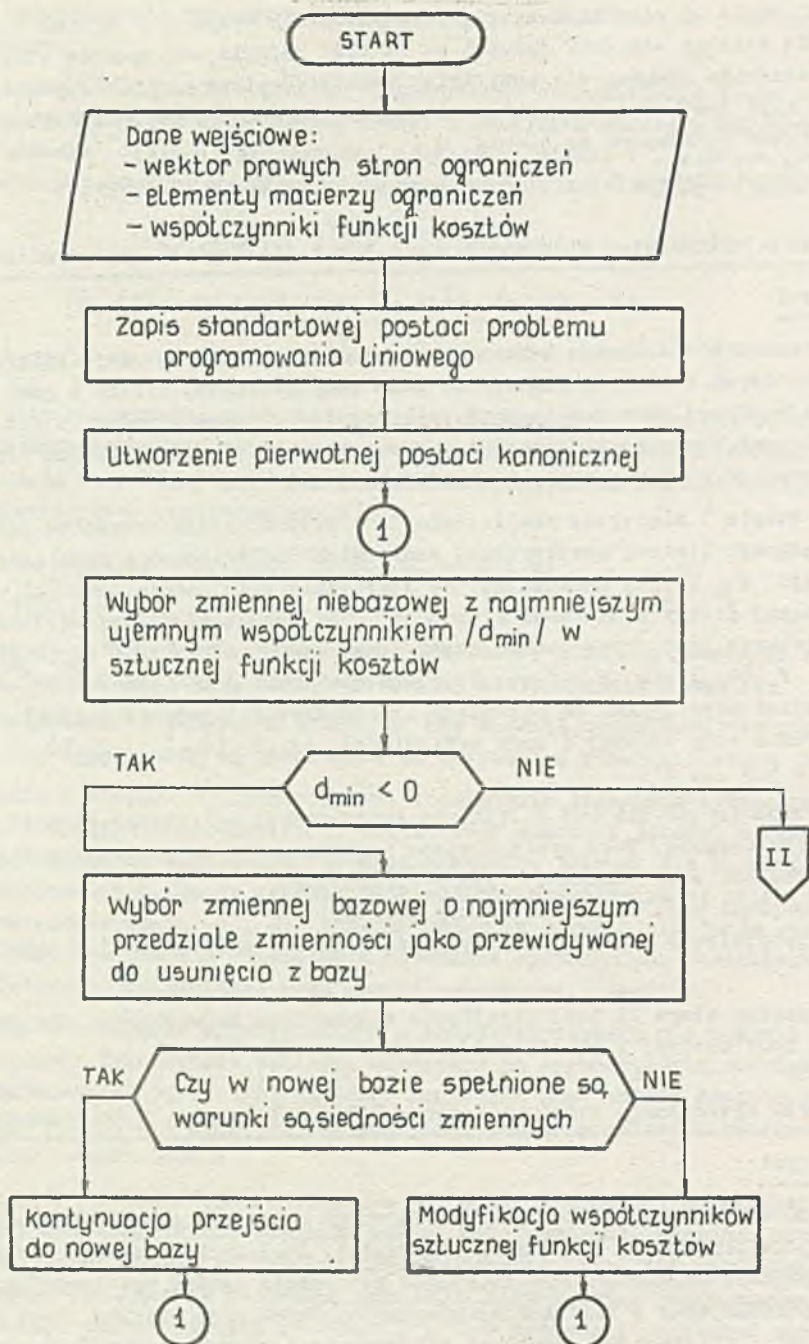
- pompowni wody płuczającej filtry kontaktowe,
- pompowni wody płuczającej filtry węglowe,

oraz przybliżone harmonogramy wydatków pompowni wody surowej i uzdatnionej.

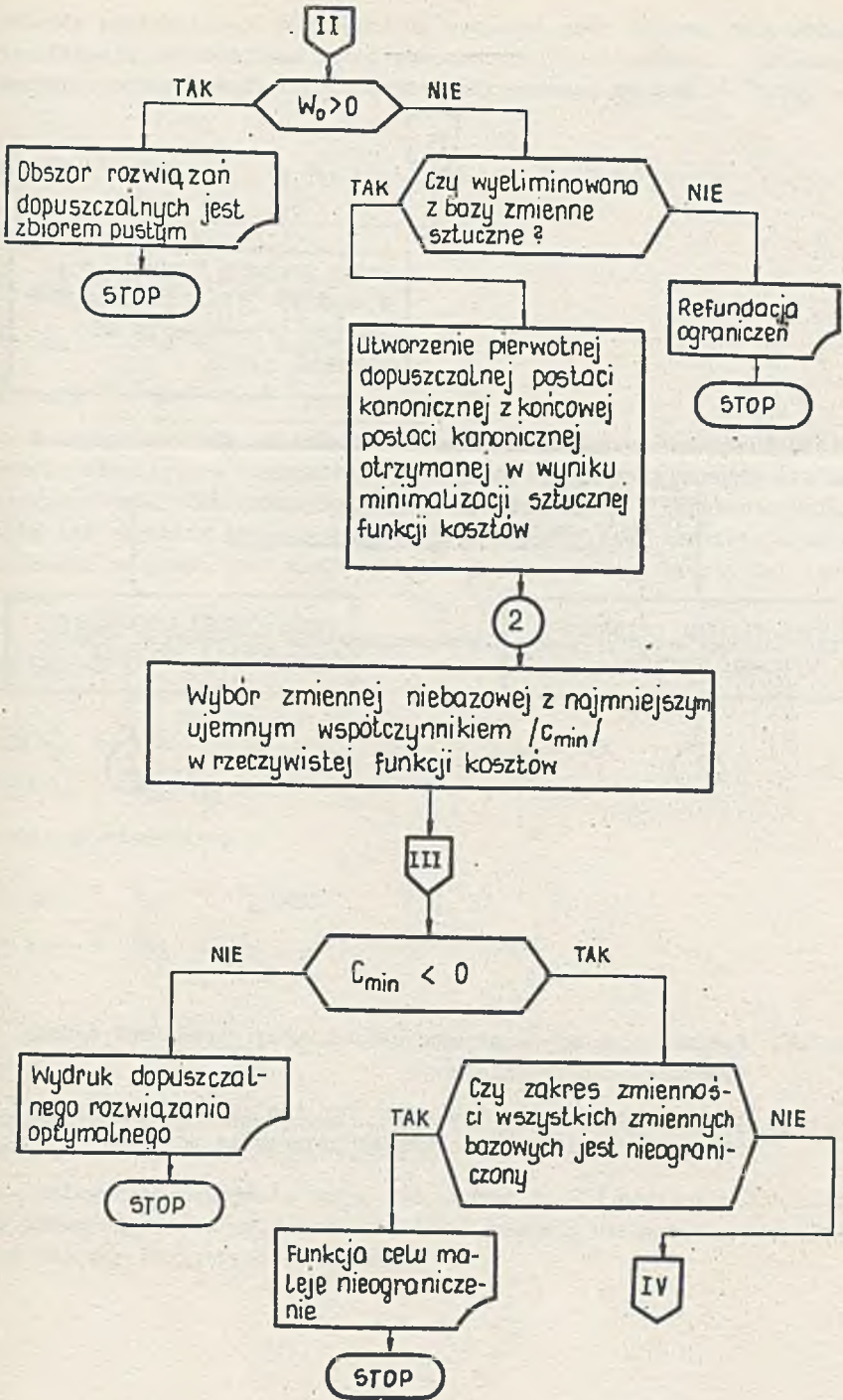
Zadaniem etapu II jest określenie optymalnego harmonogramu dla pompowni wody surowej i uzdatnionej.

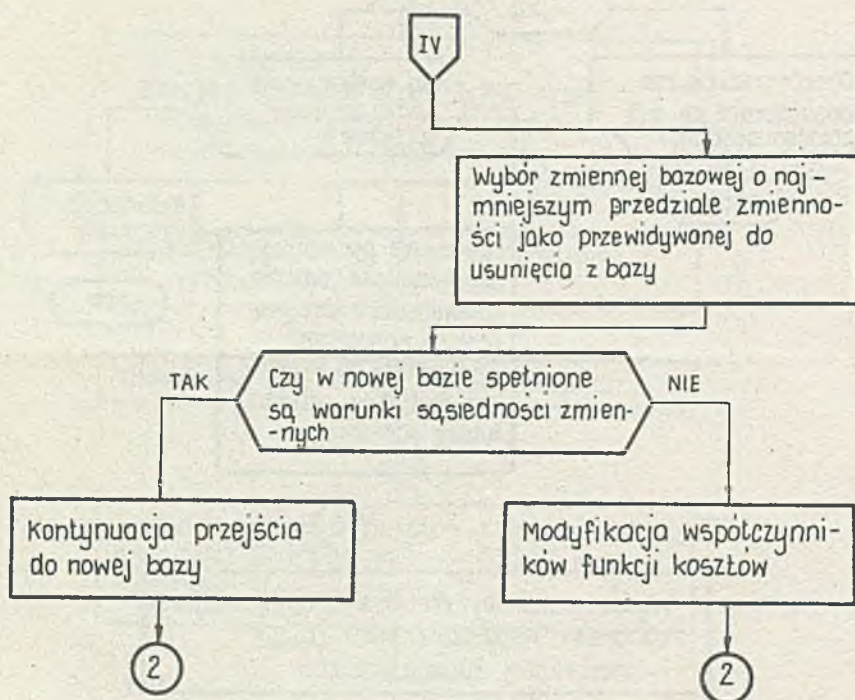
### Algorytm optymalnego sterowania pracą SUW z pulsatorami i filtrami pospieszonymi

W celu zapewnienia stałego, prawidłowego działania pulsatorów konieczne jest utrzymanie ich stałej wydajności. Powinny być również spełnione wymagania technologiczne dotyczące utrzymania stałej wydajności i stałego poziomu wody w filtrach pospiesznych. Można więc przyjąć, że w pulsatorach i filtrach pospiesznych nie następuje gromadzenie wody, a wydajność stacji pulsatorów jest równa wydajności stacji filtrów pospiesznych. Zadanie optymalizacji można zdekomponować na dwa zadania częściowe :









Rys.3.8. Schemat blokowy algorytmu optymalizacji pracy SUW metodą programowania rozdzielnego

Block-scheme of the algorithm for the optimization of SUW-work, based on the divided programming method



zadanie optymalizacji harmonogramu pompowni wody surowej oraz zadanie optymalizacji harmonogramu 1-tej pompowni wody uzdatnionej i płużecznej. Zadanie optymalizacji harmonogramu wody surowej ma postać [3.10] :

$$\min_{Q_{1k}} J_1 = \min_{Q_{1k}} \sum_{k=1}^1 c_k P_{1k} (\dot{Q}_{1k}) \Delta t \quad k = 1 \dots 1$$

przy ograniczeniach :

$$\dot{Q}_1 \min \leq \dot{Q}_{1k} \leq \dot{Q}_1 \max$$

$$V_1 \min \leq V_{1k} \leq V_1 \max$$

$$V_1(k+1) = V_{1k} + Q_{1k} - Q_p$$

Rozwiązanie tego zadania jest realizowane w dwu etapach. W pierwszym etapie stosuje się algorytm Simplex. W drugim etapie stosuje się metodę programowania rozdzielnego, gdy możliwa jest ciągła regulacja wydajności pomp lub algorytm programowania wieloetapowego, gdy realizacja zmian wydajności pompowni jest możliwa tylko poprzez zmianę liczby lub zestawu pomp.

Zadanie optymalnego harmonogramowania pracy pompowni wody uzdatnionej ma postać :

$$\min_{Q_{2k}, Q_{3k}} J_2 = \min_{Q_{2k}, Q_{3k}} \sum_{k=1}^1 c_k \sum_{j=2}^3 P_{jk} (\dot{Q}_{jk}) \Delta t$$

przy ograniczeniach :

$$\dot{Q}_j \min \leq \dot{Q}_{jk} \leq \dot{Q}_j \max \quad j = 1, 2$$

$$V_2 \min \leq V_{2k} \leq V_2 \max \quad k = 1 \dots 1$$

$$\sum_{k=1}^{l_1} Q_{3k} \geq V_p \quad \sum_{k=1}^{l_2} Q_{3k} \geq 2V_p \dots \sum_{k=1}^1 Q_{3k} \geq n_p V_p$$

Rozwiązanie powyższego problemu realizuje się w dwóch fazach analogicznych jak dla pompowni wody surowej.

Analogiczne podejście można zastosować do SUW zawierających klarowniki innego typu niż pulsatory, ponieważ warunek utrzymania stałej wydajności dotyczy wszystkich klarowników.

### 3.3.2. Oczyszczalnie ścieków

Objektami podsystemu zasobów i ochrony wód są oczyszczalnie ścieków. Zrealizowane dotychczas prace w zakresie modeli algorytmów i badań symulacyjnych procesów oczyszczania ścieków dotyczą oczyszczalni ścieków bytowych i bytowo-przemysłowych [3.11]. Nie zajmowano się oczyszczalniami ścieków przemysłowych. W procesie oczyszczania należy usunąć ze ścieków wszystkie substancje, które tam występują w stężeniu szkodliwym dla odbiornika oczyszczanych ścieków. Stopień oczyszczania ścieków zależy od wymagań odbiornika. Wymagania te normowane są rozporządzeniami RM. Obecnie w kraju realizowane są cztery stopnie oczyszczania ścieków:

- I stopień - mechaniczny,
- II stopień - biologiczny,
- III stopień - N (nitrifikacja i denitrifikacja),
- IV stopień - odnowa wody.

Przy aktualnym stanie technologii oczyszczania w kraju realny jest wymóg, aby jakość oczyszczonych ścieków odpowiadała normom dla wód powierzchniowych III klasy czystości.

Na obecnym etapie prac dotyczących sterowania podsystemu zasobów i ochrony wód nie został jeszcze opracowany wskaźnik jakości sterowania całym podsystemem. Z tego powodu nie można jeszcze określić wskaźnika jakości i zmiennych koordynacyjnych na podstawie dekompozycji zadania optymalizacji pracy całego podsystemu. Z drugiej strony dla oczyszczalni ścieków nie są jeszcze rozwiązane zagadnienia sterowania konwencjonalnego, a nawet niektóre problemy technologiczne.

W wykonywanych dotychczas pracach przyjęto, że oczyszczalnie ścieków z punktu widzenia ekonomicznego można traktować jak zakład, który otrzymuje od dostawców ścieków odpowiednią zapłatę (określoną np. umowami) oraz płaci kary za niewłaściwe oczyszczenie ścieków. Można wtedy sformułować wskaźnik jakości pracy oczyszczalni jako:

$$Q = k_1 + F_1(Z_1) - F_2(Z_2),$$

gdzie:  $k_1$  - suma kosztów oczyszczania ścieków,

$F_1(Z_1)$  - kary płacone przez oczyszczalnię "odbiorcom" ścieków oczyszczonych w przypadku niespełnienia warunków jakości ścieków,

$F_2(Z_2)$  - kary płacone oczyszczalni przez dostawców ścieków w przypadku, gdy ścieki zawierają substancje utrudniające normalną pracę oczyszczalni.

Taka postać wskaźnika jakości sterowania wymagałaby złożonego i bardzo pracochłonnego modelu matematycznego określającego zależność pomiędzy poszczególnymi składnikami zanieczyszczeń a funkcjami  $F_1$  i  $F_2$ .



Głównym składnikiem oczyszczania są koszty energii zużytej na napowietrzanie ścieków. Wobec tego wskaźnik jakości może być równy kosztom przy ograniczeniach na jakość ścieków oczyszczonych opuszczających oczyszczalnię.

Z prac [3.11] wynika, że model matematyczny biologicznej oczyszczalni ścieków uwzględniający jeden substrat i jeden składnik osadu można przedstawić w postaci :

$$\frac{d S_{wy}}{dt} = \frac{V_B + V_R}{V_1} (S_{wo} - S_{wy}) - \frac{1}{Y_1} M$$

$$\frac{d X_{wy}}{dt} = \frac{V_B + V_R}{V_1} (X_{wo} - X_{wy}) + M - k_{do} X_{wy}$$

$$\begin{aligned} \frac{d O_{wy}}{dt} = & \frac{V_B + V_R}{V_1} (O_{wo} - O_{wy}) + \frac{(kV)}{V_1} (O_{wy} - O_{wy}) - \\ & - \frac{1}{Y_{O1}} M - 1,1 k_{do} X_{wy} \end{aligned}$$

$$\frac{d G_x}{dt} = (V_B + V_R) X_{wy} - (V_B - V_u) X_k - (V_R - V_u) X_r$$

$$M = u_{max} \frac{S_{wy}}{S_{wy} + k_s} \frac{O_{wy}}{O_{wy} + k_o} X_{wy}$$

$$S_{wo} = \frac{V_B}{V_B + V_R} S_B + \frac{V_R}{V_B + V_R} S_{wy}$$

$$X_{wo} = \frac{V_R}{V_B + V_R} X_r$$

$$X_r = k G_x$$

$$X_k = k_1 (V_B - V_u) X_{wy}$$

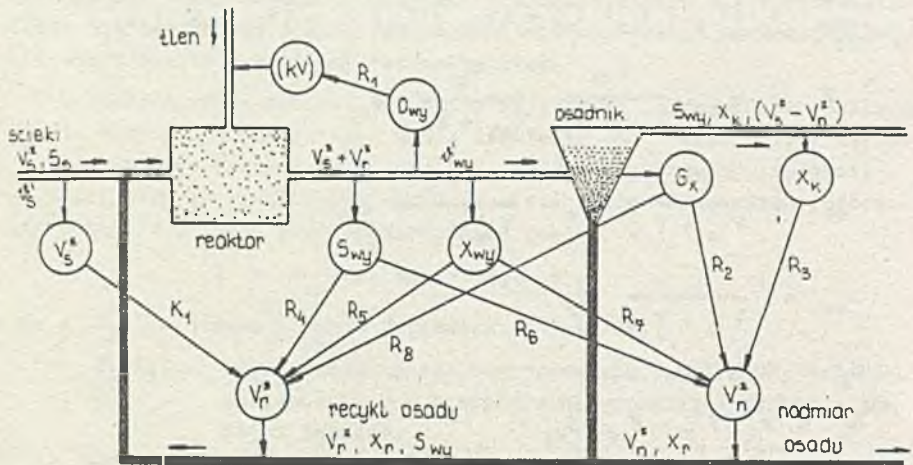
gdzie :

$V_B, V_R, V_u$  - przepływy [ $m^3/h$ ],

$S_B, S_{wo} - S_{wy}$  - stężenie substratu w [ $g/m^3$ ],

$X_{wo}, X_{wy}, X_r, X_k$  - stężenie osadu aktywnego [ $g/m^3$ ],

- $O_{we}, O_{wy}$  - stężenie rozpuszczonego tlenu w  $[g/m^3]$ ,  
 $O_{wy}$  - stężenie nasycenia tlenu w  $[g/m^3]$ ,  
 $G_x$  - masa osadu w osadniku w  $[g]$ ,  
 $u_{max}$  - maksymalna prędkość redukcji substratu w temperaturze nominalnej w  $[h^{-1}]$ ,  
 $k_s$  - stężenie substratu w połowie maksymalnej prędkości redukcji substratu w  $[g/m^3]$ ,  
 $Y_1$  - stała wzrostu aktywnej masy osadu w  $[g/g]$ ,  
 $k_{do}$  - stała endogennej respiracji osadu czynnego w  $[h^{-1}]$ ,  
 $Y_{O1}$  - współczynnik zużycia tlenu w  $[g/g]$ ,  
 $k_o$  - stężenie tlenu rozpuszczonego w ściekach przy połowie maksymalnej prędkości redukcji substratu w  $[g/m^3]$ ,  
 $kV$  - rzeczywista zdolność napowietrzania w  $[g/h]$ ,  
 $V_1$  - objętość reaktora w  $[m^3]$ ,  
 $k_1, k$  - współczynniki proporcjonalności.



Rys.3.9. Strategia sterowania procesem biologicznego oczyszczania ścieków

The strategy of controlling the biological process of sewage-water cleaning



Na rys.3.9. przedstawiono schemat procesu biologicznego oszyszczenia ścieków wraz z możliwymi strategiami sterowania.

Zakładając dla :

- regulatorów  $R_1 - R_3$  standardowe algorytmy PI ,
- układu otwartego  $k_1$  korektor proporcjonalny

oraz przyjmując  $S_{wy}$  ,  $X_{wy}$  ,  $G_x$  ,  $X_u$  jako zmienne do regulacji w pracy [3.12] przedstawiono wyniki badań symulacyjnych możliwych układów regulacji oczyszczalni. Zakłóceniami są zmienne  $V_B$  i  $S_S$  , wielkościami sterującymi  $V_r$  i  $V_u$  .

Najkorzystniejsze wyniki uzyskano w strukturze składającej się z trzech układów sterowania :

- układu regulacji stężenia tlenu w reaktorze zmieniającego dopływ powietrza do reaktora ( $kV$ ) ,
- układu regulacji ilości osadu w osadniku  $G_x$  z oddziaływaniem na  $V_u$  (regulator  $R_2$ ) ,
- otwartego układu sterowania  $k_1$  zmieniającego wartość przepływu  $V_r$  proporcjonalnie do wartości przepływu  $V_B$

Przedstawiony sposób sterowania zapewnia prawie całkowitą kompensację wpływu zakłóceń na wielkości  $O_{wy}$  i  $G_x$  oraz częściowo tłumi wpływ zakłóceń na stężenie osadu  $X_{wy}$  oraz substratu  $S_{wy}$  . Bezpośrednia stabilizacja najważniejszej dla pracy oczyszczalni wielkości, to znaczy stężenia substratu  $S_{wy}$  , jest niemożliwa z dwu powodów. Po pierwsze nikt nie oferuje dotychczas urządzenia do ciągłego pomiaru tej wielkości. Po drugie, gdyby taki pomiar był dostępny, to i tak własności samego procesu ograniczają możliwości takiego sterowania. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na przebieg procesu biologicznego oczyszczania ścieków są zmiany temperatury. Badanie wpływu temperatury polega na uwzględnieniu jej w modelu matematycznym jako dodatkowego zakłócenia, tzn. :

$$V'_{we} = \frac{V_B}{V_B + V_r} V'_B + \frac{V_r}{V_B + V_r} V'_{wy}$$

gdzie :

$V'$  ,  $V'_{we}$  ,  $V'_{wy}$  - odchyłki temperatury od temperatury nominalnej  $^{\circ}C$  .

Z przedstawionych w [3.12] badań symulacyjnych wynika, że spadek średniej temperatury powoduje silne pogorszenie jakości oczyszczonej wody. Dobowe zmiany temperatury ścieków są mniej groźne, ponieważ są tłumione poprzez bezwładność cieplną samego procesu. Układy sterowania nie powodują eliminacji wpływu zmian temperatury. Umożliwiają jedynie skuteczną

stabilizację osadu  $X_{wy}$ , tlenu  $O_{wy}$  oraz ilości osadu w osadniku w obecności zmian temperatury [3.13]

### 3.3.3. Struktury układów regulacji

Zagadnienie doboru struktury układów regulacji w obiektach SWG dotyczy głównie :

- układów regulacji wydajności pompowni,
- " " procesu uzdatniania wody,
- " " " oczyszczania ścieków.

#### Układy regulacji wydajności pompowni

Z przedstawionych w punkcie 3 algorytmów sterowania podsystemem zaopatrzenia i jego obiektami wynika, że realizacja optymalnych harmonogramów wymaga regulacji wydajności pompowni.

Pompownie podlegające optymalnemu sterowaniu są wyposażone na ogół w pompy o dużej mocy (od 500 kW do 1800 kW).

Dla takich pomp regulację wydajności przeprowadza się za pomocą :

- regulacji dławieniowej,
- tyrystorowych regulatorów prędkości obrotowej silników napędzających pompy,
- sprzęgieł kinetycznych.

Z przedstawionej w pracy [3.14] analizy wynika, że z punktu widzenia strat energii nie należy stosować regulacji dławieniowej. Do roku 1982 (tzn. do momentu, w którym przeprowadzona była analiza) w Polsce nie były seryjnie produkowane tyrystorowe regulatory prędkości dla silników o tak dużej mocy. Jedynym produkowanym seryjnie urządzeniem do regulacji prędkości obrotowej były sprzęgła kinetyczne. Produkował je ZAMECH - Elbląg według licencji firmy VOITH (Austria), przy czym asortyment sprzęgieł nie pokrywał wszystkich typów pomp występujących w starych lub projektowanych obiektach SWG.

Z tych powodów przeprowadzona w pracy [3.14] analiza nie dała jednoznacznej odpowiedzi, które z układów regulacji powinny być preferowane.

Wybór układu będzie zależał od rozwoju prac badawczych, produkcji oraz aktualnej sytuacji rynkowej (obydwa rozwiązania wymagają części z importu).

#### Układy regulacji procesu uzdatniania wody

Prace nad strukturami układów regulacji w SUW były prowadzone w latach 1981 - 82 [3.14]. W tym okresie zalecaną strukturą do regulacji procesu filtracji był system automatycznej regulacji URS współpracującej z kanałem PI i mikroprocesorowymi sterownikami kaset.



W porównaniu z zastosowaniem systemu Intelektran-S preferowane rozwiązanie charakteryzuje się niższym kosztem i większą pewnością działania. W SUW regulacji wymaga również dopływ chloru do chloratorów. Ze względu na naturalny rozwój systemów i współpracujących z nimi kanałów w momencie realizacji inwestycji przegląd rozwiązań powinien być aktualizowany i tak np. w obecnej chwili kanał PI jest rozwiązaniem przestarzałym, w jego miejsce wprowadza się PROWAY.

#### Układy regulacji procesu oczyszczania ścieków

Przedstawiona w rozdz.3 struktura układu regulacji zawiera : regulator  $R_1$  stężenia tlenu w komorze napowietrzania oddziaływujący na urządzenia napowietrzające, otwarty układ sterowania  $K_1$  zmieniający wartość przepływu, regulator  $R_2$  ilości osadu w osadniku. Możliwości realizacji poszczególnych układów regulacji zależą głównie od możliwości pomiaru wielkości regulowanych oraz możliwości oddziaływania na wielkości sterujące [3.13] . Zagadnienie pomiarów zostało omówione w rozdz.4.

Część centralna układów regulacji nie stanowi ograniczenia możliwości stosowania automatycznej regulacji w oczyszczalni.

Z aparatury krajowej produkowane są możliwe do zastosowania : regulatory dwu- i trójpołożeniowe produkcji MERA-LUMEL, system elektroniczny SAB produkcji MERA-ZAP Ostrów Wlkp., system elektroniczny EPTRONIK produkcji MERA-PNEFAL w Warszawie, system elektroniczny INTELEKTRAN,S produkcji MERA ELWRO we Wrocławiu. Ponadto wdrażane są dwa systemy INTELDIGIT-PROWAY produkcji MERA-PIAP w Warszawie oraz EPTRONIK-M produkcji MERA PNEFAL w Warszawie. Wybór układu zależy będzie od konkretnej oczyszczalni i jej wielkości. W przypadku małych oczyszczalni wystarczające mogą się okazać proste układy regulacji dwupołożeniowej, np. stężenia tlenu w komorze napowietrzania lub poziomu osadu w osadniku wtórnym. W przypadku większych oczyszczalni należy dążyć do zastosowania mikroprocesorowych regulatorów cyfrowych. Urządzenia takie umożliwiają elastyczne, a nie sztywne projektowanie struktur. Krajowe oczyszczalnie nie są obecnie przygotowane do realizacji ciągłych układów regulacji. Zainstalowanie potrzebnych do tego celu nastawników przepływu wymagać będzie nawet niekiedy małych zmian w urządzeniach technologicznych. Ze względu na trudne warunki panujące na oczyszczalniach muszą to być w wielu przypadkach urządzenia o zwiększonej odporności, np. na korozję.

#### 4. OPIS WYPOSAŻENIA SYSTEMU

Stan obiektów systemu ustala się za pomocą pomiarów odpowiednich wielkości fizycznych. Aby wynik pomiaru można było wykorzystać do sterowania, musi on być doprowadzony do dyspozytora danego obiektu, dyspozytora lokalnego ośrodka sterowania lub do dyspozytora systemu wodno-gospodarczego. Osiąga się to przez stosowanie aparatury pomiarowej pracującej automatycznie (bez obsługi) i zdolnej współpracować z systemem telemetrii, który informacje pomiarowe przekazuje do odpowiedniego ośrodka dyspozytorskiego.

Stosowana dotychczas aparatura poza nielicznymi wyjątkami nie spełnia wymagań pracy w systemie, gdyż nie nadaje się do współpracy z systemem telemetrii. Są to przyrządy pomiarowe z lokalnym odczytem wskazań bądź zdolne przekazać wynik pomiaru na niewielką, niewystarczającą odległość. Ponadto jest to aparatura przestarzała, odbiegająca poziomem technicznym od rozwiązań zagranicznych.

Do pomiaru poziomu wody w zbiornikach retencyjnych i rzekach w sieci hydrometeorologicznej IMGW stosowane są telelimnigrafy typu TLPU-10. Oprócz lokalnej rejestracji telelimnigraf ten wyposażony jest w potencjometryczny nadajnik telemetryczny, który może być wykorzystany do transmisji na odległość 1-2 km lub za pomocą zdalnej stacji telemetrycznej na dalszą odległość. Konstrukcja telelimnigrafu i nadajnik potencjometryczny są konstrukcją przestarzałą. W chwili obecnej telepluviografów i telelimnigrafów w kraju nie produkuje się [4.1] .

Do pomiaru natężenia przepływu wody i ścieków w kanałach otwartych i ciekach stosuje się przelewy i koryta pomiarowe o znanych konstrukcjach a miarą natężenia przepływu jest poziom wody w odpowiednich punktach. W kraju brak jest produkcji poziomomierzy, a stosowane przyrządy są przestarzałe. Bardzo mało obiektów jest wyposażonych w przelewy i koryta pomiarowe.

Do pomiaru objętości wody w rurociągach o małych średnicach do 400 mm powszechnie stosowane są wodomierze. Od niedawna produkowane są wodomierze z nadajnikami telemetrycznymi NZ i NZQ dającymi sygnały elektryczne o objętości odmierzanej wody i natężeniu przepływu, które można przesłać na odległość 1-2 km i przekazać dalej za pomocą zdalnej stacji telemetrycznej. Dokładność pomiaru wodomierzy jest niewystarczająca, szczególnie dla rurociągów o średnicach powyżej 100 mm [4.2] .



Do pomiarów poziomu wody w zbiornikach terenowych, studniach głębinowych itp. najczęściej stosowane są poziomomierze hydrostatyczne z wdmuchiwaniem powietrza, wykonywane indywidualnie. Brak jest w kraju produkcji poziomomierzy.

Generalnie biorąc, stan wyposażenia obiektów SWG w aparaturę pomiarową nie odpowiada potrzebom i praktycznie aparaturę pomiarową należy projektować i instalować od nowa. Przyczyną tego stanu jest brak dążności do odpowiedniego wyposażenia obiektów oraz trudności nabycia aparatury z importu. Przy mało intensywnej pracy obiektów często wystarczała obserwacja przez zatrudniony personel.

Praca obiektów w systemie zwiększa intensywność pracy obiektów oraz wymagania w zakresie współdziałania, przez co informacja o stanie obiektów jest niezbędna, a brak jej stwarza niebezpieczeństwo poważnych strat w stanach katastroficznych. Niezbędne staje się przekazywanie tych informacji do ośrodków dyspozytorskich.

Dotychczas na obszarze SWG nie istnieje żaden system telemetryczny pracujący automatycznie<sup>n)</sup> i nie ma ośrodków dyspozytorskich automatycznego zbierania informacji. W tym zakresie wyposażenie systemu stanowi nową jakość i jest zadaniem najtrudniejszym. Stan ten spowodował podjęcie opracowań aparatury w ramach PR-7, głównie w kierunku O5. Prezentowane poniżej wyposażenie systemu składa się w bardzo dużej części z aparatury opracowanej dla potrzeb systemu wodno-gospodarczego, przy czym jeszcze nie podjęto produkcji znacznej części tej aparatury.

#### 4.1. Aparatura pomiarowa

##### 4.1.1. Przepływomierze

Pomiary natężenia przepływu wody i ścieków w rurociągach i w kanałach otwartych należą do najważniejszych i występują w SWG najczęściej. Na podstawie informacji o natężeniu przepływu wody przeprowadza się bilanse wody w zlewniach, rozrząd wody dla odbiorców, dystrybucję wody w sieciach wodociągowych oraz steruje się pracą SUW i oczyszczalni ścieków.

Do najbardziej rozpowszechnionych należą przepływomierze :

- zwęzkowe,
- turbinowe, w tym wodomierze,
- elektromagnetyczne,
- ultradźwiękowe.

O wyborze rodzaju przepływomierza decydują jego własności użytkowe oraz koszty. Na podstawie danych z 1975 r. oceniono koszty inwestycyjne

---

<sup>n)</sup>Przejęściowo funkcjonował system osłony hydrometeorologicznej kaskady zbiorników rzeki Soły.

i eksploatacyjnie przepływomierzy przedstawione na rys.4.1 dla różnych średnic rurociągu [4.2]. Według cen w USA dla rurociągów o średnicach do 400 mm najtańsze są przepływomierze zwężkowe, natomiast przepływomierze turbinowe o klasie 0,5 są już znacznie droższe. Według cen krajowych najtańsze są wodomierze, głównie wskutek seryjnej produkcji oraz gorszej dokładności w stosunku do przepływomierzy turbinowych. Dla rurociągów o średnicach powyżej 400 mm najtańsze są przepływomierze ultradźwiękowe. Charakteryzują się one ponadto najniższymi kosztami eksploatacyjnymi oraz bardzo dobrymi właściwościami użytkowymi. Nie zawierają części ruchomych, są odporne na zanieczyszczenia, nie jest potrzebny ciężki sprzęt do montażu i można je montować do rurociągu pod ciśnieniem. Na podstawie przytoczonych wyników analizy [4.2] do stosowania w SWG dla rurociągów o średnicach powyżej 400 mm zalecono przepływomierze ultradźwiękowe.

#### A. Przepływomierze ultradźwiękowe

##### I. Pomiary w rurociągach

Do pomiaru natężenia przepływu wody czystej w rurociągach o średnicach od 300 do 2000 mm przeznaczony jest przepływomierz ultradźwiękowy UMP-20 działający na zasadzie pomiaru czasu przejścia impulsu ultradźwiękowego między głowicami zabudowanymi w rurociągu [4.3]. Głowice montuje się w ścianie rurociągu poziomo, przesunięte wzdłuż osi rurociągu o długość równą średnicy wewnętrznej rurociągu, tak by oś sond znajdowała się na średnicy rurociągu, jak pokazano na rys.4.2.

Odległość  $L$  między głowicą 1 a głowicą 2 impuls ultradźwiękowy przebywa w czasie  $t_{12}$ , natomiast w kierunku przeciwnym w czasie  $t_{21}$ . Wskutek wektorowego sumowania się prędkości ultradźwięków  $c$  z prędkością wody  $v$ , czasy  $t_{12}$  oraz  $t_{21}$  są różne, a różnica jest proporcjonalna do prędkości wody  $v_1$  średniej wzdłuż drogi ultradźwięków:

$$t_{21} - t_{12} = \frac{2D v_1}{c^2}$$

Do wyznaczenia natężenia przepływu  $\dot{V}$  trzeba brać pod uwagę prędkość średnią w całym przekroju rurociągu  $v_B$ , przy czym:

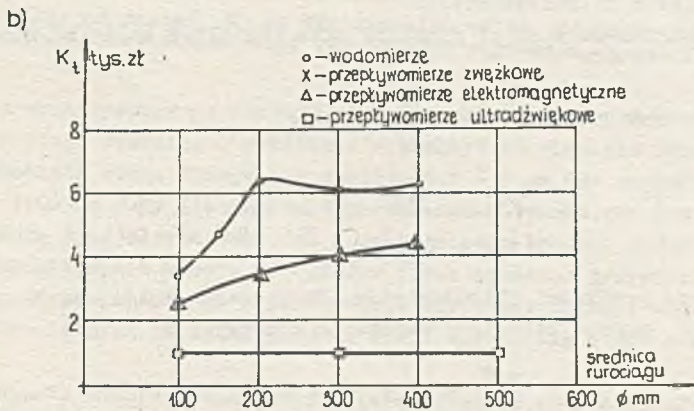
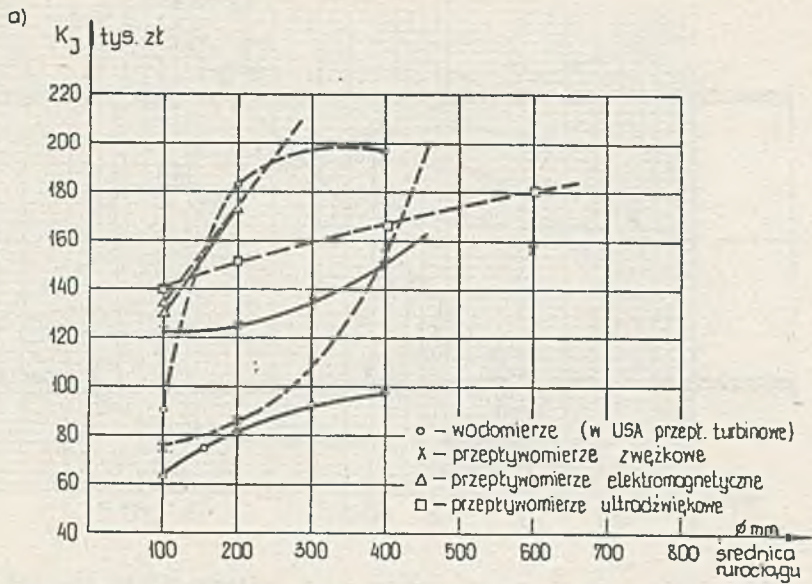
$$\dot{V} = \frac{\pi}{4} D^2 v_B$$

Prędkości  $v_B$  oraz  $v_1$  nie są jednakowe, a ich stosunek charakteryzuje mnożnik  $K$ :

$$K = \frac{v_B}{v_1}$$

zależny od rozkładu prędkości wody w przekroju rurociągu. Miara natężenia





Rys.4.1. Koszt różnego rodzaju przepływomierzy wg danych z 1975 r.

a) Koszt inwestycyjny

linia ciągła - produkcja krajowa (zakup + koszt montażu 120%)

linia przerywana - wg cen w USA (przeliczono 1 \$ = 40 zł) (zakup + koszt montażu 60%)

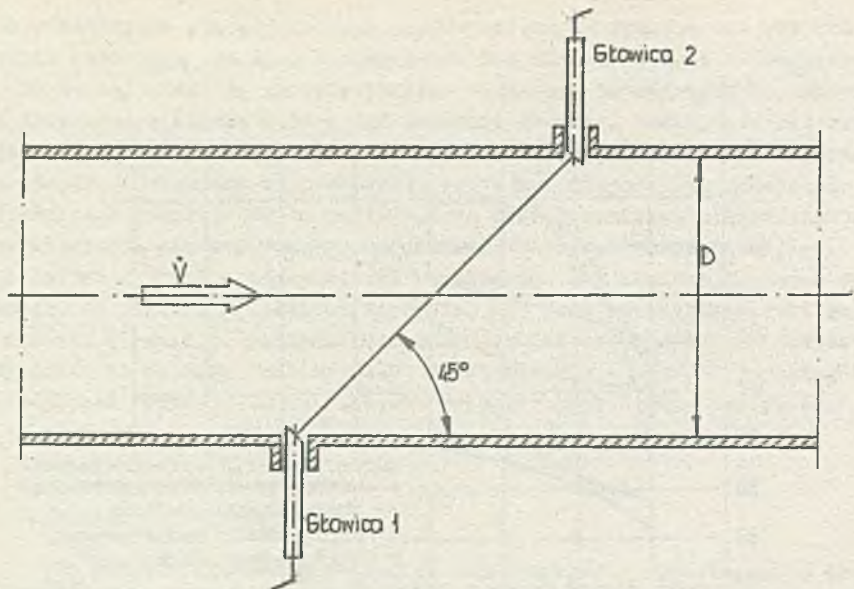
b) Koszty eksploatacyjne roczne (szacunek autora)

Financial cost of diverse flowmeters (dated 1975)

a) Investments-cost

Continual line: internal production (purchasing costs + fitting 120%)

b) Exploitation-costs per year (authors estimation). Interrupted line :  
in USA proces (calculated 1 \$ = 40 zł purchasing + fitting 60%)



Rys.4.2. Poziomy przekrój rurociągu z zabudowanymi głowicami przepływomierza ultradźwiękowego

Horizon-section of pipeline with installed units of ultrasonic flowmeters

przepływu wody w rurociągu jest wielkość :

$$y = \frac{t_{21} - t_{12}}{(t_{21} + t_{12})^2} = \frac{1}{\pi} \frac{1}{D^3} \frac{1}{K} \dot{V}$$

niezależna od prędkości ultradźwięków. Przy wzorcowaniu przepływomierza wskazaniu  $y$  nadaje się miarę natężenia przepływu :

$$\dot{V}^{\frac{1}{3}} = a y$$

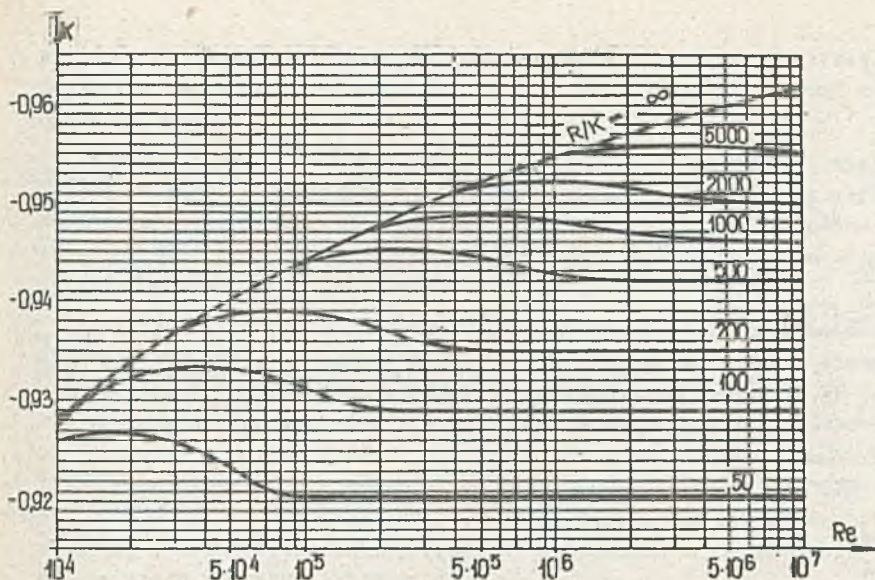
i przez dobranie wartości :

$$a = D^3 K$$

uzyskuje się  $\dot{V}^{\frac{1}{3}} = V$ , tzn. poprawne wskazania natężenia przepływu.

Do wzorcowania przepływomierza trzeba znać średnicę wewnętrzną rurociągu  $D$  oraz mnożnik  $K$ . Dla warunków normalnych zabudowy przepływomierza wartość liczbowa  $K$  wyznacza się z podanego w PN-85/M-42370 wykresu przedstawionego na rys.4.3. Niezbędna jest do tego znajomość chropowatości rurociągu. Wymiary głowicy i sposób ich zabudowy w rurociągu przedstawiono na rys.4.4. Normalnie stosuje się sposób jak na rys.4.4b.



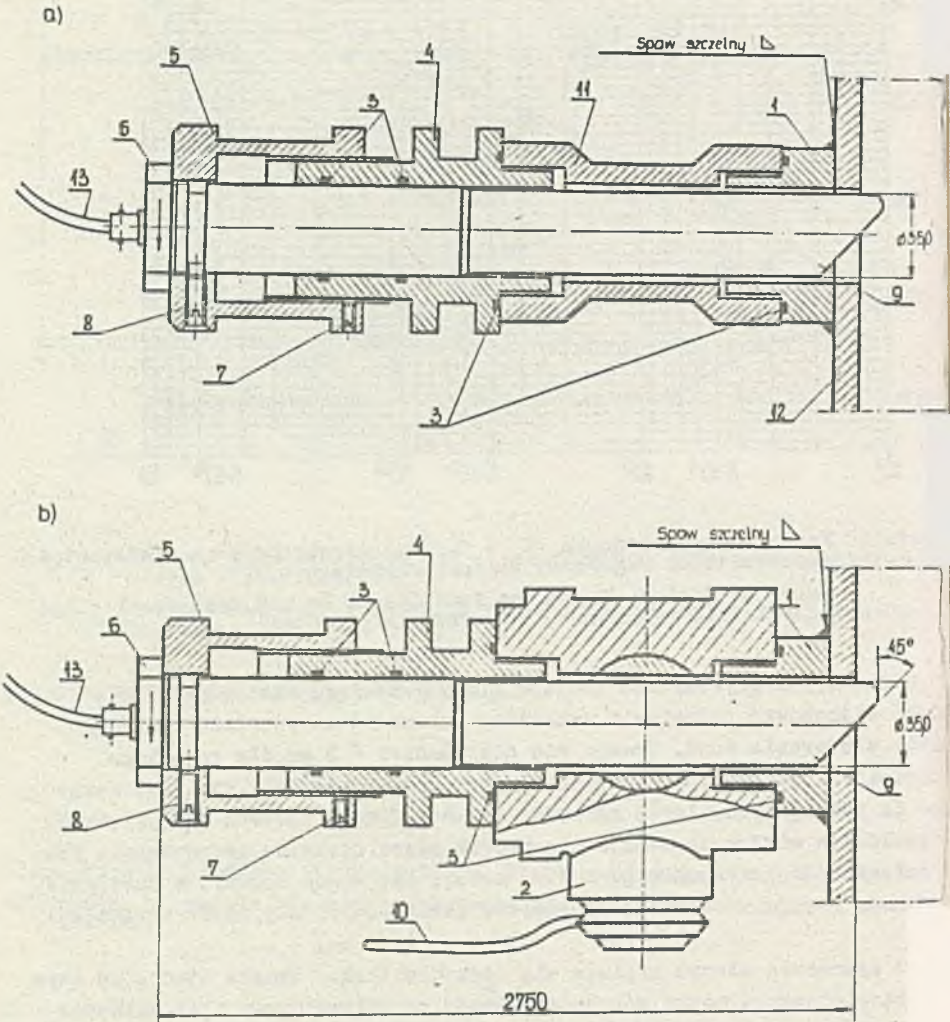


rys.4.3. Wartość współczynnika  $K$  w funkcji liczby  $Re$  oraz odwrotności chropowatości względnej ścianki rurociągu  
 Value of factor  $K$  as the function of  $Re$  and reciprocal value of relative roughness of the interne pipe-wall

Głowice przepływomierza montuje się w rurociągu następująco [4.4]. Należy wytrasować rurociąg i dokładnie wyznaczyć na obwodzie rurociągu punkty wbudowania sond. Wymaga się dokładności  $\pm 5$  mm dla rurociągu o średnicy 1000 mm przy trasowaniu w przeciwnym kierunku, co jest osiągnięte za pomocą specjalnych narzędzi i szczególnego sposobu postępowania. W ustalonych miejscach mocuje się króćce przez szczelne przyspawanie ich do ścianki. Do przyspawanego króćca mocuje się zawór kulowy, a następnie za pomocą specjalnych narzędzi poprzez zawór wierci się otwór w rurociągu.

Po wykonaniu otworu wyciąga się frez wiertarki, zamyka otwór, po czym po otwarciu zaworu można wprowadzić sondę przepływomierza i odpowiednio ją ustawić na głębokość i kierunek nadawania lub odbioru ultradźwięków.

Po odpowiednim sprawdzeniu dokładności montażu głowic i podłączeniu głowic do przetwornika przepływomierz jest zdolny do pracy. Może on być stosowany do pomiarów ciągłych i sporadycznych. Po pomiarach sporadycznych sondy można wymontować i stosować w innych punktach pomiarowych, a po pewnym czasie pomiary wykonać ponownie, gdyż króćce i zawory pozostają na stałe w rurociągu. W podany powyżej sposób głowice przepływomierza montuje się bez przerywania pracy rurociągu pod ciśnieniem, co jest istotną zaletą przepływomierza ultradźwiękowego. Produkowany w kraju przepływomierz UMP-20 dostarczany jest bez zaworów do mocowania sond,



Rys 44 Wymiary sondy i głowicy po wmontowaniu do rurociągu  
a) montaż stały na opróżnionym rurociągu  
b) montaż umożliwiający zamontowanie i wymontowanie sondy pod ciśnieniem  
1-króciec, 2-zawór kulowy odcinający, 3-uszczelka, 4-dławnica,  
5-nakrętka określająca położenie sondy, 6-pokrywa, 7-wkrętu zabezpieczające, 8-sonda, 9-rączka zaworu, 10-tuleja dystansowa, 11-scianka rurociągu, 12-kabel sondy.



przez co do montażu stosuje się tuleje pośredniczące jak na rys.4.4a [4.3], a do montażu rurociąg musi być opróżniony z wody i sond nie można wymontować.

Przepływomierz UMP-20 ma sygnał wyjściowy 10 V lub 20 mA i wyposażony jest w licznik przepływu na zasadzie sumowania natężenia przepływu. Maksymalna odległość głowic od przetwornika wynosi 50 m, natomiast przetwornik może być oddalony od zdalnej stacji telemetrycznej na odległość 1-2 km.

Przepływomierz UMP-20 został opracowany przez Zakład Doświadczalny TECHPAN IPPT-PAN w Warszawie i od 1984 r. jest produkowany w wystarczających ilościach. Opracowanie było finansowane z kierunku O2 PR-7. Założenia techniczne przepływomierza, badania nad metodyką montażu i stosowania oraz badania przydatności przeprowadził Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej. Końcowym aktem tych prac była norma PN-85/M-42370 pt. Pomiar strumienia objętości cieczy w rurociągach za pomocą przepływomierzy ultradźwiękowych (projekt do stosowania od 1986.01.01), opracowana przez Instytut Automatyki.

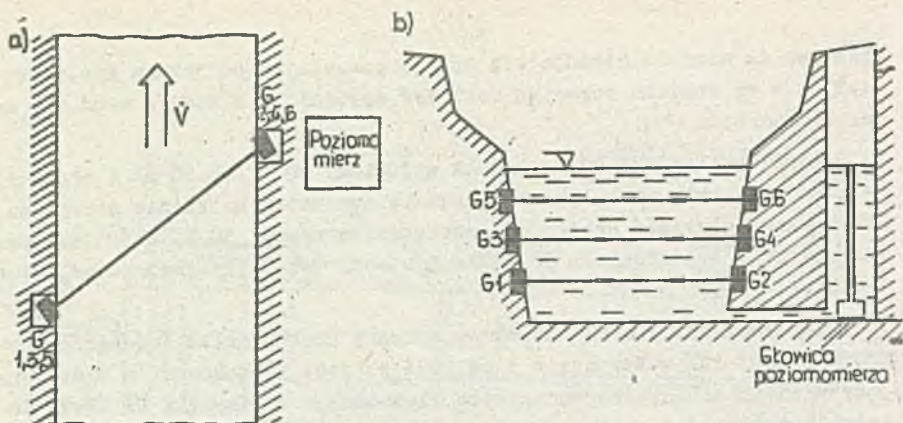
Przepływomierz ultradźwiękowy jest przyrządem pomiarowym prostym w eksploatacji i łatwym do projektowania. W warunkach normalnych zabudowy, tzn. gdy woda wypełnia cały przekrój rurociągu, odcinki proste rurociągu są dostatecznie długie i po zamontowaniu przepływomierza zgodnie z wymaganiami PN-85/M-42370 charakterystykę przepływomierza wyznacza się na podstawie modelu matematycznego przepływu wody w rurociągu, a wartości współczynnika  $K$  podaje ww. norma. Dokładność pomiaru w tych warunkach wynosi ok. 1%.

W innych warunkach zabudowy przepływomierza rozkład prędkości w rurociągu nie jest osiowo-symetryczny i nie jest dostatecznie znany. Wówczas współczynnik  $K$  należy wyznaczyć doświadczalnie, wykonując pomiary rozkładu prędkości wody w rurociągu w dwóch przekrojach: poziomym i pionowym, i obliczając wartość  $K$ . Nie zawsze  $K$  można wyznaczyć, szczególnie gdy np. przed przepływomierzem zabudowana jest zasuwka o zmieniającym stopniu otwarcia. Dlatego miejsce i warunki zabudowy przepływomierza trzeba starannie dobrać.

## II. Pomiary w rzekach

-----

Przepływomierze ultradźwiękowe znalazły zastosowanie do pomiarów natężenia przepływu wody w rzekach. Zasada pomiaru jest podobna jak dla rurociągów. Miarą prędkości jest różnica czasów przebiegu impulsów ultradźwiękowych między głowicami nadawczą i odbiorczą po drodze przedstawionej na rys.4.5a. Związek między czasem  $\Delta t = t_{21} - t_{12}$  a natężeniem przepływu wody jest tutaj bardziej złożony. Model matematyczny rozkładu prędkości wody w cieku i współczynniki modelu szacowane są z dużym przybliżeniem.



Rys.4.5. Schemat rozmieszczenia głowic przepływomierza ultradźwiękowego 3-drogowego w cieku; a) widok z góry, b) przekrój poprzeczny

Scheme of localization of ultrasonic flow-meters three-fold. a) the view from above, b) cross section of the flow

W znacznym stopniu nieznaną odmianą modelu zastępuje zastosowanie przepływomierza wielodrogowego, jak pokazano na rys.4.5b, z równoczesnym pomiarem poziomu wody w cieku.

Poziom wody określa wymiary strumienia wody, a prędkości średnie fali ultradźwiękowej pozwalają obliczyć natężenie przepływu. Liczba dróg może być różna : 3 do 5 ; ponadto ciek może być podzielony na strugi, np. filarami mostu, przez co przepływomierz jest bardziej rozbudowany.

W SWG zaplanowano budowę ok. 20 przepływomierzy ultradźwiękowych w rzekach w miejsce posterunków wodowskazowych [4.27] . Proponowaną lokalizację podaje tabl.4.1. Wybrano posterunki :

- zamykające małe zlewnie górskie, w celu alarmowania o nadmiernych opadach i niebezpieczeństwie powodzi,
- na odpływie ze zbiorników retencyjnych, w celu dokładnego sterowania odpływem wody ze zbiorników,
- w przekrojach bilansowych głównych zlewni SWG i zamykających system wodno-gospodarczy.

Na podstawie materiałów opracowanych przez IMiGW można zaproponować liczbę dróg przepływomierza, lokalizację głowic oraz ustalić zakres niezbędnych prac hydrotechnicznych regulujących koryto rzeki itp. [4.5] . Przeprowadzono badania doświadczalne i teoretyczne nad modelami rozkładu prędkości wody w korycie, badania głowic ultradźwiękowych - zasięg ultradźwięków i kąt rozproszenia wiązki oraz zależność tłumienia fali ultradźwiękowej od mętności wody. Te ostatnie badania wykazały, że przy dużej mętności wody w stanach wysokich działanie przepływomierza ultradźwiękowego winno być prawidłowe [4.6] .

Celem budowy przepływomierzy w miejsce posterunków wodowskazowych jest



PROPONOWANA LOKALIZACJA PRZEPLYWOMIERZY ULTRADŹWIĘKOWYCH NA OBSZARZE  
S W G

Lp.	Nr postę- runku wo- dowskazo- wego	Miejsce	Rzeka	km	Szerokość koryta m	Uwagi
1	4	Skoczów	Mała Wisła	71,1	30	
2		Jawiszowice	Mała Wisła		20	
3	12	Przeczyoc	Cz. Przemsa	52,2	10	
4	15	Sosnowiec	Brynica	2,4	8	
5		Jeleń	Przemsa		25	
6	26	Rajcza	Soła	75,0	-	
7	31	Pewel Mała	Koszarawa	9,4	-	niezbędna regulacja
8	32	Żywiec	Soła	50,2	80	niezbędna regulacja koryta
9	35	Czaniec	Młynówka Czaniecka i Soła	-	-	
10	39	Oświęcim	Soła	3,0	35x5	w stanach wysokich
11		Gromiec	Wisła	-	-	
12	46	Sucha Bes- kidzka	Skawa	45,7	-	
13	47	Wadowice	Skawa	21,2	-	wraz z bu- dową zbior- nika Sw. Por
14	50	Grodzisko	Skawa	-	-	
15		Smolice	Wisła	-	60/450	
16	53	Chałupki	Odra	20,7	60	
17	61	Miedonia	Odra	58,5	50	
18	64	Ruda Ko- zielska	Ruda	12,8	15	
19	66	Gliwice	Kłodnica	46,2	5	
20	67	Łany Małe	Kłodnica	23,4	-	
21	69	Koźle	Odra	97,2	60	

znaczące zwiększenie dokładności, szczególnie w stanach wysokich, dla których nie wyznaczono krzywych konsumpcyjnych. Szacuje się, że w stanach niskich dokładność pomiaru natężenia przepływu wyniesie 3-10%, a w stanach wysokich 5-20% [4.32].

### III. Przepływomierze na zasadzie Dopplera

Dla cieczy zanieczyszczonych zawiesziną stałą lub pęcherzykami gazu dobrze nadaje się do pomiaru prędkości ultradźwiękowa zasada Dopplera. Padająca fala ultradźwiękowa jest odbijana przez zawieszinę w ruchu, a odebrana fala odbita ma częstotliwość różniącą się od częstotliwości fali nadawanej o tzw. częstotliwość dopplerowską proporcjonalną do prędkości zawiesziny. Sondy nadawczą i odbiorczą ultradźwięków umieszcza się zwykle na zewnętrznej ściance rurociągu lub zanurza się w cieczy w przypadku kanału otwartego, co ma istotne zalety użytkowe. Przepływomierzem dopplerowskim mierzy się prędkość punktową w punkcie przecięcia się fal nadawanej i odbieranej. Za pomocą tzw. okna czasowego punkt ten można przesunąć i uzyskać w ten sposób informacje o rozkładzie prędkości. Dzięki tym właściwościom przepływomierz dopplerowski jest wygodnym przyrządem pomiarowym, najczęściej przenośnym do pomiarów sporadycznych, lub stacjonarnym, np. do pomiaru prędkości natężenia przepływu ścieków.

W dotychczasowych pracach [4.7] zbudowano model przepływomierza nie mający jeszcze cech użytkowych i kontynuowane są prace nad budową modelu użytkowego.

### B. Wodomierze

Wodomierze są najpowszechniej stosowanymi przepływomierzami, przede wszystkim do rozliczeń poborów wody. Stosowanie wodomierzy nie jest najlepszym wyborem. W innych krajach, np. USA, Francja, wodomierze nie są stosowane, lecz stosuje się przepływomierze turbinowe i liczniki pływów [4.8].

Oprócz zasady działania różnica polega na dokładności - wodomierz 2%, przepływomierz turbinowy 0,5%. Do rozliczeń sprzedanej lub kupionej wody dokładność 2% nie jest wystarczająca, szczególnie dla rurociągów o średnicach powyżej 100 mm [4.2].

Dalszą wadą wodomierzy jest brak naturalnego sygnału wyjściowego do telemetrii. Produkowane są w kraju wodomierze wyposażone w nadajniki telemetryczne NZ oraz NZQ dające sygnał elektryczny o ilości wody i natężeniu przepływu. Przetwornik ilości wody NZQ jednak nie działa w okresach zaniku napięcia zasilania.

Przydatność wodomierzy do pracy w SWG oceniano na podstawie ich niezawodności. Dane uzyskane w WPWiK Katowice wskazywały, że czas sprawnej pracy wodomierzy wynosi ok. 1-2 lat. Przeprowadzone badania 20 szt. wodo-



mierzy typu MZ 200 w warunkach eksploatacji dały jako wynik czas sprawnej pracy ok. 10 miesięcy [4.9]. Jest to niezawodność katastroficzna, natomiast parametryczna jest lepsza. Przypuszcza się, że główną przyczyną uszkodzeń jest przeciążenie wodomierzy, co oznacza, że źle zaprojektowano instalację. Niezawodność wodomierzy i dokładność ocenia się jako niezadowalające. Brak jest jednak lepszego rozwiązania.

W celu zapewnienia współpracy wodomierzy z systemem telemetrii opracowano odpowiednie pakiety wejściowe systemu telemetrycznego STA. Są to :

- pakiet BOS-1 do odczytu stanu wodomierza [4.10] wyposażonego w nadajnik NZ. Pakiet zasilany jest z pakietu BZR, tzn. pakiet BOS-1 wymaga zastosowania pakietu BZR ;
- pakiet FIP-2 do pomiaru natężenia przepływu wody za pomocą wodomierza [4.11] wyposażonego w nadajnik NZQ ; do pakietu można podłączyć 1 wodomierz (licznik 16-bitowy) lub dwa wodomierze (2 liczniki 8-bitowe). Do zasilania pakietu należy zastosować separowane napięcie prądu stałego 24 V ; 1,5 V ;
- pakiet BZR-1 rezerwowego zasilania [4.12] pakietu BOS-1 odczytu stanu wodomierza przy zaniku napięcia sieci. Czas zasilania rezerwowego wynosi max 4 godz., czas ładowania akumulatorów 12 godz. Źródło rezerwowe stanowią 2 akumulatory typu KPEM-10 prod. CENTRA.

Schematy podłączenia wodomierza z ww. pakietami podano na rys.4.6.

Maksymalna odległość stacji zdalnej od wodomierza wynosi 500 m. Według danych katalogowych POWOGAZ-u w nadajniki NZ i NZQ wyposaża się wodomierze typów MZ oraz MP. W nadajniki te można wyposażyć starsze typy wodomierzy oraz wodomierze typu MW [4.13].

### C. Uśredniające rurki spiętrzające

Stosunkowo prosty i tani, a także dobry pod względem eksploatacyjnym jest przepływomierz w postaci uśredniającej rurki spiętrzającej, znany pod nazwą firmową anubar. Budowę rurki przedstawia rys.4.7.

Ciśnienie dynamiczne spowodowane prędkością wody działające na otwory 1,2 ... 6 jest uśredniane przez odpowiednio dobrane wymiary i rozmieszczenie otworów. Ciśnienie to względem ciśnienia odbieranego  $P_0$  jest proporcjonalne do kwadratu średniej prędkości wody w rurociągu. Do pomiaru ciśnienia wyjściowego z rurki stosuje się przetwornik różnicy ciśnień. Rurkę można montować do rurociągu pod ciśnieniem. Gdy stosuje się odcinające zawory kulowe (rys.4.4b) do montażu można ją wymontować w celu oczyszczenia.

Zasada pomiaru jest prosta. Warunki prawidłowego pomiaru są jednak dość trudne do spełnienia. Należy dobrze dopasować długość rurki do średnicy wewnętrznej rurociągu, a często oznacza to konieczność indywidualne-





go wykonania rurki ; zmiana wymiarów otworów i zatkanie ich powodują znaczne błędy ; pod wpływem ciśnienia dynamicznego rurka może uginać się lub drgać, ciśnienie wyjściowe jest stobunkowo małe. Dotychczas nie przeprowadzono badań eksperymentalnych, które by potwierdziły przydatność przepływomierzy tego rodzaju. Dokładność pomiaru za pomocą rurki uśredniającej szacuje się na 3 - 5 % w normalnych warunkach stosowania i prawidłowym montażu [4.14]. Produkcję tego rodzaju przepływomierzy przygotowują ZAM w Kętach na podstawie wniosku WFWiK Katowice.

#### D. Przepływomierze zwężkowe

Przepływomierze zwężkowe należą do klasycznych przyrządów powszechnie stosowanych w przemyśle. Warunki budowy i stosowania podaje norma PN-65/M-53950. Zwężki stosowane są głównie do kontroli przepływów w SUW i w pompowniach ; w sieciach wodociągowych stosowanie jest ograniczone wskutek konieczności przerwy w pracy rurociągu dla montażu zwężki, przeglądów, konieczności użycia ciężkiego sprzętu, straty ciśnienia na zwężce itp.

W kraju zwężki produkowane są przez POWOGAZ w Poznaniu do rurociągów o średnicach do 500 mm.

Do współpracy ze zwężką stosuje się przetworniki różnicy ciśnień o sygnale wyjściowym najczęściej 0 - 20 mA, który nadaje się do przesyłu na odległość 1-2 km i podłączenia przepływomierza do systemu telemetrii.

#### E. Koryta pomiarowe i przelewy

Do klasycznych przepływomierzy w kanałach otwartych należą koryta pomiarowe i przelewy. Z punktu widzenia branżowego podziału projektowania i wykonawstwa inwestycji urządzenia te zalicza się do budowli hydrotechnicznych, a nie do AKP. Urządzenia te są częścią obiektu.

W zakresie koryt pomiarowych istnieją zalecenia normatywne [4.15] określające wymiary typowych koryt oraz podające równania pomiaru. Koryta pomiarowe są najczęściej stosowane do pomiaru natężenia przepływu ścieków w kanałach otwartych. Przelewy stosowane są zwykle dla wody czystej w kanałach doprowadzających wodę do odbiorców. Zasady budowy przelewów i ich charakterystyki podają monografie, np. [4.16] .

W obu ww. urządzeniach miarą natężenia przepływu jest poziom wody (przelewy) lub różnica poziomów (koryta), przy czym poziomomierz winien mieć elektryczny sygnał wyjściowy do systemu telemetrii.

## Zalecenia ogólne stosowania przepływomierzy w SWG

Dla rozmaitych potrzeb pomiaru natężenia przepływu lub ilości wody zaleca się w SWG stosować :

- |  |  |
|--|--|
| - rzeki (stany niskie i wysokie)                       | - przepływomierz ultradźwiękowy              |
| - kanały otwarte (woda czysta)                         | - przelewy                                   |
| - kanały otwarte (ścieki)                              | - koryta pomiarowe                           |
|  | - przepływomierz ultradźwiękowy dopplerowski |
| - rurociągi wody czystej :                             |  |
| - przepompownie przerzutu wody                         | - przepływomierz ultradźwiękowy              |
|  | - przepływomierz zwężkowy                    |
| - pompownie, SUW, Zbiorniki terenowe, sieć magistralna | - przepływomierz ultradźwiękowy              |
| - rurociągi tłoczne pomp                               | - przepływomierz ultradźwiękowy              |
|  | - przepływomierz zwężkowy                    |
| - sieć wodociągowa rozdzielcza                         | - wodomierze                                 |
| - rurociągi wody zanieczyszczonej, ścieków, osadów     | - przepływomierz dopplerowski                |

### 4.1.2. Poziomierze

W tej grupie aparatury pomiarowej istnieje bardzo dużo różnorodnych rozwiązań konstrukcyjnych, co między innymi oznacza, że nie są one doskonałe. W kraju produkowane poziomierze nie są odpowiednie dla potrzeb SWG. Przy wyborze rozwiązania nowych konstrukcji poziomiery istotną rolę odgrywają możliwości materiałowe. Najlepsze konstrukcje zagraniczne bazują na materiałach lub precyzji wykonania nieosiągalnych w kraju.

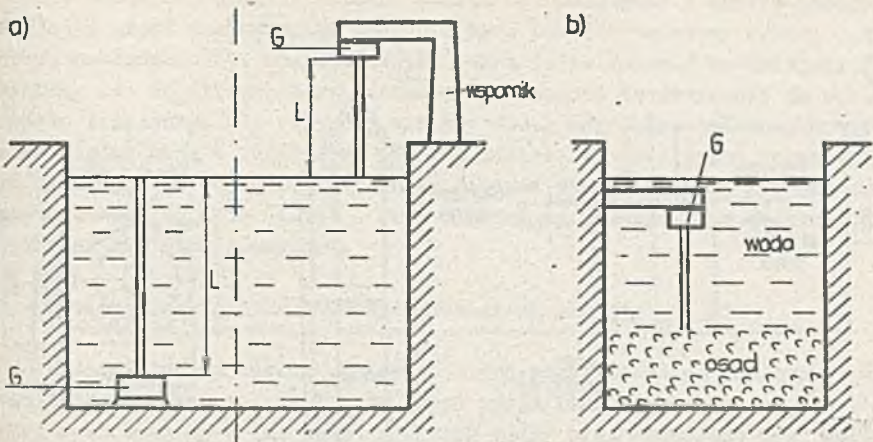
Ze względu na pewną uniwersalność i wymaganą dokładność wybrano dwa rodzaje poziomiery [4.17] :

- ultradźwiękowy,
- hydrostatyczny z zatapianą głowicą.

#### A. Poziomierze ultradźwiękowe

Poziomierz ultradźwiękowy działa na zasadzie zależności czasu przejścia impulsu ultradźwiękowego od głowicy do powierzchni cieczy i z powrotem do głowicy. Zmiana poziomu cieczy powoduje jednoznacznie zmianę czasu. Głowica nadawczo-odbiorcza może być umieszczona nad lustrem wody - pomiar jest przez powietrze albo w cieczy, jak pokazano na rys.4.8. Prędkość ultradźwięków w powietrzu (i w wodzie) zmienia się przy zmianach temperatury i składu płynu (wilgotności powietrza), co jest przyczyną błędów pomiaru poziomu. Aby tych błędów uniknąć, umiesz-





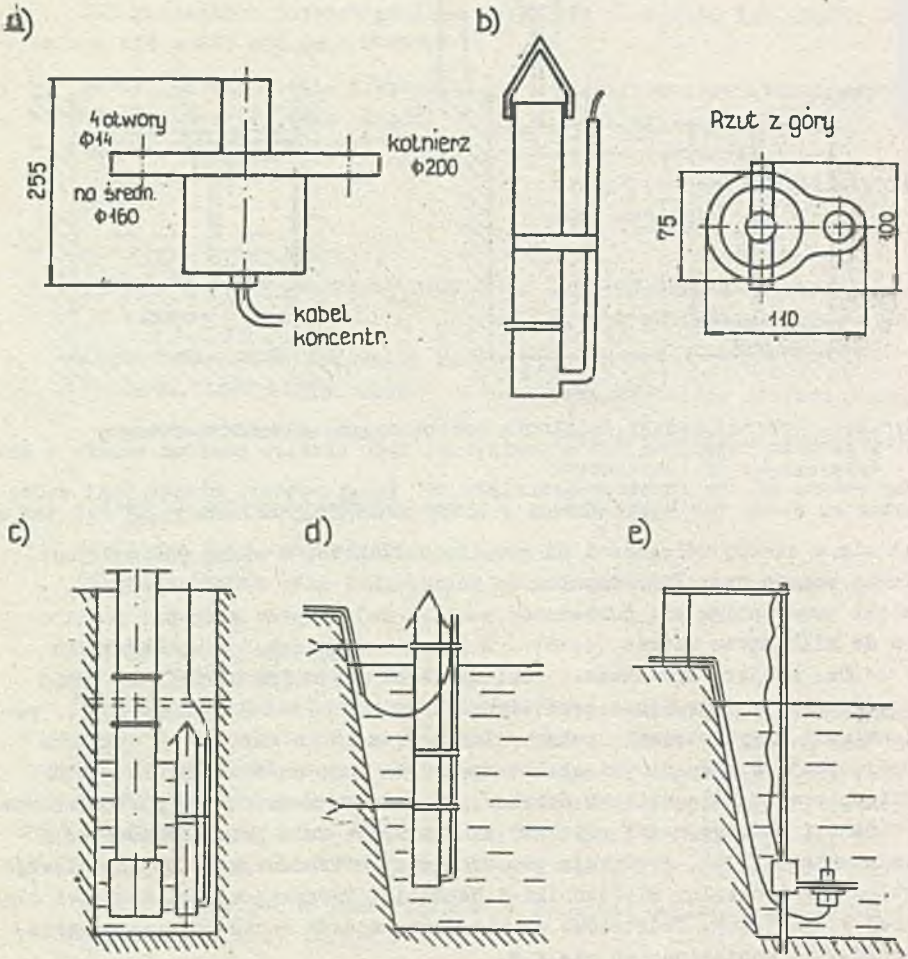
Rys.4.8. Schemat zasady działania poziomomierza ultradźwiękowego. a) z głowicą zatapianą lub z powietrza, b) do pomiaru poziomu osadów w wodzie  
The scheme of the function-principle of level-meter. a) with unit under water or above the water level, b) for measuring of mud-level in the water

cza się w stałej odległości od głowicy reflektor, a miarą poziomu jest iloraz czasów przejścia impulsu do powierzchni wody i do reflektora. Dzięki temu osiąga się dokładność pomiaru 2-3 mm przy zakresie pomiarowym do kilkunastu metrów [4.18]. Z dwóch możliwości, jak pokazano na rys.4.8a, podjęto opracowanie poziomomierza z głowicą zatapianą. Takie rozwiązanie poziomomierza jest bardziej uniwersalne. Umożliwia pomiar poziomu wody przy istnieniu pokrywy lodowej, wskutek mniejszych wymiarów sondy nadaje się do studni głębinowych oraz może nadawać się do pomiaru poziomu osadów w osadnikach ścieków. Opracowano konstrukcję poziomomierza, wykonano i zbadano model użytkowy oraz przygotowano pełną dokumentację produkcyjną [4.18]. Produkcję poziomomierzy ultradźwiękowych przygotowuje Zakład Doświadczalny Elektroniki i Mechaniki Precyzyjnej Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Podstawowe wymiary oraz sposób montowania poziomomierza PU-1 przedstawiono na rys.4.9.

Poziomomierz składa się z zatapianej głowicy i przetwornika połączonych kablem koncentrycznym o długości do 100 m. Głowica do studni głębinowych i zbiorników retencyjnych ma kształt rury z umieszczonym w dolnym końcu piezometrycznym nadajnikiem ultradźwięków. Rura stanowi osłonę przed falowaniem wody. Mocowana jest na linie stalowej do opuszczania do studni głębinowej. Gdy osłona nie jest konieczna, stosuje się sondę jak na rys.4.9a.

Przetwornik ma postać kasety o wymiarach : szerokość 482,6 mm, wysokość 132,5 mm , głębokość 265 mm.

W płycie czołowej umieszczone jest pole odczytowe z 3-cyfrowym wskaźnikiem poziomu w cm, gniazdo ELTRA 881025 dla sygnału wyjściowego cyfrowego w kodzie BCD o standardzie TTL oraz 4 wskaźniki kontrolne stanu



Rys.4.9. Wymiary i sposób montażu głowicy poziomomierza FU-1.

a) sonda do zbiorników terenowych, b) sonda do studni głębinowych i zbiorników retencyjnych, c) montaż w studni głębinowej, d)e) w zbiornikach

Dimensions and installing-method of the level-meter unit FU-1



Pracy. Przetwornik elektroniczny winien być montowany w szafie zabezpieczającej przed uszkodzeniem mechanicznym. Zakres pomiarowy wynosi 0,4 - 10 m, dokładność  $\pm 1$  cm. Zakres ten można łatwo zmienić na mniejszy lub większy (do 25 m). Omawiany poziomierz zbadano teoretycznie za pomocą modelu fizycznego dla rozmytej granicy dwóch ośrodków, podobnej do granicy między wodą a uwodnionym osadem. Badania te oraz próby laboratoryjne wskazują, że poziomierz winien nadawać się do pomiaru poziomu osadów w osadnikach ścieków [4.19]. Prób i badań na rzeczywistym obiekcie dotychczas nie przeprowadzono.

#### B. Poziomierz hydrostatyczny z zatapianą głowicą

Hydrostatyczna zasada pomiaru poziomu wody polega na pomiarze ciśnienia hydrostatycznego słupa wody ponad czujnikiem ciśnienia. Ponieważ przyrząd musi znajdować się ponad poziomem wody, więc stosowane są 2 sposoby wyprowadzania tego ciśnienia ponad wodę :

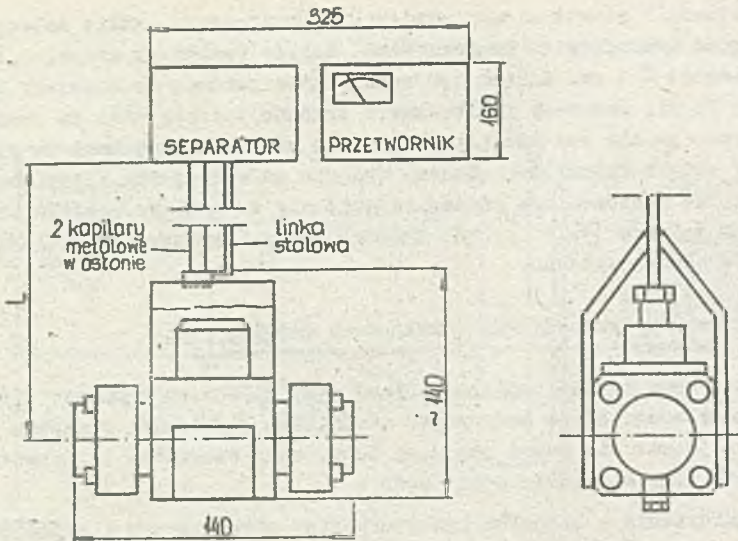
- pomiar ciśnienia w czujniku przetwornikiem elektrycznym i wyprowadzenie sygnału elektrycznego kablem,
- zastosowanie lewara hydraulicznego przenoszącego ciśnienie hydrostatyczne na przetwornik ciśnienia umieszczony ponad poziomem wody.

Pierwszy ze sposobów jest zdecydowanie lepszy, ale wymaga stosowania półprzewodnikowych tensometrów nie produkowanych w kraju. Do budowy poziomierza zastosowano więc drugi sposób. Głowica zatapiana z wlotką membraną połączona jest z przetwornikiem różnicy ciśnień lewarem w postaci metalowej kapilary o średnicy wewnętrznej ok. 1 mm, a całość - głowica zatapiana, kapilara i przetwornik - wypełniona jest olejem silikonowym.

Przeprowadzone badania teoretyczne i doświadczalne pozwoliły dobrać parametry konstrukcyjne, materiały oraz potwierdziły, że takie rozwiązanie jest poprawne po zastosowaniu kompensacji słupa oleju i błędów temperaturowych za pomocą drugiej kapilary [4.20]. Gabarytowe wymiary poziomierza podano na rys.4.10.

W chwili zamknięcia PR-7.05 wykonanie prototypów w Zakładach Automatyki Przemysłowej ZAP w Ostrowie Wlkp. nie zostało zakończone [4.21].

Z punktu widzenia potrzeb SWG poziomierz hydrostatyczny z zatapianą głowicą jest niezbędny. Winien on mieć zakres pomiarowy od 0-5 do 0-16 m i dokładność pomiaru ok. 1% [4.17].



Rys.4.10. Wymiary gabarytowe poziomierza hydrostatycznego EPH z zatapianą głowicą

External dimensions of hydrostatic level-meter EPH with the probe under the water

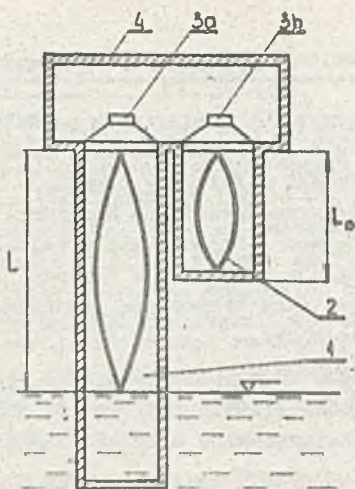
### C. Poziomomierz akustyczny

Poziomomierze ultradźwiękowy oraz hydrostatyczny nie zapewniają pomiaru małych zmian poziomu wody w granicach do 0,5 m, jakie występują w kanałach otwartych. Do takich zastosowań dobrze nadaje się poziomomierz akustyczny. Zbudowano i zbadano model poziomierza akustycznego [4.21]. Dalsze prace konstrukcyjne przerwano wskutek braku nowoczesnych elementów elektronicznych. Poziomomierz akustyczny ma prostą budowę, jak pokazuje rys.4.11.

Słup powietrza między głośnikiem a poziomem wody stanowi rezonator akustyczny, w którym wytwarza się akustyczną falę stojącą. Miarą długości tego słupa, a więc miarą poziomu jest częstotliwość fali stojącej. Przy zmianie poziomu wody układ elektroniczny dostraja generator do częstotliwości fali stojącej. W celu zapewnienia dostatecznej dokładności niezbędny jest drugi rezonator o stałej długości.

Poziomomierz akustyczny nadaje się na zakres 20-50 cm przy częstotliwościach 100-400 Hz. Ze względu na brak części ruchomych i brak kontaktu organu pomiarowego z cieczą przystosowany jest do pomiaru poziomu cieczy szaleczyszczonych, tzn. ścieków.





Rys.4.11. Zasada działania poziomomierza akustycznego. 1 - rura rezonansowa, 2 - rezonator kompensacyjny, 3 - głośniki, 4 - osłona. M

The principle of function of acoustic level meter. 1 - resonance-pipe, 2 - compensating resonator, 3 - loud-speakers, 4 - cover

#### Zalecenia ogólne stosowania poziomomierza w SWG

Zalecenia powyższe formułuje się pod warunkiem, że opracowania będą dokończone i wdrożone do produkcji.

Zalecenia są następujące :

- zbiorniki retencyjne, posterunki wodowskarskie w rzekach, zbiorniki terenowe, zbiorniki wody uzdatnionej- studnie głębinowe
  - poziomomierz ultradźwiękowy
- poziom wody w strumieniach, młynówkach i na ujęciach, w studniach pomp, zbiornikach koagulantów (reagentów), w osadnikach, klarowniach, filtrach, w zbiornikach wody surowej
  - poziomomierz hydrostatyczny
- poziom wody w korytach pomiarowych, na przelewach
  - poziomomierz akustyczny.

**U w a g a !** Zaleca się opracowanie i produkcję poziomomierzy ultradźwiękowych z głowicą umieszczoną nad cieczą. Ze względu na łatwy dostęp i sposób montażu mogą one zastąpić poziomomierze hydrostatyczny i akustyczny. Opracowany i przygotowany do produkcji taki poziomomierz do pomiaru poziomu materiałów sypkich przez Instytut Materiałów Wiąjących w Opolu ze względu na rodzaj budowy nie nadaje się do stosowania w SWG.

#### 4.1.3. Przetworniki ciśnienia i ciśnienia różnicowego

Jest to grupa przyrządów pomiarowych produkowanych w kraju i dostosowana do współpracy z systemem telemetrii. Przedsiębiorstwo Automatyki Przemysłowej MERA PNEPAL w Falenicy produkuje pełny asortyment przetworników na licencji firmy amerykańskiej Honeywel. Do zakupu niezbędny jest jednak duży wsad dewizowy. Zapowiadano przejście na początku lat osiemdziesiątych na produkcję z elementów krajowych, ale dotychczas wsad dewizowy nadal obowiązuje. Dane techniczne przetworników MERA PNEPAL kwalifikują je do stosowania w SWG.

Drugim producentem MERA ZAP w Ostrowie produkuje przetworniki typu EPA w dostatecznym asortymencie. Przetworniki te nie nadają się do stosowania w SWG ze względu na dopuszczalną wilgotność pracy 70%.

Ponadto przetworniki ciśnienia produkuje MERA KPAP w Krakowie na licencji firmy Kent.

W najbliższych inwestycjach wodociągu Dzieńkowice do stosowania zalecane są przetworniki MERA PNEPAL. Do pomiarów ciśnienia produkowane są przetworniki PP-1 modele 41220, 41221, ... , 41225 na zakresy od 0-200 kPa do 0-69 MPa o dokładności 0,2 - 0,5 % dostosowane do pracy w temperaturze  $-40 \div 93^{\circ}\text{C}$ . Sygnał wyjściowy wynosi 4-20 mA, napięcia zasilania  $25 \pm 0,5 \text{ V}$ , masa modeli na zakresy do 10 MPa wynosi 2,7 kg.

Do pomiarów ciśnienia różnicowego produkowane są przetworniki PP-1 modele 41101 ... 05 na zakresy od 0 - 0,7 kPa do 0-25 kPa i ciśnieniu statycznym 2 MPa. Dokładność pomiaru wynosi 0,35% (0,75% model 41101 na najmniejszy zakres).

#### 4.1.4. Przetworniki położenia zasuw

Siłowniki zasuw regulujących rozpływ wody w sieci wodociągowej wyposażone są w nadajnik potencjometryczny 100 lub 1000 om, co umożliwia kontrolę położenia zasuw. Do współpracy nadajnika z systemem telemetrycznym niezbędne jest stosowanie przetworników dających sygnał prądowy, który można przesyłać na odległość 1-2 km. Przetworniki położenia zasuw typu LPY-701 do LPY-708 (bez LPY-703) produkuje MERA ELWRO we Wrocławiu. Przetworniki te dostosowane są wymiarami do wbudowania do listwy zaciskowej siłowników produkcji MERA ZAP. Możliwe jest stosowanie układu wyjściowego dwu- lub trójprzewodowego.

Zakres pomiarowy przetwornika jest nastawiany potencjometrami. Sygnał wyjściowy może wynosić 0-5, 0-20, 4-20 mA. Dokładność przetwornika wynosi 0,6-1%. Do funkcjonowania przetwornika niezbędny jest zasilacz napięcia stałego 14-36 V prądu stałego.



#### 4.1.5. Monitor chloru w wodzie uzdatnionej

Stężenie chloru w wodzie jest istotnym parametrem wody uzdatnionej. Chlor w wodzie występuje w postaci składników wolnych : kwasu podchlorawego, anionu kwasu podchlorawego i gazu  $\text{Cl}_2$  oraz składników związanych : jedno- i dwuchloraminy. Każdy ze składników ma różną zdolność bakteriobójczą. Stosowana dotychczas w kraju aparatura (już nie produkowana) nie zapewniała pomiaru stężenia wszystkich związków chloru. Zasada pomiarową, która spełnia najlepiej wymagania pomiaru wszystkich składników czynnych, jest zasada jonometryczna za pomocą elektrod jonoselektywnych [4.23] . Ponieważ nie ma elektrod jonoselektywnych chloru, więc stosuje się reakcję pomocniczą konwersji chloru w jod i pomiar stężenia jodu elektrodą czułą na jod.

Jako ogniwo pomiarowe stosuje się elektrody :

- jodkową (lub inną elektrodę czułą na jod, np. cyjankową),
  - platynową (lub inną elektrodę odniesienia),
- wykonywane oddzielnie lub w postaci zespolonej.

Do budowy monitora zastosowano produkowane w kraju elektrody : jodkową (Uniwersytet M. Curie-Skłodowskiej w Lublinie), redox (MERA ELWRO Wrocław) i zespoloną platynowo-jodkową wg opracowania Instytutu Automatyki (producent Zakład Produkcji Aparatury Fizykochemicznej "Hydromet" w Gliwicach.

W pracach nad konstrukcją monitora opracowano i wykonano 2 modele [4.24] :

- model 1 z ciekłym odczynnikiem jodankowym do konwersji chloru w jod i dozowaniem kwasu dla zapewnienia odpowiedniej wartości pH wody,
- model 2 ze stałym odczynnikiem jodankowym i dozowaniem kwasu za pomocą dyfuzora pasywnego.

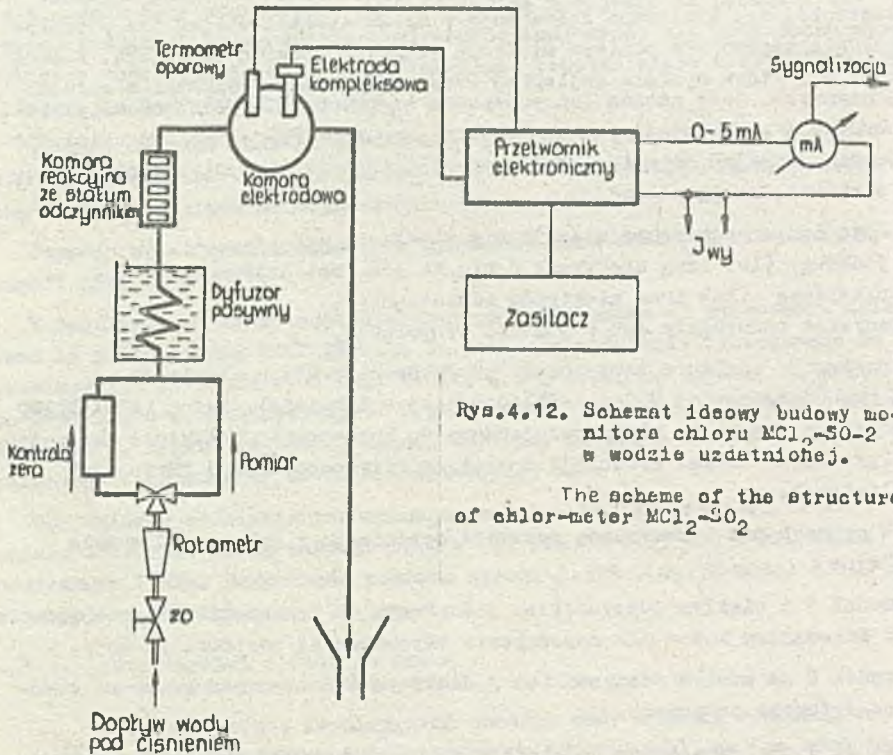
Model 1 miał charakter doświadczalny. Do dozowania reagentów zastosowano pompy perystaltyczne ; ponadto reaktor i ogniwo pomiarowe termostatyzone. Do pomiaru napięcia ogniwa zastosowano przetwornik redox N-5144 produkcji MERA ELWRO.

Model 2 oznaczony symbolem  $\text{MCl}_2\text{-SO-2}$  zawierał już nowo opracowane odczynniki, reaktory i elektrodę zespoloną oraz układ kompensacji błędów temperaturowych. Mianowicie, opracowano stały odczynnik jodankowy do konwersji chloru w jod oraz pasywny dyfuzor kwasu, co wyeliminowało pompy dozujące. Ponadto do kontroli punktu zerowego zastosowano pochłanianie chloru w wodzie przez złoże węgla aktywnego.

Przeprowadzono szczegółowe badania elektrody, warunków pracy reaktora, dyfuzora i kolumny z węglem aktywnym oraz właściwości i technologię stosowanych w monitorze odczynników. Dobrano parametry konstrukcyjne tych elementów [4.24] .

Model 2 ma własności użytkowe i przygotowywane są badania eksploatacyjne. W 1985 r. Zakład Doświadczalny Elektroniki i Mechaniki Precyzyjnej Pol.Śl. wykonał 2 szt. prototypowe monitora z przeznaczeniem dla WPWiK Katowice i tamte planowana jest produkcja monitora.

Budowę opracowanego monitora przedstawiono na rys.4.12.



Rys.4.12. Schemat ideowy budowy monitora chloru  $\text{MCl}_2\text{-SO}_2$  w wodzie uzdatnionej.

The scheme of the structure of chlor-meter  $\text{MCl}_2\text{-SO}_2$

Dane techniczne monitora są następujące :

- zakres pomiarowy  $0,1 - 1 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$  lub  $0,1 - 10 \text{ mg Cl}_2/\text{dm}^3$
- klasa niedokładności 10
- przepływ wody  $1 \text{ dm}^3/\text{min}$
- temperatura wody  $10 - 40^\circ\text{C}$

uzupełnienie odczynnika stałego co 1,5 miesiąca

uzupełnienie kwasu octowego co 4 doby

sygnał wyjściowy  $0-5 \text{ mA}$  oraz sygnalizacja przekroczenia nastawionych granic dolnej i górnej

zasilanie  $220 \text{ V}, 50 \text{ Hz}, 20 \text{ VA}$

waga  $15 \text{ kg}$



Monitor pobiera wodę z rurociągu pod ciśnieniem. Przy dużych zmianach ciśnienia należy stosować regulator małych przepływów. Woda w monitorze przepływa przez zawór regulacyjny, rotametr do kontroli natężenia przepływu, zawór przełączający komorę ze stałym odczytnikiem do komory elektrodowej, po czym wypływa do zlewu. Elektroda platynowo-jedkowa typu BJPt-11 pracuje na wzmacniacz redox typu N-5144.

W stanie kontroli woda przepływa ponadto przez kolumnę z węglem aktywnym, a złożo węgla pochłania chlor rozpuszczony w wodzie. Monitor  $MCl_2-SO-2$  przeznaczony jest do pracy ciągłej, do współpracy z układem regulacji i zdalną stacją telemetryczną.

#### 4.1.6. Mętnościomierze

Mętność wody charakteryzuje jakość wody surowej, wody uzdatnionej oraz jakość ścieków surowych i oczyszczonych. Ponadto mętność charakteryzuje jakość wód powierzchniowych.

W kraju nie produkuje się mętnościomierzy. Prace nad konstrukcją mętnościomierza prowadzi Instytut Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej w ramach kierunku O2 PR-7 [4.25]. W Instytucie Automatyki Pol. Śl. prowadzono prace przygotowawcze do badań mętnościomierzy i związków wyników pomiaru mętności z przebiegiem procesów uzdatniania wody. Przeprowadzono badania nad wzorcami mętności. W Polsce zaleca się stosowanie ziemi okrzemkowej. Badania wykazały [4.26], że lepszymi wzorcami są formazyna i diatomit. Dotychczasowe wyniki badań nie mają wartości użytkowej, gdyż na obszarze SWG nie stosuje się mętnościomierzy.

W SWG zaleca się stosować mętnościomierze produkcji węgierskiej NEPHELON-3, produkowane przez MMG Automatika Muvek w Budapeszcie. Do pomiaru stosowane jest impulsowe promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali  $0,94 \mu m$ , rozpraszane pod kątem  $148^\circ$ , przy czym światło ze źródła pada na powierzchnię wody pod kątem  $45^\circ$ . W powyższej zasadzie pomiarowej nie ma kiuwety pomiarowej, przez której ścianki przechodzi promieniowanie padające i rozproszone. Stosunek natężeń promieniowania rozproszonego i padającego jest miarą mętności wody.

Mętnościomierze NEPHELON-3 produkowane są na zakresy od 0-20 do 0-2000  $mg SiO_2/dcm^3$ , do pracy w temperaturze  $5-40^\circ C$ , wilgotności do 90%. Sygnał wyjściowy wynosi 0-5 lub 4-20 mA. Klasa niedokładności wynosi 5. Przepływ wody wynosi  $5 dcm^3/min$ .

Przy pracy mętnościomierza w warunkach polowych należy stosować szafę dostarczaną przez producenta dla ochrony przed wiatrem, deszczem, śniegiem i zapyleniem.

#### 4.1.7. Monitory jakości wody

W SWG przewiduje się dość szeroki zakres pomiarów jakości wód. Automatyczne, ciągłe pomiary winny być prowadzone w :

- posterunkach monitorowych wód powierzchniowych,
- oczyszczalniach ścieków komunalnych i przemysłowych do kontroli jakości ścieków oczyszczonych.

Pomiary jakości wód są trudne, pracochłonne i dotychczas na obszarze SWG nie są praktycznie prowadzone.

Do pomiarów jakości wód powierzchniowych produkowany jest przez MERA ELWRO we Wrocławiu monitor AQUAMER w dwóch wersjach :

- model 53 - z doprowadzeniem badanej wody do monitora,
- model 54 - z czujnikami umieszczonymi w pływającej głowicy.

Monitor Aquamer umożliwia pomiar wielkości zestawionych w tabl.4.2.

ZAKRES POMIARU MONITORA AQUAMER

Tablica 4.2

Lp.	Wielkość mierzona	Zakres pomiarowy	Dokładność
1.	pH	5-10	± 0,1
2.	potencjał redox	± 500 mV	± 10 mV
3.	stężenie tlenu rozpuszczonego	0-50/100/200 %	± 1,5 %
4.	przewodność właściwa	0-0,1/0,2/0,5/1 S/m	± 2,5%
5.	temperatura	-10 + 40°C	-+1,5%

Przewidywano ponadto możliwość pomiaru stężenia chlorków za pomocą elektrody jonoselektywnej.

Z punktu widzenia potrzeb SWG niezbędny jest jeszcze pomiar mętności oraz poziomu wody, co w tym przypadku wymaga stosowania dodatkowo mętnościomierza i poziomomierza. Potrzebne jest również wyposażenie monitora w automatyczne urządzenie do poboru, konserwacji i przechowywania próbek wody.

Jednym z dalszych czynników ograniczających zastosowania monitora Aquamer jest brak odpowiedniej pompy do pobierania próbki (dlatego preferuje się model Aquamer 54) oraz brak zabezpieczenia dostaw części zamiennych - czujniki monitora ulegają dość szybko zużyciu i potrzebne jest ciągłe ich uzupełnianie.

W 1986 r. winna być zakończona modernizacja monitora "Aquamer" i należy oczekiwać, że właściwości monitora zostaną znacznie ulepszone.



Odnosnie do zamierzeń inwestycyjnych SWG zaleca się zrealizować pilotującą inwestycję budowy 10 stacji monitorowych [4.27] :

- 4 szt. dla wód powierzchniowych,
- 3 szt. w komunalnych oczyszczalniach ścieków,
- 3 szt. w przemysłowych oczyszczalniach ścieków,

w celu opracowania metodyki eksploatacji, przeszkolenia personelu, zobranie doświadczeń dla organizacji serwisu i służb eksploatacyjnych. Bez takiej próby nie należało się instalowania monitorów jakości wód na obszarze SWG.

Jako przygotowanie do eksploatacji systemu pilotującego stacji monitorowych przeprowadzono badania doświadczalne i teoretyczne zasad eksploatacji wybranych czujników : elektrod pH i czujników stężenia tlenu [4.28] [4.29]. Badania przeprowadzone w oczyszczalni ścieków w Gliwicach pozwalają oceniać, że elektrody pH wymagają czyszczenia w odstępie 14 dni [4.28], natomiast czujnik stężenia tlenu 2-3 dni [4.29]. W obszernych badaniach teoretycznych opracowano metodykę eksploatacji próbnej oraz program na EMC prognozowania przebiegu czasowego błędów i wyznaczania czasu, po którym należy wykonać czyszczenie czujników lub wzorcowanie. Dane te są potrzebne do zaplanowania czynności konserwacyjnych [4.32]. Ze względu na brak czujników badań doświadczalnych nie przeprowadzono.

#### 4.1.8. Pomiary opadów i ich intensywności

Pomiary opadów umożliwiają bilansowanie i prognozowanie zasobów wody. Występujące w SWG posterunki opadowe dzieli się na 2 grupy :

- posterunki do zbierania informacji historycznych,
- posterunki alarmowe.

Przyjęto zasadę, że wszystkie posterunki opadowe pracują w sieci telemetrycznej. Szczególne znaczenie mają posterunki alarmowe, których zadaniem jest alarmowanie o nadmiernych opadach stanowiących zagrożenie niebezpieczeństwem powodzi. Stąd powstaje wymaganie ciągłej, niezawodnej pracy posterunku i stacji telemetrycznej.

W kraju do pomiarów opadu stosowane są telepluviografy TDG-200 obecnie już nie produkowane. Ilość opadu w telepluviografii TDG-200 zliczana jest za pomocą liczydła mechanicznego, przy czym do pracy liczydła niezbędne jest zasilanie telepluviografu napięciem 24 V. Impulsy napędzające liczydło można wykorzystać w stacji telemetrycznej stosując pakiet wejściowy BOS-1, jak na rys.4.6.

Rezerwowe napięcie zasilania daje pakiet BZR-1, powodując, że zliczanie następuje także przy zaniku napięcia zasilania w sieci energetycznej nie dłuższym niż 4 godziny. Aby czas ten wydłużyć, należy zastosować inne akumulatory.

Ze względu na alarmowy charakter pracy posterunków opadowych alarmowych i stacji telemetrycznej w posterunkach tych należy stosować rezerwowe zasilanie telepluviografu i stacji telemetrycznej z akumulatorów. W posterunkach tych należy stosować stację telemetryczną alarmową, która zdolna jest wyznaczać intensywność opadów na podstawie pomiarów ilości opadu, a przy nadmiernej intensywności opadów zgłaszać alarm stacji centralnej.

Telepluviografy TDG-200 mają następującą wadę. Przy zaniku napięcia zasilania ustaje zliczanie opadu, a wynik zliczania za pomocą licznika elektronicznego w stacji telemetrycznej jest gubiony. Aby uniknąć gubienia wyniku, opracowano dla stacji telemetrycznych pakiet z licznikiem elektro-mechanicznym (pakiet BOM) [4.37]. Podjęto również prace nad modyfikacją telepluviografu TDG-200 zmierzającą do zapamiętania ilości opadu w okresie braku napięcia zasilania. Opracowano dwie koncepcje [4.30]. Pierwsza polegała na zastosowaniu kilku kołysek z nożykami przelewowymi jedna pod drugą, których stan zmienia się jak w liczniku binarnym. Po przywróceniu napięcia odczytywane byłoby położenie  $n$  kołysek, a stąd utracony wynik. Dla  $n=8$  kołysek zdolność zliczania wynosi  $2^8 = 256$  mm opadu. Zaletą rozwiązania jest brak potrzeby dodatkowej energii do działania pluwiografu i zapamiętania wyniku pomiaru. Zrealizowano model wg tej koncepcji.

W pracy tego układu powstawał hazard, co wymagało dodatkowych zabezpieczeń. W drugiej koncepcji zastosowano dodatkowy zbiornik wody opadowej zamykany przy zaniku napięcia zasilania i otwierany po powrocie napięcia. Po otwarciu zbiornika opad jest zliczany w normalny sposób. Dodatkowa sygnalizacja o zaniku napięcia pozwala zapewnić prawidłową interpretację wyniku. Realizowalność koncepcji zbadano budując niektóre podzespoły. Opracowano dokumentację konstrukcyjną zmodyfikowanego telepluviografu z pamięcią [4.31],

Wobec braku zleceniodawcy prac dalej nie kontynuowano.

#### 4.1.9. Stacje meteorologiczne

W SWG funkcja stacji meteorologicznych nie ulega zmianie w stosunku do stanu dotychczasowego. Wyposażenie aparaturowe stacji meteorologicznych nie wchodziło w zakres prac PR-7.05.

#### 4.1.10. Pomiary mocy i energii

Do pomiarów mocy i energii pobieranych przez urządzenia technologiczne obiektów SWG proponuje się stosować liczniki energii elektrycznej prądu trójfazowego z nadajnikami impulsów typ C52 adg oraz C52 abdg produkowane przez Zakłady MERA PNEPAL w Świdnicy. Liczniki tego rodzaju wyposażone są w układ nadajnika impulsów o napięciu 24 V (max 30 mA) umożliwiającym przekazanie do zdalnej stacji telemetrycznej wyniku pomiaru mocy lub energii. Częstotliwość impulsów określa moc, a liczba impulsów zliczonych energię. Częstotliwość impulsów w różnych typach liczników jest różna i może wynosić 6000, 1875, 1200 lub 375 przy zmierzeniu energii 1 kWh lub



1 kVArh biorąc pod uwagę obwody wtórne przekładników pomiarowych. Liczniki z nadajnikiem impulsów mogą być podłączone do pakietów wejściowych FIP-2 lub BOS-1 zdalnej stacji telemetrycznej.

#### 4.2. Aparatura telemetryczna

##### 4.2.1. Koncepcja systemu telemetrycznego dla potrzeb SWG

Duży obszar SWG powoduje, że jest to tzw. wielki system. Jedną ze specyficznych cech wielkiego systemu jest stosowanie rozwiązań technicznych dostosowanych do potrzeb tego systemu, a nie rozwiązań uniwersalnych. Telemetria jest tą częścią SWG, która wymagała specyficznych rozwiązań.

Nie można było przyjąć rozwiązań stosowanych w meteorologii, gdyż sieć meteorologiczna w kraju nie jest zautomatyzowana i nie jest na wysokim poziomie technicznym. Sieci hydrologiczne i ochrony środowiska jeszcze w kraju nie istnieją. Sieć telemetryczna w energetyce tworzona jest głównie za pośrednictwem linii wysokiego napięcia, przez co nie może stanowić przykładu. Przemysłowe (lub górnicze) sieci telemetryczne mają inny charakter.

Istotnym ograniczeniem tworzenia w kraju sieci telemetrycznych była i jest nadal trudność uzyskania łączy trwałych poprzez dzierżawę lub ich budowę. Aby wpływ tego ograniczenia zmniejszyć, postanowiono jako podstawowy rodzaj łączy zastosować w SWG ogólnodostępną, automatycznie komutowaną sieć telefoniczną.

Za takim rozwiązaniem przemawiały :

- mała częstotliwość zbierania informacji wskutek małej zmienności wielkości mierzonych ; stosowanie łączy trwałych jest ekonomicznie nieuzasadnione,
- miejsko-przemysłowy charakter zabudowy obszaru SWG, gdzie sieć telefoniczna jest gęsta i dostępna w wielu obiektach,
- sieć telefoniczna na obszarze SWG jest automatycznie komutowana, przez co jest siecią jednorodną, zintegrowaną,
- natychmiastowa dostępność tej sieci bez długotrwałych inwestycji.

Korzystanie z sieci telefonicznej nie jest rozwiązaniem wystarczającym. W SWG istnieją potrzeby sterowań, które ze względu na niezawodność połączeń i dopuszczalną zwłokę czasową winny być zrealizowane na łącach trwałych. Sterowania te nie będą wprowadzane w pierwszym etapie realizacji SWG.

W SWG istnieją obiekty zlokalizowane w terenie, z dala od sieci telefonicznej. Za właściwe uznano tworzenie połączenia z tymi obiektami za pośrednictwem łączy radiowych, jak to jest praktykowane w innych krajach.

Stosowanie łączki radiowych ma także uzasadnienie ekonomiczne.

Do zbudowania systemu telemetrycznego niezbędna jest sieć łączności i urządzenia łączące aparaturę pomiarową zlokalizowaną w obiektach SWG z siecią oraz urządzenia do odbioru, przetwarzania i gromadzenia zbieranych informacji. Inaczej mówiąc, oprócz sieci łączności potrzebne są stacje zdalne zlokalizowane w obiektach SWG i stacje centralne sieci telemetrycznej.

Podjęto opracowanie wielkiego systemu telemetrycznego, należało przeprowadzić badania rozpoznawcze, ustalić parametry stacji telemetrycznych i sieci łączności oraz zweryfikować realność koncepcji. W ramach prac PR-7.05 oraz innych zadań przeprowadzono badania :

- możliwości zastosowania sieci telefonicznej do systemu telemetrycznego,
- rodzaju i liczby wielkości mierzonych w typowych obiektach SWG,
- lokalizacji stacji zdalnych i stopnia ich rozproszczenia w terenie,
- częstotliwość zbierania danych,
- możliwości zastosowania aparatury typowej do budowy stacji telemetrycznych.

Badania przydatności sieci telefonicznej do systemu telemetrycznego przeprowadzono pomiędzy wybranym punktem centralnym a 10 punktami zdalnymi tak wybranymi, by odpowiadały przyszłemu rozmieszczeniu stacji systemu telemetrycznego. Charakterystykę łączki i wyniki badań przedstawia tablica 4.3.

Badania przeprowadzono w lipcu 1977 r. [4.33] , przy czym w dalszych latach niektóre badania wykonywano ponownie. Według wymagań CCITT elementowa stopa błędów winna być mniejsza od  $1 \cdot 10^{-4}$ , a minimalny poziom odbiorczy modemów wynosi -43 dB. Przy odległości stacji zdalnej do 30 km badane łącza komutowane spełniają wymagania przydatności dla systemu telemetrycznego. Rodzaje oraz liczba wielkości mierzonych w poszczególnych obiektach są bardzo zróżnicowane poczynając od 1 wielkości mierzonej, np. posturunek wodowskazowy, ciśnienie w rurociągu, przez kilka wielkości w objętych reglamentacją wody zakładach przemysłowych, do ok. 30-40 wielkości w stacjach uzdatniania wody. Z danych tych wynika, że kompletacja stacji zdalnych musi być elastyczna.

Ze względu na funkcje stacji zdalnych niezbędne są stacje bez inteligencji i z inteligencją umożliwiającą wykonywanie autonomicznych funkcji sterowania obiektem pracującym bez obsługi. Parametry systemu telemetrycznego dobrano tak [4.34] , by koszty urządzeń i koszty opłat za połączenia telefoniczne były minimalne. Ustalono szybkość transmisji 300 bit/s, sposób kodowania informacji - zastosowano wielokrotne powtórzenie informacji i większośćową regułę odbioru, określono średni i maksymalny czas trwania odbioru informacji ze stacji zdalnej oraz liczbę stacji zdalnych



Relacja	Odległość punktu zdalnego km	M	$\alpha$ [dB]	$P_e$	Procent połączeń $P_e < 1 \cdot 10^{-4}$	Procent seansów bezbłędnych	Liczba połączeń przerwanionych	Liczba seansów łączności
A	3,7	2	13,5	$1,7 \cdot 10^{-5}$	100	60	1	10
B	7,0	2	19,2	$9,34 \cdot 10^{-6}$	95	63	1	22
C	11,9	2	19,7	$3,25 \cdot 10^{-5}$	91	35	1	34
D	13,0	2	25	$2,6 \cdot 10^{-5}$	94	42	5	19
E	13,8	2	11,9	$1,1 \cdot 10^{-5}$	97	69	2	36
F	29,3	3	22,3	$5,4 \cdot 10^{-6}$	83	20	11	24
G	34,3	3	28,9	$1,55 \cdot 10^{-4}$	87	24	2	33
H	37,7	2	15,8	$1,12 \cdot 10^{-4}$	66	33	4	15
J	40,0	3	33,3	$1,52 \cdot 10^{-4}$	65	34	5	32
K	53,6	3	15,8	$9,25 \cdot 10^{-5}$	94	73	13	34

Objaśnienia : M - liczba central telefonicznych w łączy,

$\alpha$  - tłumienność średnia przy  $f = 2000$  Hz,

$P_e$  - elementowa stopa błędów przy szybkości transmisji 200 bitów/s,

Relacje F oraz K są relacjami miasto - miasto.

obsługiwanych jednym kanałem stacji centralnej.

Przy wyborze aparatury typowej do budowy systemu telemetrycznego zdecydowano się zastosować podzespoły systemu INTEL DIGIT PI [4.35] opracowanego przez ZD MERA PIAP i produkowanego przez MERA ZAP. Decyzja ta związana była z producentem tego systemu, który jest dostawcą wyposażenia automatyki i pomiarów dla gospodarki komunalnej oraz wynika z dojrzałości technicznej tego systemu.

Konsepcja systemu telemetrycznego przewiduje stosowanie trzech rodzajów stacji zdalnych [4.36] :

- stacja telemetryczna ST w 3 odmianach ST1, ST2, ST3 ; jest to stacja bierna wywoływana do pracy przez stację centralną ;
- stacja alarmowa SA ; jest to stacja aktywna zgłaszająca stacji centralnej stany alarmowe występujące w kontrolowanych obiektach ;
- stacja mikroprocesorowa MX ; jest to stacja telemetryczno-alarmowa zdolna autonomicznie pełnić funkcje sterowania, przetwarzania i zbierania informacji.

Pięć rodzajów stacji centralnych :

- stacja pośrednicząca SP,
- stacja zbiorcza SZ,
- stacja centralna SC,
- lokalny ośrodek sterowania LOS,
- centrum dyspozytorskie CD,

oraz dla sieci radiowych dwa rodzaje stacji o nazwach :

- stacja bazowa (zbiorcza),
- stacja zdalna.

Lokalną sieć telemetryczną tworzy jedna stacja centralna i dowolna liczba stacji zdalnych. Wszystkie te stacje, podłączone jak aparat telefoniczny, są abonentami sieci telefonicznej. Funkcję nadrzędną pełni stacja centralna wyposażona w urządzenia do gromadzenia zbieranych informacji i przedstawiania ich operatorowi. Do każdej stacji zdalnej podłączone są przyrządy pomiarowe do pomiaru stanu kontrolowanych obiektów.

Zasady pracy sieci telemetrycznej są następujące. Stacja centralna z zaprogramowanym okresem czasu wywołuje po kolei stacje telemetryczne i żąda przekazania wyników pomiarów. Gdy połączenie z daną stacją zdalną nie dochodzi do skutku, to nawiązywane jest ono ponownie. Jeśli kilkakrotne próby nie dają rezultatu, to operator otrzymuje meldunek, że brak połączenia z daną stacją. W przypadku, gdy numer stacji zdalnej jest zajęty, stacja centralna przesuwając daną stację do kolejki do nawiązania połączenia i obsługuje następną stacją zdalną. Po wyczerpaniu programu zbierania informacji ze stacji zdalnych stacja centralna przechodzi w stan spoczynku



lub do wykonania innych zadań, np. opracowania raportu z pomiarów.

Operator stacji centralnej może zażądać z dowolnej stacji zdalnej wyników zebranych w ostatnim cyklu (lub w kilku ostatnich cyklach) lub uruchomić połączenie z tą stacją, by otrzymać aktualne wyniki. Połączenie może być nawiązane automatycznie lub ręcznie, tzn. operator wybiera ręcznie numer telefoniczny stacji zdalnej i przełącza ją na odbiór informacji. Przy każdym odbiorze informacji ze stacji zdalnej sprawdzana jest poprawność informacji, a gdy występują błędy transmisji, połączenie nawiązywane jest ponownie.

Stacje alarmowe pracują nieco inaczej. Kontrolują one stan obiektu z zadanyim cyklem czasowym. Wykrycie przekroczenia zadanych granic przez określoną wielkość mierzoną powoduje stan alarmu. Wówczas stacja alarmowa wywołuje stację centralną i po nawiązaniu połączenia telefonicznego przekazuje wyniki pomiarów. Stacja alarmowa ponadto nadaje wyniki z określonym cyklem, np. 24-godzinnym (dla kontroli sprawności stacji) i po zakończeniu napięcia zasilania (gdy wcześniej nastąpił zanik napięcia). Stacja alarmowa ponadto reaguje jak stacja telemetryczna na wywołania przez stację centralną.

Fakt, że stacja centralna i stacje zdalne są abonentami ogólnie dostępnej sieci telefonicznej, oznacza, że struktura sieci jest otwarta. Połączenie z określoną stacją zdalną można uzyskać z dowolnej stacji centralnej będącej abonentem automatycznej sieci telefonicznej. Pozwala to w stanach awarii stacji centralnej sieci lokalnej przejąć jej funkcje przez inną stację centralną zlokalizowaną w pobliżu. Połączenie z dowolną stacją zdalną może uzyskać również centrum dyspozytorskie SWG bez pośrednictwa stacji centralnej.

W systemie telemetrii część stacji zdalnych może być połączona z systemem za pomocą łączy radiowych. Dotyczy to stacji zdalnych zlokalizowanych w terenie, gdzie brak jest łączy telefonicznych. Łącze radiowe dla stacji zdalnych przedstawiono oddzielnie. Obowiązuje przy tym zasada, że sieć radiowa musi być kompatybilna i dostosowana do sieci STA na łączach przewodowych. Zasięg sieci radiowej pracującej w paśmie fal UKF 300 lub 400 MHz jest ograniczony i zależy od ukształtowania terenu wynosi do ok. 20 km. Wymagana jest tutaj tzw. bezpośrednia widzialność anten stacji bazowej i zdalnej.

Na obszarze SWG przewiduje się zastosowanie ponad 30 stacji centralnych lokalnych sieci telemetrycznych. Stacje te powinny być połączone z centrum dyspozytorskim, tworząc sieć zwaną siecią transmisji danych. Elementami tej sieci są stacje centralne, centrum dyspozytorskie, sieć łączności i ewentualnie koncentratory telekomunikacyjne. W zasadzie sieć tę należy zbudować na łączach trwałych. Praca sieci winna być automatyczna.

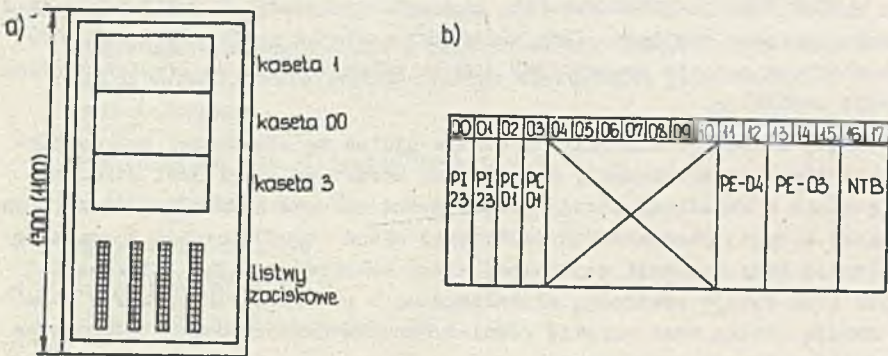
Sieć transmisji danych ma służyć do przesyłu meldunków i raportów

ze stacji centralnych do centrum dyspozytorskiego, przesyłu harmonogramów pracy obiektów i innych poleceń z centrum do stacji centralnych, wymiany danych i programów między stacjami itd. Zasady pracy sieci transmisji danych nie są jeszcze szczegółowo ustalone.

#### 4.2.2. Stacja telemetryczna STA

Stacja telemetryczna ST jest stacją zdalną systemu telemetryczno-alarmowego STA. Do jej obwodów wejściowych podłącza się czujniki, przetworniki i przyrządy pomiarowe.

Stacja telemetryczna ma budowę modułową - składa się z pakietów umieszczonych w trzech kasetach systemu INTEL DIGIT PI [4.35]. Kasety stacji umieszczone są w wolno stojącej lub zawieszanej na ścianie szafie pokazanej na rys. 4.13, która zabezpiecza aparaturę przed uszkodzeniem mechanicznym.



Rys.4.13. Schematyczna budowa stacji telemetrycznej ST. a) rozmieszczenie kaset w szafie, b) numeracja miejsc na pakiety w kasecie 00.

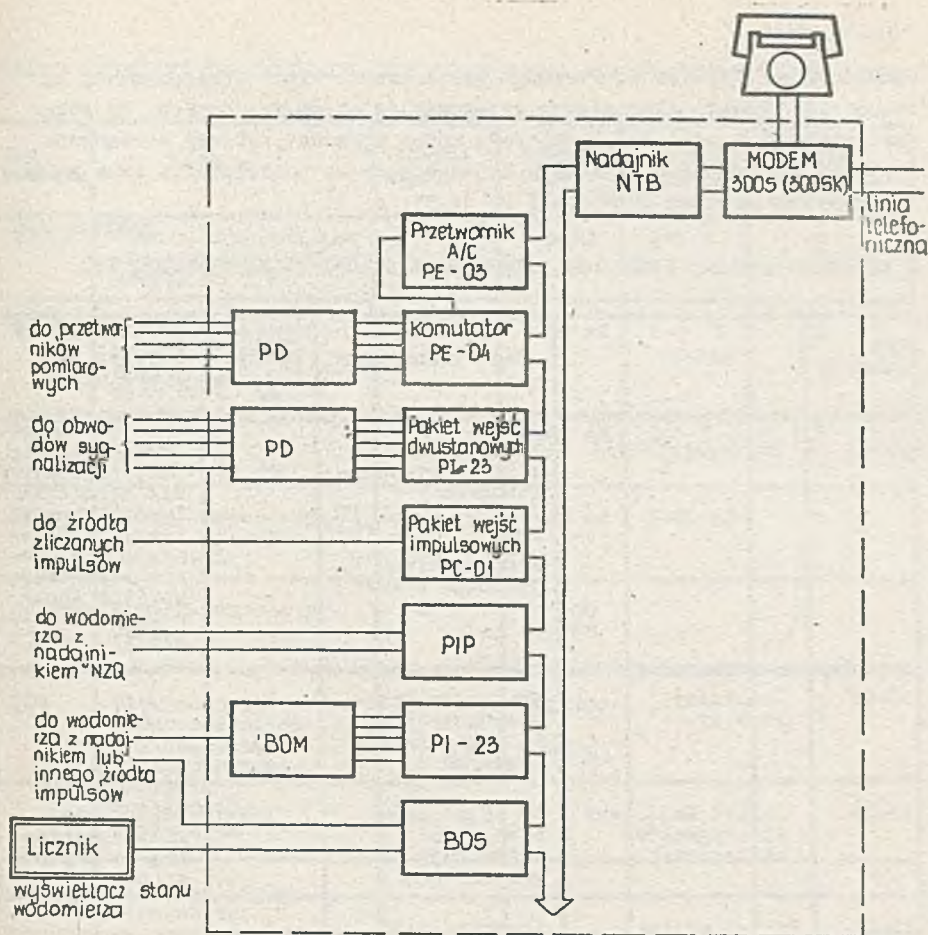
Schematical structure of the telemetric station ST

Stacja przeznaczona jest do instalowania w pomieszczeniach zamkniętych o temperaturze 5-40°C i wilgotności 30-80%.

W górnej kasecie 1 umieszczone są zasilacze. Środkowa kaseka 00 zawiera nadajnik telemetryczny NTB umieszczony na miejscu 16-17 oraz adresowane pakiety wejściowe systemu PI montowane w kolejności od nadajnika: pakiety wejść analogowych, impulsowych i cyfrowych na miejscach 15 - 00 w liczbie odpowiedniej dla kompletacji danej stacji. W kasecie dolnej 3 umieszczony jest modem oraz pakiety dopasowujące. Schemat idealny stacji telemetrycznej ST przedstawiono na rys.4.14.

Nadajnik NTB steruje pracą modemu, odbiera i potwierdza wywołanie przez stację centralną, obsługuje kolejno pakiety wejściowe pobierając





Rys.4.14. Schemat ideowy stacji telemetrycznej

The scheme of the telemetrical station

informacje pomiarowe, koduje i wysyła nadawane do stacji centralnej informacje oraz wyświetla na własnym polu wskaźnikowym stan pracy stacji.

Nadajnik NTB pracuje wg stałego, określonego konstrukcyjnie programu. Przez wykonanie odpowiednich połączeń krosowych ustawia się następujące parametry programu pracy stacji :

- liczbę wejściowych sygnałów analogowych,
- liczbę pakietów wejść dwustanowych,
- liczbę powtórzeń transmisji (1-8) w celu wyeliminowania przekłamań,
- adres stacji.

Stosowane są dwie odmiany nadajnika telemetrycznego : NTB-1, NTB-2.

Odmiana 2 ma przycisk do ręcznego przełączenia linii telefonicznej na stację lub aparat telefoniczny stosowany do celów rozmównych. Do połączenia stacji z aparaturą pomiarową można stosować pakiety adresowane wymienione w tabl.4.4 i pakiety dopasowujące wg tabl.4.5 lub inne pakiety wejściowe systemu INTEL DIGIT PI [4.35] .

Tablica 4.4

NIKTÓRE PAKIETY WEJŚCIOWE, ADRESOWANE STACJI TELEMETRYCZNEJ STA

Typ pakietu	Nazwa	Dane techniczne	Liczba miejsc w kasie	Przyrząd pomiarowy
PE-03	Przetwornik a/c	Przetwornik z podwójnym całkowaniem Zakres 0 ... 1V lub 0 ... 10V Wynik pomiaru : 11 bitów + znak	3	Przepływomierz UMP, przetwornik ciśnienia i różnicy ciśnienia, poziomomierz EPH, monitor chloru, monitor Aquamer, mętnościomierz
PE-04	Komutator stykowy	Komutator trójbiegunowy dla 16 sygnałów analogowych	2	
PI-23	Pakiet wejściowy dla sygnałów statycznych	16 wejść dwustanowych z izolacją galwaniczną	1	poziomomierz ultradźwiękowy, stan pracy pomp
PG-01	Pakiet wejściowy dla sygnałów impulsowych	Licznik 15-bitowy lub częstotściomierz z czasem zliczania 1 s	1	
PIP-2	Pakiet do pomiaru natężenia przepływu	Współpracuje z dwoma wodomierzami poprzez nadajnik NZQ	1	wodomierz, licznik energii elektrycznej, telepluwiograf
BOS-1	Blok odczytu stanu wodomierzy	Licznik elektroniczny z zasilaniem rezerwowym i dołączanym wyświetlaczem zlicza impulsy z nadajnika NZ wodomierza	1	



Tablica 4.5

WIEKTÓRE PAKIETY DOPASOWUJĄCE (NIE ADRESOWANE) STACJI TELEMETRYCZNEJ STA

Typ pakietu	Funkcje	Liczba torów	Sygnał wejść.	Sygnał wyjść.	Liczba miejsc w kasecie
PD-02	Obwody dopasowujące dla sygnałów analogowych do 5 mA	8	0-5 mA	0-1 V	2
PD-03	Obwody dopasowujące dla sygnałów analogowych prądowych do 20 mA	8	0-20 mA	0-1 V	2
PD-04	" " " do 50 mA	8	0-50 mA	0-1 V	2
PD-05	Obwody dopasowujące dla sygnałów cyfrowych	8	0-20 mA	0-20 mA	1
PD-140 PD-390	Mostek tensometryczny	8	Pt 100 Ni 100		2
BOM	Blok odczytu stanu wodomierza z licznikiem elektromechanicznym. Współpracuje z pakietem PI-23	1	impulso- wy 0/20 mA		3
BZR-1	Blok zasilania rezerwowego				2

Stacja połączona jest z linią telefoniczną poprzez modem 300S lub 300SK, który moduluje sygnały nadawane w linię lub demoduluje sygnały odbierane przez stację. Modem 300 SK zawiera klucz linii abonenckiej KLAN, tzn. układ umożliwiający automatyczną pracę stacji i telefonu.

Stacje telemetryczne wykonuje się w trzech odmianach :

- ST1 - stacja jest wyłącznym abonentem linii telefonicznej,
- ST2 - stacja z obsługą umożliwiającą korzystanie z telefonu. Przełączenie linii telefonicznej na stację ręcznie, gdy abonenta wywołuje stacja centralna,
- ST3 - stacja z modelem 300SK, który automatycznie przełącza linię na telefon lub stację, zależnie kto wywołuje abonenta.

Szczegółowy opis stacji telemetrycznej zawiera dokumentacja techniczno-ruchowa (DTR) [4.38] . Stacja opracowana przez Instytut Automatyki została wykonana prototypowo przez MERA-ZAP.

W WFWiK Katowice wdrożono do eksploatacji pilotowy system STA zawierający 8 stacji telemetrycznych zlokalizowanych w SUW, pompowniach, zbiornikach terenowych i w hydroforni [4.40] .

#### 4.2.3. Stacja alarmowa SA

Stacja alarmowa jest również stacją zdalną systemu telemetryczno-alarmowego STA. Do jej obwodów wejściowych podłącza się czujniki, przetworniki i przyrządy pomiarowe, a wyjściem jest linia telefoniczna. Stacja alarmowa przeznaczona jest do kontroli stanu obiektów, w których wystąpienie pomnych stanów (alarmowych) ma być natychmiast zgłaszane stacji centralnej. Są to np. alarmowe posterunki opadowe, posterunki monitorowe lub wodowskazowe, hydrofornie, studnie, pompownie, zbiorniki terenowe pracujące bez obsługi lub punkty pomiaru ciśnienia wody w sieci wodociągowej.

W czasie pracy stacja alarmowa ze stałym okresem zegarowym zbiera informacje z pakietów wejściowych i porównuje wyniki z zadanymi wartościami granicznymi. Przekroczenie wartości granicznych oznacza stan alarmowy i wówczas stacja alarmowa wywołuje stację centralną, by przekazać wystąpienie alarmu. Połączenie telefoniczne ze stacją centralną wykonuje autowzywak będący częścią stacji, jak pokazano na rys.4.15.

W celu kontroli sprawności stacji alarmowej stacja z określonym cyklem przekazuje wyniki pomiarów mimo niewystąpienia alarmu. Również w przypadku zaniku napięcia zasilania stacji alarmowej zgłasza ona do stacji centralnej ten fakt zaraz po powrocie napięcia lub po załączeniu.

Program pracy stacji alarmowej ustalany jest indywidualnie przez wymianę układu pamięci EPROM w pakiecie pamięci dodatkowej PP-02.

Ustala się parametry :

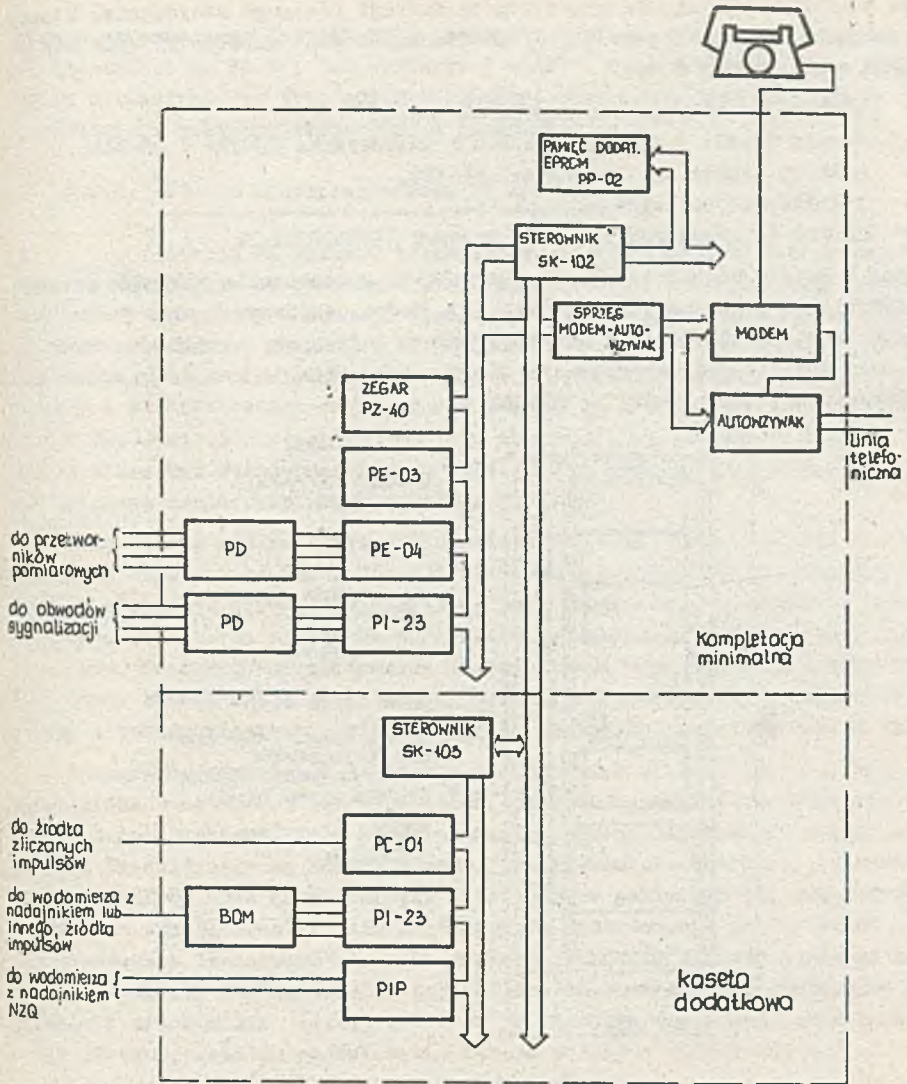
- adres stacji,
- numery telefonów stacji centralnej,
- wartości graniczne wielkości analogowych określające stan alarmowy,
- stany sygnałów dwustanowych uważane za normalne,
- czas maskowania przyczyn alarmu (w tym czasie po zgłoszeniu alarmu stacji centralnej stacja alarmowa nie zgłasza alarmu od tej samej przyczyny),
- czas między zgłaszaniem się stacji w celu kontroli jej sprawności,
- inne parametry, jak protokół transmisji, tryb pracy itd.

Odpowiednie oprogramowanie SA / STA zapewnia sterownik mikroprocesorowy SK-102, który jest standardowym pakietem systemu INTEL DIGIT PI.

Opcjonalne oprogramowanie można rozszerzyć o :

- monitor wielozadaniowy,
- handlery urządzeń,
- programy komunikacji,
- programy użytkowe,





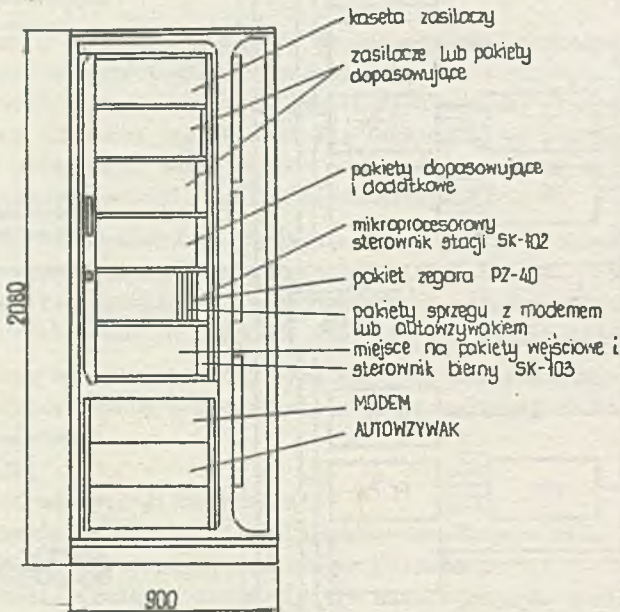
Rys.4.15. Schemat ideowy stacji alarmowej

The scheme of an alarm-station

co umożliwia spełnienie przez stację funkcji zdalnego sterowania. Stacja zdalna SA zbudowana jest [4.39] ze standardowych pakietów PI umieszczonych w kasecie nr 00 :

- sterownika mikroprocesorowego SK-102,
- zegara PZ-40, interfejsu modemu i autowzywaka PI-01A i PO-04A,
- pakietu transmisji szeregowej PS-106,
- pakietów wejściowych wg tabl.4.4,
- innych adresowanych pakietów systemu INTEL DIGIT PI

oraz z kasety dodatkowej bez magistrali do umieszczenia pakietów dodatkowych (nie adresowanych) wg tabl.4.5. Modem, autowzywak oraz jedna lub dwie kasety z zasilaczami stanowią dalsze podzespoły stacji wbudowane w szkielet stojaka. Kompletację stacji, jak pokazuje rys.4.16, można powiększyć o dalsze kasety nr 01, 02.



Rys.4.16. Rozmieszczenie kaset i pakietów w szafie stacji alarmowej.  
Cards and card cages assembly in the alarm station

Każda z tych kaset zawiera sterownik bierny kasety SK-103 oraz pakiety wejściowe lub wyjściowe adresowane i pakiety dopasowujące. Gdy w jednej kasecie znajdują się pakiety adresowane i nieadresowane (dopasowujące), to stosuje się kasetę ze skróconą magistralą.

Stojak stacji alarmowej SA umieszczony jest w stalowej szafie w celu zabezpieczenia przed czynnikami zewnętrznymi i uszkodzeniem mechanicznym.



Stacja przeznaczona jest do instalowania w pomieszczeniach zamkniętych o wilgotności do 80 % i temperaturze 5 - 40°C. Stację opracowano w Instytucie Automatyki [4.39], model i prototyp wykonano w MERA-ZAP, gdzie przewidziana jest produkcja stacji zdalnych.

#### 4.2.4. Stacja mikroprocesorowa MX systemu STA

Stacja MX systemu telemetryczno-alarmowego STA jest inteligentnym terminalem do pełnienia bardziej złożonych funkcji stacji zdalnej i do bardziej prostych funkcji stacji centralnej. Konstrukcyjnie stacja MX jest urządzeniem standardu INTELDIGIT PROWAY - systemu opracowywanego przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP [4.43] w Warszawie i przeznaczonego do wdrożenia w MERA-ZAP w miejsce systemu INTELdigit PI. Jest to w stosunku do stanu obecnego nowa generacja stacji, która winna być stosowana od roku 1988. Dla potrzeb wodociągu Dzieńkowice zalecono zastosowanie kilku stacji MX [4.41].

Jako stacja zdalna systemu STA stacja MX pełni funkcje stacji alarmowej SA z większym udziałem funkcji sterowania kontrolowanym obiektem. Stacja winna być wyposażona w cyfrowe pole odczytowe i uproszczoną klawiaturę. Z obiektem stacja ma połączenie łączem trwałym przewodowym lub radiowym. Od strony sieci telemetrycznej stacja może pracować w obiektowej sieci PROWAY lub w sieci telekomunikacyjnej na dowolnych rodzajach łącz: telegraficznych, telefonicznych, radiowych, światłowodowych [4.36].

Oprogramowanie stacji MX bazuje na monitorze wielozadaniowym, typowych procedurach jak w stacji SA oraz specyficznych blokach programów do sterowania obiektami. Całe oprogramowanie powinno się mieścić w pamięci EPROM. Przewidywane są wersje stacji zrealizowane na 8-bitowym procesorze - pakiet MM-80 oraz na procesorze 16-bitowym - pakiet MM-86. Przewidywane są wersje stacji zrealizowane na 8-bitowym procesorze - pakiet MM-80 oraz na procesorze 16-bitowym - pakiet MM-86. W chwili obecnej dostępne handlowo są pakiety MM-80. Model stacji MX został zestawiony z dostępnych pakietów i uruchomiony [4.42]. Nie ma on wartości użytkowej, gdyż brak jest jeszcze pakietów wejściowych. Stacja modelowa składa się z:

- pakietu mikroprocesora MM-80,
- pakietu wejść analogowych MA-11,
- pakietu wejść dwustanowych MC-01,
- pakietu pamięci dodatkowej ML-50,
- pakietu zegara.

Do zestawu opracowano dwa rodzaje modemów [4.42]:

- modem radiofoniczny 1200 MX-R o szybkości 1200 bit/s,
- pakiet modemu i autowzywaka MX-600.

Przez budowę pakietową ww. modemów i autowzywaka nadają się one do wstawienia do kasety, powodując znaczne zmniejszenie wymiarów stacji.

Do zestawienia stacji wystarczają dwie kasety, w tym jedna kasetka z zasilaczami.

Przewiduje się stosowanie stacji MX w trzech wersjach :

- stacja zdalna w kompletacji minimalnej MX-Micro,
- stacja zdalna w rozszerzonej kompletacji,
- stacja centralna w różnych konfiguracjach i na różnych rodzajach łącz

Jako stację centralną stację MX wyposaża się w drukarkę np. D-100, monitor do wizualizacji informacji operatorowi oraz pamięć zewnętrzną na dyskach elastycznych. Oprogramowanie podstawowe stacji winno zawierać język wyższego rzędu, np. BASIC.

#### 4.2.5. Radiowe łącze telemetryczne

Jednym ze środków łączności w systemie telemetrycznym jest łącze radiowe. W kraju nie ma funkcjonujących telemetrycznych sieci radiowych <sup>x)</sup>, a jest duża różnica między pracą rozmówną a pracą telemetryczną sieci. Ze względu na podział kanałów radiowych do różnych celów, łączność radiową dla potrzeb SWG można planować w pasmie 300 lub 400 MHz, tzn. w zakresie UKF. Zasięg łączny radiowych jest ograniczony bezpośrednio widocznością anten i wynosi ok. 20 km.

Radiowe sieci telemetryczne mają przez to charakter lokalny i strukturę gwiazdową - jedna stacja bazowa i pewna liczba stacji zdalnych. Do budowy sieci można zastosować typowe radiotelefony FM 3041 produkowane przez Zakłady Radiowe RADMOR w Gdyni.

Łączność między stacjami bazową a zdalną może być :

- simpleksowa - łączność dwukierunkowa na jednej częstotliwości naprzemiennie,
- duplexowa - równoczesna łączność dwukierunkowa na dwóch różnych częstotliwościach,
- semiduplexowa - łączność dwukierunkowa na dwóch różnych częstotliwościach naprzemiennie.

Z kilku możliwości przyjęto za najbardziej racjonalną następującą organizację pracy sieci telemetrycznej. W pracy sieci występują trzy stany:

- Stan S1 - stacja bazowa wysyła sygnał stanu S1 blokując aktywność stacji zdalnych, które pozostają w stanie nasłuchu. Wywołanie adresowe danej stacji zdalnej przez stację bazową uaktywnia tę stację i powoduje nadanie informacji i odebranie ich przez stację bazową, po czym stacja zdalna

---

x) Istnieje sieć telemetryczna w MPK w Warszawie do zbierania informacji z autobusów w ruchu.



przechodzi w stan oczekiwania. Gdy stacja bazowa nie wywołuje stacji zdalnych i nie odbiera informacji, to przechodzi w stan spoczynku S2. W stanie S2 stacja bazowa jest na nasłuchu stacji zdalnych, które mogą zgłaszać stan alarmu lub potrzebę obsługi w celu pracy rozmównej.

- Stan S2 - sieć znajduje się w stanie spoczynku. Wszystkie stacje zdalne są na nasłuchu, czy nie będzie zgłoszony stan S1. Stacje alarmowe kontrolują obiekt i w przypadku wystąpienia stanu alarmowego stają się aktywne zgłaszając konieczność obsługi przez stację bazową. Stacja bazowa znajduje się w stanie S2 na nasłuchu i po odebraniu sygnału alarmu przechodzi w stan S1 i w trybie telemetrycznym odbiera informacje ze stacji zgłaszającej alarm, po czym przechodzi w stan S2.

W stanie S2 wszystkie stacje zdalne mogą zgłaszać potrzebę pracy rozmównej. Po odebraniu takiego zgłoszenia stacja bazowa wysyła sygnał S3, w którym odbywa się rozmowa między telefonami danej stacji zdalnej i stacji bazowej. Rozmowa między stacjami zdalnymi jest niemożliwa.

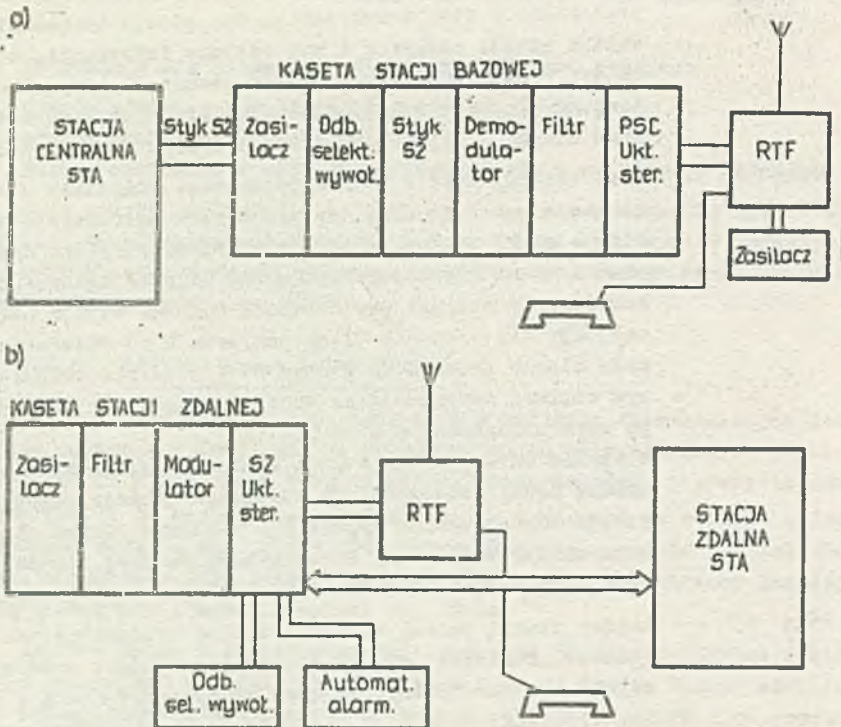
- Stan S3 - między stacją bazową a stacją zdalną przeprowadzana jest rozmowa. Pozostałe stacje zdalne pozostają w stanie spoczynku. Po zakończeniu rozmowy stacje przechodzą w stan S1. Wyróżnia się dwa rodzaje stanów S3 określone priorytetem rozmowy. Gdy rozmowa ma wyższy priorytet, to nie jest przerywana. Przy niższym priorytecie rozmowy może ona być przerwana w celu przejścia do stanu S1 i telemetrycznej obsługi stacji zdalnych. Przejście do stanu S1 może nastąpić : na żądanie operatora stacji bazowej, od zegara inicjującego zbieranie informacji lub wskutek alarmu stacji alarmowej.

Budowę stacji bazowej i zdalnej przedstawia rys.4.17.

Stacja bazowa składa się z :

- kasyety stacji bazowej, w której umieszczone są :  
pakiet urządzenia sterującego PSC , pakiet filtra kanałowego, pakiet modemu, pakiet styku S2, odbiornik sygnałów selektywnego wywołania i zasilacz,
- radiotelefonu FM-3041,
- zasilacza radiotelefonu.

Stacja bazowa podłączona jest do kanału STA stacji centralnej, jak na rys.4.17.



Rys.4.17. Schemat budowy radiowego łącza a) stacji bazowej, b) stacji zdalnej  
 Structuro-scheme of radio-connecting point of a) base-station, b) tele-station

Stacja zdalna składa się z :

- kasety stacji zdalnej TP3 zawierającej urządzenia sterujące stacją, filtr kanałowy, modulator,
- automatu alarmowego,
- odbiornika selektywnego wywołania,
- stacji zdalnej telemetrycznej typu ST systemu STA lub stacji alarmowej SA,
- radiotelefonu FM-3041,
- zasilacza radiotelefonu.

Budowa stacji radiowych poprzedzona była badaniami radiotelefonów w zakresie stanów nieustalonych przy przełączaniu nadawanie-odbiór i odbiór-nadawanie oraz parametrów nadajnika i odbiornika. Badania te określiły sposób funkcjonowania układu sterującego stacją. Model łącza zbudowano z zastosowaniem ww. urządzeń typowych oraz zaprojektowanych układów specyficznych. I tak w stacji bazowej dobudowano pole odczytowe wywie-



tlające stan pracy stacji i numer stacji, układ kasowania połączenia ze stacją zdalną po seansie łączności itp. [4.44] .

Uruchomione łącze ma następujące lokalizacje stacji :

- stacja bazowa w Instytucie Automatyki,
- stacja zdalna w Hydroforni WPIK na osiedlu Sikornik.

Odległość stacji w linii prostej wynosi ok. 3 km, różnica poziomów ok. 2 m ; teren przesłonięty jest zabudowaniami miejskimi. Zastosowano anteny ćwierćfalowe typu 3083/1. Stacja bazowa nadawała na częstotliwości 339, 975 MHz, a odbierała na częstotliwości 303,975 MHz. Stacja zdalna odwrotnie. Szybkość transmisji wynosiła 200 bit/s.

Podczas uruchamiania łącza stwierdzono silne zakłócenia pracy stacji bazowej spowodowane przez nadajniki innych stacji radiowych zlokalizowanych w pobliżu, co wymagało specjalnych zabiegów by wpływ zakłóceń usunąć.

Przeprowadzono badania łącza w okresie 30 sierpnia - 12 września 85 r. dla transmisji synchronicznej i asynchronicznej. Jako źródło sygnałów wzorcowych przy transmisji asynchronicznej używano generatora generującego pseudolosowy ciąg 511-elementowy zalecany przez CCITT. Odbiornikiem była stacja centralna STA wyposażona w minikomputer MERA-306 oprogramowana w taki sposób, że można było rejestrować liczbę i miejsce w bloku informacji elementów błędnych. Do badań transmisji synchronicznej stosowano typowe detektory elementów błędnych typu DEB-3 po stronie nadawczej i odbiorczej. Wyniki badań zawiera tabl.4.6 [4.45] .

Tablica 4.6  
WYNIKI BADANIA JAKOŚCI TRANSMISJI W ŁĄCZU RADIOWYM TELEMETRYCZNYM  
W PASMIE 300 mHz

Lp.	Parametr	Transmisja asynchroniczna	Transmisja synchroniczna
1.	Liczba seansów łączności	120	17
2.	Liczba przesłanych bloków	7.440	17.000
3.	Liczba przesłanych znaków	476.160	
4.	Liczba przesłanych bitów	3.809.280	8.687.000
5.	Liczba bloków błędnych	10	22
6.	Liczba znaków błędnych	66	
7.	Liczba elementów błędnych	250	27
8.	Blokowa stopa błędów	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,29 \cdot 10^{-6}$
9.	Znakowa stopa błędów	$1,4 \cdot 10^{-4}$	
10.	Elementpwa stopa błędów	$6,6 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-6}$

Lp.	Parametr	Transmisja asynchroniczna	Transmisja synchroniczna
11.	Wagowe częstości błędów		
	$C_8/1/$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	
	$C_8/2/$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	
	$C_8/3/$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	
	$C_8/4/$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	
	$C_8/5/$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	
	$C_8/6/$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	
	$C_8/7/$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	
	$C_8/8/$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	

Generalna ocena wyników badań jest następująca : radiowe łącze telemetryczne spełnia wymagania stawiane przewodowym łączom telefonicznym ( na łącza radiowe brak jest wymagań) i nadaje się do utworzenia sieci STA. Wyniki badań nie mają wartości uniwersalnej, gdyż badano jedno łącze o małej odległości stacji, a badania trwały dość krótko. Przepisy prawne ograniczają możliwości badań dla dowolnych lokalizacji stacji. Dlatego przy projektowaniu radiowych sieci telemetrycznych niezbędne są pomiary propagacji fal radiowych w paśmie UKF między proponowanymi punktami lokalizacji stacji zdalnych i stacji bazowej.

#### 4.2.6. Stacje centralne systemu STA

Omawiając koncepcję systemu telemetrycznego wymieniono pięć rodzajów stacji centralnych (pkt 4.2.1). Stacje te można podzielić na dwie grupy :

- pracujące bez obsługi,
- pracujące z obsługą - stacje te nazywa się ośrodkami dyspozytorskimi.

W tym punkcie przedstawione będą stacje centralne pracujące bez obsługi, a pozostałe przedstawione są w podrozdziale 4.3. Bez obsługi mogą pracować stacje centralne : stacja pośrednicząca SP oraz stacja zbiorcza SZ.

Dotychczas nie opracowano i nie zrealizowano stacji centralnych systemu STA pracujących bez obsługi, dlatego poniższy opis ma charakter w różnym stopniu zweryfikowanej koncepcji.

Wszystkie stacje centralne systemu telemetryczno-alarmowego STA są stacjami mikroprocesorowymi. Praca stacji bez obsługi jest dopuszczalna, gdy stacja nie zawiera urządzeń wymagających obsługi : drukarek, pamięci magnetycznych itp. oraz gdy w stacji nie gromadzi się informacji. Stacja mo-



że być wyposażona w urządzenia takie jak : monitor, klawiatura itp., przeznaczone do uruchamiania stacji lub jej okresowego testowania. Stacja zbiorcza bez obsługi może być przeznaczona do sporadycznego użytkowania, np. w okresach powodzi; niedoborów wody i na ten okres niezbędne może być wyposażenie jej w bogatszy zestaw urządzeń dyspozytorskich. Poza tym okresem stacja pracuje jako stacja pośrednicząca. Znaczny koszt personelu obsługującego stację oraz rozwój sprzętu informatyki winny powodować szersze stosowanie stacji bez obsługi.

Według aktualnego stanu produkcji funkcje stacji pośredniczącej SP może pełnić :

- stacja MX zbudowana w standardzie INTEL DIGIT PROWAY ze sterownikiem MM-80 lub MM-86 przedstawiona w punkcie 4.2.4,
- stacja zbiorcza SZ-80 przedstawiona w punkcie 4.3.1 po umieszczeniu programów użytkowych w pamięci wewnętrznej EPROM. Zasoby pamięci wewnętrznej są wystarczające do pomieszczenia oprogramowania.

Adaptacja stacji mikroprocesorowej do funkcji stacji pośredniczącej wymaga zastosowania pakietu MX-600, który opracowano jako pakiet w standardzie INTEL DIGIT PROWAY przeznaczony do tej funkcji oraz z oprogramowaniem obsługi tego pakietu [4.42] . Ponadto niezbędne jest opracowanie oprogramowania właściwego dla stacji centralnej : bazy danych o stacjach zdalnych, weryfikacji informacji odbieranej w celu wyeliminowania błędów w transmisji, protokołu transmisji oraz programów współpracy z nadrzędnym ośrodkiem dyspozytorskim.

Zastosowanie sterownika MM-86 z 16-bitowym mikroprocesorem wymaga opracowania wszystkich programów od początku. Docelowo w stacji MX stosowany będzie sterownik MM-86. Dotychczasowe doświadczenia nakazują każdą ze stacji centralnych projektować indywidualnie.

#### 4.3. Ośrodki dyspozytorskie

Ośrodkiem dyspozytorskim może być stacja centralna systemu telemetrycznego STA wyposażona w odpowiednie urządzenia peryferyjne do współpracy dyspozytora ze stacją. Są to następujące urządzenia :

- monitor ekranowy alfanumeryczny (czarno-biały),
- monitor kolorowy do wizualizacji informacji,
- klawiatura sterująca do komunikacji operatora (dyspozytora) ze stacją centralną,
- drukarka znakowo-mozaikowa lub wierszowa,
- pamięć zewnętrzna na dyskach elastycznych lub na dyskach twardych,
- pamięć kasetowa do rejestracji poleceń dyspozytorskich rozmównych.

W tabl.4.7. zestawiono wyposażenie poszczególnych rodzajów stacji w urządzenia.

Powyższy podział na rodzaje stacji tworzony był [4.36] na podstawie

sprzętu dostępnego w kraju. Gdyby zadanie rozwiązywać wg sprzętu produkujących firm światowych, podział ten byłby inny. Szybki rozwój sprzętu informatycznego i telekomunikacyjnego na świecie nakazuje, by koncepcję ośrodków dyspozytorskich formułować ostrożnie. Jest to także wynikiem odwołania inwestycji na obszarze SWG, mały ich zakres oraz długi cykl ich przygotowania. O ile ogólną koncepcję można uznać za niezmienną, to techniczne realizacje będą miały charakter indywidualnych jednostkowych realizacji dostosowanych do zakresu konkretnego zadania. Dlatego niektóre charakterystyki rozwiązań są dość ogólnikowe.

Tablica 4.7

## WYPOSAŻENIE STACJI CENTRALNYCH STA W PERYPERIA

Rodzaj urządzenia	Rodzaj stacji	Pośrednicząca	Zbiorcza	Centralna	Lokalny ośrodek sterowania	Centrum dyspozytorskie
Monitor ekranowy		-	+	+	+	+
Monitor kolorowy		-	-	+	+	+
Klawiatura		-	+	+	+	+
Drukarka znakowo-mozaikowa		-		+	+	+
Drukarka wierszowa		-	+			
Dyski elastyczne		-	+	+		
Dyski twarde		-		+	+	+
Pamięć kasetowa		-			+	+
Sterowanie obiektami		-	-	-	+	-
Ośrodek obliczeniowy		-	-	-	-	+

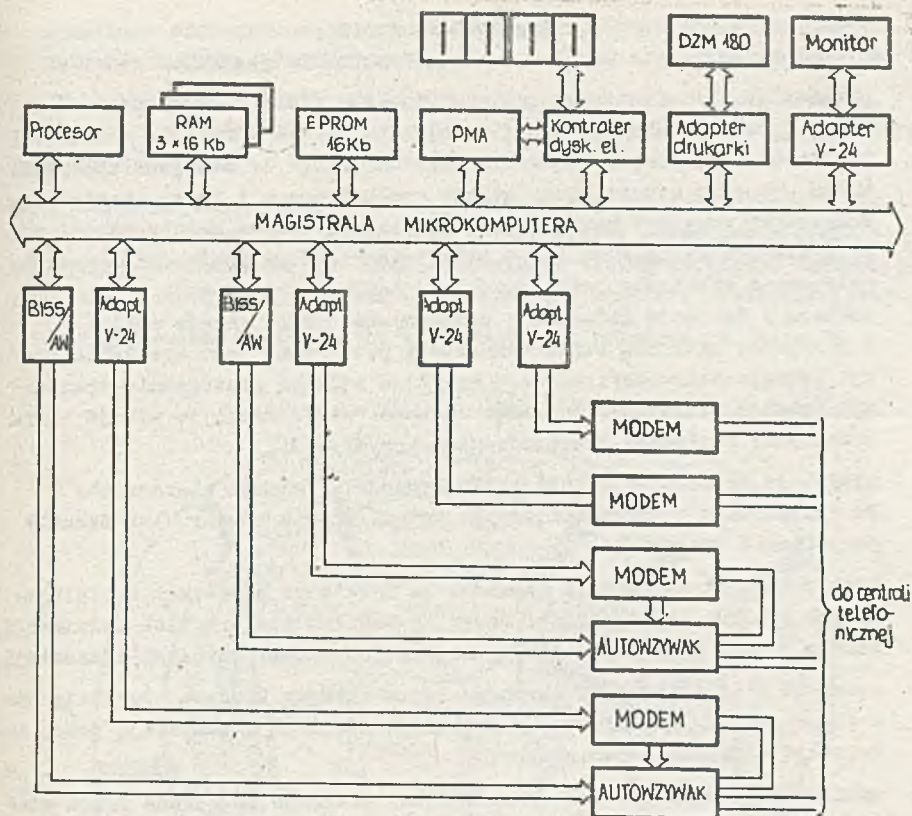
## 4.3.1. Stacja zbiorcza SZ-80

Stacja SZ-80 systemu telemetryczno-alarmowego STA jest rozwiązaniem opracowanym w Instytucie Automatyki Pol.Śl., zrealizowanym w wersji prototypowej przez MERA-ZAP i zastosowanym w WPWiK Katowice w systemie pilotowym dla automatyzacji systemu wodociągowego WPWiK [4.46] , [4.47] .

Stacja zbiorcza SZ-80 wyposażona jest w mikrokomputer MERA 80, urządzenia dyspozytorskie oraz urządzenia transmisji danych specyficzne dla systemu STA. Mikrokomputer MERA 80 produkowany jest przez ZD ISS w Katowicach pod nazwą sterownik MKS 1000. Mikrokomputer MERA 80 ma budowę modułową.

Duża pojemność kasety z magistralą oraz różnorodność produkowanych pakietów umożliwiającą kompletowanie zestawów dopasowanych do potrzeb użytkownika. W wersji podstawowej stacji zbiorczej SZ-80 przedstawionej na rys.4.18 stosowany jest zestaw zawierający :





Rys.4.18. Stacja zbiorcza SZ-80 w konfiguracji z dwoma kanałami do obsługi stacji alarmowych i dwoma do obsługi stacji telemetrycznych  
 Collecting station SZ-80 in the connection with two channels for alarm-stations and two channels for telemetric-stations.

- procesor MCY 7880, układ przerwań, zegar,
- pamięć RAM o łącznej pojemności 48 kb,
- pamięć EPROM o pojemności 16 kb,
- stację dysków elastycznych 8" - 4 szeliny po 256 kb,
- drukarkę DZM-180,
- monitor ekranowy z klawiaturą - MERA 7952.

Do komunikacji ze stacjami zdalnymi stosowane są kanały łączności złożone z modemu i autowzywaka. W stacji SZ-80 może pracować równocześnie do czterech takich kanałów, podłączonych do niezależnych łączy abonenckich. Mogą to być łącza tej samej lub różnych central telefonicznych. Liczba pracujących kanałów zależy od wymaganej częstości zbierania informacji oraz liczby stacji zdalnych. Każdy z kanałów może być na drodze programowej przeznaczony do wyłącznej obsługi zgłoszeń ze stacji alarmowych.

Stacja zbiorcza SZ-80 jest gotowa do pracy po włączeniu zasilania i natychmiast podejmuje współbieżną realizację następujących zadań :

- wyświetlanie na monitorze informacji o aktualnej konfiguracji sieci STA i warunkach obsługi stacji zdalnych,
- cykliczne nawiązanie połączenia telefonicznego ze stacjami zdalnymi. Można utworzyć cztery grupy stacji obsługiwanych z różną częstością. Połączenia mogą być nawiązywane równocześnie przez cztery kanały wykorzystujące niezależne linie telefoniczne. W przypadku niezyskania połączenia wywołanie jest powtarzane żądaną liczbę razy,
- odbiera i dekoduje informacje przekazywane przez stacje zdalne. W przypadku wykrycia błędu transmisji powtarzane jest wywołanie stacji (stacja telemetryczna) lub wysyłane żądanie powtórzenia transmisji (stacja alarmowa). Poprawne odebranie informacji ze stacji alarmowej jest kwitowane potwierdzeniem pozytywnym,
- przyjmuje zgłoszenia i odbiera informacje ze stacji alarmowych. Po sprawdzeniu poprawności wysyła potwierdzenie odbioru lub żądanie powtórzenia transmisji,
- odebrane bloki informacji gromadzi na dyskietce w postaci skatalogowanych zbiorów archiwalnych. Każdy ze zbiorów zawiera blok informacji, dane o czasie nadesłania bloku, numer bloku oraz przyczynę transmisji,
- redaguje i wyprowadza na ekran monitora raporty bieżące. Powstają one w miarę napływania informacji ze stacji zdalnych i zawierają pełną informację o wynikach pomiarów,
- wykrywa i sygnalizuje akustycznie stany alarmowe zgłoszone przez stacje alarmowe. Przyjęcie informacji o alarmie musi być potwierdzone przez operatora,
- przetwarza zebrane informacje zgodnie z programami użytkownika. Programy te mogą być pisane w asemblerze mikroprocesora INTEL 8080 lub w języku FORTH w zależności od wersji oprogramowania,
- redaguje i rejestruje na drukarce raporty okresowe. Zawierają one zbiorcze informacje za okres np. 6, 12 lub 24 godzin,
- zbiera informacje statystyczne o jakości pracy sieci telemetrycznej - wywołaniach straconych, przerywanych, błędach transmisji itd. Wyniki analizy mogą być rejestrowane dla każdej stacji z osobna lub zbiorczo dla oceny zmienności w czasie,
- wyprowadza na ekran monitora oraz na drukarkę komunikaty o zdarzeniach występujących w systemie, np. nieprawidłowym przebiegu seansów łączności, rozpoczęciu cyklu obsługi określonej grupy stacji zdalnych, awariach urządzeń zewnętrznych itd. Komunikaty są rejestrowane z podaniem czasu wystąpienia zdarzenia,
- prowadzi zegar czasu rzeczywistego, niezbędny dla cyklicznej obsługi obiektów oraz katalogowania zbiorów archiwalnych,

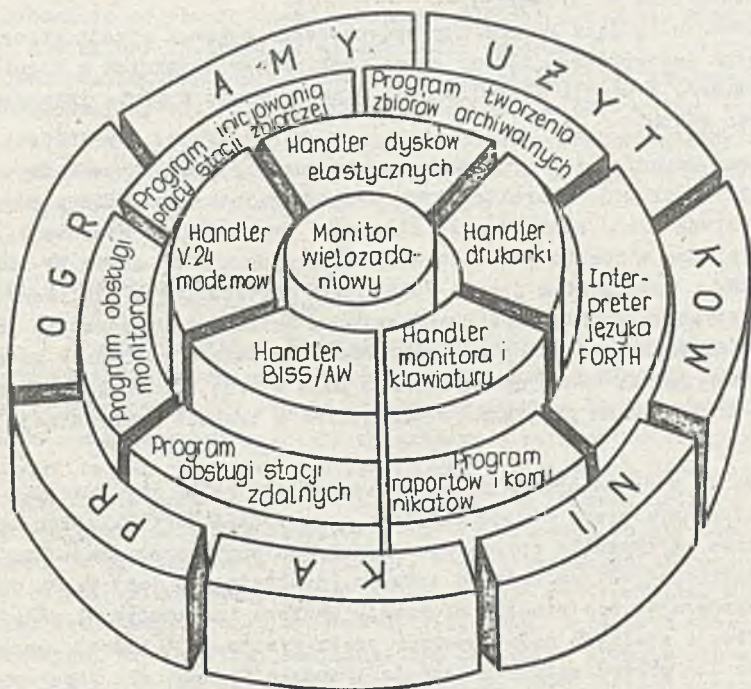


- obsługuje zlecenia operatora stacji zbiorczej, w tym np. zlecenie wywołania określonej stacji zdalnej.

Oprogramowanie stacji zbiorczej SZ-80 dostępne jest w dwu wersjach : podstawowej o nazwie MW-STA oraz rozszerzonej o interpreter języka FORTH o nazwie MW-FOSTA.

W obu wersjach wykorzystuje się typowe podejście stosowane w oprogramowaniu mikroprocesorowych systemów aplikacyjnych czasu rzeczywistego, polegające na dekompozycji oprogramowania na szereg programów sekwencyjnych, realizowanych współbieżnie pod kontrolą monitora wielozadaniowego.

Oprogramowanie ma strukturę warstwową, jak pokazano na rys.4.19.



Rys.4.19. Struktura oprogramowania stacji zbiorczej STA oparta na monitorze wielozadaniowym.

Programming-structure of a collecting-station STA based on a multifunctional monitor.

Warstwę centralną stanowią procedury i struktury danych monitora wielozadaniowego. Drugą warstwę tworzą handlery urządzeń zewnętrznych stacji zbiorczej. W zależności od potrzeb użytkownika poszczególne elementy tej warstwy mogą być usuwane, dokładane lub zmieniane. Trzecią warstwę stanowią programy sekwencyjne, realizujące podstawowe funkcje stacji zbiorczej niezależnie od obszaru zastosowań systemu. Należą do nich :

- program inicjujący pracę stacji zbiorczej,
- program obsługi stacji zdalnych telemetrycznych i alarmowych,
- program tworzenia skatalogowanych zbiorów archiwalnych na dyskietkach,
- program redagowania raportów bieżących (raportów okresowych), o wielkościach mierzonych w stacjach zdalnych. Raporty wyprowadzane są na ekran monitora oraz na drukarkę,
- program redagujący komunikaty operatorskie o pracy stacji zbiorczej,
- program interpretera zleceń operatorskich wprowadzanych z klawiatury operatora. W wersji MW-FOSTA rolę tego programu spełnia interpreter języka FORTH.

Warstwa czwarta jest przeznaczona na programy pisane przez użytkownika stacji zbiorczej. Charakter tych programów jest uzależniony od zastosowań systemu (np. sporządzanie bilansów, wypracowanie sterowań). Mogą być one pisane w języku assemblera. Wersja programu o nazwie MW-FOSTA wyposażona w interpreter języka FORTH daje użytkownikowi możliwość łatwego i efektywnego rozwoju oprogramowania na bazie języka wyższego rzędu. Istotną zaletą tej wersji jest możliwość korzystania zarówno z gotowych programów w języku FORTH uruchamianych poza stacją zbiorczą, jak też pisanie i uruchamianie programów w tym języku w trakcie pracy stacji zbiorczej.

Elementem uzupełniającym oprogramowanie jest zbiór informacji o systemie nadzorowanym przez stację zbiorczą, zwany BAZĄ DANYCH. Zbiór ten tworzony przez użytkownika opiera się na dokumentacji oprogramowania. BAZA DANYCH tworzona jest na nośniku trwałym (dyskietce) i jest stale dostępna dla oprogramowania stacji zbiorczej. Zawiera informacje określające liczbę stacji zdalnych nadzorowanych przez system, ich rodzaj, parametry niezbędne dla przeprowadzenia seansów transmisji, dane dla redagowania raportów. BAZA DANYCH posiada strukturę listową, co pozwala na łatwe rozszerzenie zbioru danych wejściowych o informacje przydatne użytkownikowi w procesie przetwarzania danych zbieranych w systemie.

Podstawowe dane techniczne stacji SZ-80 są następujące [4.47] :

- liczba kanałów łączności - 4 ,
- rodzaj modemu EC 8002 lub 8006 ,
- szybkość transmisji 300, 600, 1200 bit/s,
- autowzywak - niezależny lub zintegrowany z modemem wg V 24 ,
- styk z łączem telefonicznym - S1,
- styk DCE/DTE - S2 /V24/V28/,



- transmisja informacji asynchroniczna,
- protokół transmisji - znakowy ST i SA lub dowolny znakowy,
- zabezpieczenie transmisji - kod z wielokrotnym powtórzeniem i większą regułą odbioru (ST,SA); kod cykliczny (SA, MX),
- typowy czas obsługi stacji telemetrycznej - 15 s.

#### 4.3.2. Stacja centralna SC-80

Stacja centralna SC-80 jest zbudowana z mikrokomputera MERA-80 (dostępnego handlowo pod nazwą sterownik MKS-1000) produkcji ISS MERASTER - Katowice. Do utworzenia kanału STA stosowane są jak w stacji SZ-80 pakiety BISS/AW oraz V-24 do podłączenia autowzywaka i modemu.

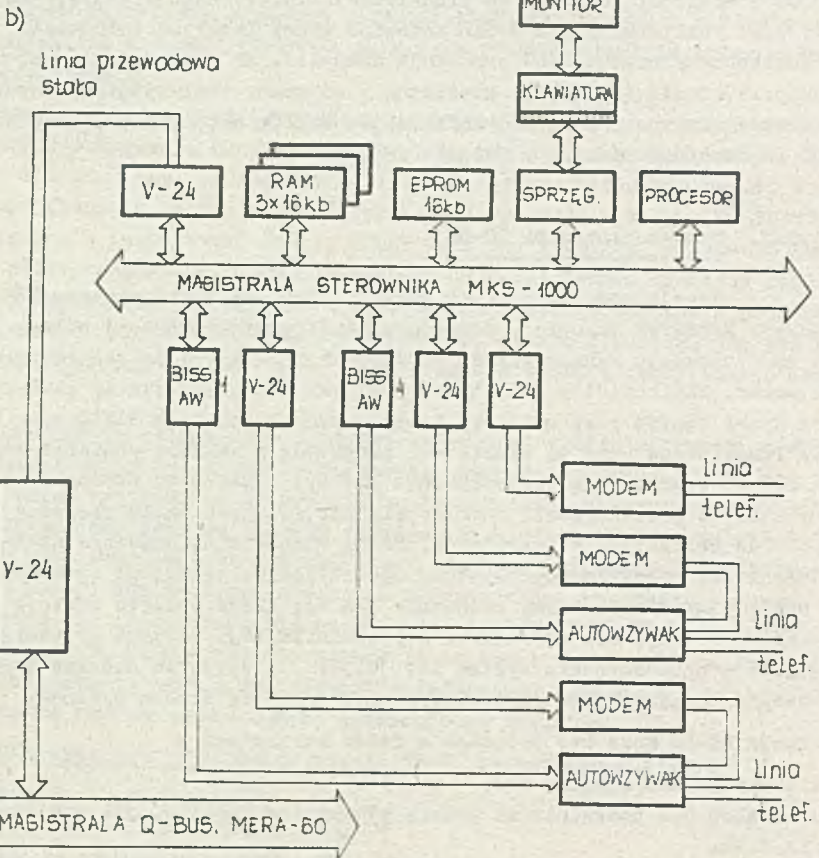
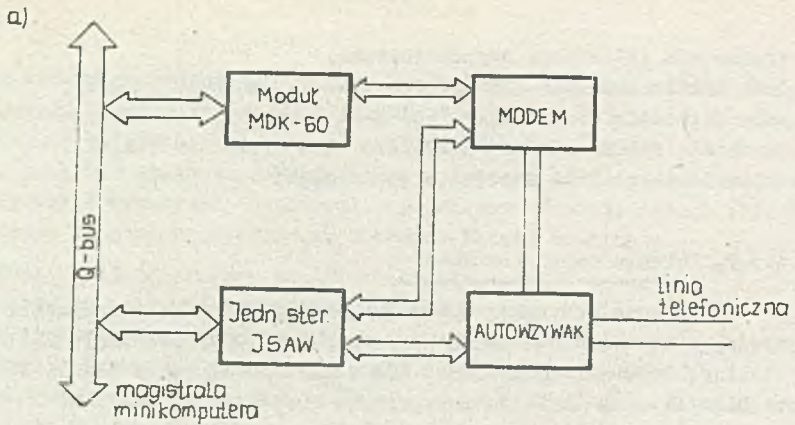
W porównaniu ze stacją SZ-80 stacja SC-80 jest dodatkowo wyposażona w 1 lub 2 monitory kolorowe do wizualizacji informacji. W prototypie, który jest realizowany dla WPWiK Katowice przez Instytut Automatyki, ma być zastosowany system ESIW produkcji MERA-ZAP. Za pomocą tego systemu można przedstawić informację graficzną: schematy technologiczne oraz wykresy statystyczne z zebranej informacji. Według aktualnych planów stacja SC-80 winna być ukończona w połowie 1987 r.

#### 4.3.3. Stacja centralna SC-60

Stacja centralna SC-60 jest zbudowana z minikomputera MERA-60 produkcji MERASTER Katowice. Adaptacja minikomputera MERA-60 polega głównie na zbudowaniu kanału STA do współpracy poprzez łącza telefoniczne komutowane. Minikomputer może być wyposażony w znaczne zasoby pamięci, w tym dyski twarde oraz może być programowany w językach BASIC oraz FORTRAN. Ponadto dostępne są biblioteki programów z zakresu obliczeń naukowych SSP-60 oraz obsługi eksperymentu LSP-60. Pozwala to stosować ten minikomputer do przetwarzania informacji, np. do wyznaczania prognozy dopływu wody do zbiorników retencyjnych. Słabą stroną minikomputera MERA-60 jest brak wieloprogramowego systemu operacyjnego. Producent sprzedaje system operacyjny RT-60. Firmy zachodnie dla tej klasy sprzętu oferują system RSX. W kraju nie ma jeszcze odpowiednika tego systemu operacyjnego, choć jest w opracowywaniu system SRT [4.36]. Stwarza to znaczne trudności oprogramowania stacji centralnej, gdyż pracę tę trzeba wykonać.

Stacja SC-60 może być budowana w dwóch wariantach:

- z bezpośrednim kanałem STA,
- z kanałem STA pośrednim za pomocą sterownika MKS-100, jak pokazano na rys.4.20.



Rys.4.20. Bezpośrednie (a) i pośrednie (b) podłączenie kanaku STA do mini-komputera MERA-60

Direct (a) and indirect (b) connection to the channel STA from the mini-computer MERA-60



Bezpośredni kanał STA zbudowano [4.48] wykorzystując typowy moduł MDK-60 oraz specjalny pakiet jednostki sterującej autowzywakiem. Moduł MDK-60 ma pojedynczą szerokość, co daje pewną oszczędność miejsca w kasie minikomputera. Ponadto oprogramowanie jest bardziej proste. Do obsługi modułu MDK-60 opracowano odpowiedni program.

Do obsługi stacji zdalnych telemetrycznych i alarmowych poprzez łącza komutowane przewodowe i radiowe opracowano programy zgodnie z zasadami pracy systemu STA.

Kanał STA w wykonaniu modelowym zajmuje jedno miejsce w kasie minikomputera.

Drugi wariant rozwiązania przedstawiony na rys.4.20b wymagał wprowadzenia odpowiedniego protokołu transmisji między sterownikiem MKS-1000 a stacją centralną SC-60. Zdecydowano się zastosować protokół znakowobitowy BSC. Czyni to obie jednostki komputerowe kompatybilne do współpracy z innym sprzętem komputerowym wyposażonym w ten protokół. Całość organizacji stacji centralnej SC-60 w zakresie nawiązywania połączeń ze stacjami zdalnymi, tworzenie kolejek, odbiór informacji i sprawdzanie prawidłowości transmisji realizuje sterownik, natomiast wyniki pomiarów w postaci uporządkowanych zbiorów przesyłane są do MERA-60, gdzie można poddać je bardziej złożonemu przetwarzaniu. Ze względu na opracowane i sprawdzone oprogramowanie preferowana jest wersja II stacji centralnej SC-60 z pośrednim kanałem STA.

#### 4.3.4. Lokalny ośrodek sterowania LOS

Lokalny ośrodek sterowania obiektami na określonym obszarze SWG nie został dotychczas opracowany. W porównaniu ze stacją centralną LOS winien być wyposażony w kanał sterowania obiektami poprzez łącza stacje. Jako urządzenie obiektowe przewidywane jest stosowanie systemu INTEL-DIGIT PI. Jako centralę przewidywano stosowanie minikomputera MERA-60, tzn. byłby to LOS-60.

Do zbudowania LOS-60 można zastosować [4.36] :

- moduł BS-07 sprzężenia minikomputera MERA-60 z systemem PI produkowany przez MERA-PNEPAL. Moduł podłączony jest do minikomputera do modułu MCM-60, przez co następuje podwójna translacja magistrali minikomputera Q-bus w magistralę unibus w module MCM i w magistralę PI w bloku BS-07. Ten rodzaj sprzężenia jest bardziej złożony. Ponadto nie był dostępny handlowo handler do obsługi tego kanału.
- moduł MPI-60 opracowywany przez Chemoautomatykę w Bydgoszczy. W tym module następuje transakcja magistrali Q-bus w magistralę PI. Opracowanie tego modułu do końca 1985 r. nie zostało zakończone.

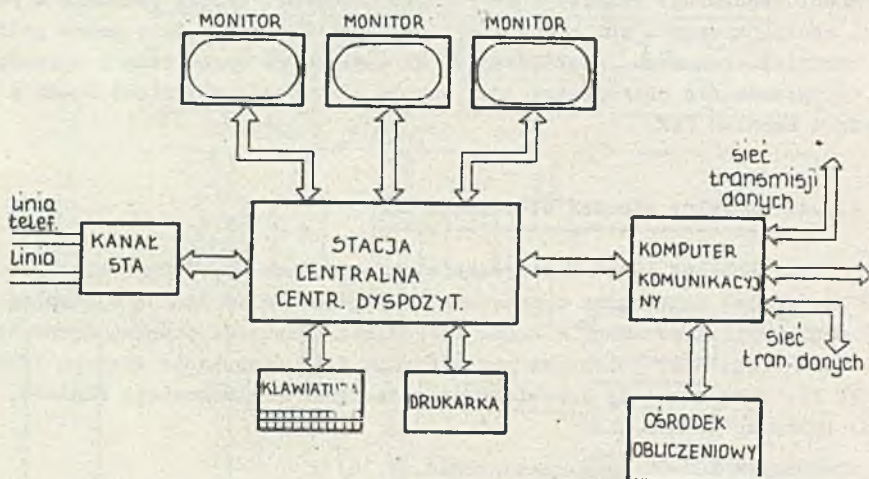
Istnieje jeszcze jedna możliwość sprzężenia za pomocą tzw. pętli prą-

dowej poprzez interfejs V-24. Jest to rozwiązanie urządzeniowo najprostsze, ale ma wady : transmisja jest szeregową i przez to powolną oraz przez cały czas obsługi kanału minikomputer jest zajęty tym zadaniem. Takie rozwiązanie może być stosowane do obsługi niewielu obiektów i znacznie ogranicza funkcje LOS. Jak wspomniano powyżej, LOS realizuje funkcje stacji centralnej STA poprzez łącza komutowane lub radiowe (kanał STA) oraz funkcje sterowania poprzez łącza stałe (kanał PI). Dla automatyzacji wodociągu Dzieńkowice zalecono funkcje sterowania realizować za pomocą kanału STA i zdalnych stacji mikroprocesorowych MX systemu STA poprzez łącza telefoniczne komutowane, radiowe lub stałe.

#### 4.3.5. Centrum dyspozytorskie CD

Centrum dyspozytorskie jest stacją centralną systemu STA przeznaczoną do obsługi całego systemu wodno-gospodarczego lub podsystemu SWG, w stosunku do pozostałych stacji centralnych zlokalizowanych na obszarze SWG centrum dyspozytorskie pełni funkcje nadrzędne, jak podano w rozdz.2.7

Schemat funkcjonalny centrum dyspozytorskiego podano na rys.4.21.



Rys.4.21. Schemat centrum dyspozytorskiego

The scheme of the dispatcher-centre

Głównym urządzeniem centrum jest minikomputer, np. MERA-60, wyposażony w kilka różnorodnych monitorów ekranowych i kolorowych, klawiatury, kanał STA do bezpośredniego łączenia się ze zdalnymi stacjami STA, wspo-



magany przez ośrodek obliczeniowy oraz komputer komunikacyjny.

Ośrodek obliczeniowy spełnia funkcje gromadzenia i przetwarzania informacji. Jest to całe archiwum systemu wodno-gospodarczego : schematy instalacji i obiektów, charakterystyki urządzeń i obiektów, historyczne i bieżące dane o stanach obiektów SWG, wszelkie programy przetwarzania informacji. Tutaj bada się i opracowuje algorytmy sterowania itd. We wcześniejszych opracowaniach koncepcyjnych przewidywano utworzenie wydzielonego ośrodka obliczeniowego wyposażonego w komputer RIAD R-32.

Komputer komunikacyjny organizuje i obsługuje pracę sieci transmisji danych, do której podłączone są wszystkie stacje centralne STA na obszarze SWG. W pracy tej sieci ustalone są odpowiednie priorytety połączeń, np. połączenia dyspozytora centrum z dowolną stacją centralną lub ośrodkiem obliczeniowym, meldunki alarmowe ze stacji centralnych do dyspozytora CD itp.

Tak więc minikomputer centrum przeznaczony jest do :

- wyświetlania na monitorach informacji o aktualnym stanie obiektów SWG,
- wyświetlania schematów technologicznych i wskaźników techniczno-ekonomicznych i statystycznych,
- wyświetlania i drukowania informacji o stanach alarmowych,
- obsługi operatora w zakresie przekazywania poleceń, połączeń ze stacjami centralnymi, stacjami zdalnymi, przyjmowania zleceń do wykonania obliczeń prognoz, planów i innej dokumentacji,
- wspomaganie operatora w zakresie wyszukiwania potrzebnych informacji,
- okresowego przejścia funkcji stacji centralnej w przypadku awarii jednej ze stacji.

Pełniejsze scharakteryzowanie zadań CD jest trudne wskutek braku w tym zakresie jakichkolwiek ustaleń oraz opracowań szczegółowych. Nawet znanych algorytmów przetwarzania informacji nie można dobrze scharakteryzować, gdy były oprogramowane na innym sprzęcie. Orientacyjnie szacuje się [4.49], że docelowo dla SWG potrzeby pamięci wynoszą :

- 1) oprogramowanie stacji centralnej dla obsługi 10 stacji zdalnych zajmuje ok. 25 kb,
- 2) ilość informacji zbierana rocznie w podsystemie zasobów wynosi 5-25 Mb (10 stacji centralnych),
- 3) ilość informacji zbierana rocznie w WPWiK Katowice ok.100 Mb,
- 4) ilość informacji zbierana rocznie w WPWiK Bielsko ok.18 Mb,
- 5) moc obliczeniowa algorytmów przetwarzania informacji w podsystemie zasobów - brak szacunku,
- 6) moc obliczeniowa w WPWiK Katowice ok.200 kb PaO + 17 Mb pamięć zewnętrzna,
- 7) moc obliczeniowa w WPWiK Bielsko ok.80 kb PaO + 6 Mb pamięć zewnętrzna.

W powyższym opracowaniu nie wzięto pod uwagę np. grafiki komputerowej. Na przykład w poz.6 uwzględniono algorytmy symulacji sterowania systemem wodociągowym, obliczanie planowanych harmonogramów pracy obiektów itd., a duży wymiar sieci wodociągowej powoduje duże potrzeby pamięci. W poz.5 arbitralnie zalecono badania wybranych algorytmów sterowania, ale z posiadanych charakterystyk programów, np. dla systemu CYBER 72, nie można przenieść oszacowań na inny system komputerowy.

Powyższe charakterystyki oddają złożoność zagadnienia, które jest dopiero wstępnie rozpoznane. Na przykład sieć transmisji danych nie jest rozpoznana i w połowie 1986 r. można oczekiwać konkretnej koncepcji dla potrzeb I etapu wodociągu Dzieńkowice [4 41].

Formułowanie w chwili obecnej charakterystyk sprzętu przewidywanego do wyposażenia CD uważa się za niecelowe, gdyż w najbliższym czasie pojawi się nowa generacja urządzeń informatyki i telekomunikacji, która istotnie może zmienić aktualne koncepcje.



## 5. ORGANIZACJA I KOSZTY UKŁADU STEROWANIA

W stosunku do koncepcji szczegółowej SWG [5.1], gdzie przewidywano połączenie wszystkich przedsiębiorstw i instytucji zajmujących się eksploatacją obiektów gospodarki wodnej na obszarze SWG w organizację zwaną Systemem Wodno-Gospodarczym, nastąpiła zmiana koncepcji szczegółowej [5.2]. Do czasu ustalenia organizacji SWG nie można szczegółowo opracowywać organizacji układu sterowania. Poniższe dane należy traktować orientacyjnie ; dotyczą one planowanego stanu docelowego, a nie wiadomo w jakim stopniu plan będzie zrealizowany.

Organizacja układu sterowania określa zasady :

1. pracy węzłów sterowania,
2. utrzymania w stanie sprawnym wyposażenia SWG w zakresie aparatury pomiarowej, systemu telemetrycznego i ośrodków sterowania.

### 5.1. Organizacja układu sterowania

Węzłami sterowania są dyspozytorzy wyposażeni w odpowiednie ośrodki sterowania i personel pomocniczy mający określone obowiązki i uprawnienia. Decyzje o sterowaniach podejmuje dyspozytor i wydaje polecenia odpowiednim służbom zrealizowania tych poleceń.

I tak na najwyższym IV poziomie sterowania Systemem Wodno-Gospodarczym stoi dyspozytor SWG. Jest to funkcja pełniona jednoosobowo lub kolegialnie, przy czym nie jest ona pełniona w tzw. czasie rzeczywistym, lecz ad personam. Do zadań dyspozytora należy planowanie sterowań i koordynacja sterowań między podsystemami SWG oraz między SWG a innymi systemami. W podsystemie zasobów planowane są sterowania na okres 1 miesiąca i 1 roku ; w dłuższym horyzoncie plany dotyczą większych remontów obiektów, rozwoju podsystemu, badań nad adaptacją SWG do planowanych warunków itd. Podobnie jest w podsystemie zaopatrzenia w wodę, z tym że plany sterowań obiektami dotyczą horyzontu krótszego.

Dyspozytor SWG ma do pomocy sztab operacyjny złożony ze specjalistów z zakresu hydrologii, ochrony środowiska, inżynierii sanitarnej, gospodarki komunalnej, analizy systemów oraz inne komórki planistyczne i administracyjne. Wyposażeniem dla dyspozytora jest ośrodek obliczeniowy zawierający bank danych.

Ośrodek, dysponując dokumentacją systemu, wykonuje rozmaite analizy techniczno-ekonomiczne, analizy studialne, opracowuje plany sterowań oraz gromadzi informacje o stanie systemu.

Ośrodek przygotowuje dla innych systemów niezbędne dane o SWG oraz wykonuje usługi na podstawie posiadanych informacji.

Na III poziomie hierarchii sterowania stoją dyspozytorzy podsystemów zasobów i ochrony wód oraz podsystemów zaopatrzenia w wodę (WPWiK Katowice oraz WPWiK Bielsko). Funkcja ta pełniona jest w czasie rzeczywistym (przez 24 godz.). Dyspozytor wyposażony jest w centrum dyspozytorskie, ma do pomocy personel pomocniczy oraz zależnie od organizacji SWG służby pomocnicze : planistyczno-ekonomiczne, techniczne itp. Dyspozytor podsystemu wydaje dobowe plany pracy obiektów (opracowuje je Dyrekcja lub służby planistyczne wg zaleceń dyspozytora SWG) i kontroluje ich wykonanie. W stanach poważniejszych awarii lub zakłóceń rozpoznaje stan i wydaje decyzje o sposobach sterowania podsystemem. Dyspozytor w swym działaniu wspierany jest informacjami nadsyłanymi z lokalnych ośrodków sterowania, własnym rozpoznaniem stanu oraz całym potencjałem ośrodka obliczeniowego w zakresie analizy sytuacji i przedstawienia możliwych sposobów sterowań i ich skutków. To wsparcie dyspozytora jest szczególnie ważne w stanach awaryjnych, niedoboru wody, powodzi, niespodziewanego pogorszenia jakości wody, powstania zanieczyszczeń lub innych stanów katastroficznych. Wyposażenie centrum dyspozytorskiego winno być dostosowane do potrzeb dyspozytora w takich stanach krytycznych. W normalnych warunkach pracy wyposażenie CD nie jest w pełni wykorzystane. Docelowo centra dyspozytorskie obu podsystemów winny mieć wspólną lokalizację.

Funkcje II poziomu sterowania pełni dyspozytor lokalnego ośrodka sterowania. LOS mogą pracować całodobowo, przez jedną zmianę lub mieć obsługę sporadyczną. W rozdz.2 zostały wymienione tylko ośrodki o pracy ciągłej. W pozostałych LOS funkcje dyspozytora pełni kierownik zbiornika, obiektu np. SUW itp. W ośrodkach bez dyspozytora ciągłą kontrolę pracy podległych mu obiektów spełnia dyspozytor innego LOS. Ciągła obsługa winna być tylko w stanach powodziowych, awaryjnych i katastroficznych.

Dyspozytor LOS kontroluje pracę podległych obiektów. Gdy nie przebiega ona zgodnie z planem, wydaje dyspozycje przewidziane dla usunięcia określonych zakłóceń pracy. Gdy zakłócenie ma zasięg wpływający na pracę innych obiektów nie podlegających dyspozytorowi LOS, to stan ten ma być zgłaszany natychmiast dyspozytorowi podsystemu celem wydania decyzji o sterowaniach.

Dyspozytor LOS przesyła okresowe raporty do CD oraz raporty dobowe. odbiera polecenia dyspozytora CD i realizuje je.

Dyspozytorzy LOS wykonują także inne funkcje, np. dyspozytor LOS-R prowadzi kontrolę poborów wody przez odbiorców oraz rozliczenia, tzn. wystawianie rachunków za pobraną wodę. Sterowania wydawane przez dyspozytora LOS dotyczą dyspozytorów lub stanowisk pracy podporządkowanych obiektów, odbiorców wody lub inny personel podporządkowany funkcyjnie dyspozytorowi.



Sterowanie niektórymi obiektami bez obsługi wykonuje dyspozytor za pomocą urządzeń zdalnego sterowania.

W centrum dyspozytorskim oraz w LOS dyspozytor ma do pomocy operatora sprzętu, w jaki wyposażony jest ośrodek dyspozytorski. W LOS bez obsługi dyspozytorskiej operator zatrudniony jest na jedną zmianę.

Na najniższym poziomie sterowania funkcje sterowania pełnią osoby obsługujące daną grupę urządzeń lub dany obiekt. Zasady sterowania przedstawione są bardziej szczegółowo w opracowaniach [5.3] , [5.4] , [3.13] .

Do utrzymania wyposażenia w stanie sprawnym niezbędne są odpowiednie środki, w tym także personel do wykonywania konserwacji, napraw, obsługi itp. Potrzeby w tym zakresie przedstawiono poniżej.

## 5.2. Koszty układu sterowania

Dane o kosztach mają charakter szacunkowy, co wynika ze wskaźnikowego sposobu ich wyznaczania oraz szacunkowej wyceny niektórych urządzeń i prac. Inwestycje tego rodzaju nie były wykonywane, więc brak jest kosztów wynikowych. Koszty podane są wg cen z 1984 r. [5.5] .

Koszty inwestycyjne w zakresie wyposażenia układu sterowania wg podziału zadaniowego są następujące :

### Etap I

Podsystem zasobów :	zlewnia rz. Soły .....	250 mln zł.
	zlewnia Cz.Przemszy .....	60 mln zł.
	budowa przepływomierzy w rzekach	100 mln zł.
	pilotowe stacje monitorowe .....	25 mln zł.
	ośrodek dyspozytorski .....	25 mln zł.
		<hr/>
		460 mln zł

### Podsystem zaopatrzenia ; I etap wodociągu WPWiK Katowice

LOS-Z1 Goczałkowice .....	200 mln zł
LOS-Z2 Czaniec .....	70 mln zł
LOS-Z6 Dziećkowice .....	60 mln zł
LOS-O2 Mikołów .....	235 mln zł
LOS-R6 Tychy .....	240 mln zł
Centrum Dyspozytorskie .....	50 mln zł
	<hr/>
	855 mln zł

Etap II

Podsystem zasobów i ochrony wód .....	545 mln zł
Podsystem zaopatrzenia .....	3.400 mln zł
Sieć łączności : podsystem zasobów .....	250 mln zł
WPWiK Katowice .....	570 mln zł
WPWiK Bielsko .....	50 mln zł

Etap III

Podsystem zasobów i ochrony wód .....	160 mln zł
Podsystem zaopatrzenia .....	660 mln zł

Koszt inwestycyjny ogółem ok. 6,9 mld zł, w tym :

podsystem zasobów i ochrony wód .....	1.415 mln zł
podsystem zaopatrzenia Katowice .....	4.845 mln zł
podsystem zaopatrzenia Bielsko .....	640 mln zł

Udział aparatury pomiarowej wynosi ok. 45 %, zdalnych stacji telemetrycznych 40 %, ośrodków dyspozytorskich 15 %, Koszty obejmują zakup, projektowanie, oprogramowanie, montaż z materiałami instalacyjnymi i uruchomienie. Nie obejmują obudowy punktów pomiarowych, tzn regulacji koryta rzeki, budowy donku lub studzienki, doprowadzenia energii do punktu pomiarowego itp.

Nie uwzględniono również kosztów pomieszczeń na ośrodki dyspozytorskie. Docelowo roczne koszty eksploatacyjne szacuje się na kwoty zestawione w tabl.5.1.

Koszty osobowe wynikają z liczby pracowników bezpośrednio produkcyjnych wg tablicy 5.2.

Tablica 5.1

ROCZNE KOSZTY EKSPLOATACYJNE

Koszty w mln zł						
	Osobowe	Materia- ły ekspl	Części zamienne	Energia	Łączność	Razem
Podsystem zasobów	58	0,75	8,5	2,4	2,3	72,2
WPWiK Katowice	192	4,5	35	11	21,4	264
WPWiK Bielsko	27	0,4	3,2	1	2,5	34,3



## ZATRUDNIENIE PRACOWNIKÓW

	Liczba pracowników bezpośrednio produkcyjnych			
	Konserwacja	Naprawy	Nadzór	Obs. Os. Dysp.
Podsystem zasobów	16	11	5	12
WPWiK Katowice	38	45	15	50
WPWiK Bielsko	5	5	2	9

W kosztach eksploatacyjnych dominują koszty osobowe. Stąd wynika tendencja, by ograniczyć liczbę ośrodków dyspozytorskich o pracy ciągłej. Ponadto należy przewidywać konieczność budowy zaplecza w postaci warsztatów naprawczych i magazynów oraz wyposażenia warsztatów. Częściowe zalecenia w tym zakresie [5.6]. opracowano dla I etapu wodociągu Dzieckowice.

5.3. Efekty sterowania

Sterowanie obiektami Systemu Wodno-Gospodarczego istnieje od chwili włączenia tych obiektów do pracy. Fakt, że pompownia pracuje i dostarcza wodę odbiorcom, że jest wyłączana z pracy i załączana, co wymaga odpowiedniego sterowania, nie jest żadnym powodem do zadowolenia, że istnieje i funkcjonuje układ sterowania. Nie jest również istotne, czy decyzję o załączeniu lub wyłączeniu pompy podejmuje maszynista pompy czy dyspozytor SWG, choć można mieć wątpliwości, czy w przypadku decydowania przez maszynistę dyspozytor jest potrzebny.

Zasadniczym problemem jest, jak pompa jest sterowana. Czy sterowanie nie powoduje nadmiernego zużycia pompy itd.

Cele i algorytmy sterowania należy powiązać z efektami sterowania, by uzyskać kryteria oceny jakości sterowania. Wówczas można porównać nakłady finansowe na inwestycje w układ sterowania i osiągnięte efekty, a na tej podstawie podjąć odpowiednie decyzje. Warunkiem niezbędnym do takich ocen jest posiadanie informacji o stanie obiektów i osiąganych wskaźnikach techniczno-ekonomicznych. W chwili obecnej nie ma zadowalającej informacji o stanie obiektów systemu. W szczególności w podsystemie zaopatrzenia w wodę nie ma możliwości oceny, jakie są straty wody w sieci wodociągowej wskutek starości instalacji, szkód górniczych i innych przyczyn. Dlatego wyposażenie obiektów w aparaturę pomiarową jest niezbędne, nawet bez wykazanych efektów ekonomicznych.

Uzyskanie informacji o stanie obiektów pozwoli :

- 1) wykryć źródła strat wody i inne niesprawności obiektów i usunąć je, poprawiając wskaźniki techniczno-ekonomiczne,
- 2) zweryfikować założenia projektowe istniejących, budowanych i projektowanych obiektów ; efektem będzie poprawa struktury systemu i lepsze spełnienie celów,

- 3) uniknąć błędnych sterowań, szczególnie w stanach awaryjnych, niedoborów wody i klęsk żywiołowych oraz strat z tego powodu. Duża złożoność systemu wodociągowego WPWiK Katowice stwarza poważne problemy w sterowaniu i możliwość błędnych decyzji o poważnych skutkach,
- 4) wprowadzić lepsze, zbliżone do optymalnych algorytmy sterowania i poprawić wskaźniki techniczno-ekonomiczne obiektów SWG. W tym przypadku główny efekt sterowania powstanie wskutek współpracy obiektów systemu w porównaniu z pracą niezależną.

Efekty wg punktów 1-3 winno się osiągnąć przez dość oczywiste działania lub sterowania, choć dla stanów awaryjnych należy również stosować bardziej złożone algorytmy sterowania [5.7]. Przedstawione w rozdz.3 algorytmy dotyczą punktu 4.

#### Podsystem zasobów i ochrony wód

Przerzuty wody między zlewniami są możliwe po wybudowaniu nowych obiektów - pompowni przerzutni wody i rurociągów. Efekty wskazano w uzasadnieniu tych inwestycji. Polegają one na uzyskaniu zasobów wody, których koszt jest znacznie niższy od innego sposobu ich uzyskania, np. przez budowę dalszych zbiorników retencyjnych. Efekty przerzutów wody przedstawiono w części I opracowania [3.15] .

#### Podsystem zaopatrzenia w wodę

Na symulowanych danych przeprowadzono badania algorytmów optymalnego sterowania przeprowadzonych w rozdz.3.

Dla południowej części podsystemu wodociągowego WPWiK Katowice z ujęciami Kobiernice i Goczałkowice do zbiorników Murcki i Mikołów przez wykorzystanie pojemności zbiorników, ograniczenia pracy pomp w okresie szczytu energetycznego oraz różnych źródeł wody można uzyskać ok. 10 % zmniejszenie kosztów pompowania wody, przy zaspokojeniu potrzeb i spełnieniu ograniczeń technologicznych [3.5]. Optymalizacja pracy stacji uzdatniania wody przez dobór czasu pracy pomp i czasu płukania filtrów winna spowodować zmniejszenie kosztów energii elektrycznej ok. 10% dla SUW Kobiernice i ok. 15% dla SUW Dzieńkowice. Efekt ten zależy od stosunku cen energii w godzinach szczytu i poza szczytem.

Powyższe dane dotyczą roku 1984, gdy stosunek ten wynosił 1,65 ; przed rokiem 1982 stosunek ten wynosił ok.4, przez co efekt oszczędzania energii elektrycznej był 2-3-krotnie większy [3.2] . Również sterowanie innymi obiektami przynosi konkretne efekty. Jest to zmniejszenie zużycia materiałów technologicznych : koagulantów, chloru itd. W oczyszczalniach ścieków efektem jest zmniejszenie zużycia energii elektrycznej do napowietrzania ścieków.



LITERATURA

- 1.1. R.ROŻAŁOWSKA, K.MALICKA, B.GAMROT - Zasady sterowania systemem w poszczególnych etapach budowy. Sterowanie pracą wodociągów woj. bielskiego i katowickiego. Opracowanie Hydroprojektu O/Katowice w ramach PR-7.05. 1984. (niepublikowane).
- 1.2. U.POCIASK, J.SZEBESZCZYK - Koncepcja funkcjonalna sterowania i oprzyrządowania w poszczególnych etapach rozwoju systemu wodno-gospodarczego. Praca Instytutu Automatyki Politechniki Śląskiej NB-193/RAU1/84. Gliwice 1984 (niepublikowane).
- 1.3. J.PIOTROWSKI, U.POCIASK, J.SOBSTEL, J.SZEBESZCZYK, H.JAKUBIEC - Opracowanie koncepcji kompleksowego sterowania w systemie wodno-gospodarczym na obszarze Śląska. Praca Instytutu Automatyki Pol. Sl., NB-502/RAU1/76; Gliwice 1976 (niepublikowane).
- 2.1. J.PIOTROWSKI - Koncepcja techniczna kompleksowego sterowania w systemie. Praca Instytutu Automatyki Pol.Sl. NB-386/RAU1/85. Gliwice 1985 (niepublikowane).
- 2.2. W.PIERZCHAŁA - Wpływ niektórych parametrów układu sterowania na efektywność rozrządu zasobów rzek Mała Wisła, Soła, Skawa. Gliwice 1978. Praca NB-168/RAU1/76. Instytut Automatyki Pol.Sl.
- 2.3. U.POCIASK, J.SOBSTEL, J.SZEBESZCZYK i inni - Koncepcja urządzenia I etapu realizacji zadania XXV inwestycji Wodociąg Dziełkowiec. Gliwice 1985. Praca Instytutu Automatyki Pol.Sl. (niepublikowane)
- 3.1. J.ŻELEZIK - Zastosowanie wielopoziomowej metody optymalizacji do wyznaczania algorytmów sterowania systemem zaopatrzenia w wodę. Gliwice 1983. Praca Instytutu Automatyki Pol.Sl. NB-404/RAU1/81. (niepublikowane)
- 3.2. J.SZEBESZCZYK - Operatywne sterowanie pracą stacji uzdatniania wody. Praca doktorska. Gliwice 1981 (niepublikowane)
- 3.3. J.ŻELEZIK - Wyznaczenie optymalnego harmonogramu pracy dla fragmentu rzeczywistej sieci wodociągowej. Zesz.Nauk.Pol.Sl.,AUTOMATYKA zesz.79, 1985.
- 3.4. J.SZEBESZCZYK, M.LACHOWSKI - Optymalizacja harmonogramów pracy pompowni w stacjach uzdatniania wody. Zesz.Nauk.Pol.Sl.,AUTOMATYKA, zesz.79, 1985.
- 3.5. J.ŻELEZIK - Algorytm optymalnego sterowania siecią wodociagową południowej części systemu wodno-gospodarczego. Algorytm sterowania w układzie otwarto-zamkniętym dla wybranej części systemu wodno-gospodarczego. Model dynamiczny sieci wodociągowej południowej części systemu wodno-gospodarczego. Gliwice 1985. Praca NB-404/RAU1/81. Instytut Automatyki Pol.Sl. (niepublikowana)
- 3.6. J.ŻELEZIK - Model fizyczny sieci dystrybucji wody i badania symulacyjne. Gliwice 1980. Praca NB-170/RAU1/76. Instytut Automatyki Pol.Sl. (niepublikowana).
- 3.7. J.SZEBESZCZYK - Modele matematyczne jednostkowych procesów technologicznych. Praca NB-404/RAU1/81. Gliwice 1982. (niepublikowana)
- 3.8. J.SZEBESZCZYK - Optymalizacja pracy SUW z filtrami kontaktowymi i węglowymi. Praca NB-404/RAU1/81. Gliwice 1983. Instytut Automatyki (niepublikowana)

- 3.9. J.SZEBESZCZYK - Analiza możliwości sterowania pracą stacji uzdatniania wody. Praca NB-404/RAU1/81. Gliwice 1984. Instytut Automatyki Pol.Sl. (niepublikowana)
- 3.10. J.SZEBESZCZYK - Opracowanie algorytmów optymalnego sterowania obiektami SUW z różnymi procesami jednostkowymi. Praca NB-404/RAU1/81. Gliwice 1985. Instytut Automatyki (niepublikowana)
- 3.11. J.KUZNIAK, M.METZGER, M.MOSZCZYŃSKI - Modele i algorytmy sterowania procesami oczyszczania ścieków. Część I i II. Praca NB-404/RAU1/81 Gliwice 1982 (niepublikowana)
- 3.12. J.KUZNIAK, M.METZGER - Modele i algorytmy sterowania procesami oczyszczania ścieków. Część V. Praca NB-404/RAU1/81. Gliwice 1984. Instytut Automatyki (niepublikowana)
- 3.13. J.KUZNIAK, M.METZGER - Specyfikacja układów regulacji w oczyszczalniach ścieków oraz analiza struktur i możliwości realizacji. Praca NB-360/RAU1/81. Gliwice 1985. Instytut Automatyki (niepublikowana)
- 3.14. S.KUBIT - Analiza funkcjonalności i możliwości realizacji wymaganych struktur układów regulacji SUW ze szczególnym uwzględnieniem minimalności aparatów dla wielu jednakowych układów. Praca NB-360/RAU1/81. Gliwice 1981-82. Instytut Automatyki Pol.Sl. (niepublikowana)
- 3.15. Sterowanie pracą zbiorników i przerzutów wody. HYDROPROJEKT O/Kraków 1983 (praca OK 1138 N, PR-7.05.02.06, część 3.1).
- 3.16. B.WIEZLIK - Progностyczny model dopływu do zbiornika retencyjnego. ZN Pol.Sl., AUTOMATYKA, zesz.78, 1985.
- 3.17. A.KRUSZEWSKI, J.ŻELAZNICKI - Podsystem operacyjnego prognozowania hydrogramów odpływu powodziowego dla dorzecza G.Wisły. ZN Pol.Sl. AUTOMATYKA, zesz.78, 1985.
- 3.18. A.KOZŁOWSKI - Metoda wyznaczania operacyjnych prognoz dopływów do zbiorników. ZN Pol.Sl. AUTOMATYKA, zesz.78, 1985.
- 3.19. R.GIERASIMIUK i inni - Symulator analogowy transformacji fali powodziowej w dorzeczu G.Wisły. ZN Pol.Sl. AUTOMATYKA, zesz.78, 1985.
- 3.20. Opracowanie komputerowych modeli przetwarzania informacji i wspomagania podejmowania decyzji przy sterowaniu operacyjnym systemem. Instytut Geofizyki PAN, 1985, PR-7.05.01.10.
- 3.21. R.KONIECZNY, H.SIOTA - Wykorzystanie funkcji preferencji do sterowania rozrzędem wody w warunkach deficytu. ZN Pol.Sl., AUTOMATYKA, zesz.59, 1981.
- 3.22. Sterowanie w systemie odprowadzania wód słonych. IMiGW, Kraków 1982 PR-7.05.02.06 - część 3,4.
- 3.23. J.PIOTROWSKI - Opracowanie zasad pracy systemu kontroli jakości wód w zlewni. Instytut Automatyki Pol.Sl., 1985, NB-404/RAU1/81, zadanie 03-5, cz.1, PR-7.05.06.03.
- 3.24. Z.GRZBIELA, B.STOCH - Kontrola poborów i zrzutów wody przez zakłady przemysłowe. Instytut Kształtowania Środowiska, Katowice 1983, PR-7.05.02.06.3.5.
- 4.1. Informacja Sp.Pracy ZOOTECHNIKA w Krakowie. List TK/41/85 z dnia 02.10.1985.
- 4.2. PIOTROWSKI J. - Pomiar przepływu wody w rurociągach w systemie wodno-gospodarczym. ZN Pol.Sl. AUTOMATYKA, zesz.48, 1979.



- 4.3. Ulotka informacyjna : Przepływomierz ultradźwiękowy UMP-20 oraz Instrukcja obsługi przepływomierza ultradźwiękowego UMP-20 - ZD TECHPAN IPPT PAN.
- 4.4. S.WALUŚ - Wytyczne montażu i wzorcowania przepływomierzy ultradźwiękowych w normalnych warunkach zabudowy. Instytut Automatyki. Praca NB-168/RAu1/76. Gliwice 1977.
- 4.5. S.WALUŚ - Koncepcja budowy przepływomierzy ultradźwiękowych w rze-  
kach na obszarze systemu wodno-gospodarczego AKB. Instytut Automa-  
tyki. Praca NB-360/RAu1/81. Zad.04-1, cz.IX, Gliwice 1985.
- 4.6. S.WALUŚ - Badania przepływomierzy ultradźwiękowych do pomiaru  
przepływu w kanałach i ciekach. Instytut Automatyki. Praca NB-360/  
RAu1/81. Zad.04-1, cz.VI. Gliwice 1984.
- 4.7. R.BORON - Budowa modelu przepływomierza dopplerowskiego. Instytut  
Automatyki. Praca NB-360/RAu1/81, zad.04-1, cz.VII, Gliwice 1984.
- 4.8. J.BOEHLE, H.RATHEKE - Handbuch der Wassermessung. VEB Verlag Techn-  
nik, Berlin 1965.
- 4.9. M.HAGEL - Wyniki badań niezawodności wodomierzy MZ w warunkach eks-  
ploatacji. Instytut Automatyki, 1980, Praca NB-171/RAu1/76, zad.  
05-2, W14.  
oraz  
Zalecenia zasad eksploatacji wodomierzy na podstawie badań nieza-  
wodności. ZN Pol.Sl. AUTOMATYKA, zesz.60, 1981.
- 4.10. W.JAGŁA, J.SKIBA - Blok odczytu stanu wodomierza BOS-1. Instytut  
Automatyki, praca NB-400/RAu1/81, STA-023.1, 1982.
- 4.11. W.JAGŁA, J.SKIBA - Blok pomiaru natężenia przepływu wody PIA-02.  
Instytut Automatyki. Praca NB-400/RAu1/81. STA.020.1, 1982.
- 4.12. W.JAGŁA - Blok zasilania rezerwowego BZR-1. Instytut Automatyki.  
Praca NB-400/RAu1/81, STA-026. 1982.
- 4.13. B.ZIELIŃSKI - Opracowanie koncepcji i dokumentacji konstrukcyjnej  
dopasowania nadajników NZ do wodomierzy starszych typów. POWOGAL  
1976. W ramach pracy NB-169/RAu1/76.
- 4.14. S.WALUŚ - Przyczynek do modelu matematycznego rurki uśredniającej  
ZN Pol.Sl. AUTOMATYKA, zesz.71, 1983.
- 4.15. Methods of Measurement of Liquid Flow in open Channels. Weirs and  
Flumes BS 3680 Part 4, 1981.
- 4.16. A.T.TROSKOLANSKI - Hydromechanika. WNT, Warszawa 1967
- 4.17. S.KOPACZ - Zalecenia doboru poziomomierzy dla potrzeb gospodarki  
wodnej. ZN Politechniki Sl., AUTOMATYKA, zesz.48, 1979.
- 4.18. Opracowanie dokumentacji i modelu oraz badania poziomomierza ultra-  
dźwiękowego. NB-429/RAu1/81 Instytut Automatyki Pol.Sl.
- 4.19. M.HAGEL - Zastosowanie modelu zjawisk odbicia fali ultradźwiękowej  
do budowy przyrządu do pomiaru poziomu osadów w cieczy. Instytut  
Automatyki Pol.Sl., NB-360/RAu1/81, zad.04-2, cz.II, 1982. Praca  
doktorska.
- 4.20. J.ERTEL - Budowa i badania hydrostatycznego przetwornika z zata-  
pianym czujnikiem membranowym. Instytut Automatyki, 1979. Praca  
NB-171/RAu1/76, zad.05-2, W.16. Praca dyplomowa.

- 4.21. Opracowanie dokumentacji i modelu oraz badania poziomomierza hydrostatycznego z zatapianą głowicą. Praca NB-430/RAU1/81 Instytut Automatyki Politechniki Śl.
- 4.22. S.KOPACZ - Koncepcja poziomomierza akustycznego do pomiaru poziomu wody i ścieków w kanałach pomiarowych. ZN Pol.Śl., AUTOMATYKA, zesz.60, 1981.
- 4.23. FRĄCZEK J. - O możliwości kontroli zawartości chloru pozostałego w wodzie uzdatnionej przy pomocy elektrod jonoselektywnych. ZN Pol.Śl., AUTOMATYKA, zesz.60, 1981.
- 4.24. FRĄCZEK J. i inni: - Opracowanie, wykonanie i badania monitora chloru w wodzie uzdatnionej. Instytut Automatyki, 1982-85. Praca NB-360/RAU1/81, zad.04-3, części I,II,IV,V,VI,IX,X.
- 4.25. MROZKA J. - Turbidymetr przepływowy. ZN Pol.Śl. AUTOMATYKA, zesz. 79, 1985.
- 4.26. FRĄCZEK J. - Metodyka wzorcowania mętnościomierzy. Instytut Automatyki, 1980. Praca NB-171/RAU1/76, zad.05-2, W-27.
- 4.27. Protokół z narady 25.01.1985 z udziałem Koordynatora PR-7.05, Hydroprojekt O/Kraków, MERA ZAP, MERA ELWRO, Instytut Automatyki Pol.Śl. - Gliwice, Instytut Automatyki.
- 4.28. OSZEK Z. - Badania niezawodnościowe czujników do pomiaru pH w ściekach. Instytut Automatyki. 1983. Praca NB-360/RAU1/81, zad.04-3, cz.VIII. Praca dyplomowa.
- 4.29. KUŹNIK J., METZGER M. - Specyfikacja układów regulacji w oczyszczalniach ścieków oraz analiza struktur i możliwości ich realizacji. Instytut Automatyki, 1985. Praca NB-360/RAU1/81, zad.04-4, cz.VI.
- 4.30. TARNOWSKI W. i inni - Koncepcja przetworników telemetrycznych do wodomierza, limnigrafu i pluwiografu. Instytut Automatyki 1978, praca NB-168/RAU1/76, zad.04-3.
- 4.31. TARNOWSKI W., MACIOSZEK J., PALUS H. - Projekt telepluwiografu uniezależnionego od przerw w zasilaniu. Instytut Automatyki 1981. Praca NB-139/RAU1/80.
- 4.32. OLSZEWSKA D. - Algorytmy sprawdzania i wzorcowania przyrządu pomiarowego wykorzystujące modele matematyczne błędów niestałości. Instytut Automatyki Pol.Śl., 1980. Praca NB-171/RAU1/76, zad.04-2. Praca doktorska.
- 4.33. SOBSTEL J., WRZESINSKI A. - Pomiar elementowej i blokowej stopy błędów w łączach komutowanych. ZN Pol.Śl. AUTOMATYKA, zesz.52,1980.
- 4.34. SOBSTEL J. - Analiza i dobór parametrów systemu telemetrycznego na komutowanych łączach telefonicznych. Instytut Automatyki 1979. Praca NB-171/RAU1/76, zad.05-5, W53. Praca doktorska.
- 4.35. Katalog POLMATIK INTE. System INTEL DIGIT PI. Wyd.MERA FIAP, Warszawa 1984.
- 4.36. Koncepcja systemów teledyktacji w systemie wodno-gospodarczym. Instytut Automatyki. Praca NB-360/RAU1/81, zad.04-5, cz.VI, 1984.
- 4.37. Opracowanie pakietu BOM do odczytu stanu wodomierza z licznikiem elektromechanicznym. Opracowanie i wykonanie modelu. Instytut Automatyki Pol.Śl. 1983 (J.Sobstel i inni).
- 4.38. Stacja telemetryczna ST systemu STA. Dokumentacja techniczno-ruchowa. Instytut Automatyki Pol.Śl. 1983. Praca NB-367/RAU1/81.



- 4.39. Dokumentacja modelu stacji alarmowej SA systemu STA. Instytut Automatyki 1984. Praca NB-401/RAu1/81, STA 042.0, STA 038.0.
- 4.40. SOBSTEL J. - System STA. Stan aktualny i perspektywy rozwoju. ZN Pol.Sl., AUTOMATYKA zesz.79, Gliwice 1985
- 4.41. KONCEPCJA URZĄDZENIOWA I etapu realizacji zadania XXV inwestycji "Wodociąg Dzieckowice". Praca NB-403/RAu1/81, Gliwice 1985.
- 4.42. SOBSTEL J. i inni - Opracowanie modelu mikroprocesorowej stacji zdalnej MX systemu STA. Instytut Automatyki 1985, praca NB-360/RAu1/81, zadanie 04-5, cz.I.
- 4.43. Zdecentralizowany mikroprocesorowy system automatyki kompleksowej MIR-PROWAY. Założenia techniczne. MERA PIAP, Warszawa 1982.
- 4.44. MIKOŁAJEK A. i inni - Opracowanie modelu radiowego łącza telemetrycznego. Instytut Automatyki Pol.Sl., 1984, Praca NB-360/RAu1/81, zad.04-5, cz.IV.
- 4.45. MIKOŁAJEK A., OKON A. - Badania jakości transmisji w łączach telemetrycznych radiowych. Instytut Automatyki 1985. Praca NB-360/RAu1/81, zad.04-6, cz.I.
- 4.46. Opracowanie modeli mikroprocesorowej stacji zbiorczej stacji alarmowej, stacji centralnej systemu STA. Praca NB-401/RAu1/81.
- 4.47. System telemetryczno-alarmowy STA do pracy przez automatycznie komutowaną sieć telefoniczną. Stacja zbiorcza SZ-80. Karta katalogowa. Instytut Automatyki Pol.Sl. 1985.
- 4.48. NIESLER A. - Opracowanie modelu stacji centralnej STA z minikomputerem MERA 60. Instytut Automatyki 1985. Praca NB-360/RAu1/81, zad.04-6, cz.II.
- 4.49. PIOTROWSKI J. i inni - Analiza potrzeb mocy przetwarzania banku danych centrum dyspozytorskiego na różnych etapach rozwoju SWG. Instytut Automatyki 1985. Praca NB-404/RAu1/81, zad.03-6, cz.VI.
- 5.1. Koncepcja generalna systemu wodno-gospodarczego na obszarze aglomeracji miejsko-przemysłowej. Hydroprojekt, Warszawa 1977.
- 5.2. Koncepcja szczegółowa systemu wodno-gospodarczego. Hydroprojekt, Kraków 1982-85 (PR-7.05.02.06).
- 5.3. PIERZCHAŁA W., POCIASK U. - Analiza algorytmów sterowania rozrządem zasobów wodnych w systemie wodno-gospodarczym GOP i ocena możliwości technicznych realizacji sterowania. Hydroprojekt, Warszawa 1975. Studia nad systemem optymalnego kompleksowego sterowania rozrządem wód w obszarze wodno-gospodarczym GOP. Część II, rozdz.2.
- 5.4. KUBIT S., SZEBESZCZYK J. - Sterowanie pracą głównego ciągu technologicznego stacji uzdatniania wody Dzieckowice. ZN Pol.Sl., AUTOMATYKA zesz.69, Gliwice 1983.
- 5.5. Ocena rozmiaru kosztów wyposażenia systemu w elementy sterowania i zarządzania. (Praca NB-46) Instytut Automatyki, 1985.
- 5.6. PIOTROWSKI J. - Zalecenia gospodarki aparaturą, napraw i eksploatacji. Instytut Automatyki 1985. (Praca NB-403).
- 5.7. POCIASK U., ŻELEZNIK J. - Analiza skutków i sposobów pracy systemu wodociągowego w stanach awaryjnych. Instytut Automatyki Pol.Sl. 1985. Praca NB-404, zad.03-4, cz.VII.

APARATURA POMIAROWA I TELEMETRYCZNA  
DLA WYPOSAŻENIA SYSTEMU WODNO-GOSPODARCZEGO ŚLĄSKA

S t r e s z c z e n i e

Treścią opracowania jest przegląd prac dotyczących pilotowego systemu wodno-gospodarczego (SWG) na obszarze aglomeracji miejsko-przemysłowej, wykonanych w Instytucie Automatyki Politechniki Śląskiej w ramach programu PR-7.05. SWG obejmuje obszar: woj. katowickiego, bielskiego, częściowo opolskiego, częstochowskiego i nowosądeckiego.

Prace te dotyczyły: struktury organizacyjnej systemu, sterowania systemem i obiektami systemu, propozycji wyposażenia systemu w aparaturę pomiarową i telemetryczną.

Celem globalnym funkcjonowania systemu jest:

- zapewnienie zasobów wodnych potrzebnych dla ludności i działalności gospodarczej,
- dostarczenie odbiorcom wody w odpowiedniej ilości i o odpowiednich parametrach jakościowych,
- poprawa jakości wód powierzchniowych.

Zakres funkcjonalny systemu wyznaczają działania niezbędne dla realizacji celu globalnego. W działaniach tych można wyróżnić następujące grupy: planowanie, zbieranie informacji, kontrola i nadzór, sterowanie, koordynacja działań.

System sterowania SWG obejmuje dwa podsystemy: kształtowania i ochrony zasobów wodnych, zaopatrzenia.

Przedstawione w pracy algorytmy dotyczyły sterowania całym systemem i obiektami SWG. Sterowanie wydawane przez podsystem kształtowania zasobów stanowi ograniczenie na sterowanie w podsystemie zaopatrzenia. W podsystemie zasobów steruje się pracą: zbiorników retencyjnych, przerzutami wody między zlewniami, zrzutem ścieków do zlewni. Do wyznaczania sterowań zastosowano metodę wyczerpywania zasobów ze współpracujących zbiorników w proporcji do ich udziału w zasobach całkowitych. Dąży się do utrzymania tej proporcji przez przerzuty wody między zlewniami, a przy zmniejszaniu się zasobów ogranicza się pobory wody przez odbiorców.



Sterowanie podsystemem zaopatrzenia obejmuje warstwy : optymalizacji i sterowania bezpośredniego. Celem optymalizacji jest minimalizacja kosztów związanych z dostarczeniem do odbiorców wymaganej ilości wody o określonej jakości przy ograniczeniach dotyczących poziomu wody w zbiornikach, ilości pracujących pomp, wartości ciśnień i natężenia przepływu w rurociągach oraz poboru wody z ujęć. Problem optymalizacji potraktowano deterministycznie.

Optymalizację przeprowadza się dwuetapowo.

W pierwszym etapie dla całego systemu w oparciu o liniowy, dyskretny, dynamiczny model i kwadratowy wskaźnik jakości wyznacza się optymalne harmonogramy pracy pompowni i zbiorników.

Drugi etap obejmuje wyznaczanie optymalnych harmonogramów pracy SUW przy uwzględnieniu całego ciągu technologicznego. W tym przypadku wskaźnik jakości przyjmuje postać nieliniową i nieciągłą.

Poprzez wprowadzenie sprzężenia zwrotnego w oparciu o kroczący horyzont optymalizacji uzyskuje się korekcję rzeczywistych trajektorii stanu.

Przedstawione w pracy modele i algorytmy procesów oczyszczania dotyczą oczyszczalni ścieków bytowych i bytowo-przemysłowych. Pozytywne efekty uzyskuje się w strukturze składającej się z trzech układów sterowania : stężenia tlenu w reaktorze, ilości osadu w osadniku, przepływu.

Stan obiektów systemu ustala się za pomocą pomiarów odpowiednich wielkości fizycznych. Wykorzystanie wyniku do sterowania wymaga przesłania go do dyspozytora obiektu, lokalnego ośrodka sterowania (LOS) lub do centrum sterowania (CS) SWG.

Do pracy w systemie nadają się produkowane obecnie : przepływomierze, przetworniki położenia zasuw, mętnościomierze, ciśnieniomierze.

Na etapie wdrażania znajdują się : poziomierz ultradźwiękowy i monitor chloru w wodzie uzdatnionej opracowane przez Instytut Automatyki.

Przesył informacji pomiarowej, ze względu na dużą odległość będzie odbywał się za pomocą sieci komputerowej w oparciu o system telemetryczny STA. System ten został opracowany w Instytucie Automatyki Pol.Śl. System ten obejmuje trzy rodzaje stacji : telemetryczną, alarmową i mikroprocesorową telemetryczno-alarmową. Ponadto przewiduje się łączność opartą na łączach stałych i radiowych. Prace nad systemem łączności nie zostały jeszcze zakończone.

Efektom wprowadzenia kontroli pracy obiektów i sterowania będzie zmniejszenie kosztów oraz poprawa zaopatrzenia w wodę.

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА  
ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ВОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ СИЛЕЗИИ

Р е з ю м е

Книга содержит обзор результатов студийных работ по пилотирующей водно-хозяйственной системе разработанной в Институте Автоматики Силезкого Политехнического Института по заказу правительственной программы ПР 7.05. Водно-Хозяйственная Система (ВХС) охватывает территорию районов: катовицкого, бельского и частично опольского, чешаховского и новосондеского.

Работы охватывали: организационную структуру системы, управление объектами и системой в целом, предложения измерительной и телеметрической аппаратуры для оснащения системы. Основной целью функционирования системы было:

- обеспечение водными ресурсами бытовых нужд населения и промышленности
- доставка потребителям воды определенного качества и в достаточном количестве
- защита воды в реках от чрезмерного загрязнения.

Функциональное действие системы это управления необходимые для осуществления главной цели. В действиях можно выделить следующие задачи: планирование, сборка информации, контроль, надзор, управление и координация действий. Система управления охватывает две подсистемы:

- ресурсов и защиты вод
- снабжения водой.

Представленные в работе алгоритмы относятся к управлению целой системой и к объектам ВХС. Управления выдвигаемые через подсистему ресурсов это есть ограничения на управления подсистемы снабжения водой.

В подсистеме ресурсов вод управляется состояние водохранилищ, переброска воды между бассейнами, сбрасывание сточных вод в бассейн. Управления определяется по принципу взаимодействующих резервуаров пропорционально к их вкладу в валовые ресурсы. Эту пропорцию поддерживаются через переброску воды между бассейнами или же, при очень малых ресурсах ограничивается потребление воды потребителями.

Управление в подсистеме снабжения охватывает уровень оптимизации и уровень непосредственного управления. Целью оптимизации есть минимализация стоимости доставки потребителям воды с определенными качественными и количественными параметрами при исполнении физических ограничений уровня воды в резервуарах, давлений воды в трубопроводах, работы насосов и др.



Задачи оптимизации решены детерминистическим способом в двух этапах.

В первом этапе принимается линейная, динамическая модель, квадратный показатель качества и для целой системы решаются оптимальные планы работы насосных станций и резервуаров.

Во втором этапе решаются оптимальные планы работы оборудования утилизационных станций в целом, где показатель качества имеет нелинейную и прерывную форму - через использование обратной связи получается корректировка действительной траектории системы.

В работе описаны модели процессов очистки сточных вод в биологической части утилизационных станций. Положительные эффекты получаются при применении структуры трёх схем управления: концентрацией кислорода в реакторе, уровнем осадков в осадильнике и расходом рецикла активных осадков.

Состояние объектов системы определяется путем измерения соответствующих физических величин. Результаты измерений можно использовать для управления передавая их в диспетчерский пункт объекта или в диспетчерский локальный центр управления /ЛОС/ или же в центр управления ВХС /ЦС/.

Для измерений в системе применяются расходомеры, датчики положения клапанов, манометры которые производятся в Польше.

Разработанный в Институте Автоматики ультразвуковой уровнемер и монитор хлора в воде в настоящее время внедряется.

Для передачи информации применяется разработанную в Институте телеметрическую систему СТА, работающую через телефонную абонентскую сеть.

Эта система имеет три рода удалённых станций:

телеметрическую /информационную/, управляющую и информационно-управляющую.

Подготавливается модификация станции для передачи информации через постоянную сеть и через радио.

Эффекты внедрения контроля и управления получаются путём уменьшения стоимости нагнетания воды.

Для исследованных объектов это уменьшение есть 10-30%.

**TELEMETRIC- AND MEASURING APPARATUS  
FOR THE SILESIAN WATER-ECONOMIC SYSTEM**

**S u m m a r y**

The paper contains a survey of the works concerning the pilot-system of water-supplying net (WSN) in the urban-industrial agglomeration elaborated in the Institut of Automation of the Silesian Technical University at the problem numbered PR-7.05. WSN encloses the areas of districts Katowice, Bielsko, Częstochowa, partly Opole and Nowy Sącz.

The works amounted to : organization structure of the system, control of the system and control of the system-objects, propositions concerning the measuring and telemeasuring equipment for the system.

The general goal of the system-function is :

- to secure the water stocks necessary for the people and for the country-economy functions,
- to cover the water-demand in proper quantity and quality,
- to improve the quality of the surface waters.

The function range of the system determine the actions which are necessary for the realization of the general goal. In those actions it is possible to differ following groups : planing, collecting informations, checking and surveying, controlling and coordination of actions.

Control-system of WSN contains two sub-systems : shaping and protecting the water stocks and the supplying-system.

The algorithms presented in the work were concerning the control of the whole system and the control of the objects of WSN. The control given by the sub-system of shaping water-stocks and controlling in sub-system of supply. In the sub-system of water-stocks there is the control of work of : retention-water stocks, through flowing of water between the collectors discharging the waste-waters into the waste-water-collectors.

For the determination of control there was applied the principle of exhausting the stocks from the collaborating collectors in the proportion of their share in the whole stock. There is taken a care to maintain this proportion by transmission of water between collectors and at a reduction of stock by reducing the water consumption at consumers.



The control of supply-subsystem includes following spheres : optimization and direct-control. The optimization-goal means the cost-minimization connected with water-supplying during feeding the consumers with necessary water amount with determinated quality at difficult conditions concerning : water-horizons in collectors, amount of working pumps, value of water-pressure and waterflow in pipelines and water-consumption from collectors. The optimization problem was treated deterministically. The optimization is performed in two steps. In the first step there is performed for the whole system on the base of a lineal, discret, dynamic model and a quadratic factor of quality - an optimal chronological order of pumpstation and collector-work. In the second step there are calculated the optimal chronological orders of WSN-work regarding the whole technological flow. In that case the quality-factor takes a non-linear and interrupted shape. By introduction of feed-back on the base of stepping horizon of optimization we get a correction of real trajectories of state. Models and algorithms of cleaning processes presented in the work concerns cleaners of waste water from quarters and from industry. Positive results are received by a structure combined from three control-systems : of density of oxygen in the reactor, of the amount of deposit in collector and of water-flow.

The state of system-objects is determined by measuring of proper physical values. To use the results for the control it is necessary to send them to the object-dispatcher, to the local control-point (LOS) or to the central control point (CS) of WSN.

For this work in the system there are useful now manufactured : flowmeters, converter for the position of valves, muddy-meters, pressure-meters. In the beginning of manufacturing there are : ultrasonic-horizon-meters and chlor-monitors in the prepared water, designed by the Institut for Automatic.

The transmission of the measuring information regarding the big distance, will be performed by the computer-net on the base of the telemetrical system STA. This system was designed in the Institut for Automatic and it includes three kinds of stations : telemeasuring station, alarm-station and microprocessor-telemeasuring and alarm-station. Besides there is provided a communication based on the constant usual communication points and radio-communication. The elaborating of the communication system are not finished yet. The result of the introduction of checking the object-work and control of them will be the cost reduction and improvement of water-supply.

ZAŁĄCZNIK

SPIS PRAC: WYKONANYCH W RAMACH PR-7.05  
PRZEZ INSTYTUT AUTOMATYKI POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ  
W LATACH 1976-1985



TEMAT : PR-7.05.01.04 - USTALENIE PARAMETRÓW POMIARÓW W ZALEŻNOŚCI OD PRZYJĘTYCH W SYSTEMIE METOD PRZEKAZYWANIA, PRZETWARZANIA I GROMADZENIA INFORMACJI ORAZ OPRACOWANIE WYTICZNYCH DLA DOBORU ODNOSNYCH URZĄDZEŃ KONTROLNO-POMIAROWYCH I APARATURY PRZEKAŹNIKOWEJ (NB-168/RAN1/76)

ZADANIE 04-1. Opracowanie modeli matematycznych systemów pomiarowych i sterowania

Część I. Opracowanie zasad formułowania modeli matematycznych, charakterystyka warunków stosowania, opracowanie modeli niektórych przepływomierzy, poziomomierzy i monitorów jakości wody.

- 1) PIOTROWSKI J. - Opracowanie zasad formułowania modeli matematycznych, 1977 r. (24 ss.)
- 2) WALUS S., HAGEL M. - Model matematyczny przepływomierzy ultradźwiękowych, 1977 r. (22 ss.)
- 3) OLSZEWSKA D. - Model matematyczny monitora jakości wody AQUAMER 52, 1977 r. (35 ss.)
- 4) KOPACZ S., WALUS S. - Założenia techniczne przepływomierzy i poziomomierzy ultradźwiękowych, 1977 r. (12 ss.)

Część II. Opracowanie modeli matematycznych pozostałych systemów pomiarowych i sterowania, zalecanych do stosowania w systemie sterowania zaopatrzeniem w wodę

- 5) KOPACZ S. - Modele matematyczne poziomomierzy hydrostatycznych. 1977 r. (30 ss.)
- 6) HAGEL M. - Model matematyczny poziomomierza ultradźwiękowego. 1977 r. (15 ss.)
- 7) SERWICKI A. - Projekt oprzyrządowania stacji wodociągowej w aparaturę do pomiarów fizykochemicznych. Praca dyplomowa. 1977 r. (70 ss.)
- 8) ŁYDA E. - Wymagane zestawy elektrod jonoselektywnych do kontroli jakości wody na obszarze aglomeracji miejsko-przemysłowej. Opracowanie wstępne. Praca dyplomowa. 1977 r. (50 ss.)

ZADANIE 04-2. Opracowanie metodyki eksperymentalnej identyfikacji modeli matematycznych i sterowania.

- 9) PIOTROWSKI J. - Metodyka badań źródeł błędów aparatury pomiarowej. 1978 r. (15 ss.)
- 10) OLSZEWSKA D. - Metodyka okresowego wzorcowania przyrządów pomiarowych w warunkach eksploatacji. 1978 r. (21 ss.)
- 11) WALUS S. - Metodyka badań przepływomierzy ultradźwiękowych. 1978 r. (20 ss.)
- 12) NOWAK M. - Wykorzystanie systemu TM-10 do badań przyspieszonych niezawodności aparatury pomiarowej systemu sterowania rozrzędem wód GOP. Praca dyplomowa. 1976/77. (47 ss.)
- 13) RYCZEK L. - Projekt stanowiska do wzorcowania poziomomierzy pływakowych. Praca dyplomowa. 1978 r. (48 ss.)

ZADANIE 04-3. Opracowanie podstaw konstrukcji wybranej aparatury pomiarowej.

- 14) KRZYWIECKI J. - Koncepcja przetworników telemetrycznych do wodomierzy 1978 r. (13 ss.)
- 15) KRZYWIECKI J. - Koncepcja bloku odczytu stanu wodomierzy. 1978 r. (9 ss.)
- 16) TARNOWSKI W., RAWECKI M., MACIOSZEK J., SZANDAŁA J. - Koncepcja przetworników telemetrycznych do wodomierzy, limnigrafu i pluwiografu. 1978 r. (92 ss.)
- 17) HAGEL M. - Wybór rozwiązania poziomomierzy ultradźwiękowych. 1978 r. (16 ss.)
- 18) PIOTROWSKI J. - Opinia o modyfikacji monitora AQUAMER. 1978 r. (4 ss.)

ZADANIE 04-4. Analiza własności informacyjnych i eksploatacyjnych oraz niezawodności działania systemów pomiarowych i sterowania w oparciu o weryfikowane modele matematyczne.

- 19) PIOTROWSKI J. - Modele informacyjne systemów pomiarowych. 1977 r. (19 ss.)
- 20) FRĄCZEK J. - Zasady formułowania i opracowania charakterystyk niezawodnościowych i eksploatacyjnych urządzeń układu sterowania systemem wodno-gospodarczym. 1977 r. (26 ss.)
- 21) MROZEK T. - Wpływ okresu powtarzania kontroli na współczynnik gotowości wybranych urządzeń w systemie sterowania rozrzędem wód GOP. Praca dyplomowa. 1978 r. (71 ss.)
- 22) MATULEWICZ Z. - Metodyka badań niezawodnościowych niektórych urządzeń pomiarowych systemu sterowania rozrzędem wód GOP. 1978 r. (78 ss.)
- 23) BURDA M. - Ustalenie danych niezbędnych do określenia efektywności systemu sterowania rozrzędem wód GOP. Praca dyplomowa. 1978 r. (77 ss.)
- 24) FRĄCZEK J. - Analiza charakterystyk eksploatacyjnych systemów pomiarowych układu sterowania rozrzędem wody. 1978 r. (15 ss.)
- 25) FRĄCZEK J. (Kierownik obozu) - Zebranie materiału statystycznego dla oceny niezawodności wodomierzy oraz ocena niektórych wskaźników niezawodności wodomierzy. Sprawozdanie z obozu naukowego w WFWiK Katowice w 1978 r. (19 ss.)
- 26) PIOTROWSKI J. - Wybór rodzaju przepływomierza wg kryterium ekonomicznego dla potrzeb zaopatrzenia w wodę. 1978 r. (30 ss.)

ZADANIE 04-5. Opracowanie wytycznych dla doboru aparatury pomiarowej, urządzeń telomechaniki i urządzeń sterujących.

- 27) WALUS S. - Wytyczne montażu i wzorcowanie przepływomierzy ultradźwiękowych w normalnych warunkach zabudowy. 1977 r. (49 ss.)
- 28) OGUTKO Z. - Określenie warunków stosowania i zalecenia unifikacji poziomomierzy dla gospodarki wodnej. Praca dyplomowa. 1978 r. (118 ss.)
- 29) FRĄCZEK M. - Zalecenia projektowe obudowy zwęzek pomiarowych w gospodarce komunalnej. Praca dyplomowa. 1978 r. (57 ss.)
- 30) FRĄCZEK J. - Analiza doboru przyrządów do pomiarów fizykochemicznych wody dla potrzeb zaopatrzenia w wodę. 1978 r. (13 ss.)



- 31) HAGEŁ M. - Analiza doboru aparatury do pomiarów wielkości elektrycznych w systemie rozrządu wody. 1978 r. (24 ss.)
- 32) KUBIT S. - Analiza krajowych systemów urządzeń automatyki dla potrzeb zaopatrzenia w wodę. 1978 r. (50 ss.)
- 33) Automatyzacja systemu wodociągowego WPWiK Katowice. Praca zbiorowa. Rozdział 1-5, część AKPiA. 1978 r. (154 ss.)
- 34) Stacja uzdatniania wody SUW Dzieńkowice. Część AKPiA (bez specyfikacji). Praca zbiorowa. 1978 r. (222 ss.)
- 35) Pompownia Grodzisko. Część AKPiA (bez specyfikacji). Praca zbiorowa. 1978 r. 1978 r. (79 ss.)
- 36) Zbiornik Orzesze. Część AKPiA (bez specyfikacji). Praca zbiorowa. 1978 r. (51 ss.)

SYNTEZA opracowań wykonanych w ramach PR-7.05.01.04. Instytut Automatyki. Gliwice 1979.

TEMAT : OPRACOWANIE KONCEPCJI KOMPLEKSOWEJ AUTOMATYZACJI ELEMENTÓW SYSTEMU ROZRZĄDU I DYSTRYBUCJI ORAZ PRZEPROWADZENIE BADAŃ NIEZBĘDNYCH DO JEJ WPROWADZENIA.

PR-7.05.01.06

HB-170/RAu/76

Zadanie 06-1. Skompletowanie i budowa laboratorium do badań obiektów technologicznych systemu rozrządu i dystrybucji.

- 1) LISAK L., POCLASK U., SOBSTEL J., SZEBESZCZYK J. - Opracowanie założeń laboratorium i zamówień aparatury. 1977 r. (36 ss.)
- 2) Dokumentacja urządzeń i spis aparatury. 1980 r.
- 3) Oprogramowanie do identyfikacji obiektów i badań algorytmów sterowania
- a) ŻELEZIK J., LISAK L. - Metoda regresji. 1979 r.
- b) OLSZEWSKA D. - Identyfikacja szeregów czasowych stacjonarnych i niestacjonarnych metodą regresji. 1980 r.
- c) OLSZEWSKA D. - Generowanie szumów stacjonarnych i niestacjonarnych o zadanym równaniu różnicowym. 1980 r.
- d) BARGIEŁA A., SZEBESZCZYK J. - Optymalizacja metodą programowania rozdzielnego. 1980 r. (16 ss.)

ZADANIE 06-2. Opracowanie i badanie przydatności modeli regresyjnego i fizykalnego do sterowania dystrybucją w wytypowanej sieci wodociągowej w obszarze miasta.

- 4) ŻELEZIK J., LISAK L. - Sformułowanie modelu fizykalnego i wybór metody badań modelowych. 1977 r., (48 ss.)
- 5) ŻELEZIK J. - Model fizykalny sieci dystrybucji wody i badania symulacyjne na wybranym fragmencie sieci magistralnej WPWiK. 1980 r. (65 ss.)

ZADANIE 06-3. Opracowanie modelu matematycznego i identyfikacja układu pompownia - rurociąg - zbiornik

- 6) POCIASK U., BARGIEŁA A. - Model matematyczny i algorytm optymalnego sterowania układem : pompownia - rurociąg - zbiornik. 1979 r. (44 ss.)
- 7) POCIASK U. - Metodyka identyfikacji układu : pompownia - rurociąg - zbiornik na przykładzie wybranych obiektów WPWiK. 1979 r. (ss.14 + załączniki 1-4)

ZADANIE 06-4. Opracowanie i identyfikacja modeli matematycznych procesów technologicznych uzdatniania wody dla potrzeb sterowania stacją wodociągową. Badania na obiekcie doświadczalnym.

- 8) SZEBESZCZYK J. - Analityczne modele uzdatniania wody. 1977 r. (51+3 ss)
- 9) Zbieranie danych do identyfikacji procesów technologicznych SUW dla potrzeb kompleksowego sterowania. Sprawozdanie z obozu naukowego pod kierunkiem J.Szebeszczyk. 1978 r. ss.35 + wykresy
- 10) SZEBESZCZYK J. - Program oraz wyniki identyfikacji SUW Kobiernice. 1979 r., (18 ss. + Załączniki)
- 11) Wyznaczenie dobowego harmonogramu procesów produkcji wody w SUW przy zadanej długości filtrocyclu. 1980 r. (ss.31 + Załącznik ss.14+3 rys.)

ZADANIE 06-5. Opracowanie i identyfikacja modeli matematycznych pompowni stopnia I i II oraz przepompowni i pompowni przy zbiornikach terenowych.

- 12) POCIASK U. - Analityczny model matematyczny przepompowni dla potrzeb sterowania obiektem. 1977 r., ss.60
- 13) POCIASK U., BARGIEŁA A. - Algorytm dobowego sterowania pompowniami dla nieliniowej funkcji kosztów. 1980 r., ss.39

ZADANIE 06-7. Badanie symulacyjne algorytmu sterowania w czasie rzeczywistym rozrzędem wód w systemie zasobów

- 14) PIERZCHAŁA W. - Analiza algorytmów sterowania rozrzędem wód zlewni Małej Wisły, Soły i Skawy. 1977 r.
- 15) LATARNIK M., WOJCIECHOWSKI K. - Badania symulacyjne rozrzędu wód zlewni Małej Wisły, Soły i Skawy. 1977 r., ss.19

ZADANIE 06-9. SYNTEZA pracy NB-170/RAu1/76. Opracowała U.POCIASK  
1980 r., ss.57 + 3



TEMAT : BADANIE URZĄDZEŃ POMIAROWYCH ORAZ URZĄDZEŃ DO PRZESYŁU, PRZETWARZANIA I GROMADZENIA INFORMACJI PRZEWIDZIANYCH DO STOSOWANIA W SYSTEMIE STEROWANIA

PR-7.05.01.05

NB-171/BAu1/76

ZADANIE 05-1. Skompletowanie i budowa laboratorium do badań aparatury pomiarowej, urządzeń telemechaniki, torów łączności, urządzeń sterujących wykonawczych. Opracowanie założeń laboratorium i zamówień oraz opracowanie stanowisk, instrukcji itp.

- 1) OLSZEWSKA D., KOPACZ S., KUBIT S., SOBSTEL J. - Opracowanie założeń do laboratorium do badań aparatury pomiarowej, urządzeń telemechaniki, torów łączności i urządzeń sterujących. 1977, ss.18 + 7 + 6.
- 2) KOPACZ S. - Stanowisko do laboratoryjnych badań przepływomierzy i poziomomierzy. 1979 r. (stanowisko zrealizowane).
- 3) LEWANDERSKI J. - Stanowisko do polowych badań poziomomierzy. 1980 r.
- 4) KUBIT S. - Koncepcja laboratoryjnych stanowisk układów automatycznej regulacji stacji uzdatniania wody. 1979 r. ss.19
- 5) PAJĄK M., KUBIT S. - Projekt laboratorium i stanowisk do badań układów regulacji. 1980 r.
- 6) SOBSTEL J., WOJCIECHOWSKA D. - Zastosowanie minikomputera MERA 306 do badania błędów transmisji danych. 1979 r.

ZADANIE 05-2. Badania laboratoryjne urządzeń pomiarowych z uwagi na zgodność z wymaganiami pracy w systemie sterowania rozrzędem i dystrybucją.

- 7) KOPEC A. - Typowe projekty instalacji monitorów do badania jakości wody i ścieków. 1978 r. Praca dyplomowa, 76 ss.
- 8) MAZUR B. - Badania właściwości metrologicznych przetwornika do kontroli zawartości tlenu w wodzie wchodzącego w zestaw monitora jakości wody AQUAMER 51,52. 1978 r. Praca dyplomowa, ss.52.
- 9) DUDA N. - Ocena wskaźników niezawodności niektórych podzespołów monitora jakości wody AQUAMER. 1979 r. Praca dyplomowa, ss.50.
- 10) PIĘTKA M. - Analiza właściwości monitora jakości wody pod względem metrologicznym i eksploatacyjnym. 1980 r. Praca dyplomowa, ss.68.
- 11) WALUŚ S. - Badania przepływomierza ultradźwiękowego w SUW Kobiernice. 1979 r. ss.57 + 13.
- 12) SPRAWDZENIE charakterystyk przepływomierzy zwężkowych w celu wzorcowania przepływomierza ultradźwiękowego. Sprawozdanie z obozu naukowego w Kobiernicach pod kierunkiem St.Walusia. 1979 r. Cz.I - ss.57, cz.II - ss.13.
- 13) WALUŚ S. - Wyznaczanie własności metrologicznych przepływomierzy ultradźwiękowych na podstawie modelu matematycznego. 1980 r. Praca doktorska. 1980 r. ss.128.
- 14) HAGEL M. - Wyniki badań niezawodności wodomierzy MZ w warunkach eksploatacji. 1980 r.

- 15) WACŁAWEK M. - Konstrukcja pakietów do współpracy wodomierzy ze stacją telemetryczną STA. Praca dyplomowa. 1980 r. ss.72.
  - 16) ERTEL J. - Budowa i badania hydrostatycznego przetwornika z zatopionym czujnikiem membranowym. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.83.
  - 17) KOPACZ S. - Analiza warunków stosowania poziomomierzy do studni głębinowych w WPWiK Katowice i koncepcja rozwiązań konstrukcyjnych. 1979 r. ss.16.
  - 18) KOPACZ S. - Metodyka wykrywania nieszczelności w poziomomierzach hydrostatycznych z przepierleniem do studni głębinowych. 1980 r. ss.8.
  - 19) HAGEL M. - Koncepcja i opracowanie konstrukcji poziomomierza ultradźwiękowego. 1980 r.
  - 20) KOPACZ S. - Koncepcja poziomomierza akustycznego do pomiaru poziomu wody i ścieków w kanałach pomiarowych. 1980 r. ss.22.
  - 21) KOPACZ S. - Koncepcja zastosowania przetworników elektrokapilarnych do budowy poziomomierzy do studni głębinowych. 1980 r. ss.13.
  - 22) TABIN S. - Koncepcja rozwiązania ultradźwiękowego impulsowego przepływomierza dopplerowskiego dla potrzeb przemysłowych. 1979 r.
  - 23) TABIN S. - Badania własności akustycznych mieszanin modelowych i ścieków. 1979 r. ss.9 + 6 tabel i 7 rys.
  - 24) TABIN S. - Analiza własności metrologicznych ultradźwiękowego impulsowego przepływomierza dopplerowskiego. 1980 r.
  - 25) FRĄCZEK J. - Wybór koncepcji monitora do ciągłego pomiaru stężenia wolnego chloru w wodzie uzdatnionej. 1980 r. Cz.I - ss.17, cz.II - ss.30.
  - 26) FRĄCZEK J. - Wytyczne badań niezawodnościowych przepływomierzy i poziomomierzy. 1980 r. ss.42.
  - 27) FRĄCZEK J. - Metodyka wzorcowania mętnościomierzy. 1980 r. ss.21+4.
  - 28) OLSZEWSKA D. - Algorytmy sprawdzania i wzorcowania przyrządu pomiarowego wykorzystujące modele matematyczne błędów niestałości. Praca doktorska. 1980 r. ss.125 + załączniki : I - ss.8 , II - ss.2.
- ZADANIE 05-3. Badania laboratoryjne urządzeń telemechaniki, ocena przydatności do pracy w systemie zdalnych pomiarów i sterowania rozrządem oraz dystrybucją.
- 29) MALIK P. - Analiza porównawcza systemów telemechaniki TM-10 i PI. 1979 r., ss.54.
  - 30) POPIELARZ S. - Badania systemu telemetrycznego PT. 1979 r. Praca dyplomowa. ss.76.
  - 31) WOJCIECHOWSKA D., PIOTROWSKI J. - Sprawozdanie z badań systemów telemechaniki. 1980 r. ss.7.
  - 32) Badanie układów transmisji danych. Obóz naukowy studentów Wydz. Automatyki i Informatyki w Instytucie Automatyki Pol.Sl. Kierownik obozu - J.Sobstel. 1978 r. ss.20 + 15 rys.
  - 33) Badania przydatności komutowanych łączy telefonicznych do transmisji danych z małą szybkością. Obóz naukowy studentów Wydz. Automatyki i Informatyki Pol.Sl. Kierownik obozu : J.Sobstel. 1977 r. ss.46.



ZADANIE 05-4. Budowa i badanie systemu telemechaniki dla potrzeb identyfikacji obiektów w systemie rozrządu i dystrybucji.

- 34) WOJCIECHOWSKA D., PIOTROWSKA E. - Dokumentacja systemu komputerowego minikomputera MERA 306 z kanałem sprzężenia z obiektem INTELDIGIT PI do obsługi laboratorium Systemów Pomiarowych. 1979 r. ss.35 + 17 rys
- 35) WOJCIECHOWSKA D. - Oprogramowanie podstawowe minikomputera MERA 306. 1980 r. ss.11+3+6.
- 36) WOJCIECHOWSKA D. - Oprogramowanie komunikacji minikomputera MERA 306 z pakietami PI zestawu oddalonego. 1980 r. ss.11 + Zał.
- 37) SOLARCZYK W. - Wykorzystanie podsystemu sprzężenia PI w komputerowej obsłudze ćwiczeń laboratoryjnych "Chromatografia gazowa" oraz "Pomiary natężenia przepływu plynów". 1979 r. Praca dyplomowa, ss.77.

ZADANIE 05-5. Opracowanie, budowa i badania prototypów aparatury dla przesyłu wyników pomiarów na abonenckich łączach telefonicznych.

- 38) Zebranie danych wyjściowych do opracowania założeń systemu kontroli gospodarki wodnej zakładów przemysłowych. Sprawozdanie z obozu naukowego pod kierunkiem Janusza Piotrowskiego. 1977 r. ss.34.
- 39) PALISZEK A. - Nadajnik telemetryczny systemu STA. Praca dyplomowa. 1978 r. ss.44 + 5 rys.
- 40) HADASZ B. - Zaprojektować i wykonać stację alarmową w systemie STA. Praca dyplomowa. 1978. ss.71.
- 41) PIPA K. - Zaprojektować i wykonać blok przekroczeń wartości granicznych w systemie STA. Praca dyplomowa. 1978 r. ss.61.
- 42) DZWIG Z. - Układ sterujący autowzywnikiem stacji centralnej systemu telemetrycznego SZA. Praca dyplomowa. 1977 r. ss.90,
- 43) MAKOSA L. - Model stacji centralnej systemu STA w wersji bez minikomputera. Praca dyplomowa. ss.73, 1979 r.
- 44) MROZEK A. - Badania stacji telemetrycznej STA. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.54 + tabele.
- 45) MIKOŁAJEK A. - Adaptacja systemu STA do pracy na łączach radiowych. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.122 + tablice.
- 46) PŁOWCZYK J. - Adaptacja systemu STA do pracy na łączach radiowych. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.96 + tablice.
- 47) GRODZKA-SUSZKA D. - Program obliczania charakterystyk niezawodnościowych systemu telemetrycznego STA. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.35 + załączniki.
- 48) MARSZAŁEK J. - Projekt aparatury do kontroli gospodarki wodno-ściekowej zakładu przemysłowego za pomocą systemu STA. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.60 + tablice.
- 49) SUSZKA J. - System telemetryczny STA do kontroli gospodarki wodnej przedsiębiorstwa wielozakładowego. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.71 + tablice.
- 50) OLSZÓWKA H. - System telemetryczny osłony hydrometeorologicznej. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.67.

- 51) FREDOWICZ J. - Zaprojektować i wykonać stację zdalną STA do pracy na łączach trwałych. Praca dyplomowa. 1980. ss.76.
- 52) WRONA W. - Zastosowanie zestawu mikroprocesorowego INTEL 8080 z magistralą MOBUS w stacji centralnej systemu telemetrycznego-alarmowego STA. Praca dyplomowa. 1980 r. ss.68 + tablice.
- 53) SOBSTEL J. - Analiza i dobór parametrów systemu telemetrycznego na komutowanych łączach telefonicznych. Praca doktorska. 1979 r. ss.195 + A66.
- 54) SOBSTEL J. - Zastosowanie mikroprocesorów w systemach telemetrii i telemechaniki. 1980 r. ss.30.

ZADANIE 05-6. Badanie lokalnych układów regulacji i sterowania dla wybranych obiektów w systemie rozrządu i dystrybucji.

- 55) WOLSKI A. - Projekt i analiza układów regulacji filtrów w stacji wodociągowej Kobiernice. Praca dyplomowa. 1977 r. ss.104 + tablice.
- 56) WILKOSZ Z. - Projekt oprzyrządowania procesów uzdatniania wody w stacji wodociągowej Będzin. Praca dyplomowa. 1978 r. ss.81 + tablice.
- 57) TARGOSZ J. - Układ kompleksowego sterowania rozrządem wód zlewni rzeki Soły. Praca dyplomowa. 1978 r. ss.115.
- 58) KUBIT S. - Analiza krajowych systemów automatycznej regulacji dla potrzeb układów regulacji stacji uzdatniania wody. 1978 r. ss.50.
- 59) KUBIT S. - Analiza możliwości zastosowania systemu MASTER do sterowania urządzeniami i obiektami stacji uzdatniania wody i przepompowni 1979 r. ss.27.
- 60) JARZYŃSKI A. - Analiza celowości zastosowania systemu PNEFAL-3 w nowo projektowanych stacjach uzdatniania wody. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.75.
- 61) Badania układów automatyki w SUW GO-CZA. Sprawozdanie z obozu naukowego pod kierunkiem S.Kubita. 1980 r. ss.31.
- 62) URACZ K. - Analiza możliwości zastosowania systemu PITRONIK do sterowania urządzeniami stacji wodociągowej. Praca dyplomowa. 1979 r. ss.120.

ZADANIE 05-8. Badanie współpracy systemów telemechaniki z maszyną cyfrową i urządzeniami dyspozytorskimi.

- 63) WOJCIECHOWSKA D., JAROMIŁ B. - Programowa wymiana informacji między dwoma systemami minikomputerowymi MERA 306. 1978 r., ss.6 + tabl.
- 64) WOJCIECHOWSKA D., JAROMIŁ B. - System i metodyka pomiarów błędów transmisji w kanale cyfrowym. 1979 r. ss.6+6.
- 65) DĄBROWSKA J. - Dekodowanie kodów cyklicznych i kodu z wielokrotnym powtórzeniem przy zastosowaniu minikomputera MERA 306. 1980 r. ss.9
- 66) DĄBROWSKA J. - Analiza modeli cyfrowych kanałów transmisji i program badań. 1980 r. ss.42.
- 67) GUBRYNOWICZ Z. - Oprogramowanie kanału monitora alfanumerycznego systemu MERA 306 w zakresie wyświetlania wyników pomiarów. 1979 r.
- 68) GUBRYNOWICZ Z. - Analiza możliwości zastosowania minikomputera MERA-60



Jako centrali ośrodka dyspozytorskiego lokalnego ośrodka sterowania.  
1980 r. ss.33.

ZADANIA DODATKOWE

69) SYNTEZA pracy NB-171/RAu1/76. 1980 r. ss.55 + Zał.1-5.

TEMAT : OPRACOWANIE I BADANIA ALGORYTMÓW UKŁADÓW STEROWANIA ELEMENTÓW  
SYSTEMU WODNO-GOSPODARCZEGO AGLOMERACJI MIEJSKO-PRZEMYSŁOWEJ  
OBEJMUJĄCEJ OBIEKTY OCHRONY I UZDATNIANIA WÓD

PR-7.05.06.0<sup>o</sup>

NB-404/RAu1/81

ZADANIE 03-1. Modele i algorytmy sterowania procesami oczyszczania ścieków.

Część I. Przegląd rozwiązań oczyszczalni ścieków, wybór obiektów pilotujących i modeli procesów do badań.

Część II. Wybór wskaźników jakości sterowania oraz zmiennych koordynujących ze względu na pracę w systemie wodno-gospodarczym.

1) KUŹNIK J., METZGER M., MOSZCZYŃSKI M. - Cz.I. Przegląd rozwiązań, wybór obiektów pilotujących i modeli do badań. Cz.II. Wybór jakości sterowania oraz zmiennych koordynacyjnych ze względu na pracę w systemie wodno-gospodarczym. 1982 r., ss.77 + 78-171.

2) Część III. Opracowanie modelu na podstawie literatury i dokumentacji technicznej procesów w obiektach pilotujących.

Część IV. Identyfikacja modelu. Analiza podatności obiektów na sterowanie i efektów sterowania.

KUŹNIK J., METZGER M., MOSZCZYŃSKI M. - Opracowanie modelu matematycznego własności dynamicznych podstawowych procesów zachodzących w oczyszczalniach ścieków. Realizacja tego modelu na m.c. - Identyfikacja modelu. Badanie wrażliwości modelu na zmiany jego parametrów. Analiza podatności obiektu na sterowania.

3) Część V-1. V-2. Opracowanie i badanie algorytmów sterowania.

KUŹNIK J., METZGER M. - Analiza przyczyn istotności występowania ekstremów, nieminimalnofazowość w modelu biologicznej oczyszczalni ścieków i ich wpływ na możliwość sterowania oczyszczalnią ścieków. Opracowanie i badanie algorytmów sterowania biologiczną oczyszczalnią ścieków. 1984 r. , ss.114.

ZADANIE 03-3. Algorytmy sterowania procesami technologicznymi w stacjach uzdatniania wody objętych systemem.

Część I. Modele matematyczne jednostkowych procesów technologicznych.

4) SZEBSZCZYK J. - Modele matematyczne jednostkowych procesów technologicznych. 1982. ss.28.

Część II. Analiza sterowalności obiektu.

5) Szebeszczyk J. - Analiza możliwości sterowania podstawowymi procesami jednostkowymi w SUW. 1984, ss.27.

6) SZEBSZCZYK J. - Analiza możliwości sterowania pracą stacji uzdatniania wody. 1983 r., ss.27.

Część III. Opracowanie algorytmów optymalnego sterowania obiektami z różnymi procesami jednostkowymi.

7) SZEBSZCZYK J. - Optymalizacja pracy SUW z filtrami kontaktowymi i węglowymi. 1983, ss.55 + Zał.15.

8) SZEBSZCZYK J. - Algorytmy optymalnego sterowania obiektami SUW z różnymi procesami jednostkowymi. ss.36.

Część IV. Badanie algorytmów sterowania obiektami z różnymi procesami jednostkowymi.

9) SZEBSZCZYK J. - Badanie algorytmów sterowania obiektami SUW z różnymi procesami jednostkowymi. 1984 r., ss.15.

ZADANIE 03-4. Opracowanie i badanie modeli i algorytmów sterowania podsystemem zaopatrzenia w wodę.

Część I. Opracowanie modelu dynamicznego dla wybranego fragmentu sieci wodociągowej.

10) ŻELEZIK J. - Model dynamiczny systemu zaopatrzenia w wodę. 1983, ss.54.

11) ŻELEZIK J. - Zastosowanie wielopoziomowej metody optymalizacji do wyznaczenia algorytmów sterowania systemem zaopatrzenia w wodę. 1983, ss.54.

12) ŻELEZIK J. - Algorytmy optymalnego sterowania siecią wodociągową południowej części systemu wodno-gospodarczego. Cz.V. Algorytmy optymalnego sterowania w układzie otwarto-zamkniętym dla wybranej części systemu wodno-gospodarczego. Cz.VI. Model dynamiczny sieci wodociągowej południowej części systemu wodno-gospodarczego. Cz.III. 1985 r., ss.74 + 217.

Część VII. Synteza heurystycznych algorytmów sterowania siecią wodociągową.

13) POCLASK U., ŻELEZIK J. - Analiza skutków i sposobów pracy systemu wodociągowego w stanach awaryjnych. 1985 r., ss.16.





**TEMAT :** BADANIA LABORATORYJNE I EKSPLOATACYJNE TOWO OPRACOWANEJ APARATURY POMIAROWEJ I REGULACYJNEJ ORAZ DO ZBIERANIA, PRZETWARZANIA I PRZESYŁU INFORMACJI.

PR-7.05.06.04

NB-360/RAu1/81

**ZADANIE 04-1.** Badania przepływomierzy ultradźwiękowych oraz typu anubar wody uzdatnionej, surowej i ścieków w rurociągach i kanałach otwartych.

Część I. WALUS S. - Założenia do projektu stacji wzorcowania przepływomierzy o dużych średnicach. 1981, ss.43.

Część II. WALUS S. - Badania oraz ocena własności metrologicznych i eksploatacyjnych przepływomierzy typu anubar. 1983, ss.75.

Część III. WALUS S. - Projekt normy pt. Pomiar natężenia przepływu wody w rurociągach za pomocą przepływomierzy ultradźwiękowych. Projekt normy PN-85/M-42370 do stosowania od 1.I.1986. 1984, ss.37.

Część IV. WALUS S. - Założenia i wytyczne konstrukcyjne przepływomierzy ultradźwiękowych do pomiaru przepływu w korytach otwartych i rzekach. 1983, ss.80.

Część VI. WALUS S. - Badania przepływomierzy ultradźwiękowych do pomiaru przepływu w kanałach i ciekach. 1984, ss.125.

Część VII. BORON R. - Budowa modelu przepływomierza dopplerowskiego. 1984, ss.67.

Część IX. WALUS S. - Koncepcja budowy przepływomierzy ultradźwiękowych w rzekach na obszarze systemu wodno-gospodarczego AKB. 1985, ss.45.

UWAGA ! Części V i VIII nie realizowane.

**ZADANIE 04-2.** Badania poziomomierzy

Część I. KOPACZ S., HAGEL M. - Badania prototypu poziomomierza ultradźwiękowego. 1983, ss.23.

Część II. HAGEL M. - Zastosowanie modelu zjawisk odbicia fali ultradźwiękowej do budowy przyrządu do pomiaru poziomu osadów w cieczy. 1983, ss.125.

Część III. KOPACZ S. - Wykonanie i badania modelu poziomomierza akustycznego. 1983, ss.44.

**ZADANIE 04-3.** BADANIA APARATURY DO POMIAROW wielkości fizyko-chemicznych w SUW i oczyszczalniach ścieków.

Część I. a) FRĄCZEK J. - Wstępne założenia monitora do wyznaczania wolnego chloru w wodzie uzdatnionej. 1982, ss.11.

b) Monitor chloru. Dokumentacja konstrukcyjna modelu. Opracowanie ZDRIMP Politechniki Śląskiej. 1982. (Teczka dokumentacji).



Cześć II. FRĄCZEK J. i inni - Wykonanie modelu monitora chloru w wodzie uzdatnionej i jego badania. 1983, ss.26.

Cześć III. WITKOWSKA B., BĄKOWSKI A. - Ustalenie warunków pomiaru oraz założeń konstrukcyjnych czujnika do pomiaru wolnego chloru w oczyszczalniach ścieków. 1982, ss.16.

Cześć IV. FRĄCZEK J. - Opracowanie założeń monitora wolnego chloru w wodzie uzdatnionej ze stałym odczynnikiem i elektrodą REDOX. 1983, ss.8.

Cześć V. FRĄCZEK J. - Badania laboratoryjne monitora ze stałym odczynnikiem i elektrodą REDOX. 1983.

Cześć VI. FRĄCZEK J. i inni - Opracowanie i wykonanie prototypu monitora wolnego chloru w wodzie uzdatnionej. 1985.

Cześć VIII. OSZEK Z. - Badania niezawodnościowe czujników do pomiaru pH w ściekach. Praca dyplomowa. 1983, ss.72.

Cześć IX. FRĄCZEK J. - Opracowanie zaleceń eksploatacyjnych monitorów chloru i metnościomierzy oraz wytyczne do projektowania. 1985, ss.9.

Cześć X. FRĄCZEK J. i inni - Badania laboratoryjne i eksploatacyjne monitora wolnego chloru w wodzie uzdatnionej ze stałym odczynnikiem. 1985.

UWAGA I Cześć VII nie była realizowana.

ZADANIE 04-4. Badania laboratoryjne i eksploatacyjne aparatury i systemów automatycznej regulacji stosowanych w SUW i oczyszczalniach ścieków.

Cześć I. KUBIT S. - Analiza funkcjonalna i możliwości realizacji wymaganych struktur układów regulacji w SUW ze szczególnym uwzględnieniem minimalności aparatów dla wielu jednakowych układów. 1982. (Cz.I i II), ss.60.

Cześć VI. KUŹNIK J., METZGER M. - Specyfikacja układów regulacji w oczyszczalniach ścieków oraz analiza struktur i możliwości ich realizacji. 1985, ss.89.

UWAGA I Części II, IV i V nie realizowane.

Cześć III i VII finansowane z innych środków.

ZADANIE 04-5. Badania systemów telemetrii i telemechaniki.

Cześć I SOBSTEL J. i inni - Opracowanie modelu mikroprocesorowej stacji zdalnej STA typu MX. 1985.

Cześć II. PIOTROWSKI J., NIESLER A. i inni - Opracowanie modelu stacji centralnej STA z mikrokomputerem MERA 60, 1985 r.

Cześć IV. MIKOŁAJEK A., SMOLARCZYK M., PILAWA P. - Opracowanie modelu radiowego łącza telemetrycznego. 1984 r.

Część VI. SOBSTEL J., GATYS K., PIOTROWSKI J. - Koncepcja systemów telemetrii w systemie wodno-gospodarczym. 1984 r., ss.116.

UWAGA! Części III i V nie są realizowane.

ZADANIE 04-6. Badania sieci łączności.

Część I. MIKOŁAJEK A., OKOŃ A. - Badania jakości transmisji w łączach telemetrycznych radiowych. 1985 r.

Część II. SOBSTEL J., MIKOŁAJEK A. - Opracowanie zaleceń do projektowania sieci łączności dla potrzeb systemu wodno-gospodarczego. 1985 r.

UWAGA! Część III finansowana z innych źródeł.

ZADANIE 04-7. Nie realizowane.

ZADANIE 04-8. Konferencja naukowo-techniczna obejmująca tematykę PR-7.05. Referaty zamieszczone w Zeszytach Naukowych Politechniki Śląskiej AUTOMATYKA, zeszyt 68, 69, 1983.

ZADANIE 04-9. Opracowanie syntezy wyników pracy.  
PIOTROWSKI J. - Synteza wyników pracy. 1985 r., ss.23+Zał.



DODATKOWY WYKAZ OPRACOWAŃ WYKONANYCH W RAMACH PR-7.05

nie wykazanych w "SYNTEZACH" prac

- 1) PIERZCHAŁA W. - Wpływ niektórych parametrów układu sterowania na efektywność rozrządu zasobów rzek Mała Wisła, Soła, Skawa. Praca doktorska. Gliwice, marzec 1978 r., ss.62 + Załączniki.
- 2) PIOTROWSKI J. - Wybór rodzaju przepływomierza wg kryterium ekonomicznego dla potrzeb zaopatrzenia w wodę. Gliwice, XII.1978, ss.28.
- 3) GUBRYNOWICZ Z. - Architektura oprogramowania stacji centralnej systemu STA. Gliwice 1979, ss.17.
- 4) OLSZEWSKA D. - Podstawy teoretyczne metodyki wzorcowania przetworników pomiarowych do pomiarów fizyko-chemicznych. Gliwice 1979, ss.29.
- 5) SZEBESZCZYK J. - Program oraz wyniki identyfikacji stacji uzdatniania wody w Kobiernicach. Gliwice 1979, ss.18 + Załączniki.
- 6) SZEBESZCZYK J. (Kierownik naukowy obozu) - Pomiary charakterystyk filtrów kontaktowych dla celów sterowania pracą SUW. Obóz naukowy studentów Wydz. Automatyki i Informatyki Pol. Sl. 2.07 - 28.07.1979 WPWiK Z P W Kobiernice, ss.31 + 9 wykresów.
- 7) HAGEL M. - Założenia konstrukcyjne do projektu poziomomierza ultradźwiękowego. Gliwice 1980, ss.5.
- 8) KOPACZ S. - Metodyka badania nieszczelności instalacji pomiarowej poziomomierza hydrostatycznego z przepierleniem. Gliwice 1980, ss.8.
- 9) KUBIT S. i inni - Badania układów automatyki w SUW GO-CZA. Gliwice 1980, ss.31.
- 10) LISAK L., OLSZEWSKA D., ŻELEZIK J. - Program identyfikacji procesu losowego w postaci równania różnicowego metodą regresji. Gliwice 1980, ss.17.
- 11) TABIN S. - Analiza błędów impulsowego przepływomierza dopplerowskiego dla potrzeb przemysłowych. Gliwice 1980, ss.55.
- 12) FRĄCZEK J. - Monitor chloru pozostałego w wodzie uzdatnionej. Założenia konstrukcyjne. Gliwice 1981, ss.11 + Zał.
- 13) FRĄCZEK J. - Wytyczne badań niezawodności przepływomierzy i poziomomierzy. Gliwice 1981, ss.42.
- 14) HAGEL M. - Badania niezawodnościowe wodomierzy. Gliwice 1981, ss.16 + rys.
- 15) HAGEL M. - Projekt poziomomierza ultradźwiękowego. Gliwice 1981, ss.29.
- 16) HAGEL M. - Prototyp poziomomierza ultradźwiękowego FU-1. Gliwice 1981, ss.18.
- 17) JAGIEŁŁO K. - Koncepcja stacji telemetrycznej STA do pracy na łączach trwałych z procedurą HDLC. Gliwice 1981, ss.19 + 9 rys.
- 18) DĄBROWSKA J. - Symulator krótkich przerw transmisji w kanale telefonicznym. Gliwice 1981, ss.5 + rys.
- 19) GUBRYNOWICZ Z. - Program wczytywania taśmy wynikowej tworzonej przez Cross-Assembler INTELA 8080 na minikomputerze serii MERA 300. Gliwice 1981, ss.3 + 4.

- 20) KOPACZ S. - Koncepcja zastosowania przetworników elektrokapilarnych do budowy poziomomierzy do studni głębinowych. Gliwice 1981, ss.13.
- 21) MIKOŁAJEK A. - Tester kasety oddalonej zestawu PI. Gliwice 1981, ss.7.
- 22) POCIĄSK U. - Analiza wpływu błędów regulacji i pomiarów na harmonogram pracy dobowej obiektów. Gliwice 1981, ss.31.
- 23) POCIĄSK U. - Wpływ własności metrologicznych przyrządu pomiarowego na wartość błędu regulacji. Gliwice 1981, ss.11.
- 24) SOBSTEL J. - System telemetryczno-alarmowy S T A . Sprawozdanie z prac wykonanych w ramach PR-7.05. Gliwice 1981, ss.9.
- 25) SOBSTEL J. - Układ sprzęgający monitor ALFA 311M z zestawem mikroprocesorowym MCS-STA. Gliwice 1981, ss.15.
- 26) WALUS S. - Wytyczne montażu i wzorcowania przepływomierzy ultradźwiękowych w normalnych warunkach pracy. Gliwice 1981, ss.50.
- 27) WALUS S. - Badania przepływomierza ultradźwiękowego UMP-10. (red.)  
Badania wykonano w : 1) Stacji Napraw Wodomierzy WPWiK w Chorzowie,  
2) Zakładzie Pomiarów Parametrów Przepływu PKNiM w Warszawie.  
Gliwice 1981, ss.36.
- 28) WITKOWSKA B., BĄKOWSKI A. - Badania nad ustaleniem parametrów chemicznych warunkujących wymagania metrologiczne oznaczania zawartości wolnego chloru w wodzie uzdatnionej. Część I. Gliwice 1981, ss.33+13 rys.
- 29) WOJCIECHOWSKA D. - Wyniki i opis badań zestawu oddalonego kanału Inteldigit PI. Gliwice 1981, ss.7 + Zał.
- 30) WOJCIECHOWSKA D. - Podłączenie pakietów pomocniczych do systemu INTEL-DIGIT PI. Gliwice 1980, ss.13.
- 31) WOJCIECHOWSKA D. - Notatka dot. wyboru i analizy klawiatur cyfrowych współpracujących z systemem komputerowym na odległość. Gliwice 1980, ss.5.
- 32) ŻELEZNIK J. - Badanie algorytmów sterowania dystrybucją wody w sieci magistralnej. Gliwice 1981, ss.34.
- 33) TARNOWSKI W., MACIOSZEK J., PALUS H. - Projekt telepluviografu niezależnego od przerw w zasilaniu. Gliwice 1981, ss.50.



WYKAZ PRAC NAUKOWO-BADAWCZYCH  
WYKONANYCH PRZEZ INSTYTUT AUTOMATYKI POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ  
NA ZLECENIE INNYCH ZAMAWIAJĄCYCH A DOTYCZĄCYCH SWG

- 1) Wojewódzkie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji - Katowice.  
Opracowanie systemu zbierania informacji o stanie zaopatrzenia w wodę woj. katowickiego.  
NB-169/RAu1/76.  
.....
- 2) MERA ZAP Ostrów Wlkp.  
Opracowanie modeli : 1) pakietów do odczytu wodomierzy ; 2) modemu do pracy w pasmie nadrozmównym ; 3) klucza linii abonenckiej.  
NB-400/RAu1/81  
.....
- 3) MERA ZAP Ostrów Wlkp.  
Opracowanie dokumentacji techniczno-ruchowej oraz warunków technicznych odbioru stacji telemetrycznej systemu STA.  
NB-367/RAu1/81  
.....
- 4) MERA ZAP Ostrów Wlkp.  
Opracowanie modeli mikroprocesorowej stacji zbiorczej, stacji alarmowej, stacji centralnej systemu STA.  
NB-401/RAu1/81  
.....
- 5) MERA ZAP Ostrów Wlkp.  
Opracowanie dokumentacji i modelu oraz badania poziomomierza ultradźwiękowego.  
NB-429/RAu1/81  
.....
- 6) MERA ZAP Ostrów Wlkp.  
Opracowanie dokumentacji i modelu oraz badania poziomomierza hydrostatycznego z zatapianą głowicą.  
NB-430/RAu1/81  
.....
- 7) MERA ZAP Ostrów Wlkp.  
Badanie sieci pilotującej dla systemów telemetrycznych STA.  
NB-310/RAu1/81  
.....
- 8) CBSiPEW HYDROPROJEKT Warszawa.  
A) Ocena rozmiaru kosztów wyposażenia systemu w elementy sterowania i Zarządzania.  
B) Podstawowe elementy wyposażenia technicznego systemu.  
NB-46/RAu1/85  
.....

- 9) WFWiK Katowice, MERA ZAP Ostrów Wlkp., Instytut Automatyki Pol.Śl.  
Eksploatacja wstępna stacji zbiorczej STA  
W-21/RAu1/84  
.....
- 10) MERA-ZAP Ostrów Wlkp., Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej  
Wdrożenie wyników prac nauk-badawczych :  
NB-169/RAu1/81 "Opracowanie systemu zbierania informacji o stanie  
zaopatrzenia w wodę woj. katowickiego".  
NB-171/RAu1/76 "Badania urządzeń pomiarowych oraz urządzeń do prze-  
syżu, przetwarzania i gromadzenia informacji prze-  
widzianych do stosowania w systemie sterowania".  
NB-401/RAu1/81 "Opracowanie modeli mikroprocesorowej stacji zbior-  
czej, stacji alarmowej, stacji centralnej systemu  
STA".  
W-3/RAu1/84  
.....
- 11) MERA ZAP Ostrów Wlkp., Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej  
Wdrożenie wyników prac nauk. - bad. :  
NB-169/RAu1/76 "Opracowanie systemu zbierania informacji ...  
Zadania dot. systemu STA.  
NB-171/RAu1/76 "Badania urządzeń pomiarowych ... Zad.05-5.  
NB-367/RAu1/81 "Opracowanie dokumentacji techniczno-ruchowej oraz  
warunków technicznych odbioru stacji telemetrycznej  
systemu STA"  
ST 1 - do pracy jako samodzielny abonent  
ST 2 - do pracy na wspólnym łączu t telefonem  
przełączana przez operatora  
ST 3 - z kluczem linii abonenckiej KLAN.  
W-4/RAu1/84  
.....
- 12) MERA ZAP Ostrów Wlkp., Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej  
Wdrożenie wyników prac nauk.-bad. :  
NB-168/RAu1/76 - Zad.04-1 Modele matematyczne poziomierzy hydro-  
statycznych - Kopacz St.  
NB-171/RAu1/76 - Zad.05-2  
Budowa i badania hydrostatycznego przetwornika poziomu z zatapianym  
czujnikiem membranowym - Ertel J.  
NB-430/RAu1/81 - Opracowanie dokumentacji i modelu oraz badania po-  
ziomierza hydrostatycznego z zatapianą głowicą.  
W-5/RAu1/84  
.....
- 13) MERA ZAP Ostrów Wlkp. - Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej  
Wdrożenie wyników prac nauk.-bad. :  
NB-400/RAu1/81 Opracowanie modeli : 1) pakietów do odczytu wodomie-  
rzy, 2) modemu do pracy w paśmie nadrozmównym, 3) klucza linii abo-  
nenckiej (pakiety PIP i BOS).  
Praca własna : Opracowanie modelu bloku odczytu stanu wodomierza  
z licznikiem elektromechanicznym BOM.  
W-6/RAu1/84  
.....



- 14) ODGW - Gliwice,  
Koncepcja systemu osłony hydrometeorologicznej zlewni Górnej Wisły i Górnej Odry dla potrzeb osłony przeciwpowodziowej i sterowania wód ww. zlewni.  
NB-139/RAu1/80 - W-18/RAu1/80  
.....
- 15) CBSiPBW HYDROPROJEKT O/Kraków.  
Koncepcja techniczna kompleksowego sterowania w systemie.  
NB-386/RAu1/85  
.....
- 16) Centralne Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego - Warszawa  
Ocena rozmiaru kosztów wyposażenia systemu w elementy sterowania i zarządzania. Podstawowe elementy wyposażenia technicznego systemu.  
NB-46/RAu1/85  
.....
- 17) Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego - Katowice  
Koncepcja funkcjonalna sterowania i oprzyrządowania obiektów wodociągu grupowego WFWiK podlegających sterowaniu w poszczególnych etapach rozwoju systemu wodno-gospodarczego.  
NB-193/RAu1/84  
.....

WYKAZ PRAC NAUKOWO-BADAWCZYCH

WYKONANYCH PRZEZ INSTYTUT AUTOMATYKI NA ZLECENIE INNYCH ZAMAWIAJĄCYCH  
A DOTYCZĄCYCH SWG

---

Wojewódzkie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji - Katowice

Praca NB-169/RAu1/76

TEMAT : OPRACOWANIE SYSTEMU ZBIERANIA INFORMACJI O STANIE ZAOPATRZENIA  
W WODĘ WOJ.KATOWICKIEGO

- 1) POCLASK U., SOBSTEL J. - Koncepcja zasady działania systemu zbierania informacji o stanie zaopatrzenia w wodę woj. katowickiego. Gliwice 1976, ss.28.
- 2) KOPACZ S., POCLASK U., SOBSTEL J. - Analiza aparatury pomiarowej i lokalizacji punktów pomiarowych w sieci wodociągowej objętej systemem zbierania informacji. Gliwice 1976, ss.20 + 9 tabel + 11 map (Załącznik).
- 3) DWORACZEK J., WALUS S. - Opracowanie zaleceń metodyki wzorcowania wodomierzy i przepływomierzy dla zbierania danych o własnościach eksploatacyjnych tej aparatury. Gliwice 1976, ss.58 + zał. I,II.
- 4) SOBSTEL J. - Zalecenia dostosowania urządzeń telefonicznych WPWiK do potrzeb systemu STA. Gliwice 1978, ss.6.
- 5) SOBSTEL J., DĄBROWSKA J., DŹWIG Z. - System telemetryczno-alarmowy STA. Stacja centralna systemu STA. Gliwice 1979, ss.36.
- 6) SOBSTEL J., PALISZEK A. - System telemetryczno-alarmowy STA. Dokumentacja stacji telemetrycznej STA. Gliwice 1979, ss.42.
- 7) SOBSTEL J., GUBRYNOWICZ Z., WOJCIECHOWSKA D. - System telemetryczno-alarmowy STA. Instrukcja eksploatacji systemu STA. Gliwice 1979, ss.15.
- 8) SOBSTEL J., PALISZEK A., HADASZ B., PIPA K. - System telemetryczno-alarmowy STA. Dokumentacja stacji alarmowej STA. Gliwice 1979, ss.140
- 9) SOBSTEL J. - Założenia techniczne systemu telemetryczno-alarmowego STA. Ustalenia dodatkowe. Gliwice 1977, ss.44+5.

Prace dyplomowe

- 10) DŹWIG Z. - Układ sterujący autowzywakiem stacji centralnej systemu telemetrycznego STA. Gliwice 1977.
- 11) PALISZEK A. - Nadajnik telemetryczny systemu STA. Gliwice 1978.
- 12) HADASZ B. - Zaprojektować i wykonać stację alarmową w systemie STA. Gliwice 1978.
- 13) PIPA K. - Zaprojektować i wykonać blok przekroczeń wartości granicznych w systemie STA. Gliwice 1978.



ZAP Zakłady Automatyki Przemysłowej - Ostrów Wlkp.

Praca NB-403/RAu1/81

TEMAT : OPRACOWANIE MODELI MATEMATYCZNYCH ORAZ ALGORYTMÓW STEROWANIA SYSTEMU WODOCIĄGOWEGO WPWIK Z ROZBICIEM NA OSRODKI LOKALNE DLA KAŻDEGO Z ETAPÓW AUTOMATYZACJI

- 1) GUBRYNOWICZ Z. - Architektura programu obsługi przerwań na poziomie urządzeń zewnętrznych minikomputera MERA 306 stacji centralnej systemu telemetryczno-alarmowego STA. Gliwice 1981, ss.8.
- 2) KUBIT S. - Wytyczne doboru aparatury regulacyjnej do projektu technicznego ujęcia i pompowni wody surowej, filtrów kontaktowych SUW Dzieckowice oraz pompowni Mikołów. Gliwice 1982, ss.25.
- 3) POCIASK U. - Pompownia Mikołów. Zadanie X,XI. Wodociąg Dzieckowice. Algorytmy sterowania dyspozytorskiego i wytyczne doboru aparatury do projektu technicznego AKP. Gliwice 1982, ss.19.
- 4) POCIASK U., SZEBESZCZYK J., SOBSTEL J. - Koncepcja sterowania I etapu realizacji inwestycji "Wodociąg Dzieckowice". Część funkcjonalna. Gliwice 1983.
- 5) SOBIEŃ J., KUBIT S. - Opracowanie algorytmów cyfrowego sterowania nadrzędnego /DSC/ oraz cyfrowego sterowania bezpośredniego /DDC/ dla laboratoriów układów regulacji stacji uzdatniania wody. Gliwice 1983, ss.87.
- 6) SZEBESZCZYK J. - Algorytmy sterowania dyspozytorskiego i wytyczne doboru aparatury do projektu technicznego AKP ujęcia i pompowni wody surowej oraz filtrów kontaktowych w SUW Dzieckowice. Gliwice 1982, ss.28.
- 7) SZEBESZCZYK J. - Wytyczne do projektu technicznego AKP i sterowania dyspozytorskiego ZOD Kobiernice. Gliwice 1982, ss.18.
- 8) SZEBESZCZYK J., KUBIT S. - Algorytmy sterowania dyspozytorskiego i wytyczne doboru aparatury kontrolno-pomiarowej i regulacyjnej do projektu technicznego AKP zbiorników kontaktowych ozonu, filtrów węgla aktywowanego, zbiorników wody uzdatnionej w SUW Dzieckowice. Gliwice 1982, ss.25 + rys.
- 9) ŻELEZIK J. - OSM Mikołów. Algorytmy sterowania dyspozytorskiego i wytyczne doboru aparatury do projektu technicznego AKP. Gliwice 1982, ss.22 + Zał.
- 10) ŻELEZIK J. - Zastosowanie wielopoziomowej metody optymalizacji do wyznaczania algorytmów sterowania systemem zaopatrzenia w wodę. Gliwice 1983, ss.54.
- 11) POCIASK U., SZEBESZCZYK J., SOBSTEL J., MIKOŁAJEK A., HAGEL M., WALUS S., PIOTROWSKI J., SIUDA P. - Koncepcja urządzenia I etapu realizacji zadania XIV "Inwestycji Wodociąg Dzieckowice" - Gliwice 1985, ss.222 + Zał.



P.3342 | 87 | 87

**WYDAWNICTWA NAUKOWE I DYDAKTYCZNE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ  
MOŻNA NABYĆ W NASTĘPUJĄCYCH PLACÓWKACH:**

- 44-100 Gliwice — Księgarnia nr 096, ul. Konstytucji 14b  
44-100 Gliwice — Spółdzielnia Studencka, ul. Wrocławska 4a  
40-950 Katowice — Księgarnia nr 015, ul. Zwirki i Wigury 33  
40-096 Katowice — Księgarnia nr 005, ul. 3 Maja 12  
41-900 Bytom — Księgarnia nr 048, Pl. Kościuszki 10  
41-500 Chorzów — Księgarnia nr 063, ul. Wolności 22  
41-300 Dąbrowa Górnicza — Księgarnia nr 081, ul. ZBoWiD-u 2  
47-400 Racibórz — Księgarnia nr 148, ul. Odrzańska 1  
44-200 Rybnik — Księgarnia nr 162, Rynek 1  
41-200 Sosnowiec — Księgarnia nr 181, ul. Zwycięstwa 7  
41-800 Zabrze — Księgarnia nr 230, ul. Wolności 288  
00-901 Warszawa — Ośrodek Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN —  
Pałac Kultury i Nauki  
Wszystkie wydawnictwa naukowe i dydaktyczne zamawiać można poprzez Składnicę  
Księgarską w Warszawie, ul. Mazowiecka 9.