

Stanisław KUBIT

Instytut Automatyki
Politechnika Śląska

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA KRAJOWYCH SYSTEMÓW AUTOMATYCZNEJ REGULACJI DLA POTRZEB UZDATNIANIA WODY

Streszczenie: W artykule rozpatrzono następujące systemy: INTELEKTRAN-S, ETRONIK, PNEPAL-4 oraz SAB. Podano specyfikację najważniejszych układów regulacji występujących na obiektach SUW. Ustosunkowano się do możliwości realizacji tych układów przy pomocy urządzeń omawianych systemów.

1. Wstęp

Duża różnorodność systemów automatycznej regulacji produkowanych w kraju, a także niektóre specyficzne warunki eksploatacyjne spotykane na obiektach stacji uzdatniania wody stwarzają potrzebę analizy możliwości zastosowania tych systemów szczególnie w stacjach nowo projektowanych. Szczególną uwagę zwrócono na możliwość współpracy rozpatrywanych systemów z maszyną cyfrową. W trakcie artykułu zrezygnowano z omówienia systemu URS-III-M ze względu na przewidywane zakończenie produkcji tego systemu po roku 1980 [3], [4].

2. System INTELEKTRAN-S

System INTELEKTRAN-S, przeznaczony do realizacji części centralnej układów automatycznej regulacji procesów wolnozmiennych, produkowany jest przez Centrum Komputerowych Systemów Automatyki i Pomiarów MERA-BIWKO we Wrocławiu.

Składa się z bloków matematycznych, przetworników sygnałów, regulatorów, urządzeń sterowania i zabezpieczeń, elementów wyposażenia, nadajników, zasilaczy i urządzeń dodatkowych. System umożliwia budowanie układów prostych, kaskadowych i regulacji stosunku [5], [11].

Możliwa jest również realizacja sterowania w systemie komputerowym /sterowanie bezpośrednie lub nadrzędne/, oraz współpraca z innymi systemami cyfrowymi. System operuje zewnętrznym sygnałem prądowym 0-20 10^{-3} A oraz wewnętrznym napięciowym 0-10V lub -10V, 0, + 10V. Zakresy proporcjonalności regulatorów można nastawić w granicach 3-500%, czasy całkowania 6-4500s, czasy różniczkowania 1-1000s. Urządzenia systemu mogą być wykonywane z przeznaczeniem do pracy w typowych warunkach przemysłowych /temperatura +5 - +60°C, wilgotność 30-80%/, mogą też być produkowane wykonania specjalne na inne zakresy zmian temperatury i wilgotności.

Elementy systemu wykonywane są w postaci:

- modułów przystosowanych do wbudowania w typowe kasety 19",
- kaset 19" /paneli/ zawierających zestaw urządzeń jednego rodzaju,
- szaf mieszczących kasety,
- elementów pulpitytowych przystosowanych do wbudowania w pulpity mozaikowe.

Układy elektroniczne poszczególnych urządzeń realizowane są z wykorzystaniem liniowych układów scalonych nowoczesnych elementów półprzewodnikowych / tranzystory typu FET, MOSFET, triaki, elementy optoelektroniczne, tyrystory/ oraz wysokiej klasy elementów biernych.

3. System EFTRONIK

Podobnie jak system INTELEKTRAN-S, system EFTRONIK jest systemem elektronicznym, przeznaczonym do regulacji procesów wolnozmiennych [2]. Zawiera zestaw urządzeń, który pozwala na tworzenie zarówno prostych, klasycznych układów automatyki, jak również złożonych układów kompleksowych z zastosowaniem komputera do bezpośredniego sterowania cyfrowego /DDC/ lub do sterowania nadrzędnego [9].

System EFTRONIK bazuje na sygnale przesyłowym prądu stałego 4-20 10^{-3} A oraz sygnale wewnętrznym 1-5V.

System zawiera przetworniki pomiarowe /tensometryczne/, przetworniki wykonawcze elektropneumatyczne, regulatory i stacyjki analogowe, stacyjki komputerowe DDC, stacyjki komputerowe sterowania nadrzędnego oraz przyrządy pomocnicze klasy 38 [6].

Regulatory systemu posiadają możliwość nastawy wzmocnienia 0,1-100, czasu całkowania 0,6-3000s i czasu różniczkowania 0,12-600s [10].

Większość urządzeń wykonana jest w postaci wymiennalnych modułów przeznaczonych do zabudowy ściennej.

System ETRONIK produkowany jest przez P&P "MERA-PNEEAL" Warszawa.

4. System PNEEAL-3

System ten produkowany przez P&P "MERA-PNEEAL" Warszawa jest mało-gabarytowym systemem automatycznej regulacji bazującym na pneumatycznym sygnale przesyłowym zamartym w granicach 20-100kPa. Przystosowany jest do automatyzacji wielkich obiektów przemysłowych posiadających kilkadziesiąt obwodów regulacji i współpracujących z komputerem.

System zawiera regulatory skrzynkowe, tablicowe, stacyjki operacyjne i sterownicze, stacyjki regulacji stosunku, wskaźniki i integratory [7] , [10] .

Pszczególnie typy regulatorów oraz stacyjek operacyjnych tworzone są poprzez dobór odpowiednich zestawów typowych elementów takich jak: wskaźniki, nastawniki, moduły regulatora.

Zmiana wartości zadanej regulatora współpracującego z komputerem odbywa się w ten sposób, że sygnał z komputera po przetworzeniu na ciąg impulsów podany jest do silnika skokowego, który zmienia naciąg sprężyny nastawnika wartości zadanej.

Regulatory systemu umożliwiają uzyskanie zakresu proporcjonalności 12-600%, czasu całkowania 6-3000s i czasu różniczkowania 3-1500s.

5. System SAB

System SAB jest zbiorem aparatów operujących elektrycznym sygnałem analogowym [8] . Pozwala uzyskać układy regulacji stałowartościowej, kaskadowej, stosunku, układy regulacji z korekcją różniczkującą. Cechą charakterystyczną jest blokowa struktura regulatora oraz włączenie silownika do zestawu regulatora.

Silowniki zawierają silniki Ferrarisa, skokowe lub typowe asynchroniczne stałoprędkościowe.

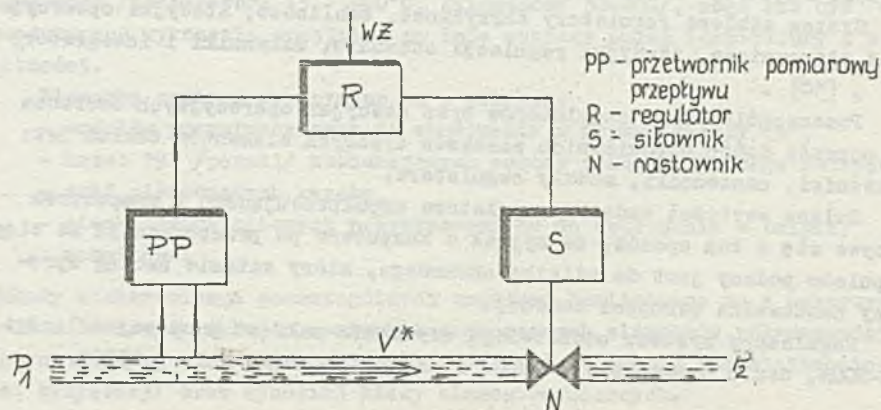
System operuje sygnałem zewnętrznym 0-20 10^{-3} A i sygnałem wewnętrznym -10V, 0, +10V.

System SAB posiada konstrukcję aparatowo-modułową i nie ma na razie możliwości współpracy z komputerem.

6. Charakterystyka układów regulacji automa- tycznej układów stacji uzdatniania wody

Zarówno w istniejących, jak również w nowo projektowanych stacjach uzdatniania wody można wyróżnić następujące podstawowe typy układów automatycznej regulacji:

6.1. Regulacja stażowartościowa przepływu cieczy

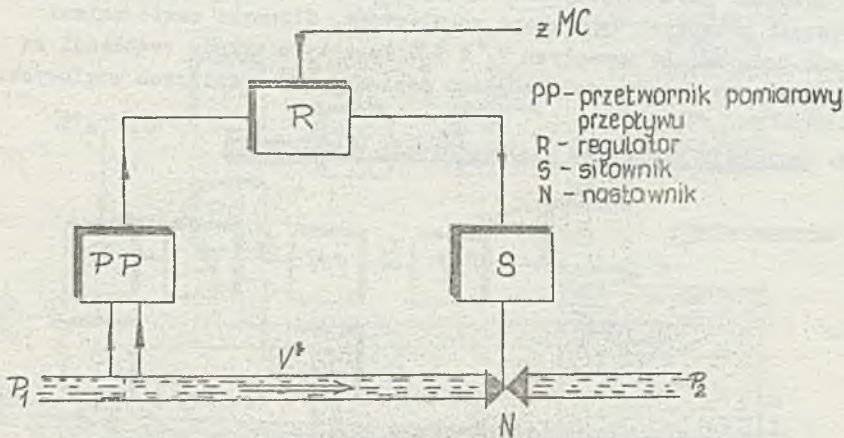


Rys.1. Układ regulacji stażowartościowej przepływu cieczy

W układzie tym wartość zadana utrzymywana jest na stałym poziomie. Regulator o charakterystyce dynamicznej PI. Regulator może być regulatorem ciągłym, ze względu jednak na operowanie dużymi przepływami, bardziej korzystny wydaje się jednak regulator krokowy. Silownik dużej mocy napędzający nastawnik /klapa lub zawór regulacyjny/.

Głównymi zakłóceniami występującymi w układzie będą zmiany ciśnienia P_1 /wolnozmiennie/ oraz zmiany oporów przepływu /również wolnozmiennie/. Niektóre z układów tego typu pracować będą tylko przez niewielką część doby /układy do płukania filtrów/.

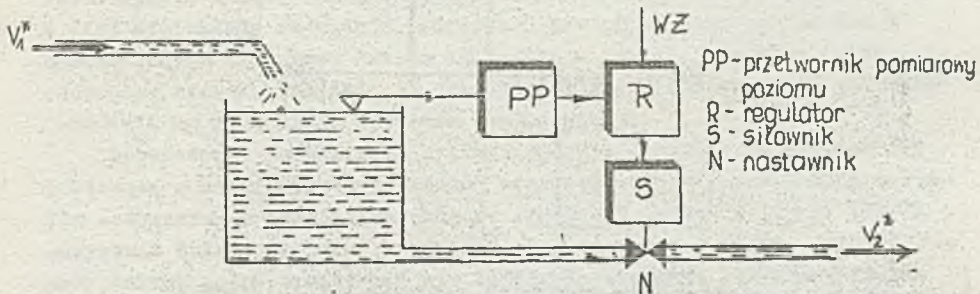
6.2. Sterowanie nadrzędno regulacji przepływu



Rys.2. Układ sterowania nadrzędnego regulacji przepływu

W układzie sterowania nadrzędnego wartością zadaną regulatora przepływu steruje maszyna cyfrowa. Układ regulacji musi być tak zaprojektowany, aby dobrze pracował przy częstych zmianach wartości zadanej. Regulator typu PI musi być wyposażony w urządzenia do współpracy z kanałem przemysłowym. Regulator może być regulatorem elektrycznym krokowym, regulatorem elektrycznym ciągłym, ale współpracującym z przetwornikiem elektropneumatycznym, może być również regulatorem z pneumatycznym sygnałem wyjściowym. Głównymi zakłóceniami będą zmiany ciśnienia P_1 i zmiany oporu hydraulicznego na drodze przepływu cieczy. Przykładem układów tego typu mogą być układy automatycznej regulacji wydajności filtrów kontaktowych.

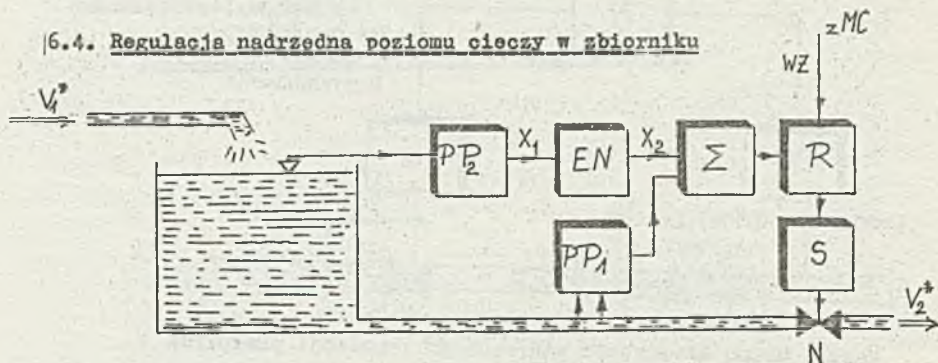
6.3. Regulacja stałowartościowa poziomu cieczy w zbiorniku



Rys.3. Układ regulacji stałowartościowej poziomu cieczy w zbiorniku

Wartość zadana układu utrzymywana jest na stałym poziomie. Regulator może być regulatorem dwupołożeniowym lub ciągłym o charakterystyce dynamicznej P. Siłownik elektryczny z silnikiem stałoprędkościowym lub siłownik pneumatyczny albo hydrauliczny. Nastawnik przepływu typu kłapa regulacyjna. Głównymi zakłóceniami układu będą zmiany przepływu V_1^* i V_2^* . Tego typu układy regulacji są stosowane dla utrzymywania stałego poziomu wody w filtrach węglowych.

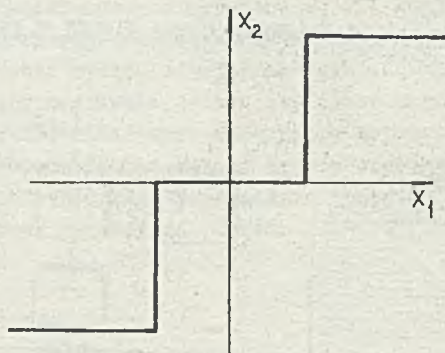
6.4. Regulacja nadrzędna poziomu cieczy w zbiorniku



PP₁ - przetwornik pomiarowy przepływu ; Σ - sumator
 PP₂ - przetwornik pomiarowy poziomu ; R - regulator
 EN - blok nieliniowy ; S - siłownik
 N - nastawnik

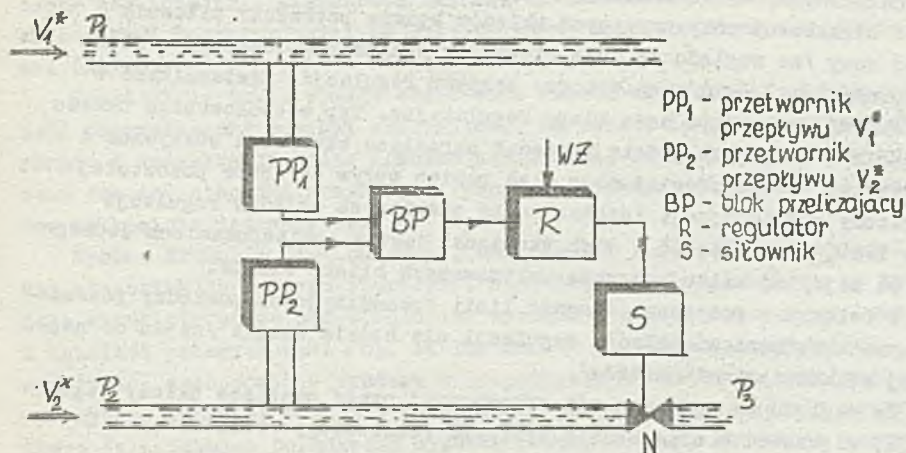
Rys.4. Układ regulacji nadrzędnej poziomu cieczy w zbiorniku.

W układzie tym wartość zadana poddawana jest do układu regulacji z maszyny cyfrowej współpracującej z procesem. W niektórych przypadkach w układzie tego typu będzie wymagany element nieliniowy /EN/.^{rys.5./} Po-
 zostaje wymogi i zalecenia takie same jak w układzie regulacji stało-
 wartościowej poziomu cieczy w zbiorniku /rys. 3/.



Rys.5. Charakterystyka statyczna elementu nieliniowego EN z układu regulacji nadrzędnej poziomu cieczy w zbiorniku.

6.5. Regulacja stosunku przepływów



Rys.6. Układ regulacji stosunku przepływów

Układ realizuje utrzymanie stałego stosunku przepływów $\frac{V_1^*}{V_2^*}$.

Regulator powinien posiadać charakterystykę PI. Regulator może być regulatorem krokowym lub regulatorem ciągłym. Potrzebna do sterowania moc w tego typu układach nie będzie zbyt duża /ze względu na mały przepływ V_2^* /.

Istnieje więc możliwość zastosowania różnego typu siłowników /w tym siłowników zmiennoprędkościowych/. Nastawnik przepływu może być zaworem regulacyjnym. Głównymi zakłóceniami w układzie będą zmiany ciśnień P_1 , P_2 i P_3 , a także zmiany oporów hydraulicznych na drodze przepływu /szczególnie oporu hydraulicznego na rurociągu B/. Układy regulacji tego typu będą spotykane najczęściej przy dozowaniu koagulantów do wody surowej.

Przedstawione układy regulacji są najczęściej spotykane w już istniejących i nowo projektowanych stacjach uzdatniania wody. Niektóre z nich, np. układy regulacji nadrzędnej przepływu, mogą występować w bardzo dużych ilościach /rzędu kilkuset/ w ramach jednego obiektu technologicznego. Tak duże ilości układów regulacji wykazują potrzebę bazowania na jednolitym systemie regulacyjnym.

Zastosowanie jednolitego systemu wpłynie dodatnio na serwisowość i bieżącą obsługę urządzeń układów regulacji. Do niekorzystnych warunków zewnętrznych omawianych układów regulacji należy zaliczyć przede wszystkim dużą wilgotność powietrza otaczającego, a także w niektórych przypadkach można spodziewać się istnienia wibracji podłoża oraz zakłóceń w postaci zmiennych pól elektromagnetycznych /w pobliżu kabli

energetycznych, kabli zasilających pompy, mieszadła itp./ [12] .

W większości rozpatrywanych układów będzie potrzebny siłownik o dużej mocy /ze względu na duże przepływy medium regulowanego/. Cechę tę należy uwzględnić przy wyborze systemu regulacji. Nastawnikami w większości przypadków będą kłapy regulacyjne. Typ zastosowanego układu siłownik - nastawnik będzie posiadał określone własności statyczne i dynamiczne, które również mogą mieć pewien wpływ na dobór pozostałej aparatury regulacyjnej. Istotną cechą omawianych układów regulacji jest fakt, że większość z nich skupiona jest w pomieszczeniach jednego lub po najwyżej kilku budynków usytuowanych blisko siebie.

W związku z powyższym długość linii transmisyjnych pomiędzy poszczególnymi urządzeniami układów regulacji nie będzie wielka /rzędu oo najwyższej kilkudziesięciu metrów/.

Ze względu na wagę funkcji wykonywanej przez omawiane układy regulacji, większość z nich będzie wymagała rezerwowego zasilania.

7. Analiza możliwości realizacji układów automatycznej regulacji obiektów stacji uzdatniania wody w oparciu o urządzenia rozpatrywanych systemów

Przeprowadzona w poprzednim rozdziale specyfikacja układów automatycznej regulacji wykazuje konieczność współpracy zastosowanego systemu z komputerem. Wymaganie to eliminuje z dalszych rozwiązań system SAB, w którym aktualnie współpraca z komputerem nie jest możliwa. System ten, przewidziany w zasadzie do regulacji małych obiektów energetycznych, nie zawiera również pełnego zestawu bloków przeliczających, co ogranicza możliwości tworzenia niektórych układów regulacji /np. niektórych typów układów regulacji stosunku/. Włączenie siłownika w zestaw regulatora wymaga dodatkowego określenia typów siłowników, które mogą z systemem współpracować. Współpraca niektórych siłowników szczególnie dużej mocy z systemem SAB może okazać się niekorzystna /np. gdy siłownik będzie posiadał duży wybieg/.

System EFTRONIK oparty jest na elektronicznym regulatorze ciągłym. System zapewnia bardzo dużo wariantów współpracy z maszyną cyfrową, ale w omawianych układach regulacji wykorzystane będą tylko regulatory lub stacyjki operacyjne, które powiązane są z komputerem nadrzędnym reżimem pracy.

Zastosowanie elektronicznego regulatora ciągłego jest niekorzystne w przypadku konieczności stosowania wykonawczej części układu regulacji o dużej mocy.

System EFTRONIK, przewidziany głównie do sterowania obiektami procesów chemicznych, w większości aktualnych zastosowań współpracował z siłownikami pneumatycznymi za pośrednictwem przetworników elektropneumatycznych.

Rozwiązanie takie wymaga stosowania dodatkowej /oprócz elektrycznej/ pneumatycznej energii zasilającej. Na podstawie przeprowadzonych rozmów i konsultacji można również stwierdzić, że szereg aparatów systemu /m. in. stacyjki komputerowe sterowania nadrzędnego/ nie są jeszcze całkowicie dopracowane.

System EFTRONIK, jak na razie, nie zawiera jeszcze typowych szaf czy stanowisk do montażu aparatury. Niemniej jednak ze względu na trwające aktualnie prace nad wdrożeniem systemu i nad współpracą systemu z kanałami przemysłowymi /np. PI lub Camac/ nie należy przekreślać możliwości zastosowania systemu w rozpatrywanych układach regulacji.

System PNEEAL-3 bazuje w zasadzie na pneumatycznym sygnale przesyłowym /z wyjątkiem połączenia systemu z komputerem/. Aktualnie pneumatyka w większości obiektów stacji uzdatniania wody nie jest stosowana. Niemniej należy bardzo poważnie rozpatrzyć możliwość zastosowania systemu PNEEAL-3, szczególnie w nowo projektowanych stacjach uzdatniania wody. Szczególnie należy tutaj podkreślić pewność działania, prostotę konserwacji i obsługi, a także niewrażliwość systemu o pneumatycznym sygnale wyjściowym na zakłócenia elektromagnetyczne. Istotną zaletą systemu PNEEAL jest również możliwość zastosowania siłowników pneumatycznych bez dodatkowych przetworników pośredniczących. Wadą przyjęcia systemu pneumatycznego jest potrzeba budowy stacji przygotowania powietrza. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że typowy układ zrealizowany na urządzeniach pneumatycznych jest około pięciokrotnie tańszy od analogicznego układu zbudowanego na urządzeniach elektrycznych względnie elektronicznych, koszt budowy i eksploatacji stacji przygotowania powietrza może być nieistotny.

Aktualnie najbardziej sprawdzonym i kompletnym systemem jest INTELEKTRAN-S. System ten opracowany został dla potrzeb energetyki. Pozwala na budowę bardzo złożonych i skomplikowanych układów regulacji.

W oparciu o moduły systemu można zbudować wszystkie omówione typy układów regulacji.

Umożliwia on współpracę z kanałem przemysłowym i tym samym z maszyną cyfrową w nadrzędnym układzie sterowania. Zawiera moduły pozwalające realizować zarówno regulatory ciągłe, jak i krokowe. Umożliwia więc współpracę z siłownikami elektrycznymi dużej mocy. Duże rozczłonkowanie systemu na bardzo elementarne moduły jest niewątpliwie dużą zaletą w przypadku tworzenia bardzo złożonych układów regulacji, ale występujących w niewielkich ilościach. Cecha ta wydaje się być jednak niekorzystna w przypadku układów regulacji występujących w stacjach uzdatniania wody. Struktura tego typu może powodować obniżenie niezawodności

ci systemu i zajmuje więcej miejsca na pulpitych dyspozytorskich. Niemniej na aktualnym etapie wdrożenia omawianych systemów INTELEKTRAN-S wydaje się być systemem nowoczesnym, najlepiej dopracowanym i najbardziej sprawdzonym w praktyce /układy regulacji oparte na INTELEKTRANDE-S pracują już w szeregu krajowych elektrowniach/.

System ten został wytypowany do nowo projektowanej stacji uzdatniania wody Dzieńkowice w założeniach techniczno-ekonomicznych projektu [1] .

Na podstawie przeprowadzonej analizy można wytypować trzy systemy automatycznej regulacji, które powinny podlegać dalszym badaniom nad możliwością zastosowania ich w obiektach stacji uzdatniania wody: EFTRONIK, PNEEAL-3, INTELEKTRAN-S. Mimo, że aktualnie najbardziej kompletny i dopracowany jest system INTELEKTRAN-S, należy badać również pozostałe dwa systemy, szczególnie system PNEEAL-3.

LITERATURA

- [1] Pomoc autorska przy wdrażaniu pracy pt. "Studia nad systemem optymalnego kompleksowego sterowania rozrzędu wód w systemie wodno-gospodarczym GOP". Praca niepublikowana /W-4/RAU-4/78/ Instytut Automatyki, Gliwice, 1978.
- [2] Interface stacyjek operacyjnych EFTRONIK - niepublikowana. OBR Automatyki Przemysłowej MERA-PNEEAL, Warszawa, 1978.
- [3] Biuletyn URS. Zbiór kart informacyjnych. Elementy Automatyki Systemu URS VIII/77. Dział Wydawnictw i Dokumentacji - CENTRUM-MERA-ELWRO, Wrocław 1977.
- [4] Biuletyn URS. Zbiór kart informacyjnych. Elementy Automatyki Systemu URS - III - M X/77. Dział Wydawnictw i Dokumentacji CENTRUM-MERA-ELWRO, Wrocław 1977.
- [5] Opis systemu INTELEKTRAN-S - niepublikowana. Dział Wydawnictw i Dokumentacji CENTRUM-MERA-ELWRO, Wrocław 1978.
- [6] Elementy Automatyki systemu EFTRONIK. Przyrządy pomocnicze kl.38. Wydanie I. CKSAiP MERA-Elwro, Wrocław 1978.
- [7] Dzwonkowski J., Hupert A.: Pneumatyczny system automatycznej regulacji PNEEAL-3. Biuletyn MERA. Warszawa.
- [8] Cieślak B., System Automatyki Blokowej. Instrukcja projektowania układów automatycznej regulacji. MERA-ZAP-MONT. Pracownia Projektowo-Technologiczna Automatyki, Ostrów Wielkopolski 1977.

- [9], Syrzycki A.: Zagadnienia niezawodności /dyspozycyjności/ złożonego systemu cyfrowo-analogowego w warunkach sterowania obiektem technologicznym. Referat wygłoszony na Seminarium Urządzeń i Układów Automatyki - Gliwice 1978.
- [10], Karty katalogowe systemów INTELEKTRAN-S, PNEFAL-3, EFTRONIK.
- [11], Konsultacje przeprowadzone w OBR PAP MERA-PNEEAL, Warszawa /Doc. Zarzycki/ w CENTRUM MERA-ELWRO, Wrocław /mgr Jagoszewski, mgr Olejnik/.
- [12], Wolski A.: Projekt i analiza układów regulacji filtrów w stacji wodociągowej Kobiernice. Praca magisterska - niepublikowana, Gliwice 1976.

АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ВОДОПРОВОДНОЙ СТАНЦИИ

В докладе рассматриваются следующие системы:

-3 а также АВ. Показаны важнейшие схемы управления применяемые на станции. Приведён анализ возможности применения этих схем с использованием перечисленных систем.

ANALYSIS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR THE WATER POLLUTION CONTROL STATIONS

In this paper the control systems Intelektran-S, Eftronik, Pnefal-3 and SAB are discussed. The specification of the most important control loops in the water pollution control stations is considered. The possibility of accomplishment these control loops by means of these devices are discussed.