

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW  
MERA-PIAP  
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OŚRODEK AUTOMATYKI MECHANICZNEJ

442

BE 10

Główny wykonawca doc. dr inż. Andrzej Serwach

AS

Wykonawcy Andrzej Serwach

Konsultant

Nr zlecenia 1759

Opracowanie i wdrożenie nowych  
środków automatyki węzłów cieplnych.  
Aneks do etapu 2.2 - Ramowy projekt  
akumulacyjnego układu automatyki  
węzła grupowego.

Zlecniodawca OBRC-SPEC

Pracę rozpoczęto dnia sierpień 1985r.

zakończono dnia wrzesień

Kierownik Ośrodka

Z-ca Dyr. ds Automatyki 1985r.

mgr inż. Janusz Jórczak

dr inż. Tadeusz Gałązka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 20

Egz. 1 BOINTE

rysunków 2

Egz. 2 OBRC-SPEC

fotografii -

Egz. 3 OBRC-SPEC

tabel -

Egz. 4 OBRC-SPEC

tablic 1

Egz. 5 OBRC-SPEC

załączników -

Egz. 6 OAM

Nr rejestr. 5466

Analiza deskryptorowa WĘZŁY CIEPLNE + REGULACJA AUTOMATYCZNA + UKŁADY  
MIKROPROCESOROWE

**Analiza dokumentacyjna** Praca zawiera ramowy projekt wielofunkcyjnego układu automatyzacji grupowego węzła cieplnego. Podstawowym elementem tego układu automatyki jest czterokanałowy regulator mikroprocesorowy produkcji MERA-PNEFAL. Układ ma dwie istotne cechy: wykorzystanie efektu akumulacji ciepła w budynkach przyłączonych do węzła oraz kaskadową strukturę układu regulacji centralnego ogrzewania.

**Tytuły poprzednich sprawozdań**

Serwach A. i inni: Opracowanie i wdrożenie nowych środków automatyki węzłów cieplnych. Etap 1 - Analiza stosowanych układów automatycznej regulacji węzłów cieplnych i parametrów regulatorów. Sprawozdanie MERA-PIAP nr rej. 4929, Warszawa, grudzień 1982r.

Jabłkowski J., Serwach A.: Opracowanie i wdrożenie nowych środków automatyki węzłów cieplnych. Etap 2.1 - Koncepcja regulatorów mikroprocesorowych dla węzłów cieplnych w budownictwie mieszkalnym wielorodzinnym. Sprawozdanie MERA-PIAP nr rejestr. 5122, Warszawa, grudzień 1983r.

Serwach A. i inni: Opracowanie i wdrożenie nowych środków automatyki węzłów cieplnych. Etap 2.2 - Oprogramowanie sterownika mikroprocesorowego PI pełniącego rolę modelu funkcjonalnego regulatorów wg koncepcji z etapu 2.1. Etap 2.3 - Kompletacja zestawu PI pełniącego rolę modelu funkcjonalnego i badania laboratoryjne. Sprawozdanie MERA-PIAP nr rejestr. 5406, Warszawa, czerwiec 1985r.

UKD

PIAP-252/83-6000

65.011,56 Automatyzacja  
681,125 Ciepło - pomiary pomiarowe

## 1. WSTĘP

W trakcie realizacji umowy nr 1402/81 między OBRC-SPEC i MERA-PIAP /zadanie 4.4.2-03 z PR-8/, dotychczas opracowano dwa układy automatyzacji węzłów cieplnych, wykorzystujące efekt akumulacji ciepła w budynku:

- układ z prostym regulatorem dwustawnym np. RE-7 i bezpośrednim pomiarem temperatury wewnętrznej w czterech wybranych pomieszczeniach budynku,
- układ ze specjalistycznym sterownikiem mikroprocesorowym TSB /Termiczny Symulator Budynku/.

Oba te układy wykorzystują nową odmianę regulatorów różnicy ciśnień ze zdalnym sterowaniem elektrycznym BRU/E jako element wykonawczy. Szczegółowy opis konstrukcji układów, a także wykaz zalet i wad, zamieszczono we wcześniejszych sprawozdaniach /patrz rewers strony tytułowej tego sprawozdania/, gdzie odsyła się zainteresowanych czytelników. Tutaj podkreśla się jedynie, że są one przeznaczone do automatyzacji węzłów indywidualnych w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym.

Coraz powszechniejsze stosowanie węzłów grupowych, zasilających po kilkanaście budynków /nierzadko całe osiedla/, powoduje konieczność opracowania akumulacyjnego układu regulacji również dla tej odmiany stacji przetwarzania parametrów sieciowych na parametry instalacji wewnętrznych budynków /chodzi oczywiście o parametry czynnika grzejącego/.

Prosta adaptacja układów wcześniej opracowanych nie jest możliwa, bowiem zastosowanie dwustawnej regulacji c.o. w węzłach

dużej mocy /rzędu nawet kilkunastu MW/ spowodowałyby najprawdopodobniej niedopuszczalne zakłócenia w pracy sieci ciepłej.

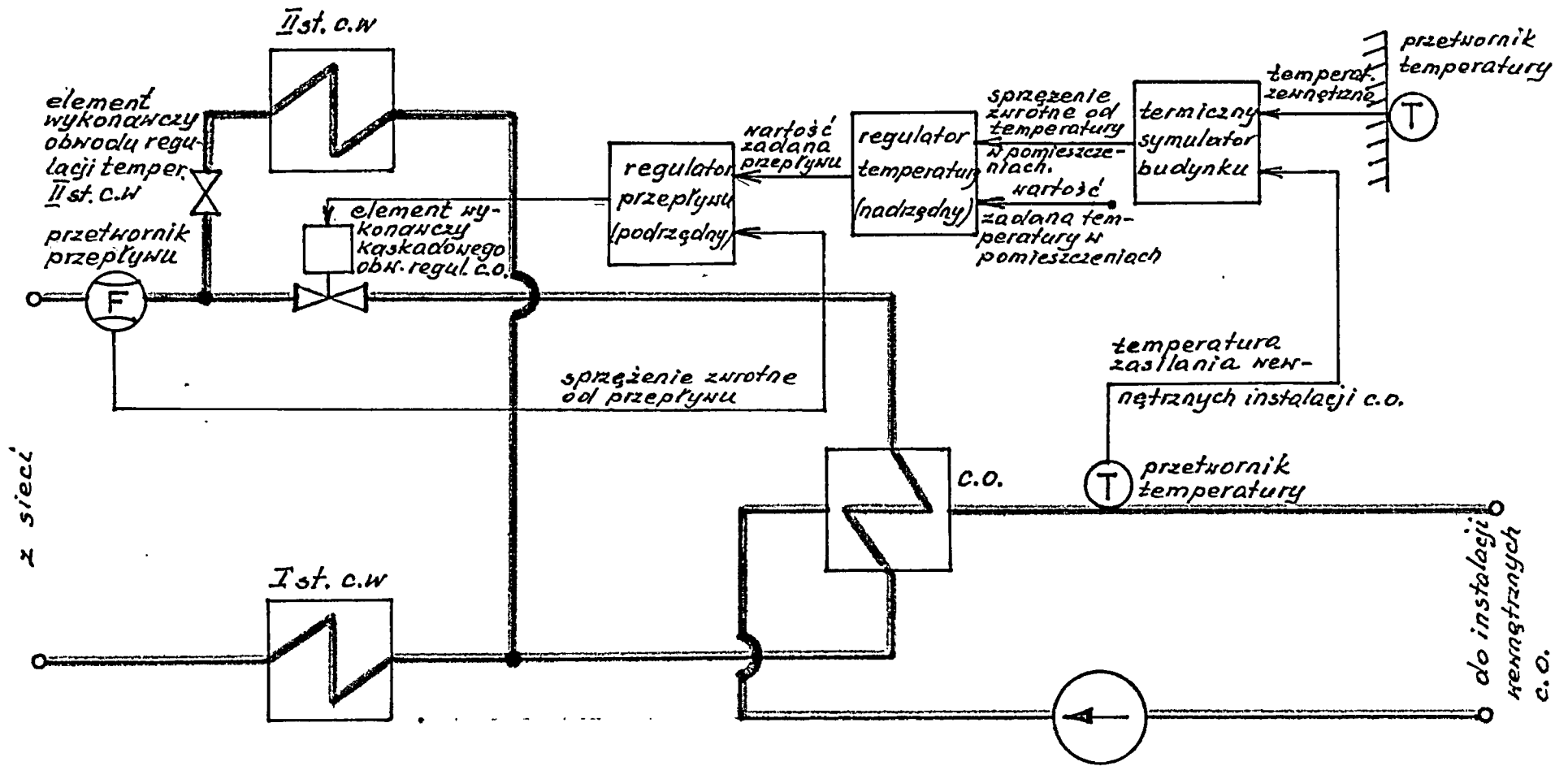
Wyjściem z sytuacji jest w tym przypadku zastosowanie szczególnego rodzaju regulacji kaskadowej, gdzie obwodem wiodącym jest obwód regulacji temperatury średniej w pomieszczeniach budynków, natomiast obwodem podrzędnym jest obwód automatycznej regulacji sumarycznego przepływu czynnika grzejącego przez węzeł grupowy. Ramowy projekt takiego układu regulacji przedstawiono w tym sprawozdaniu.

## 2. ZASADA DZIAŁANIA UKŁADU REGULACJI KASKADOWEJ WĘZŁA CIEPŁNEGO.

Na początku tego rozdziału trzeba zaznaczyć, że zasada bezpośredniego pomiaru temperatury w wybranych pomieszczeniach, uciążliwa w realizacji dla węzła indywidualnego, jest raczej zupełnie wykluczona w przypadku węzła grupowego, oczywiście z powodów czysto praktycznych. Dlatego dalej rozpatruje się wyłącznie wariant układu z termicznym symulatorem budynku, gdzie sprzężenie zwrotne w obwodzie wiodącym pochodzi nie od rzeczywistej lecz od symulowanej temperatury średniej wewnątrz budynków zasilanych z węzła.

Na rys.1 przedstawiono uproszczony schemat technologiczny węzła szeregowo-równoległego /konfiguracja wyłącznie stosowana w węzłach grupowych/ z naniesionym schematem ideowym kaskadowego układu regulacji. Sygnałami wejściowymi do układu są:

- temperatura zewnętrzna,
- temperatura zasilania wewnętrznych instalacji c.o.
- przepływ całkowity wody sieciowej przez węzeł.



Rys. 1 - Schemat ideowy kaskadowego układu regulacji węzła grupowego.

- nastawialna wartość zadana temperatury w pomieszczeniach budynków zasilanych z węzła.

Podstawowe bloki funkcyjne układu są następujące:

- termiczny symulator budynku,
- regulator temperatury,
- regulator przepływu.

Termiczny symulator budynku rozwiązuje na bieżąco równanie różniczkowe opisujące dynamikę wymiany ciepła w budynku /patrz rozdz.3 sprawozdania nr rej.5406/, generując sygnał średniej temperatury wewnątrz pomieszczenia jako odpowiedź na zmiany bieżące wielkości wejściowych: temperatury zewnętrznej i temperatury zasilania wewnętrznych instalacji c.o. Parametry modelu matematycznego powinny być dopasowane do tego budynku, który ma najmniejszą stałą czasową spośród zasilanych z danego węzła. Wówczas układ kompensując zmiany temperatury wewnętrznej zachodzące najszybciej tym bardziej ma szansę skompensować zmiany zachodzące wolniej /patrz artykuł dr Sokołowa i inn. w *Tiepłoeniergetyce* nr 3/1985 str.50-56/.

Obliczona w modelu symulacyjnym średnia temperatura wewnętrzna w pomieszczeniach jest używana jako sygnał sprzężenia zwrotnego w stałowartościowym regulatorze temperatury. Sygnał wyjściowy z regulatora temperatury jest wartością zadaną regulatora przepływu, dla którego sygnałem sprzężenia zwrotnego jest przepływ sumaryczny przez węzeł. Sygnał wyjściowy z regulatora przepływu steruje serwośiłownikiem napędzającym zawór regulacyjny umieszczony w obwodzie sieciowym c.o. Takie usytuowanie elementu wykonawczego zapewnia poprawne działanie układu regulacji ciepłej wody niezależnie od stanu pracy kaskadowego

układu regulacji centralnego ogrzewania.

Efektom działania opisanego układu są bardzo powolne, łagodne zmiany sumarycznego przepływu wody sieciowej przez węzeł, przy utrzymaniu temperatury w pomieszczeniach w żądanym przedziale.

W rozdziale 4 sprawozdania nr rej.5406 wykazano, że do regulacji temperatury w budynku nadają się praktycznie tylko dwa najprostsze algorytmy: regulator dwustawny i proporcjonalny. Zatem jako regulator nadrzędny w układzie kaskadowym powinien być stosowany algorytm P. Wówczas układ ma tę cechę, że wahania przepływu przez węzeł w ciągu doby są tym mniejsze im większy jest zakres proporcjonalności regulatora wiodącego, ale zwiększenie tego zakresu powoduje zwiększenie błędu regulacji temperatury. Dlatego trzeba arbitralnie wybierać czy w konkretnym zastosowaniu ważniejsza jest minimalizacja wahań przepływu, czy też dokładność regulacji temperatury w pomieszczeniach i stosownie do tego dobierać zakres proporcjonalności regulatora wiodącego.

Dla potwierdzenia powyższych wniosków przeprowadzono badania symulacyjne w modelu węzła cieplnego z ul. Czumy 2 w Warszawie. Na tym modelu badano wcześniej inne układy regulacji węzłów cieplnych, a także tam właśnie prowadzone są ciągłe badania fizyczne. Symulowano zachowanie się układu regulacji kaskadowej w tzw. dniu przejściowym /patrz wcześniejsze sprawozdania/. Najistotniejsze wyniki zestawiono w tablicy 1.

TABLICA 1

Dobowe wahania przepływu przez węzeł i średniej temperatury  
w pomieszczeniach przy regulacji kaskadowej węzła z ul. Czumy 2  
w Warszawie /badania symulacyjne/.

Zakres pro- porcjonalności regulatora wio- dącego [K]	Wahania temperatury w pomieszczeniach [°C]		Wahania przepływu przez węzeł [% wartości oblicze- niowej]		Wartość obli- czeniowa prze- pływu przez węzeł [m <sup>3</sup> /h]
	max	min	max	min	
0,5	18,354	18,040	98,34	57,68	8,68
1,0	18,552	18,183	93,63	70,67	8,68
2,0	18,848	18,458	91,23	79,58	8,68



### 3. REALIZACJA TECHNICZNA UKŁADU KASKADOWEGO

W aspekcie funkcjonalnym układ kaskadowy może być stosowany w każdym węźle indywidualnym bądź grupowym, niezależnie od jego mocy cieplnej. Trzeba jednak podkreślić, że stosowanie go w węzłach indywidualnych byłoby jaskrawym przykładem braku gospodarności. Po prostu układ kaskadowy musi być zawsze o wiele droższy niż zaproponowany wcześniej układ regulacji dwustawnej /typowy przetwornik przepływu, stanowiący tylko jedno ze źródeł sygnałowych w układzie kaskadowym, kosztuje drożej, niż cały układ przekaźnikowy zawierający regulator BRU/E, regulator RE-7 i cztery czujniki TOPO-31/M/. Dlatego realizacja techniczna może faktycznie dotyczyć tylko węzłów grupowych.

Ograniczenie zastosowania do węzłów grupowych sprawia, że roczne zapotrzebowanie na takie układy w najlepszym przypadku będzie się kształtowało na poziomie kilkudziesięciu kompletów /przynajmniej dotyczy to najbliższego dziesięciolecia. To wyklucza sensowność opracowania i wdrożenia specjalizowanego sprzętu. Pozostaje zatem do wykorzystania ogólnodostępny uniwersalny sprzęt automatycznej regulacji.

Ponad to, z powodów wyjaśnionych w sprawozdaniu nr rej. 5406, elektroniczny symulator budynku ma szansę być zrealizowany jedynie w technice mikroprocesorowej. Zatem układ może być praktycznie zrealizowany za pomocą uniwersalnego sterownika mikroprocesorowego przystosowanego do automatycznej regulacji wolnozmiennych procesów ciągłych.

Dotychczas na rynku krajowym nie były dostępne takie urządzenia, ale obecnie MERA-PNEFAL kończy przygotowania do uruchomienia produkcji czterokonałowego regulatora mikroproce-

-sorowego EFTRONIK M typ U484 /wypuszczenie pierwszej serii produkcyjnej zaplanowano na czerwiec 1986r./, który znakomicie nadaje się do zastosowania w omawianym układzie, jako jego część centralna. Własności techniczne tego urządzenia /głównie wielokanałowość/ pozwalają przy tym zrealizować na jednym aparacie wszystkie podstawowe układy regulacji węzła grupowego tzn. oprócz kaskadowego układu dla c.o., również układ regulacji temperatury II st. c.w., oraz układ automatycznego uzupełnienia przecieków instalacji wewnętrznej, a także dodatkowo pomiar ilości ciepła zużywanego przez węzeł.

Szczegółowy opis regulatora U-484 jest podany w karcie informacyjnej wydanej przez producenta i tutaj go się nie przytacza.

Dlatego czytelnik przed lekturą dalszej części sprawozdania powinien się zapoznać z wspomnianą kartą informacyjną.

Na rys. 2 jest przedstawiony schemat blokowy struktury programowej regulatora U-484, użytego w charakterze części centralnej układu kompleksowej automatyzacji węzła grupowego. W górnym lewym rogu każdego bloku wpisano numer funkтора, w dolnym lewym rogu numer realizowanego przez funkтор algorytmu, a pozostałe pole jest przeznaczone na symboliczny zapis typu algorytmu. Jeżeli uznać, że poszczególne kanały regulatora są przypisane funktorom realizującym algorytmy regulacji, to pierwszy kanał wykorzystano tutaj do symulacji dynamiki budynku, drugi do realizacji regulatora kaskadowego c.o., trzeci jako regulator temperatury II st.c.w., a czwarty jako regulator dwustawny ciśnienia w obwodzie uzupełniania przecieków.

Dodatkowo na funktorach drugiej warstwy zrealizowano licznik ciepła.

Termiczny symulator budynku, rozwiązujący na bieżąco równanie /2/ ze sprawozdania nr arch.5406, zrealizowano na funktorach G11, G12, G13, G21, G22 i G31. Obliczana średnia temperatura wewnętrzna w budynku "wzorcowym" jest sygnałem wyjściowym z funkтора G31.

Wejściem dla funkтора G11 jest sygnał z przetwornika temperatury zasilania instalacji wewnętrznej c.o. dołączony do WEAN1.

Nastawy parametrów tego funkтора są następujące /algorytm nr 12/:

$$K_1 = 2 a_1 \alpha$$

$$K_2 = 0$$

gdzie:

$$a_1 = \frac{T_{wemax} - T_{wemin}}{T_{pmax} - T_{pmin}}$$

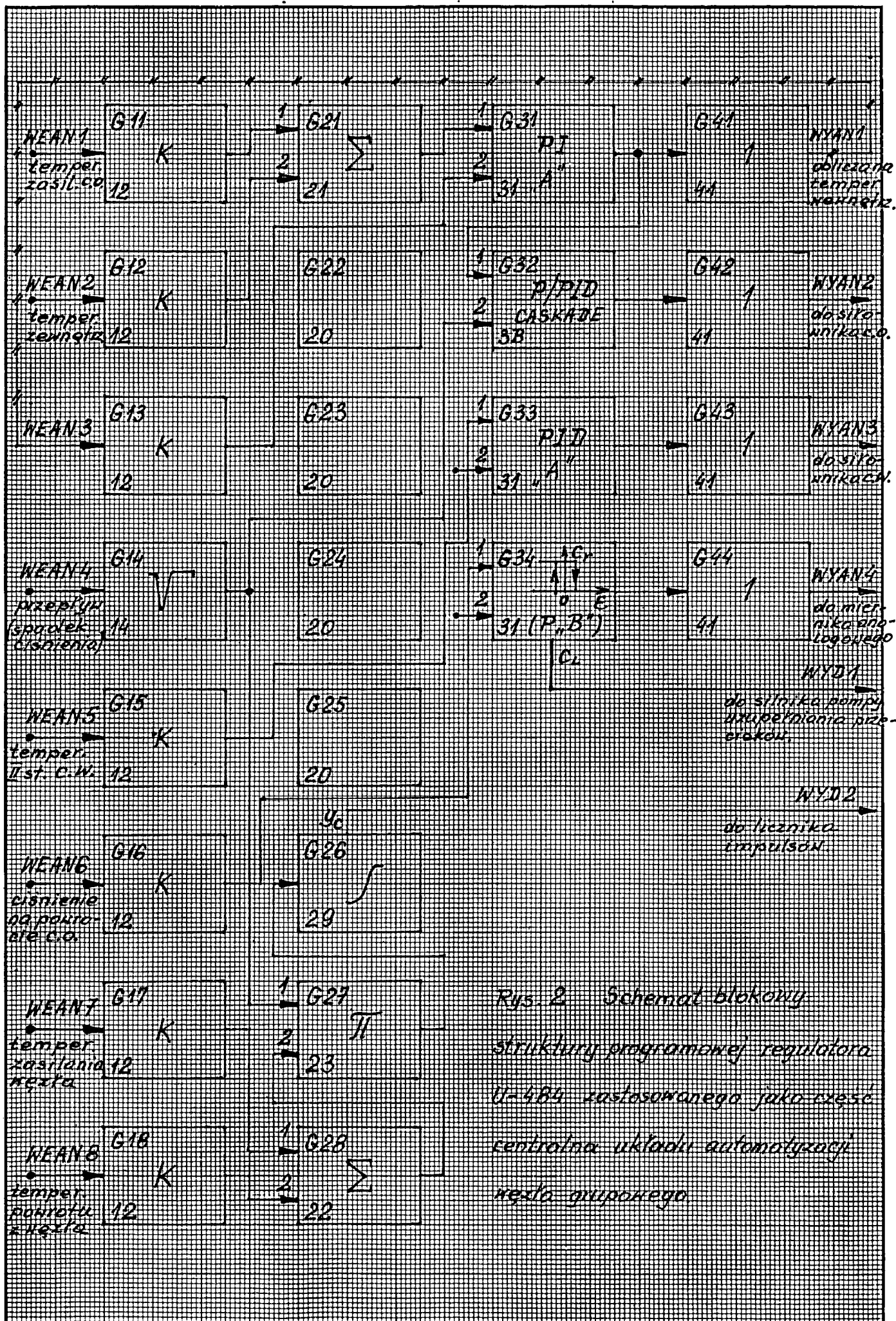
$T_{wemax}$  - górna wartość zakresu pomiarowego przetwornika temperatury zasilania instalacji wewnętrznej c.o.,

$T_{wemin}$  - dolna wartość zakresu pomiarowego przetwornika temperatury zasilania instalacji wewnętrznej c.o.

$T_{pmax}$  - górna wartość założonego zakresu obliczeniowego temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach,

$T_{pmin}$  - dolna wartość założonego zakresu obliczeniowego temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach,

$\alpha$  - współczynnik skuteczności grzania /patrz rozdz.3 sprawozdania nr rej.5406/.



Rys 2 Schemat blokowy struktury programowej regulatora U-484 zastosowanego jako część centralna układu automatyzacji węzła grupowego

Wyjście z funkatora G11 jest podane na wejście X1 funkatora G21.

Wejściem dla funkatora G12 jest sygnał z przetwornika temperatury zewnętrznej dołączony do WEAN2. Nastawy parametrów tego funkatora /algorytm nr 12/ są następujące:

$$K1 = 2 a_2$$

$$K2 = 0$$

gdzie:

$$a_2 = \frac{T_{zmax} - T_{zmin}}{T_{pmax} - T_{pmin}}$$

$T_{zmax}$  - górna wartość zakresu pomiarowego przetwornika temperatury zewnętrznej,

$T_{zmin}$  - dolna wartość zakresu pomiarowego przetwornika temperatury zewnętrznej.

Wyjście z funkatora G12 jest podane na wejście X2 funkatora G21.

Nastawy parametrów funkatora G21 /algorytm 21/ są następujące:  $K1=1$ ;  $K2=0$ .

Wyjście z tego funkatora jest podane na wejście X1 funkatora G31.

Wejściem dla funkatora G13 jest sygnał obliczeniowej temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach z WYAN1 podawany na WEAN3. Dla zaznaczenia, że połączenie między WYAN1 i WEAN3 jest hardware /kablem/ odnośną linię sygnałową na schemacie blokowym rys.2 zakreskowano. Nastawy parametrów tego funkatora /algorytm nr 12/ są następujące:

$$K1 = 1 + \partial e$$

$$K2 = 0$$

Wyjście z funkatora G13 jest podawane na wejście X2 funkatora G31.

Funktor G31 pełni w tym obwodzie rolę członu całkującego, jednakże nie można w tym celu użyć algorytmu regulatora I gdyż maksymalna stała czasowa całkowania w takim przypadku wynosi  $K2_{max} = 60$  min podczas gdy symulować trzeba stałą czasową budynku, która wynosi kilkadziesiąt godzin. Wyjściem z sytuacji jest zastosowanie algorytmu PI. Wówczas, możliwa do uzyskania, maksymalna stała czasowa wynosi  $K2_{max}/K1_{min} = 100$  h. Oczywiście w tym przypadku całkowanie odbywa się z błędem pochodzącym od poprawki proporcjonalnej, lecz jest to błąd pomijalny pod warunkiem, że zawsze nastawia się minimalną wartość współczynnika proporcjonalności  $K1 = 0,01$ . Zatem nastawy dynamiczne funkatora G31 /algorytm nr 31, wariant "A"/ są następujące:

$$K1 = 0,01$$

$$K2 = 0,6 \tau [h]$$

$$K3 = 0,05 \text{ /wyłączone różniczkowanie/}$$

gdzie  $\tau$  - stała czasowa budynku w godzinach /patrz rozdz.2 sprawozdania nr rej.5406/. Natomiast warunek początkowy powinien być ustawiony na poziomie temperatury żądanej w pomieszczeniach

$$SP = \frac{T_{pn} - T_{pmin}}{T_{pmax} - T_{pmin}}$$

gdzie  $T_{pn}$  - żądana średnia temperatura wewnętrzna w pomieszczeniach. Wyjście z funkatora G31 jest podane na wejście funkatora G41 i jednocześnie na wejście X1 funkatora G32 jako sygnał

sprzężenia zwrotnego od temperatury w nadrzędnej pętli regulatora kaskadowego.

Funktor G41 realizuje algorytm powtórzenia /nr 41/, a jego wyjście jest podane na WYAN1 i służy do hardwarowej realizacji sprzężenia zwrotnego od temperatury obliczanej, wynikającego ze struktury modelu matematycznego budynku.

Regulator kaskadowy c.o. jest zrealizowany na funktorach G14, G32 i G42 tworzących drugi kanał regulatora U484.

Wejściem dla funktora G14 jest sygnał spadku ciśnienia na zwężce pomiarowej /przyjęto ten wariant pomiaru przepływu jako najbardziej popularny i najrealniejszy do zastosowania w omawianym układzie/ podawany na WEAN4. Nastawy parametrów tego funkтора są następujące /algorytm nr 14/:

$$K1 = \frac{K_{vz} \sqrt{\Delta P_{max}}}{\dot{V}_{dop}}$$

$$K2 = 0$$

gdzie:

$K_{vz}$  - przewodność hydrauliczna zwężki pomiarowej,

$\Delta p_{max}$  - maksymalny spadek mierzonego ciśnienia na zwężce /odpowiadający maksymalnemu sygnałowi wyjściowemu ze zwężki/,

$\dot{V}_{dop}$  - maksymalny dopuszczalny przepływ objętościowy przez węzeł.

Oczywiście przewodność zwężki należy dobierać tak aby  $K1 = 1$ . Wyjście z tego funkтора jest podane na wejście X2 funkтора G32 jako sygnał sprzężenia zwrotnego od przepływu w podrzędnym obwodzie regulatora kaskadowego.

Funktor G32 realizuje algorytm regulatora kaskadowego /nr 3B/. Nastawa wartości zadanej SP w obwodzie nadrzędnym regulacji temperatury jest identyczna jak nastawa wartości początkowej w funktorze G31. Nastawy parametrów regulatora nadrzędnego są następujące:

$$K1 = \frac{T_{pmax} - T_{pmin}}{\Delta T_p}$$

$K2 > 60$  /wyłączone całkowanie/

$K3 < 0,05$  /wyłączone różniczkowanie/

gdzie  $\Delta T_p$  [K] - zakres proporcjonalności wiodącego regulatora temperatury. Nastawy parametrów regulatora podrzędnego  $K4$ ,  $K5$  i  $K6$  powinny być dobierane eksperymentalnie na obiekcie wg znanych zasad.

Wyjście z funktora G32 jest przez funktor G42 przekazywane na WYAN2, który to sygnał steruje serwośiłownikiem napędzającym zawór regulacyjny w obwodzie sieciowym c.o. Przy tym, jeżeli wzrost sygnału WYAN2 powoduje zamykanie zaworu regulacyjnego to wówczas należy zastosować w funktorze G42 algorytm powtórzenia /nr 41 - jak na rys.2/, natomiast w przypadku przeciwnym powinien być stosowany algorytm nr 42.

W trzecim kanale na funktorach G15, G33 i G43 z wykorzystaniem WEAN5 i WYAN3 zrealizowano regulator temperatury II st. c.w. Skalowanie tego obwodu jest zadaniem trywialnym i nie omawia się go tutaj.

Zaznaczyć tylko warto, że nastawy dynamiczne  $K1$ ,  $K2$ ,  $K3$  funkтора G33 najpraktyczniej jest dobierać eksperymentalnie na obiekcie.



Ponadto zaznacza się, że uwaga odnośnie do wyboru algorytmu funkтора G42 dotyczy również funkтора G43.

W czwartym kanale, na funktorach G16, G34 i G44 z wykorzystaniem WEAN6, WYAN4 i WYD1, zrealizowano regulator dwustawny ciśnienia na powrocie instalacji wewnętrznej c.o., załączający lub wyłączający silnik pompy uzupełniania przecieków /ubytek wody w wewnętrznej instalacji c.o. na skutek przecieków objawia się spadkiem ciśnienia na powrocie z tej instalacji/. Również w tym przypadku skalowanie jest czynnością standardową i nie omawia się tego tutaj. Wyjaśnienia wymaga natomiast sposób realizacji algorytmu regulatora dwustawnego za pomocą funkтора G34. Otóż wykorzystano do tego celu tor logiczny sygnalizacji z histerezą przekroczenia zadanej wartości sygnału błędu. Użyto sygnał  $C_L$  generujący jedynekę logiczną gdy sygnał błędu spada poniżej wartości zadanej. W przypadku jeżeli wartość zadana przekroczenia dobierze się tak, że wynosi ona minus połowę histerezy to otrzymuje się klasyczny algorytm regulatora dwustawnego. Sygnał logiczny  $C_L$  jest podany na wyjście przekaźnikowe WYD1 użyte do sterowania stycznikiem silnika pompy uzupełniania przecieków. Część analogowa algorytmu funkтора jest niepotrzebna do realizacji pętli regulacyjnej, ale stosując wariant algorytmu nr 31 "B" z wyłączonym całkowaniem i różniczkowaniem uzyskuje się na wyjściu G34 i co za tym idzie na WYAN4 sygnał proporcjonalny do ciśnienia na powrocie c.o., który można wykorzystać podając go np. na wskaźnik analogowy. Korzystanie z tego wyjścia nie jest jednak obligatoryjne.

Dodatkowo na funktorach G17, G18, G26, G27 i G28 z wykorzystaniem WEAN7, WEAN8 i WYD2 zrealizowano licznik ciepła. Sygnały z przetworników temperatury zasilania i powrotu podane przez WEAN7 i WEAN8 oraz funktry G17 i G18 na wejścia G28 są tam odejmowane.

Różnica temperatury jest mnożona w funktorze G27 przez przepływ /wykorzystanie sygnału z wyjścia G14/ i ten iloczyn czyli moc cieplna jest całkowany w funktorze G26 /algorytm nr 29/. Wyjście dyskretne  $y_c$  z funktora G26 jest ciągiem impulsów, które przez WYD2 można podać na dowolny licznik impulsów. Ich liczba jest proporcjonalna do ilości zużytego przez węzeł ciepła. Problemów skalowania tak zrealizowanego licznika ciepła nie omawia się tutaj. Trzeba tylko zaznaczyć, że maksymalna wartość sygnału z wyjścia funktora G14 odpowiada  $\dot{V}_{dop}$ , a nie zakresowi pomiarowemu przetwornika przepływu.

Opisana wyżej struktura programowa części centralnej układu automatyzacji węzła grupowego została opracowana przy milczącym założeniu, że jest to układ autonomiczny. Tym nie mniej regulator U484 jest wyposażony w kanał transmisji szeregowej, do komunikacji z komputerem nadrzędnym.

Kanał ten może być używany do przekazywania danych o stanie węzła, jeżeli w sieci cieplnej zainstalowano system telemetryczny CRPD, ale może być również wykorzystany w takim przypadku do sterowania regulatorem kaskadowym na okoliczność lepszego kojarzenia szczytów energetycznych z cieplnymi.

Najprościej można to sterowanie zrealizować zwiększając zdalnie /z komputera nadrzędnego/ wartość zadaną w funktorze G32

we wszystkich układach regulacji węzłów.

Wówczas regulatory przesterują przepływ w każdym węźle na poziom maksymalny dopuszczalny co umożliwi łatwy odbiór ciepła wyprodukowanego w nadmiarze w szczycie elektrycznym.

Oczywiście po minięciu szczytu energetycznego wartość zadana powinna być z powrotem przesterowana na poziom normalny.

Regulator U-484 może współpracować z różnymi przetwornikami i serwośilownikami, oczywiście pod warunkiem dopasowania wejść/wyjść. Dlatego podane niżej omówienie urządzeń realizujących wyjścia i wejścia obiektowe należy traktować przykładowo, a nie obligatoryjnie. W omówieniu uwzględniono wyłącznie urządzenia produkowane w kraju.

Do pomiaru temperatury zewnętrznej powietrza można użyć czujnik oporowy platynowy TOPO-31/M produkcji MERA-KFAP, a do pomiaru temperatury zasilania c.o., temperatury zasilania węzła, temperatury II st. c.w. i temperatury powrotu z węzła można użyć czujniki platynowe zanurzeniowe np. Top G1 również z MERA-KFAP. Te czujniki przystosowane są do współpracy z przetwornikami temperatury o standardowym sygnale wyjściowym 4-20 mA typ APR-313 produkcji MERA-ELWRO.

Typowym sposobem pomiaru przepływu, używanym w automatyce przemysłowej, jest użycie zwężki czy kryzy pomiarowej /jako czujnika/ współpracującej z przetwornikami różnicy ciśnień.

Takie przetworniki produkuje MERA-ZAP /np. typ WT15/4-20+H10/ oraz MERA-PNEFAL /seria 411 wg licencji Honeywella/.

Trzeba jednak podkreślić, że pomiar przepływu za pomocą zwężki może być wykonany z deklarowaną dokładnością o ile przepływ mierzony nie spada poniżej 20% wartości nominalnej.

Nie przeszkadza to szczególnie układowi regulacji przepływu, ale jest istotne w przypadku licznika ciepła. Co prawda przepływy poniżej 20% nominalnego występują raczej poza sezonem grzewczym, gdy działają tylko instalacje c.w. Wówczas przetwornik przepływu można przełączać ręcznie na mniejszą zwężkę i używać wyłącznie w kanale licznika ciepła. Tym niemniej, w przypadku konieczności dokładnych pomiarów przepływu w szerszym zakresie można użyć przepływomierze turbinowe typ PT produkowane w Zakładzie Doświadczalnym MERA-PIAP. Te urządzenia gwarantują dokładny pomiar dla przepływów w przedziale od 10% do 100% wartości nominalnej.

Trzeba jednak zaznaczyć, że zanieczyszczenia wody sicciowej mogą niekorzystnie wpływać na obniżenie trwałości czujników turbinowych, które są bardziej delikatne niż zwężki pomiarowe.

Do pomiaru ciśnienia na powrocie z instalacji wewnętrznej c.o. można użyć przetwornik ciśnienia np. typ WT35/4-20+ WT83SW produkcji MERA-ZAP, lub też licencyjny przetwornik z serii 412 produkcji MERA-PNEFAL.

Kłopotliwy jest dobór serwośiłowników, gdyż nie produkuje się w kraju ani dobrych siłowników elektrycznych stałoprędkościowych, ani też sterowników proporcjonalnych dla takich siłowników co umożliwiłoby wykorzystanie wprost sygnałów wyjściowych z regulatora U-484. Takie sterowniki oferuje np. czeska firma Klimact do swoich znanych siłowników.

Jeżeli jednak chce się zastosować koniecznie sprzęt produkowany i łatwo dostępny w kraju to pozostają jedynie siłowniki pneumatyczne serii 37 lub 38 wraz z zaworami regulacyjnymi serii 10000 lub 20000 produkcji MERA-POLNA.

Aby taki serwonapęd był kompletny trzeba dodać do niego ustawnik pozycyjny typ A701 lub A702 produkcji MERA-PNEFAL i przetwornik elektropneumatyczny typ EPP-4 lub EPP-5 produkcji MERA-KFAP. Zastosowanie siłowników pneumatycznych wymaga jednak zainstalowania w węźle źródła ciśnienia. Można tu wykorzystać agregat sprężarkowy typ WAN-E produkcji Wytwórni Aparatów Natryskowych z Gdyni-Redłowa oraz stację oczyszczania powietrza typ U804 produkcji MERA-PNEFAL.

#### 4. PODSUMOWANIE

Zaproponowany w tym sprawozdaniu kaskadowy układ automatycznej regulacji węzła cieplnego zapewnia najmniejsze wahania dobowe przepływu przez węzeł spośród wszystkich dotychczas znanych i stosowanych układów, przy jednoczesnej zadawalającej jakości regulacji temperatury w pomieszczeniach.

Przedstawiony w rozdziale 3 sprawozdania ramowy projekt układu kompleksowej automatyzacji węzła grupowego, którego częścią centralną jest regulator mikroprocesorowy U-484, może być podstawą do opracowywania projektów technicznych dla poszczególnych węzłów.

Układ kompleksowej automatyzacji węzła grupowego jest dość skomplikowany i dlatego praktycznie jest powierzać projekt-

techniczne, kompletację, montaż i rozruch obiektowy wyspecjalizowanym przedsiębiorstwom, które oferują takie usługi w pełnym zakresie.

Zaproponować tutaj można:

ENERGOAPARATURĘ z Katowic, MERA-MONT z Poznania, MERA-PNEFAI z Warszawy i MERA-ZAP z Ostrowia Wielkopolskiego.