

KOMPUTER NADRZĘDNY ROZPROSZONEGO SYSTEMU AUTOMATYKI

Leszek Trybus, Zbigniew Świder, Jan Cisek, Lucjan Pelc, Marek Śniezek

Politechnika Rzeszowska, Katedra Automatyki i Informatyki

PB 8 S505 002 06

W pracy scharakteryzowano funkcje komputera PC pracującego jako komputer nadrzędny w rozproszonym systemie automatyki. W skład systemu wchodzić aparatowe urządzenia sterujące i pomiarowe – regulatory, sterowniki i przetworniki, produkcji krajowej i zachodniej, posługujące się zazwyczaj odmiennymi protokołami komunikacyjnymi. Opracowany pakiet oprogramowania komputera nazywa się ORSA. Funkcjonalnie jest on zbliżony do oprogramowania systemów Siemens i Eurotherm. Omówiono podstawowe cechy pakietu oraz przykładowe zastosowanie do automatycznego badania grzejników. Przedstawiono również schemat blokowy inteligentnej karty komunikacyjnej z procesorem 80C166 przeznaczonej do współpracy z pakietem ORSA. Oczekuje się, że po przejściu komunikacji przez kartę, cykl obliczeń ulegnie wyraźnemu skróceniu.

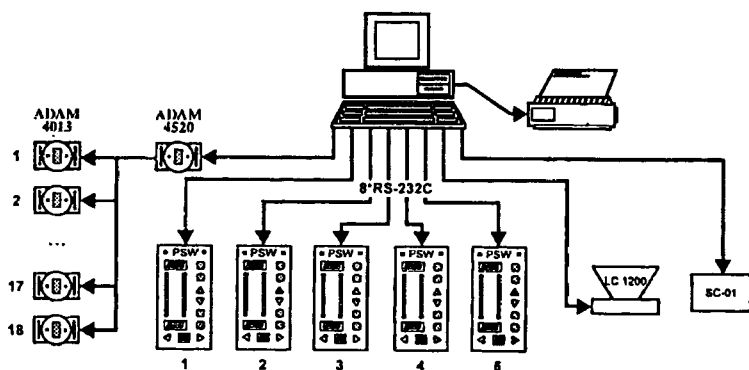
1. Wprowadzenie

Celem projektu KBN PB 8 S505 018 06 jest opracowanie algorytmów, oprogramowania oraz inteligentnej karty komunikacyjnej dla komputera PC 486/SVGA funkcjonującego jako komputer nadrzędny w rozproszonym systemie automatyki średniej wielkości (ok. 1500 sygnałów). W skład systemu wchodzić typowe aparatowe urządzenia sterujące i pomiarowe – regulatory PID, małe sterowniki PLC, regulatory i sterowniki wielofunkcyjne, przetworniki inteligentne itp. Chodzi głównie o urządzenia krajowe, jak sterownik wielofunkcyjny PSW-8, regulatory RF-537 i MRP-42C, stacja pomiarowa WWT-20, waga automatyczna Micro 91E. Niezależnie od tego, komputer może również współpracować z urządzeniami zachodnimi, jak sterowniki PLC Modicon Micro AEG, Micro PLC Fanuc GE i PCD2 Saia, regulator Digitric P Hartmanna Brauna, przetwornik inteligentny ADAM Advantech, waga LC 1200S Sartorius. Systemy mieszane złożone z urządzeń krajowych i zachodnich wydają się obecnie najwłaściwszym rozwiązaniem.

Opracowano pakiet oprogramowania komputera nadrzędnego nazwany ORSA – Obraz Rozproszonego Systemu Automatyki. ORSA jest wzorowana na systemie AS-215 Teleperm M Siemens [1] oraz stacji operatorskiej Tactician T2001 Eurotherm [2] (dawniej Turnbull), w których algorytmy sterowania, wizualizacji, alarmowania itd. są konfigurowane z bloków funkcyjnych. Odmienne podejście jest stosowane w typowych pakietach wizualizacji procesów, jak WIZCON, CIM, Genesis i innych, gdzie algorytmy sterowania opracowuje się w specjalizowanych językach, ewentualnie w C, Pascalu, czy Basicu. Zaletą ORSY jest łatwość konfiguracji algorytmów ze sprawdzonych bloków, podobnie jak to ma miejsce w

regulatorach i sterownikach wielofunkcyjnych. Można więc mówić o "regulatorowym" rodowodzie pakietu.

Niezależnie od weryfikacji laboratoryjnej, ORSA zostanie zweryfikowana w systemie rozproszonym do automatycznego badania mocy cieplnej grzejników, w Instytucie Techniki Grzewczej i Sanitarnej w Radomiu (ITGiS). Stanowisko badawcze składa się ze specjalnej komory o wymiarach 4x4x3 m, układu zasilania grzejnika oraz układu chłodzenia ścian komory. Liczba sygnałów analogowych i binarnych wynosi ok. 250. Procedura badawcza jest zgodna z projektem europejskiej normy EN 442. Strukturę systemu rozproszonego pokazano na rys. 1. System zawiera 18 przetworników inteligentnych ADAM-4013 Advantech, 5 sterowników PSW-8, wagę automatyczną LC 1200S Sartorius i sterownik czasowy SC-01 Simex. Ze względu na wysokie wymagania dokładnościowe normy EN 442, różnorodność zastosowanej aparatury oraz niekonwencjonalne rozwiązania układów sterowania, system w ITGiS Radom stwarza warunki autentycznie pełnej weryfikacji projektu. Prace wdrożeniowe są zaawansowane w 80% (wykorzystuje się bierną kartę komunikacyjną).



Rys. 1. System rozproszony do automatycznego badania grzejników w ITGiS Radom

Jednym z celów projektu jest także opracowanie inteligentnej karty komunikacyjnej dla komputera PC. Po przejęciu komunikacji przez kartę rola komputera ograniczy się do sterowania nadrzędnego i wizualizacji pozwalając wyraźnie skrócić cykl obliczeń. Założenia techniczne karty są następujące: 8 kanałów asynchronicznych RS-485/232C, szybkość od 9600 b/s do 500 kb/s, protokoły Modbus, Trans, Profibus oraz inne specjalizowane. Dane sprzętowe: 16-bitowy mikrokontroler 80C166 Siemens, bufor magistrali PC-BiFIFO Am, 4 układy komunikacyjne Z80 SIO. Skonstruowano 2 prototypy na bazie minimodułów EVB-166. Oprogramowanie jest tworzone za pomocą pakietu uruchomieniowego Keil 300 (wysokiej klasy).

Należy jeszcze wspomnieć o przyszłych planach Katedry Automatyki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej (KAI), ponieważ rzutują one na metodologię realizacji projektu, wybór procesora, weryfikację praktyczną itp. Od ponad 10 lat KAI specjalizuje się w konstrukcji i oprogramowaniu aparatury regulatorów i sterowników, jak dotychczas wyposażonych w procesory 8-bitowe. Jest zrozumiałe, że w urządzeniach drugiej generacji powinny znaleźć się procesory 16-bitowe, np. mikrokontroler 80C166, który pojawił się już w sterownikach PLC (np. Kuhnke). Poza tym na bazie dotychczasowych doświadczeń realne

staje się opracowanie modułowego systemu dla instalacji technologicznych średniej wielkości. Oprócz wspomnianego już AS-215 Siemens możliwości takie ma np. nowy system Digimatik Hartmanna Brauna [3]. Zwłaszcza Digimatik ze względu na propagowanie standardu IEC 1131 wydaje się odpowiednim wzorem. Dlatego obecny projekt oraz równoległy projekt [4] należy traktować jako fragmenty kompleksu prac prowadzących do modułowego systemu sterowania, w którym moduł *master* i moduł komunikacyjny zawierałyby mikrokontrolery 80C166, a moduły *slave* (procesowe) – mikrokontrolery rodziny 8051 (80537, 80552). Oprogramowanie byłoby zgodne ze standardem IEC 1131. System byłby konfigurowany graficznie.

2. Pakiet ORSA dla komputera nadrzędnego

Pierwsza wersja ORSY powstała wiosną 1993 r. dla systemu sterowania operatorskiego naolejaniem siarki nierozpuszczalnej w KiZCHS SIARKOPOL Grzybów. Postawione wówczas założenia wzorowane na systemach Siemens i Turnbulla właściwie obowiązują nadal. System w SIARKOPOL-u składa się z 5 sterowników PSW-8 w wersji binarnej (sterowanie logiczne), 2 wag mikroprocesorowych Micro 91E komunikujących się z PSW oraz komputera 386/VGA z programem ORSA. System ma topologię gwiazdztą, liczba sygnałów procesowych wynosi 170, wizualizacja jest prowadzona w trybie znakowym (semigraficznym). System sterowania naolejaniem siarki pracuje już 2 lata, bez awarii i poprawek.

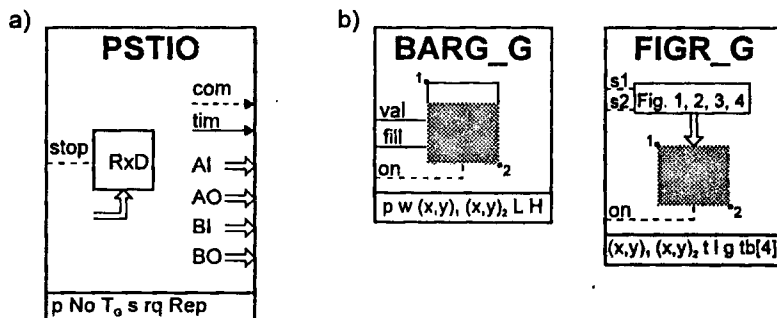
W obecnej drugiej wersji ORSY zwiększono znacznie zakres sterowania nadrzędnego, wprowadzono wizualizację graficzną, procedury komunikacyjne dostosowano do struktury gwiazdztisto-magistralowej, dodano wykreślanie trendów, rozszerzono funkcje klawiatury itd. Każda magistrala komunikacyjna może posługiwać się odmiennym protokołem. Zadania ORSY są obecnie następujące:

- komunikacja z urządzeniami systemu rozproszonego
- wizualizacja w trybie graficznym lub znakowym
- monitorowanie procesu – alarmy i ostrzeżenia
- sterowanie operatorskie za pomocą klawiatury roboczej
- sterowanie nadrzędne logiczno-sekwencyjne, programowe i ciągłe
- wykresy, archiwizacja, raportowanie.

Algorytmy zadań są konfigurowane z bloków funkcyjnych [5] ("regulatorowy" rodzaj ORSY). Niżej scharakteryzowano krótko każde z nich.

Komunikacja. Jest prowadzona za pośrednictwem karty rozszerzającej 8xRS-485/232C, biernej (np. PC COM) lub inteligentnej (opracowanej), oraz ewentualnie portów COM1, COM2. Każdemu portowi karty oraz portom COM1, COM2 można przyporządkować odmienny protokół. Odbiór i nadawanie są obsługiwane przez program przerwaniowy. Komunikaty można przekazywać w sposób ciągły lub jednorazowo. Wśród parametrów bloków obsługujących komunikaty znajduje się czas, po którym dane uznaje się za nieaktualne (T_G) oraz liczba powtórzeń przy braku odpowiedzi (Rep). Schemat przykładowego bloku pokazano na rys. 2.a. PSTIO odbiera wartości wejść i wyjść analogowych i binarnych AI, AO, BI, BO sterownika PSW-8 przekazywane w jednym komunikacie protokołu Trans [5]. Wyjście *com* określa poprawność AI,...,BO, a *time* czas,

który upłynął od odebrania ostatniego komunikatu. Wejście *stop* przerywa komunikację. Może ono reagować statycznie lub dynamicznie (na zbocze).



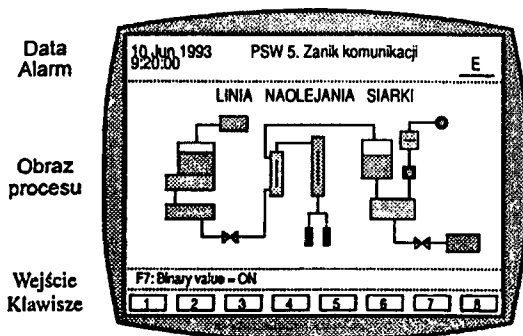
Rys. 2. Bloki funkcyjne ORSY: a) blok komunikacyjny PSTIO, b) elementy ekranowe BARG_G i FIGR_G

Dolna część schematu zawiera listę parametrów, w której oprócz numeru portu *p* numeru sterownika *No*, występują wspomniane *T_G*, *Rep* oraz jeszcze dwa inne parametry (*s*, *rq*).

Wizualizacja. Podział ekranu ilustruje rys. 3. Górny pas jest przeznaczony na czas i datę, informacje o 2 ostatnich alarmach oraz symbole aktywnych alarmów (E po prawej stronie). Dolny pas zawiera opis klawiszy funkcyjnych F1,...,F8 oraz wartości aktualnie ustawionej zmiennej (wejście). Obraz procesu mieści się w części środkowej zajmując ok. 85% powierzchni ekranu. Obraz jest konfigurowany z elementów ekranowych – bloków, którymi w przypadku wizualizacji graficznej są:

- element statyczny zestawiony z figur geometrycznych (linia, trójkąt, prostokąt, koło)
- wskaźnik cyfrowy zmiennie – lub całkowitoliczbowy
- bargraf pionowy lub poziomy, wskaźnik okrągły, z wypełnieniem lub ruchomym wskaźnikiem
- tekst jednowierszowy justowany
- jeden z 4 lub 8 alternatywnych rysunków (wybór *on-line*)
- blok z ruchem prostoliniowym wybranego fragmentu
- rysunek generowany przez bit-mapę.

Bit-mapa umożliwia uzyskanie takich efektów wizualnych, jak: gotowanie z unoszącymi się pęcherzykami, szybkie wirowanie, spadanie kropli itp. W większości z wymienionych elementów kolor tła lub obrzeża można uzależnić od zmiennych procesowych. Zmiana koloru jest więc podstawowym efektem animacyjnym. Na rysunku 2.b pokazano schematy bargrafu BARG_G i elementu FIGR_G z 4-ma alternatywnymi rysunkami. Wejście *val* w BARG_G podaje wartość, *fill* określa kolor części ruchomej, a *on* wyświetlanie (1) lub pominięcie elementu (0). Wejścia *s1*, *s2* w FIGR_G wybierają odpowiedni rysunek (*s-select*). Parametrami BARG_G są: postać *p* (słupek, koło itp.), wzór wypełnienia *w*, położenie (*x,y*), ograniczenia dolne i górne *L*, *H*. Wśród parametrów FIGR_G znajdują się indeksy do tablicy z rysunkami *tb[4]*. Elementy znakowe są prostsze, i ich wyświetlanie przebiega kilkakrotnie szybciej.



Rys. 3. Podział ekranu w pakiecie ORSA

Klawiatura. Pakiet ORSA jest przewidziany do współpracy z 35 klawiszową klawiaturą roboczą (bryzgo- i pyłoszczelną). Jeżeli zastępuje ją klawiatura PC, wówczas przeznaczenie klawiszy jest następujące:

F1,...,F8	-	aktywacja ustawiania zmiennej (analogowej, całkowitej, binarnej),
Tab	-	zmiana funkcji F1,...,F8 - 4 warianty na obraz
Home	-	obraz 1 (zwykle ogólny - <i>overview</i>)
PgUp	-	poprzedni obraz
Ins	-	wybór obrazu według numeru
↑, ↓	-	zwiększanie/zmniejszanie
0,...,9,+,-, .	-	wartość analogowa, całkowita, numer obrazu
Backspace	-	kasacja znaku
Enter	-	akceptacja wpisanej wartości
F9	-	obraz alarmów nie potwierdzonych (↑, ↓, Enter, +)
F10	-	obraz alarmów potwierdzonych (j.w.)
F11	-	tylko alarmy sprzętowe E w górnym pasie
F12	-	potwierdzenie alarmów
Del	-	powrót do obrazu procesu (z obrazu alarmów, po wpisaniu zmiennej itp.)
ALT+ESC	-	zakończenie programu ("wyjście" z ORSY).

Operator zazwyczaj korzysta z klawiszy F_i i Tab. W przypadku ustawiania zmiennej pierwsze naciśnięcie F_i powoduje wyświetlenie aktualnej wartości w dolnym pasie. Jeżeli F_i dotyczy zmiennej binarnej, drugie naciśnięcie zmienia wartość. Zmienne analogowe i całkowite ustawia się za pomocą ↑, ↓ lub wpisuje wartość.

Bloki algorytmiczne. Dokonują właściwego przetwarzania zmiennych transmitowanych przez urządzenia systemu. Większość bloków ORSY jest na razie podobna do bloków sterownika PSW-8 [6] (oraz Multifunktionseinheit SIPART DR24 Siemens), ale niektóre są już zgodne ze standardem IEC 1131 [7] oraz zaleceniami VDI/VDE [8].

Podobnie jak PSW, bloki ORSY można podzielić na proste oraz złożone. Bloki złożone posiadają parametry, a proste nie. Wśród bloków prostych wyróżnia się następujące grupy:

- funkcje arytmetyczne (zmiennie- i całkowitoliczbowe)

- funkcje logiczne (bramki)
- przełączniki, wybieraki
- przerzutniki, impulsatory
- filtry, analizatory sygnału
- inne: funktory nieliniowe, bloki diagnostyczne, konwertery zmiennych.

Blokami złożonymi są bloki sterowania logiczno-sekwencyjnego, programowego i regulacji ciągłej, bloki aproksymacji wieloodcinkowej, działań kalkulatorowych, komparatory i multiplexery, kodery i dekodery, tablice logiczne, bloki specjalizowanej diagnostyki. Przykłady podano w następnym rozdziale. Podobnie jak w systemie AS-215 [1], ogół bloków algorytmicznych ORSY dzieli się na 16 obszarów aplikacyjnych, a obszar na 16 grup funkcjonalnych. Grupa może zawierać 24 bloki. Maksymalnie udaje się więc skonfigurować $16 \times 16 \times 24 = 6144$ bloki (4096 u Siemens). Podział na obszary i grupy wynika przeważnie z technologii i konstrukcji sterowanej instalacji. Analogiczna 3-poziomowa hierarchia dotyczy wizualizacji (obrazy, podobrazy, elementy ekranowe).

Alarmy. Są generowane, jeśli wybrane zmienne binarne przyjmują określone wartości (0,1). Informacje o 2 ostatnich nie potwierdzonych alarmach pojawiają się w górnym pasie każdego obrazu (rys.1). Alarmy potwierdzane są naciśnięciem klawisza F12, ale symbol dotyczący alarmu pozostaje w prawej części pasa do momentu ustania przyczyny. Stałymi obrazami ORSY są listy alarmów nie potwierdzonych i tych potwierdzonych, których przyczyny nadal się utrzymują. Obrazy alarmów można wywołać klawiszami F9, F10. Wśród alarmów wyróżnia się:

A	–	alarm procesowy
W	–	ostrzeżenie
E	–	niesprawność urządzenia systemowego
O	–	wezwanie operatora
S	–	błąd systemowy (komputera).

Podczas normalnej pracy najczęściej pojawiają się ostrzeżenia W (*warning*), alarmy A i wezwania O. Typowymi przyczynami są przekroczenia poziomów ostrzegawczych i alarmowych, niezłączenie urządzeń technologicznych w wymaganym czasie (niezgodność sygnału sterującego i zwrotnego), aktywacja sygnalizatorów krańcowych itp. Niesprawność E wynika zwykle z przerwania komunikacji. Alarmy są obsługiwane przez bloki alarmujące, w których jednym z wejść jest *stop* umożliwiający blokadę alarmu.

Wykresy, archiwizacja, raportowanie. Do elementów ekranowych ORSY można również zaliczyć blok sporządzania 6 wykresów – trendów. Głównymi parametrami są: horyzont czasowy, rozmiar $((x,y)_1, (x,y)_2 - j. p.)$, odległość sąsiednich punktów (podana w jednostkach umownych – pikselach). Pomiedzy punktami jest stosowana interpolacja liniowa. Wartości dotyczące kolejnych punktów są przechowywane w buforze kołowym, który stale się uaktualnia. Mały wykres wymaga małego bufora, a więc mniejszego nakładu obliczeń. Wykres może być statyczny lub "ruchomy", jak w rejestratorze z przesuwaną taśmą.

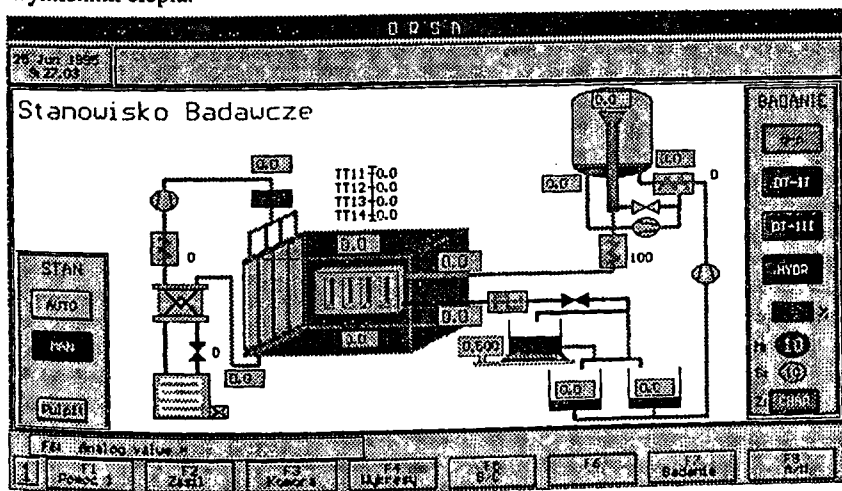
Archiwizacja dyskowa może dotyczyć zarówno pojedynczej wartości zmiennej, jak i ciągu wartości w określonym horyzoncie czasowym, przy zadanym kroku. W ramach kroku następuje uśrednianie. Ciąg mieści się w buforze kołowym, jak dla wykresu (rozmiar zależy od horyzontu i kroku). Archiwizowana kopia pojedynczej wartości lub ciągu jest zapisywana

w pliku dyskowym. Wejście *write* bloku archiwizującego aktywuje zapis. Inne wejście, *reset*, służy do nadania kopii dyskowej statusu *empty*. Jeżeli przy starcie systemu kopia nie jest *empty*, wówczas korzysta się z wartości odtworzonych z dysku. Umożliwia to w miarę płynny restart po zaniku i wznowieniu zasilania. ORSA może archiwizować 128 pojedynczych wartości zmiennych analogowych, 256 całkowitych i 512 binarnych. Liczby archiwizowanych ciągów wynoszą odpowiednio 16, 32, 64.

Bloki drukowania raportów są podobne do elementów ekranowych wizualizacji znakowej. Należą do nich: wielowierszowy tekst statyczny, liczba analogowa lub całkowita, tekst jednowierszowy justowany, 4 zmienne teksty wielowierszowe, bloki obsługi drukarki (nowa strona, linia itp.). Wszystkie bloki mają wejście *on*, którego ustawienie (1) warunkuje wydruk oraz wyjście *busy* sygnalizujące, że drukowanie jeszcze trwa. Dwa spośród parametrów określają wielkość i kształt liter (font). Stronę raportu konfiguruje się podobnie jak obraz na ekranie. Drukowaniem steruje sekwencer ze sterownikiem połączonym z wyjściem *busy*.

3. System automatycznego badania grzejników

Praktyczna weryfikacja drugiej wersji pakietu ORSA następuje aktualnie w systemie utomatycznego badania mocy cieplnej grzejników w ITGiS Radom (rys. 1). Procedurę badawczą określa projekt normy europejskiej EN 442 [9], bardziej wymagającej niż obowiązująca aktualnie w kraju norma PN-90/H-83131/03. Stanowisko badawcze w ITGiS pokazano na rys. 4 i dalej na rys. 6a, b, będących jak widać obrazami ORSY. Grzejnik umieszcza się w komorze termostatowej o temperaturze $t_f=20^{\circ}\text{C}$. Jest on zasilany gorącą wodą ze zbiornika widocznego po prawej stronie rys. 4. Ściany komory są chłodzone wodą tłoczoną z instalacji po lewej stronie. W jej skład wchodzi wytwornica wody lodowej i wymiennik ciepła.



Rys. 4. Stanowisko Badawcze – obraz ogólny *overview* systemu w ITGiS Radom

Jeżeli temperatura t_1 na wejściu grzejnika wynosi 75°C , temperatura t_2 na wyjściu 65°C , wówczas mamy do czynienia z tzw. *przepływem nominalnym* q_n . Przepływ mierzy waga

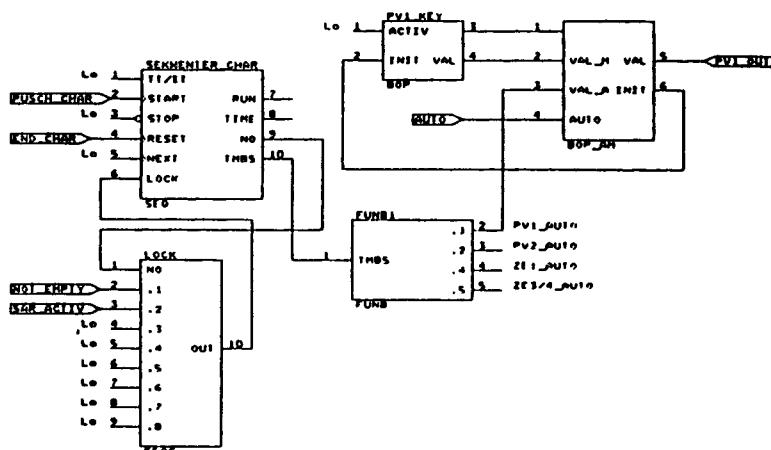
automatyczna LC1200S Sartorius. Odpowiednie zawory elektromagnetyczne otwiera sterownik czasowy SC 01. Oprócz 18 przetworników ADAM 4013, 5 sterowników wielofunkcyjnych PSW-8, wagi LC 1200S i sterownika SC 01, w układ wchodzi 27 czujników temperatury Pt100, 6 przepływomierzy turbinowych, 8 przetworników R/I, P/I, M/I, 8 siłowników z zaworami regulacyjnymi, 3 sterowniki mocy dla podgrzewaczy elektrycznych, 9 zaworów i 8 pomp.

Norma EN 442 przewiduje 4 badania, w których zostają określone:

- I) przepływ nominalny q_n dla $t_1 = 75^\circ\text{C}$, $t_2 = 65^\circ\text{C}$, $t_3 = 20^\circ\text{C}$
- II) temperatury t_1 i t_2 dla $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ i q_n , gdzie $\Delta t = [(t_1 + t_2)/2] - t_3$
- III) temperatury t_1 i t_2 dla $\Delta t = 30^\circ\text{C}$ i q_n
- IV) charakterystyka hydrauliczna grzejnika dla 20, 40, 60, 80, 100, 200% przepływu q_n .

Pomiary przeprowadza się w stanie ustalonym, który występuje, gdy przez przynajmniej 1 godzinę standardowe odchylenia temperatur nie przekraczają 0.05°C , a przepływ 0.5%. Badania powyższe musi jednak poprzedzić pomiar charakterystyki przepływu układu zasilania dla 0, 10, 20, ..., 100% otwarcia zaworów "zgrubnego" i "dokładnego" (rys. 6a, za grzejnikiem). Pomiar ten dla jednolitości uznano za badanie V. Jest on wykonywany okresowo (średnio co miesiąc).

Algorytmy sterowania. Każde z 5 badań stanowi sekwencję liczącą prawie 20 etapów, w której przynajmniej jeden etap ma jeszcze własną wewnętrzną sekwencję. Przechodzenie do kolejnych etapów zależy od czasu i zdarzeń w procesie. Na rysunku 5 pokazano połączenie sekwentera SEQ, sterownika SEQC oraz funkcji binarnej FUNB dla sterowania automatycznego pompą PV1 w badaniu V (CHARakterystyka przepływu). Bloki SEQ, SEQC i FUNB są opisane w [6]. Ręczne sterowanie binarne za pomocą klawiatury realizuje blok BOP, a bezuderzeniowe przełączanie Auto/Man blok BOP_AM.

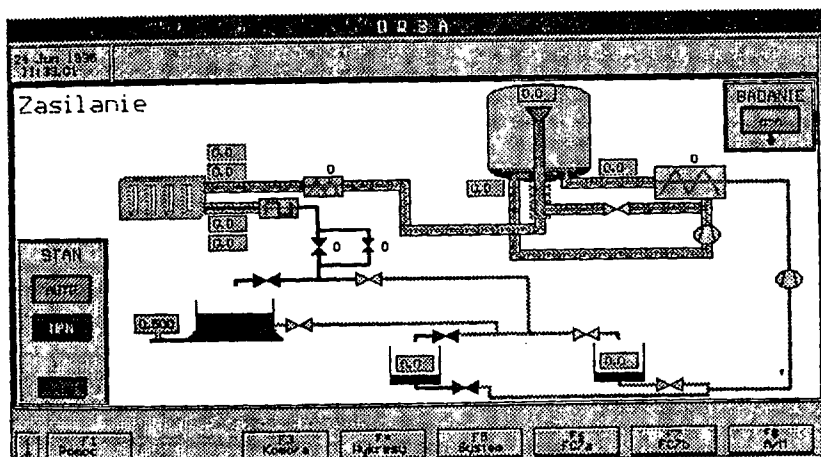


Rys. 5. Układ sekwencyjnego sterowania pompą PV1

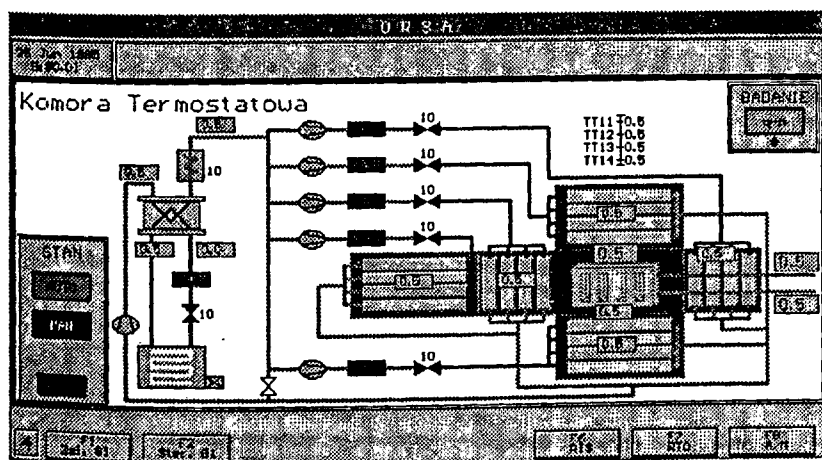
Sterownik SEQC wytwarzający sygnał *Lock* zatrzymuje sekwenter SEQ w określonym etapie do momentu zaistnienia odpowiednich warunków. Drugi sterownik SEQC, nie pokazany na

rys. 5, wytwarza sygnał *Next* "popychając" SEQ do następnego etapu. SEQ generuje podstawę czasu $TmBs$, na podstawie której blok FUNB włącza lub wyłącza pompę PV1 w odpowiednich etapach. Drugie wyjście FUNB służy do sterowania pompą PV2, trzecie – zaworem elektromagnetycznym ZE1, czwarte – parą zaworów ZE3/4. Następne bloki FUNB sterują pozostałymi pompami i zaworami, uruchamiają sterownik SC 01, tarują wagę LC 1200S itd. Sekwencer SEQ pełni rolę sekwentera głównego – Mastera. Oprócz niego w układzie występuje sekwencer pomocniczy Slave, również aktywowany przez FUNB, który obsługuje sekwencję wewnętrzną (w CHAR jest nią najpierw wstępne, a potem dokładne odmierzenie przepływu).

a)



b)



Rys.6. Obrazy szczegółowe: a) Zasilanie, b) Komora Termostatowa

Z innych bloków występujących w algorytmach na uwagę zasługują bloki statystyczne wyznaczające średnie bieżące sygnałów i odchylenia średniokwadratowe za okres 1 godziny.

Stwierdzają one, kiedy zaistniał stan ustalony i należy skierować wodę na wagę, obliczyć przepływ, zachować wyniki na dysku itd. Warto także wspomnieć o bezuderzeniowym przełączaniu zaworów zgrubnego i dokładnego oraz kilkupiętlowych kaskadach, dzięki którym udaje się uzyskać wymaganą dokładność. W sumie ORSA w ITGiS Radom liczy ok. 3000 bloków funkcyjnych, z których ponad 2000 obsługuje sterowanie.

Wizualizacja. Obraz 1 – Stanowisko Badawcze (*Overview*) pokazano wcześniej (rys. 4). Obrazy Zasilanie i Komora zawierające większą liczbę szczegółów znajdują się na rys.6a,b. Komora jest "rozwinięta", widać 5 panelowych układów chłodzenia ścian. W systemie istnieją ponadto obrazy Wykresy i Wyniki. Wykresy przedstawiają przebiegi czasowe temperatur t_1 , t_2 , t_3 , Δt i odchyłeń średniokwadratowych. Obraz Wyniki jest wypełniany w miarę postępu badań. Na podstawie Wyników jest sporządzany raport końcowy będący dokumentem atestacyjnym grejników danego typu.

Operator korzysta normalnie z obrazu ogólnego (rys. 4). Napisy Auto, Man, Pulpit po jego lewej stronie reprezentują możliwe stany systemu. Napis odpowiadający stanowi aktualnemu świeci intensywniej. Napisy q-n, DT-II, DT-III, HYDR i CHAR po stronie prawej dotyczą kolejnych badań. Liczba z "procentem" informuje o przepływie w HYDR, a liczby w kółkach o aktualnych etapach sekwentorów Master (M) i Slave (S). Przewiduje się jeszcze uzupełnienie obrazów o niektóre zasadnicze wyniki (t_1 , t_2 , q_n).

Klawiatura. Jak podawano, każdemu obrazowi ORSY można przyporządkować 4 warianty przeznaczenia klawiszy F1, ..., F8. Warianty zmienia się naciskając Tab. Funkcje odpowiadające aktualnemu wariantowi są podane w dolnym pasie ekranu. Na przykład dla pierwszego wariantu obrazu ogólnego mamy (rys. 4.):

- F1 Pomoc1 – wyświetlanie tekstu informacyjnego
- F2 Zasilanie, F3 Komora, F4 Wykresy – wybór obrazu
- F5 S/C – badania pojedyncze (*S single*) lub automatyczny cykl (*C*) badań q-n, DT-II, DT-III
- F6 %H – wybór fazy HYDR
- F7 Badanie – wybór q-n, DT-II, DT-III, HYDR, CHAR
- F8 A/M – przełączenie Auto/Man.

Obraz ogólny – OVERVIEW				
Rejestr	FF1	FF2	FF3	FF4
F1	Pomoc	Pomoc	Pomoc	Pomoc
F2	Zasilanie	Światło	System	–
F3	Komora	Buczek	Sygnały binarne	–
F4	Wykresy	Wyniki	Sygnały analogowe	–
F5	S/C	Reset	Sygnały testowe	–
F6	% H	Ustaw % H	–	–
F7	Badanie	Konw/Rud	Załączenie CHAR	–
F8	A/M	A/M	A/M	A/M

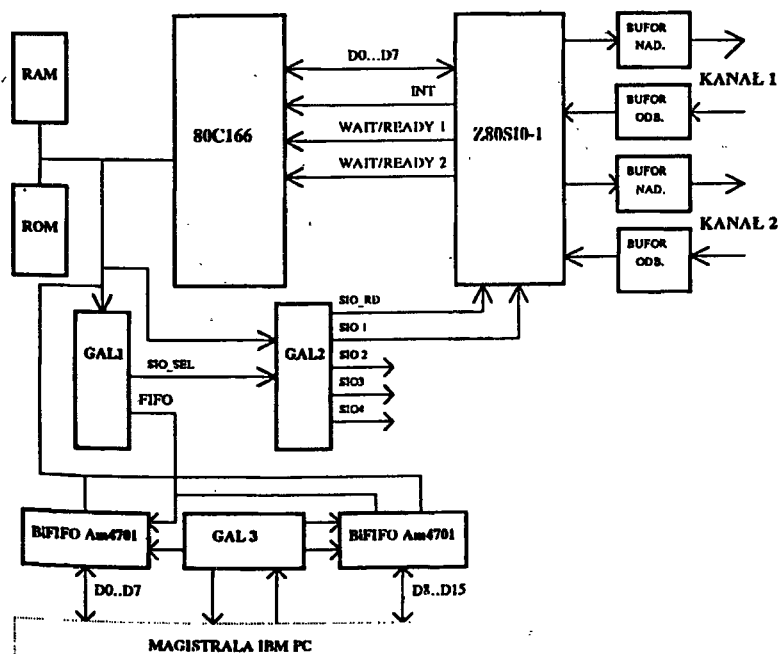
Tab. 1. Funkcje klawiszy dla obrazu ogólnego (4 warianty)

W tabeli 1 podano wszystkie funkcje klawiszy dla obrazu ogólnego. Kolumna FF1 reprezentuje powyższy wariant. Ogólnie biorąc funkcje klawiszy starano się tak dobrać, aby operator mógł szybko opanować obsługę systemu i później nie popełniał błędów. Tak więc: 1) klawisze obrazu ogólnego dotyczą podstawowych czynności operatorskich, 2) dla każdego obrazu klawisz F8 realizuje przełączanie Auto/Man, 3) podczas wyświetlania obrazów Zasilanie, Komora można ręcznie sterować tymi zaworami i pompami, które są na nich widoczne. Włączenie lub wyłączenie jest sygnalizowane przez zmianę koloru. Rurociągi również zmieniają kolor zależnie od tego, czy woda w nich płynie, czy nie.

Zdaniem pracowników ITGiS Radom utrzymujących kontakty z podobnymi placówkami w krajach zachodnich, system sterowania z pakietem ORSA należy obecnie do najnowocześniejszych. Szacuje się, że w porównaniu z dotychczasowym stanowiskiem badawczym cykl badań zostanie skrócony o ok. 40%.

4. Inteligentna karta komunikacyjna

Komputer PC 486/SVGA systemu w ITGiS Radom jest wyposażony w bierną kartę komunikacyjną PC COM 8*RS-422/232C. W fazie uruchamiania jest obecnie karta inteligentna, której zadanie polega na odciążeniu komputera od wielokanałowej komunikacji.



Rys. 7. Schemat blokowy inteligentnej karty komunikacyjnej dla pakietu ORSA

Karta powinna w pełni nadzorować przebieg transmisji przekazując wstępnie przetworzone dane. Założono, że będzie ona obsługiwać 8 kanałów asynchronicznych standardu RS-485/232C z szybkością od 9600 b/s do 500 kb/s. Górny pułap wykracza znacznie poza

możliwości obecnych urządzeń aparaturowych, ale w perspektywie 5...10 lat szybkość ich powinna wzrosnąć o rząd, a nawet więcej. Komunikacja jest prowadzona według protokołów Modbus, Trans, Profibus i innych, które opracowano dotychczas (Micro 91E, LC1200S, SIMEX SC-01). Karta zawiera 16-bitowy mikroprocesor 80C166 przewidywany także do innych urządzeń (p. 1).

Schemat blokowy karty inteligentnej pokazano na rys.7 zaznaczając dla uproszczenia tylko kanały 1,2. Pozostałe kanały wyglądają podobnie. Karta zawiera 3 zasadnicze bloki funkcjonalne:

- mikrokomputer 16-bitowy
- układy komunikacji asynchronicznej
- interfejs karta-komputer PC.

Podział przestrzeni adresowej zapewniają dekodery GAL.

Mikrokomputer. Zawiera 16-bitowy mikroprocesor SAB 80C166 Siemens (mikrokontroler) taktowany z częstotliwością 40MHz. Mikrokomputer posiada łącznie 256kB pamięci programu EPROM i danych RAM. magistrala danych jest 16-bitowa. Procesor 80C166 powstał niedawno w wyniku udoskonalenia 8-bitowych mikrokontrolerów rodziny MCS51. 80C166 zawiera 1.5 kB wewnętrznej pamięci RAM, rozbudowany system przerwań, układy CAP/COM, 8 układów PEC (odpowiednik DMA), *watch-dog* oraz kilka innych zespołów [10]. Pod względem szybkości pracy Siemens porównuje go z 80386DX. Oprogramowanie jest przygotowywane za pomocą pakietu uruchomieniowego Keil 300, w skład którego wchodzi zoptymalizowany kompilator C, assembler, linker, monitor, debugger oraz obszerna biblioteka funkcyjna.

Układy komunikacyjne. Do obsługi komunikacji zastosowano 4 układy Z80A-SIO z rodziny popularnego mikroprocesora Z80. Każdy z nich zawiera 2 niezależne kanały asynchroniczne lub synchroniczne o szybkości do 800 kb/s. Zaletą ich jest blokowa wymiana danych z procesorem 80C166 za pomocą sygnałów sterujących *WAIT/READY* oraz sygnału *INT* zgłaszającego przerwanie. Korzystają z nich układy PEC (*Peripheral Event Controller*) przekazujące dane do pamięci bez ingerencji procesora. Jest on tylko blokowany na ok. 200ns, gdy PEC korzysta z magistrali adresowej i danych.

Interfejs karta-komputer. Zawiera 2 nowoczesne układy BiFIFO Am 4701. Są to 8 bitowe dwukierunkowe pamięci typu FIFO o pojemności 2x512B i czasie dostępu 45ns. Układy BiFIFO umożliwiają niezależny dwustronny zapis i odczyt przez procesor 80C166 i komputer. Zmniejsza to radykalnie liczbę przerwań komputera. Flagi opróżnienia i przepełnienia pamięci są ustawiane sprzętowo i dostępne dla procesora i komputera. Układy BiFIFO mogą zgłaszać przerwania. Posiadają ponadto rejestry Mailbox pozwalające na bezpośrednią komunikację między kartą a komputerem, bez zmiany zawartości pamięci FIFO.

Dekodery adresowe. Zrealizowano je za pomocą układów GAL (rys.7). GAL1 dzieli przestrzeń adresową procesora 80C166 na 4 obszary: pamięć EPROM, pamięć RAM, układy Z80SIO, pamięci BiFIFO. Układy SIO zostały wyodrębnione, ponieważ czas dostępu do nich jest kilkakrotnie dłuższy niż do pozostałych układów. Procesor 80C166 umożliwia wydłużenie czasu utrzymania sygnałów na magistrali dla wydzielonego obszaru przestrzeni

adresowej. Właściwy wybór SIO jest realizowany przez GAL2 po sygnale SIO_SEL z GAL1. GAL2 generuje sygnały SIO_RD doprowadzane do wejść RD w SIO oraz sygnały SIO1,...,SIO4 dokonujące właściwego wyboru. Dekoder GAL3 organizuje współpracę pamięci BiFIFO z magistralą IBM PC w trybie 16-bitowym. Pamięci BiFIFO są umieszczone w przestrzeni adresowej wejść/wyjść komputera.

Większość rozwiązań sprzętowych karty inteligentnej jest stosunkowo nowoczesna. Planuje się ich wykorzystanie przy modernizacji dotychczasowych urządzeń oraz w przyszłych konstrukcjach.

5. Pozostałe problemy

Konfiguracja. ORSĘ w SIARKOPOL-u Grzybów konfigurowano przez "ręczne" wypełnianie tabel połączeń bloków, parametrów i kolejności (pozycji). Niedogodność polegała przede wszystkim na tym, że uzupełnienie wnętrza struktury o nowy blok, co występuje przy próbach rozruchowych, wymagało ponownego przeliczenia indeksów do tabel. Dla obecnej ORSY opracowano program konfiguracji tekstowej, który automatycznie wylicza indeksy przy wprowadzaniu bloków na koniec struktury lub do wewnątrz. Nazwy mogą być wieloznakowe, co pozwala odzwierciedlić w nich 3-poziomą hierarchię ORSY. W przyszłości program konfiguracji tekstowej zostanie zastąpiony programem graficznym GraphConf [4].

Bloki IEC. Jak wspomniano, część bloków ORSY jest zgodna ze standardem IEC 1131 [7] i zaleceniami VDI/VDE [8]. Liczba ich stopniowo się zwiększa. Warto tutaj zwrócić uwagę, że standard IEC nie przewiduje parametrów w blokach. Wszystkie wielkości potrzebne do obliczeń wprowadza się przez wejścia. Upraszcza to wprowadzenie konfiguracji, ale wydłuża czas obliczeń, ponieważ utrudnia określenie tzw. współczynników pomocniczych [6]. W przypadku parametrów mogą być one wyliczone jednorazowo, a nie w każdym cyklu, jak to być musi przy wprowadzaniu wszystkich wielkości przez wejścia.

WIZCON-PSW. Niezależnie od prac nad ORSĄ badano również możliwość wykorzystania znanego pakietu wizualizacji i sterowania WIZCON. Zaletą WIZCONa w stosunku do innych pakietów są gotowe narzędzia programowe do opracowania własnych driverów komunikacyjnych. Ma to zasadnicze znaczenie dla systemu, w którym występują sterowniki krajowe oraz nietypowe urządzenia pomiarowe, jak np. wagi automatyczne. Udało się opracować driver komunikacyjny WIZCON-PSW oraz skonfigurować przykładowe obrazy. Jednak ze względu na brak gotowych bloków funkcyjnych WIZCON okazał się niewygodny do sterowania nadrzędnego. Nadaje się on przede wszystkim do wizualizacji, sterowania operatorskiego (z klawiatury), archiwizacji i raportowania.

Inne wdrożenia. Przerwaniowy program komunikacyjny ORSY został również zastosowany w pakiecie SSN (System Sterowania Nadrzędnego) opracowanym w ZPDA ZAP Ostrów Wlkp. Dotychczas miało miejsce kilka wdrożeń SSN, w tym największe w Elektrociepłowniach Słupsk i Reda. System w EC Słupsk zawiera 22 sterowniki PSW-8 i 13 stacji pomiarowych WWT-20. Liczba sygnałów procesowych jest bliska 1000. Prawdopodobnie jest to obecnie największy rozproszony system automatyki złożony z urządzeń krajowych.

Podziękowanie

Prace nad sterowaniem nadrzędnym w ITGiS Radom są prowadzone przy aktywnym współudziale przedsiębiorstwa PPUH ELMONT Biała Podlaska, głównego wykonawcy systemu automatyki i producenta PSW. ELMONT skonfigurował sterowniki, konsultował problemy technologiczne oraz uczestniczył w próbach uruchomieniowych.

Literatura

1. *TELEPERM M Process Control System. AS215 Automation System.* Catalog MP62. Siemens AG, 1991
2. *Network Computer System. Tactician T2001. Product Specification.* Turnbull Control Systems Ltd., 1991
3. *Kompakt-Leitsystem Digimatik.* Katalog 37. Hartman-Braun AG, 1994
4. Z. Świder i in.: *Konfiguracja graficzna rozproszonego systemu automatyki.* Grant KBN, PB 303/55/94/06 (sprawozdanie). Rzeszów, 1995
5. L. Trybus, Z. Świder, M. Śniczek: *Sterowniki wielofunkcyjne PSW-8 wersji 3.0. PAK,* 3/1995, 60-63
6. L. Trybus: *Regulatory wielofunkcyjne.* WNT, W-wa, 1992
7. *IEC 1131-Programmable Controllers. Part 3 - Programming Languages.* Brussels, 1992
8. *Herstellerneutrale Konfigurierung von Prozessleitsystemen.* VDI/VDE, Dusseldorf, 1993
9. *EN 442 - Radiators/Convectors. Part 2 - Testing and Rating Methods.* Milano, 1994
10. *SAB 80C166/83C166 User's Manual.* Edition 6.90. Siemens AG, 1990