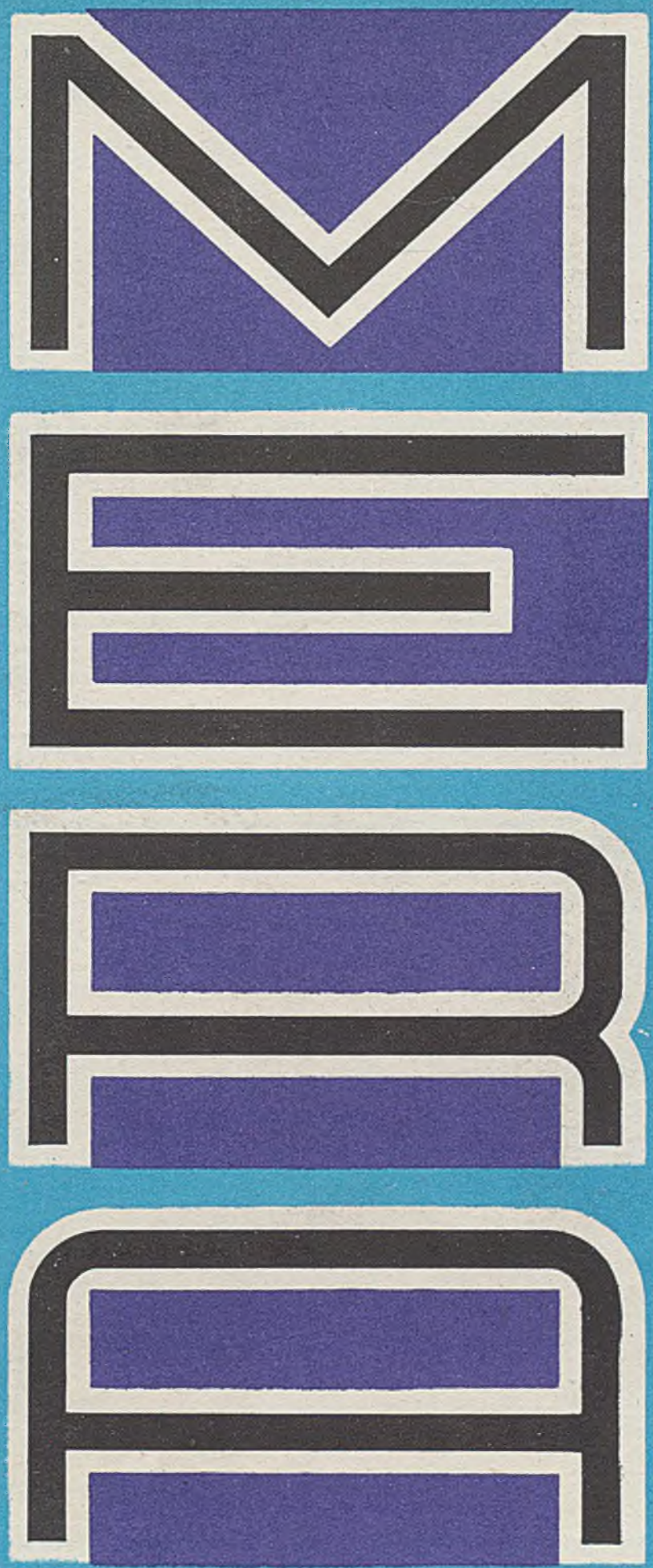


P.2900/79

BIULETYN TECHNICZNY



6(208)
1979

Redakcja Kolegium w składzie:

mgr Z. Bieguszevska-Kochan, mgr W. Borucki (redaktor działu „Ekonomika”),
mgr B. Drożak, mgr inż. J. Dziewięcki (redaktor naczelny), J. Esikowski,
mgr inż. R. Farfał, dr hab. M. Greniewski,
doc. dr hab. inż. A. Janicki (redaktor naukowy), inż. L. Kowalski,
mgr J. Kutrowska (sekretarz redakcji), mgr inż. L. Krzystolik, inż. R. Maciesowicz,
mgr E. Mańkiewicz-Cudny, red. T. Podwysocki, dr inż. R. Pregiel,
mgr inż. A. Teodorczuk, mgr inż. T. Ustaborowicz,
mgr inż. M. Wajcen (redaktor działu „Technika”)

Warunki prenumeraty

Jednostki gospodarki uspołecznionej, instytucje, organizacje i wszelkiego rodzaju zakłady pracy zamawiają prenumeratę w miejscowych Oddziałach RSW „Prasa-Książka-Ruch”, w miejscowościach zaś, w których nie ma Oddziałów RSW – w urzędach pocztowych. Czytelnicy indywidualni opłacają prenumeratę wyłącznie w urzędach pocztowych i u doręczycieli. Prenumeratę roczną w cenie 516 zł należy zamawiać do 25 listopada na rok następny, półroczną do 10 czerwca na II półrocze.

ZJEDNOCZENIE PRZEMYSŁU AUTOMATYKI
I APARATURY POMIAROWEJ „MERA”



„MERA”

**BIULETYN PRZEMYSŁU
KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW
AUTOMATYZACJI I POMIARÓW**

WARSZAWA, CZERWIEC 1979

. SPIS TREŚCI

R. Małicka-Szumigaj	Dziesięciolecie działalności Międzyrządowej Komisji Współpracy Krajów Socjalistycznych w dziedzinie techniki obliczeniowej	3
A. Czermak J. Jabłoński A. Ostrowicz	Wielofunkcyjny analizator spektrometryczny CADOS	7
J. Jakubiec P. Filipski	Minikomputerowy system badania silników asynchronicznych w zestawie MERA 305 - CAMAC..	14
T. Szebeszczyk	Zastosowanie komputerowego systemu pomiarowego MERA-300 - INTEL DIGIT PI do sterowania zgrzewarek oporowych	19
H. Pasek-Słurek	Układ do pomiaru i sterowania parametrów procesu zgrzewania współpracujący z komputerowym systemem MERA-300 INTEL DIGIT PI	23
R. Sebastian	Symulacja pomiarów cyfrowych w systemie elektropneumatycznym	29
<u>Informacje, nowości</u>		
Z. Jankowski	Metronom elektroniczny typu AM	35

Upracowanie redakcyjne: Redakcja Biuletynu "Mera", ul. Patriotów 77,
04-950 Warszawa /tel. 12-41-71/. Druk: Dział Wydawnictw "Mera-Pnefal",
ul. Patriotów 77, 04-950 Warszawa /tel. 12-41-64/. Zam. 136/79. 2300 egz.

DZIESIĘCIOLECIE DZIAŁALNOŚCI MIĘDZYRZĄDOWEJ KOMISJI WSPÓŁPRACY KRAJÓW SOCJALISTYCZNYCH W DZIEDZINIE TECHNIKI OBLICZENIOWEJ

X rocznica powstania Komisji Międzyrządowej jest okazją do zastanowienia się jaka sytuacja w dziedzinie informatyki stała się przyczyną i bodźcem do podjęcia przez rządy 6 krajów socjalistycznych decyzji dotyczącej podpisania w grudniu 1969 r. wielostronnego Porozumienia o współpracy w zakresie opracowania, produkcji i zastosowania środków techniki obliczeniowej. Do Porozumienia tego w latach 1972 i 1973 przystąpiły jeszcze dwa kraje: Republika Kuby i Rumunia.

W latach sześćdziesiątych w krajach socjalistycznych wskutek dynamicznego rozwoju techniki i przemysłu nastąpił znaczny wzrost zainteresowania elektroniczną techniką obliczeniową. Bez niej bowiem nie można było myśleć o dalszym, szybkim rozwoju nowoczesnej gospodarki. Również w Polsce w tym czasie pojawiło się zapotrzebowanie na sprzęt informatyczny. Sam import nie stanowił rozwiązania problemu, należało stworzyć własny przemysł komputerowy. W 1964 r. powstało Zjednoczenie Przemysłu Automatyki i Aparatury Pomiarowej "Mera", które przystąpiło do realizacji tego zadania. Osiągnięcie wyników w tej dziedzinie możliwe było tylko na zasadach porozumienia o współpracy międzynarodowej z krajami socjalistycznymi. Konieczność konsolidacji sił w zakresie techniki obliczeniowej spowodowana była tym, że do 1970 r. kraje socjalistyczne produkowały ok. 30 typów różnych maszyn. Eksploatacja maszyn była tym bardziej skomplikowana, że produkowane były inne urządzenia peryferyjne dla każdego typu maszyn i nie były one kompatybilne ze sobą. Oprogramowanie różne dla każdego typu maszyny powodowało duże straty czasowe i pieniężne, zarówno przy opracowywaniu programów użytkowych jak i oprogramowania systemowego.

Przed krajami, które podpisały Porozumienie postawione zostało zadanie - opracowanie i produkcja elektronicznych maszyn cyfrowych według jednolitych wymagań technicznych. Przy-

jęta koncepcja, przy udziale wysoko kwalifikowanych specjalistów z krajów współpracujących, przewidywała utworzenie Jednolitego Systemu Elektronicznych Maszyn Cyfrowych jako rodziny maszyn posiadających techniczną, architektoniczną i programową kompatybilność. Wspólne opracowania i kompleksowe rozwiązania problemów technicznych miały nie tylko ekonomiczne, ale i polityczne znaczenie i stanowiły przykład wdrożenia w życie nowej formy ekonomicznej integracji krajów socjalistycznych, zgodnej z zasadami dalszego pogłębiania i doskonalenia współpracy, przewidzianymi kompleksowym programem przyjętym na XXV Sesji RWPG.

W celu realizacji zadań Porozumienia i kierowania współpracą utworzona została międzynarodowa organizacja pod nazwą Międzyrządowa Komisja Współpracy Krajów Socjalistycznych w dziedzinie Techniki Obliczeniowej. Już wówczas od 20 lat działały branżowe komisje RWPG zajmujące się wszystkimi ważnymi gałęziami życia gospodarczego w krajach socjalistycznych. Dlaczego więc zagadnienia techniki obliczeniowej zostały wydzielone z komisji RWPG, dlaczego należało przedsięwziąć specjalne kroki, znaleźć inne niż dotychczas rozwiązania? Doceniając rolę i znaczenie rozwoju środków techniki obliczeniowej w gospodarce narodowej Komisja Partyjno-Rządowa ds. Informatyki w Polsce uważała za słuszne i konieczne przyznanie w strategii rozwoju społeczno-gospodarczego kraju, jednego z głównych priorytetów przemysłowi komputerowemu, którego tempo rozwoju produkcji, zastosowań, doświadczeń jak również szkolenia kadr wymagało znacznego przyspieszenia. Należy dodać, że w latach 1973-77, tj. w przeciągu pięciu kolejnych lat działalności Komisji ilość ośrodków informatycznych, w których pracuje specjalnie przeszkolona kadra specjalistów, wzrosła ponad dwukrotnie.

Protokół o charakterze i formach współpracy Komisji Międzyrządowej i Rady Wzajemnej Po-

mocy Gospodarczej określa zasady, którymi kierują się obie te organizacje, realizując swoje zadania. Komisja Międzyrządowa współpracuje z RWPG na zasadzie umowy w charakterze samodzielnej organizacji międzynarodowej w oparciu o akty normatywne. Działalność Komisji jest skoordynowana z działalnością RWPG w zakresie problemów stanowiących wzajemny interes, a przede wszystkim w zagadnieniach związanych z opracowaniem i realizacją przedsięwzięć przewidzianych Kompleksowym programem dalszego pogłębiania i doskonalenia współpracy i rozwoju specjalistycznej ekonomicznej integracji krajów - członków RWPG.

Wykonawcami z jednej strony jest Komisja Międzyrządowa i Centrum Koordynacyjne oraz odpowiednie organy robocze, z drugiej zaś Stała Komisja Przemysłu Radiotechnicznego i Elektronicznego RWPG, Sekretariat RWPG a w razie potrzeby inne zainteresowane organy RWPG. Obie strony zobowiązały się koordynować plany pracy odpowiednich organów Komisji i RWPG w zakresie interesujących ich zagadnień, wzajemnie informować się o przygotowywaniu materiałów interesujących obie strony, kontaktować się, i w razie konieczności opracowywać wspólnie oraz wymieniać pomiędzy sobą protokoły z posiedzeń, na których rozpatrywane były sprawy interesujące Komisję i RWPG.

Do zobowiązań umowy należy też wymiana dokumentów i materiałów oraz zapraszanie przedstawicieli odpowiednich organów drugiej strony do wzięcia udziału w posiedzeniach, konsultacjach, dyskusjach. Komisja Międzyrządowa dąży do tego, aby zalecenia organów RWPG w zakresie interesujących ją problemów były rozpatrywane przez odpowiednie organy Komisji i zgodnie z ich decyzją uwzględniane w działalności Komisji.

W roku jubileuszu Komisji Międzyrządowej stronie polskiej przypadł zaszczyt zorganizowania u siebie XIX posiedzenia. Uroczystego otwarcia dokonał Minister Przemysłu Maszynowego tow. Aleksander Kopeć, który w swym przemówieniu podkreślił ogromne znaczenie Komisji w dziedzinie opracowania, produkcji i zastosowania nowoczesnych elektronicznych maszyn cyfrowych oraz systemów sterowania budowanych na bazie jednolitych środków technicznych i programowych. Zadania wynikające z "Kompleksowego programu" realizowane były przez Komisję z powodzeniem we wszystkich krajach uczestniczących w Porozumieniu poprzez szeroką unifikację bloków i urządzeń w zakresie JS EMC i SM EMC oraz wielostronne uzgadnianie wymagań technicznych i przeprowadzanie międzynarodowych badań nowych urządzeń techniki obliczeniowej, nawiązanie ścisłej współpracy w zakresie zastosowań a przede wszystkim poprzez wspólne opracowanie oprogramowania podstawowego i użytkowego, a także rozwój obsługi technicznej i doskonalenie form zaopatrzenia w części zamienne urządzeń informatyki. Drugim istotnym dokumentem określającym zadania Komisji na najbliższy

okres są postanowienia XXXII Sesji RWPG. W przyjętym na tej Sesji "Wieloletnim Kierunkowym Programie Współpracy w dziedzinie przemysłu maszynowego" Komisja została zobowiązana do współdziałania w opracowaniu w 1979 r. projektów porozumień o specjalizacji i kooperacji produkcji systemów sterowania do obrabiarek sterowanych numerycznie oraz do opracowania w 1980 r. projektów porozumień o specjalizacji i kooperacji produkcji środków techniki obliczeniowej dla potrzeb automatyzacji sterowania procesami technologicznymi i produkcją.

Podstawową działalność w zakresie produkcji i rozwoju środków techniki obliczeniowej prowadzi w Polsce Zjednoczenie "Mera", które dysponuje siedemnastoma przedsiębiorstwami produkcyjnymi, czterema instytutami naukowymi, dziewięcioma ośrodkami badawczo-rozwojowymi, trzema centrami naukowo-produkcyjnymi oraz biurami projektowymi i innymi jednostkami. Mimo że Zjednoczenie "Mera" obejmuje także działalność w zakresie urządzeń automatyki i aparatury kontrolno-pomiarowej, produkcja środków techniki obliczeniowej stanowi najszybciej rozwijający się dział tego przemysłu, o czym świadczyć może wzrost produkcji sprzętu komputerowego o 155% w 1978 r. w stosunku do r. 1975. Polska może się poszczycić wyprodukowaniem do tej pory 2600 sztuk różnych typów maszyn cyfrowych, z czego na eksport przeznaczono 415 sztuk. Wizytówką naszego przemysłu są m. in. takie wyroby jak: systemy komputerowe R-32, ODRA 1305 i ODRA 1325, drukarki wierszowe i mozaikowe, systemy minikomputerowe MERA 300 i MERA 400, monitory ekranowe i dziurkarki taśmy papierowej, systemy przygotowania danych MERA 9150, pamięci kasetowe i inne. Wśród nowych uruchomień należy wymienić przede wszystkim procesor komunikacyjny do systemów teleprzetwarzania danych Jednolitego Systemu oraz system przygotowania danych na dyskach elastycznych.

Osiągnięcia polskiego przemysłu komputerowego nie byłyby możliwe bez rozwoju współpracy wielostronnej i dwustronnej. Zespolenie wysiłków międzynarodowej kadry specjalistów w ramach działalności Komisji Międzyrządowej zintensyfikowało prace nad stworzeniem założeń technicznych i konkretnych rozwiązań obejmujących nowy typoszereg Jednolitego Systemu i Systemów Minikomputerowych. Zastosowano wyższe formy współpracy oraz rozwinięto formy trwałych powiązań gospodarczych. Na XIX posiedzeniu Komisji Międzyrządowej podjęta została jeszcze jedna ważna inicjatywa zmierzająca do podniesienia efektywności pracy organów roboczych i Centrum Koordynacyjnego. Przygotowane zostały mianowicie nowe propozycje dalszego doskonalenia współpracy w dziedzinie techniki obliczeniowej. Strona polska zgłaszając swoje propozycje kierowała się generalnie zasadą wzorowania pracy organów RWPG. Tak więc zgłoszony został wniosek,

aby ostateczny dokument w zakresie doskonalenia działalności Komisji był zgodny z dokumentem zatwierdzonym na XXXII Sesji RWPG, tj. "Podstawowymi kierunkami dalszego doskonalenia organizacji wielostronnej współpracy krajów członkowskich RWPG i działalności Rady". Zdaniem PRL należałoby wprowadzić do działalności Komisji i jej organów, zgodnie z zaleceniami 89 posiedzenia Komitetu Wykonawczego RWPG, jednego łącznego dwuletniego planu pracy i zgodnie z praktyką i metodyką przyjętą w branżowych komisjach RWPG. Ograniczenie wydawania dokumentów normatywnych i metodologicznych w tych dziedzinach, w których istnieją już zalecenia RWPG pozwoliłoby na uniknięcie dublowania prac w tym zakresie. Ujednoczenie struktury organów Komisji na wzór komisji branżowych RWPG, tj. powołanie tylko rad bez dalszego podziału na sekcje, znacznie zmniejszy ilość organów roboczych Komisji /których ostatnio jest już około 100/ i uprości prace.

Przy realizacji zadań w zakresie specjalizacji i kooperacji produkcji główny nacisk, zdaniem strony polskiej, powinien być położony nie tylko na urządzenia peryferyjne, ale również na maszyny podstawowe i to z podjęciem prób określenia podziału specjalizacji już na etapie opracowań konstrukcyjnych. Wspólne prace konstrukcyjne należy realizować w oparciu o kontrakty i umowy. W zakresie poprawy efektywności pracy Centrum Koordynacyjnego podkreślona została rola wykonawcza tego organu, który powinien własnymi siłami wykonywać prace analityczne ze szczególnym uwzględnieniem:

- rozwiązywania problemów współpracy w sferze produkcji materiałowej, osiągnięcia konkretnych efektów w zakresie specjalizacji i kooperacji produkcji,
- zmniejszenia przeciążenia planów drugorzędnej tematyką oraz zagadnieniami organizacyjno-proceduralnymi, metodologicznymi i informacyjnymi,
- skracania czasu wykonywania prac.

Wszystkie te postulaty zgłoszone przez stronę polską były rezultatem wnikliwej analizy i oceny działalności Komisji Międzyrządowej i jej organów na przestrzeni lat i miały na celu polepszenie współpracy, uproszczenie organizacji prac i zwiększenie efektywności działań.

W okresie 10-letniej działalności Komisji zorganizowane zostały dwie wystawy stanowiące przegląd dorobku krajów socjalistycznych w produkcji sprzętu informatycznego. Pierwsza z nich pn. "Środki Techniczne Jednolitego Systemu Elektronicznych Maszyn Cyfrowych" /1973 r. / była konfrontacją pozycji Polski na rynkach światowych. Zademonstrowano tam 6 pierwszych modeli maszyn cyfrowych i około 120 urządzeń peryferyjnych. Druga wystawa zorganizowana w bieżącym roku w Moskwie, w porównaniu z poprzednią, rozszerzona została pod względem zestawu, celów i zadań. Ekspo-

nowane były techniczne i programowe środki Jednolitego Systemu EMC i Systemów Minikomputerowych, technologiczne wyposażenie i technologia produkcji środków informatyki. Główna różnica między obu wystawami polegała jednak na tym, że tegoroczną eksponowała przede wszystkim efektywność zastosowań środków techniki obliczeniowej we wszystkich dziedzinach życia gospodarczego na przykładzie działających systemów.

W celu popularyzacji wyników pracy i osiągnięć Komisji Międzyrządowej, szczególnie w obszarze naukowo-technicznym, od trzech lat wydawany jest w Moskwie w języku rosyjskim biuletyn pn. "Technika obliczeniowa krajów socjalistycznych". W jubileuszowym roku wyjdzie szósty numer tego wydawnictwa. Zamieszczają w nim artykuły wybitni specjaliści z dziedziny techniki obliczeniowej i współpracy międzynarodowej. Wydawnictwo to cieszy się dużą poczytnością; z roku na rok wzrasta na nie ilość zamówień nie tylko w krajach socjalistycznych, ale także na rynkach trzecich.

Jak należy ocenić sytuację polską w dziedzinie stosowania maszyn cyfrowych w zarządzaniu? Jakie ważne wydarzenia w życiu gospodarczym kraju towarzyszyły Komisji w ciągu 10 lat jej działalności? Pierwszym dokumentem o doniosłym znaczeniu, określającym podstawowe kierunki i warunki kompleksowego rozwoju informatyki była uchwała nr 33/71 Rady Ministrów w sprawie rozwoju, organizacji i koordynacji informatyki, a następnie Decyzja nr 3/74 Prezydium Rządu z dnia 11 stycznia 1974 r. w sprawie kierunków zastosowań informatyki oraz rozwoju krajowego przemysłu informatycznego w latach 1974-80. Istotne znaczenie miało również IV Plenum KC PZPR podkreślające znaczenie zachodzących przemian spowodowanych rozwojem nauki i techniki - uznające priorytetową rolę informatyki. W marcu 1973 r. uchwałą Biura Politycznego powołana została Komisja Partyjno-Rządowa, której głównym zadaniem było przeprowadzenie analizy i dokonanie oceny dotychczasowego stanu rozwoju informatyki w różnych dziedzinach gospodarki narodowej w latach 1973-80. W wyniku prac Komisji opracowano dokument pt. "Kierunki rozwoju informatyki w Polsce w latach 1973-80", który został rozpatrzony i zaakceptowany przez Biuro Polityczne KC PZPR. Następnej oceny rozwoju techniki obliczeniowej dokonało Biuro Polityczne KC PZPR w lipcu 1977 r. Ukazało się także szereg aktów normatywnych regulujących poczynania w tym zakresie. Wytypowane zostały dziedziny komputeryzacji o zasięgu ogólnopaństwowym, a mianowicie:

- w planowaniu centralnym zapewniającym realizację podstawowych celów strategicznych,
- w ewidencji ludności kraju,
- w statystyce państwowej,
- w informacji naukowej, technicznej i organizacyjnej.

Dokonany został podział na:

- rządowe /centralne/ systemy informatyczne w odniesieniu do dziedzin zastosowań,
- resortowe systemy informatyczne - zaspokajające potrzeby ministerstw i urzędów centralnych,
- obiektowe systemy informatyczne.

Za najbardziej efektywny obszar zastosowań uznano sterowanie produkcją i procesami technologicznymi. Realizacja tych działań znalazła odbicie w Programach Rozwoju Informatyki na lata 1971-75, a następnie na lata 1976-80. Rozwój informatyki w PRL stanowi integralną część długofalowego programu rozwoju społeczno-gospodarczego kraju. Jest on objęty wieloletnimi i rocznymi planami gospodarczymi. Zwraca się szczególną uwagę na korzyści społeczne i wysoką efektywność systemów informatycznych.

W minionym dziesięcioleciu w rezultacie współpracy PRL z ZSRR opracowana została elektroniczna maszyna cyfrowa R-30 i wkrótce potem zmodernizowana R-32. Dla systemu JS-1032 w PRL opracowano i uruchomiono produkcję 16 urządzeń peryferyjnych. 12 dalszych urządzeń do końca 1980 r. poddanych zostanie badaniom międzynarodowym. Jednym z głównych osiągnięć polskiego przemysłu jest opracowanie i rozpoczęcie produkcji procesorów teleprzetwarzania danych, które posłużą do tworzenia całych systemów teleprzetwarzania. W zakresie systemów minikomputerowych,

również objętych jednolitymi wymaganiami technicznymi, przemysł polski opracował konstrukcję i podjął produkcję procesora SM-3P oraz 16 różnych urządzeń peryferyjnych. W przyjętym wstępnie przez Komisję Międzyrządową podziale specjalizacji Polska uzyskała uprawnienia strony specjalizującej się zarówno w produkcji maszyn podstawowych jak i urządzeń peryferyjnych. Przejście od pierwszego etapu rozwoju JS EMC /RIADI/do drugiego /RIAD II/ wymagało opracowania nowej struktury logicznej, nowej bazy elementowej, nowych technologii wytwarzania, systemów operacyjnych i oprogramowania technicznego. Obecny etap rozwoju JS RIAD III oparty jest na Planie prac naukowo-badawczych sporządzonym przy aktywnym udziale specjalistów polskich. Plan zawiera kompleksowo widziane przedsięwzięcia i tematy w większości których uczestniczy strona polska.

Reasumując należy podkreślić, że w Polsce rozwój informatyki oparty jest na szerokiej współpracy międzynarodowej. W ramach działalności Międzyrządowej Komisji Współpracy Krajów Socjalistycznych w dziedzinie Techniki Obliczeniowej korzysta się z doświadczeń i aktywnej współpracy gospodarczej i naukowo-technicznej z krajami socjalistycznymi, koncentrując wysiłki na budowie systemów opartych o sprzęt Jednolitego Systemu i Systemów Mini-komputerowych Elektronicznych Maszyn Cyfrowych.

mgr inż. ADAM CZERMAK
mgr inż. JÓZEF JABŁOŃSKI
mgr inż. ANDRZEJ OSTROWICZ

WIELOFUNKCYJNY ANALIZATOR SPEKTROMETRYCZNY CADOS

System CADOS jest wielofunkcyjnym analizatorem spektrometrycznym umożliwiającym prowadzenie różnorodnych eksperymentów na cyklotronie U-120 w Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie. Analizator ten został zbudowany w standardzie CAMAC i stanowi dwukasetowy zestaw sterowany przez minikomputer PDP-11/10.

Przy budowie systemu CADOS projektanci wzięli pod uwagę trzy główne cechy, jakie powinien on spełniać w trakcie eksploatacji, a mianowicie:

- jak największa uniwersalność systemu w eksperymentach fizyki jądrowej,
- prosta adaptacja do potrzeb planowanego eksperymentu,
- łatwość obsługi.

Pierwszą z tych cech uzyskano poprzez dobór odpowiednich bloków CAMAC, które mogą pełnić wielorakie funkcje w systemie, zgodnie z wybranym przez operatora programem pracy analizatora. Drugą cechą system realizuje poprzez udostępnienie operatorowi w zależności od typu eksperymentu oraz charakteru i sposobu gromadzenia danych, odpowiednich wejść i wyjść do kasyety i z kasyety pomiarowej, poprzez które system łączy się /okablowanie/ z prowadzonym eksperymentem.

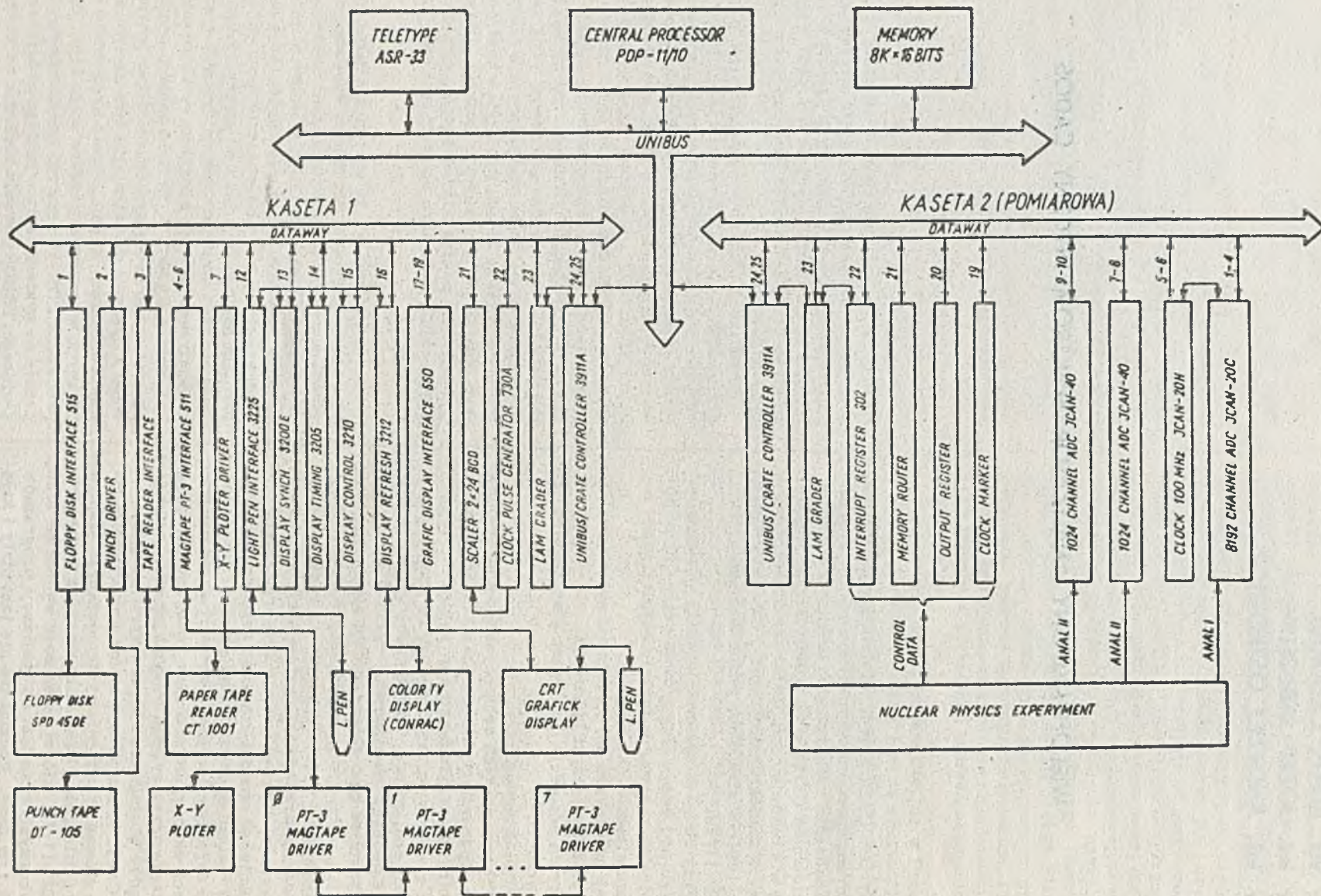
Łatwość obsługi uzyskano dzięki wprowadzeniu dialogu operatora z systemem, ujednoczeniu dyrektyw operatora we wszystkich programach eksperymentów oraz rozbudowaną sygnalizację przez system wszystkich możliwych błędów obsługi oraz błędów systemowych.

Część operacyjna systemu wykorzystuje jako główne urządzenia systemowe dysk elastyczny i dalekopis. Pamięć operacyjna procesora PDP-11/10, której pojemność wynosi 8K słów, wykorzystywana jest do realizacji programów jak i na dane. Podział ten nie jest stały i zależy od rodzaju wybranej pracy analizatora. W części pamięci operacyjnej przeznaczonej na programy znajduje się program stały systemu

CADOS, który zajmuje około 1,8K słów. W pozostałej części pamięci mogą być wykonywane podprogramy obsługi niektórych dyrektyw systemu, które są automatycznie ładowane z dysku elastycznego, bądź też inne dowolne programy użytkownika.

Wizualizacja danych w systemie oraz program określania podstawowych parametrów piku dla widm spektrometrycznych pozwala w prosty sposób ustawiać eksperyment. Wyrowadzenie danych na pamięć taśmową w standardzie ANSI lub ISO, w postaci etykietowanych zbiorów, umożliwia dalszą obróbkę danych z przeprowadzonego eksperymentu na ogólnie dostępnych maszynach cyfrowych, jak np. CYBER lub ODRA 1305. Możliwość kreacji programu eksperymentu na dysku elastycznym w postaci tzw. pośredniego zbioru dyrektyw a następnie jego realizacja, w znacznym stopniu ułatwia wykonywanie powtarzalnych eksperymentów oraz zwalnia operatora od śledzenia toku ich realizacji.

Należy podkreślić, że system CADOS cechuje możliwość prostej rozbudowy zarówno od strony hardware'owej poprzez umieszczanie dodatkowych bloków CAMAC w wolnych miejscach w kasetach lub poprzez dokładanie następujących kaset czy też powiększenie pojemności pamięci operacyjnej, jak i od strony software'owej poprzez umieszczenie na dyskach systemowych dodatkowych programów, które mogą być wołane wg nazwy. System posiada ponadto ogólnie znane cechy systemu minikomputerowego z dyskami umożliwiając tym samym edycję programów, asemblowanie programów napisanych w języku asemblera PAL-11S dla procesora PDP-11 oraz ich uruchamianie. Włączenie do systemu uniwersalnego programu testującego TEROS pozwala obsłużyć na szybkość lokalizację ewentualnych uszkodzeń w części cyfrowej elektroniki CAMAC jak i na stwierdzenie poprawnej pracy systemu.



Rys. 1. Konfiguracja analizatora CADOS

Konfiguracja systemu CADOS

Jak wspomniano na wstępie system CADOS składa się z dwóch kaset CAMAC sprzężonych z procesorem PDP-11/10 za pomocą dwóch bloków UNIBUS - CRATE CONTROLLER 3911A które stanowią równocześnie sterowniki tych kaset /rys. 1/. Dołączone do sterowników kaset bloki LAM GRADER'a zezwalają na dowolne uszeregowanie pod względem priorytetów do 16 zgłoszeń LAM pochodzących z danej kasy CAMAC. Przyporządkowanie zgłoszeniom LAM priorytetów oraz bezpośrednich wektorów przerw dla procesora PDP-11/10 znacznie przyspiesza obsługę przerw pochodzących z kasy. Ponadto rejestr maskujący poszczególne zgłoszenia, który znajduje się w bloku LAM GRADER'a daje dużą swobodę operowania przerwami.

W kasecie 1 znajdują się interfejsy do urządzeń peryferyjnych przedstawionych na rys. 1, z których część, poza swoimi funkcjami systemowymi, spełnia również rolę komunikacji system - operator lub operator - system. Stacja dysków elastycznych SPD-45/DE, w której mieszczą się cztery dyski o pojemności 256K bajtów każdy, jest systemową pamięcią analizatora CADOS. Na dwóch dyskach znajdują się programy systemowe, które muszą być obecne, na właściwych stanowiskach stacji SPD, w trakcie pracy analizatora. Pozostałe dwa dyski przeznaczone są do pamiętania na nich widm z przeprowadzonych eksperymentów oraz do umieszczania programów eksperymentów w postaci zbioru pośredniego dyrektyw.

Zapisywanie na dyskach etykietowanych zbiorów odbywa się za pośrednictwem programu bibliotekarz. Program ten zmusza operatora do zaetykietowania zbioru unikalną nazwą i automatycznie dopisuje każdemu umieszczonemu na dysku zbiorowi identyfikator prowadzonego eksperymentu. Pojemność jednego dysku elastycznego wystarcza do zapamiętania 100 widm 1024 kanałowych o pojemności kanału 16 bitów. System posiada możliwość inicjalizowania dysków, kasowania uprzednio umieszczonego zbioru, przepisywania dowolnego zbioru na inny dysk, magnetyczną pamięć taśmową lub taśmę perforowaną. Dyski są wymienne i mogą służyć jako nośnik danych z eksperymentu. Czytnik i perforator służą w systemie CADOS do wprowadzania i wyprowadzania danych oraz programów, co stanowi pomost pomiędzy analizatorami starszego typu z możliwością wyprowadzania danych na taśmę perforowaną.

Pamięć magnetyczna PT-3 dołączona jest do systemu poprzez interfejs 511, który umożliwia sterowanie maksymalnie ośmioma stacjami taśm magnetycznych. System CADOS wyposażony jest w dwie stacje pamięci magnetycznej PT-3. Eksperymentator może dokonywać zapisu widm na taśmie magnetycznej w postaci etykietowanych zbiorów, które można wyprowadzać w standardzie zapisu ANSI lub ISO. Wyboru standardu zapisu dokonuje operator poprzez użycie odpowiedniej dyrektywy, a wybra-

ny przez niego standard obowiązuje dla całej taśmy. Poza zapisem i odczytem pamięci taśmowej system CADOS umożliwia wykonywanie następujących operacji na pamięci PT-3: ładowanie i rozładowanie taśmy, inicjalizacja taśmy, poszukiwanie zbiorów, skoki w przód i w tył o zadaną ilość zbiorów. Przed zapisem zbioru system automatycznie otwiera taśmę, która nie była uprzednio otwarta do zapisu, natomiast przy każdej innej operacji na taśmie po dokonanych na niej zapisie następuje automatyczne jej zamknięcie.

W standardzie ANSI możliwe jest dokonywanie zapisu informacji na taśmie z gęstością niską lub wysoką /8 i 32 rzędkie na mm/, przy czym słowo informacyjne jest 16-bitowe. W standardzie ISO zapisu dokonuje się z gęstością niską, a słowo informacyjne wynosi 24 bity. System automatycznie dokonuje podziału zapisanych zbiorów na bloki po 1024 słowa każdy, a w przypadku krótszego zbioru dopełnia zapisywany blok zerami oraz automatycznie reaguje na wykryte w trakcie zapisu lub odczytu błędy, korygując je lub informując o nich operatora.

Zastosowany w systemie kolorowy monitor TV z piórem świetlnym sterowany jest przez zestaw pięciu bloków CAMAC firmy "Kinetic Systems": DISPLAY REFRESH 3212, DISPLAY CONTROL 3210, DISPLAY TIMING 3205, DISPLAY SYNCH 3200E oraz LIGHT PEN INTERFACE 3225. Powyższe bloki umożliwiają wyświetlanie informacji graficznej i alfanumerycznej na monitorze CONRAC w siedmiu kolorach. Pamięć buforowa 1056 słów 12 bitowych, która znajduje się w bloku DISPLAY REFRESH 3212, umożliwia pamiętanie obrazu o wymiarach 44 kolumny x 24 rzędy. W systemie CADOS monitor ten służy do wyświetlania wybranych części widma, informacji o widmie oraz do komunikacji operatora z systemem. Przy użyciu pióra świetlnego operator na monitorze CONRAC może np. przesunąć widmo lub znaczniki w obu kierunkach mnożyć lub dzielić wyświetlane widmo przez potęgę dwójki oraz zadawać niektóre parametry do programów. Ponadto w fazie wstępnej, na monitorze CONRAC, system prowadzi dialog z operatorem pozwalając mu wybrać odpowiedni program eksperymentu oraz ustawić warunki jego pracy. W trakcie prowadzenia eksperymentu wyświetlane są w sposób ciągły nazwy pracującego programu, režim pracy analizatora, identyfikator eksperymentu i inne istotne dla operatora informacje o systemie.

Monitor graficzny CRT służy do wyświetlania widm jedno- i dwuparametrycznych oraz do podglądania w trakcie eksperymentu interesujących operatora zdarzeń rejestrowanych przez system. Interfejs 550 umożliwia wyświetlanie informacji graficznej i alfanumerycznej na monitorze CRT. Widma wyświetlane są w reżimie plotowania X - Y. Pióro świetlne przy monitorze CRT służy operatorowi do wybierania interesujących go obszarów widm wyświetlanych na mo-

monitorze CONBAC jak i do zadawania parametrów widma w trakcie pracy niektórych programów systemowych. System umożliwi wyświetlanie widm na monitorze CRT w kilku reżimach, które ułatwiają operatorowi uzyskanie właściwej wizualnej informacji o widmie. Wyposażenie systemu CADOS w ploter X - Y zezwala na wy prowadzanie widm lub ich części w postaci funkcji ilości zliczeń od numeru kanału.

Bloki zegara i licznika nastawnego wykorzystywane są w systemie do odmierzania czasu pomiaru. Istnieje możliwość blokowania licznika np. czasem martwym któregoś z konwerterów, co pozwala na odmierzenie czasu żywego analizy. W przypadku nie blokowania licznika, w trakcie analizy na czas, odmierzany jest czas zegarowy. Czas analizy może operator zadawać poprzez użycie odpowiedniej dyrektywy.

W kasecie 2 umieszczone są bloki funkcjonalne CAMAC, które poprzez odpowiednie okablowanie łączą się z prowadzonym eksperymentem. W zależności od typu prowadzonego eksperymentu system CADOS przyjmuje odpowiednią informację do kasy pomiarowej, przetwarza ją, a następnie organizuje w zbiory danych. Trzy wejścia analogowe ANAL A, ANAL B i ANAL C pozwalają na analizowanie trzech sygnałów spektrometrycznych. Przetwornik JCAN-20C analizuje sygnały od 0-10V w 8192 kanałach, natomiast przetworniki JCAN-40 analizują sygnały od 0-5V w 1024 kanałach każdy.

Bloki INTERRUPT REGISTER 302 oraz MEMORY ROUTER w niektórych typach eksperymentów mogą przyjmować do systemu zewnętrzne impulsy /np. koincydencyjne/, które pozwalają na właściwy pomiar oraz na odpowiednie zorganizowanie danych w pamięci procesora. Dwa wejścia w bloku INTERRUPT REGISTER przeznaczone są dla zewnętrznych sygnałów START - STOP analizy. CLOCK MARKER umożliwia, na życzenie operatora, określenie w systemie czasu kolejnych zdarzeń występujących na wejściach ANAL z dokładnością do 10 ns. Ponadto poprzez wejście SYNCH w bloku CLOCK MARKER można synchronizować pomiar z zewnętrznym przebiegiem np. z przebiegiem wiązki cyklotronu U-120.

W systemie CADOS przewidziano możliwość prostego sterowania zewnętrznymi urządzeniami wykonawczymi poprzez blok OUTPUT REGISTER, który posiada dwa gniazda wyjściowe 24 bitowe. Dla procesora i dwóch kaset CAMAC system wykorzystuje sygnały POWER FAIL, do obsługi zaniku i powrotu napięcia w którymkolwiek z tych urządzeń, poprzez automatyczny STOP i RESTART bieżącego programu. W czasie realizacji programów gromadzenia widma wystąpienie sygnału POWER FAIL powoduje zatrzymanie analizy, o czym zostaje poinformowany operator, który następnie sam podejmuje odpowiednią akcję. Taka obsługa zaniku napięcia została podyktowana tym, że

brak zasilania może nadal występować w innych urządzeniach nie mających wspólnego zasilania z systemem CADOS.

Funkcje systemu CADOS

Podstawową funkcją systemu CADOS jest gromadzenie danych z różnorodnych eksperymentów dotyczących fizyki jądrowej, głównie w zakresie spektroskopii jądrowej oraz reakcji jądrowych. Przewidziane w systemie programy eksperymentów i gromadzenia danych dają fizykowi duże możliwości badawcze odnośnie powyższych dziedzin.

Operator przystępując do eksperymentu ma do wyboru następujące programy pracy analitycznej.

1. Prosta analiza na dowolnym konwerterze z gromadzeniem widma do pamięci procesora. Zakres widma maksymalnie może wynosić 4096 kanałów, przy czym ograniczenie to wynika z braku dostatecznie dużej pamięci operacyjnej przeznaczonej na dane.
2. Analiza dwuparametryczna X,Y na dowolnie wybranych dwóch konwerterach z gromadzeniem do pamięci dowolnego wycinka widma. Przy analizach 64 x 64, 128 x 32, 256 x 16 lub 512 x 8, do pamięci gromadzone jest całe widmo. Jeżeli jednak zakres widma przekracza pojemność pamięci 4096 słów, wówczas do pamięci może być rejestrowana dowolnie wybrana przez operatora jego część.
3. Analiza trójparametryczna X,Y, Z z gromadzeniem do bufora zdarzeń i automatycznym zapisem na pamięć taśmową zarejestrowanych przypadków z równoczesnym podglądaniem gromadzonego widma w dowolnie wybranym kierunku X, Y lub Z.
4. Równoczesne gromadzenie do pamięci dwu lub trzech niezależnych widm z dwóch lub trzech konwerterów ADC. Analiza na każdym z konwerterów może być uwarunkowana zewnętrznymi impulsami koincydencyjnymi.
5. Równoczesne gromadzenie do pamięci maksymalnie ośmiu widm, z wykorzystaniem podziału pamięci, uzyskany poprzez zewnętrzne adresowanie wybranych przypadków impulsami koincydencyjnymi wprowadzonymi do bloku MEMORY ROUTER'a
6. Analiza dwuparametryczna X,Y z oknami logicznymi. Do pamięci gromadzone jest widmo dla jednego parametru, natomiast drugi parametr traktowany jest jako wartość logiczna. Operator dla tego typu analizy ma możliwość wybrania do 10 okien logicznych.
7. Analiza wieloparametryczna tzw. "event by event" sygnałów spektrometrycznych X, Y, Z /ilość parametrów ograniczona jest ilością konwerterów w kasecie pomiarowej/ z zapisem zdarzeń na taśmie magnetycznej i równoczesnym podglądaniem na monitorze widma w zadanym zakresie i wybranym kierunku.
8. Analiza wieloparametryczna "event by event" jak w punkcie 7, z markowaniem czasu występowania poszczególnych zdarzeń.

9. Identyfikacja cząstek, poprzez możliwość gromadzenia do pamięci widm zdarzeń realizujących zadaną funkcję na płaszczyźnie X, Y .

Dla operatora, w trakcie eksperymentu jak i po jego zakończeniu, bardzo istotna jest wizualna informacja o widmie. Informacja ta jest również konieczna dla właściwego ustawienia eksperymentu poprzez właściwe dobranie wzmacnień w zewnętrznych torach pomiarowych, ustawienie opóźnień w torach koincydencyjnych itp. W systemie CADOS operator ma duże możliwości uzyskania interesującej go informacji o widmie, głównie poprzez wybór dogodnego sposobu wizualizacji danych, na monitorze graficznym CRT lub na monitorze TV CONRAC. Na informację tę składa się część graficzna i część alfanumeryczna.

Część graficzną stanowi wyświetlany przebieg ilości zliczeń w zależności od numeru kanału $I=f(X)$ lub dla widm dwuparametrycznych przebieg $I=f(X, Y)$, który może być wyświetlany w aksjonometrii, bądź też jako rzut ilości zliczeń w kanałach na płaszczyznę X, Y z możliwością do ustawiania dwoma poziomami dyskryminacji ilości zliczeń. Pióro świetlne przy monitorze CRT służy operatorowi do szczegółowego określania parametrów widma przez wybór interesującego go przekroju czy zakresu wyświetlania na monitorze CONRAC. Część widma lub jego przekrój wyświetlany na monitorze CONRAC jest w tym czasie podświetlany na monitorze CRT. Niezależnie od wyboru zakresu wyświetlania na monitorze graficznym CRT, operator przy użyciu pióra świetlnego przy monitorze CONRAC może przesuwając widmo w dowolnym kierunku w prawo lub w lewo, a dla widm dwuparametrycznych również w głąb i w przód. Dwa ruchome znaczniki, które mogą być dowolnie ustawiane na widmie przy pomocy pióra świetlnego, służą operatorowi do wybierania szczególnych punktów widma np. zadawanie tła, określanie położenia pików itp.

Informacja alfanumeryczna w systemie jest ściśle związana z częścią graficzną wyświetlanego widma. Służy ona do cyfrowego określania położenia wybranych części widma, położenia znaczników, ilości zliczeń w wybranych kanałach, sumy zliczeń między znacznikami jak również określa oś i przedziały widma interesujące operatora oraz poziomy dyskryminacji ilości zliczeń dla niektórych sposobów wyświetlania widm.

Dla współpracy operatora z systemem, przy pomocy piór świetlnych, na monitorach wyświetlane są dodatkowe znaki alfanumeryczne i graficzne pełniące określone funkcje. Powiązanie wyświetlanych informacji graficznych z alfanumerycznymi, kolorem na monitorze CONRAC oraz intensywnością świecenia luminoforu na monitorze CRT, w dużym stopniu ułatwia operatorowi kojarzenie poszczególnych informacji i współpracę z systemem. Zgromadzone przez system w trakcie eksperymentu dane, w

postaci widm lub zarejestrowanych zdarzeń typu "event by event", mogą być wyprowadzone z pamięci, automatycznie lub przy pomocy odpowiednich dyrektyw operatora, na magnetyczną pamięć taśmową, dysk elastyczny, perforator lub rejestrowane na dalekopisie w postaci wydruku czy też na ploterze w postaci wykresu.

System CADOS daje eksperymentatorowi szerokie możliwości operowania zbiorami danych. Widmo zgromadzone w pamięci operacyjnej może być wyprowadzone w wybranym przez operatora zakresie na pamięć taśmową lub dysk elastyczny. Zapisane na taśmie lub dysku widma mogą być następnie w dowolnej chwili wczytane do pamięci w zadane miejsce bądź to w celu ich dalszego opracowywania, porównania poprzez operację sumowania lub odejmowania widm, bądź też w celu kopiowania ich na innym urządzeniu. I tak np. można kopiować widma z dysku na ploter, z dysku na pamięć taśmową, z taśmy perforowanej na dysk itp. Kopiowanie zbiorów z dysku na dysk może odbywać się bez wczytywania go do pamięci. W trakcie kopiowania operator może zmienić nazwę zbioru, natomiast nie ma możliwości zmiany jego identyfikatora. Wczytane do pamięci widmo jest automatycznie wyświetlane na monitorach CRT i CONRAC, gdzie podaje swoją nazwę i identyfikator. Kolor widma wyświetlanego na monitorze CONRAC informuje operatora, że dane widmo umieszczone jest tylko w pamięci operacyjnej systemu, ostrzegając go równocześnie w ten sposób przed ewentualnym skasowaniem danych w pamięci analizatora, pochodzących nieraz z kilkugodzinnego eksperymentu.

Informację o istniejących zbiorach może operator uzyskać poprzez wydruk na dalekopisie spisu zbiorów z wybranego dysku lub pamięci taśmowej.

Komunikacja operatora z systemem CADOS odbywa się poprzez dalekopis jak i za pośrednictwem obydwu monitorów z piórami świetlnymi. Po zaobrotowaniu lub wyjściu z dowolnego programu, system zgłasza się zarówno na dalekopisie jak i monitorze CONRAC. W tym czasie operator może posługiwać się wszystkimi dyrektywami systemowymi, bądź to w celu wybrania programu do dalszej pracy, bądź też w celu porządkowania zbiorów jak również może prowadzić dialog wstępny zapoznając się z interesującymi go programami oraz możliwościami systemu.

Dialog wstępny operator prowadzi na monitorze CONRAC, na który wywołuje piórem świetlnym opisy poszczególnych programów systemowych lub konkretny program. Z chwilą zgłoszenia się wywołanego programu, operator może używać na dalekopisie wszystkich dyrektyw systemowych oraz dyrektyw wybranego programu. W trakcie prowadzenia analizy, w programach eksperymentów, niektóre dyrektywy systemowe zostają znieczulone w

celu zabezpieczenia gromadzonych danych przed zniszczeniem. Są to głównie dyrektywy dotyczące wykonywania operacji na zbiorach. Po zakończeniu analizy następuje automatyczne odblokowanie dyrektyw systemowych.

W trakcie pracy z systemem CADOS operator jest na bieżąco informowany na dalekopisie o popełnionych przez niego błędach, które najczęściej dotyczyć będą błędnie napisanych dyrektyw, wyboru parametrów spoza ich dopuszczalnego zakresu, odwołanie się do nieistniejącego zbioru itp. Informacja systemu na dalekopisie dotyczy typu wykrytego błędu. Błąd na dyrektywa operatora nie jest wykonywana. Jeżeli operator nie jest zorientowany co do szczegółów błędu to użycie dyrektywy HELP bezpośrednio po zasygnalizowanym błędzie określi mu dokładnie jaki błąd popełnił. Podobnie odbywa się obsługa wszystkich błędów systemowych wykrytych w trakcie pracy systemu np. z powodu braku miejsca na dysku, niewłaściwego włożenia dysku, wykrycia znacznika końca taśmy EOT itp. Po zasygnalizowaniu błędu system oczekuje na polecenie operatora lub ewentualną jego interwencję.

Uszkodzenia w systemie lokalizować można używając do tego celu programu testującego TEROS, który automatycznie testuje logikę CAMAC dowolnego bloku oraz umożliwia generowanie dowolnego rozkazu CAMAC zarówno z odczytem jak i zapisem danych. Wysyłanie rozkazu na magistralę kasety może odbywać się w reżimie jednorazowym lub wielokrotnym wybranym przez operatora. Ponadto niektóre urządzenia i bloki CAMAC w systemie CADOS posiadają indywidualne programy testujące.

Dyrektywy systemu

Dyrektywy systemu CADOS, w postaci pisanych na dalekopisie poleceń operatora, stanowią podstawową formę komunikacji w systemie. Symboliczne nazwy dyrektyw przyjęto w języku angielskim. Możliwość przyjęcia dyrektywy system sygnalizuje napisaniem gwiazdki na dalekopisie a w trakcie prowadzenia analizy kropką. Istotne są jedynie pierwsze trzy znaki pisanej dyrektywy oraz dla dyrektyw zawierających argumenty ich poprawna forma. Każda dyrektywa kończy się znakiem CR /powrót karetki/ po wprowadzeniu którego rozpoczyna się jej wykonywanie. Poprawność dyrektywy sprawdzana jest przez system jak i przez wywołany program jej obsługi. W trakcie pisania dyrektywy na dalekopisie operator ma możliwość, poprzez odpowiednie znaki sterujące, unieważnić pisaną linię tekstu, skasować uprzednio wprowadzony znak, wrócić do ostatnio wprowadzonego programu.

Dla zilustrowania pracy operatora z systemem CADOS poniżej podano kilka przykładów użycia dyrektyw.

a/ Kopiowanie zbioru o nazwie SPEC z dysku β na dysk 1 i zmiana nazwy zbioru na SP1 β .
 *COPY FD β ; SPEC FD1; SP1 β
 FILE COPYD

b/ Kopiowanie zbioru o nazwie TEMP przy czym zbiór ten nie istnieje na dysku β .

*COPY FD β ; TEMP FD1;

? F-DISK ERROR

*HELP - identyfikacja błędu

FILE NOT FOUND

c/ Kasowanie zbioru o nazwie BRYT na dysku 1.

*DELETE FD1; BRYT

d/ Kopiowanie zbioru o nazwie SP11 z dysku na pamięć taśmową poprzezwołanie go do pamięci analizatora.

*RECALL FD1; SP11

*WRITE MT0; SP11

e/ Wywołanie programu analizy dwuparametrycznej o nazwie TPAN.

*RUN TPAN

Program zgłasza się na dalekopisie TPAN

f/ Wpisywanie identyfikatora eksperymentu np. data i nazwa.

*IDENT 7.3.79 JAN

g/ Kasowanie całej pamięci przeznaczonej na dane.

*CLEAR/ALL

h/ Wybranie konwerterów do analizy i układu gromadzonego widma w kanałach.

*CONVERT A=128 B=32

i/ Wybranie bazy gromadzonego widma w kanałach.

*BASE X=270 Y=64

j/ Start analizy /gromadzenie widma/.

*ANAL - po tej dyrektywie system zgłasza się kropką

k/ Ustawienie znaczników w interesujących operatora kanałach.

SHIFT SPEC=35 - wybranie interesującej części widma do wyświetlania na monitorze CON-RAC

.SHIFT BLUE=24 - ustawienie znacznika niebieskiego

.SHIFT YELLOW - ustawienie znacznika złotego

l/ Zatrzymanie gromadzenia danych /STOP analizy/.

.HALT - po tej dyrektywie system zgłasza się gwiazdką na dalekopisie

m/ Zapis zgromadzonych w pamięci danych na taśmie magnetycznej, zbiór o nazwie TPS1

*STOR MT1; TPS1

FILE STORED

n/ Kreacja zbioru dyrektyw pośrednich o nazwie BIGTO.

*CREATE FDO; BIGTO

RUN SPAN - wywołanie programu SPAN

CLEAR/ALL - kasowanie pamięci na dane

CONVERT B - wybranie konwertera do analizy

ANAL 1000 - żądanie prowadzenia analizy przez czas 1000 sekund

- STOR FD1; BION - umieszczenie danych na dysku 1 w zbiorze o nazwie BION
- PLOT Y-X - wykreślenie widma na ploterze z zależnym posuwem w kierunku X
- CLEAR/ALL - kasowanie pamięci na dane
- DRIVE 2, 4/1 - podanie sygnałów sterujących /logiczne 1/ na wyjścia 2 i 4 pierwszego rejestru wyjściowego
- ANAL 2000 - prowadzenie analizy przez czas 2000 sekund
- STOR FD1; TOME - umieszczenie danych na dysku 1 w zbiorze o nazwie TOME
- OUT - zakończenie wykonywania zbioru dyrektyw pośrednich i powrót do systemu

FILE STORED

Przed wykonaniem programu pracy analizatora operator żąda wydrukowania go na dalekopisie poprzez dyrektywę:

*PRINT FD1; BIGTO - kontrolny wydruk zbioru BIGTO na dalekopisie

Wywołanie programu pracy analizatora o nazwie BIGTO.

*EXECUTE FD1; BIGTO - automatyczne wykonanie poleceń operatora zawartych w zbiorze BIGTO

W trakcie wykonywania kolejnych dyrektyw zbioru system automatycznie wpisuje je na dalekopisie

o/ Powrót z dowolnego programu do systemu odbywa się poprzez użycie dyrektywy

*EXIT

ARE YOU SURE?

- powrót ten niszczy zbiory danych w pamięci operacyjnej analizatora

Operator potwierdza swoje żądanie znakiem Y, wycofuje każdym innym znakiem.

Po uzyskaniu potwierdzenia powyższej dyrektywy system zgłasza się na dalekopisie:

*** CAKOS

Przedstawione powyżej dyrektywy ilustrują w sposób ogólny niektóre cechy systemu CADOS. Szczegółowe informacje dotyczące dyrektyw i eksploatacji analizatora zawarte są w Instrukcji obsługi systemu CADOS.

Przedstawiony w niniejszej publikacji system CADOS, służący w głównej mierze jako wielofunkcyjny analizator spektrometryczny, stanowi uniwersalną bazę do budowy systemów dla innych zastosowań, wykraczających poza fizyką jądrową. Uniwersalność ta dotyczy zarówno doboru wielu innych bloków wykonawczych CAMAC jak i istniejącego oprogramowania dla procesora PDP-11, które w prosty sposób może być adoptowane do innych celów. Opracowanie oraz uruchomienie systemu wykonane zostało na minimalnym zestawie procesora PDP-11/10 z pamięcią operacyjną 8K, wyposażonym w dalekopis z wolnym czytnikiem i perforatorem taśmy.

System CADOS, który znajduje się obecnie w ostatniej fazie uruchamiania oprogramowania /zakończenie prac przewiduje się na miesiąc czerwiec br. /, będzie nadal intensywnie rozwijany. Ponadto, zaprezentowany system, stanowi olbrzymi zasób doświadczeń zdobytych przez projektantów w trakcie jego budowy. Odnosi się to zarówno do części elektronicznej jak i programowej opracowanego systemu

dr inż. JERZY JAKUBIEC
dr inż. PIOTR FILIPSKI
Instytut Metrologii
Elektrycznej i Elektronicznej
Politechniki Śląskiej

MINIKOMPUTEROWY SYSTEM BADANIA SILNIKÓW ASYNCHRONICZNYCH W ZESTAWIE MERA 305 - „CAMAC”

Ogólna charakterystyka systemu

Komputerowy system automatycznego badania silników asynchronicznych został zbudowany dla Kombinatu Maszyn Elektrycznych KOMEL przez Instytut Metrologii Elektrycznej i Elektronicznej /IMEIE/. Obecnie systemem objęte są dwa stanowiska laboratoryjne do badania asynchronicznych silników trójfazowych o mocy do 100 kW. Przewiduje się możliwość dołączenia do systemu dalszych stanowisk. Na przyjętą strukturę systemu miały wpływ następujące czynniki: warunki eksploatacji systemu, specyfika procesu technologicznego badania silników, dostępność sprzętu elektronicznego i komputerowego na rynku krajowym.

Na stanowiskach pomiarowych objętych systemem można także prowadzić badania silników sposobami konwencjonalnymi, co powoduje, że część urządzeń i przetworników pomiarowych na stanowiskach używana jest równocześnie w sposób konwencjonalny i w systemie. Sytuacja ta jest przyczyną, że nie zastosowano pełnej automatyzacji procesu badania silnika; mianowicie zmiana wymuszeń /napięć zasilających, obciążenia silnika/ sterowana jest przez operatora z ośrodka centralnego. Także czynności związane z przygotowaniem silnika do prób jako niecelowe do automatyzacji wykonywane są ręcznie. Zautomatyzowane są natomiast pozostałe operacje łączeniowe związane ze zmianą zakresów pierwotnych przetworników pomiarowych oraz zmieniające układ połączeń tych przetworników w trakcie prób.

Specyficzne własności procesu badania silników polegają na względnie dużej złożoności zagadnień pomiarowych przy wymaganej wysokiej dokładności. Program badania składa się z kilkunastu prób, z których każda wymaga odpowiedniego dla niej układu przetworników pomiarowych, odpowiedniego programu wymuszeń elektromechanicznych dla badanego silnika, obliczeń numerycznych do bieżącego prowadzenia próby a następnie do końcowego opracowania wyników badań. Istotną cechą prób jest to, że nie są krytyczne wymagania odnoś-

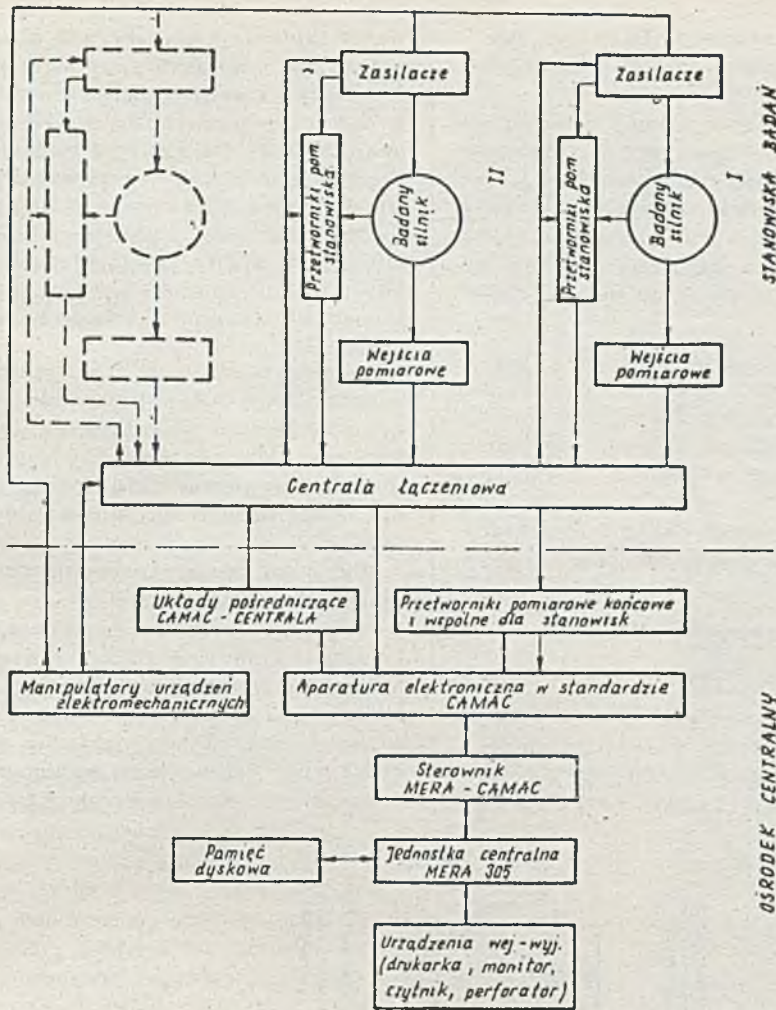
nie prędkości działania systemu. Umożliwia to zastosowanie do sterowania próbami minikomputera MERA-305, stosunkowo wolnego i o niskim stopniu organizacji.

Elektroniczną aparaturę sprzęgającą przetworniki pomiarowe i urządzenia sterujące z minikomputerem wykonano w standardzie CAMAC. Obok znanych zalet systemu CAMAC zdecydował o tym fakt, że w okresie projektowania systemu jedynie aparatura CAMAC była praktycznie dostępna na rynku w asortymencie wystarczającym do realizacji podstawowych funkcji systemu. Niedostępne handlowo bloki CAMAC wykonano we własnym zakresie.

Struktura systemu

Ogólną strukturę systemu badania silników przedstawia rys. 1. W ośrodku centralnym usytuowano minikomputer oraz elektroniczne urządzenia pomiarowe i sterujące, wspólne dla wszystkich stanowisk. Na stanowiskach pomiarowych indywidualnie pozostawiono aparaturę, która fizycznie musi na nich być, tj. przekładniki prądowe, przetworniki momentu, prędkości obrotowej i temperatury. Wszystkie przetworniki wspólne są łączone ze stanowiskiem przed rozpoczęciem próby za pomocą urządzeń centrali łączeniowej. Przyłączenie stanowiska do systemu dokonywane jest przez operatora z ośrodka centralnego.

Aparatura elektroniczna systemu zabudowana jest w pięciu kasetach CAMAC pomieszczonych we wspólnym stojaku. W jednej z kaset umieszczono moduły pracujące w standardzie CAMAC. Magistrala tej kasety połączona jest z minikomputerem poprzez blok sprzężenia MERA-CAMAC typ 102. Pozostałe kasety CAMAC stanowią jedynie obudowę przetworników pomiarowych połączonych z odpowiednimi modułami CAMAC. Na rys. 2 przedstawiono schemat blokowy aparatury elektronicznej w ośrodku centralnym. Na schemacie podano typy standardowych bloków CAMAC. Pozostałe bloki /wzmacniacz programowany, moduł pomiaru



Rys. 1. Ogólna struktura systemu badania silników asynchronicznych

częstotliwości sieci, moduły pomiaru momentu, prędkości obrotowej/ wykonano we własnym zakresie, ponieważ są one niedostępne na rynku.

Charakterystyka procesu badań

Badanie silnika rozpoczyna się umieszczeniem go na stanowisku probierczym i przyłączeniem jego zacisków do instalacji. Po przyłączeniu torów pomiarowych sterowanych przez operatora z centrali, dalsze przebieżenie związane z prowadzeniem prób dokonywane są automatycznie. Ze względów elektromechanicznych stanowiska są wyspecjalizowane ze względu na moc badanych silników. Silnik na danym stanowisku przechodzi wszystkie badania, przy czym podczas długotrwałych prób /np. próba nagrzewania/ nie wymagających kontroli ze strony systemu instalacja pomiarowa może być łączona z innym stanowiskiem. Możliwość taka znacznie podwyższa efektywność wykorzystania systemu.

Na proces badania silników składa się 12 różnych prób, w czasie których mierzone są 23 wielkości, w tym 12 różnych wielkości fizycznych. Pomiar wielkości elektrycznych zrealizowano przy użyciu wielozakresowych przekładników prądowych i napięciowych. Wyjścia przekładników połączone są z przetwornikami wielkości elektrycznych na natężenie prądu

stałego /typu PU-1, PI-1, PP-1 prod. "Mera-Lumel"/. Kolejne fazy przetwarzania to zamiana prądów na napięcie stałe i przetwarzanie a/c w przetworniku CAMAC typu 700 po uprzednim wzmocnieniu i wybraniu mierzonej wielkości za pomocą multipleksera przełącznikowego typu 750. W związku z małą dokładnością /klasa 1/ zastosowanych przetworników wielkości elektrycznych /szczególnie przetworników mocy czynnej/ zastosowano cyfrową korekcję błędów tych przetworników.

Do pomiaru prędkości obrotowej zastosowano przetwornik CPP-50 przystosowując go do pomiarów prędkości chwilowych do 5000 obr/min. Zastosowano przetwarzanie prędkości obrotowej na częstotliwość napięcia sinusoidalnie zmiennego. Końcowym ogniwnem tego toru jest wyspecjalizowany blok CAMAC umożliwiający pomiar prędkości średniej, chwilowej oraz przyspieszeń kątowych.

Moment mechaniczny mierzony jest za pomocą dynamometru mechanicznego lub elektrycznego /przetwornik tensometryczny/. W obu przypadkach występuje przetwarzanie a/c na stanowisku pomiarowym a dane cyfrowe przesyłane są do ośrodka do wyspecjalizowanych modułów CAMAC. Rezystancja izolacji przetwarzana jest na kod w sterowanym cyfrowo przetworniku o kontrolowanym czasie przy-

łożenia napięcia probierczego. Dane cyfrowe z przetwornika podawane są na bramkę wejściową CAMAC.

Przetwornik pomiaru rezystancji uzwojeń silnika zbudowano wykorzystując pośredni pomiar napięcia i prądu stałego wymuszonego w uzwojeniu, gdy silnik wiruje lecz jest odłączony od sieci zasilającej. Napięcie i natężenie prądu stałego przetwarzane są na kod w przetworniku a/c; rezystancja uzwojeń obliczona jest programowo.

Do pomiaru temperatur powietrza i powierzchni korpusu silnika wykonano wyspecjalizowane czujniki oporowe pracujące w układzie mostka niezrównoważonego, którego napięcie wyjściowe mierzone jest w kasecie CAMAC przetwornikiem a/c.

We wszystkich pomiarach osiągnięto dokładność przewidzianą warunkami badania silników asynchronicznych.

Oprogramowanie

Oprogramowanie podstawowe

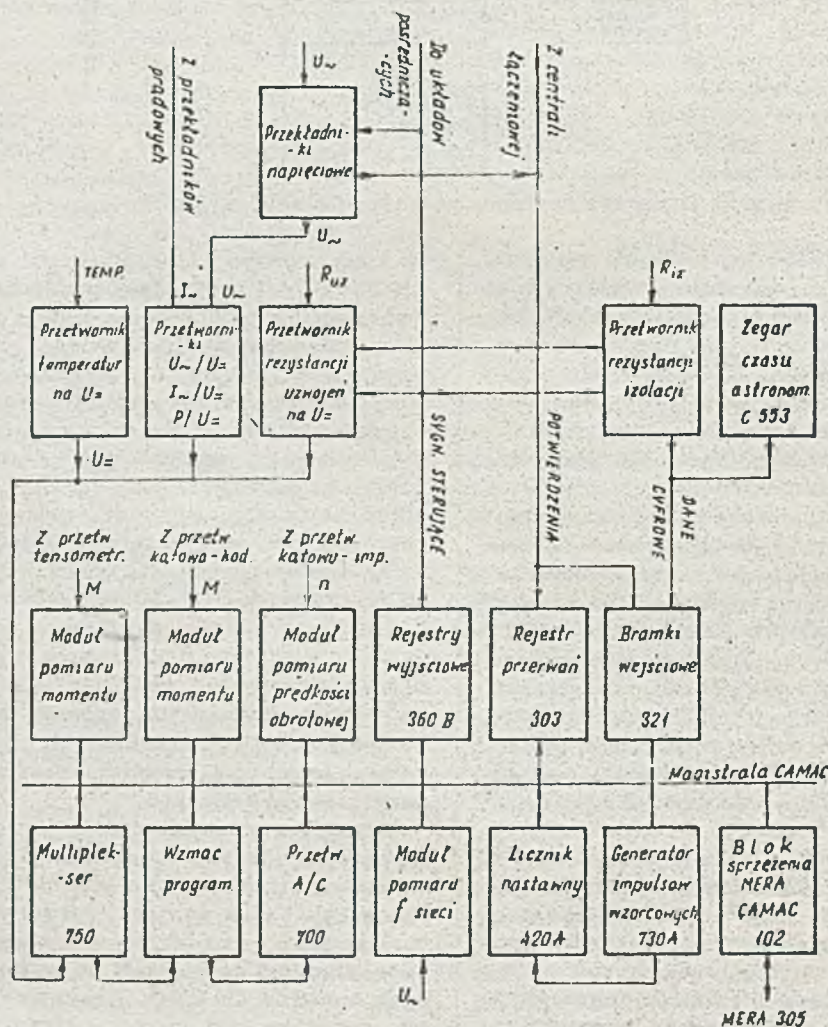
Oprogramowanie zostało wykonane w taki sposób, aby przy spełnieniu wszystkich podstawowych funkcji systemu takich jak: zbieranie danych, przetwarzanie danych oraz stero-

wanie instalacją elektryczną zapewnić maksymalną prostotę obsługi oprogramowania, możliwość ingerencji operatora w przebieg próby w dowolnym momencie, prostotę i wygodę programowania. Osiągnięcie tych wszystkich celów nie było łatwe, jeżeli wziąć pod uwagę własności zastosowanego, jedyne dostępnego handlowo w trakcie podejmowania pracy, minikomputera MERA 305. Uzyskano dobre wyniki mimo małej pamięci operacyjnej /8k słów 8-bitowych/, ubogiej listy rozkazów i sposobów adresowania.

Jako oprogramowanie podstawowe minikomputera MERA 305 wykorzystano system operacyjny, przeznaczony do sterowania w czasie rzeczywistym, opracowany w Instytucie Systemów Sterowania w Katowicach. System ten został zorientowany na sterowanie kasyety CAMAC [1].

Wykonane oprogramowanie dzieli się funkcjonalnie na trzy części:

- Programy użytkowe, pisane w makrojęzyku, realizują funkcje użytkowe systemu. Logicznie są to programy wykonywania poszczególnych prób i badań.
- System operacyjny, napisany w języku wewnętrznym. Zapewnia on wykonywanie /interpretowanie/ kolejnych instrukcji programu użyt-



Rys. 2. Schemat blokowy aparatury elektronicznej w ośrodku centralnym

kowego, obsługę przerwań, obsługę urządzeń we/wy, przekazywanie sterowania między programami zależnie od priorytetu.

● Programy pomocnicze, napisane w języku wewnętrznym. Pozwalają one na pisanie programów w makrojęzyku, tłumaczenie ich na postać binarną /dwuprzejściowy makroassembler/, wczytywanie programów do pamięci operacyjnej /PAO/, wczytywanie programów z PAO do pamięci dyskowej /PD/ i odwrotnie itp.

Oprogramowanie systemowe i użytkowe w całości znajduje się w PD, taśma perforowana ma znaczenie tylko nośnika archiwalnego. Makrojęzyk, w którym są pisane programy użytkowe operuje zarówno na danych binarnych jak znakowych. Operacje arytmetyczne takie jak: dodawanie, odejmowanie, mnożenie i dzielenie /przez daną, przez 2, przez 10/, konwersja danych z formatu binarnego na znakowy i odwrotnie, konwersje danych z kodu BCD na binarny i odwrotnie wykonywane są z wykorzystaniem 6-bajowego rejestru arytmetycznego i czterobitowego rejestru warunków. Operacje pozostałe są to operacje znakowe /przesyłanie i porównywanie danych znakowych/, skoków bezwarunkowych i warunkowych, synchronizacji programów /stop programu/, wywoływanie innych programów/ oraz wejścia/wyjścia /pisanie komunikatów na drukarce, monitorze alfanumerycznym, dziurkarce, czytanie i wpisywanie danych do PD/. Istnieje możliwość adresowania z wykorzystaniem rejestru modyfikacji.

Na szersze omówienie zasługuje grupa makrorozkazów związana z obsługą kasety CAMAC poprzez blok sprzężenia MERA-CAMAC typu 102. Są to następujące rozkazy:

NAF AAA - generacja sekwencji N, A, F i cyklu CAMAC. N, A, F, są zapisane dziesiętnie w trzech kolejnych bajtach PAO, AAA - adres symboliczny pierwszego bajtu.

WDA AAA K - pisz dane na szyni W, K bajtów / $K \leq 3$ / o adresie początkowym AAA. Wartości N, A, F pamiętane są w bajtach AAA+K, AAA+K+1, AAA+K+2.

RDA AAA K - czytaj dane z szyni R, K bajtów / $K \leq 3$ /. Wartości N, A, F podane są w bajtach o adresie AAA, AAA+1, AAA+2. Odczytane dane po wykonaniu rozkazu znajdują się w bajtach AAA+3 i następnych.

CON L - odłącz do zgłoszenia o numerze L_0 . Program dołączony do zgłoszenia L jest aktywowany po wystąpieniu tego zgłoszenia.

DCN L - odłącz od zgłoszenia o numerze L_0 . Anuluje rozkaz poprzedni.

Przy wykonywaniu tych makrorozkazów badane są odpowiedzi X i Q. System operacyjny identyfikuje i sygnalizuje błędy związane z generacją rozkazów do CAMAC i zgłoszeniami LAM. Mogą to być błędy następujące: brak odpowiedzi X po rozkazie CAMAC, nieprawidłowe Q po rozkazie do bloku sprzężenia, dołączenie programu do zajętego LAM, brak programu obsługi LAM, zerowy stan rejestru LAM po przyjęciu zgłoszenia.

Przykład prostego programu /z komentarzem/ napisanego w danym makrojęzyku podano na rys. 3. Program ten, aktywowany dyrektywą STA z klawiatury drukarki realizuje następujące funkcje: napięcie stałe dołączone do kanału 0 multiplexera typu 750 /stanowisko w kasie CAMAC N = 1/ wzmacnia 10 razy przez wzmacniacz programowany /N = 3/, przetwarza przez przetwornik a/c typu 700 /N = 5/ i wyświetla w pierwszej linii monitora w postaci komunikatu U = +00,00 V. Rozkazy o N = 28 i 30 kierowane są do bloku sprzężenia MERA-CAMAC. Przedstawiony program ma charakter raczej przykładowy a nie użytkowy.

51A		"START IASMY
51B		"DEKLARACJE TABLIC WEJŚCIOWYCH
WF 004*001*000-		
E1B		
SFR 001 005 000		"START PROGRAMU 1
BUF DS 005		"BUFOR PROGRAMU 1
A10 CLC BUF*002 91A 003		"CZY DYREKTYWA STA? (FORUJNAJ ZNAKI)
REQ A11		"JAK, SKOJCZ DO PROGRAMU
EDP		"CZEKAJ NA PRZERWANIE
JMP A10		"SKOJCZ DO A10
A11 NAF ZZZ		"ZEROWANIE OGOLNE
NAF 111		"KASOWANIE OGOLNE
NAF ODB		"ODBLOKOWANIE ZGLOSZEN
NAF OZU		"ODBL. ZGLOSZENIA UZMACNIACZA
NAF OZM		"ODBL. ZGLOSZENIA MULTIPLKERSA
NAF OZP		"ODBL. ZGLOSZENIA PRZETW. A/C
NAF KUU		"USTAW UZMOCNIENIE *10
A12 NAF SZU		"SPRAUJCZ ZGLOSZENIE UZMACNIACZA
RNE A12		"UR0C JEZELI R=0
URA KAH 1		"USTAW KANAL 00 MULTIPLKERSA
A13 NAF SZM		"SPRAUJCZ ZGLOSZENIE MULTIPLKERSA
RNE A13		"UR0C JEZELI R=0
A14 CON 005		"DOLACZ PROGRAM 1 DO ZGL. LAM 5
NAF SAC		"START KONWERSJI A/C
EDP		"CZEKAJ NA ZGLOSZENIE
RDA UYN 2		"CZYTAJ WYNIK
LDR UYN*003 2		"LADUJ WYNIK DO REJESTRU R0BDCZEG0
DCB KOM 005		"ZMIEN NA FORMAT ZNAKOWY
DCN 005		"DOLACZ PROGRAM 1 OD ZGL. LAM 5
MSM EKR 005		"PISZ NA MONITORZE U =
MSM KOM*004 001		"PISZ ZNAK WYNIKU
MSM KOM 002		"PISZ 2 CYFRY WYNIKU
MSM PRZ 001		"PISZ PRZECINEK
MSM KOM*002 002		"PISZ 2 KOLEJNE CYFRY WYNIKU
MSM EKR*005 002		"PISZ V
CLR		"ZERUJ REJESTR R
SIR BUF 5		"PRZESLIJ ZERO DO BUFORA
JMP A10		"UR0C NA POCZATEK
51A DC "123*124*101*		
PRZ DC "054*		
77Z DD "28*08*26*		"N(28)A(08)F(26)
111 DD "30*09*24*		"N(30)A(09)F(24)
ODB DD "30*10*26*		"N(30)A(10)F(26)
OZM DD "01*00*26*		"N(01)A(00)F(26)
KAM DC "000*		
DD "01*00*17*		"N(01)A(00)F(17)
SZM DD "01*00*08*		"N(01)A(00)F(08)
OZU DD "03*00*26*		"N(03)A(00)F(26)
KUU DD "03*02*25*		"N(03)A(02)F(25)
SZU DD "03*00*08*		"N(03)A(00)F(08)
OZP DD "05*00*26*		"N(05)A(00)F(26)
SAC DD "05*00*09*		"N(05)A(00)F(09)
UYN DD "05*00*00*		"N(05)A(00)F(00)
DS 002		
KOM DS 005		
EKR DC "014*040*125*040*075*040*126*		
FFR		
XXX CHA		"KONIEC IASMY

Rys. 3. Przykład programu w makrojęzyku

Jak wynika z przedstawionego programu funkcje wykonywane przez poszczególne makrorozkazy są znacznie szersze niż wykonywane przez rozkazy języka wewnętrznego. Okupione to jednak zostało złożonością systemu operacyjnego. I tak warto tu wspomnieć, że na 377⁸ stron PAO system zajmuje aż 256⁸ stron. Fakt ten wymagał "pocięcia" programu użytkowego

na dużą ilość segmentów pamiętanych w PD i sprowadzanych w miarę potrzeby do PAO. W wyniku takiej /wymuszonej/ organizacji dużą część programu zajmuje program zarządzający kolejnymi segmentami. Konieczna staje się duża ilość względnie wolnych komunikacji z PF.

Przykładowy podział PAO wygląda następująco: system operacyjny 68%, część zarządzająca programem użytkowego 17%, segment wykonywany programem użytkowego 10%, obszar zarezerwowany przez dane badanego silnika, dane stanowisk pomiarowych i dane rejestrowane na bieżąco 5%.

Programy użytkowe

Obsługa programu użytkowego prowadzonej próby jest następująca. Po sprowadzeniu do PAO z PD programu zarządzającego danej próby program użytkowy aktywuje się dyrektywą STA &. Następuje konwersacja programu z operatorem, w trakcie której operator wprowadza szereg danych, takich jak: data, typ silnika i jego numer fabryczny, identyfikator silnika w bibliotece silników, sposób połączeń /gwiazda, trójkąt/ stojana i wirnika oraz inne dane specyficzne dla danej próby, np. sposób pomiaru momentu /przetwornik impulsowo-obrotowy lub tensometryczny/ czy też sposób prowadzenia próby /np. próba nagrzewania silnika może być prowadzona dwoma różnymi sposobami/.

Program sprawdza czy posiada dane znamionowe silnika badanego w tak zwanej bibliotece silników. Są one potrzebne do ustawienia wstępnego zakresów pomiarowych oraz do obliczania wielkości otrzymywanych z pomiarów pośrednich. Następnie program sprowadza do PAO i wykonuje kolejno i cyklicznie podprogramy pomiarów: napięć, prądów, mocy i częstotliwości prądu zmiennego, prędkości obrotowej, momentu, temperatur, napięcia i prądu stałego, czytania czasu astronomicznego, rezystancji uzwojeń. Nie w każdej próbie zachodzi konieczność pomiaru wszystkich tych wielkości. Cykl pomiaru trwa około 2 s /bez pomiaru rezystancji uzwojeń i rezystancji izolacji, ta ostatnia wymaga dodatkowo rozłączenia silnika/. W trakcie pomiaru wszystkie wielkości są wyświetlane na bieżąco na ekranie monitora. Operator może zarejestrować wyniki danego cyklu pomiarów posługując się przyciskiem generującym zgłoszenie CAMAC /dołączonym do rejestru LAM typu 303/.

Wszystkie zakresy pomiarowe wybierane są automatycznie, optymalnie i na bieżąco. Warto przypomnieć, że oprogramowane są dwa stanowiska; do każdego z tych stanowisk może być dołączony jeden z trzech zasilaczy /sieć sztywna, regulator indukcyjny, generator synchroniczny/, zasilacze mają po 6 lub 7 niejednakowych zakresów przekładników prądowych i dwa zakresy przekładników napięciowych. Fizycznie instalacja elektryczna liczy ok. 300 aparatów łączeniowych o różnych czasach reak-

cji, dochodzących do ułamków s. Program na bieżąco musi kontrolować wykonanie przez instalację danego łączenia poprzez czytanie potwierdzeń z krytycznych dla poprawności działania systemu aparatów łączeniowych. Praca z potwierdzeniami okazała się konieczna i jest regułą.

Operator może w dowolnej chwili przerwać wykonywanie danego programu próby i zażądać wydruku protokołu z próby, bądź wznowić próbę od początku, bądź wywołać do wykonania inną próbę. Oprogramowane, sprawdzone i wdrożone zostały wszystkie próby przewidziane normą badania typu silników asynchronicznych, w tym próby długotrwałe jak próba nagrzewania /w dwóch wariantach/, próby dynamiczne jak próba charakterystyki momentu /zdejmowanie chwilowej zależności momentu obrotowego od prędkości obrotowej silnika w czasie rozruchu/ i próba zwarcia silnika przy napięciu znamionowym.

W IMEIB prowadzone są nadal prace rozwojowe nad opisanym oprogramowaniem, i to zarówno systemowym jak i użytkowym. Wadą oprogramowania systemowego jest to, że wszelkie rachunki mogą być wykonywane tylko na liczbach całkowitych. Utrudnia to oprogramowanie obliczeń koniecznych przy opracowywaniu protokołu z próby i praktycznie uniemożliwia prowadzenie obliczeń złożonych. Postanowiono więc połączyć opisanie oprogramowanie z oprogramowaniem BASIC dla MERY 305 wykonanego przez INTIE [2]. Wprowadzono do makrojęzyka makrorozkaz, którego interpretacja powoduje ściągnięcie do PAO interpretera BASIC i rozpoczęcie wykonywania programu napisanego w tym języku. Umożliwiono także płynne przejście z pracy w BASIC do pracy w systemie operacyjnym. W ten sposób próba wykonywana w czasie rzeczywistym oprogramowana jest w makrojęzyku, natomiast obliczenia końcowe, opracowanie i korekcja wyników pomiarów, opracowanie protokołu w języku BASIC.

Podsumowując należy stwierdzić, że zastosowane oprogramowanie podstawowe tworzy z zestawu minikomputera MERA 305 i instalacji CAMAC elastyczne i efektywne narzędzie do sterowania procesami na bieżąco, jeżeli tylko wymagania szybkości reakcji nie są ostre.

L i t e r a t u r a

[1] M. Sieliwończyk: Moduł oprogramowania kasety CAMAC w systemie operacyjnym minikomputera MERA 300, Instytut Systemów Sterowania, Komunikat nr 23, Katowice, 1978.

[2] J. Bańkowski i inni: Problemy realizacji systemu MERA - BASIC, Informatyka 11, nr 4, str. 2-5, 1976.

mgr inż. TADEUSZ SZEBESZCZYK
Instytut Spawalnictwa
Gliwice

ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEGO SYSTEMU POMIAROWEGO MERA-300 - INTELDIGIT PI DO STEROWANIA ZGRZEWAREK OPOROWYCH

Elektryczne zgrzewanie oporowe jest metodą łączenia materiałów szeroko stosowaną w wielu gałęziach przemysłu. Polega ono na docięnięciu zgrzewanych elementów i przepuszczeniu przez nie prądu elektrycznego o dużym natężeniu. Zgrzewanie oporowe posiada szereg zalet, z których najważniejszymi są duża szybkość łączenia /duża wydajność produkcji/ oraz prostota operacji /łatwość automatyzacji i robotyzacji procesu produkcyjnego/. Zasadniczą wadę stanowi brak nieniszczących metod kontroli jakości połączenia, eliminujący zgrzewanie z wielu procesów produkcyjnych. Pracą zgrzewarki kieruje jej własny układ sterujący. Zadaniem jego jest odmierzenie kolejno następujących po sobie cykli roboczych, o długości od kilku do kilkudziesięciu okresów sieci, połączone z wysterowaniem odpowiednich układów wykonawczych np. zaworów docisku elektrod zgrzewalniczych i stycznika prądu zgrzewania. Układy takie budowane są przy wykorzystaniu obwodów scalonych średniej skali integracji; stycznikiem prądu jest najczęściej tyrystor. W ostatnich latach powstały pierwsze układy sterujące zbudowane w oparciu o mikroprocesory.

Pierwszy system sterowania zespołem zgrzewarek przy pomocy komputerów pojawił się na rynku na początku lat siedemdziesiątych. Był to system Weltronic firmy Weltronic Co Ltd. System ten sterował pracą dużego zespołu zgrzewarek, inicjując i odmierzając poszczególne cykle robocze każdej ze zgrzewarek. Zaletami jego była niższa cena układów sterowania dużych zespołów zgrzewarek, realizacja centralnego rozdziału energii elektrycznej oraz możliwość prowadzenia statystyk i raportów zmianowych, upraszczających remonty i konserwację sprzętu. Podobne układy produkowane przez firmy Sciaky i Languepin są obecnie wykorzystywane przez kilku europejskich producentów samochodów. W połowie lat sie-

demdziesiątych pojawiły się systemy komputerowe sterujące procesem zgrzewania w pętli sprzężenia zwrotnego. Układy te pozwalają wyeliminować jedną z podstawowych wad zgrzewania oporowego, tj. niską jakość połączenia. Rozwój mikroelektroniki doprowadzi w przyszłości do połączenia funkcji obydwu systemów komputerowych w jednym układzie sterowania o strukturze hierarchicznej. Autonomiczne, mikroprocesorowe układy będą sterować pracą zgrzewarki zgodnie z parametrami nastawianymi przez operatora lub centralny komputer sterujący, którego rola sprowadzi się do koordynacji pracy zespołów zgrzewarek oraz prowadzenia sprawozdawczości wydziałowej.

Przedstawione powyżej tendencje rozwojowe w technice światowej ostatnich 15 lat zmuszają do podjęcia prac z zakresu komputerowego sterowania zgrzewarek. Dodatkowym czynnikiem stymulującym rozwój tych metod stanie się narastający deficyt energii. Do roku 1976 w kraju nie prowadzono żadnych prac badawczych poświęconych komputerowemu sterowaniu zgrzewarek. Taka sytuacja przemawiała za rozpoczęciem w pierwszej kolejności badań, których celem byłoby poznanie wymagań stawianych sprzętowi informatycznemu, wypróbowanie kilku wybranych metod sterowania zgrzewarek, sposobów transmisji informacji oraz opracowanie i przebadanie układów pomiarowo-sterujących, współpracujących bezpośrednio ze zgrzewarką. Doświadczenia nagromadzone w trakcie pracy można będzie z pożytkiem wykorzystać w przyszłości, wdrażając w przemyśle komputerowe systemy sterowania zgrzewarek.

Posiadany sprzęt informatyczny

W momencie rozpoczęcia pracy Instytut Spawalnictwa posiadał jedynie minikomputer biurowy MERA 300 w wykonaniu standardowym.

Dlatego zdecydowano się na realizację pierwszych etapów pracy przy wykorzystaniu minikomputera MERA 300 oraz rozpoczęto próby zakupu minikomputera o słowie 16-bitowym. Do chwili obecnej prace prowadzone są na minikomputerze MERA-300. Możliwości MERY 300 pozwalają prowadzić jedynie wycinkowe badania, dotyczące np. regulacji parametrów zgrzewania czy sterowania zdalnego kilku zgrzewarek. Nie koliduje to z przedstawionymi w punkcie poprzednim celami i zadaniami pracy. Trudności w uzyskaniu odpowiedniego minikomputera zostały częściowo zrekompen-sowane poprzez zakup kanału prze-mysłowego do sprzężenia komputera z obiektem.

Z produkowanych w 1976 r. w kraju kanałów sprzężenia w grę wchodziły dwa systemy:

- CAMAC /produkowany przez POLON/
- INTEL DIGIT PI /produkowany przez ZD "Mera-PIAP" w Warszawie.

Inteldigit PI ma szereg zalet przemawiających do potencjalnych użytkowników takich systemów w warunkach przemysłowych. Magistrale sygnałowe stosowane w systemie Inteldigit mają mniejsze szerokości aniżeli magistrale sygnałowe systemu CAMAC. Dzięki tej właściwości kasety i pakiety systemu Inteldigit PI mają mniejsze wymiary i prostszą budowę, co upraszcza obsługę i naprawy, zwiększa niezawodność i obniża cenę systemu. Zastosowane szerokopółki magistral nie ograniczają dokładności i szybkości wymiany informacji pomiędzy komputerem i obiektem w warunkach przemysłowych, gdzie dokładności większości pomiarów zawarte są w przedziale od 0,05% do 1%. Za wyborem tego zestawu przemawia również:

- wysoka funkcjonalność i duża różnorodność oferowanych pakietów,
- konsekwentnie stosowana zasada izolacji galwanicznej sygnałów obiektowych,
- możliwość współpracy z dużą liczbą komputerów, między innymi typu MERA 300 i MERA 400.

Duże znaczenie miał także oferowany krótki termin dostawy. Mały, 2-kasetowy zestaw Inteldigit PI przeznaczony do współpracy z MERA-300, wyposażony w pakiety wejść-wyjść 2-stanowych, dostarczony został po upływie pół roku od chwili złożenia zamówienia.

Realizowane zadania

Z uwagi na wyżej omówione przesłanki oraz szczupłą bazę sprzętową /MERA 300/ zdecydowano się wydzielić w ramach pracy kilka zadań cząstkowych obejmujących łącznie większość problemów podstawowych zagadnienia. W pierwszej kolejności przystąpiono do realizacji dwóch, niezależnych od siebie zadań:

- pomiar i regulacja parametrów procesu zgrzewania,
- zdalne sterowanie zgrzewarek przez komputer centralny.

Pomiar i regulacja parametrów procesu zgrzewania

Podstawową zmienną wejściową procesu, jest prąd zgrzewania. W większości przypadków stosowane jest zgrzewanie prądem o częstotliwości sieci, dlatego ograniczono badania do procesów z prądem zgrzewania 50 Hz. Wydzielaniu się ciepła w zgrzecznie towarzyszy szereg zjawisk powodujących zmianę zmiennych wyjściowych procesu, takich jak temperatura, wymiary, opór elektryczny zgrzeiny. Z uwagi na małą bezwładność procesu zachodzi konieczność pomiarów i rejestracji zmiennych procesowych w każdej połowce okresu napięcia zasilania, tj. co 10 ms. Zdecydowano mierzyć w każdym pđokresie sieci zasilającej wartości szczytowe prądu w zgrzecznie i spadku napięcia na zgrzecznie oraz wartość skuteczną prądu zgrzewania lub napięcia na zgrzecznie. Z uwagi na warunki panujące na hali zgrzewarek minikomputer wraz z kanałem przemysłowym musi znajdować się w specjalnym pomieszczeniu. Pociąga to za sobą konieczność przesyłu sygnałów pomiędzy czujnikami pomiarowymi w zgrzewarce a kanałem sprzężenia z komputerem. Rozwiązano to przez budowę zdalnej części pomiarowej, tj. urządzenia umieszczonego obok zgrzewarki pośredniczącego w wymianie informacji między czujnikami pomiarowymi i kanałem sprzężenia z obiektem /1/. Żądana dokładność pomiarów /10 bitów/ oraz odległość między zgrzewarką a komputerem /do 150 m/ nie pozwoliły zastosować równoległego przeesyłu sygnału. Pakiety do asynchronicznej transmisji szeregowej z zestawu Inteldigit PI nie umożliwiały uzyskania najkorzystniejszych częstotliwości pomiarów, z uwagi na konieczność dzielenia 10-bitowego wyniku pomiaru na dwa słowa 8-bitowe, powiększone o bity startu, parzystości i stopu. Zastosowany w zdalnej stacji pomiarowej przetwornik A/C /2/, pozwolił połączyć proces konwersji A/C z równoczesną transmisją wyniku w kodzie NRZ /informacja + takt/. Ten sposób transmisji szeregowej /na dwóch liniach/ pozwolił na uzyskanie dużych szybkości pomiaru. Sygnały wysyłane ze zdalnej stacji pomiarowej odbierane są w specjalnym pakiecie, służącym do konwersji sygnału szeregowego NRZ na postać równoległą.

Pakiet ten został zaprojektowany i wykonany w Instytucie Spawalnictwa. Pozwala on przesłać słowa o długości od 1 do 16 bitów. Pakiet izoluje galwanicznie linię transmisyjną od części cyfrowej Inteldigit PI. Wydaje on sygnał przerwania P na magistralę kasety. Z chwilą zakończenia transmisji informacja odebrana może być odczytana z pakietu funkcją K3, zerującą przerwanie. Sygnał przerwania P może być odczytany funkcją K2. W odpowiedzi na zaadresowanie pakietu funkcją K3, na liniach B, G kasety pojawiają się kombinacje sygnałów odpowiadające stanowi gotowości, zajętości

ci i błędu informacji. Stan zajętości jest sygnalizowany wówczas, gdy w chwili zaadresowania pakiet znajduje się w trakcie odbierania informacji szeregowej. Błąd informacji sygnalizowany jest w sytuacjach, gdy liczba impulsów taktujących, odebranych w ostatniej transmisji, różni się od wartości zadawanej krosem wewnątrz pakietu. W pozostałych przypadkach pakiet wydaje sygnał gotowości. Pakiet ma wymiar 1 modułu i wyposażony jest w 9-stykowe złącze obiektowe.

Cykl pracy zdalnej stacji pomiarowej sterowany jest rozkazami przesyłanymi z minikomputera. Słowo rozkazowe ma długość 4 bitów, przesyłanych w kodzie NRZ na tych samych liniach co wynik pomiaru. Pakiet nadajnika informacji, niezbędny do wysłania takiego rozkazu, został zaprojektowany i wykonany w Instytucie Spawalnictwa /3/. Po wpisaniu informacji do pakietu /funkcją K7/ rozpoczyna on jej nadawanie na trzech liniach: informacji, impulsów taktujących i sygnału zezwolenia transmisji. Tryb pracy pakietu może być zmieniany programowo, przez wpisanie odpowiedniego słowa rozkazowego funkcją K5. Wyjścia z pakietu dołączane są do specjalnego pakietu dopasowującego, który pełni rolę zakończenia dwukierunkowej linii transmisyjnej. Do pakietu tego podłączony jest także opisany uprzednio pakiet odbiornika, do którego kierowana jest informacja przesyłana przez stację pomiarową. Informacja nadawana z minikomputera kierowana jest na linię transmisyjną z pominięciem pakietu odbiornika. Pakiet dopasowujący rozdziela galwanicznie linię transmisyjną od części cyfrowej Inteldigit PI. Dla linii transmisyjnej stanowi obciążenie dopasowujące do jej impedancji fazowej. Sygnały nadawane na linię mają postać impulsów prądowych o amplitudzie 20 mA i częstotliwości taktowania równej około 20 kHz. Opisane powyżej układy transmisji danych pozwalają wykonać do 10 zdalnie sterowanych pomiarów w półokresie sieci zasilającej /10 ms/.

Na początku 1979 roku sprzęt i oprogramowanie pozwalały na rejestrację czterech zmienionych analogowych połączoną z równoległym sterowaniem procesem w oparciu o zmiany oporu dynamicznego zgrzeiny. Wymagana szybkość pomiarów nie pozwalała wykorzystać firmowego oprogramowania typu PSOT ze względu na stosunkowo wolny monitor przerwań tego systemu. Program roboczy do rejestracji i sterowania składa się z 3 części przeznaczonych do: zbierania danych, sterowania procesem na bieżąco i opracowywania zebranych danych po zakończeniu zgrzewania. Dwie pierwsze części programu są wykonywane równolegle w trakcie zgrzewania. Blok zbierania danych sprawdza poprawność zebranych informacji, wysyła rozkazy startu kolejnych pomiarów, przygotowuje dane dla części sterującej, gromadzi napływające dane w wydzielonym obsza-

rze pamięci. Czynności te wykonywane są w jednym, nieprzerwanym ciągu, inicjowanym przez sygnał przerwania wysyłany z odbiornika informacji szeregowej. Czas realizacji tego ciągu zdarzeń mieści się w granicach od 200 do 300 us. Po jego zakończeniu program przechodzi do realizacji sterowania procesem. W tej części programu maszyna oblicza bieżącą wartość oporu dynamicznego zgrzeiny, filtruje cyfrowo przebieg oporu dynamicznego i bada kierunek zmian tak wygładzonego przebiegu. Z chwilą gdy zostanie wykryte obniżenie się przebiegu o zadaną wartość, wysłany zostaje sygnał wyłączenia prądu zgrzewania. Czas realizacji sterującej części programu w półokresie prądu zgrzewania równy jest kilku milisekundom. Z chwilą zakończenia zgrzewania maszyna wykrywa brak danych pomiarowych i przechodzi do części programu poświęconej opracowaniu wyników pomiaru. Przebieg tej części sterowany jest zleceniami operatora. Istnieje możliwość zlecenia wydruku zebranych danych na drukarce DZM lub wyperferowania na taśmie papierowej, wykreślenia przebiegu oporu dynamicznego na drukarce oraz wypisania i wykreślenia odfiltrowanego cyfrowo przebiegu oporu dynamicznego /z współczynnikiem filtracji zadanym przez operatora/.

Opracowany system pomiarowy otwiera nowe możliwości, nieosiągalne przy użyciu dotychczas stosowanych metod pomiarowych. Dotyczy to zwłaszcza dokładności zebranych danych pomiarowych, ilości zbieranych danych oraz szybkości z jaką można prowadzić eksperymenty. Czas potrzebny na wykonanie zgrzeiny połączony z wydrukiem danych na DZM i wyperferowaniem na taśmie pomiarowej waha się w granicach od 0,5 do 2 minut /w zależności od długości cyklu zgrzewania/. Po czasie tym system gotowy jest do wykonania następnej zgrzeiny.

Zdalne sterowanie zgrzewarek przez komputer centralny

Celem tego etapu pracy jest określenie możliwości realizacji sterowania zespołu zgrzewarek z centralnego komputera korzystającego z kanału Inteldigit PI. Komputer sterujący pamięta dane określające rodzaj pracy każdej zgrzewarki oraz parametry zgrzewania, tj. czasy poszczególnych operacji i wielkości prądów. Zadaniem jego jest rozsyłanie do poszczególnych zgrzewarek rozkazów sterujących ich pracą. Warunek minimalizacji rozmiarów sieci transmisyjnej dyktuje rozwiązanie w postaci transmisji szeregowej. Rozkazy nadane powinny być odebrane i wykonane w specjalnym układzie pośredniczącym, zastępującym układ lokalnego sterowania zgrzewarki. Do początku 1979 r. wykonano i przebadano wstępnie model takiego układu pośredniczącego. Współpraca między układem i komputerem ma następujący

przebieg: po naciśnięciu przez operatora pedału startowego zgrzewarki układ wysyła do komputera sygnał żądania obsługi. Sygnał ten przesyłany jest osobną parą przewodów na jedno z 8 wejść przerwań typu PI-01. Po przyjęciu i zidentyfikowaniu tego sygnału program sterujący przechodzi do realizacji obsługi zgrzewarki. W tym celu wysyła on w odpowiednich momentach czasu rozkazy sterujące poprzez pakiet nadajnika asynchronicznej transmisji szeregowej typu PO-30. Rozkazy te odbierane są przez układ pośredniczący, który po sprawdzeniu poprawności transmisji /sygnały stopu i bit parzystości/ wysterowuje zawory układu elektrod i stycznik prądu zgrzewania. Operator zgrzewarki nie ma żadnego wpływu na długości przedziałów czasu dyktowane przez komputer. Z uwagi na specyfikę procesu zgrzewania może on podregulować w niewielkim zakresie zadawaną zdalnie wielkość prądu zgrzewania. Posiadany obecnie sprzęt informatyczny pozwala sterować pracą jednej zgrzewarki. Program sterujący pracą zgrzewarki pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego PSOT 303/3. Składa się on z części sterującej i części doboru parametrów zgrzewania. Ta ostatnia pozwala na wybór rodzaju pracy zgrzewarki /zgrzewanie pojedyncze, seryjne, lutozgrzewanie/ oraz na ustalenie wartości parametrów zgrzewania /czas nacisku wstępnego, zgrzewania, nacisku końcowego, przerwy, wartość kąta zapłonu stycznika/. Ustawianie parametrów ma charakter dialogu, w którym maszyna po podaniu aktualnej wartości parametru oczekuje na odpowiedź operatora.

Opisany powyżej układ do pomiaru i regulacji parametrów zgrzewania można zaklasyfikować jako laboratoryjny, przeznaczony do badania zjawisk zachodzących w trakcie zgrzewania. Z uwagi na ceny i rozmiary stosowanego sprzętu informatycznego, opracowane układy mogłyby być zaadaptowane dla potrzeb przemysłu tylko tam, gdzie wymagane jest zapewnienie wysokiej jakości połączeń w masowo produkowanych elementach np., w pewnych podzespołach samochodowych. Możliwości szerszego zastosowania komputerowych układów sterujących pojawią się dopiero z chwilą rozpowszechnienia się mikroprocesorowych układów sterowania zgrzewarek. W układach takich, można będzie wykorzystać opracowaną część do pomiaru zmiennych procesowych oraz algorytmy sterowania procesem, opracowane i sprawdzone przy użyciu opisanego systemu minikomputerowego. Główną przeszkodą uniemożliwiającą obecnie prowadzenie prac badawczych w szerszym zakresie lub wdrożenie uzyskanych wyników w praktyce są małe możliwości

minikomputera MERA-303. Szczególnie dotkliwym brakiem jest mała pojemność pamięci tego zestawu. Ograniczenia to zmusza do zawężenia zakresu badań, nie pozwala zbierać większych ilości danych, eliminuje możliwość równoległej realizacji kilku zadań roboczych. Utrudnia to oprogramowanie systemu, zmuszając programistę do przerabiania całych programów, gdy istnieje potrzeba wprowadzenia drobnych korekcji do programu istniejącego. Zastosowanie minikomputera MERA-300 z zewnętrzną pamięcią dyskową pozwoliłoby przewyżczyć wymienione wyżej ograniczenia. Dużym udogodnieniem byłoby również rozszerzenie systemu przerwań MERA-300 do pełnych wymiarów.

Próby wdrożenia do przemysłu krajowego sterowania zespołem zgrzewarek napotkają na przeszkodę w postaci wysokich cen, żądanej niezawodności i kosztów eksploatacji dostępnych w kraju systemów minikomputerowych. Nowe możliwości w tej dziedzinie pojawiają się być może z chwilą rozpowszechnienia się tzw. autonomicznych zestawów Inteldigit PI. Zestawy takie, wyposażone w mikroprocesory, będą mogły sterować pracą zespołu zgrzewarek na hali produkcyjnej. Umieszczenie programów roboczych w pamięciach stałych wyeliminuje potrzebę stosowania drogich urządzeń peryferyjnych i zatrudnienia personelu obsługującego. Obniży to radykalnie ceny urządzeń i koszty ich eksploatacji. Połączenie kilku autonomicznych zestawów siecią łączności umożliwi przejście do hierarchicznych systemów sterowania. Autonomiczne zestawy Inteldigit PI mogą być także wykorzystane do sterowania zgrzewarek wielopunktowych. Wysokie walory użytkowe kanału sprzężenia z obiektem typu Inteldigit PI skłaniają do traktowania całego systemu pomiarowego jako niezastąpionego narzędzia pracy badawczej. W wyniku zebranych doświadczeń zdecydowano rozszerzyć zestaw posiadanych pakietów z myślą o wykorzystaniu ich w codziennej praktyce, zwłaszcza do prowadzenia długotrwałych pomiarów i badań. W zadaniach tych szczególnie przydatna byłaby tzw. kasetka oddalona, pozwalająca na zlokalizowanie pakietów pomiarowo-wykonawczych poza pomieszczeniem komputera, w pobliżu obiektu badanego.

Na zakończenie należy także wspomnieć o niezawodności systemu MERA 303 - INTEL DIGIT PI. W trakcie półtora rocznej eksploatacji zanotowano kilka awarii. Większość z nich dotyczyła minikomputera, niewielkie usterki kanału Inteldigit PI usunięto bez wzywania serwisu fabrycznego.

L i t e r a t u r a

[1] J. Czerwiński: Układ kompensacyjnego przetwornika A/C. Praca dyplomowa. Wydział Automatyki Politechniki Śląskiej, 1977.

[2] J. Miński: Pakiet nadajnika informacji szeregowej do zestawu Inteldigit PI. Praca dyplomowa. Wydział Automatyki Politechniki Śląskiej, 1978.

[3] Informator zastosowań części centralnej POLMATIK-INTE Inteldigit PI. Urządzenia sprzężenia komputerów z elementami automatyki i pomiarów. "Mera-PIAP", Warszawa, 1976.

UKŁAD DO POMIARU I STEROWANIA PARAMETRÓW PROCESU ZGRZEWANIA WSPÓŁPRACUJĄCY Z KOMPUTEROWYM SYSTEMEM MERA 300 -INTELDIGIT PI

Zgrzewanie oporowe jest techniką łączenia metali stosowaną od lat w wielu kluczowych gałęziach przemysłu np. maszynowym, metalowym, motoryzacyjnym itp. Istotnym zagadnieniem ze względu na niezawodność połączeń jest jakość wykonania poszczególnych zgrzein. Może być ona kontrolowana poprzez prowadzenie badań niszczących i nieniszczących. Badania niszczące wykonywane są wyrywkowo, co nie daje pewności, że wszystkie zgrzeiny mają wymaganą jakość. W procesie zgrzewania niektóre parametry takie jak grubość materiału, rodzaj powierzchni, skład materiału mogą się w pewnym zakresie różnić dla poszczególnych arkuszy blachy lub elementów, pogarszając jakość wykonanych zgrzein. Z ww. przyczyn wynika konieczność rozpowszechniania metod nieniszczących umożliwiających kontrolę i korekcję parametrów zgrzewania w trakcie trwania procesu. Kosztowne i czasochłonne badania niszczące byłyby niezbędne jedynie do określenia technologicznych reżimów parametrów procesu. Możliwość regulacji jakości zgrzeiny w czasie trwania procesu jest bardzo istotna ze względów ekonomicznych, ponieważ wiąże się z dużą oszczędnością materiałów, czasu i energii.

Istnieją trzy podstawowe metody regulacji jakości zgrzeiny:

- elektryczna - wykorzystująca zmiany rezystancji dynamicznej zgrzeiny,
- mechaniczna - oparta o zjawisko rozszerzalności termicznej zgrzeiny,
- termiczna - bazująca na zmianach temperatury jądra zgrzeiny.

Metoda elektryczna

Rezystancja dynamiczna złącza r_w może być wyrażona jako:

$$r_w = V_w / I_w$$

gdzie:

- V_w - chwilowy spadek napięcia na zgrzeinie
- I_w - chwilowy prąd płynący przez zgrzeinę.

Chwilowa rezystancja jest zdefiniowana tutaj jako rezystancja obliczona w chwili szczytu prądu i napięcia w każdej połowce okresu. W ten sposób formowaniu się zgrzeiny odpowiada tzw. "krzywa dynamicznej rezystancji". Dla typowego procesu zgrzewania w przebiegu rezystancji dynamicznej można wyróżnić trzy obszary:

- I - w którym następuje przebicie lub stąpienie warstwy izolacyjnej na powierzchni materiału. Nie bierze się go pod uwagę przy regulacji ze względu na niepowtarzalny charakter spowodowany różnym przygotowaniem powierzchni.
- II - w którym występuje wzrost dynamicznej rezystancji
- III - w którym po osiągnięciu maximum rezystancja maleje.

Regulacja polega na wyłączeniu prądu zgrzewania w momencie, gdy rezystancja dynamiczna zgrzeiny spadnie do określonego poziomu ustalonego wcześniej dla danego materiału na podstawie badań niszczących.

Metoda mechaniczna

Każdej zgrzeinie odpowiada pewna krzywa zwana krzywą rozszerzalności związana ze zmianą wymiarów zgrzeiny w trakcie jej formowania. W pierwszym etapie zgrzewania krzywa rośnie, następnie osiąga maksimum, po czym zaczyna opadać. Regulacja polega na wyłączeniu prądu, gdy rozszerzenie osiągnie określony w wyniku prób zgrzewalniczych i badań niszczących procent wartości maksymalnej. Metoda ta wymaga stosowania dokładnego przetwornika do pomiaru rozszerzenia zgrzeiny.

Metoda termiczna

Jest to zupełnie nowa metoda znajdująca się w fazie badań i prób. Ponieważ temperatura zgrzeiny jest najlepszym parametrem decydującym o jakości połączenia wprowadzenie regulacji jakości w oparciu o jej pomiary jest bardzo obciążającym rozwiązaniem. Dotychczasowe trudności pomiaru temperatury jądra zgrzeiny zostały pokonane w wyniku wprowa-

dzenia bezstykowego pomiaru temperatury, możliwości przesyłania promieniowania przy pomocy światłowodów oraz łatwą zmianę sygnałów optycznych na elektryczne. Trudności w dobrze najwłaściwszej metodyki kontroli procesu zgrzewania wynikają z dużej ilości różnorodnych czynników mających istotny wpływ na przebieg procesu. Należą do nich: prąd zgrzewania, napięcie na zgrzeźnie, siła docisku elektrod, czas trwania cyklu zgrzewania, kąt zapłonu i przewodzenia tyristorów, przygotowanie powierzchni, rodzaj materiału zgrzewanego itp. Pomiar tych parametrów nie jest możliwy za pomocą urządzeń ogólnego przeznaczenia, ponieważ np. przebiegi prądów i napięć są silnie odkształcone, czasy przepływu prądu wahają się od 20 ms do kilku sekund, stosowane prądy sięgają dziesiątek a nawet setek kA. W wielu krajach prowadzone są w związku z tym liczne prace nad budową specjalnych przyrządów do pomiaru, kontroli i regulacji parametrów w trakcie trwania procesu zgrzewania.

Pomiary wszystkich parametrów muszą być wykonywane w czasie każdej połowy okresu sieci, tj. 10 ms. Tak więc częstotliwość pomiarów wyniesie kilkaset Hz /zależnie od liczby mierzonych parametrów/. Osiągalna dokładność pomiarów może wynosić około 1% ze względu na słabe powiązanie zmiennych. Przetworniki pomiarowe powinny umożliwiać pomiar bez zmiany konfiguracji obwodu zgrzewarki.

Obecnie często stosowanym przetwornikiem prądowym jest pasek Rogowskiego, który zapewnia galwaniczne oddzielenie przyrządu pomiarowego od obwodu zgrzewarki, umożliwia wybór zakresu przez zmianę liczby zwojów oraz charakteryzuje się małym błędem temperaturowym. Konieczność całkowania sygnału wyjściowego /pasek Rogowskiego daje sygnał proporcjonalny do pochodnej prądu/ nie stwarza problemu. Czujniki z sondą Halla są wrażliwe na zmianę geometrii układu pomiarowego. Układy z przekładnikami prądowymi zwiększają oporność obwodu zgrzewania i zmniejszają pasmo przenoszenia. Układy z bocznikami są kłopotliwe nie tylko ze względu na konieczność zmiany konfiguracji strony wtórnej, ale głównie z powodu trudności w konstrukcji odpowiednich boczników /prądy w zgrzewarkach sięgają setek kA, a więc należałoby stosować specjalne układy chłodzenia itp. / Pomiar spadku napięcia na zgrzeźnie może być wykonany przez pomiar napięcia na elektrodach zgrzewalniczych. Jest on obciążony pewnym błędem ze względu na spadki napięć na styku elektroda-element i obecność silnych pól magnetycznych. Sygnał z elektrod powinien być podawany przez układy izolacji galwanicznej do części pomiarowej. Rolę układów izolacji mogą spełniać transformatory pomiarowe lub wzmacniacze izolacyjne. Siłę docisku elektrod można mierzyć tensometrycznie /na elektrodzie/ lub przez pomiar ciśnienia w układzie wykonawczym. W czasie trwania procesu zmianie może ulegać impedancja obwodu wtórnego. Ze względu na

to konieczna jest kontrola i regulacja wartości skutecznej prądu zgrzewania.

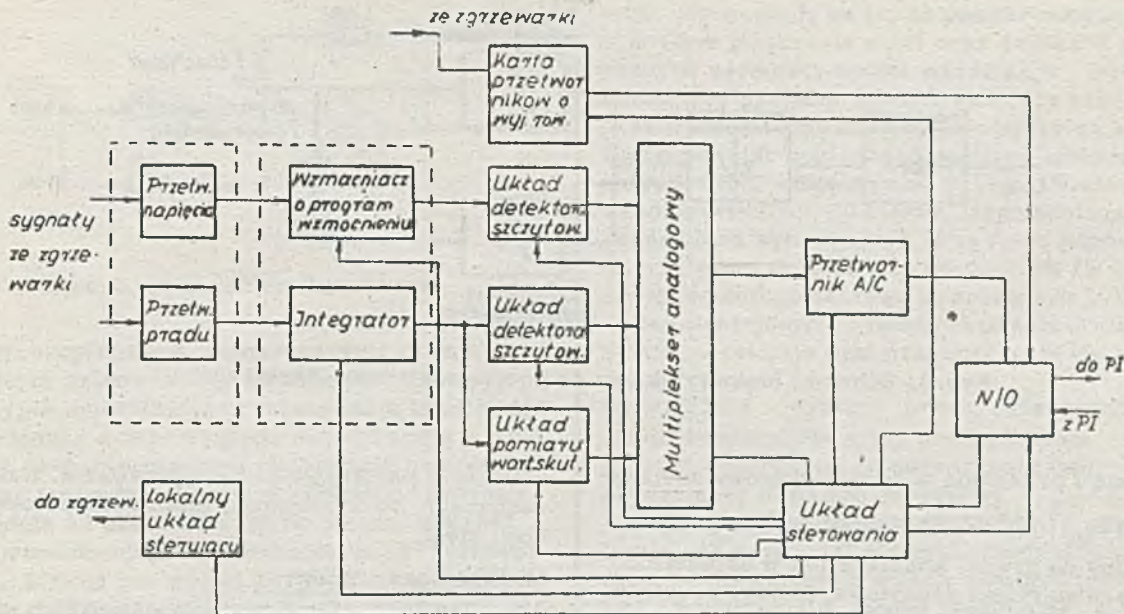
Duża ilość parametrów wymagających pomiaru i regulacji skłoniła szereg firm światowych do prowadzenia badań nad komputerowymi systemami sterowania zgrzewarek. Poziom krajowego sprzętu informatycznego pozwolił na rozpoczęcie w Instytucie Spawalnictwa pracy nad możliwością zastosowania minikomputera przy zgrzewaniu oporowym. Celem tej pracy jest skonstruowanie aparatury do pomiaru parametrów zgrzewania i opracowanie algorytmu sterowania tego procesu. Zestaw doświadczalny opracowany w pierwszym etapie pracy pozwala na pomiar najważniejszych parametrów jednej zgrzewarki sterowanej przez lokalny układ sterujący oraz na regulację pewnych parametrów. Zestaw ten został wykonany w oparciu o minikomputer MERA 300 i kanał sprzężenia maszyny z obiektem INTEL DIGIT PI. Bliższe informacje dotyczące wyboru oraz możliwości minikomputera i kanału sprzężenia zostały podane w artykule T. Szebeszczyka "Zastosowanie komputerowego systemu pomiarowego MERA 300 - Intel digit PI do sterowania zgrzewarek oporowych" /Biuletyn "Mera" nr 6/1979/. Konieczność umieszczenia maszyny cyfrowej i kanału sprzężenia INTEL DIGIT PI w lepszych warunkach niż zainstalowana zgrzewarka wymaga transmisji sygnałów z czujników i przetworników pomiarowych na odległość 100 - 200 m. Można to zrealizować dwoma sposobami: analogowo lub cyfrowo. Mała odporność na zakłócenia transmisji analogowej w porównaniu z cyfrową była jednym z najważniejszych argumentów, przemawiającym za wyborem transmisji cyfrowej. Wybór ten pociągnął za sobą konieczność budowy urządzenia umieszczonego w pobliżu zgrzewarki, zwanego pomiarową częścią zdalną, której celem jest przetworzenie mierzonych zmiennych na postać cyfrową i przesłanie wyniku pomiaru do minikomputera poprzez kanał sprzężenia.

Pomiarowa część zdalna

Pomiarowa część zdalna zawiera tory pomiaru prądu i napięcia wraz z obwodami zmiany zakresu, multiplekserem, układami konwersji analogowo-cyfrowej, układami nadajników i odbiorników linii przesyłowej. Układy te stanowią oddzielne moduły, które w zależności od potrzeb mogą być zestawione w bardziej lub mniej rozbudowane bloki pomiarowe. Schemat blokowy pomiarowej części zdalnej przedstawiono na rys. 1.

Czujniki i przetworniki pomiarowe

Ze względu na wcześniej omówione korzystne własności, jako przetwornik prądowy zastosowano pasek Rogowskiego. Napięcie indukowane na zaciskach tego przetwornika jest proporcjonalne do pochodnej mierzzonego prądu zgrzewania. W związku z tym w celu odtworzenia rzeczywistego przebiegu prądu w torze pomiarowym umieszczono integrator zbudowany przy wykorzystaniu wzmacniacza MAA 502 z zewnętrzną kompensacją i zerowaniem. Zasto-



Rys. 1. Schemat blokowy pomiarowej części zdalnej

sowany w obwodzie sprzężenia filtr typu T koryguje charakterystykę częstotliwościowo-fazową. Ze względu na szeroki zakres prądu zgrzewania integrator ma możliwość zmiany zakresu pomiarowego przez zmianę stałej czasowej całkowania. Biorąc pod uwagę trudności pomiaru rzeczywistego napięcia na zgrzeinie zdecydowano się na pomiar napięcie na elektrodach. Na podstawie danych literaturowych i badań praktycznych stwierdzono, że dokładność takiego pomiaru jest wystarczająca dla prawidłowego określenia jakości zgrzeiny. W torze pomiaru napięcia zastosowano transformator o przekładni 1:1 w celu zapewnienia izolacji galwanicznej oraz wzmacniacz o programowanym wzmocnieniu zapewniającym pomiar napięć w wymaganym zakresie.

Pomiar wartości szczytowej

W celu umożliwienia pomiaru w każdym półokresie sieci w obu układach do pomiaru wartości szczytowej prądu i napięcia zastosowano prostowniki zrealizowane przy wykorzystaniu wzmacniaczy operacyjnych. Po wyprostowaniu sygnały podawane są na detektory szczytowe, które wykrywają maksimum i pamiętają jego wartość przez czas potrzebny dla dokonania pomiaru przez przetwornik analogowo-cyfrowy. Po zakończeniu pomiarów układ sterujący wysyła sygnały zerujące detektory szczytowe, przygotowując je do zapamiętania maksymalnych wartości w następnym półokresie sieci. Cykl pamiętania może być wydłużony poza półokres, w którym następuje pomiar, gdyż maksimum w kolejnym półokresie występuje najwcześniej po 5 ms. Można w ten sposób osiągnąć zwiększenie przedziału czasowego przeznaczonych na pomiary parametrów zgrzewania w każdym półokresie. Schemat detektora

szczytowego przedstawiono na rys. 2. W literaturze [3] spotykane są podobne rozwiązania. Zastosowany tranzystor T1 typu MOSFET [KF 521/ zapewnia stosunkowo niewielki błąd pamiętania. W układzie przedstawionym na rys. 2 zastosowano dodatkowo sterowane źródło prądowe /załączane w czasie zerowania/, którego zadaniem jest przeciwdziałanie prępięciom występującym przy zerowaniu.

Układ pomiaru wartości skutecznej prądu

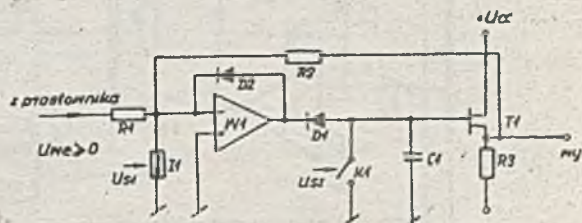
Pomiar wartości skutecznej dokonywany jest w oparciu o definicję tej wielkości:

$$F_{SK} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 / t \, dt}$$

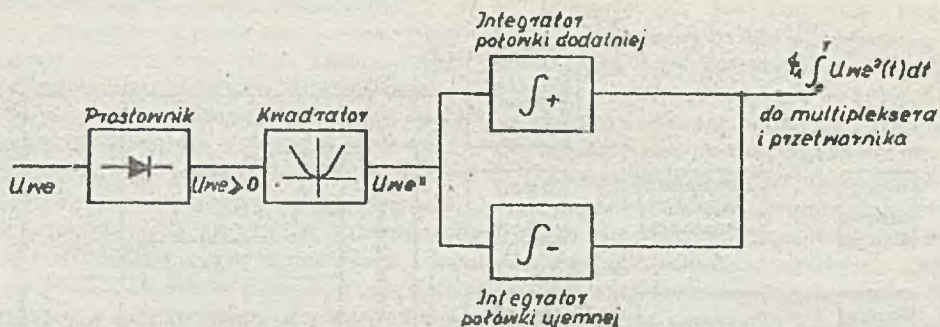
gdzie:

- T - czas pomiaru wartości skutecznej
- f/t/ - przebieg czasowy wielkości mierzonej
- F_{SK} - wartość skuteczna wielkości mierzonej

Schemat blokowy toru do pomiaru wartości skutecznej przedstawia rys. 3. Brak układu pierwiastkującego wynika z możliwości zrealizowania operacji pierwiastkowania za pomocą minikomputera w oparciu o zmierzoną, zapa-



Rys. 2. Schemat detektora szczytowego



Rys. 3. Schemat blokowy układu do pomiaru wartości skutecznej

miętaną i przesłaną w sposób cyfrowy wielkość $\frac{1}{T} \int_0^T U_{we}^2 / t / dt$. Sygnał wejściowy proporcjonalny do prądu, podobnie jak w układzie do pomiaru wartości szczytowej prądu, prostowany jest w dokładnym prostowniku wykonanym przy pomocy wzmacniacza operacyjnego. Kwadrator zrealizowany został w oparciu o metodę logarytmowania. Zastosowanie wzmacniaczy operacyjnych o małych prądach polaryzacji oraz skompensowanego termicznie źródła napięcia odniesienia pozwala na uzyskanie dokładności kwadratora rzędu 0,1% przy stosunkowo prostej strukturze układu. Aby zapewnić po-

miar wielkości $\frac{1}{RC} \int_0^T U_{we}^2 / t / dt$ w każdym

półokresie sieci zastosowano odpowiednio przełączane /sterowane sygnałami z układu sterującego/ dwa integratory: integrator półokreski dodatniej i ujemnej. Działanie tych integratorów przedstawia rys. 4. Na wyjściu otrzymuje się

ciąg wartości równych $\frac{1}{T_1} \int_0^T U_{we}^2 / t / dt$

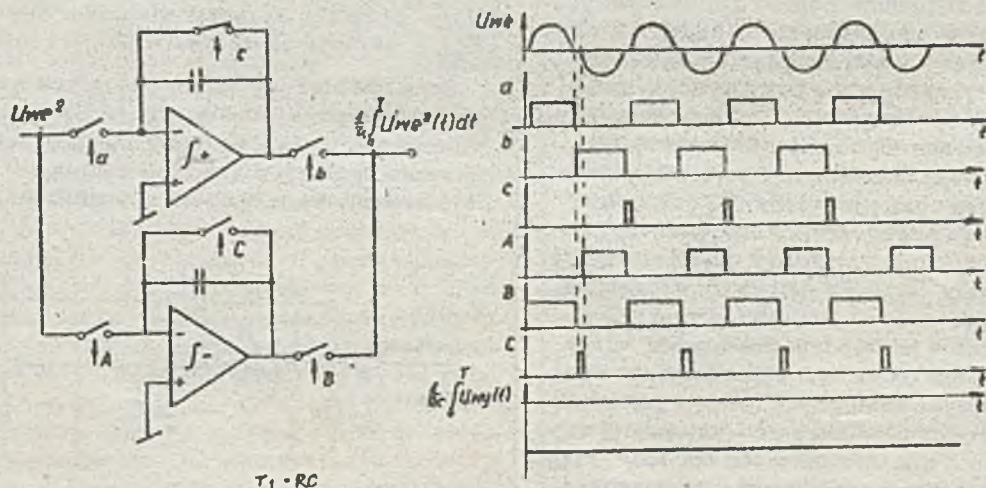
w każdym półokresie prądu zgrzewania. Należy zaznaczyć, że $T_1 = \text{const.}$ i jest równe półokresowi sieci.

Multiplexer analogowy

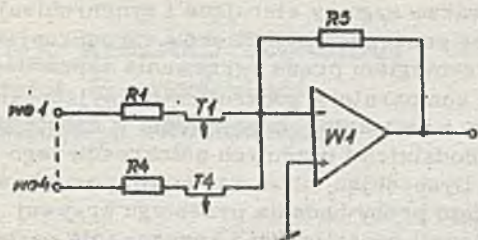
Multiplexer składa się z czterech przełączników analogowych, przy czym każdy jest sterowany z oddzielnego wejścia sterującego. Przełączniki analogowe zbudowane są z tranzystorów polowych z izolowaną bramką typu MOS i z kanałem typu p /KF 552/. Do sterowania stosowane są tranzystory bipolarne ze względu na możliwość współpracy z układami cyfrowymi TTL. Schemat multiplexera przedstawiono na rys. 5. Obecnie wykorzystane są trzy kanały, które umożliwiają wybranie w określonej kolejności na czas pomiaru przetwornika A/C sygnałów z układu pomiaru skutecznej wartości prądu oraz z detektorów szczytowych prądu i napięcia. W miarę rozbudowy systemu zostanie wykorzystany również czwarty kanał. Stosowane tranzystory polowe umożliwiają przełączanie sygnałów od 0 do -10V.

Przetwornik analogowo-cyfrowy

W typowych układach wejść analogowych na ogół stosuje się dwa typy przetworników ana-



Rys. 4. Przebiegi czasowe sygnałów sterujących integratory półokreski dodatniej i ujemnej



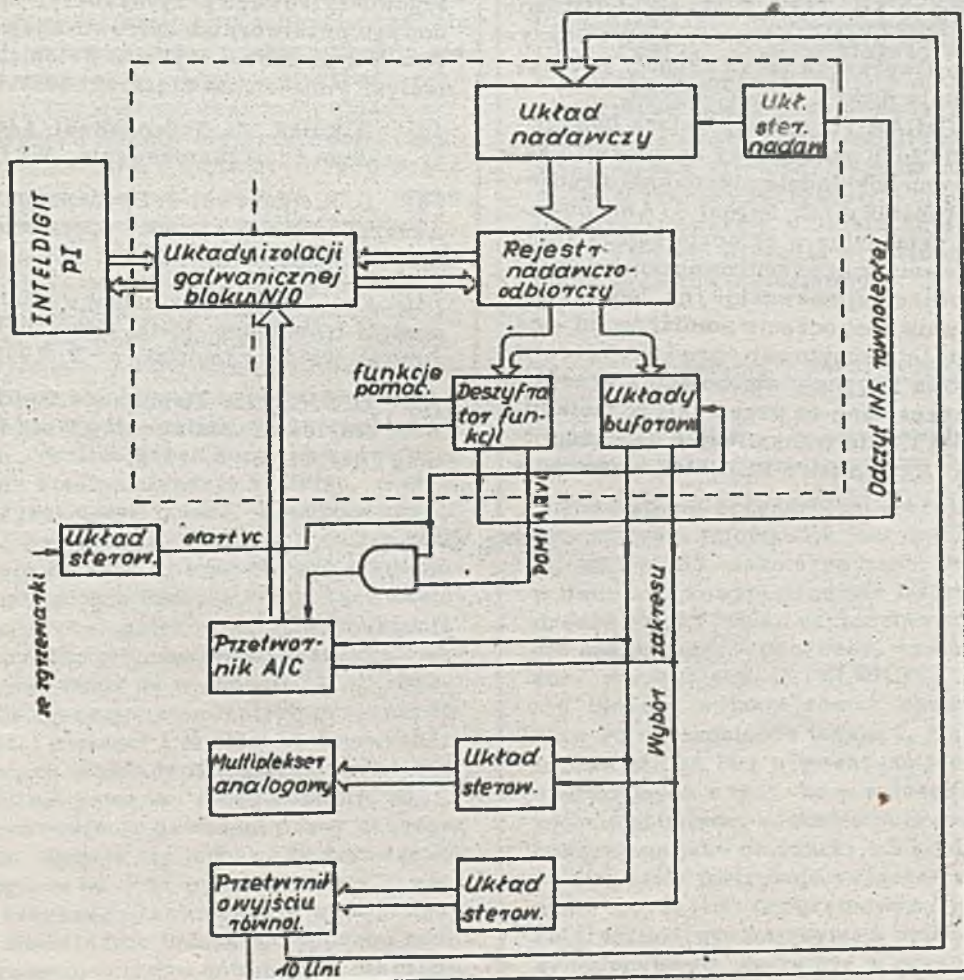
Rys. 5. Schemat multipleksera

logowo-cyfrowych: kompensacyjne oraz z podwójnym całkowaniem. Przetworniki kompensacyjne umożliwiają przetwarzanie chwilowej wartości i z tego względu współpracują z reguły ze wzmacniaczem próbkująco-pamiętającym. Drugi typ mierzy w zasadzie wartość średnią za czas od 1 ms do 10 ms, a wynik wyprowadzony jest po zakończeniu przetwarzania. Biorąc pod uwagę szybkość przetwarzania oraz możliwość wyprowadzania informacji szeregowo w czasie trwania pomiaru zdecydowano się na przetwornik kompensacyjny. Układy współpracujące z multiplekserem mają charakter układów pamiętających i eliminują konieczność stosowania układu próbkująco-pamiętają-

cego. Ze względu na to, że pomiar odbywa się w każdym okresie sieci oraz że liczba mierzonych wielkości będzie wzrastać w miarę rozbudowy systemu zdecydowano, że czas przetwarzania powinien być mniejszy od 1 ms. Uwzględniając dokładność pomiaru zmiennych analogowych, która wynosi 0,5% - 1% zastosowano przetwornik 10-bitowy. Jego zdolność rozdzielcza wynosi około 10 mV, co odpowiada względnej dokładności rzędu 0,1% / w odniesieniu do całego zakresu wynoszącego 10V/.

Najważniejszymi sygnałami przetwornika są: START - inicjuje cykl przetwarzania analogowo-cyfrowego
OBWIEDNIA - wysłany przez przetwornik w chwili rozpoczęcia cyklu przetwarzania
STROB - potrzebny do odtworzenia informacji przesyłanej w sposób szeregowy.

Pojawienie się sygnału OBWIEDNIA sygnalizuje, że rozpoczął się cykl przetwarzania oraz że informacja o wyniku pomiaru nie może być odczytywana w sposób równoległy, a jedynie w sposób szeregowy. Po zaniku sygnału OBWIEDNIA wynik pomiaru można odczytać w sposób równoległy z rejestru wyjściowego. Zanik tego sygnału informuje również, że przetwornik jest gotów do rozpoczęcia następnego cyklu



Rys. 6. Schemat blokowy układu nadawczo-odbiorczego

przetwarzania /po otrzymaniu sygnału START VC/.

Układ nadawczo-odbiorczy

Zadaniem układu nadawczo-odbiorczego jest komunikacja pomiarowej części zdalnej z mini-komputerem poprzez kanał sprzężenia INTEL-DIGIT PI. Schemat blokowy układu N/O przedstawiono na rysunku 6. Informacja szeregową i sygnały synchronizujące /STROB/ z kanału INTEL-DIGIT PI są poprzez dopasowane linie transmisyjne i układy izolacji galwanicznej przesyłane do rejestru nadawczo-odbiorczego, gdzie następuje zamiana informacji szeregową na 4-bitowy rozkaz, przesyłany równolegle do deszyfratora funkcji /2 bity/ i bufora /2 bity/. Dwa bity informacji równoległej wysyłane przez układy buforowe wykorzystywane są do wyboru jednego z czterech kanałów multipleksera, gdy jednocześnie z deszyfratora funkcji wysyłany jest sygnał POMIAR VC. Ponadto służą do wyboru odpowiedniego przetwornika wysyłającego informację w sposób równoległy, gdy deszyfrator funkcji wysyła sygnał ODCZYT INFORMACJI RÓWNOLEGLEJ. Bity te pozwalają także w przetworniku A/C identyfikować kanał, w którym został wykonany pomiar. Informacja szeregową wysyłaną przez przetwornik A/C ma postać słowa 12-bitowego: 2 bity identyfikujące kanał i 10 bitów właściwej informacji. Deszyfrator funkcji wytwarza także sygnały związane z realizacją funkcji pomocniczych.

Sygnał POMIAR VC z deszyfratora funkcji lub sygnał START generowany na początku każdego półokresu w układzie sterowania uruchamiają przetwornik A/C. Sygnał START powoduje także ustawienie w układzie bufora kombinacji zapewniającej przeprowadzenie pomiarów w odpowiedniej sekwencji /np. stan bufora 00 zapewnia rozpoczęcie pomiarów od pomiaru wartości szczytowej prądu/. Informacja szeregową i sygnały strobojące z przetwornika A/C przesyłane są przez układy izolacji galwanicznej i linie transmisyjne do kanału sprzężenia INTEL-DIGIT PI. Układ sterowania

wytwarza sygnały sterujące i synchronizujące pracę poszczególnych bloków. Synchronizację z przebiegiem prądu zgrzewania zapewniają dwa komparatory generujące na wyjściu impulsy prostokątne, odpowiednio w czasie trwania dodatnich i ujemnych półokresów tego prądu. Dysponując takim zestawem pomiarowym podjęto próby badania przebiegu krzywej rezystancji dynamicznej i korygowania czasu zgrzewania w celu uzyskania dobrych jakościowo zgrzein.

W przyszłości przewiduje się wykonanie modułów do pomiaru parametrów czasowych procesu takich jak np. kąt zapłonu i przewodzenia tyrystorów, układy do pomiaru zużycia energii, siły docisku elektrod, do pomiaru temperatury transformatora zgrzewalniczego, tyrystorów itp. Przeprowadzone zostaną również badania porównawcze regulacji jakości zgrzeiny na podstawie pomiaru dynamicznej rezystancji i pomiaru rozszerzenia.

L i t e r a t u r a

- [1] J. Czerwiński: Zaprojektować i przebadać układ kompensacyjnego przetwornika analogowo-cyfrowego przy wykorzystaniu hybrydowego przetwornika cyfrowo-analogowego. Praca dyplomowa, Wydział Automatyki i Informatyki Politechniki Śląskiej, 1977.
- [2] Z. Kulka, M. Nadachowski: Liniowe układy scalone i ich zastosowanie, WKŁ, 1977.
- [3] D. R. Andrews, J. Broomhead: Quality Assurance for Resistance Spot Welding, Welding Journal, nr 6, 1976.
- [4] K. I. Johnson: Resistance welding quality control techniques; Metal Construction and British Welding Journal, nr 5, 1973.
- [5] O. E. Martin: Resistance Weld Controller Accessories for Maintaining Weld Quality: Welding Journal, nr 8, 1976.

dr inż. RYSZARD SEBASTIAN
Instytut Energoelektryki
Politechniki Wrocławskiej

SYMULACJA POMIARÓW CYFROWYCH W SYSTEMIE ELEKTROPNEUMATYCZNYM

Działanie analogowych układów zabezpieczeń oparte jest w większości przypadków na tzw. identyfikacji dyskryminującej, polegającej jedynie na stwierdzeniu, czy uszkodzenie mieści się w obszarze chronionym. Identyfikację dokładniejszą, jak również szybszą, można uzyskać przy cyfrowej realizacji zabezpieczeń. Złożoność tej tematyki, tak z punktu widzenia stanów przejściowych w systemie elektroenergetycznym jak też sposobu realizacji układu cyfrowego, wyboru metody obliczeniowej, częstotliwości próbkowania i sposobu filtracji sygnałów wejściowych powoduje jednak, że mimo znacznego zaawansowania prac badawczych, zagadnienie to, poza nielicznymi przypadkami, nie wyszło dotąd poza ramy koncepcji i testowania pewnych metod obliczeniowych.

Brak do tej pory jednoznacznej koncepcji co do rodzaju /wielkości/ maszyny cyfrowej, przy pomocy której realizowana byłaby identyfikacja. Zastosowanie dużych jednostek cyfrowych, realizujących kompleks zagadnień związanych z automatyzacją systemu, w obecnej chwili jest dosyć trudne. Zdecydowana większość koncepcji przewiduje wykorzystanie do tego celu maszyn cyfrowych typu minikomputer. Interesujące badania, dotyczące zastosowania mikrokomputerów do zabezpieczenia linii elektroenergetycznych najwyższego napięcia prowadzone są w Japonii [2]. Proponuje się tu wykorzystanie małych procesorów /pojemności pamięci 1 K słów 16-bitowych/, wyposażonych w układy filtrujące. Koncepcja taka, zdaniem autorów, może pozwolić na znaczne poprawienie pewności pracy urządzeń cyfrowych. Wydaje się jednak, że rozwiązanie to, ze względu na dość wysokie koszty, nie znajdzie szerszego zastosowania w najbliższym okresie. Niezależnie jednak od sposobu realizacji cyfrowych układów automatyki, zagadnienie to wymaga prowadzenia długotrwałych i kosztownych badań w warunkach symulowanych.

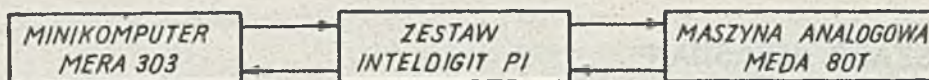
W niniejszym artykule przedstawiono koncepcję układu symulacyjnego, zrealizowanego przy zastosowaniu minikomputera MERA 303, zestawu sprzęgającego INTEL DIGIT PI i maszyny analogowej MEDA 80 T. Zaprezentowano oprogramowanie dla potrzeb badań symulacyjnych i omówiono jego podstawowe bloki operacyjne. Przedstawiono model analogowy systemu elektroenergetycznego przyjętego do rozważań oraz pomocnicze układy analogowe do inicjacji zakłóceń. Zaprezentowano możliwość wykorzystania układu symulacyjnego do porównawczych badań w czasie rzeczywistym cyfrowych metod lokalizacji zwarcia w liniach najwyższych napięć, z punktu widzenia wrażliwości na odkształcenia sygnałów wejściowych.

Symulacyjny układ badawczy

Schemat blokowy zaprojektowanego i zrealizowanego układu symulacyjnego ilustruje rys. 1.

Centralnym urządzeniem sterującym i przetwarzającym informacje jest minikomputer serii MERA 303. Jako urządzenie pośredniczące w dwukierunkowym przesyłaniu informacji na drodze obiekt /układ zamodelowany na maszynie analogowej/ - procesor, zastosowano zestaw sprzęgający INTEL DIGIT PI. Zestawienie bloków, w jakie został wyposażony zestaw PI, przedstawia tabela 1. Maszyna analogowa MEDA 80T wyposażona jest w 80 pól operacyjnych z tym, że w zależności od realizowanego układu, niektóre pola mogą być wykorzystane jako mnożarki lub komparatory.

Wszystkie instrukcje związane z wykonywanymi operacjami programowymi jak też operatorskimi, wynikającymi z działania układu symulacyjnego, mogą być w sposób łatwy identyfikowane, poprzez odczyt na monitorze kodu operacji.



Rys. 1. Schemat blokowy układu symulacyjnego

Tabela 1

Zestawienie bloków wejściowych i wyjściowych

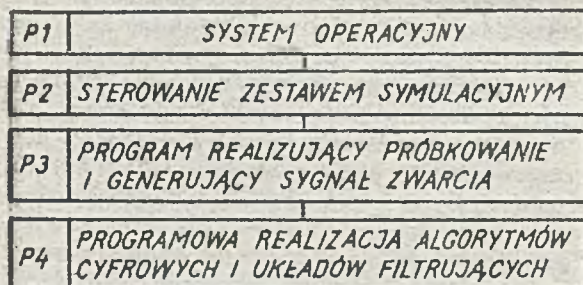
Lp.	Rodzaj wejścia i wyjścia	Sygnał	Ilość
1.	Wejście dwustanowe statyczne przerywane	0/20 mA	8
2.	Wejście dwustanowe statyczne przerywane	20/0 mA	8
3.	Wejście dwustanowe statyczne	0/20 mA	12
4.	Wejście analogowe	0... \pm 10V	56
5.	Wyjście sterowane silnikiem skokowym		1
6.	Wyjście dwustanowe	0/20 mA	16

Oprogramowanie maszyny cyfrowej

Wykorzystanie do badań zestawu symulacyjnego o konfiguracji przedstawionej na rys. 1 wymagało wykonania specjalistycznego oprogramowania. Przy jego opracowywaniu wykorzystano system operacyjny, stanowiący integralną część zestawu sprzęgającego PI. Pozostałą część niezbędną przy wykonywaniu pomiarów, a wynikającą z konfiguracji zestawu symulacyjnego, zrealizowano we własnym zakresie. Rys. 2 przedstawia ogólny schemat blokowy oprogramowania procesora z podziałem na cztery zasadnicze części.

Zadaniem wielozadaniowego systemu operacyjnego /P1/ jest zarządzanie programami, realizującymi zadania na zestawie PI i minikomputerze MERA 303. Program sterujący /P2/ koordynuje pracę urządzeń układu symu-

lacyjnego, a poza tym jest programem zarządzającym dla programów /P3/ i /P4/. Zadaniem programu /P3/ jest uruchamianie układu, przetwarzającego sygnał analogowy na postać cyfrową, odliczanie ilości pobranych próbek sygnałów wejściowych oraz wysłanie sygnału przerywającego, powodującego uruchomienie układu analogowego, inicjującego zwarcie w analizowanym układzie modelowym. Okres próbkowania T_p , ilość kolejnych próbek sygnałów wejściowych oraz faza napięcia, przy jakiej ma być zainicjowane zwarcie, są zadawane programowo. Po pobraniu określonej programowo ilości próbek sygnałów wejściowych, sterowanie przekazywane jest do programu /P4/, gdzie następuje przetwarzanie danych i wydruk obliczonych dla kolejnych okresów próbkowania identyfikowanych wielkości.



Rys. 2. Schemat blokowy oprogramowania zestawu symulacyjnego

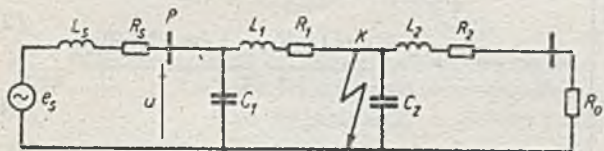
Struktura układów analogowych

Schemat zamodelowanego na maszynie analogowej uproszczonego systemu elektroenergetycznego przedstawia rys. 3. W pierwszym etapie, który obejmuje niniejsze opracowanie, nie uwzględniono przekładników pomiarowych oraz założono, że rozważane będą tylko przypadki trójfazowych bezporowych zwarć symetrycznych. Do analizy przyjęto linię 220 kV o długości 150 km. Stałą masową systemu zasilającego przyjęto $T = 255$ ms a stałą czasową linii $T_L = 24$ ms. Parametry systemu elektroenergetycznego przyjęto stałe w czasie i równe [3]:

$$\frac{|Z_s|}{R_o} = 0,2; \frac{|Z_s|}{R_o} = 0,12; \frac{|Z_L|}{R_o} = 0,6$$

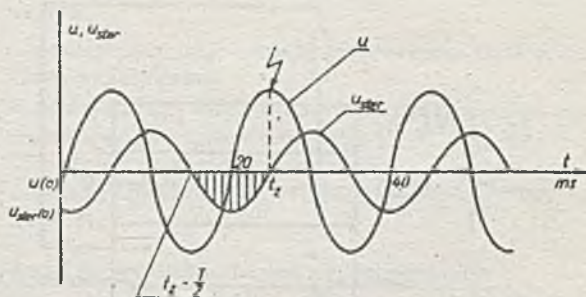
przy czym: $|Z_L| = |Z_1 + Z_2|$.

Wartość pojemności poprzecznej linii przyjęto $C_L = 8,8 \cdot 10^{-6}$ F/km.



Rys. 3. Schemat uproszczonego systemu elektroenergetycznego

Schemat analogowy uproszczonego systemu elektroenergetycznego przedstawiono na rys. 4. Gdy zestyk rozwierny P_1 komparatora amplitudowego jest zwarty, schemat analogowy odpowiada układowi przed zwarciem. Przez zmianę położenia zestyku w chwili t_z uzyskuje się schemat analogowy odpowiadający stanowi układu po wystąpieniu zwarcia. Celem zainicjowania zwarcia w założonej chwili t_z , konieczne jest doprowadzenie do komparatora napięcia sterującego u_{ster} , przesuniętego względem napięcia u w punkcie zabezpieczeniowym P



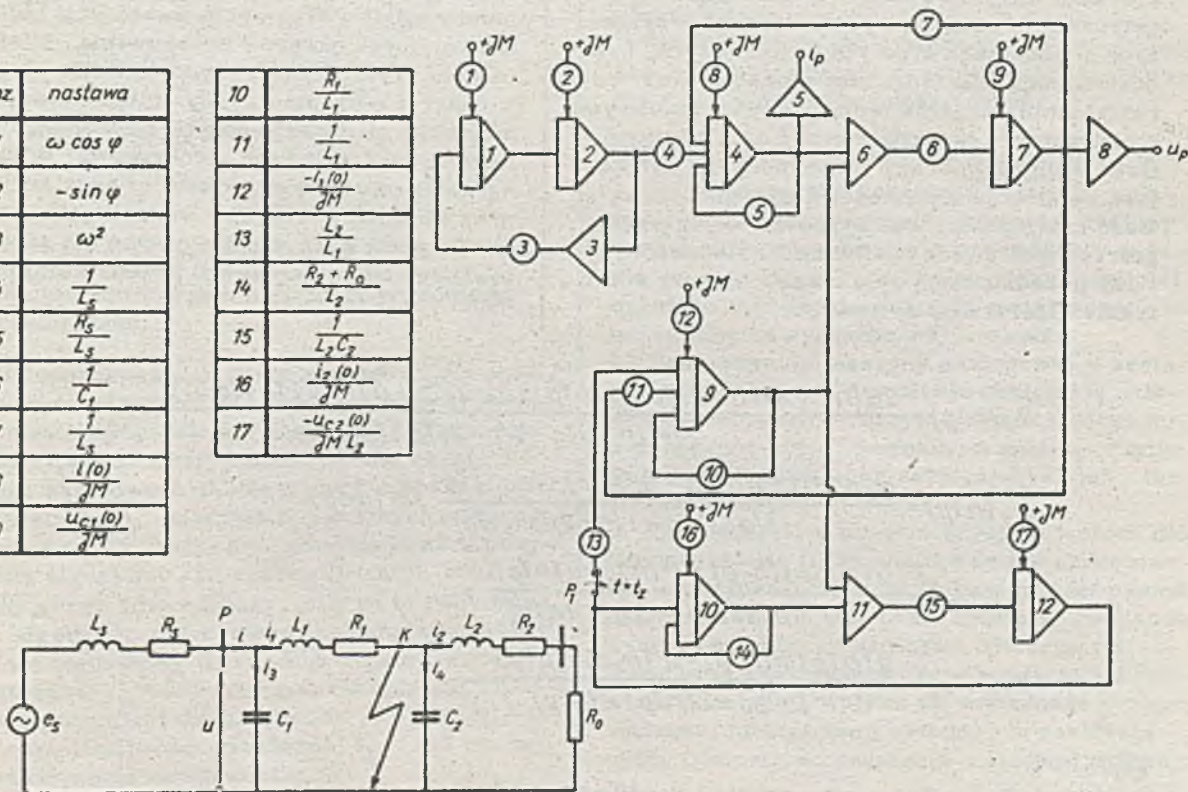
Rys. 5. Przebieg napięcia u w punkcie zabezpieczeniowym i napięcia u_{ster} dla zwarcia powstałego przy przechodzeniu napięcia u przez maksimum.

/rys. 3/ o wartość, zależną od założonego czasu t_z . Rys. 5 ilustruje przebieg napięcia u i napięcia sterującego u_{ster} przykładowo dla zwarć inicjowanych przy przechodzeniu napięcia u przez maksimum, natomiast rys. 6 ilustruje praktyczną realizację tego rodzaju układu. Zakreskowane pole na rys. 5 określa przedział czasu, w jakim należy przez zamknięcie zestyku p_2 podać przebieg u_{ster} na zacisk k_1 komparatora. Zamknięcie zestyku p_2 następuje w wyniku wydania odpowiedniej instrukcji przez procesor.

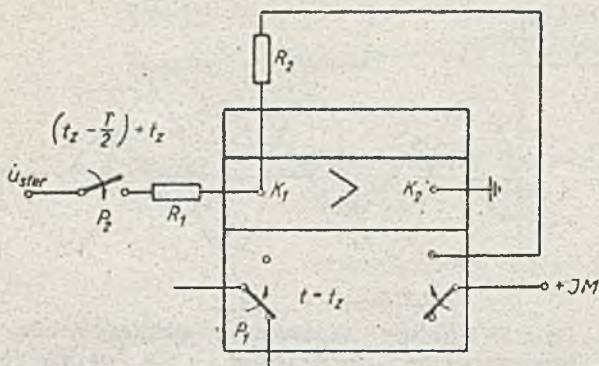
Oprócz omówionych układów, na maszynie analogowej zrealizowano rozważane w badaniach układy filtrów analogowych.

poz	nastawa
1	$\omega \cos \varphi$
2	$-\sin \varphi$
3	ω^2
4	$\frac{1}{L_s}$
5	$\frac{H_s}{L_s}$
6	$\frac{1}{C_1}$
7	$\frac{1}{L_s}$
8	$\frac{i(0)}{dM}$
9	$\frac{u_{C_1}(0)}{dM}$

10	$\frac{R_1}{L_1}$
11	$\frac{1}{L_1}$
12	$\frac{-i_1(0)}{dM}$
13	$\frac{L_2}{L_1}$
14	$\frac{R_2 + R_o}{L_2}$
15	$\frac{1}{L_2 C_2}$
16	$\frac{i_2(0)}{dM}$
17	$\frac{-u_{C_2}(0)}{dM L_2}$



Rys. 4. Schemat analogowy uproszczonego systemu elektroenergetycznego



Rys. 6. Realizacja układu inicjującego zwarcie w układzie przyjęto $R_1 > R_0$.

Cyfrowa lokalizacja zwarcia w liniach najwyższych napięć

Cyfrowa realizacja metod obliczeniowych

W odniesieniu do cyfrowych metod lokalizacji zwarcia, największe możliwości ma zastosowanie kryterium impedancyjnego [1, 4]. Umożliwia ono zlokalizowanie zwarcia na podstawie wartości modułu i argumentu impedancji, widzianej z punktu zabezpieczeniowego w kierunku miejsca zwarcia w linii elektroenergetycznej. Podstawą weryfikacji wykorzystanych w badaniach algorytmów cyfrowych była dokładność, jaką mogą one zapewnić przy odkształcaniu sygnałów wejściowych składowymi o charakterze nieokresowym i oscylacyjnym, ilość wolnych operacji maszynowych, wynikająca ze stopnia złożoności algorytmów oraz ilość kolejnych próbek sygnałów wejściowych, potrzebnych do ich realizacji. Zależności /1/ i /2/ przedstawiają dwa z rozważanych w artykule algorytmów cyfrowych:

T_p - okres próbkowania,
 $i /n-1/ T_p, i/nT_p, i/n+1/ T_p; u/n-1/ T_p, u/nT_p, u/n+1/ T_p$ - kolejne wartości próbek sygnałów, proporcjonalne do prądu i napięcia w punkcie zabezpieczeniowym.

Występujące w algorytmie /2/ pochodne wartości sygnałów wyznaczono przy zastosowaniu następujących zależności [4]:

$$i' /nT_p/ = \frac{i /n+1/ T_p - i /n-1/ T_p}{2 T_p} \quad /3/$$

$$i'' /nT_p/ = \frac{i /n+1/ T_p - 2 i /nT_p/ + i /n-1/ T_p}{T_p^2} \quad /4/$$

Dla sygnału napięciowego algorytmy, realizujące różniczkowanie są analogiczne.

Filtracja sygnałów wejściowych

Wrażliwość rozważanych w artykule algorytmów cyfrowych na składowe zakłócające, występujące w sygnałach wejściowych, była podstawą do opracowania sposobów filtracji sygnałów. Dla algorytmu cyfrowego /1/ opracowano cyfrowo-analogową filtrację sygnałów, natomiast dla algorytmu /2/ zastosowano dolnoprzepustowy filtr analogowy. Projektując filtr cyfrowy założono, że filtrowane będą nie bezpośrednio sygnały wejściowe w postaci cyfrowej, lecz wartości modułu i argumentu impedancji obliczone dla kolejnych okresów próbkowania. Miało to na celu zrealizowanie algorytmu filtracyjnego w oparciu o proste metody obliczeniowe, zapewniającego eliminację uchybu wnoszonego do obliczeń przez składową nieokresową, a także ograniczenie wpływu składowej oscylacyjnej oraz eliminację uchybów wnoszonych przez przetwornik A/C. Ogólną postać tak zaprojektowanego filtra cyfrowego przedstawiają zależności /5/ i /6/:

$$R_1(nT_p) = \frac{2u(n-1)T_p i(n-1)T_p - u(nT_p) i(n-2)T_p - u(n-2)T_p i(nT_p)}{2[i^2(n-1)T_p - i(n-2)T_p i(nT_p)]},$$

$$X_1(nT_p) = \frac{u(n-1)T_p i(nT_p) - u(nT_p) i(n-1)T_p}{i^2(n-1)T_p - i(n-2)T_p i(nT_p)} \sin(\omega T_p). \quad (1)$$

$$R_2(nT_p) = \frac{u'(nT_p) i(nT_p) - i''(nT_p) u(nT_p)}{i'^2(nT_p) - i(nT_p) i''(nT_p)},$$

$$X_2(nT_p) = \frac{u(nT_p) i'(nT_p) - u'(nT_p) i(nT_p)}{i'^2(nT_p) - i(nT_p) i''(nT_p)} \omega. \quad (2)$$

gdzie:

$R_1 /nT_p/, X_1 /nT_p/$ - rezystancja i reaktancja odcinka linii elektroenergetycznej widziana z punktu zabezpieczeniowego w kierunku miejsca zwarcia,

$$/Z_{1r} /nT_p/ / = k^* \sum_{m=1}^{Nc} /Z_1 /n-m/ T_p/ \quad /5/$$

$$\varphi_{1f} / nT_p = k \sum_{m=1}^{N_c} \varphi_1 / n-m / T_p \quad /6/$$

przy czym:

$|\underline{Z}_1| / n-m / T_p / \varphi_1 / n-m / T_p$ - wartości modułu i argumentu dla m-tego okresu próbkowania.

$N_c = E \left(\frac{T}{T_p} \right)$ - największa liczba całkowita, nie większa od ilorazu okresu wejściowego i okresu próbkowania.

We współczynnikach algorytmów filtracyjnych k^* i k^{**} uwzględniono parametr, określający największą zmianę aktualnie analizowanych wartości w procesie filtracji w stosunku do wartości otrzymanej w poprzednim okresie filtracji. Sposób ich wyznaczania podają zależności /7/ i /8/:

$$k^* = \frac{1}{N_c + \frac{\max |A| - \min |A|}{|\underline{Z}_{1f}| / n-1 / T_p}} \quad /7/$$

$$k^{**} = \frac{1}{N_c + \frac{\max |B| - \min |B|}{\varphi_{1f} / n-1 / T_p}} \quad /8/$$

przy czym:

$$A = |\underline{Z}_1| / n-1 / T_p / \cdot |\underline{Z}_1| / n-2 / T_p / \cdot \dots /$$

$$\underline{Z}_1 / n-N_c / T_p /,$$

$$B = |\varphi_1| / n-1 / T_p / \cdot |\varphi_1| / n-2 / T_p / \cdot \dots /$$

$$\varphi_1 / n-N_c / T_p /.$$

$|\underline{Z}_{1f}| / n-1 / T_p /$, $\varphi_{1f} / n-1 / T_p$ - filtrowane wartości modułu i argumentu dla poprzedniego okresu filtracji.

Dolnoprzepustowe filtry analogowe dla analizowanych algorytmów cyfrowych zrealizowano wg dwóch sposobów aproksymacji. Przy ich projektowaniu uwzględniono pasmo częstotliwości składowych zakłócających o charakterze oscylacyjnym, wartości rozważanych w badaniach częstotliwości próbkowania oraz w przypadku algorytmu /1/ zakres filtracji, realizowany przez filtr cyfrowy. Biorąc to pod uwagę, dla algorytmu /1/ zastosowano analogowy filtr dolnoprzepustowy III rzędu o częstotliwości granicznej $f_g = 200$ Hz wg aproksymacji Thomasona, natomiast dla algorytmu /2/ filtr III rzędu o częstotliwości granicznej $f_g = 150$ Hz wg aproksymacji Butterwortha.

Metodyka badań symulacyjnych

Program badań obejmował symulację zwarcia w wybranych miejscach linii elektroenergetycznej i przy różnych fazach napięcia w momencie

powstania zwarcia. W badaniach rozważono dwa układy

- pomijający pojemności poprzeczne linii elektroenergetycznej.
- odwzorujący linię elektroenergetyczną za pomocą dwóch czwórników typu /1/.

Pomiary przeprowadzono przy częstotliwościach próbkowania $f_p = 400$ Hz, 800 Hz, 1000 Hz, 1200 Hz.

Analiza wyników badań symulacyjnych

Przeprowadzone badania, których wybrane wyniki przedstawiają rys. 7 i 8, pozwalają na stwierdzenie, że największą szybkość lokalizacji zwarcia zapewnia metoda obliczeniowa, wykorzystująca algorytm /2/. Wymaga ona do określenia modułu $|\underline{Z}_1|$ i argumentu φ_1 impedencji co najwyżej trzech kolejnych próbek sygnałów wejściowych pobranych ze stanu zwarcia /rys. 8/. Z objętych analizą częstotliwości próbkowania, najkorzystniejsze jest tu zastosowanie częstotliwości $f_p = 800$ Hz/16 próbek/okres/. Metoda wykorzystująca algorytm cyfrowy /1/ zapewnia wysoką dokładność, kosztem jednak pogorszenia dynamiki prowadzonej identyfikacji. Do określenia szukanych wartości wymaga ona pobrania N_f kolejnych próbek sygnałów wejściowych, gdzie N_f określa zależność:

$$N_f = N_c + N_p \quad /9/$$

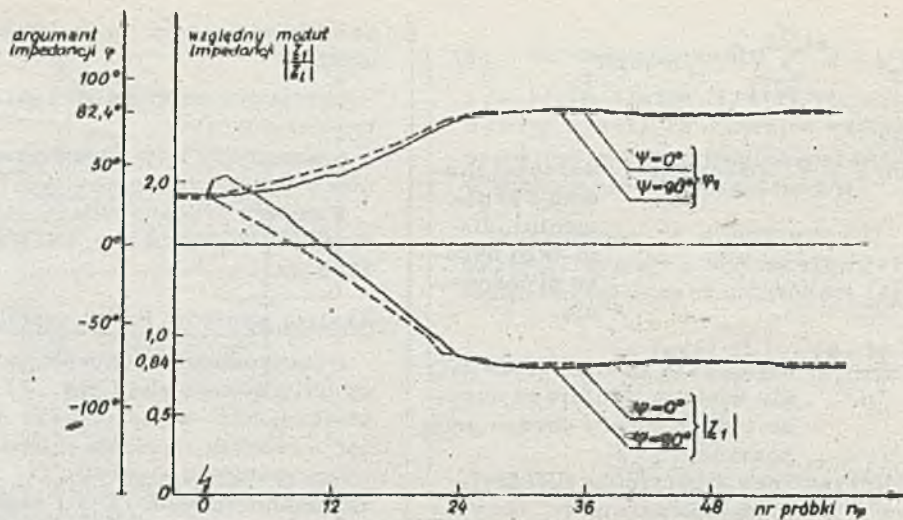
przy czym:

N_p - ilość próbek potrzebna do realizacji algorytmu cyfrowego.

Dla tej metody obliczeniowej najkorzystniejsze jest zastosowanie częstotliwości próbkowania $f_p = 1200$ Hz /24 próbki/okres/.

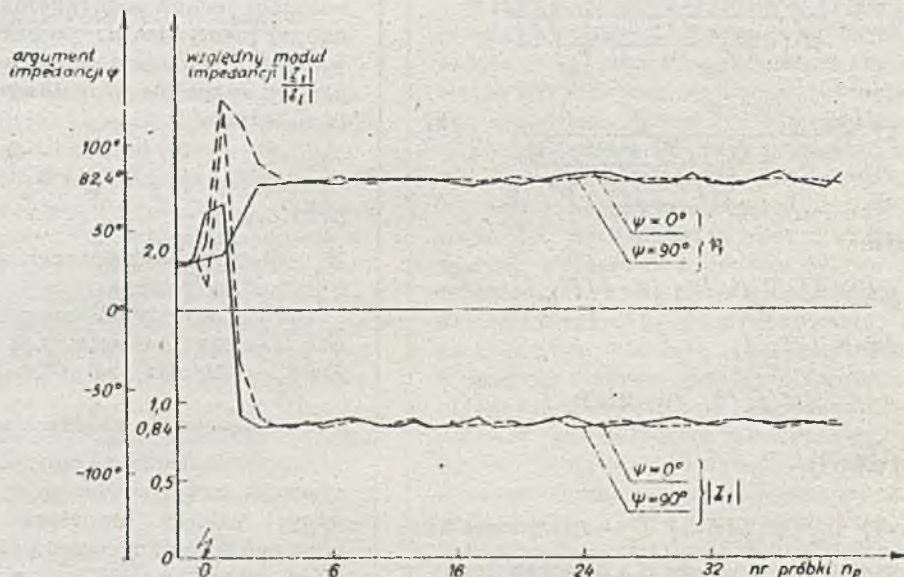
Podsumowując należy stwierdzić iż:

1. Zaprezentowana koncepcja układu symulacyjnego, zrealizowanego w oparciu o krajowy sprzęt cyfrowy, umożliwia prowadzenie w czasie rzeczywistym badań cyfrowych metod obliczeniowych z punktu widzenia wrażliwości na odkształcenia sygnałów wejściowych.
2. Zastosowanie maszyny analogowej w zestawie symulacyjnym umożliwia realizację układów modelowych o różnym stopniu złożoności, a co za tym idzie, pozwala na analizę tylko wybranych składowych zakłócających lub też ich superpozycji.
3. Zastosowane w prowadzonych badaniach dolnoprzepustowe filtry analogowe lub skorelowanie w przypadku metody /1/ szerokości pasma przepustowego z zakresem filtracji, realizowanym przez cyfrowy algorytm filtracyjny i zastosowaną częstotliwość próbkowania, umożliwiają eliminację wpływu na dokładność przeprowadzonej identyfikacji składowych zakłócających, trudnych do usunięcia metodami cyfrowymi.
4. Przeprowadzone badania porównawcze przy zastosowaniu układu symulacyjnego pozwalają na stwierdzenie, że zapewnienie metodom cyfrowym jednocześnie dużej szybkości i wysokiej dokładności, jest trudne. Korzystne może być



Rys. 7. Przebieg lokalizacji zwarcia powstałego w odległości 126 km od punktu zabezpieczeniowego ($\frac{|Z_1|}{|Z_1|} = 0,84$), przy zastosowaniu al-

gorytmu /1/ i cyfrowo-analogowej filtracji sygnałów. Częstotliwość próbkowania $f_p = 1200$ Hz /24 próbki/okres/.



Rys. 8. Przebieg lokalizacji zwarcia powstałego w odległości 126 km od punktu zabezpieczeniowego ($\frac{|Z_1|}{|Z_1|} = 0,84$) przy zastosowaniu algo-

rytmu /2/ i filtracji analogowej. Częstotliwość próbkowania $f_p = 800$ Hz /16 próbek/okres/.

w praktycznej realizacji rozwiązanie kompromisowe. Stosując metodę cyfrową, wykorzystując algorytm /2/ uzyskujemy szybką, lecz stosunkowo mało dokładną lokalizację zwarcia.

Wykorzystanie algorytmu cyfrowego /1/ oraz cyfrowo-analogowej filtracji sygnału, zapewni wysoką dokładność, kosztem jednak pogorszenia szybkości prowadzonej identyfikacji.

L i t e r a t u r a

- [1] J. G. Gilbert, R. J. Sholvin, High speed Transmission Line Fault Impedance Calculation Using a Dedicated Minicomputer. IEEE Trans. on PAS, nr 3, 1975.
- [2] J. Makino, Y. Miki, Y. Sano, Study of High-speed Distance Relay Using Microcomputer. IEEE Trans. on PAS nr 2, 1977.
- [3] R. Sebastian, Symulacyjny układ hybrydowy w badaniach niektórych zagadnień cyfrowej lokalizacji zwarcia. Rozprawa doktorska, Wrocław, 1978.
- [4] A. Wiszniewski, Pomiar cyfrowy w systemach elektroenergetycznych. Przegląd Elektrotechniczny nr 7, 1975.

INFORMACJE - NOWOŚCI

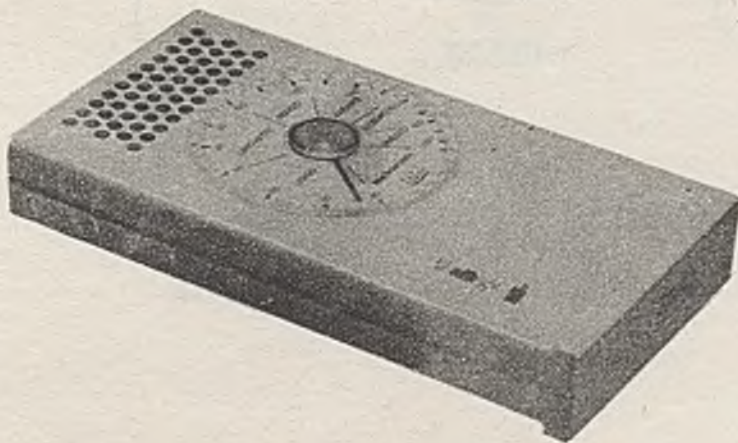
inż. ZYGMUNT JANKOWSKI
OBR „Mera - Lumel”

METRONOM ELEKTRONICZNY TYPU AM

Metronom elektroniczny typu AM przeznaczony jest przede wszystkim dla uczniów szkół muzycznych i nauczycieli gry na instrumentach muzycznych. Jest on szczególnie przydatny w początkowym okresie nauki, gdyż ułatwia utrzymanie właściwego tempa granego utworu muzycznego, które może być kontrolowane taktowaniem metronomu. Sygnalizacja taktowania może być świetlna lub akustyczna. Dzięki świetlnej sygnalizacji tempa gry, metronom może być stosowany wszędzie tam, gdzie nie jest pożądanym sygnał akustyczny. Metronom można stosować do wyznaczania tempa podczas ćwiczeń w gimnastyce rehabilitacyjnej, sportowej i rytmice.

Parametry techniczne metronomu:

- częstotliwość taktowania regulowana płynnie w zakresie od 40 do 210 taktów/min. /tj. od largo do presto/
- dokładność częstotliwości taktowania w warunkach znam. $-2\% \pm 0,5$ taktu
- zasilanie: bateria płaska 3R12 4,5V lub przez wbudowane gniazdo wtykowe z zasilacza zewnętrznego 5... 5,5V
- znamionowa temperatura otoczenia $20^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- użytkowy zakres napięcia zasilania $3,8\text{V} \dots 5,5\text{V}$
/bateria płaska 4,5V typu 3R12 lub zasilacz stabilizowany 5V... 5,5V/



Fot. 1, Metronom AM: 1 - pokrętko częstotliwości taktowania, 2 - przełącznik rodzaju pracy, 3 - wyłącznik zasilania, 4 - gniazdo zasilacza zewnętrznego, 5 - Zasułka gniazda baterii

- użytkowy zakres temperatury otoczenia 10°C...35°C
- sygnalizacja taktowania: świetlna lub akustyczna
- wymiary gabarytowe 170 x 32 x 90 mm
- waga 0,34 kg

Opis techniczny

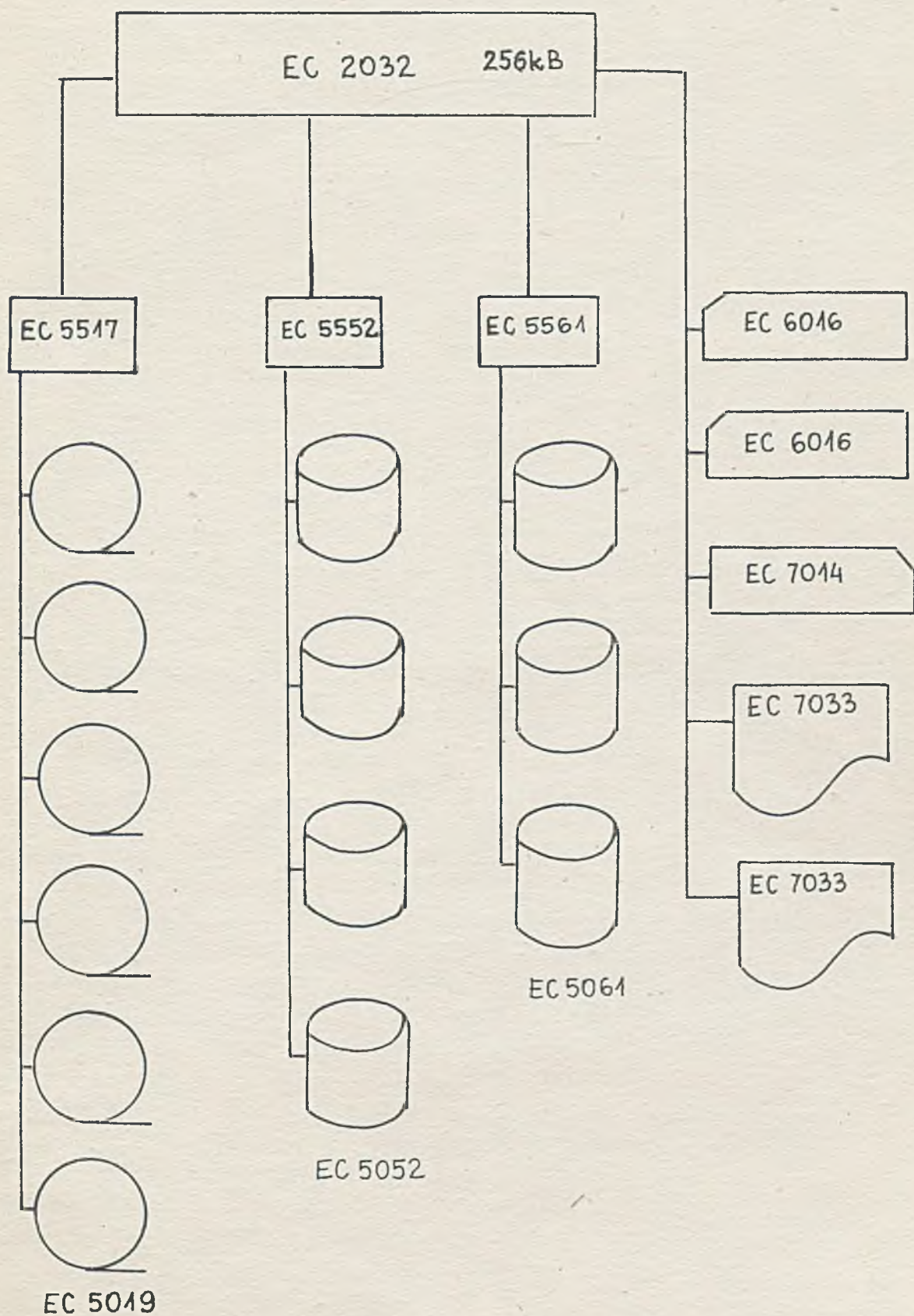
Do generowania impulsów taktujących zastosowano układ multiwibratora. Po włączeniu napięcia zasilania kondensator C1 ładuje się przez opornik R11, wywołując wzrost potencjału na bazie tranzystora T7, wzrost prądu jego kolektora oraz zadziałanie układu sterującego złożonego z tranzystorów T8, T4 i T5. Na wyjściu układu sterującego /kolektor tranzystora T5/ pojawia się impuls o szerokości określonej wartościami elementów R22 i C2 powodując: załączenie klucza tranzystorowego T3, rozładowanie kondensatora C1, spadek potencjału bazy tranzystora T7 oraz włączenie układu sterującego. Po czasie określonym szerokością impulsu, kondensator C1 ładuje się ponownie i cykl powtarza się.

Częstotliwość taktowania jest proporcjonalna do nastawy dokonanej za pomocą potencjometru R13. Impulsy taktujące są modelowane sygnałem akustycznym o częstotliwości ... Hz wytwarzanym w układzie generacyjnym, który tworzą tranzystory T10, T11 i transformator Tr. Sygnał z generatora zapala neonówkę. Ne oraz przez wyłącznik W2 uruchamia głośnik G1.

Czas trwania sygnału akustycznego lub świetlnego określony jest szerokością impulsu na wyjściu układu sterującego. Napięcie zasilające układ generatora taktującego jest stabilizowane za pomocą elementów D2, T2, R5 i R23. Przy spadku napięcia baterii poniżej wymaganego, zostaje zablokowany tranzystor T1 i diodę D1 załączony tranzystor T2. Napięcie zasilające układ generatora staje się bliskie zeru i układ przestaje impulsować. Stan taki jest sygnalizowany ciągłym sygnałem akustycznym lub świetlnym, co oznacza konieczność wymiany baterii.

Obudowa metronomu jest wykonana z tworzywa termoplastycznego. Elementy i podzespoły elektroniczne umieszczone są na jednej płytce obwodu drukowanego.

„MERA” PRODUKUJE W RAMACH JS EMC SYSTEM R – 32 DO LOKALNEGO I ZDALNEGO PRZETWARZANIA DANYCH (PRZYKŁAD KONFIGURACJI)



Schemat Konfiguracji R-32 w PZL "Delta Hydrol" Wrocław: EC 2032 - jednostka centralna z pamięcią 256 kB, EC 5517 - jednostka sterująca pamięci taśmowych, EC 5019 - pamięć taśmowa, EC 5552 - jednostka sterująca pamięci dyskowych, EC 5052 - pamięć dyskowa 8 Mb, EC 5561 - jednostka sterująca pamięci dyskowych, EC 5061 - pamięć dyskowa 30 Mb, EC 6016 - czytnik kart, EC 7014 - dziurkarka kart, EC 7033 - drukarka wierszowa

Cena zł 43

Prenumerata roczna zł 516

