

Józef KAPICA

Wojskowa Akademia Techniczna

TENDENCJE ROZWOJOWE MATEMATYCZNYCH MASZYN
HYBRYDOWYCH I ICH ZASTOSOWANIE

WSTĘP

Jeszcze w latach pięćdziesiątych rozwój elektronicznych maszyn liczących ograniczał się do klasycznych maszyn analogowych i klasycznych maszyn cyfrowych. Stworzyły się także dwie szkoły o przeciwstawnych poglądach co do wyboru "najlepszych" - ich zdaniem - rodzajów maszyn matematycznych. Specjaliści ci nie zawsze liczyli się z faktem, że zarówno maszyny cyfrowe, jak i analogowe mają ścisły zakres i optymalne miejsce zastosowań. Zjawisko takie nie ominęło również Polski, co szczególnie ujemnie odbijało się na rozwoju maszyn analogowych.

Szybko rozwijająca się astronautyka, technika lotnicza, fizyka jądrowa oraz kompleksowa automatyzacja sterowania postawiły przed urządzeniami liczącymi znacznie większe wymagania niż możliwości klasycznych maszyn cyfrowych czy klasycznych maszyn analogowych. Wymagania te dotyczyły głównie modelowania bardzo złożonych procesów dynamicznych, gdzie obok dużej szybkości liczenia konieczna była również duża dokładność.

Tego rodzaju zadania były głównym bodźcem łączenia zasad i techniki liczenia analogowego z cyfrowym. Oczywiście łączenia tego dokonano na podstawie zalet obydwu technik.

Od pierwszych prób praktycznego łączenia techniki analogowej z cyfrową upłynęło już 10 lat. Po raz pierwszy w 1958 r. w Amerykańskich Zakładach Astronautycznych "Convair Astronautic" w San Diego oraz Space Technology Laboratories w Los Angeles obliczono metodą hybrydową trajektorie rakiet o dużym zasięgu. Obecnie w krajach najbardziej rozwiniętych maszyny hybrydowe wyparły w dużym stopniu klasyczne maszyny analogowe i praktycznie klasycznych maszyn analogowych już się nie konstruuje.

1. KLASYFIKACJA, EWOLUCJA I PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI MATEMATYCZNYCH MASZYN HYBRYDOWYCH

Operując terminem "maszyna hybrydowa" należałoby podać chociażby uproszczoną definicję tego rodzaju urządzenia liczącego. Otóż pod pojęciem "hybrydowa maszyna matematyczna" będziemy rozumieli takie urządzenie liczące, w którym w ramach jednego procesu obliczeniowego wykorzystuje się mieszaną technikę obliczeniową - analogową i cyfrową i gdzie w procesie obliczeniowym występuje jednocześnie przetwarzanie informacji w postaci analogowej i cyfrowej. Czasem spotyka się również w literaturze, iż termin "maszyna

hybrydowa" rozszerzany jest także na kombinacje maszyn matematycznych równoległych i szeregowych o jednolitej technice cyfrowej.

Z punktu widzenia organizacji i budowy istniejące maszyny hybrydowe analogowo-cyfrowe można by zakwalifikować do czterech podstawowych klas, a mianowicie:

1) maszyny analogowe uzupełniane elementami logicznymi i pamięciowymi cyfrowymi, nazywane często maszynami analogowo-hybrydowymi;

2) maszyny cyfrowe uzupełnione elementami analogowymi;

3) systemy połączeń klasycznych maszyn cyfrowych i maszyn analogowo-hybrydowych pierwszej klasy za pomocą odpowiednich urządzeń przetwarzania informacji z postaci cyfrowej na analogową i odwrotnie;

4) hybrydowe systemy, w których trudno jest wydzielić maszynę cyfrową i analogową.

Do pierwszej klasy maszyn hybrydowych należy zaliczyć wyposażone w elementy logiczne i układy adresowania analogowe maszyny iteracyjne oraz maszyny analogowe wyposażone w arytmometry i pamięci cyfrowe. Do tej klasy zalicza się m. in.:

- zachodniemieckie maszyny RA-800 HYBRYD oraz RA-770 firmy Telefunken;
- rodzinę maszyn hybrydowych HS-7 angielskiej firmy Solartron;
- amerykańskie maszyny hybrydowe: Beckman 2200, Ci 5000, EAJ 8800, Ci 175, EAJ 680;
- japońską Hitachi 505 i wiele innych.

W maszynach hybrydowych drugiej klasy elementy analogowe wykorzystywane są jako typowe podprogramy i służą do rozszerzenia możliwości obliczeń maszyny cyfrowej. Elementy te łączone są z maszyną cyfrową poprzez odpowiednie konwertery cyfrowo-analogowe i analogowo-cyfrowe. Tego typu maszyny hybrydowe mają głównie zastosowanie do rozwiązywania złożonych nieliniowych równań różniczkowych z pochodnymi cząstkowymi. Zgodnie z danymi literaturowymi tego typu maszyny hybrydowe, wykorzystujące podprogramy całkowania analogowego, charakteryzują się kilkukrotnym zwiększeniem wydajności urządzeń cyfrowych. Maszyny hybrydowe drugiej klasy są również stosowane do modelowania procesów produkcyjnych.

Systemy hybrydowe mają szczególnie szerokie zastosowanie w krajach wysoko rozwiniętych technicznie, jak: Stany Zjednoczone, Związek Radziecki, Wielka Brytania, Francja, Japonia, a także Niemiecka Republika Federalna. Do systemów tych można by m. in. zaliczyć:

- HYDAC 2000,
- HYDAC 2400,
- EAJ 690,
- EAJ 8900,
- HRS . 900.

Systemy hybrydowe czwartej klasy różnią się od pozostałych bardziej ścisłym zespoleniem techniki analogowej i cyfrowej. Tego typu maszyny hybrydowe nie są jeszcze szeroko rozpowszechnione, chociaż prognozuje się im dużą karierę. System hybrydowy o omawianej strukturze, pod nazwą ETL Hybrid Computer, jest już praktycznie zrealizowany przez producentów japońskich. System ten nie ma tradycyjnych krosów stykowych. Połączenia dokonuje się za pomocą urządzenia wejściowo-wyjściowego typu "display" (grafoskopu) i pióra świetlnego. Elementy analogowe tego systemu charakteryzują się bardzo dużym pasmem przenoszenia sygnałów, a całość maszyny bardzo dużą szybkością operacji. Maszyna wykonana jest całkowicie na obwodach scalonych.

Ewolucję rozwoju maszyn analogowych i analogowo-hybrydowych można by podzielić na trzy generacje.

Pierwsza generacja rozpoczęła się w latach 1949-1951 i zakończyła w latach 1962-1963. W okresie tym opracowano i wykonano szereg różnorodnych klasycznych maszyn analogowych w technice lampowej o przedziale napięcia ± 50 V i ± 100 V i tranzystorowej o przedziale napięciowym ± 10 V, mających różnorodne układy nieliniowe, jak generatory funkcji, układy mnożące - dzielące oraz różnorodne układy ograniczające i wymienne tablice programowania. Pojemność operacyjna tych maszyn dochodziła już nawet do kilkuset wzmacniaczy operacyjnych.

W omawianym etapie powstaje również wg koncepcji Gillilanda iteracyjna maszyna analogowa z pamięciami dynamicznymi.

Druga generacja maszyn analogowych rozpoczęła się w latach 1963-1964 pełną tranzystoryzacją i hybrydyzacją. Rozwój wysokojaściowych tranzystorowych szerokopasmowych wzmacniaczy operacyjnych o napięciach ± 100 V umożliwia skonstruowanie po raz pierwszy niezawodnych, szybkich i dokładnych maszyn analogowych, zawierających wiele setek wzmacniaczy operacyjnych, a zastosowanie tranzystorowych szybkich i niezawodnych kluczy elektronowych do sterowania pracą integratorów i pamięci dynamicznych pozwala budować maszyny mogące wykonywać ponad 1000 iteracji na sekundę.

Duże, niezawodne i szybko iterujące maszyny analogowe w połączeniu z elementami cyfrowymi dają użytkownikowi szerokie usługi w zakresie symulacji złożonych układów dynamicznych.

Połączenie maszyn analogowo-hybrydowych z maszynami cyfrowymi w tzw. systemy hybrydowe daje już użytkownikowi wygodne, dokładne i bardzo szybkie narzędzie do symulacji złożonych systemów sterowania, takich jak systemy astronautyczne, systemy termodynamiczne, energii jądrowej, złożonych analiz chemicznych itp.

Obecnie druga generacja matematycznych maszyn analogowo-hybrydowych osiągnęła wysoki stopień rozwoju. Jako przykłady mogą posłużyć maszyny hybrydowe EAJ 8800, Ci 5000, systemy hybrydowe EAJ 8900, SDS i wiele innych, gdzie część analogowo-hybrydowa wynosi ponad 300 wzmacniaczy operacyjnych.

Obok dużych zestawów hybrydowych istnieje szereg mniejszych maszyn analogowo-hybrydowych, w których 50-150 wzmacniacze szybkoiteracyjne maszyny analogowo-hybrydowe połączone są z mniejszymi maszynami cyfrowymi.

Druga generacja urządzeń analogowych charakteryzuje się w swej istocie stopniową eliminacją klasycznych rozwiązań analogowych i zastępowaniem ich przez maszyny analogowo-hybrydowe. Dotyczy to różnych pojemności operacyjnych, począwszy od kilkudziesięciu wzmacniaczy operacyjnych, a skończywszy na maszynach mających kilkadziesiąt wzmacniaczy.

W drugiej generacji również bardzo szeroko zostały rozwinięte systemy hybrydowe, w których maszyna analogowo-hybrydowa współpracuje z maszyną cyfrową. A zatem druga generacja charakteryzuje się szerokim rozwojem maszyn hybrydowych pierwszej i trzeciej klasy.

Charakterystyczną cechą wszystkich systemów hybrydowych drugiej generacji jest ich zasadnicze podejście analogowe. Wszystkie te systemy i maszyny hybrydowe rozwinęły się na bazie układów analogowych, które stopniowo uzupełniane są coraz potężniejszym wyposażeniem cyfrowym. Ogólnie można stwierdzić, iż rozwój maszyn hybrydowych przenosi swój ciężar gatunkowy w kierunku zwiększania ilości wyposażenia cyfrowego.

2. PERSPEKTYWY ROZWOJU I ZASTOSOWAŃ MASZYN HYBRYDOWYCH

Aby móc odpowiedzieć na podstawowe pytanie, dlaczego rokujemy tak duże perspektywy maszynom hybrydowym, należałoby pokrótce omówić dodatnie i ujemne strony klasycznych maszyn analogowych i klasycznych maszyn cyfrowych.

Maszyny analogowe pod względem konstrukcyjnym składają się z całego szeregu oddzielnych bloków, z których każdy przeznaczony jest do wykonywania określonych operacji matematycznych (sumowanie, całkowanie, mnożenie, dzielenie, generacja funkcji itp.). Bloki te łączy się ze sobą w takiej kolejności, jakiej odpowiada konkretna postać rozwiązywanego zadania. A zatem są one wybitnie maszynami równoległymi i bardzo szybkimi, a ich strukturalny sposób programowania umożliwia łatwy kontakt maszyny z użytkownikiem.

Ponieważ w maszynach analogowych dla określonych operacji wymagane są określone bloki operacyjne, dlatego też wszystkie maszyny analogowe w mniejszym lub większym stopniu są maszynami specjalizowanymi. Wielkości liczone w maszynach analogowych przedstawione są w postaci określonych wielkości fizycznych - najczęściej napięć elektrycznych - a dokładność wykonywanych przez nich obliczeń uzależniona jest od dokładności wykonania poszczególnych elementów składowych (np. rezystory oraz kondensatory) i praktycznie nie przekracza 0,01%. Stanowi to w pewnym stopniu wadę maszyn analogowych, która nie występuje w maszynach cyfrowych.

Do podstawowych zalet maszyn cyfrowych w porównaniu z analogowymi należy zaliczyć ich dużą uniwersalność i znacznie większą dokładność wykonywania obliczeń. Bowiem w odróżnieniu od maszyn analogowych nie modelują rozwiązywanego zadania, lecz służą do realizacji algorytmu rozwiązywania zadania.

Szeroko opracowane metody analizy numerycznej sprowadzają rozwiązanie najbardziej różnorodnych zadań matematycznych do kolejnego wykonywania podstawowych działań arytmetycznych, co właśnie czyni je uniwersalnymi. Należy jeszcze podkreślić, że maszyny cyfrowe mają również duże możliwości zapamiętywania informacji i wykonywania operacji logicznych. Jednakże sekwencyjność pracy maszyn cyfrowych mocno ogranicza ich szybkość działania w porównaniu do maszyn analogowych.

A zatem klasyczne maszyny analogowe są całkowicie równoległe i szybkie, ale mało dokładne, bez pamięci i możliwości logicznych.

Maszyny cyfrowe są dokładne, uniwersalne, o dużych możliwościach logicznych i pamięciowych, ale stosunkowo wolne.

Zaistniała więc duża luka w technice liczącej i wielkie trudności w zakresie symulacji złożonych procesów i systemów, gdzie wymagana była zarówno duża szybkość liczenia, jak i dokładność.

Pomimo istnienia wielu języków symulacyjnych dla maszyn cyfrowych, problem ten dla dużych systemów jest trudny do rozwiązania ze względów czasowych. Jak podaje literatura, symulacja bardziej złożonych procesów aerodynamicznych czy reakcji chemicznych za pomocą średnich maszyn cyfrowych wykonujących 200 000-500 000 operacji na sekundę wymaga nieraz kilkuset godzin pracy maszyny. Rozwiązanie powyżej omawianych problemów na maszynach analogowych może być wykonywane bardzo szybko i w rzeczywistej skali czasu. Nie można jednak uzyskać większej dokładności niż 1-5%. Wymagane tu jest także olbrzymie wyposażenie operacyjne.

Omówione wyżej właściwości klasycznych maszyn cyfrowych i analogowych były przyczyną zbudowania nowego typu maszyny, zawiera-

jącej bardzo szybkie elementy liczenia analogowego oraz dokładnie liczące elementy cyfrowe wraz z pamięciami. Maszyny, które przy stosunkowo niewielkim wyposażeniu technicznym zapewniłyby zarówno dużą szybkość, jak i dokładność symulacji skomplikowanych układów dynamicznych.

Bardziej szczegółowo należałoby omówić właściwości operacyjne maszyn hybrydowych pierwszej i trzeciej klasy, które obecnie znalazły największe zastosowanie i które mogłyby być brane pod uwagę przy omawianiu propozycji rozwoju maszyn hybrydowych w naszym kraju.

Rozszerzenie klasycznej maszyny analogowej o sterowanie iteracyjne, komparatory, przełączniki cyfrowo-analogowe, analogowe układy pamięci dynamicznej oraz podstawowe funktry logiki cyfrowej już bardzo znacznie rozszerza jej możliwości operacyjne.

Pozwala to bowiem na automatyczne iteracyjne rozwiązywanie równań różniczkowych z warunkami brzegowymi, sekwencyjne rozwiązywanie równań różniczkowych cząstkowych dla odpowiednich przedziałów zmiennych przestrzennych, iteracyjne rozwiązywanie równań całkowych, zagadnień optymalizacji wieloparametrowej, a także równań różniczkowych z uwzględnieniem opóźnień. Przy omawianej organizacji maszyny hybrydowej realizuje się także wielokrotne wykorzystywanie analogowych bloków operacyjnych.

Dalsze rozszerzenie maszyny hybrydowej pierwszej klasy o pamięć funkcyjną typu analog-cyfra-analog i pamięć cyfrową daje już stosunkowo duży komfort liczenia, zwłaszcza jeżeli chodzi o równania różniczkowe o trzech, czterech zmiennych niezależnych.

Systemy hybrydowe składają się z jednej lub kilku maszyn hybrydowych pierwszej klasy, maszyny cyfrowej oraz całego zespołu urządzeń pośrednich, do których zaliczyć należy konwertery cyfrowo-analogowe, analogowo-cyfrowe, multiplikery analogowe oraz cały zespół kanału sterowania i układy dopasowujące.

Możliwości obliczeniowe systemów hybrydowych są bardzo duże. Dzisiaj trudno jeszcze w pełnym zakresie przewidzieć cały szereg zastosowań. Jest to bowiem osobne studium do badań i rozwoju.

Typowym przykładem zastosowania systemu hybrydowego jest modelowanie lotu pocisków kierowanych, autopilotów, dynamiki samolotów, modelowanie i badanie złożonych procesów cieplnych i chemicznych, modelowanie wielopoziomowych układów sterowania, układów człowiek-maszyna i wiele innych.

Rozdział czynności obliczeniowych w systemie pomiędzy częścią analogową i cyfrową może być również bardzo różnorodny. Najczęściej jednak maszyna cyfrowa wypracowuje rozkazy sterowania, generuje funkcje oraz wykonuje tę część obliczeń, która wymaga dużej dokładności. Pozostałe czynności wykonuje maszyna analogowo-hybrydowa.

Programowanie problemów na omawiany system może być realizowane w języku numerycznym typu ALGOL czy FORTRAN lub symulacyjnym, można również w takim systemie programować podobnie jak na maszynach analogowych, a maszynę cyfrową traktować jako podprogram dla maszyny analogowej.

Mówiąc o perspektywach rozwoju maszyn i systemów hybrydowych należałoby rozpatrzyć ukształtowanie tego rodzaju systemów trzeciej generacji. Niewątpliwie system hybrydowy trzeciej generacji wiąże się ściśle z maszynami cyfrowymi trzeciej generacji i jest tak pomyślany, aby móc w pełni wykorzystać ich szerokie możliwości pracy "on-line", zaś część analogowa traktowana jest jako periferia maszyny cyfrowej z "time sharingiem" komunikując się poprzez odpowiednie linie przesyłowe i odpowiednie standardowe kanały współpracy i pulpity.

Użytkownik będzie się więc komunikował z systemem liczenia hybrydowego w sposób analogiczny jak z maszyną cyfrową poprzez grafoskopy i alfaskopy za pomocą pióra świetlnego oraz dodatkowej klawiatury.

W maszynach hybrydowych trzeciej generacji będzie również następowała daleko idąca automatyzacja większości połączeń na tablicach krosowych, tzn. że ilość połączeń sznurowych będzie ulegała systematycznemu zmniejszeniu, bowiem tablice te we współczesnych maszynach analogowych i hybrydowych drugiej generacji stanowią ich najbardziej zawodny element i najsłabszą stronę rozwiązań konstrukcyjnych.

Inną wadą maszyn hybrydowych drugiej generacji są potencjometry i serwomechanizmy służące do zdalnego automatycznego ustawiania.

Obecnie czas ustawiania potencjometru zarówno przez maszynę cyfrową, jak i ręcznie wynosi ok. 3-4 sek. Nie ulega wątpliwości, iż w maszynach hybrydowych trzeciej generacji element ten zostanie zastąpiony tzw. potencjometrem cyfrowym, stanowiącym w pewnym sensie postać konwertera cyfrowo-analogowego, zbudowanego w pełni na obwodach scalonych.

Zdaniem W. Karplusa ciężar gatunkowy maszyn hybrydowych trzeciej generacji będzie się przesuwał na nowe ważne dziedziny zastosowań, obejmujących głównie: symulacje układów biologicznych, studia nad przebiegami losowymi, dziedzinę układów o losowych parametrach oraz systemy identyfikacji i optymalizacji.

Przykłady powyższe ukazują cechy charakterystyczne, które zgodnie z przewidywaniami będą wspólne dla wielu z przyszłych zastosowań maszyn hybrydowych.

Do cech tych Karplus zalicza:

1. Orientację w kierunku maszyny cyfrowej w tym sensie, że maszyna cyfrowa działa jako urządzenie nadrzędne, a część analogowa jako bardzo szybki podwykonawca.
2. Zdolność maszyny analogowej do iteracyjnego rozwiązywania równań różniczkowych z prędkością do 1000 razy większą niż maszyna cyfrowa bez popełnienia niedopuszczalnie dużych błędów.
3. Bardziej skrócona forma opisu algorytmów w stosunku do rozwiązań całkowicie cyfrowych.

3. GŁÓWNE WYMAGANIA STAWIANE MASZYNIE ANALOGOWO-HYBRYDOWEJ I ROLA MASZINY CYFROWEJ W SYSTEMIE HYBRYDOWYM

Maszyna analogowo-hybrydowa współpracująca w systemie hybrydowym poza odpowiednim wyposażeniem ilościowym musi spełniać 3 podstawowe warunki, a mianowicie:

- mieć jak najwyższą szybkość liczenia analogowego (maksymalne szerokości pasm przenoszonych przez poszczególne elementy analogowe) i możliwie duże dokładności statyczne i przedziały dynamiczne;
- zawierać znaczną część elementów równoległej techniki cyfrowej programowanej na krosie wtykowym;
- być dogodną do sterowania przez maszynę cyfrową (tzn. mieć optymalny układ adresowania poszczególnych układów operacji analogowych).

Celem zapewnienia odpowiednio dużego przedziału dynamicznego, jednostka maszynowa powinna wynosić ± 100 V przy pełzaniu zera względem wejścia nie przekraczającym $100 \mu\text{V}/8$ godz.

Z punktu widzenia roli, jaką maszyna cyfrowa spełnia w systemie hybrydowym, możemy wyodrębnić:

- systemy z maszyną cyfrową służącą głównie do sterowania i kontroli oraz zapamiętywania danych;
- systemy z dużą maszyną cyfrową, która ponadto bierze szeroki udział w procesie liczenia.

W przypadku pierwszym rola maszyny cyfrowej ogranicza się do:

- automatycznego ustawiania potencjometrów;
- wybieranie wartości analogowych z wyjść poszczególnych bloków analogowych;
- sterowania rodzajami pracy i skalami poszczególnych elementów analogowych;
- zapamiętywania programu i funkcji analogowych po przekształceniu tych ostatnich w wartości cyfrowe.

Maszyna cyfrowa w systemie hybrydowym powinna mieć przede wszystkim możliwie najwyższą szybkość wykonywania operacji arytmetycznych na liczbach stałoprzecinkowych oraz dobrze rozbudowany system komunikacji z użytkownikami (człowiekiem). Pożądanym byłby również możliwie krótki cykl pamięci 1-2 usek.

Zgodnie z wieloma publikacjami dotyczącymi doświadczeń w zakresie liczenia hybrydowego, dokładność arytmetyczna 24 bity jest zupełnie wystarczająca.

Jednak dane pochodzenia analogowego, z dostatecznie dużą dokładnością w porównaniu z dokładnością analogową, mogą być przedstawione w słowie 15-bitowym, 14 bitów wartość + 1 - znaku. Dane te mogą być z powodzeniem opracowywane w systemie stałoprzecinkowym. Stąd więc wynika, że najbardziej celowe jest wykorzystanie w systemie hybrydowym maszyny cyfrowej o bytowej organizacji słowa maszynowego.

4. TECHNIKA MASZYN ANALOGOWO-HYBRYDOWEJ DNIA DZISIEJSZEGO

Maszyny analogowo-hybrydowe dnia dzisiejszego oparte są szeroko na układach scalonych monolitycznych, jeżeli chodzi o układy logiczne, oraz na układach scalonych monolitycznych i hybrydowych (chodzi o układy cienko i grubowarstwowe), jeśli chodzi o wzmacniacze operacyjne komparatory i wszelkiego rodzaju układy kluczujące.

Układy kluczowania integratorami i pamięciami dynamicznymi oparte są głównie na tranzystorach polowych i parach komplementarnych w układzie rewersyjnym. Czas przełączania klucza elektronicznego nie przekracza 1 usek.

Wzmacniacze operacyjne w przeważającej części są wzmacniaczami z torem przetwarzania za pomocą fotoczopek lub czopek na tranzystorach polowych, mają stopnie wejściowe i wyjściowe wykonywane w montażu klasycznym, zaś wzmacniacz toru z przetwarzaniem i stopnie środkowe toru prądu stałego w technice monolitycznej.

Najnowsze rozwiązania wykonywane są w technice monolitycznej lub hybrydowo-dyskretnej, z wyjątkiem wysokonapięciowych stopni wyjściowych, które pozostały jeszcze tradycyjnym montażem dyskretnym na laminatach foliowanych. Układy monolityczne są także szeroko stosowane w rozmaitych urządzeniach zasilających.

5. WNIOSKI DOTYCZĄCE ROZWOJU MASZYN HYBRYDOWYCH W POLSCE

Na podstawie dotychczasowej praktyki w zakresie stosowania matematycznych maszyn analogowo-hybrydowych i systemów liczenia hybrydowego oraz przewidywań przyszłościowych różnych specjalistów stwierdzić można, że technika i urządzenia analogowo-hybrydowe w dalszym ciągu odgrywać będą dużą rolę w procesie złożonych obliczeń naukowo-technicznych i modelowania.

Urządzenia analogowo-hybrydowe i systemy liczenia hybrydowego będą doskonalone i rozwijane zgodnie z głównymi kierunkami założeń rozwoju tych urządzeń dla trzeciej generacji.

W związku z powyższym byłoby pożądane opracowanie krajowego planu rozwoju liczenia hybrydowego, gdyż dotychczas takiego planu jeszcze nie ma. Plan ten powinien obejmować zarówno stworzenie bazy materiałowej w postaci urządzeń liczenia hybrydowego, jak i popularyzację hybrydowych metod liczenia wśród szerokiego grona konstruktorów i pracowników naukowych.

Pomimo braku odpowiednich planów koordynacyjnych w zakresie rozwoju urządzeń hybrydowych w skali krajowej, w Wojskowej Akademii Technicznej prowadzone są w tym kierunku na szeroką skalę prace naukowo-techniczne podstawowe i konstrukcyjne.

W wyniku tych prac wykonano i oddano do eksploatacji dwie maszyny analogowo-hybrydowe WAT-103 oraz opracowano model tranzystorowej maszyny analogowo-hybrydowej ELWAT-200 (36 wzmacniaczy operacyjnych o przedziale napięciowym ± 100 V, 14 wzmacniaczy komparatorów oraz różnorodne bloki liczenia analogowego i elementy cyfrowe).

Za główny kierunek prac w zakresie hybrydowych urządzeń liczących w Wojskowej Akademii Technicznej przyjęto zbudowanie systemu hybrydowego składającego się z szybkiej maszyny analogowo-hybrydowej liczącej w przedziale napięciowym ± 100 V, urządzenia pośredniczącego i seryjnie produkowanej przez przemysł krajowy maszyny cyfrowej.

W tym zakresie przystąpiono do wykonania kilku maszyn analogowo-hybrydowych WAT-1001 oraz opracowuje się maszynę analogowo-hybrydową WAT-1010 i urządzenie pośredniczące WAT-1002 sprzęgające te maszyny analogowo-hybrydowe z maszyną cyfrową.

Maszyny analogowo-hybrydowe WAT-1001 (150 wzmacniaczy operacyjnych) oraz WAT-1010 (200 wzmacniaczy operacyjnych) będą przystosowane do szybkiego liczenia iteracyjnego (1000 iteracji na sekundę) oraz szerokiego zastosowania metod losowych i Metod Monte Carlo. Będą one wyposażone w ośmiokanałowy generator zmiennej losowej, serwo potencjometri i potencjometri cyfrowe oraz rozbudowany układ sterowania cyfrowego.

Pierwsze egzemplarze maszyny WAT-1001 będą oddane do eksploatacji w drugiej połowie 1970 r., zaś maszyna WAT-1010 i urządzenie pośredniczące WAT-1002 nieco później.

Urządzenie pośredniczące WAT-1002 zawiera zespół konwerterów cyfrowo-analogowych i mnożeń cyfrowo-analogowych z wyjściem analogowym, multiplexer analogowy, konwerter analogowo-cyfrowy oraz cały układ sterowania i adaptacji.

Wyżej wspomniane maszyny analogowo-hybrydowe WAT-1001 i WAT-1010 oraz urządzenie pośredniczące WAT-1002 opieramy w dużej mierze o technikę obwodów scalonych (monolityczne i układy cienkowarstwowe).

L I T E R A T U R A

- [1] KARPLUS W. J. i BEKEY G. A.: The Changing Role of Analog and Hybrid Computer Systems. IFIP Edinburgh 1968.
- [2] HORTENBACH K.: Aachen-Arbeitsweise und Einsatzmöglichkeiten hybrider Analogrechner. Elektronische Datenverarbeitung, Nr 3, 1968.
- [3] BUB W.: Hybrid Rechenanlagen. Elektronische Datenverarbeitung, Nr 1, 1966.
- [4] GILOI W.: Hybride Rechnersysteme. Telefunken Zeitung, Nr 39, 1966.
- [5] KROCHMAN E.: Analoge digitale und hybride Technik Elektronische Datenverarbeitung, Nr 36, 1965.
- [6] KUROKAWA K.: All-IC hybrid Computer eliminates the patchwork from programming. Electronics, March 17, 1969.