

1 9 6 8

Nr 4 (79)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

WARSZAWA — MIEDZESZYN

PRZEGLĄD  
ZAGADNIEŃ  
ŁĄCZNOŚCI



PRZEGLĄD  
ZAGADNIEŃ  
ŁACZNOŚCI

ROK 8

WARSZAWA 1968

NR 4(79)

INSTYTUT ŁACZNOŚCI

Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności i Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,  
mgr inż. Józef Możejko, dr Stanisław Włoszczowski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Berkowska      Montaż tekstu: B. Drobik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 720. Druk ukończono  
w marcu 1969 r.

PRZEGLĄD  
ZAGADNIEN ŁĄCZNOŚCI

Telekomutacja elektroniczna

SPIS TREŚCI

	Str.
Libois L.J.: Komutacja elektroniczna	
- Tłumaczył M. Kowalski	1



W bieżącym roku "Przegląd Telekomunikacyjny" obchodzi jubileusz związany z wydaniem 35 roczników czasopisma. Wydawany jest on przez Wydawnictwa Czasopism Technicznych NOT jako organ Sekcji Elektroniki i Telekomunikacji Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

"Przegląd Telekomunikacyjny" znany jest dobrze wszystkim inżynierom, technikom i nawet studentom, zajmującym się telekomunikacją w najogólniejszym znaczeniu tego słowa. Artykuły z dziedziny teletransmisji, telekomutacji, telewizji, radiofonii, a także z dziedziny urządzeń elektronicznych i miernictwa telekomunikacyjnego, umieszczane w tym czasopiśmie, umożliwiają szerokiej rzeszy techników zaznajomienie się z najnowszymi osiągnięciami zarówno polskiej myśli technicznej, jak i postępu w tych dziedzinach techniki na całym świecie. Zagadnienia powyższe poruszane są przy tym wielostronnie zarówno od strony teoretycznej, jak i praktycznego projektowania, produkcji, eksploatacji i konserwacji.

Za zasługi dla polskiego piśmiennictwa technicznego "Przegląd Telekomunikacyjny" odznaczony został Złotą Odznaką Honorową SEP.

W dniu pięknego Jubileuszu, gratulując wielkiego i pożytecznego dorobku, życzymy "Przeglądowi Telekomunikacyjnemu" dalszej owocnej działalności informacyjnej i popularyzatorskiej ku pożytkowi szerokich rzesz polskich łącznościowców.

R e d a k c j a

## KOMUTACJA ELEKTRONICZNA

Tłumaczył M. Kowalski na podstawie artykułu  
Libois L.J.: La commutation electronique.  
Regards sur la France 1960, t. 4, nr 11,  
s. 107-128.

W roku 1957, utworzony został w Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET) w Issy-les-Moulineaux koło Paryża Wydział "Badań Maszyn Elektronicznych" (Wydział RME - Recherches sur les Machines Electroniques) w celu zbadania możliwości zastosowania w telefonii, a w szczególności w komutacji telefonicznej, nowej techniki elektronicznego przekazywania informacji.

Technika "maszyn elektronicznych" nabiera ostatnio coraz większego znaczenia, szczególnie od czasu, gdy nastąpił burzliwy rozwój elementów półprzewodnikowych. Naturalną konsekwencją tego stanu rzeczy jest poszukiwanie nowych możliwości, uproszczeń i korzyści ekonomicznych, jakie mogłoby dać wprowadzenie elektroniki do tak rozległej dziedziny, jaką jest dziedzina komutacji, a w szczególności komutacja telefoniczna. Ta nowa technika komutacji, w której wykorzystuje się elementy elektroniczne, otrzymała określenie "komutacji elektronicznej".

Przed przystąpieniem do analizy problemów występujących w komutacji elektronicznej oraz dróg przyjętych przez CNET w celu ich rozwiązywania wydaje się celowe przypomnienie w kilku słowach samego celu komutacji o-

raz ogólnych funkcji, które musi spełniać automatyczna centrala telefoniczna.

## PRZEDMIOT I CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA KOMUTACJI TELEFONICZNEJ

Automatyczna centrala telefoniczna jest bardzo skomplikowaną maszyną, która musi wykonywać w czasie określonym wymaganiami i odpowiednią jakością usług wielką liczbę operacji, prowadzących w rezultacie końcowym do utworzenia połączeń pomiędzy abonentami wywołującymi i abonentami żądanymi, a ściślej mówiąc pomiędzy odpowiednimi łączami abonentów wywołujących i żądanych - niezależnie od rodzaju tych abonentów (zwykły abonent końcowy, stanowisko telefonistki, służba specjalna itp.). Zadaniem zespołów komutacyjnych centrali jest zarejestrowanie i wybranie abonentów, przygotowanie połączenia między łączem abonenta wywołującego i żądanego, następnie, jeśli abonent żądany jest wolny i zgłosi się, zestawienie połączenia i wreszcie, po skończonej rozmowie, zwolnienie i rozłączenie połączenia. We wszystkich istniejących obecnie systemach telefonicznych połączenie abonentów odbywa się za pośrednictwem zestyków metalicznych (styki wybieraków obrotowych względnie zestyki przekładników w bardziej nowoczesnych centralach systemu krzyżowego).

Innym aspektem ogólnego zagadnienia komutacji jest zaliczanie rozmów telefonicznych zarówno w połączeniach miejskich, jak i międzymiastowych. We Francji rozpowsze-

chnia się coraz bardziej system zaliczania rozmów na licznikach abonenckich; każde łącze abonenckie wyposażone jest w elektromagnetyczny licznik na którym sumowane są impulsy licznikowe, odpowiadające jednostkowej opłacie za rozmowy miejscowe oraz ew. impulsy "rozsypane" za rozmowy międzymiastowe.

Centrala telefoniczna musi poza tym spełniać takie zadania, jak przesyłanie ściśle określonych sygnałów informujących abonentów wywołujących o gotowości centrali do przyjęcia cyfr wybierczych (sygnał zgłoszenia się centrali) o zajętości abonenta żądanego (sygnał zajętości) lub o tym, że jego łącze jest wolne (zwrotny sygnał dzwonienia) itp.

Dalszymi zadaniami centrali telefonicznej obsługującej różnych abonentów jest możliwość rozróżniania całego szeregu kategorii łączy w celu rozpoznania czy abonent jest uprawniony do wszystkich połączeń czy też np. połączenia międzymiastowe są dla niego zablokowane, czy dane łącze należy do wiązki łączy zespołowych czy jest łączem indywidualnym itp. Wreszcie należy pamiętać, że centrala telefoniczna nie pracuje w odesobnieniu, lecz stanowi proste ogniwo w ogólnej sieci telefonicznej. Z faktu tego wynika problem współpracy między centralami różnych systemów, który musi być również brany pod uwagę przy opracowywaniu nowego systemu.

Inny charakterystyczny aspekt komutacji telefonicznej wynika z samej natury ruchu telefonicznego oraz na ogół znacznej liczby realizowanych połączeń. W centralach o dużych pojemnościach (rzędu kilku tysięcy nume-



rów) można z powodzeniem stosować "prawo wielkich liczb" dla określenia prawdopodobieństwa będącego podstawą do obliczenia liczby zespołów połączeniowych niezbędnych do prawidłowego załatwienia określonego ruchu telefonicznego. Oczywiście przy obliczaniu potrzebnej liczby zespołów nie uwzględnia się maksymalnej liczby wywołań w każdym momencie godziny największego ruchu, lecz przyjmuje się kompromis pomiędzy kosztami sprzętu komutacyjnego i tzw. prawdopodobieństwem blokady (natłoku), tzn. prawdopodobieństwem, że pojawiające się wywołanie nie będzie mogło być załatwione z powodu braku wolnych zespołów. W sumie chodzi tu o możliwie maksymalne zmniejszenie sieci komutacyjnej bez poważniejszego pogorszenia jakości usługowej.

Dążenie do optymalnego wykorzystania sieci komutacyjnej jest w rzeczywistości równoznaczne z dążeniem do "koncentracji ruchu". O ile stopień wykorzystania łączy międzymiastowych jest na ogół wysoki i może osiągać, a nawet przekraczać 50% w godzinie największego ruchu, to wykorzystanie łączy abonenckich zawiera się w granicach 5 do 10%. Tak więc w przypadku łączy abonenckich korzystne jest zebranie ruchu telefonicznego generowanego przez pewną grupę abonentów i skierowanie go na wiązkę o mniejszej liczbie łączy, co pozwoli na zmniejszenie sieci komutacyjnej w centrali względnie sieci "mieszającej", której zadaniem jest umożliwienie połączenia dowolnego "wejścia" z dowolnym "wyjściem". Sieć komutacyjną w systemie o dużej pojemności można zatem w zasadzie traktować jako składającą się ze "stopni koncentracji"

oraz "sieci mieszającej". W praktyce rozróżnienie to nie jest wyraźne i często stopień komutacyjny odgrywa jednocześnie rolę koncentracji i mieszania.

#### PODSTAWOWE ASPEKTY I ZAGADNIENIA KOMUTACJI ELEKTRONICZNEJ

Ostateczny cel komutacji elektronicznej jest oczywiście taki sam jak komutacji elektromechanicznej, ale stosowane środki techniczne różnią się na tyle, że może zachodzić potrzeba pewnych modyfikacji ogólnej struktury systemów komutacyjnych.

Wszystkie funkcje w centrali elektronicznej lub przynajmniej ich część, jeśli centrala jest o dużej pojemności, dają się w wyraźny sposób sklasyfikować, co oznacza w praktyce, że w centrali elektronicznej można wydzielić pewne typowe "zespoły funkcjonalne". I tak np. funkcja pamięci w obecnej centrali telefonicznej zostaje w centrali elektronicznej podzielona, pojawiając się w różnej formie w poszczególnych organach centrali. Oczywiście pamięć ta występuje w najbardziej wyraźnej postaci w rejestrach i przelicznikach, w przeciwieństwie do układów pamięciowych określających kolejność działania zespołów centrali, czyli tzw. "program" centrali, gdzie są one na ogół bardziej rozproszone.

Funkcja pamięci odgrywa w centrali elektronicznej bardzo ważną rolę. Układy pamięciowe występują w centrali w różnych odmianach. Funkcje "próby" stanu łączy lub pewnych zespołów, "cechowania", sterowania operacjami komu-

tacyjnymi itp. przybierają w centrali postać odpowiednich zespołów funkcjonalnych. W rozdziale niniejszym przeanalizowane zostaną najbardziej charakterystyczne aspekty techniczne komutacji elektronicznej, ze szczególnym uwzględnieniem badań i prac podjętych w tym zakresie w CNET.

## ZAGADNIENIE ELEKTRONICZNYCH PUNKTÓW KOMUTACYJNYCH

W istniejących obecnie centralach telefonicznych połączenia realizowane są za pośrednictwem zestyków metalicznych. Wprowadzenie elektroniki do komutacji wymaga gruntownego zrewidowania zagadnienia. Możliwe są tu dwie zasadnicze drogi. Jedna droga polega na tym, że w obwodach komutacyjnych pozostawia się zestyki elektromechaniczne, np. zestyki wybieraków krzyżowych ew. bardziej doskonale zestyki hermetyczne (rurkowe), a elektronikę wprowadza się jedynie do układów pamięciowych i sterujących; ten system komutacji nazywany jest często "systemem półelektronicznym". W drugim możliwym rozwiązaniu, tzw. "całkowicie elektronicznym" wszystkie funkcje komutacyjne realizowane są wyłącznie metodami elektronicznymi.

Istotną przyczyną zainteresowania rozwiązaniami półelektronicznymi wynika z faktu, że wciąż jeszcze w obecnym stanie techniki cena elektromechanicznego punktu komutacyjnego jest niższa od ceny takiego samego punktu zrealizowanego przy zastosowaniu elementów elektronicz-

nych. W programie prac CNET szczególną uwagę poświęcono systemom całkowicie elektronicznym, nie zaniedbując jednak również studiów nad pewnymi systemami półelektronicznymi, z uwagi na to, że prawdopodobnie w najbliższej przyszłości systemy całkowicie elektroniczne będą wciąż jeszcze ekonomicznie nieopłacalne. Również w planach budowy centrali doświadczalnej CNET zachowana została koncepcja rozwiązania półelektronicznego dla stopni komutacyjnych, podczas gdy cała reszta urządzeń centrali ma być rozwiązana w zasadzie systemem całkowicie elektronicznym.

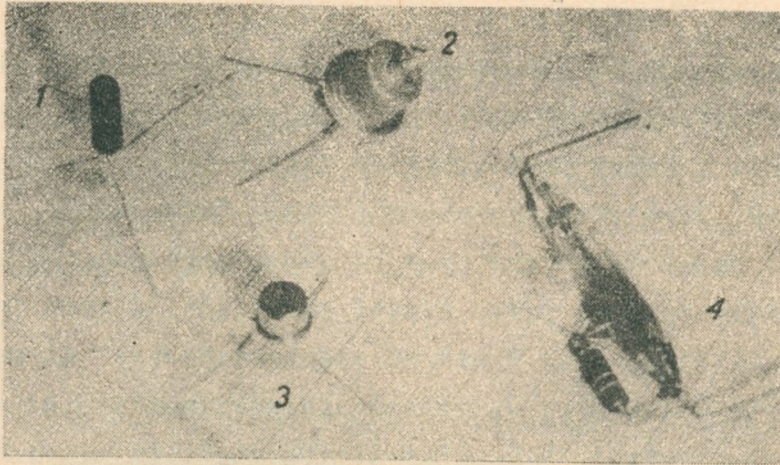
Rozpatrzmy teraz, jakie są sposoby realizacji elektronicznych punktów komutacyjnych. Pierwszym zasadniczym warunkiem, który musi spełniać tego rodzaju punkt komutacyjny, jest podtrzymanie się stanu "włączenia" tego punktu przez cały czas trwania połączenia po chwilowym jego wysterowaniu przez zespół sterujący. Z tego wynika, że spełniający rolę "zestyku elektronicznego" element komutacyjny musi również reprezentować funkcję pamięci. Funkcje komutacji i pamięci mogłyby być oczywiście rozdzielone, ale wymagałoby to stosowania większej liczby elementów na jeden punkt komutacyjny, co w rezultacie doprowadziłoby do nadmiernego wzrostu kosztów urządzeń. Nie należy zapominać, że liczba punktów komutacyjnych w centrali o dużej pojemności (10000 NN) i przy dużym ruchu może osiągnąć, a nawet przekroczyć 200000.

Badania skoncentrowały się w CNET na dwóch typach elektronicznych elementów komutacyjnych: jednym z nich jest dioda gazowana (dwuelektrodowa lampa gazowana), a



drugim typem są elementy półprzewodnikowe posiadające w pewnym zakresie charakterystyki ujemną oporność, jak np. triody czterowarstwowe typu "PNPN" lub tranzystory specjalne z efektem pola, jak np. "Tecnatron",

Te dwa typy elementów (rys. 1) posiadają w sobie funkcję pamięci, gdyż po przyłożeniu do elektrody sterującej impulsu sterującego o amplitudzie wystarczającej do osiągnięcia ujemnej części charakterystyki, prąd w obwodzie elementu podtrzymuje się w dalszym ciągu, pomimo



Rys. 1. Elektroniczne elementy komutacyjne

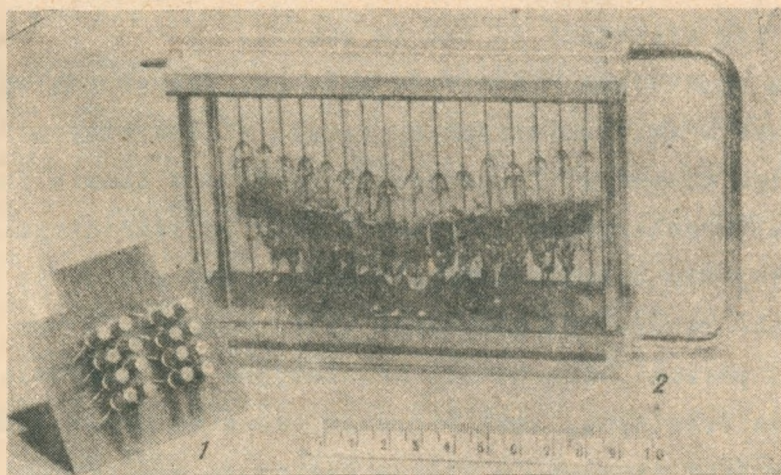
1 - trioda germanowa PNPN /Philips/; 2 - prototyp diody krzemowej PNPN /CNET/; 3 - teknatron /CNET/; 4 - dioda gazowana /CNET/

zniknięcia impulsu sterującego, oczywiście pod warunkiem, że napięcie źródła zasilania przekracza wartość napięcia podtrzymującego  $V_m$ . Dla lamp gazowanych napięcie to wynosi ok. 100 V, a dla elementów półprzewodnikowych - ok. 1 V. Wynika z tego jedna z licznych zalet elementów półprzewodnikowych w stosunku do lamp gazowanych: moc

tracona  $V_m \cdot I$  (gdzie  $I$  - natężenie prądu) w elementach półprzewodnikowych jest znacznie mniejsza niż w lampach gazowych.

Również w przypadku elementów półprzewodnikowych potrzebne jest znacznie niższe napięcie źródła zasilania niezbędnego do działania układów sterujących zespołów połączeniowych. Dalszą zaletą tych elementów są ich mniejsze wymiary, dzięki czemu matryce składające się z elementów komutacyjnych półprzewodnikowych są mniejsze (lub mniej "zatłoczone") co widać przykładowo na rys. 2, gdzie pokazane są 2 matryce 16-punktowe ( $4 \times 4$ ), z których jedna zbudowana jest z diod gazowych, a druga z diod typu PNP. Oba rodzaje matryc stosowane są w doświadczalnych sieciach komutacyjnych wykonywanych w CNET.

Sposób realizacji połączeń przy użyciu tego rodzaju elementów komutacyjnych różni się znacznie od sposobu



Rys. 2. Matryce komutacyjne  $4 \times 4$  /16 elementów komutacyjnych na każdą matrycę/

1 - matryca z diod gazowych; 2 - matryca z diod PNP



stosowanego w systemach elektromechanicznych posiada jednak z nim wspólną cechę w tym sensie, że połączenie pomiędzy abonentem wywołującym i żądanym dokonywane jest poprzez łańcuch "zestyków" (w tym przypadku elektrycznych, a nie mechanicznych) ściśle usytuowanych przestrzennie w danej sieci komutacyjnej. Droga użyta do tego połączenia ma wyraźne i niedwuznaczne położenie w przestrzeni i z tego względu ten sposób komutacji elektronicznej nazywamy "komutacją typu przestrzennego".

W elektronice istnieją jednak, w przeciwieństwie do systemów elektromechanicznych, możliwości realizacji połączeń również innymi sposobami. Przypominamy, że do prawidłowego odtwarzania sygnału o ograniczonym pasmie częstotliwości i górnej częstotliwości granicznej  $f_m$  (dla sygnałów akustycznych przesyłanych przez kanały telefoniczne można przyjąć  $f_m = 4000$  Hz) nie jest konieczne przesyłanie amplitudy sygnału w każdej chwili czasowej, ale wystarczy pobierać "próbki" tej amplitudy w odstępach nie większych od  $1/2 f_m$  sekund.

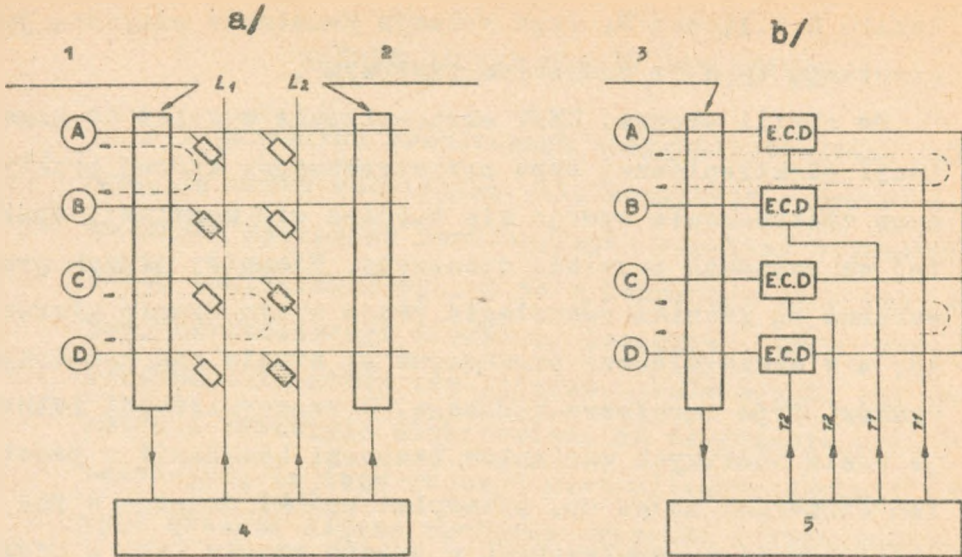
Ta podstawowa właściwość była już dotychczas wykorzystywana w telefonicznych systemach wielokrotnych "z podziałem czasowym" (przesyłanie kolejno w czasie impulsów sygnałów należących do różnych dróg telefonicznych). W późniejszym okresie powstała myśl, żeby zasadę tę wykorzystać również do komutacji telefonicznej. W tym przypadku poszczególne punkty komutacyjne nie stanowią punktów materialnych, lecz reprezentowane są przez określony wycinek czasowy, w którym następuje odblokowanie "bramki elektronicznej" otwierającej połączenie pomiędzy

łączem A i łączem B. Tego rodzaju komutacja nazywana jest komutacją typu "z podziałem czasowym".

Do chwili obecnej CNET skoncentrował wysiłki na komutacji elektronicznej typu przestrzennego, której praktyczne zastosowanie wydaje się bliższe niż komutacji opartej na zasadach podziału czasowego. Niemniej jednak prowadzone są również równoległe prace w tym drugim kierunku, a w szczególności prowadzone są studia nad komutacją czasową typu impulsowo-kodowego. W rzeczywistości istnieje wiele możliwych wariantów techniki komutacji z podziałem czasowym: można np. przesyłać próbki czasowe w postaci impulsów modulowanych w sposób ciągły (np. z modulacją amplitudy) lub też w postaci impulsów kodowych podobnych w pewnym sensie do sygnałów telegraficznych (impulsy prądowe i bezprądowe) i mogących przybierać tylko jedną z dwóch wartości ("0" lub "1"). Inaczej mówiąc funkcja komutacji następuje dopiero po wydzieleniu "próbki", a następnie "zakodowaniu" sygnału telefonicznego, przy czym nie przesyła się w zasadzie samej próbki, lecz numer reprezentujący wielkość tej próbki.

Ten system transmisji i komutacji wchodzi oczywiście w bardzo rozległą ogólną dziedzinę cyfrowej techniki informacji i wydaje się bardziej obiecujący niż komutacja oparta na modulacji amplitudy impulsów, czyli na wielkościach "analogowych" tych impulsów. Ważną zaletą systemu ze wstępnym kodowaniem informacji jest to, że tego rodzaju impulsy kodowe można przesyłać przez prawie dowolne łącza, czego nie można powiedzieć o impulsach zmodulowanych amplitudowo.





Rys. 3. Zasady działania central elektronicznych: a/ centrala z komutacją typu przestrzennego, b/ centrala z komutacją typu czasowego

1 - badanie stanu łączy abonenckich /wywołanie, wybieranie, stan zajętości/, 2 - rozdział sygnałów sterujących i informacyjnych, 3 - badanie łączy, 4 i 5 - zespoły sterujące

□ - punkt komutacyjny w stanie "zablokowanym" /otwartym/

▨ - punkt komutacyjny w stanie "odblokowanym" /zwartym/

E.C.D. - układ próby, kodowania i dekodowania

Dla zilustrowania omówionych w tym rozdziale dwóch podstawowych systemów komutacji elektronicznej przedstawiono na rysunkach 3a i 3b w formie bardzo uproszczonej zasadę działania centrali elektronicznej 4-numerowej w wersji "przestrzennej" i "czasowej". W centrali telefonicznej wg tej drugiej wersji łącza L1 i L2 zostały faktycznie zastąpione przez chwile czasowe T1 i T2.

## ELEKTRONICZNE UKŁADY PAMIĘCIOWE

W poprzednich rozdziałach zasygnalizowaliśmy już o tym, że coraz ważniejszą rolę zaczynają odgrywać w nowoczesnych systemach komutacyjnych wielkiej pojemności układy pamięciowe; wynika to z tendencji do coraz większej centralizacji struktury logicznej tych systemów. Tendencja ta stała się jeszcze wyraźniejsza, gdy do komutacji wkroczyła elektronika. Na marginesie należy tu zaznaczyć, że tego rodzaju centralizacja funkcji logicznych stwarza liczne problemy związane z niezawodnością działania centrali.

Z punktu widzenia funkcjonalnego można rozróżnić dwa rodzaje pamięci: "chwilowe" i "stałe wzgl. półstałe". Ściślej należałoby raczej mówić o pamięciach przeznaczonych do rejestrowania informacji o charakterze chwilowym lub o charakterze stałym.

Do kategorii informacji posiadających zasadniczo charakter chwilowy należą informacje rejestrowane w momencie zestawiania połączenia, a więc: stan łączy abonenckich, numery abonentów wywołujących i żądanych itp. funkcje analogiczne do tych, które spełniają rejestry w klasycznej centrali telefonicznej. Innym przykładem pamięci o charakterze chwilowym, w której informacja pozostaje jednak zamagazynowana przez dość długi okres czasu, jest pamięć związana z zaliczaniem rozmów, której zasadniczym elementem jest w obecnie istniejących centralach "licznik abonencki". Licznik ten sumuje wszy-

stkie jednostki zaliczeniowe, a stan licznika odczytywany w określonych odstępach czasu stanowi podstawę do wystawienia abonentowi rachunku za przeprowadzone rozmowy telefoniczne. W centrali telefonicznej, jak dowiemy się później, magazynowane są w ogólnej pamięci wszystkie informacje niezbędne do zaliczania rozmów.

Inna kategoria informacji o charakterze "quasi-chwilowym" występuje przy przebiegach funkcjonalnych centrali zwanych "przelicznikiem". Przelicznik centrali stanowi jak gdyby tablicę zależności określającą na podstawie numeru abonenta żądanego względnie prefiksu adres geograficzny danego łącza abonenckiego względnie kierunku. W systemie elektronicznym tablica taka może być "zapisana" w odpowiedniej pamięci centrali.

Dalszym przykładem pamięci, odznaczającej się większą "stałością" informacji jest pamięć stosowana w tzw. "programie" centrali elektronicznej. W klasycznej centrali telefonicznej tego rodzaju organizację wewnętrzną, którą można by podporządkować pojęciu "programu", stanowi w pewnym sensie "program okablowania". W centrali elektronicznej natomiast, a przynajmniej w centralach elektronicznych wielkiej pojemności, pojęcie to występuje w bardziej wyraźnej postaci, gdyż program jest tam z góry wpisany w pamięci, sterując wszystkimi operacjami "przelicznika" i tworząc różne stany chwilowe układów logicznych centrali.

Należy zaznaczyć, że pojęcie pamięci chwilowej lub stałej, rozumiane z punktu widzenia funkcjonalnego, uwarunkowane jest często różnicą w jej strukturze fizycznej.

Jeśli chodzi o pamięć chwilową, to powinna istnieć możliwość bardzo szybkiej zmiany treści (zawartości) tej pamięci w różnych chwilach czasowych uwarunkowanych przypadkowym ruchem telefonicznym. Z tego też względu konieczne jest, żeby zmiany te mógł wykonywać sam przelicznik i to z taką prędkością (szczególnie, jeśli wszystkie pamięci elementarne stanowią jeden wspólny zespół), z jaką możliwe to jest tylko przy zastosowaniu układów elektronicznych.

W przypadku informacji powstałych wybór chwili, w której można zmienić treść pamięci, jest dowolny i zmian tych dokonuje się "ręcznie" przez zamianę miejscami określonych elementów pamięci, zmiany okablowania czy wreszcie przez zastąpienie "fizycznego nośnika" pamięci (płytki fotograficznej, specjalna karta itp.) przez inny nośnik z wpisanymi nowymi informacjami. Należy zaznaczyć, że tego rodzaju zmiany treści informacji mogą być również wykonywane przy użyciu metod elektrycznych czy elektronicznych. Zabiegi te wymagają jednak pewnego czasu i na ogół, jeśli nie chce się na ten czas unieruchamiać centrali, musi być do dyspozycji drugi, rezerwowy zespół pamięciowy.

Wreszcie warto podkreślić, że pamięć chwilowa może również być wykorzystywana jako pamięć powstała, o ile istnieje pewność, że jest ona zdolna działać z dużą niezawodnością i potrafi zachować zapisane w niej informacje bez zmian przez bardzo długi okres czasu. W rzeczywistości jednak najczęściej nie opłaca się ze względów ekonomicznych stosować tylko jeden typ pamięci, gdyż z



jednej strony koszt zapisu jednostki informacji w przypadku szybko działającej pamięci chwilowej jest dotychczas znacznie wyższy, niż w przypadku pamięci wolno działającej czy półstałej, a ponadto w dużej centrali zachodzi potrzeba rejestrowania znacznie większej liczby informacji o charakterze półstałym niż informacji o charakterze chwilowym.

Zgodnie z powyższymi stwierdzeniami, ogólny kierunek prac prowadzonych w CNET w dziedzinie pamięci zakłada studia nad różnymi rodzajami pamięci, które z grubsza można praktycznie podzielić na 3 kategorie:

- a) pamięci chwilowe szybko działające,
- b) pamięci stałe szybko działające,
- c) pamięci wolno działające, które w większości przypadków mogą być używane zarówno jako wolno działające pamięci chwilowe, jak i pamięci półstałe.

Dla wyjaśnienia podajemy, że do pamięci szybkich zaliczamy takie pamięci, w których czas odczytu informacji jest rzędu zaledwie kilku mikrosekund, natomiast przez pamięci wolno działające rozumie się takie pamięci, gdzie czas ten jest rzędu kilku lub kilkudziesięciu milisekund.

Wymienione wyżej trzy kategorie pamięci sklasyfikowane zostały w aktualnych warunkach technicznych i ekonomicznych, oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, żeby liczbę tych kategorii ograniczyć do dwóch, a nawet jednej kategorii, o ile będzie to interesujące z punktu widzenia technicznego i ekonomicznego. I tak np. w kate-

gorii "pamięci chwilowych szybko działających" mogą się w zasadzie mieścić wszystkie inne rodzaje pamięci. W rzeczywistości jednak, ze względu na obecny stan techniki i z uwagi na koszty różnych systemów pamięci, zalecane jest utrzymanie podziału tych pamięci na 3 kategorie. W centralach doświadczalnych wykonywanych w CNET zastosowano wszystkie 3 rodzaje pamięci.

### PAMIĘCI CHWILOWE SZYBKO DZIAŁAJĄCE

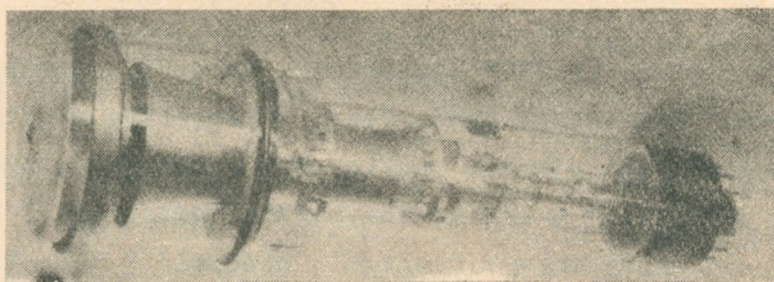
W tym zakresie CNET opracował i wykonał w postaci prototypowej dwa układy pamięciowe. W pierwszym z nich zastosowano, jako element podstawowy, elektrostatyczną lampę pamięciową z siatką chwytającą opracowaną i zbadaną przy współpracy z Compagnie Générale T.S.F. Drugie rozwiązanie posiada strukturę bardziej znaną, gdyż opiera się ona na elementach magnetycznych z prostokątną pętlą histerezy (rdzenie ferrytowe lub wg nowszego wariantu, będącego aktualnie w próbach - płytki ferrytowe wielotworowe).

Rysunek 4 przedstawia elektrostatyczną lampę pamięciową w ostatecznej postaci. Klasyczny ekran fosforescencyjny zastąpiony został izolowaną płytką aluminiową pokrytą "siatką chwytającą" o bardzo małych oczkach.

Promień elektronowy opracowanej lampy prototypowej może zajmować do 16384 dyskretnej pozycji (128 x 128 punktów) rozmieszczonych w równomiernych odstępach w kształcie kwadratu. Każdy z tych punktów można traktować jako elementarny kondensator, którego jedną elektro-

dę stanowi tylna płytką przewodząca z naniesioną na nią izolowaną siatką, zaś drugą elektrodą jest promień elektronowy. Wskutek przyłożenia napięcia na tę płytkę o-  
trzymuje się dwie ustalone wielkości ładunków, z któ-  
rych jeden odpowiada sygnałowi "0", a drugi - sygnałowi  
"1".

Istotną zaletą tego rodzaju układu pamięciowego jest jego szybkość działania. Czas zapisu i odczytu informa-



Rys. 4. Elektrostatyczna lampa pamięciowa z siatką chwytającą

cji w określonym punkcie siatki wynosi zaledwie dwie mi-  
krosekundy. Należy jednak zaznaczyć, że odczyt informa-  
cji powoduje jednocześnie jej "wymazanie" z pamięci,  
wskutek czego, jeśli chcemy informację tę zachować w  
dalszym ciągu, to trzeba ją ponownie "wpisać" do danego  
punktu pamięci.

Układ pamięciowy z lampą elektrostatyczną posiada  
jednak pewne niedogodności, do których należy m.in.: ko-  
nieczność bardzo precyzyjnego "nacelowywania" promienia  
elektronowego na określone punkty siatki (z dokładno-  
ścią rzędu dziesiątych części milimetra w skali płytki  
pamięciowej), oddziaływanie na sąsiednie punkty płytki



pamięciowej, które jest wprawdzie ograniczone przez siatkę chwytającą, niemniej jednak wymaga okresowej regeneracji całej zapisanej informacji, konieczność stosowania stosunkowo wysokiego napięcia, co wyklucza przynajmniej w obecnej sytuacji stranzystoryzowanie układu i wreszcie stosunkowo niewielka trwałość (żywoćność) samej lampy pamięciowej.

Wymienione wyżej wady pamięci z lampą elektrostatyczną skłoniły CNET do opracowania innych systemów pamięciowych opartych na bardziej znanej technice z elementami magnetycznymi o prostokątnej pętli histerezy. Podstawowym elementem pamięciowym w pierwszych rozwiązaniach tego rodzaju był pojedynczy rdzeń ferrytowy. Poszczególne rdzenie ułożone zostały w linie poziome (rzędy) i pionowe (kolumny) tworząc matrycę. Przez każdy rdzeń muszą być przeprowadzone co najmniej 2 przewody: przewód poziomy - wybierczy oraz przewód pionowy, służący do odczytu i pionowego zapisu informacji.

W chwili początkowej wszystkie rdzenie na określonej linii odpowiadającej danemu "adresowi" posiadają pozostałość magnetyczną o wartości  $+Br$  lub  $-Br$ . W celu odczytu informacji przykładamy do przewodu poziomego (wiersza) impuls prądu  $I_0$ . Po zakończeniu impulsu wszystkie rdzenie danego wiersza będą posiadać pozostałość magnetyczną o ściśle określonym znaku ( $+Br$  lub  $-Br$  w zależności od kierunku prądu  $I_0$ ). Rdzenie, w których nastąpiło odwrócenie wektora indukcji, powodują generację siły elektromotorycznej w odpowiednich pionowych przewodach odczytowych.

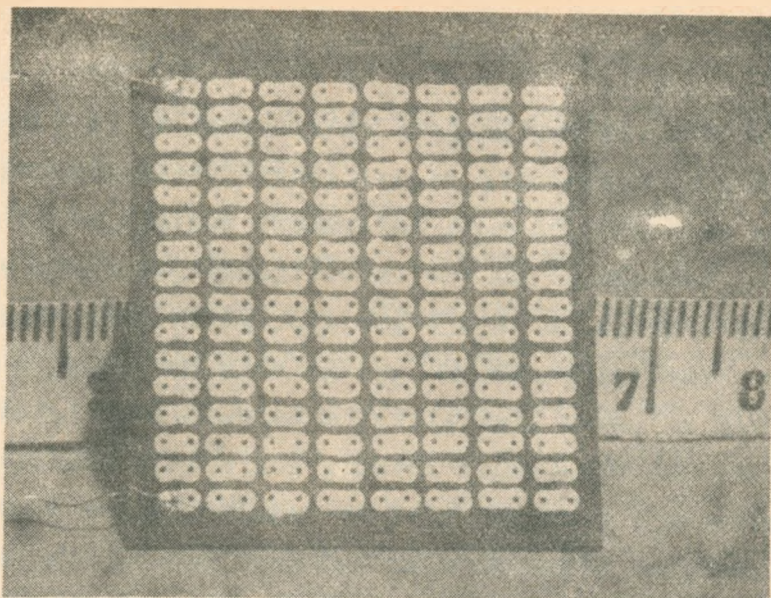


Ponowny zapis informacji binarnej odbywa się przez przyłożenie do przewodu poziomego impulsu prądu o wartości równej połowie  $I_0$  ( $I_0/2$ ), który sam nie jest w stanie zmienić stanu pozostałości magnetycznej rdzeni, jednocześnie jednak przykłada się prąd o tej samej wartości do przewodów pionowych przechodzących przez rdzenie, których stan chcemy zmienić. Dopiero prąd wynikający z tych dwóch impulsów może wytworzyć pole magnetyczne wyższe od siły koercji.

Należy zauważyć, że w omawianym systemie pamięci wpisuje się i odczytuje jednocześnie większą ilość informacji, w związku z czym ten typ pamięci nazywa się czasem "równoległym" w przeciwieństwie do pamięci typu "szeregowego", gdzie informacje otrzymuje się kolejno jedną po drugiej (przykładem pamięci "szeregowej" jest opisany poprzednio układ pamięciowy z lampą elektrostatyczną).

Omawiając układy pamięciowe z elementami magnetycznymi należy jeszcze wspomnieć o przeprowadzanych w CNET ciekawych badaniach z zastąpieniem matryc z rdzeniami magnetycznymi przez płytki ferrytowe wielootworowe (rys. 5).

Zapis informacji w tym urządzeniu sprowadza się do namagnesowania materiału magnetycznego (w jednym lub drugim kierunku) w sąsiedztwie otworu, za pośrednictwem impulsu prądu przyłożonego do przewodu sterującego przeprowadzonego przez ten otwór. Podczas odczytu informacji wszystkie otwory zostają sprowadzone do tego samego stanu namagnesowania, wskutek czego na odpowiednich przewodach odczytowych (drukowanych na płytce i przechodzą-



Rys. 5. Ferrytowa płytka pamięciowa na 256 elementów binarnych /256 otworów/. Przewody odczytu i zapisu drukowane są bezpośrednio na materiale magnetycznym

cych przez otwory) pojawiają się impulsy siły elektromotorycznej. Zasadniczą zaletą omawianego urządzenia jest teoretycznie wielka prostota w produkcji i okablowaniu płytek, dzięki zastosowaniu obwodów drukowanych.

Charakterystyka techniczna układów pamięciowych z elementami magnetycznymi jest analogiczna, niezależnie od tego, czy są to pojedyncze rdzenie magnetyczne czy wielootworowe płytki magnetyczne. Czas zapisu i odczytu informacji wynosi ok. 5 mikrosekund. Stosowanie tego typu pamięci magnetycznych może się odbywać za pośrednictwem elementów półprzewodnikowych pobierających mało mocy i odznaczających się dużą trwałością.

## PAMIĘCI STAŁE SZYBKO DZIAŁAJĄCE

Wszystkie systemy pamięci chwilowych, o których wspominaliśmy w poprzednich rozdziałach, charakteryzują się tym, że przy odczytywaniu informacji następuje jej skasowanie. Pociąga to za sobą konieczność ponownego wpisywania informacji, z czym wiąże się ryzyko powstawania błędów. Prawdopodobieństwo wystąpienia tych błędów jest wprawdzie na pewno niewielkie, a ponadto można stosować urządzenia do wykrywania błędów, jak np. jednoczesny zapis informacji w dwóch układach rejestrujących i porównanie wyników, które powinny być identyczne, na ogół jednak tego rodzaju urządzenia są kłopotliwe i w dodatku nigdy nie eliminują możliwości powstania błędów w 100 procentach.

Jeśli przyjmiemy, że w jednej z informacji odczytywanych w regularnych odstępach czasu pojawił się błąd, to błąd ten będzie się pojawiał za każdym razem przy następnych odczytywaniach tej samej informacji.

Z tego względu korzystniejsze jest stosowanie układów pamięciowych stałych lub półstałych, gdzie nie zachodzi potrzeba ponownego wpisywania informacji element po elemencie.

## Pamięci matrycowe

W CNET opracowano wiele układów pamięciowych o strukturze matrycowej. Działanie układów matrycowych polega na tym, że "zapytywane" są kolejno poszczególne wiersze



matrycy i w zależności od tego, czy na przecięciu tych wierszy z kolumnami zapisany jest element informacji, na odpowiednich przewodach pionowych pojawia się sygnał lub też brak jest tego sygnału.

Do budowy matrycy mogą być użyte różne rodzaje elementów pamięciowych (oporowe, indukcyjne, pojemnościowe). Można np. zastosować rdzenie magnetyczne spełniające role transformatorów sprzęgających wiersze z kolumnami. Jeśli "zapytywany" przewód wierszowy przechodzi przez środek danego rdzenia, to na przewodzie "kolumnowym", który zawsze przechodzi przez rdzeń, pojawia się sygnał ("1"). W przeciwnym przypadku na przewodzie "kolumnowym" nie pojawia się żaden sygnał ("0").

Do budowy matryc stosowano również z powodzeniem jako elementy sprzęgające oporniki, kondensatory i wreszcie diody półprzewodnikowe. Wybór tego czy innego elementu zależy od pojemności pamięci oraz od kosztów urządzenia.

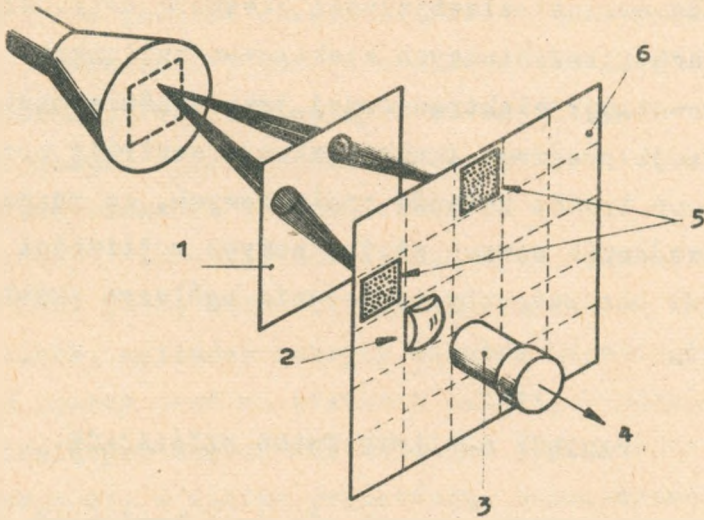
W każdym razie wszystkie tego typu pamięci posiadają tę pożądaną cechę, że przypadkowy błąd w odczycie danej informacji nie powoduje powtarzania się tego błędu w następnych odczytach, tzn. nie ma ryzyka powstawania błędów systematycznych. Wreszcie należy zauważyć, że pamięci stałe są na ogół tańsze niż pamięci chwilowe o tej samej pojemności i tej samej szybkości działania.



## Pamięć fotograficzna z ruchomym promieniem elektronowym

Ten rodzaj pamięci stałej wykorzystuje dla odczytu informacji lampę oscyloskopową z ruchomym promieniem. W prototypie opracowanym w CNET (rys. 6) informacja zapisywana jest w postaci zaciemnionych punktów na kliszach fotograficznych. Każdy punkt kliszy może być przeanalizowany i "zczytany" za pomocą punktowego źródła światła wytworzonego przez skupienie w obiektywie strumienia elektronowego wytworzonego przez lampę katodową. Kondensator optyczny umieszczony za kliszą zbiera światło przepuszczane przez różne punkty kliszy, kierując je następnie do powielacza optycznego. Powielenie klisz fotograficznych wraz z układem optycznym w ilości np. 20 egzemplarzy pozwala na dopasowanie się do każdej z możliwych pozycji promienia elektronowego na ekranie lampy katodowej. W przypadku układu 128x128 liczba tych pozycji wynosi 16384, co odpowiada liczbie informacji binarnych, które mogą być następnie wykorzystane przez zespoły sterujące centrali telefonicznej.

Oczywiście w tym przypadku, podobnie jak w omawianym już poprzednio przykładzie pamięci chwilowej z lampą elektrostatyczną istnieje podstawowy problem stabilności układu, wynikający z konieczności bardzo dokładnego odchylenia promienia elektronowego lampy katodowej. Praktycznie uzyskuje się to stosując 12 dodatkowych klisz, które pozwalają na rozpoznanie rzeczywistego położenia promienia elektronowego. Położenie to porównuje się na-



Rys. 6. Zasada działania pamięci fotograficznej z promieniem elektronowym  
 1 - płytka z obiektywami, 2 - kondensator, 3 - komórka fotoelektryczna,  
 4 - do wzmacniacza odczytowego, 5 - klisze fotograficzne, 6 - płytka z  
 kliszami fotograficznymi, 7 - pamięć fotograficzna z lampą katodową

stępnie z położeniem żądanym i na tej podstawie określa się amplitudę przemieszczenia promienia elektronowego niezbędną do osiągnięcia wybranej pozycji promienia.

Ten dodatkowy zabieg gwarantuje bardzo dobrą stabilność pamięci. Charakterystyczną cechą tego typu pamięci jest jej szybkość działania: dla otrzymania jednej informacji potrzeba niespełna 3 mikrosekund. Ponadto całe urządzenie ma dosyć zwartą budowę. Podstawową niedogodnością urządzenia - podobnie, jak w przypadku pamięci chwilowej z lampą elektrostatyczną, jest trudność transzystoryzacji układów.

Zmiana treści informacji zapisanej w pamięci fotograficznej odbywa się przez wymianę klisz fotograficznych.

Zabieg ten nie jest tak prosty, ale w każdym razie możliwość taka wnosi elastyczność nieznaną dotychczas w centralach telefonicznych elektromechanicznych. Jedną z zalet komutacji elektronicznej jest właśnie możliwość modyfikacji programu funkcjonalnego centrali przez prostą zmianę treści układów pamięciowych, co pozwala np. na wprowadzenie nowych służb, nowych możliwości połączeń itd. bez potrzeby naruszania ogólnego okablowania centrali.

#### PAMIĘCI CHWILOWE WOLNO DZIAŁAJĄCE

W pewnych zastosowaniach nie jest konieczne otrzymywanie informacji bardzo szybko, natomiast pożądane jest, żeby odczyt informacji był niezawodny i nie powodował jej kasowania, a ponadto, żeby cena jednostkowa przypadająca na jeden element binarny była możliwie niska przy jednoczesnej możliwości zmiany zawartej w pamięci treści metodami elektrycznymi.

W centrali elektronicznej są również operacje, które nie wymagają bardzo krótkiego czasu działania. W związku z tym interesujące są takie układy pamięciowe, w których informacje otrzymuje się po czasie rzędu kilku milisekund, jak np. bębny magnetyczne. W tego rodzaju pamięci można np. zarejestrować funkcje zależności pomiędzy położeniem geograficznym abonenta w centrali a jego numerem z książki telefonicznej. Bęben magnetyczny może również posłużyć do zapisu numeru taryfy, wg której ma być abonentowi zaliczana rozmowa. Również klasyczne licz-



niki elektromagnetyczne mogą być zastąpione jednym organem, którego pewność działania musi być oczywiście bardzo duża. I wreszcie istnieje możliwość zdalnego przesyłania informacji taryfikacyjnych do wspólnego urządzenia drukującego, sporządzającego bez pośrednictwa ludzkiego gotowe rachunki telefoniczne.

Podstawowym elementem doświadczalnych bębnow magnetycznych CNET jest, podobnie jak we wszystkich tego typu pamięciach, cylinder pokryty warstwą magnetyczną, której skład oparty jest na tlenkach metali. W odległości kilku dziesiątych części milimetra od powierzchni bębna, obracającego się z wielką prędkością, umieszczone są głowice zapisujące i odczytujące analogiczne jak w normalnych magnetofonach. W celu zarejestrowania na bębnie odpowiedniej informacji przykładą się do jednej z głowic prąd powodujący nasycenie nośnika magnetycznego w jednym lub drugim kierunku. Przy odczytywaniu informacji wykorzystuje się zmiany strumienia magnetycznego wzbudzone w głowicy przez odpowiednio namagnesowaną warstwę magnetyczną bębna.

System pamięci z bębnem magnetycznym posiada dwie bardzo interesujące właściwości: odczytywanie informacji odbywa się bez jej kasowania i pojemność pamięci może być bardzo znaczna (rzędu miliona elementów binarnych). Czas dostępu do informacji jest oczywiście stosunkowo duży, gdyż na dokonanie zapisu czy odczytu pojedynczej informacji trzeba czekać średnio pół obrotu bębna (tzn. kilka milisekund).

Jeszcze wolniejsza jest pamięć z taśmą magnetyczną,



której zasada działania jest zbliżona do zasady działania bębna magnetycznego, a jedynie inny jest nośnik informacji. Zamiast cylindra magnetycznego mamy tu do czynienia z taśmą poliestrową pokrytą warstwą tlenków magnetycznych, która za pośrednictwem odpowiedniego mechanizmu napędowego może być dowolnie nawijana i odwijana.

Pomimo powolnego działania tego rodzaju pamięci znajdują one również zastosowanie w telefonii. W prowadzonych aktualnie w CNET studiach przewiduje się wykorzystanie pamięci z taśmą magnetyczną do kontroli obwodów zaliczania, do nadzoru pracy centrali oraz do indywidualnej kontroli łączy abonentów, którzy żądają dokładnych informacji o dokonywanych przez nich połączeniach telefonicznych.

#### WNIOSKI OGÓLNE DOTYCZĄCE ZAGADNIENIA PAMIĘCI

W poprzednich rozdziałach dokonaliśmy przeglądu pewnych opracowanych w CNET typów pamięci, w których wykorzystywano różne zasady techniczne. Jeśli dodamy, że w tej dziedzinie istnieje jeszcze szereg innych rozwiązań, jak również prowadzi się badania nad nowymi rozwiązaniami (pamięci na cienkich warstwach magnetycznych, pamięci wykorzystujące zjawisko elektroluminescencji czy fotoprzewodności itp.) to można być zdumionym, a nawet nieco zaniepokojonym tą mnogością metod i urządzeń stojących do dyspozycji techników opracowujących systemy pamięciowe.

Należy podkreślić, że zagadnienie pamięci elektronicz-

nych wraz z zagadnieniem komutacji elektronicznej warunkuje przyszły rozwój komutacji elektronicznej, gdyż w obu tych przypadkach należy dokonać wyboru i szczegółowo opracować urządzenia, które nie tylko muszą się odznaczać wysokimi walorami technicznymi, ale jednocześnie ich koszt musi być dostatecznie niski. Z tego też względu CNET prowadzi prace w obu wyżej wymienionych dziedzinach, analizując w maksymalnym stopniu wszelkie możliwe rozwiązania zarówno z punktu widzenia technicznego i pewności działania, jak i z punktu widzenia ekonomicznego.

Jeśli chodzi o układy pamięciowe, to dla określenia ogólnego kierunku prac rozwojowych CNET należy wskazać na przewagę techniczną (przy mniej więcej jednakowych kosztach) rozwiązania szybko działającej pamięci matrycowej nad innymi rozwiązaniami, a w szczególności nad rozwiązaniami opartymi na wybieraniu elementów pamięci przez promień elektronowy, które wymagają stosowania specjalnych lamp oraz napięć zasilających, nie pozwalających na wszechstronne stosowanie elementów półprzewodnikowych.

Wreszcie należy podkreślić, że ze względu na jednostkowy koszt elementu pamięci w szybko działających układach matrycowych nie można jeszcze obecnie przesądzić o możliwości wyeliminowania, w przypadku pamięci o bardzo dużej pojemności, systemów pamięciowych z nośnikiem magnetycznym i ruchem mechanicznym (bęben magnetyczny, taśma magnetyczna), które są już szeroko stosowane w dużych elektronicznych maszynach matematycznych. Z tego też

powodu należy liczyć się z możliwością stosowania tego typu urządzeń, przynajmniej w najbliższej przyszłości, o ile nie uda się otrzymać zadowalających technicznie i ekonomicznie rozwiązań całkowicie statycznych, co jest obecnie przedmiotem badań CNET.

### LOGICZNE UKŁADY STERUJĄCE

Same komutacyjne elementy elektroniczne i urządzenia pamięciowe nie wystarczają do stworzenia systemu komutacji elektronicznej. Potrzebny jest jeszcze cały zespół obwodów elektrycznych, odpowiedzialnych za realizację połączeń pomiędzy poszczególnymi organami systemu, wykrywanie i odbieranie informacji, przesyłanie różnych rozkazów itp. Funkcje te spełniane są przez urządzenia, które zwykle się nazywać "obwodami logicznymi". W systemach elektromechanicznych operacje te realizowane są za pośrednictwem zestyków przekaźnikowych. Każdy układ komutacyjny, nawet najbardziej skomplikowany może być zrealizowany za pomocą tylko dwóch funkcji: zestyku "rozwiernego" i "zwiernego".

Analogiczne zagadnienie występuje w elektronice, gdzie również buduje się nawet bardzo skomplikowane struktury przy użyciu bardzo ograniczonej liczby obwodów (układów), z których każdy realizuje tylko jedną prostą funkcję elementarną. Te proste funkcje logiczne mogą być np. typu "I", "LUB" oraz "NIE", których znaczenie jest następujące:

- funkcja "I": jeśli A i B, to C (w postaci symbolicznej funkcję tę zapisuje się następująco:  $A \cdot B = C$ ) ;
- funkcja "LUB": jeśli A lub B, to C; w rzeczywistości rozróżnia się rozumianą jak wyżej funkcję "LUB wyłączone" ( $A + B = C$ ) oraz funkcję "LUB włączne" oznaczającą: jeśli A lub B, lub A i B, to C ( $A + B = C$ ) ;
- funkcja "NIE": jeśli nie A, to B (zapis symboliczny tej funkcji brzmi:  $\bar{A} = B$ ).

Okazuje się, że najbardziej skomplikowane funkcje logiczne mogą być realizowane za pomocą jednej podstawowej funkcji o wyrażeniu np. następującym:

jeśli A i B, to nie C ( $\overline{A \cdot B} = C$ ), albo

jeśli A lub B, to nie C ( $\overline{A + B} = C$ ).

Dla realizacji tych funkcji logicznych mogą być stosowane liczne układy. W praktyce rozróżnia się następujące 3 wielkie kategorie obwodów logicznych:

a) obwody z zastosowaniem wyłącznie elementów półprzewodnikowych (diod i tranzystorów),

b) obwody z zastosowaniem wyłącznie elementów magnetycznych,

c) obwody mieszane z jednoczesnym zastosowaniem elementów półprzewodnikowych i magnetycznych.

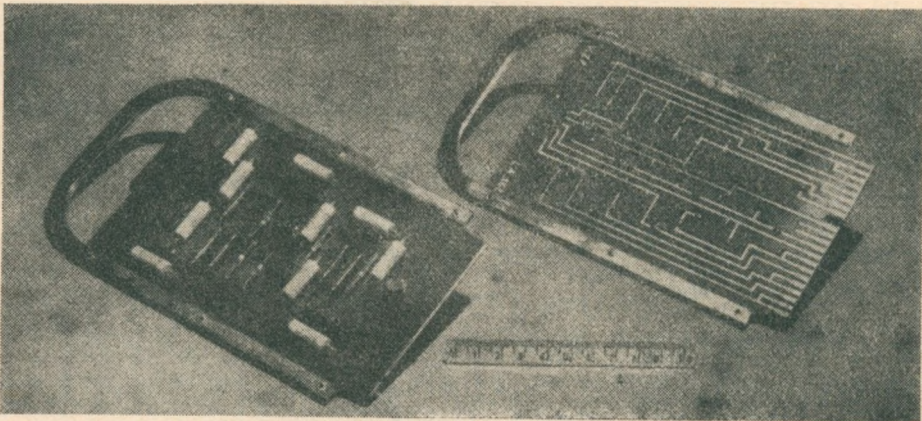
CNET zajmował się zasadniczo obwodami tej pierwszej kategorii, ale obecnie są również w toku badania nad obwodami drugiej kategorii (specjalne elementy magnetycz-



ne pozwalające realizować podstawowe funkcje elementarne za pomocą odpowiedniej kombinacji strumieni magnetycznych).

Nie wnikając w bliższe szczegóły, zaznaczymy tylko jeszcze, że CNET wykonał elektroniczną maszynę matematyczną (ANTINEA) przeznaczoną w szczególności do sterowania i kontroli elektronicznych systemów komutacyjnych wielkiej pojemności. Wszystkie obwody logiczne tej maszyny zbudowane są z elementów półprzewodnikowych; w sumie maszyna zawiera ok. 5000 tranzystorów i 12000 diod. Bliższe szczegóły dotyczące tej maszyny podane są w następnym rozdziale. Rys. 7 pokazuje przykład obwodów logicznych wykonanych w formie płytek drukowanych.

W ramach prac rozwojowych w zakresie obwodów logicznych przewiduje się m.in. opracowanie prostego podstawowego układu, który pozwoliłby na daleko posuniętą unifikację struktur logicznych, a jednocześnie uprościł-



Rys. 7. Przykład obwodu logicznego wykonanego w formie płytki drukowanej

by znacznie zagadnienie związane z seryjną produkcją tych urządzeń. Taki podstawowy obwód składałby się z następujących elementów:

- 1 tranzystora,
- 2 lub 3 diod,
- 3 oporników,
- 1 kondensatora,
- 2 stałych napięć zasilających (np. + 6 V i - 6 V).

Układ ten reprezentuje funkcję "LUB" - NIE" ( $C = \overline{A+B}$ ) i przy użyciu normalnego tranzystora (o częstotliwości granicznej ok. 5 MHz) pracuje zadowalająco z szybkością rzędu jednej mikrosekundy.

W zakresie badań perspektywicznych CNET jest w trakcie opracowywania układów logicznych o bardzo dużej szybkości działania przeznaczonych do specjalnych zastosowań w technice maszyn matematycznych lub ultraszybkiej komutacji. Te nowe rodzaje obwodów będą mogły pracować z szybkością rzędu dwóch do trzech dziesiątych części mikrosekundy.

#### PRZYKŁADY URZĄDZEŃ DOŚWIADCZALNYCH OPRACOWANYCH W CNET

Przed przystąpieniem do realizacji elektronicznego systemu komutacyjnego o dużej pojemności (rzędu wielotyśięcy łączy donenckich) niezbędne jest opracowanie podstawowych układów elektronicznych oraz laboratoryjne zbadanie mniejszych systemów. Poniżej podanych zostanie kil-

ka przykładów tego rodzaju urządzeń doświadczalnych opracowanych w CNET.

### ELEKTRONICZNY APARAT TELEFONICZNY

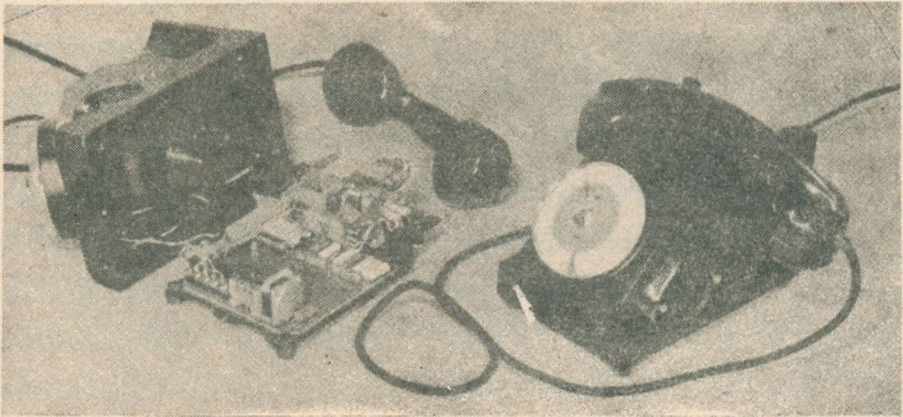
Klasyczny aparat telefoniczny z dzwonkiem elektromechanicznym wymagającym znacznej mocy prądu dzwonienia nie nadaje się dobrze do współpracy z centralami całkowicie elektronicznymi. Badania nad nowymi typami aparatów prowadzone są w laboratoriach wielu krajów. Również CNET próbował rozwiązać to zagadnienie opracowując szereg doświadczalnych aparatów telefonicznych z "dzwonieniem elektronicznym".

W aparatach tych klasyczny dzwonek z młoteczką uderzającą w czaszę zastąpiony został przez rodzaj małego głośnika, który może być wmontowany do aparatu i który w chwili wywołania wysyła sygnał o częstotliwości tonowej zapewniający dostatecznie wysoki poziom akustyczny.

Sygnał ten składa się z fali sinusoidalnej o częstotliwości, np. 800 lub 1000 Hz, modulowanej sygnałem o niskiej częstotliwości i wysyłanej w rytmie ok. 2 sek dla lepszego zwrócenia uwagi abonenta. Bardzo skuteczny sygnał akustyczny otrzymuje się tu pomimo niskiego poziomu sygnału na zaciskach aparatu, wynoszącego zaledwie dziesiątą część miliwata w porównaniu z jednym watem w obecnych aparatach telefonicznych. Poziom akustyczny sygnał dzwonienia nie zależy od długości łącza abonenta, ale może być regulowany przez samego użytkownika, który w tym celu ma do dyspozycji odpowiednie pokrętło w aparacie.



Dla uzyskania dużej mocy akustycznej dzwonienia przy bardzo niskim poziomie wejściowym sygnału dzwonienia aparat wyposażony jest we wzmacniacz składający się z dwóch tranzystorów (rys. 8). Jeden z tych tranzystorów



Rys. 8. Aparat telefoniczny tranzystorowy, z elektronicznym układem dzwonienia

może być również wykorzystany, gdy zajęty jest mikrotelefon z widełek aparatu, do wzmacniania prądów mikrofonowych. W tym celu wystarczy dokonać odpowiedniego przełączenia obwodów za pomocą zestyków przełącznika widełkowego. W jednym z rozwiązań aparatów elektronicznych CNET możliwość ta została wykorzystana, przy czym okazało się, że dzięki zastosowaniu tranzystora do wzmacniania prądów mikrofonowych można uzyskać taką samą skuteczność na nadawanie przy prądzie zasilającym nie przekraczającym 10 mA, jak w układzie konwencjonalnym przy prądzie zasilającym wynoszącym prawie 50 mA.

Z innych prac prowadzonych nad modernizacją aparatów telefonicznych należy wymienić aparaty, w których za-

miast tarczy numerowej stosuje się specjalną klawiaturę wybierczą. Naciśnięcie odpowiedniego przycisku klawiatury powoduje wysłanie kombinacji częstotliwości charakterystycznej dla cyfry lub znaku umieszczonego na tym przycisku. Badania nad zastosowaniem klawiatury wybierczej w miejsce stosowanej dotychczas tarczy numerowej prowadzone są w dwóch aspektach, a mianowicie w aspekcie współpracy tego rodzaju aparatów z centralami elektromechanicznymi i elektronicznymi. W pierwszym przypadku zagadnienie sygnału dzwonienia w zasadzie nie występuje, natomiast w przypadku współpracy aparatu z centralą elektroniczną konieczna jest, jak już wiemy, zmiana układu dzwonienia w aparacie. Z tego też względu w aparatach tych muszą być przewidziane dwa urządzenia elektroniczne: jedno do generacji kodowych częstotliwości wybierczych i drugie do wzmacniania sygnałów prądu dzwonienia. Stan zaawansowania prac CNET w dziedzinie aparatów telefonicznych znajduje się jeszcze obecnie na etapie modeli laboratoryjnych, których celem było sprawdzenie ogólnych zasad rozwiązania elektrycznego. W najbliższym czasie przewiduje się opracowanie konstrukcji doświadczalnych prototypów, które zostaną następnie oddane do próbnej eksploatacji.

#### KONCENTRATOR ELEKTRONICZNY MAŁEJ POJEMNOŚCI

Koncentrator ten opracowany został przede wszystkim dla zbadania zachowania się urządzeń półprzewodnikowych w warunkach rzeczywistej eksploatacji oraz zagadnienia

współpracy systemu elektronicznego z systemem elektromechanicznym. Koncentrator posiada niewielką pojemność (10 łączy abonenckich + 2 łącza koncentratorowe) i przewidziany jest do współpracy z centralą telefoniczną systemu elektromechanicznego. Urządzenie składa się z dwóch części: części abonenckiej, spełniającej rolę właściwego "koncentratora", oraz części centralowej, której zadaniem jest "odtworzenie" indywidualnych cech łączy abonenckich i które można traktować jako "dekoncentrator".

Zastosowany w rozwiązaniu koncentratora system komutacji jest typu "przestrzennego". Jako elektronicznych elementów komutacyjnych użyto pracujących jako "zawory" diod krzemowych, sterowanych przerzutnikami spełniającymi jednocześnie rolę elementarnych pamięci. Ten rodzaj półprzewodnikowych elementów komutacyjnych, jedynie dostępny w czasie, gdy podejmowano opracowanie koncentratora, będzie mógł być w przyszłości zastąpiony elementem, który jednocześnie sam spełnia rolę elementarnej pamięci, jak np. dioda lub trioda typu PNP. Przesyłanie informacji niezbędnych do działania omawianego urządzenia (stan mikrotelefonu abonenta, wybieranie numeru, numer abonenta itp.) odbywa się za pomocą częstotliwości akustycznych. Działanie koncentratora zbadane zostało przy współpracy z centralą telefoniczną systemu R6.

#### ELEKTRONICZNE I POELEKTRONICZNE SIECI KOMUTACYJNE

Właściwe pojęcie "sieci komutacyjnej" można z grubsza rozumieć, jak to już wspominaliśmy wcześniej, jako



stopnie "koncentracji" oraz "mieszania" ruchu telefonicznego. Oba te zagadnienia były przedmiotem badań CNET.

### KONCENTRATORY ELEKTRONICZNE I PÓLELEKTRONICZNE

Opracowano dwa rozwiązania, z których jedno jest całkowicie elektroniczne, a drugie półelektroniczne zbudowane w oparciu o wybieraki krzyżowe.

Pojemność koncentratora elektronicznego (typu przestrzennego) wynosi ok. 60 łączy abonenckich i 10 łączy wyjściowych. Jako podstawowy element komutacyjny użyto diodę PNP. Wszelkie sterujące obwody logiczne zawierają wyłącznie elementy półprzewodnikowe, tak więc urządzenie jest całkowicie tranzystoryzowane i może być zasilane ze źródła niskiego napięcia.

Koncentrator ten sterowany jest za pomocą centralnego urządzenia sterującego i spełnia następujące funkcje:

- odebranie kryterium podniesienia mikrotelefonu przez abonenta wywołującego i identyfikacja tego abonenta;
- przekazanie do centrali za pośrednictwem kodu danych dotyczących abonenta wywołującego;
- odebranie z centrali informacji o wolnym łączy wyjściowym i połączenie wywołującego łączy abonenckiego z tym łączy wyjściowym. Wg innej wersji, szukanie i zajęcie wolnego łączy może być dokonywane przez sam koncentrator, ale wiąże się to z pewną rozbudową układów logicznych koncentratora;

- czynność realizacji połączenia, która może się jednocześnie wiązać z funkcją kontroli wykonania tego połączenia w celu poinformowania centrali o prawidłowej pracy koncentratora;
- odebranie z centrali przy końcu połączenia informacji dotyczącej numeru łącza wychodzącego, które należy rozłączyć oraz kryterium rozłączenia tego łącza;
- czynność rozłączenia (oraz ew. kontrola tego rozłączenia);
- w celu przyłączenia abonenta żądanego - przesłanie kodem z centrali w kierunku koncentratora danych dotyczących tego abonenta, jak również numeru łącza wyjściowego, które ma być użyte do połączenia;
- próba zestawienia połączenia, zgodnie z otrzymanymi informacjami i kontrola wykonania tego połączenia.

W przypadku opracowanych w CNET koncentratorów półelektronicznych funkcje wykonywane przez obwody logiczne układu sterującego są identyczne, a jedynym elementem elektromechanicznym jest wybierak krzyżowy tworzący matrycę komutacyjną.

Jeden z wykonanych w CNET koncentratorów półelektronicznych przewiduje możliwość przyłączenia 40 do 80 łączy abonenckich; w trakcie opracowywania natomiast znajduje się koncentrator dwustopniowy, posiadający większe praktyczne znaczenie, gdyż może obsługiwać kilkaset łączy abonenckich (200 do 400).

O ile rozwiązanie całkowicie elektroniczne koncentra-

tora jest bardziej zachęcające z punktu widzenia technicznego, to jednak należy stwierdzić, że rozwiązanie półelektroniczne jest w obecnym stanie techniki bardziej ekonomiczne. W szczególności należy tu podkreślić, że dysponując przekaźnikami, możemy realizować połączenia dwuprzewodowe w zasadzie równie dobrze jak połączenia jednoprzewodowe, czego nie można dotychczas powiedzieć, gdy stosuje się technikę elektroniczną realizacji połączeń.

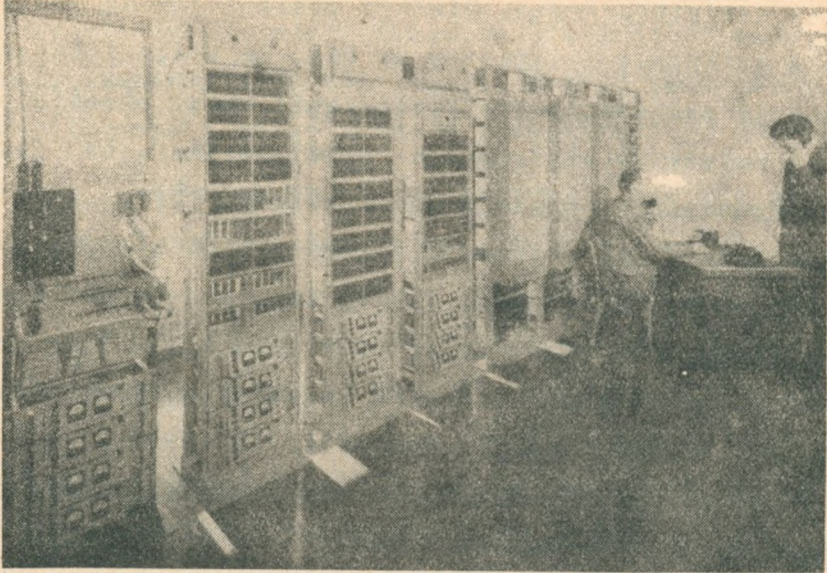
Z tego też powodu CNET prowadzi badania nad obydwu rodzajami koncentratorów z tym, że na najbliższą przyszłość wysiłki CNET skoncentrowane są na koncentratorach półelektronicznych.

#### ELEKTRONICZNE SIECI KOMUTACYJNE

Studia prowadzone przez CNET w zakresie sieci połączeniowych i sieci mieszających współpracujących ze stopniami koncentracyjnymi skłaniają raczej do rozwiązań całkowicie elektronicznych, co jest uzasadnione w szczególności dla systemów o dużej pojemności.

Jak wspomniano w poprzednich rozdziałach, podstawowym problemem jest tu właściwy wybór elementu komutacyjnego; wydaje się, że dla uzyskania możliwie niskiego kosztu urządzeń, funkcje komutacji i pamięci powinny być realizowane przez jeden element czy układ elektryczny. W opracowanym przez CNET doświadczalnym układzie sieci komutacyjnej dużej pojemności (rys. 9) jako element komutacyjny zastosowano diodę gazowaną (patrz rozdział pt. "Zagadnienie elektronicznych punktów komutacyjnych" na





Rys. 9. Elektroniczny układ komutacyjny z 6 stopniami komutacyjnymi, z zastosowaniem diod gazowanych jako elementów komutacyjnych

str. 6 ) - jedyny szybko działający element dostępny w czasie, gdy rozpoczynano opracowanie urządzenia; należy jednak zaznaczyć, że cała struktura logiczna tego urządzenia zaprojektowana została z myślą o zastąpieniu w przyszłości lamp gazowanych przez elementy półprzewodnikowe. W wykonanym modelu nie zastosowano żadnych lamp próżniowych czy gazowanych z wyjątkiem lamp pracujących w samych obwodach łączenia. Wszystkie obwody sterujące natomiast są zbudowane z elementów półprzewodnikowych (tranzystorów). Omawiany układ sieci komutacyjnej, przeznaczony dla systemów o wielkiej pojemności, posiada 6 stopni komutacyjnych (2 układy po 3 stopnie każdy).

W rozwiązaniu CNET, które jest oryginalne w porównaniu z podobnymi tego rodzaju rozwiązaniami zagraniczy-

mi, sieć komutacyjna otrzymuje instrukcje z centralnego organu sterującego. Sieć ta posiada jednak również pewną autonomię polegającą na tym, że o ile inicjatywa odnośnie połączenia czy rozłączenia dwóch określonych linii należy do centralnego "przelicznika", to jednak sieć komutacyjna posiada sama swobodę wyboru drogi połączeniowej, jak również możliwości kontroli prawidłowości swojego działania. Zaletą tego rodzaju koncepcji jest odciążenie centralnego przelicznika, którego zadaniem przy współpracy z siecią komutacyjną jest jedynie wymiana pewnej liczby informacji.

Wykonane w CNET urządzenie modelowe składa się z następujących dwóch dużych części:

a) właściwej sieci komutacyjnej zawierającej:

- sieć mieszającą z punktami komutacyjnymi i związanym z nimi wyposażeniem;
- organy połączeniowe, których zadaniem jest przyjmowanie informacji z samej sieci komutacyjnej (układy "próby" do sprawdzania stanu swobody łącza oraz układy "identyfikacji" wykorzystywane przy końcu połączenia dla wyznaczenia łącza, które ma być rozłączone);
- organy sterujące lub "rozdzielniki cechowania" umożliwiające zestawienie stopień po stopniu żądanej drogi połączeniowej.

Ten układ sieci nazywany jest układem z "cechowaniem stopniowym" w odróżnieniu od układów z "cecho-

waniem końcowym" lub "cechowaniem od końca", gdzie cechowanie odbywa się jedynie na obu końcach sieci; należy zaznaczyć, że ten ostatni system jest bardziej skomplikowany i mniej pewny w działaniu;

- b) układów logicznych sieci komutacyjnej. Jest to zespół klasycznych układów logicznych, który na podstawie otrzymanywanych z przelicznika rozkazów koordynuje działanie poszczególnych elementów sieci komutacyjnej i jest odpowiedzialny za wykonanie tych rozkazów (połączenie, rozłączenie, różnego rodzaju funkcje kontrolne) oraz za przyjmowanie i wysyłanie w kierunku przelicznika wszelkich potrzebnych informacji.

#### SZYBKO DZIAŁAJĄCA ELEKTRONICZNA MASZYNA MATEMATYCZNA (ANTINEA)<sup>x)</sup>

Dotychczas omówione przykłady prac prowadzonych przez CNET w zakresie komutacji elektronicznej dotyczyły części tych prac odnoszącej się do właściwej "komutacji". Pozostaje jednak jeszcze jeden ważny aspekt tego zagadnienia, a mianowicie problem urządzeń sterujących układami komutacyjnymi - tzw. "przeliczników elektronicznych".

Okazało się, że dla przeprowadzenia podjętych w CNET prac konieczne jest dysponowanie maszyną, która spełni-

---

<sup>x)</sup> Skrót ANTINEA pochodzi od pierwszych liter pełnej nazwy tej maszyny: Appareillage Numérique pour le Traitement des Information Numériques Et Analogiques.



łaby dwa zasadnicze zadania: umożliwiałyby symulowanie układów logicznych central telefonicznych dużej pojemności oraz badanie systematyczne różnych organów tych central, a jednocześnie była w stanie wykonywać obliczenia matematyczne i naukowe (jak np. danych statystycznych do obliczeń prawdopodobieństwa).

Produkcja oraz uruchomienie różnych zespołów elektronicznych dużej centrali elektronicznej wymaga jednoczesnego opracowania odpowiednich urządzeń badaniowych, które mogłyby symulować zachowanie się pozostałych podzespołów, współpracujących z zespołem badanym. Trudno sobie również wyobrazić rzeczywiście miarodajne badania np. takiego urządzenia jak pamięć posiadającą tysiące, a nawet miliony znaków binarnych, i pracującą z szybkością rzędu 200000 działań na sekundę, bez przygotowania odpowiedniego programu i automatyzacji badań. Te właśnie powody zrodziły koncepcję budowy maszyny matematycznej ANTINEA, która znacznie uprościła projektowanie tranzystorowych obwodów logicznych, badanie pewności ich działania oraz zachowanie się tych obwodów przy pracy ciągłej.

Jednocześnie spodziewamy się, że maszyna matematyczna ANTINEA ułatwi w przyszłości uruchomienie pierwszego systemu elektronicznego, wprawdzie o niewielkiej pojemności, ale posiadającego analogiczną strukturę, jak centrala elektroniczna dużej pojemności. Tak więc ANTINEA kontrolować będzie pracę poszczególnych grup prototypowych urządzeń centrali, takich jak sieci komutacyjne, układy koncentracyjne, układy pamięci, układy zalicza-

nia itp., spełniając rolę maszyny "pilotującej" funkcjonowanie centrali.

W celu spełnienia tych różnych funkcji konstrukcja maszyny matematycznej ANTINEA wzorowana była wprawdzie na rozwiązaniach dużych uniwersalnych maszyn cyfrowych, ale położono tu nacisk na pewne specjalne zadania maszyny związane z jej przeznaczeniem i wyróżniające ją od maszyn istniejących. Do tych cech wyróżniających można zaliczyć:

- szybkość działania,
- całkowitą tranzystoryzację wszystkich obwodów,
- bardzo wysoką pewność działania,
- bardzo liczne możliwości połączeń z zewnętrznymi zespołami elektronicznymi.

#### PODSTAWOWA CHARAKTERYSTYKA MASZINY MATEMATYCZNEJ ANTINEA

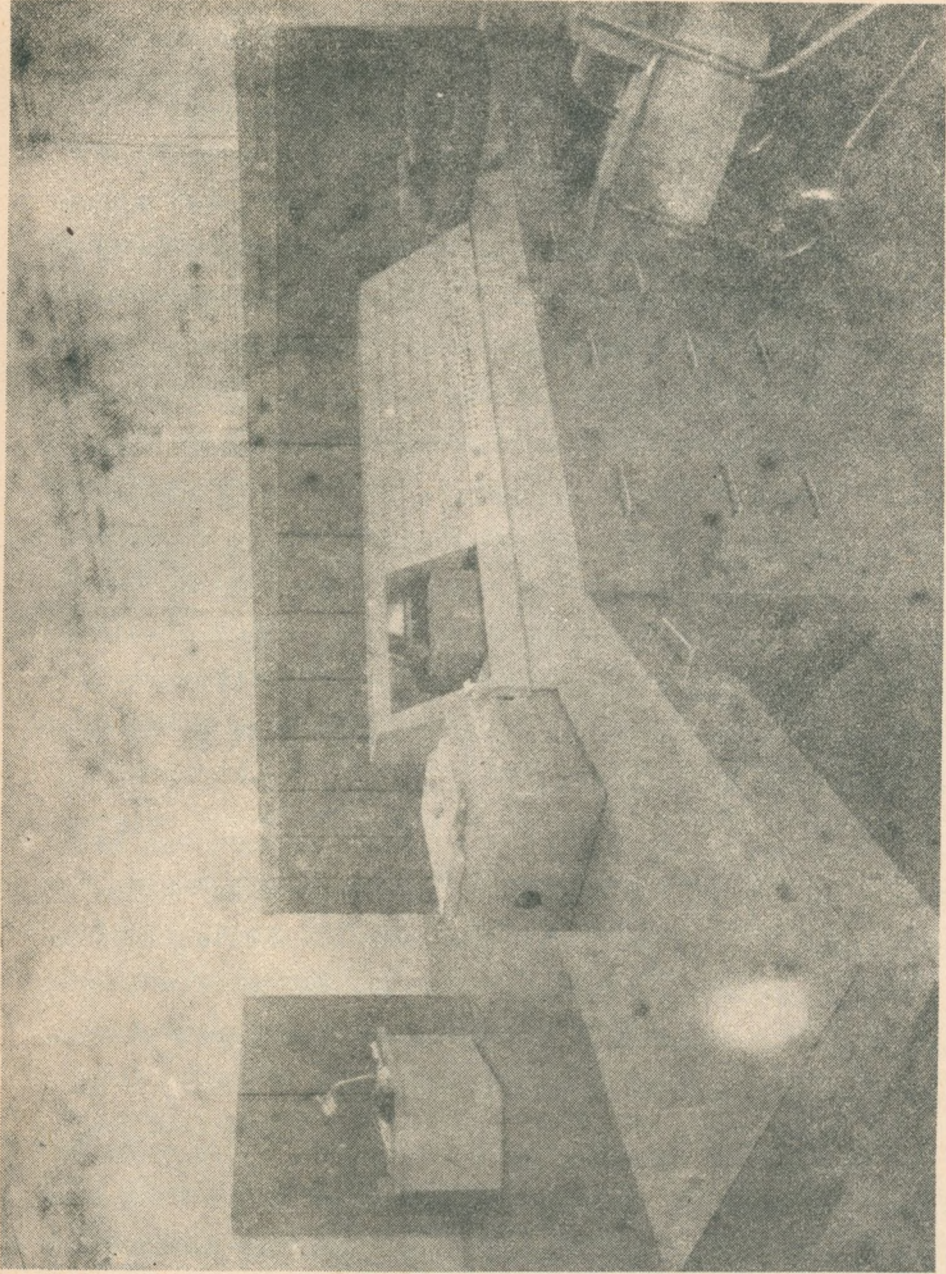
Struktura wewnętrzna maszyny ANTINEA wykorzystuje binarny system kodowania (słowa o 20 znakach binarnych), natomiast od strony zewnętrznej maszyna może pracować bardziej wygodnym dla operatorów systemem dziesiętnym. Programy mogą być budowane z 26 podstawowych rozkazów, przy czym czas realizacji rozkazów zawartych w jednej "pamięci chwilowej" nie przekracza w większości przypadków 10 mikrosekund (np. w przypadku dodawania). Pewne rozkazy, jak np. rozkaz zliczania, mogą być realizowane z szybkością 400000 działań na sekundę (czas elementarny wynosi wówczas 2,5 mikrosekundy). Istnieją jednak rów-

niez rozkazy znacznie powolniejsze - tam gdzie wchodzi w grę elektromechaniczne zespoły wejściowe i wyjściowe maszyny, niezdolne do tak szybkiego działania jak zespoły elektroniczne. Układ programowania dysponuje 4096 "komórkami" pamięci bezpośredniej, po 20 znaków binarnych każda. ANTINEA wyposażona została w cały szereg doświadczalnych układów pamięciowych szybkich, jak: pamięć chwilowa na rdzeniach ferrytowych, pamięć chwilowa na płytkach ferrytowych wielootworowych, pamięć diodowa stała, pamięć stała na przewodowanych rdzeniach ferrytowych. Czas dostępu informacji we wszystkich wymienionych wyżej typach pamięci nie przekracza 5 mikrosekund. Przewidziana jest również możliwość dołączania do maszyny pamięci zewnętrznych o dostępie pośrednim (w szczególności - możliwość przyłączenia bębna magnetycznego).

Maszyna matematyczna ANTINEA (rys. 10) jest całkowicie wyposażona w elementy półprzewodnikowe, których liczba, jak to już wspomnieliśmy wcześniej, wynosi ok. 5000 tranzystorów i 12000 diod. Układy logiczne zmontowane są na wymiennych płytkach drukowanych, których cała maszyna zawiera ok. 1200. Cały sprzęt rozmieszczony jest w 11 szafach i 1 pulpicie sterującym, na którym znajdują się wszelkie elementy niezbędne do kontroli działania maszyny, jak również urządzenia wejściowe i wyjściowe (czytnik taśmy perforowanej, dziurkarki oraz szybko działająca drukarka).

Energia elektryczna dostarczana jest do maszyny ze stabilizowanego tranzystorowo zasilacza przyłączanego do





Rys. 10. Ultraszybka maszyna matematyczna ANTINEA

sieci energetycznej prądu zmiennego lub w razie potrzeby do baterii akumulatorów.

## DOSWIADCZALNA CENTRALA ELEKTRONICZNA DUŻEJ POJEMNOŚCI

Zaawansowanie prac w zakresie "podstawowych układów" oraz pierwszych ważniejszych "zespołów funkcjonalnych" pozwoliło CNET na przygotowanie, przy współpracy Generalnej Dyrekcji Telekomunikacji (Direction Générale des Télécommunications) oraz służb eksploatacyjnych Administracji Poczty i Telekomunikacji, projektu rzeczywistej elektronicznej centrali telefonicznej, która ma wejść do próbnej eksploatacji w przyszłym roku. Projektowana centrala ma posiadać pojemność 4000 NN, a jej wyposażenie można podzielić na następujące 4 zasadnicze grupy urządzeń, wymienione w kolejności od aparatu do centralnych zespołów sterujących:

a. Aparaty telefoniczne (z tarczą numerową lub klawiaturą wybierczą) wyposażone w elektroniczny układ "dzwonienia". Zalecane jest również stworzenie możliwości wykorzystywania klasycznych aparatów telefonicznych (możliwość taka istnieje w przypadku stosowania koncentratorów półelektronicznych).

b. Wydzielone stopnie koncentracyjne, które mogą być zainstalowane w pewnej odległości od centrali i są sterowane przez centralny zespół sterujący tej centrali. W obecnym wykonaniu koncentratory te są typu półelektronicznego i, jak to już wspomniano wcześniej, przewiduje



się 2 wersje: jedną o pojemności średniej (40 do 80 łączy abonenckich) i drugą o pojemności większej (200 do 400 łączy).

c. "Zespoły funkcjonalne", z których najważniejszym będzie "stopień mieszający", który z jednej strony będzie miał przyłączone za pośrednictwem koncentratora łącza abonenckie, a z drugiej strony będzie przyłączone bezpośrednio do łączy "wychodzących" lub "przychodzących" (łącza międzymiastowe, łącza pośredniczące do central innych systemów elektromagnetycznych i elektronicznych).

Z innych ważniejszych zespołów funkcjonalnych należy wymienić:

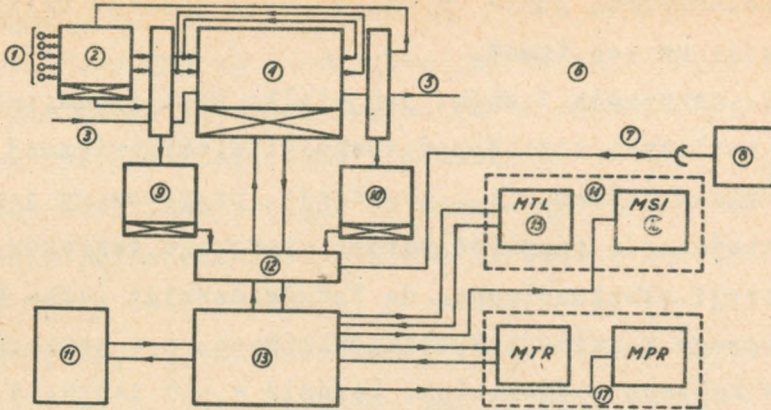
- "Układ próbny" stanowiący zespół wejściowy, którego zadaniem jest przyjmowanie informacji o stanie łączy (wywołanie, dzwonienie, wybieranie numeru, odbieranie sygnałów pochodzących od koncentratorów itp.);
- "Rozdzielnik sygnałów" stanowiący zespół wyjściowy, którego rola polega na wysyłaniu sygnałów sterujących i informacyjnych zarówno do organów samego systemu elektronicznego (np. do koncentratorów), jak i do różnych systemów czy łączy przyłączonych do centrali elektronicznej;
- pamięci o dużej pojemności, ale o czasie dostępu informacji stosunkowo długim, przeznaczone do magazynowania informacji niezbędnych do wykonywania funkcji "tłumaczenia" oraz dla programu automatycznych badań;



- pamięci oraz zespoły wykorzystywane dla różnych innych celów, jak taryfikacja itp. (ogólna pamięć dla celów zaliczania, pamięć do magazynowania informacji o charakterze ogólnym).

d. Centralny przelicznik zawierający układy logiczne sterowania całej centrali oraz związane z nimi pamięci szybkie: chwilowe i stałe, w których zarejestrowany będzie program przelicznika. Rozwiązanie przelicznika jest dość elastyczne, gdyż może on zgodnie z zarejestrowanym programem obsługiwać pewną liczbę dodatkowych zespołów o charakterze "półautonomicznym", przy czym połączenie między tymi zespołami a przelicznikiem odbywa się w prosty sposób za pośrednictwem specjalnych rejestrów (registre de transfert),

Zasady organizacji systemu elektronicznego podane w dużym skrócie powyżej oraz zilustrowane graficznie na rys. 11 odnoszą się do systemów o dużej pojemności, natomiast dla central elektronicznych mniejszych byłyby one prawdopodobnie mniej przydatne. Można stwierdzić ogólnie, że struktura centrali elektronicznej będzie niewątpliwie dość znacznie zależna od jej pojemności. Nie będzie można np. traktować w sposób identyczny centrali elektronicznej o pojemności 500 NN i 5000 NN. Fakt ten może stwarzać problemy przy wyborze koncepcji rozwiązania, jeśli uwzględni się pojemność początkową i końcową centrali - zmuszając konstruktorów do przyjęcia rozwiązania kompromisowego.



Rys. 11. Schemat blokowy ilustrujący zasady działania doświadczalnej centrali elektronicznej

1 - aparaty telefoniczne, 2 - wydzielony stopień koncentracyjny, 3 - łącze wchodzące, 4 - układ komutacyjny, 5 - łącze wychodzące, 6 - projekt doświadczalnej centrali elektronicznej, 7 - zdalne przekazywanie informacji taryfikacyjnych, 8 - centrum obliczeniowe, 9 - układ próby, 10 - rozdzielnik, 11 - programy badań konserwacyjnych - kontrola - sygnalizacja, 12 - rejestry, 13 - centralny przelicznik, 14 - pamięci układów tłumaczenia i taryfikacji, 15 - zaliczanie wielokrotne, 16 - nadzór łączy; specjalne wyjścia taryfowe, 17 - pamięci układów przeliczania

☒ zespół funkcjonalny o układach logicznych półautonomicznych

MTL - pamięć chwilowa wolnodziałająca

MSI - pamięć magazynów informacji

MTR - pamięć chwilowa szybka

MPR - pamięć stała szybka /program/

## ZASTOSOWANIA SPECJALNE KOMUTACJI ELEKTRONICZNEJ

W dotychczasowych rozważaniach omawiane były zastosowania elektroniki w zakresie komutacji telefonicznej, rozumianej we właściwym tego słowa znaczeniu. Dla uzupełnienia należałoby jeszcze wspomnieć o zastosowaniu elektroniki w dziedzinie aparatów telegraficznych; zadowolimy się jednak odesłaniem czytelnika do tych rozdziałów niniejszego opracowania, które dotyczą zagadnie-

nia telegrafii, gdzie będzie on mógł znaleźć bliższe informacje na ten temat.

Dla wskazania jednak, jak wielka jest różnorodność różnych możliwych zastosowań techniki elektronicznej w dziedzinie informacji i komutacji, przytoczymy jeszcze na zakończenie przykład bardzo ciekawego zastosowania komutacji elektronicznej do "zagęszczania" ruchu telefonicznego w relacjach dalekosiężnych, a w szczególności w kablach podmorskich. Badania w tym zakresie powierzono Wydziałom Teletransmisji i Maszyn Elektronicznych CNET (Départements Transmission et Machines Electroniques). Podamy tu tylko krótką charakterystykę układu logicznego oraz części komutacyjnej systemu (opracowanych przez Wydział Maszyn Elektronicznych).

Idea wykorzystania właściwości statystycznych mowy ludzkiej dla koncentracji ("zagęszczenia") ruchu telefonicznego nie jest nowa, ale praktyczne jej wprowadzenie w życie nie było możliwe aż do czasu osiągnięcia odpowiedniego poziomu rozwoju elektroniki, a w szczególności elementów półprzewodnikowych.

W normalnym ruchu telefonicznym każde łącze telefoniczne wyznaczone dla określonego połączenia traktowane jest jako zajęte przez cały czas trwania rozmowy. W rzeczywistości jednak w czasie rozmowy istnieją okresy ciszy i to zarówno w odniesieniu do każdego z rozmówców indywidualnie, jak i do obu razem.

W tych okresach ciszy łącze telefoniczne łączące obu abonentów nie jest wykorzystywane i średnia wydajność łącza jest mniejsza od możliwie największej. Jeśli mamy



do czynienia z połączeniami, w których obwody telefoniczne są b. drogie, jak to ma miejsce np. w przypadku kabli podmorskich, to warto pokusić się o pełniejsze wykorzystanie tych obwodów.

Podstawowa idea polegać tu będzie na dążeniu do zastawienia pełnej liczby połączeń za pomocą mniejszej liczby łączy (np. mniejszej o połowę). Cel ten można osiągnąć przez wyposażenie danej wiązki łączy po jednej stronie w układ koncentracji, zaś po drugiej stronie - w układ dekoncentracji ruchu telefonicznego.

Rola tych dwóch zespołów polega na tworzeniu połączenia między danymi dwoma abonentami za pośrednictwem tylko jednego kanału transmisyjnego i w ściśle określonym momencie, a mianowicie, gdy jeden z abonentów zaczyna mówić.

Gdy następuje przerwa między dwoma kolejnymi wyrazami w zdaniu, wówczas połączenie między tymi abonentami zostaje przerwane, a dany kanał transmisyjny zostaje oddany do dyspozycji ewentualnych innych dwóch abonentów. Z chwilą podjęcia na nowo rozmowy przez pierwszych abonentów, zostaje im ponownie przydzielony kanał transmisyjny (zresztą nie koniecznie ten sam) itd. W ten sposób poszczególne kanały z całej wiązki przydzielone są tylko tym abonentom, którzy w danej chwili rzeczywiście mówią, a dzięki statystycznemu rozkładowi tych rozmów przy większej ich liczbie istnieje możliwość obsługi znacznie większej liczby abonentów niż wynikałoby to z rzeczywistej liczby kanałów.

W celu ilościowej oceny zwiększenia pojemności wiązki łączy eksploatowanych w wyżej wymieniony sposób należy zauważyć, że w kablach dalekosiężnych stosowane są łącza dwutorowe, tzn. składające się z dwóch oddzielnych torów transmisyjnych dla każdego z dwóch kierunków transmisji (sygnały rozmówne biegną zatem w obu kierunkach transmisji po dwóch różnych torach).

Tak więc średnie wykorzystanie takiego toru jednokierunkowego nie przekracza statystycznie 50%, a jeśli w dodatku uwzględni się okresy ciszy w rozmowie obu abonentów, to rzeczywiste wykorzystanie kanałów transmisyjnych wyniesie zaledwie 35% do 40%. Z tego wynika, że stosując omawianą tu technikę systematycznego wykorzystywania okresów ciszy na poszczególnych kanałach transmisyjnych można się liczyć z możliwością podwojenia przepustowości ruchowej danej wiązki łączy.

Praktyczna realizacja tego rozwiązania wymaga oczywiście bardzo szybkiego działania wszelkich niezbędnych przebiegów komutacyjnych, co z góry przesądza o zastosowaniu do tego celu techniki komutacji elektronicznej. Opracowanie wykonane w CNET otrzymało nazwę CELTIC, pochodzącą od pierwszych liter pełnego określenia urządzenia (Concentrateur Electronique utilisant Les Temps d'Inoccupation des Circuits)<sup>x)</sup>. W urządzeniu tym, jak to widać na rys. 12, mamy do czynienia z układem "koncentra-

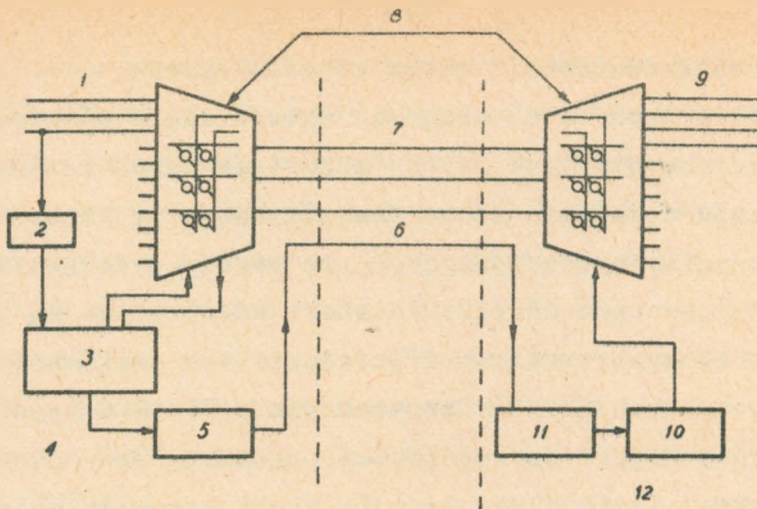
---

<sup>x)</sup> Angielski skrót analogicznego urządzenia stosowanego na kablu transoceanicznym brzmi: TASI (Time Assiquement Speech Interpolation) (przyp. tłum.).

cji"i "dekoncentracji" ruchu telefonicznego.

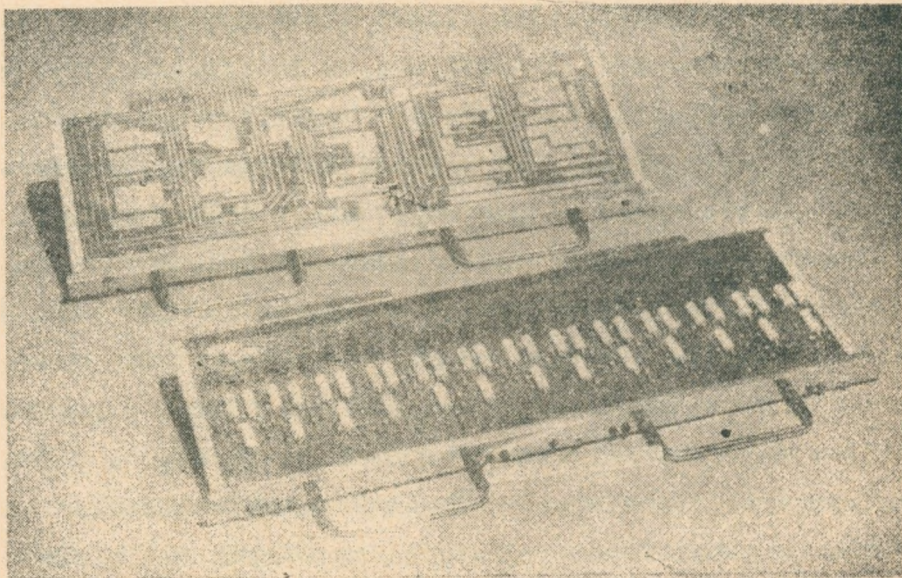
Każde z tych dwóch urządzeń składa się z elektronicznej sieci komutacyjnej typu "przestrzennego" zdolnej do połączenia dowolnego łącza "zewnętrznego" z każdym kanałem transmisyjnym znajdującym się między urządzeniami końcowymi systemu CELTIC. Te sieci komutacyjne są całkowicie stranzystoryzowane i działanie ich jest analogiczne do podobnych układów stosowanych ogólnie w komutacji elektronicznej. W szczególności posiadają one "pamięć" swego stanu logicznego. Ponadto sieci komutacyjne systemu CELTIC opracowane zostały pod kątem współpracy tego systemu z wyposażeniem teletransmisyjnym łączności dalekosiężnej, co wymagało spełnienia szeregu wymagań analogicznych do wymagań stawianych sieci łączy dalekosiężnych (znaczna tłumienność przesłuchu pomiędzy łączami, małe zniekształcenia, brak szumów komutacyjnych). Należy również zaznaczyć, że zastosowano tu specjalny typ elementów komutacyjnych, bardziej skomplikowany od omawianych w poprzednich rozdziałach. Znaczna liczba przebiegów komutacyjnych odbywających się w czasie trwania połączenia (co wynika z natury systemu) zmusza również do podjęcia specjalnych środków mających na celu stłumienie tzw. "szumów komutacyjnych". Wreszcie należy również wspomnieć o wprowadzeniu w urządzeniach CELTIC elementu komutacyjnego "symetrycznego" składającego się z dwóch symetrycznych tranzystorów. Funkcja pamięci przeniesiona została do oddzielnych rejestrów, wspólnych dla wielu punktów komutacyjnych i sterujących "zatykaniem" i "otwieraniem" tranzystorów komutacyjnych.





Rys. 12. Zasada działania elektronicznego koncentratora ruchu telefonicznego /system CELTIC/

1 - 60 łączy wchodzących, 2 - detektor sygnałów rozmównych, 3 - zespół logiczny próby i sterowania, 4 - strona "nadawcza" systemu CELTIC, 5 - układ nadawczy impulsów synchronizacyjnych, 6 - 1 kanał pomocniczy, 7 - 30 kanałów, 8 - matrycowy układ komutacyjny, 9 - 60 łączy wychodzących, 10 - zespół sterujący, 11 - układ odbiorczy impulsów synchronizacyjnych, 12 - strona "odbiorcza" systemu CELTIC



Rys. 13. Wyposażenie liniowe systemu CELTIC wykonane w formie dużych płytek drukowanych

W celu zapewnienia właściwego funkcjonowania systemu CELTIC stany logiczne obu jego części końcowych muszą być oczywiście w każdej chwili identyczne, tak aby zapewnione było ciągle połączenie każdej pary prowadzących rozmowę abonentów. Synchronizacja sieci komutacyjnych na obu końcach wiązki łączy CELTIC odbywa się przez wysyłanie po drodze pomocniczej ("służbowej") ciągu impulsów przeznaczonych do dopasowywania stanu logicznego zespołu "odbiorczego" CELTIC do stanu zespołu "nadawczego" CELTIC.

Po stronie nadawczej musi się również znajdować zespół logiczny sterujący, którego zadaniem jest zliczanie informacji dostarczanych przez układy kontrolujące stan sieci komutacyjnej oraz przez detektory sygnałów rozmównych przyłączone do każdego z obwodów wejściowych. Zespół ten, spełniając rolę małego przelicznika elektronicznego decyduje na podstawie otrzymanych informacji o każdej operacji tworzenia czy przerywania chwilowych połączeń w każdej chwili czasowej.

Obecnie w CNET jest wykonywane doświadczalne urządzenie systemu CELTIC przewidziane dla 24 łączy telefonicznych. Stosowana przy wykonywaniu tego urządzenia technologia jest identyczna jak technologia innych opracowywanych urządzeń z zakresu komutacji elektronicznej; wszystkie układy są całkowicie tranzystoryzowane, co umożliwia powszechne zastosowanie obwodów drukowanych. Przykład takiej płytki drukowanej, stanowiącej fragment budowanego właśnie urządzenia CELTIC, pokazany jest na rys. 13.

PERSPEKTYWY OGÓLNE ROZWOJU KOMUTACJI  
ELEKTRONICZNEJ

Chociaż prace badawcze w zakresie komutacji elektronicznej podjęte zostały w CNET stosunkowo niedawno (1957 r.), to jednak należy zanotować znaczny postęp w opracowaniu zarówno elementów podstawowych niezbędnych do przyszłego rozwoju tej techniki, jak i bardziej skomplikowanych układów zbudowanych w oparciu o te elementy (koncentratory, stopnie komutacyjne, pamięci, przeliczniki itp.).

Wszystkie te prace skonkretyzują się w skonstruowaniu doświadczalnej elektronicznej centrali telefonicznej dużej pojemności, która stanowi obecnie podstawowy temat CNET w tym zakresie. Jeśli chodzi o zastosowania specjalne komutacji elektronicznej, to przytoczyliśmy urządzenie do koncentracji ruchu telefonicznego dla kabli podmorskich (CELTIC), które jest obecnie w trakcie wykonywania, po uzyskaniu pozytywnych wyników badań modelu laboratoryjnego.

Ten przegląd badań CNET w zakresie komutacji elektronicznej nie byłby kompletny, gdybyśmy nie wspomnieli o roli, jaką odegrało tu tzw. Towarzystwo Mieszane do spraw Rozwoju Techniki Komutacji w Dziedzinie Telekomunikacji (*Société Mixte pour le Développement de la Technique de la Commutation dans le Domaine des Télécommunications - SOCOTEL*). W skład tego Towarzystwa utworzonego w r. 1959 weszli przedstawiciele państwa oraz konstruk-



torzy urządzeń komutacyjnych. Zadaniem Towarzystwa było przede wszystkim koordynowanie prac pod względem technicznym oraz rozpatrywanie wszelkich zagadnień, które mogłyby wyniknąć czy to ze strony przemysłu, czy dokumentacji.

Zakres działalności technicznej Towarzystwa nie ogranicza się tylko do komutacji elektronicznej; szereg Komisji Technicznych, w których najszerzej reprezentowana była Generalna Dyrekcja Telekomunikacji oraz CNET zajmował się trzema podstawowymi rodzajami komutacji: komutacją elektromechaniczną, półelektroniczną i elektroniczną.

Należy tu podkreślić szczególny wysiłek włożony przez SOCOTEL przy współpracy technicznej z CNET w prace związane z komutacją półelektroniczną.

Na pytanie, jaka jest przyszłość komutacji elektronicznej trudno byłoby dziś odpowiedzieć w sposób bardziej dokładny. W każdym razie można stwierdzić, że prace rozwojowe analogiczne do tych, o których mówiliśmy w tym opracowaniu, prowadzone są we wszystkich wielkich krajach przemysłowych świata. Nigdzie jednak na świecie nie został jeszcze przekroczony etap doświadczalny: nawet w Stanach Zjednoczonych, gdzie już od 10 lat prowadzone były bardzo intensywne badania w tej dziedzinie, pierwsze urządzenie dużej pojemności oddano do rzeczywistej eksploatacji w r. 1960. O ile trudno jest w tej chwili ustalić dokładne daty przemysłowego opracowania tych systemów, to w każdym razie można powiedzieć, że tendencja do coraz szerszego wprowadzania elektroniki w

systemach komutacyjnych będzie ciągle wzrastać. Jest rzeczą oczywistą, że elektronika powinna wyszukiwać te możliwości i korzyści, jakimi dysponuje od chwili pojawienia się elementów półprzewodnikowych, a które mogą być oszacowane z różnych punktów widzenia w sposób następujący:

Ogólna ekonomia systemów. Ekonomię systemu należy oczywiście oceniać uwzględniając wszelkie aspekty związane z produkcją i eksploatacją tego systemu jako całości (aparaty telefoniczne, łącza abonenckie i międzycentralowe, właściwy sprzęt centrali, zasilanie, budynki, przewidywany czas amortyzacji itp.).

Większa elastyczność w projektowaniu, produkcji oraz eksploatacji systemów. Systemy elektromechaniczne, których produkcja wymaga na ogół bardzo kosztownego oprzyrządowania i w których okablowanie wykonywane jest w sposób stały, stanowią rozwiązanie raczej sztywne, uniemożliwiające dokonywanie w sposób prosty jakichkolwiek zmian. Inaczej przedstawia się sprawa w elektronice, gdzie z jednej strony uruchomienie nowej produkcji będzie niewątpliwie znacznie łatwiejsze, a ponadto dzięki zastąpieniu "logiki" systemu w postaci sztywnego okablowania przez zapis odpowiedniego programu w układach pamięciowych można będzie w sposób stosunkowo prosty dokonywać zmian w pracy centrali w celu np. wprowadzenia nowych usług itp.

Nowe możliwości dzięki elektronice. O ile pod względem ekonomicznym konkurencja z zespołami elektromecha-

nicznymi jako elementami komutacyjnymi wydaje się jeszcze dziś raczej trudna, to elektronika daje już obecnie potężne środki w zakresie analizy informacji. W szczególności należy tu przypomnieć szczególnie obiecujące perspektywy zastosowania elektroniki w dziedzinie taryfikacji i zaliczania i wszędzie tam, gdzie zachodzi potrzeba magazynowania różnych informacji odnoszących się do funkcjonowania centrali, nadzoru pewnych łączy itp.

Automatyzacja badań eksploatacyjnych. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że komutacyjne systemy elektroniczne zbudowane z bardzo skomplikowanych i różnych zespołów wymagać będą wysoko kwalifikowanego personelu eksploatacyjnego. Fakt ten mogłoby przynajmniej w początkowym okresie przemawiać na niekorzyść systemów elektronicznych w porównaniu z centralami istniejącymi. Zagadnienie pewności działania i łatwości konserwacji centrali elektronicznej należy zatem uznać za bardzo ważne. Przy rozwiązywaniu tego zagadnienia należy w szczególności uwzględnić dwa następujące aspekty: przede wszystkim trwałość i niezawodność poszczególnych elementów centrali powinna być bardzo wysoka ze względu na wielką liczbę tych elementów występujących w urządzeniach centrali, a ponadto w razie wystąpienia uszkodzenia sam przelicznik centralny powinien umożliwiać jego wykrycie oraz lokalizację, a nawet anulowanie jego ujemnych skutków do czasu dokonania naprawy, czy też wymiany uszkodzonego zespołu przez obsługę centrali.

Podsumowując wszystkie dotychczasowe rozważania moż-



na stwierdzić, że szczególnie od czasu, gdy dysponuje się elementami półprzewodnikowymi, elektronika jest dobrze uzbrojona w środki techniczne pozwalające na rozwiązywanie trudnych i skomplikowanych zagadnień komutacji. Ponadto wydaje się, że w najbliższym czasie technika elektroniczna pozwoli na stworzenie systemów "lepszych" i dających większe możliwości niż technika elektromechaniczna, przy kosztach mniejszych, a co najmniej równorzędnych. Należy jednak zaznaczyć, że uzyskanie "lepszych" rezultatów będzie raczej trudne z uwagi na osiągnięcie przez nowoczesne systemy komutacyjne znacznej doskonałości. Natomiast zrobienie "więcej" będzie łatwiejsze, gdyż w pewnych dziedzinach elektronika dysponuje możliwościami nieosiągalnymi przez technikę elektromechaniczną.

