

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

7-8-9
(219-220-221)

1983

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

Rok 23

WARSZAWA 1983

NR 7:9/219+221/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędzierski
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Krystyn Plewko

Redaktorzy działów:

doc. mgr inż. Władysław Center, doc. mgr inż. Adam Moniuszko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa - Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr K.Juszkiewicz

Montaż tekstu: B.Skwara

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 625. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 28.XI. 1983 r.
Druk ukończono w marcu 1984 r.

III

Opracowanie zbiorowe

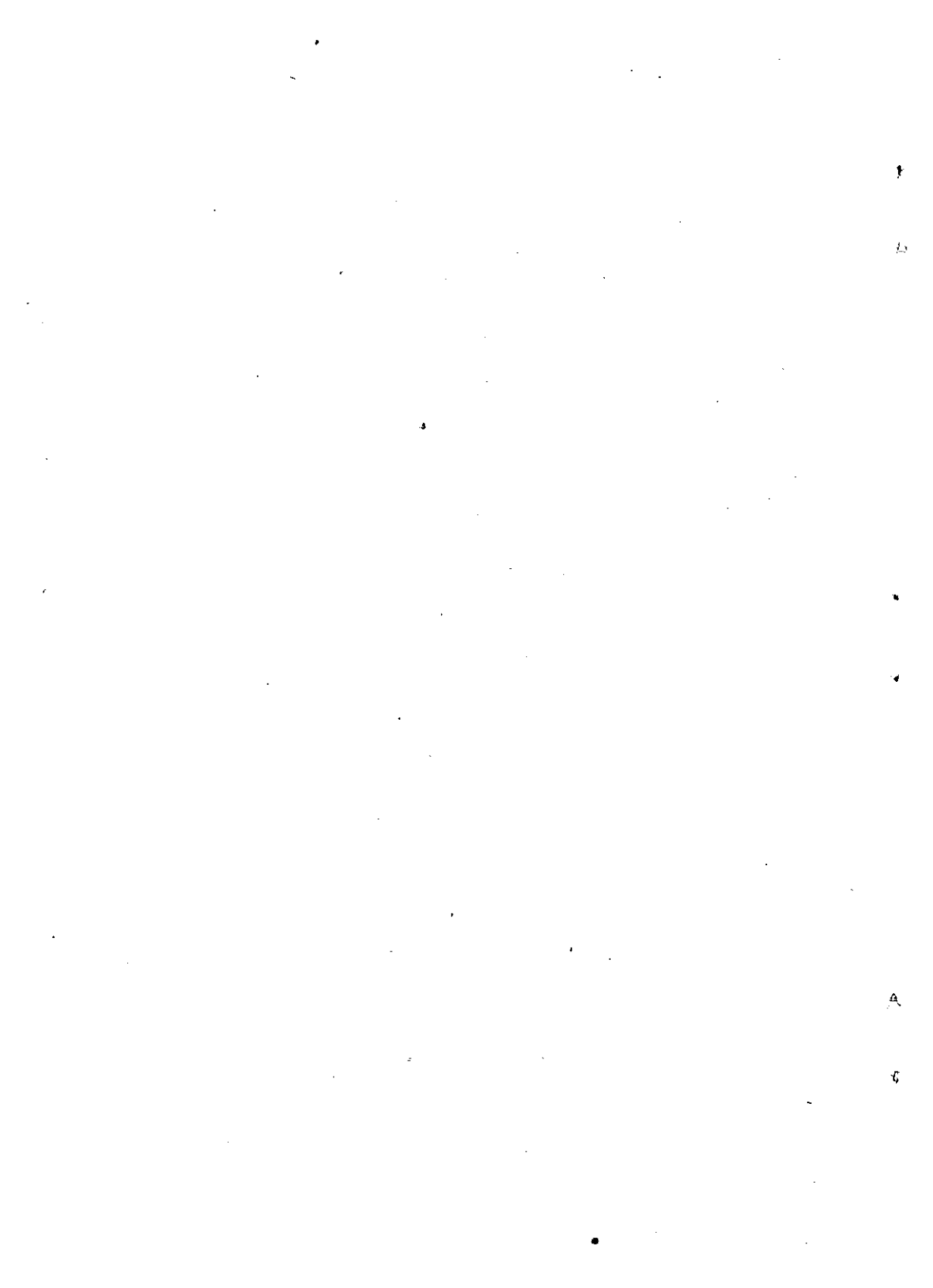
STRUKTURA, DZIAŁANIE I REALIZACJA SYSTEMU TELEKOMUTACJI CYFROWEJ ITT 1240

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. System komutacji cyfrowej ITT 1240 - informacje ogólne /oprac. Wojciech Białek/	1
2.1. Geneza systemu	1
2.2. Architektura central	4
2.3. Struktura systemu	6
2.4. Konfiguracja central	15
2.5. Konstrukcja, warunki pracy, technologia	16
3. Architektura systemu /oprac. Wojciech Białek/	19
3.1. Wprowadzenie	19
3.2. Podstawowe cechy architektury sterowania rozproszonego	21
3.3. Charakterystyka ogólna architektury centrali ITT 1240	22
3.4. Interfejsy standardowe	25
3.5. Wirtualny sprzęt	28
4. Struktura i działanie sprzętu central /oprac. Danuta Maciąg/	29
4.1. Organizacja sprzętu centrali ITT 1240	29
4.2. Koncepcja modułu wyposażenia końcowego	30
4.3. Rodzaje modułów	34
5. Koncepcja i realizacja oprogramowania /oprac. Józef Michna/	49
5.1. Koncepcja sterowania i oprogramowania - wiadomości ogólne	49
5.2. Struktura oprogramowania	51
5.3. Funkcje oprogramowania	62
5.4. Rozdział funkcji oprogramowania na poszczególne zespoły sterujące systemem	68

	Str.
5.5. Języki realizacji oprogramowania systemu ITT 1240	71
6. Koncepcja eksploatacji i utrzymania /oprac. Lucyna Kałkusińska/	72
6.1. Wprowadzenie	72
6.2. Ogólna charakterystyka systemu eksploata- cji i utrzymania	73
6.3. System eksploatacji	74
6.4. System utrzymania	78
6.5. Centrum eksploatacji i utrzymania ITT 1240	90
6.6. Podsumowanie	94
7. Pole komutacyjne /oprac. Antoni Trylski/	95
7.1. Wprowadzenie	95
7.2. Założenia projektowe	95
7.3. Cyfrowy element komutacyjny	97
7.4. Struktura pola komutacyjnego	101
7.5. Rozbudowa pola komutacyjnego	104
7.6. Zestawienie toru	105
7.7. Działanie portu komutacyjnego	111
7.8. Blokada i opóźnienie	116
7.9. Diagnostyka i utrzymanie	116
7.10. Wnioski	119
8. Proces zestawiania połączeń /oprac. Józef Michna/	119
8.1. Wprowadzenie	119
8.2. Ogólny opis przykładowy zastosowania połącze- nia lokalnego w centrali ITT 1240	121
9. Technologia układów i podzespołów /oprac. Antoni Trylski/	129
9.1. Wprowadzenie	129
9.2. Zastosowana technologia	131
9.3. Cyfrowy układ specjalizowany	132
9.4. Technologia	133
9.5. Liniowe specjalizowane układy LSI	135
9.6. Realizacja	136

	Str.
9.7. Standardowe układy scalone LSI	136
9.8. Obudowy	137
9.9. Przewidywana ewolucja technologii półprzewodnikowej	138
10. Parametry eksploatacyjno-utrzymaniowe /oprac. Wojciech Białek/	141
10.1. Wprowadzenie	141
10.2. Założenia na parametry eksploatacyjno-utrzymaniowe	142
10.3. Projektowanie w celu spełnienia założonych parametrów użytkowych	146
10.4. Niezawodność pracy centrali	151
Wykaz literatury	152



Wojciech Białek, Lucyna Kałkusińska,
Danuta Maciąg, Józef Michna,
Antoni Trylski

621.395.345

STRUKTURA, DZIAŁANIE I REALIZACJA SYSTEMU TELEKOMUTACJI CYFROWEJ ITT 1240

1. WPROWADZENIE

Niniejszy artykuł jest opracowaniem wykonanym na podstawie materiałów opublikowanych w czasopiśmie *Electrical Communication* [1, 2], w latach 1980 i 1981.

Koncepcje rozwiązań sterowania, pola komutacyjnego, zastosowanie elementów i podzespołów najnowszych technologii mikroelektroniki oraz możliwość stosowania opisanych central w przyszłościowych sieciach cyfrowych zintegrowanych stawiają, prezentowany w artykule, system ITT 1240 w rzędzie awangardowych systemów komutacji elektronicznej, znanych obecnie na świecie. Względy te, jak również fakt, że na forum RWPG prowadzone są prace merytorycznie bardzo zbliżone do koncepcji i idei wdrożonych w prezentowanym systemie, zdaniem autorów artykułu oraz Redakcji, wskazują na celowość rozpowszechniania wiadomości o tym systemie w kręgu czytelników *Biuletynu Informacyjnego* Ił.

2. SYSTEM KOMUTACJI CYFROWEJ ITT 1240 - INFORMACJE OGÓLNE

2.1. Geneza systemu

System komutacji cyfrowej oznaczony symbolem ITT 1240 powstał w wyniku prac badawczo-rozwojowych prowadzonych przez koncern ITT w dziedzinie przyszłościowych, zintegrowanych systemów komutacyjnych, zapewniających realizację zarówno usług telefonicznych, jak i innych publicznych usług telekomunikacyjnych. System ten stanowi pierwsze ogniwo w projekcie ITT, pod nazwą *Network 2000*, dotyczącym

zintegrowanej pod względem usług i użytkowników cyfrowej sieci telekomunikacyjnej.

Zdaniem twórców tej koncepcji, głównym osiągnięciem systemu jest opracowanie architektury centrali komutacyjnej z w pełni rozproszonym sterowaniem, jednakowej dla wszystkich typów central i o szerokim zakresie pojemności. Nie było to możliwe do uzyskania we wcześniej znanych systemach komutacyjnych.

Decyzję o budowie całkowicie nowego systemu komutacyjnego podjęto na podstawie analizy trzech podstawowych wariantów rozwoju: ciągłego ulepszania analogowych systemów SPC^{x/}, modernizacji obecnych systemów SPC przez wprowadzenie cyfrowych podsystemów lub zaprojektowanie całkowicie nowego, w pełni cyfrowego systemu komutacyjnego.

Niezależnie od tego, że zarówno administracje łączności jak i producenci czerpią korzyści z wprowadzenia postępu technologicznego do istniejących już systemów /jak to miało miejsce w przypadku systemów Pentaconta i Metaconta/, istnieje taki etap w rozwoju technologii i zapotrzebowania na usługi abonenckie, po przekroczeniu którego staje się opłacalne opracowanie zupełnie nowego systemu komutacyjnego. Taki właśnie etap został obecnie osiągnięty /w krajach wysoko rozwiniętych/. Kierunek budowy nowych, w pełni cyfrowych, systemów central z zastosowaniem najnowszych osiągnięć w dziedzinie technologii mikroukładów został potwierdzony w praktyce.

Ogromny koszt budowy centrali cyfrowej, brak informacji co do przyszłych wymagań na transmisję danych i inne usługi oraz trudny do przewidzenia postęp technologiczny sprawiają że nowa telefoniczna centrala cyfrowa powinna spełniać dwa podstawowe wymagania projektowe. Po pierwsze - powinna być podatna na wprowadzanie nowej technologii i nowych usług bez przeprojektowywania architektury istniejącego systemu.

^{x/} SPC - Ze sterowaniem programowanym o strukturze scentralizowanej /ang. - stored program control/.

Po wtóre - istniejące instalacje powinny mieć możliwość rozbudowy o nowe technologiczne fragmenty i nowe usługi bez zmiany zainstalowanego wyposażenia. Tak postawione wymagania stanowią o tym, że system jest podatny na przyszłe zmiany i równocześnie "odporny" na niekorzystne konsekwencje tych zmian /duże koszty/, co twórcy systemu określają terminem "future safe". Powyższe warunki spełnia system ITT 124Q. Główną oczekiwaną zmianą w usługach abonenckich jest integracja telefonii i transmisji danych ze względu na korzyści ekonomiczne potwierdzone w badaniach i eksploatacji.

Do komutacji znormalizowanych przez CCITT kanałów PCM o przepływności 64 kbit/s i 8 kbit/s niezbędne są w pełni cyfrowe systemy central dla realizacji usług telefonicznych.

W wyniku analizy możliwości i zalet ekonomicznych obecnego i prognozowanego poziomu technologii połączonej z przyszłymi wymaganiami na teletransmisję i teledację, twórcy systemu dokonali wyboru architektury systemu opartej na w pełni rozproszonym sterowaniu.

Główne zalety przedstawionej koncepcji to:

- liniowa zależność kosztów od pojemności centrali,
- możliwość zastosowania coraz nowocześniejszych elementów,
- duża niezawodność,
- zabezpieczenie przed wpływem uszkodzeń na możliwości usługowe centrali,
- możliwość obsługi dużego natężenia ruchu telefonicznego z niewielkim prawdopodobieństwem strat.

Należy podkreślić, że wizja rozproszonego sterowania mogła w rzeczywistości być opłacalna z ekonomicznego punktu widzenia tylko dzięki znacznemu zaawansowaniu w technologii LSI /wielkiej skali integracji/. Rozwoliło ono na odejście od klasycznych systemów SPC, wyposażonych w dużą jednostkę sterującą i rozbudowaną pamięć, oraz zastąpienie ich systemem o sterowaniu rozproszonym, zrealizowanym za pomocą mikroprocesorów ulokowanych w małych modułach i rozmieszczono-

nych w poszczególnych blokach funkcjonalnych centrali. Postęp w dziedzinie mikroelektroniki umożliwił łatwą integrację telefonii i transmisji danych, co wprowadzono w omawianym systemie. Uzyskano ją przez proste dodanie modułów teledancyjnych po stronie liniowej i międzycentralowej dla obu rodzajów ruchu przy zachowaniu przezroczystości drogi transmisyjnej poprzez centralę dla obu rodzajów ruchu. Ważną zaletą centrali ITT 1240 jest elastyczność zastosowania i możliwość różnych konfiguracji w zależności od zmieniających się wymagań stawianych sieci w okresie przejściowym do w pełni zintegrowanej sieci cyfrowej.

2.2. Architektura centrali

Na wybór architektury centrali ITT 1240 miały wpływ:

- wymagania na nowoczesne centrale, uwzględniające szeroki zakres pojemności;
- możliwość zastosowania w sieci miejscowej i międzymiastowej;
- możliwość obsługi różnorodnych usług telekomunikacyjnych;
- postęp w technologii półprzewodników itp.

Podstawowym elementem architektury systemu jest architektura sterowania. Różne koncepcje sterowania były brane pod uwagę, a mianowicie: w pełni scentralizowane, częściowo rozproszone i w pełni rozproszone. Ostatnia koncepcja jest możliwa obecnie do zrealizowania dzięki technice LSI.

Sterowanie częściowo rozproszone polega na zachowaniu centralnego zespołu sterującego w postaci konwencjonalnych procesorów lub grupy mikroprocesorów zorganizowanych w centralną jednostkę sterującą; poszczególne zaś funkcje mogą być realizowane w różnych podzespołach centrali /np. odbiór cyfr w jednostce końcowej/ za pośrednictwem mikroprocesorów. Tak więc, zastosowanie mikroprocesorów nie przesądza jeszcze o tym, czy struktura sterowania jest rozproszona, czy nie. W przypadku sterowania w pełni rozproszonego

wszystkie funkcje związane ze sterowaniem połączeniem są realizowane za pomocą mikroprocesorów związanych z małymi grupami linii abonenckich lub łączy międzycentralowych. Wydaje się, że zarówno obecnie jak i w przyszłości sterowanie rozproszone będzie najefektywniejsze ze względu na łatwość wprowadzania nowych usług, co w przypadku sterowania scentralizowanego wymagałoby całkowitej zmiany oprogramowania oraz znacznego powiększenia pojemności ruchowej. Powyższe wady nie występują w przypadku w pełni rozproszonej struktury sterowania, w której rozbudowa układów logicznych i pamięci jest możliwa w modułach końcowych. Idea konsekwentnego stosowania interfejsów specjalizowanych powoduje, że zmiana w module wyposażenia końcowego /np. zmiana typu sygnalizacji/ lub wprowadzenie nowego modułu /np. dla nowej usługi telekomunikacyjnej/ nie wpływa zupełnie, lub w niewielkim stopniu, na oprogramowanie w pozostałych modułach. Zastosowanie struktury o rozproszonym sterowaniu upraszcza projektowanie systemów komutacyjnych, pozwala na użycie tej samej struktury dla różnych typów central, zarówno pod kątem ich pojemności jak i zastosowania, oraz spełnia różnorodne wymagania administracji łączności. Standaryzacja bloków, w tego typu architekturze, umożliwia płynną rozbudowę centrali bez przerw w pracy i konieczności dokonywania zmian w istniejącej instalacji /włącznie z polem komutacyjnym/. Również wprowadzanie postępu technologicznego w tego typu centrali odbywa się w sposób "bezkolizyjny" z istniejącym sprzętem i oprogramowaniem. Dzięki zlokalizowaniu funkcji sterujących /procesor wraz z pamięcią/ w urządzeniach końcowych i pojedynczych elementach pola komutacyjnego można było zrezygnować z posiadania pewnych rezerw w mocy przetwarzania i w sprzęcie, z czym mamy do czynienia w systemach tradycyjnych.

Architektura o rozproszonym sterowaniu charakteryzuje się niewątpliwie większą niezawodnością, gdyż awaria pojedynczego zespołu sterującego nie powoduje wyłączenia z pracy całej centrali, dotyczy jedynie małej grupy łączy lub

abonentów. Istnienie zaś zespołów rezerwowych w przypadku istotnych funkcji sterujących zwiększa pewność pracy systemu. Jest to szczególnie widoczne w przypadku pola komutacyjnego, gdzie sterowanie jest rozproszone pomiędzy poszczególne elementy komutujące bez centralnego układu sterującego lub pamięci połączeń, co stanowi dużą zaletę omawianego systemu.

Omówione aspekty koncepcji rozproszonego sterowania uzasadniają wprowadzenie tej idei do systemu ITT 1240, która łączy jakby zalety sterowania bezpośredniego /krok po kroku/ i sterowania scentralizowanego SPC.

2.3. Struktura systemu

Struktura systemu ITT 1240 jest niezwykle prosta i regularna /patrz rys. 1/. Jej punktem centralnym jest cyfrowe pole komutacyjne, do którego dołączone są różnorodne moduły wyposażenia końcowych i pomocnicze zespoły sterujące. Wszystkie moduły wyposażenia końcowych zawierają identyczne sprzętowo TCE^{x/}, które są typowymi systemami mikroprocesorowymi; komunikacja między nimi odbywa się poprzez pole komutacyjne za pośrednictwem standaryzowanych interfejsów. Dodatkowa moc obliczeniowa jest zawarta w zbiorze ACE^{xx/}, pomocniczych zespołów sterujących identycznych sprzętowo z TCE.

Pole komutacyjne stanowi zbiór identycznych cyfrowych elementów komutacyjnych, z których każdy posiada własną logikę i pamięć niezbędną do przesyłania wiadomości pomiędzy zespołami TCE i ACE oraz do zestawiania połączeń rozmównych lub teledacyjnych.

2.3.1. Cyfrowe pole komutacyjne

Cyfrowe pole komutacyjne /rys. 2/ składa się z par łączników dostępu i stopni grupowych. Pary łączników rozdzielają

^{x/} TCE - zespół sterujący modułu wyposażenia końcowego.

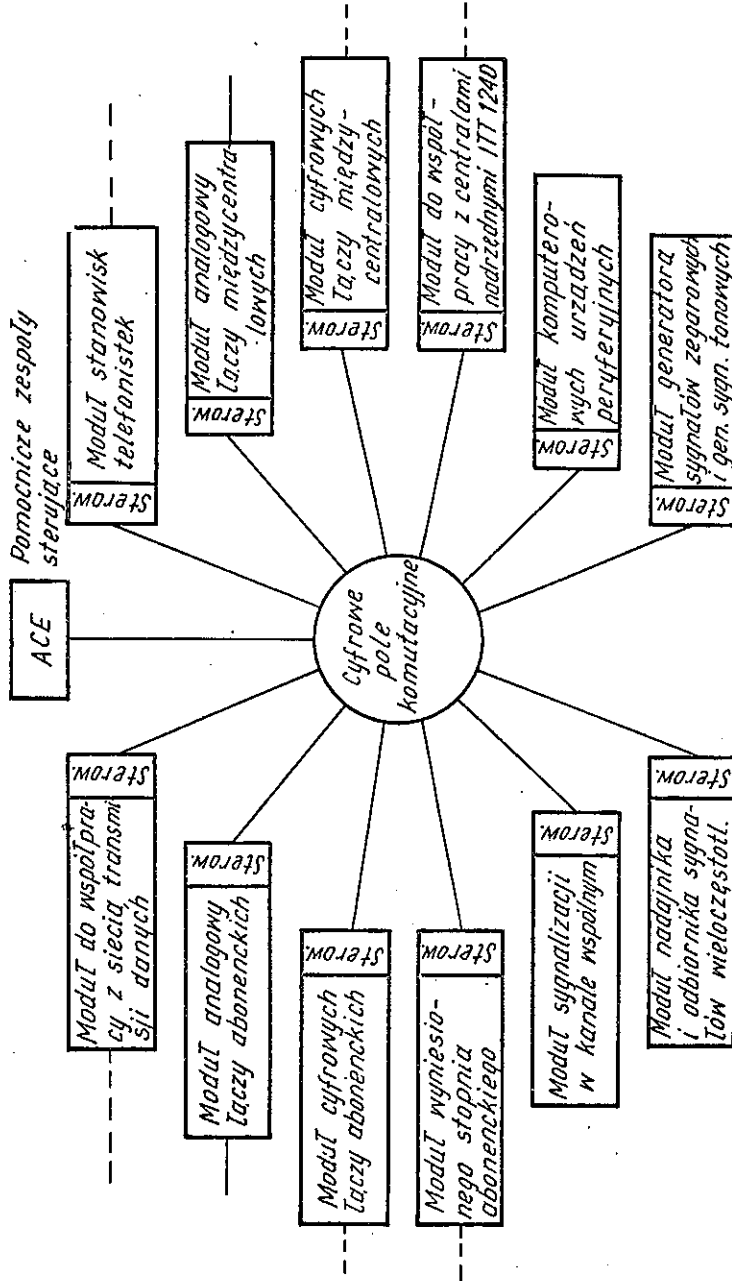
^{xx/} ACE - pomocniczy zespół sterujący.

lają ruch przychodzący z modułów wyposażenia końcowych na poszczególne płaszczyzny grupowego stopnia komutacyjnego. Liczba stopni i płaszczyzn zawartych w grupowym stopniu komutacyjnym zależy od liczby wyposażenia końcowych i natężenia ruchu. Schemat przedstawia cyfrowe pole komutacyjne maksymalnie rozbudowane: z czterema stopniami i czterema płaszczyznami grupowego stopnia komutacyjnego. W tej konfiguracji pole może obsłużyć 100 000 łączy abonenckich lub 60 000 łączy międzycentralowych przy dużym natężeniu ruchu. Mniejsza liczba stopni jest wymagana dla central o mniejszej pojemności i mniej potrzeba płaszczyzn, jeżeli natężenie ruchu jest mniejsze.

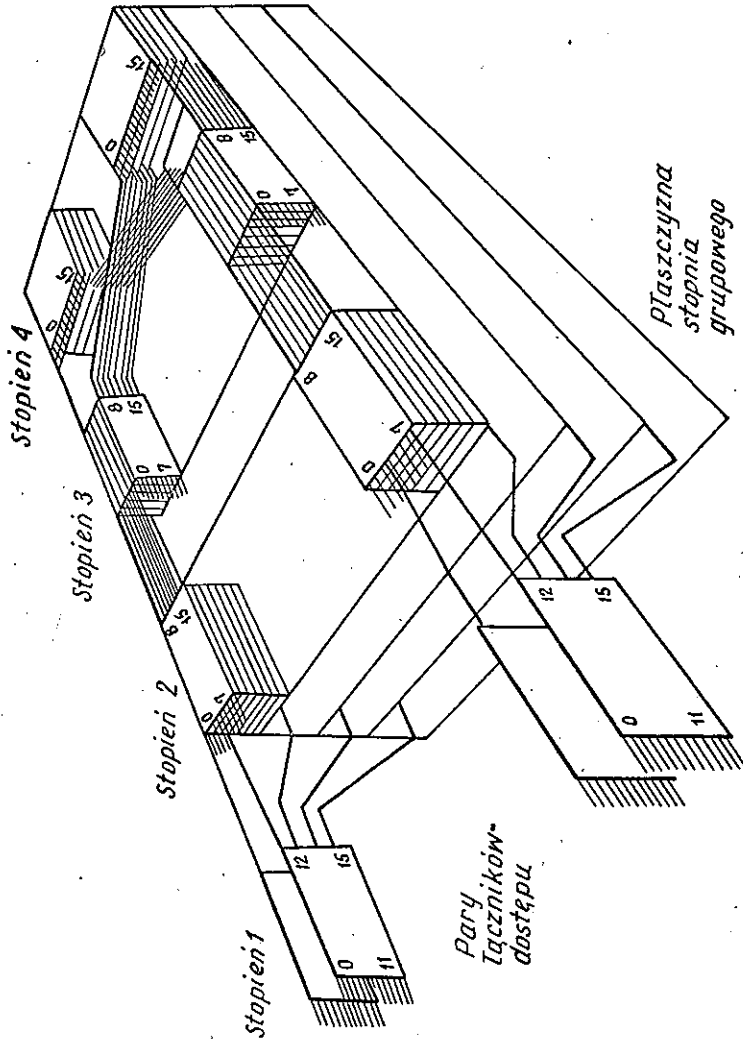
Podstawową jednostką pola komutacyjnego mogącą funkcjonować samodzielnie jest cyfrowy element komutacyjny. Rozbudowa pola ze względu na wzrost liczby wyposażenia końcowych lub wzrost natężenia ruchu polega na dodawaniu cyfrowych elementów komutacyjnych. Poprzednio zainstalowane elementy pola nie ulegają rekonfiguracji i rozbudowa odbywa się podczas pracy centrali.

Cyfrowy element komutacyjny składa się z 16 dwukierunkowych "portów"^{x/} komutacyjnych. Port komutacyjny jest to specjalizowany układ LSI, który zawiera całą logikę i pamięć niezbędną do połączenia dowolnego z 32 kanałów przychodzących traktu PCM z dowolnym kanałem wychodzącym. Każdy z portów komutacyjnych ma możliwość: zestawiania, nadzoru i rozłączania połączeń telefonicznych, a także połączeń między zespołami sterującymi. W cyfrowym elemencie komutacyjnym dowolny z 32 przychodzących kanałów każdego z 16 portów może być dołączony do dowolnego wychodzącego kanału innego dowolnego portu. Element komutacyjny realizuje funkcje komutacji czasowo-przestrzennej. Jest odpowiednikiem matrycy Crossbarowej dwuprzewodowej o wymiarach 512x512, z wyjątkiem tego, że posiada własną logikę. Dodatkowo w celu umożliwienia pełnej komunikacji pomiędzy dużą liczbą zespołów sterujących, w

^{x/} Port - termin stosowany w literaturze anglojęzycznej, brak odpowiednika w języku polskim.



Rys. 1. Struktura centrali ITT 1240



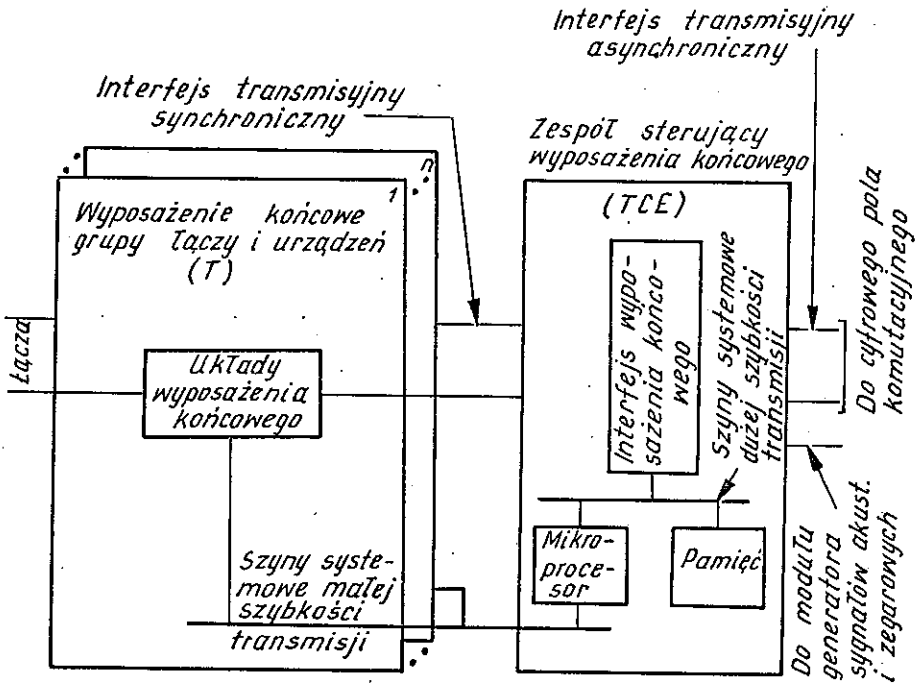
Rys. 2. Topologia pola komutacyjnego

perspektywie znacznej rozbudowy, cyfrowe pole komutacyjne ITT 1240 posiada wiele nowych właściwości stwarzających szerokie możliwości ich zastosowania, tak obecnie jak i w przyszłości. Są to:

- zestawianie drogi połączeniowej następuje poprzez poszczególne stopnie komutacyjne z automatycznym wyborem wolnych kanałów i automatyczną ponowną próbą; występuje nieistotna blokada w polu komutacyjnym; komunikacja odbywa się za pomocą rozkazów przesyłanych bezpośrednio pomiędzy portami bez użycia dodatkowych urządzeń sterujących, co znacznie ułatwia rozbudowę centrali; nie istnieje również pamięć dróg połączeniowych;
- pewność pracy opiera się na dostępności dużej liczby alternatywnych dróg przejścia, w ten sposób uszkodzenie pojedynczego elementu komutacyjnego nie ma wpływu na możliwość uzyskania połączenia i w niewielkim stopniu wpływa na jakość obsługi;
- pole komutacyjne obsługuje przezroczyste, o przepływności 4,096 Mbit/s, cyfrowe telestrady zawierające 32 kanały czasowe, każdy o prędkości 128 kbit/s, transmitujące cyfrowe próbki mowy, meldunki sygnalizacyjne między modułami; pole to umożliwia realizację różnorodnych usług transmisji danych w systemie pracy simpleks i dupleks. Przezroczystość transmisji ma zasadnicze znaczenie w przypadku wymagań na zintegrowaną pod względem technik i usług cyfrową sieć telekomunikacyjną.

2.3.2. Moduły wyposażenia końcowych

W systemie ITT 1240 całość sprzętu wyposażenia końcowych łączów oraz wyposażenia pomocniczych podzielono na szereg specjalizowanych funkcjonalnie i sprzętowo modułów wyposażenia końcowych. Każdy moduł składa się z układów wyposażenia końcowego i z zespołu sterującego wyposażenia końcowego - TCE /rys. 3/.



Rys. 3. Schemat modułu wyposażenia końcowego

Wszystkie TCE posiadają standardowe układy, takie jak: mikroprocesor i pamięć o zróżnicowanej pojemności oraz interfejs wyposażenia końcowego, zawierający specjalizowane układy LSI dla portów nadawczych i odbiorczych.

TCE zawierają oprogramowanie właściwe dla danego wyposażenia końcowego. Zespoły sterujące mają dostęp do innych modułów i pomocniczych zespołów sterujących /ACE/ poprzez pole komutacyjne. Wykonuje ono następujące funkcje:

- sterowanie komunikacją między poszczególnymi zespołami sterującymi /np. sygnalizacją/,
- obsługa połączeń /np. zestawianie, nadzór, rozłączenie/,
- eksploatacja i utrzymanie.

Dzięki zastosowaniu w TCE standardowych interfejsów wprowadzanie nowych rodzajów wyposażenia końcowych oraz modyfikacja już istniejących wyposażenia nie wymaga zmian w polu komutacyjnym lub w innych modułach.

Wspomaganie procesu zestawiania połączenia /przeliczenie numeru, taryfikacja/ oraz różnorodne funkcje eksploatacyjne zapewnione są przez ACE, identyczne co do sprzętu jak TCE, ale nie związane z wyposażeniem końcowym. Zadania ACE zdefiniowane są przez określone oprogramowanie. Ze względów niezawodnościowych istnieje zbiór dodatkowych ACE, które tworzą rezerwę na wypadek awarii.

2.3.3. Oprogramowanie

System ITT 1240 charakteryzuje duża moc operacyjna i pojemność pamięci. Zasoby te są rozdzielone pomiędzy zespoły sterujące centrali, zgodnie z ideą rozproszonego sterowania. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod projektowania powstała zwarta i modularna struktura oprogramowania o dogodnych właściwościach utrzymaniowych. Charakteryzuje się ona również przejrzystością i łatwością wprowadzania zmian. Powyższe cechy są również konsekwencją rozproszonego sterowania, tzn. umieszczenia modułów programowych w wielu zespołach sterujących i wzajemnej niezależności między nimi.

Struktura oprogramowania jest wielopoziomowa. Na każdym poziomie zastosowano koncepcję maszyny wirtualnej^{x/}. Poszczególne poziomy są od siebie całkowicie niezależne, przy czym nowe realizacje programowe na jednym z nich nie wymagają żadnych zmian programów na wyższym poziomie, dzięki istnieniu specjalnych interfejsów programowych. Przykładem jest moduł programowy, zwany handlerem, który wraz z odpowiadającym mu sprzętem i interfejsem standardowym do systemu operacyjnego tworzą maszynę wirtualną, w wyniku czego zmiany w sprzęcie, np. nowy mikroprocesor nie powodują zmian w systemie operacyjnym.

^{x/}Maszyna posiadająca określony zestaw cech i instrukcji interpretowanych lub tłumaczonych na niższym poziomie.

Strukturę oprogramowania specyficzną dla systemu ITT 1240 charakteryzuje poziom funkcjonalny. Oprogramowanie, wg realizowanych zadań, podzielone jest na najprostsze moduły programowe, zwane dalej FMM^{x/}, umieszczone w poszczególnych zespołach sterujących. W realizacji dowolnej funkcji komutacyjnej lub eksploatacyjnej uczestniczy szereg modułów FMM komunikujących się między sobą w sposób sformalizowany za pomocą tzw. wiadomości łącznikowych.

Struktura powyższa jest odporna na występowanie zakłóceń, charakteryzuje ją wysoki stopień elastyczności projektowania oprogramowania jak również zawartość oprogramowania eksploatacyjno-utrzymaniowego.

Całość oprogramowania, z wyjątkiem niewielu programów gdzie czas jest parametrem krytycznym, napisana jest w specjalistycznym języku wyższego rzędu CHILL zalecanym przez CCITT dla potrzeb telekomunikacji.

W celu łatwej adaptacji central do różnych warunków pracy opracowano szereg metod wspomagania projektowego. Do najważniejszych należą pomoce programowe do rozbudowy i testowania oprogramowania oraz do realizacji oprogramowania i zmiany konfiguracji. Programy te wykonywane są za pomocą ogólnodostępnych systemów przetwarzania ze zdalnym dostępem.

2.3.4. Eksploatacja i utrzymanie

System ITT 1240, podobnie jak inne systemy cyfrowe, oferuje duże udogodnienia w realizacji funkcji eksploatacyjno-utrzymaniowych. Świadczy o tym chociażby fakt, że oprogramowanie związane z eksploatacją i z utrzymaniem centrali zajmuje cztery razy więcej miejsca niż oprogramowanie komutacyjne.

Duże możliwości przetwarzania i pojemności pamięci umożliwiają zbieranie oraz rejestrowanie w sposób kompleksowy znacznej liczby danych o pracy centrali /np. badanie strumieni ruchu i ich obsługi przez centralę/. Do podstawowych

^{x/} Elementarny moduł oprogramowania.

zadań eksploatacyjnych systemu należą: zarządzanie centralą, zarządzanie siecią, pomiary ruchu i zdejmowanie charakterystyk pracy centrali oraz bieżące testowanie. Do zadań utrzymania należy zachowanie sprawności technicznej centrali.

Podstawowe zasady przyjętej w systemie ITT 1240 koncepcji eksploatacji i utrzymania są następujące:

- podział funkcji eksploatacyjnych i utrzymaniowych na rozproszone i scentralizowane;
- wprowadzenie redundancji zespołów sterujących, różnej w poszczególnych poziomach hierarchii systemu;
- detekcja błędów na poziomie poszczególnych zespołów sterujących;
- zastosowanie protekcji systemu oprogramowania chroniącej przed niewłaściwą ingerencją człowieka.

W koncepcji tej zostały zdyskontowane zalety rozproszonej architektury sterowania i najnowocześniejszych metod zbierania i przetwarzania danych. Zapewnione zostały: prosty nadzór nad pracą wszystkich zespołów centrali, szybka i skuteczna lokalizacja błędów, automatyczne przywracanie zespołów do pracy oraz w razie potrzeby rekonfiguracja centrali.

Czynności eksploatacyjno-utrzymaniowe, w przypadku central nadzorowanych, są wspomagane przez centrale nadrzędne za pomocą specjalnego modułu współpracy. Do realizacji tych funkcji zastosowane być może również specjalne centrum eksploatacyjno-utrzymaniowe oznaczone symbolem ITT 1290.

2.3.5. Sygnalizacja w kanale wspólnym - system sygnalizacji CCITT nr 7

Centrale ITT 1240 są dostosowane do wzajemnej współpracy za pomocą wspólnego kanału sygnalizacyjnego, zgodnie ze znormalizowanym przez CCITT systemem sygnalizacji nr 7. Jest to system zalecany na całym świecie do sygnalizacji w sieciach wielousługowych. Stanowi on podstawowy krok na drodze do zintegrowanego systemu telekomunikacyjnego. Sygnalizacja ta w centralach ITT 1240 jest stosowana do współ-

pracy pomiędzy centralami nadzorowanymi i nadrzędnymi. Wśród modułów wyposażenia końcowych systemu istnieje moduł do sygnalizacji w kanale wspólnym systemu sygnalizacji CCITT nr 7.

2.3.6. Blok ruchu półautomatycznego

Istnieje tendencja światowa zmniejszania się udziału ruchu ręcznego w całości ruchu komutowanego. Pomimo tego zdecydowano, że system ITT 1240 nadal będzie świadczył tę usługę. Służy do tego blok ruchu półautomatycznego dołączany opcjonalnie do pola komutacyjnego na zasadzie modułu wyposażenia końcowego. Może on być zastosowany we wszystkich rodzajach central. Głównym zadaniem bloku ruchu półautomatycznego jest ręczna obsługa niektórych rozmów; tradycyjne kartki zgłoszeniowe zastąpiła pamięć komputera, zaś mikroprocesory wykonują wiele czynności telefonistek. Znacznie podniosła się w ten sposób efektywność pracy telefonistek, redukując czas obsługi jednego połączenia. Stanowisko telefonistki wyposażone jest m.in. w monitor ekranowy i klawiaturę. Po wprowadzeniu danych początkowych, czynności takie jak ustalanie kolejności zgłoszeń, zaliczanie rozmów i odraczanie połączeń dokonywane są automatycznie. Blok ruchu półautomatycznego spełnia również pewne funkcje eksploatacyjno-administracyjne jak: pomoc językowa w przypadku rozmów międzynarodowych, monitorowanie funkcji eksploatacyjno-utrzymaniowych, szkolenie telefonistek i nadzór stanowisk telefonistek.

2.4. Konfiguracja central

Architektura centrali ITT 1240 umożliwia tworzenie konfiguracji opartych na typowym schemacie, zarówno dla central końcowych jak i międzymiastowych /patrz rys. 1/. W zależności od stawianych wymagań, dokonuje się doboru określonego zestawu standardowych modułów wyposażenia końcowych komunikujących się ze sobą poprzez pole komutacyjne o odpowiednich rozmiarach.

Centrala końcowa może obsługiwać od kilku abonentów do 100 tysięcy abonentów, przy czym w całym zakresie pojemności nie występuje zjawisko nadmiaru sprzętu w stosunku do ruchu obsługiwanego. W zależności od pojemności centrali wyróżnia się dwa rodzaje konfiguracji. Centrale o średniej i dużej pojemności /1000-100 tys. numerów/ pracują w konfiguracji centrali automatycznej wykonującej pełny zestaw funkcji. W przypadku zaś central o pojemności poniżej 1000-2000 abonentów opłaca się stosować konfigurację centrali nadzorowanej. Nadzór odnosi się do pewnych funkcji eksploatacyjnych wykonywanych w nadrzędnej centrali tego systemu, podczas gdy wszystkie funkcje komutacyjne wykonywane są autonomicznie. W przypadku małych central stosowanie zdalnego nadzoru redukuje koszty instalacji centrali. W obszarach mało zabudowanych, niewielką liczbę abonentów można podłączyć do wyniesionego koncentratora /RSU/, który może obsłużyć od 6 do 480 linii abonenckich. W przypadku niewielkiego obciążenia ruchowego lub małej liczby abonentów kilka takich koncentratorów /do 8/ może być dołączonych do jednego lub dwóch traktów PCM za pomocą systemu rozdzielczego PCM /multidrop/. W przypadku zwiększenia liczby abonentów centrala nadzorowana może stać się centralą autonomiczną przez proste dodanie zespołów końcowych i sterujących oraz odpowiednią rozbudowę pola komutacyjnego. Należy dodać, że taka rozbudowa jest realizowana podczas normalnej pracy centrali, a żaden z zespołów centrali nie wymaga rekonfiguracji lub przestawienia.

Centrala tranzytowa ITT 1240, międzymiastowa lub międzynarodowa, może obsługiwać od 500 do 60.000 łączy.

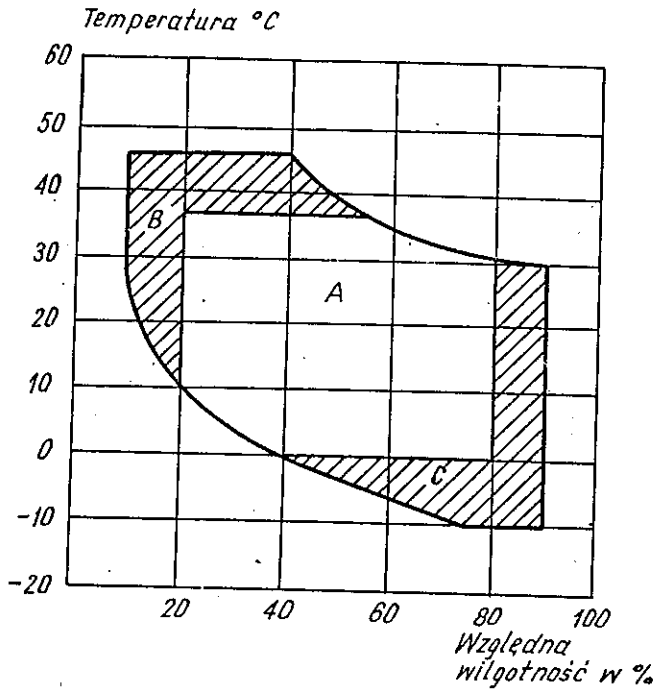
2.5. Konstrukcja, warunki pracy, technologia

Określone cechy konstrukcyjne centrali ITT 1240, takie jak rozmiary pakietów, półek i stojaków oraz ich połączenia w ramach jednostek funkcjonalnych, wynikają z założeń systemowych i zastosowanej technologii.

Podstawowe dane konstrukcyjne są następujące:

wymiary stojaka	2100x900x450 mm
wymiary płytki obwodu drukowanego	220,98x252,73x1,6 mm
liczba warstw płytek obwodu drukowanego	max. 6
liczba typów pakietów	35
liczba pakietów na półce	31
odległość między pakietami	25,4 mm
liczba półek w stojaku	7 lub 6 z pakietami oraz 1 wentylacyjna
liczba rodzajów złączy wielostykowych	5
liczba typów kabli	3 /o. przekroju kołowym z wiązkami parowymi, płaskie i współosiowe/
wymagana obciążalność stropu	min. 300 kg/m ² /3 kPa/
zajmowana powierzchnia	51 m ² na 9120 ab.
wysokość pomieszczeń	2,7 m /zalecana/ 2,5 m /minimalna/
wentylacja	grawitacyjna /możliwość mechanicznej/

Niektóre dodatkowe cechy konstrukcyjne są omówione poniżej. Stojak zamykany jest drzwiami tylnymi i przednimi, tworząc w ten sposób szafę. Górna część stojaka zawiera zespoły rozprzewadzające zasilanie oraz bezpieczniki i alarmy, jak również prowadnice kabli i przewodów. Poszczególne pakiety, w ramach tej samej jednostki funkcjonalnej, na półce połączone są za pomocą oddzielnego elementu konstrukcyjnego /ang. backpanel/ umieszczonego na tylnej ścianie półki. Panel ten zawiera wielowarstwowe połączenia drukowane z wyprowadzonymi końcówkami do połączeń owijanych. Służy on wraz z dodatkowymi kablami do łączenia poszczególnych jednostek funkcjonalnych w ramach stojaka. Do połączeń między stojakami służą kable z gniazdami wtykowymi. Stojaki są dostarczane z



Zdolność operacyjna

Ograniczenia czasowe

A	Normalna pełna zdolność operacyjna	Bez ograniczeń
B	Nie występuje ograniczenie usług w normalnych warunkach pracy centrali	Dla max. okresu 12 godz. W okresie do 10% czasu życia centrali
C	Ograniczone możliwości czasowe. Ograniczenie usług	W okresie do 10% czasu życia centrali

Rys. 4. Normalny zakres pracy centrali ITT 1240

pełnym wyposażeniem i niezbędnymi kablami międzystojakowymi, całkowicie przetestowane w fabryce.

W dostępnych materiałach brak jest informacji na temat klimatyzacji. Stosuje się natomiast wentylacje w obrębie

poszczególnych stojaków lub całych rzędów stojaków. Wentylacja może być samoistna /grawitacyjna/, z zastosowaniem dodatkowej środkowej półki z przegrodą separującą w stojaku pomiędzy dolnymi i górnymi półkami. Stojak można łatwo przystosować do wentylacji mechanicznej przez proste usunięcie przegrody separującej i zapewnieniu nawiewu od dołu.

System nie stawia dodatkowych wymagań na budynki przeznaczone na centrale. Sprzęt komutacyjny może być instalowany w standardowych pomieszczeniach /również typu mieszkalnego/. Zakres temperatury i wilgotności, w jakim centrala pracuje poprawnie, przedstawiony jest na rys. 4.

W systemie zastosowano technologię mikroukładów LSI. W TCE i ACE wykorzystano 16-bitowe mikroprocesory typu INTEL 8086 wraz z pamięcią opartą na układach pamięci dynamicznej RAM o pojemności jednostkowej 64 kbit. Dla potrzeb pola komutacyjnego opracowano specjalizowany układ scalony w technologii NMOS zawierający 11.500 tranzystorów na krzemowej płytce półprzewodnikowej o wymiarach 5,9 x 5,9 mm. W abonenskim zespole liniowym zastosowano natomiast specjalizowany układ scalony typu BORSCHT.

3. ARCHITEKTURA SYSTEMU

3.1. Wprowadzenie

Jakkolwiek rozwój systemów komutacyjnych odbywa się drogą ewolucji, to na skutek burzliwego rozwoju technologii dochodzi niekiedy do fundamentalnej zmiany w architekturze tych systemów. Miało to miejsce w latach czterdziestych, kiedy to powstał pierwszy system o architekturze ze sterowaniem scentralizowanym przerywając prymat systemów o sterowaniu bezpośrednim. Zastosowanie układów LSI wraz z unowocześnieniem technik oprogramowania doprowadziło do powstania cyfrowych systemów komutacyjnych ze sterowaniem rozproszonym zapewniających szeroki zakres transmisji informacji za pomocą cyfrowych łącz PCM. Systemy te nie tylko zachowują zalety syste-

mów o sterowaniu scentralizowanym, takie jak elastyczność i możliwość wprowadzania nowych usług, ale również pozwalają odtworzyć zalety systemów o sterowaniu bezpośrednim, tj. modułowość, możliwość zastosowania central w szerokim zakresie ich pojemności, efektywność nakładów w przypadku małych pojemności central i względnie stały koszt instalacji nowej linii /przy rozbudowie centrali/. Systemy te dają również możliwości stopniowego przechodzenia do integracji usług. Aby uzyskać powyższe zalety cyfrowych systemów komutacyjnych o sterowaniu rozproszonym, wynikające z potencjalnych możliwości nowej technologii, należało zaprojektować równie nowoczesną architekturę central dostosowaną do przewidywanych przyszłych zmian dotyczących właściwości central, zarówno funkcjonalnych jak i pojemnościowych. Dotychczasowy zakres ekonomicznej rozbudowy central systemów quasi-elektronicznych /wyrażany stosunkiem maksymalnej do minimalnej pojemności central/ wynoszący 10:1 został znacznie rozszerzony. Osiągnięto liniową zależność kosztów w zależności od pojemności centrali w zakresie od 1000 do 50 tysięcy, a nawet 100 tysięcy łączy, w przypadku central w pełni automatycznych. Dolną zaś granicą wynosi poniżej 100 łączy w przypadku odległego koncentratora abonenckiego oraz kilkuset łączy w przypadku central nadzorowanych. Tak wysoki współczynnik zakresu pojemności /100:1/ przy liniowym wzroście kosztów osiągnięto dzięki technice modułowej, w której rozbudowa sterowania i pola komutacyjnego odbywa się poprzez dodawanie kolejnych zespołów. Dużą rolę również odegrała standaryzacja w systemie ITT 1240, tzn. zastosowania standardowych, identycznych sprzętowo zespołów sterujących oraz zastosowanie w polu komutacyjnym cyfrowego elementu komutacyjnego jako podstawowej jednostki funkcjonalnej.

Dużą zaletą architektury systemu ITT 1240 jest łatwość adaptacji central do danych warunków sieci i wymagań administracji oraz niewielkie koszty z tym związane. Adaptacja central do konkretnych warunków sieci ograniczona jest do minimum dzięki spełnieniu dwóch zasad projektowania, a mianowicie:

- struktura sprzętu i oprogramowania nie zależy od obciążenia ruchowego;
- projektowanie sprzętu opiera się na daleko posuniętej standaryzacji, np. budowa abonenckiego zespołu liniowego nie zależy od rodzaju łącza, lecz skojarzonych z nim programów.

Adaptacja central do wymagań administracji nie sprawia trudności dzięki:

- standaryzacji podstawowego oprogramowania i sprzętu dla dowolnych warunków pracy oraz zastosowaniu szeregu ich wariantów dla konkretnych wymagań,
- zastosowaniu standardowych interfejsów pomiędzy modułami centrali, umożliwiającymi łatwą ich wymienialność.

Zapewniono możliwość ewolucji systemu wraz z powstaniem nowych technologii dzięki zastosowaniu techniki modułowej. Powstała koncepcja modułów wirtualnych. Każdy taki moduł składający się ze sprzętu i odpowiedniego oprogramowania sterująco-utrzymawczego można wymienić na inny spełniający te same funkcje.

3.2. Podstawowe cechy architektury sterowania rozproszonego

Sterowanie rozproszone jest terminem ogólnym określającym strukturę wielu fizycznie rozdzielonych procesorów w dużym systemie, takim jak system sterowania centrali telefonicznej. Wyróżniamy trzy rodzaje rozproszenia:

Rozproszenie funkcjonalne, tzn. takie, w którym każdy procesor wykonuje inny zestaw funkcji. Pomijając możliwość dublowania lub innych sposobów rezerwowania sprzętu, każdy procesor spełnia unikalną grupę funkcji i ma jedyny w swoim rodzaju zbiór programów. W przypadku awarii, gdy uszkodzony procesor nie jest dublowany i nie jest możliwa rekonfiguracja funkcjonalna, zbiór jego funkcji nie jest wykonywany.

Rozproszenie hierarchiczne, tzn. takie, w którym każdy procesor pełni określoną rolę, wynikającą z przyjętej hie-

rarchii sterowania. Przy odpowiednim zaprojektowaniu możliwe jest wielokrotne użycie jednego typu procesora /na różnych stopniach hierarchii/, aczkolwiek jest tendencja, aby każdy typ procesora wraz z oprogramowaniem na danym stopniu hierarchicznym stanowił jednostkę jedyną w swoim rodzaju. W przypadku awarii, gdy uszkodzony procesor nie jest zastępowany drugim, wszystkie zespoły systemu znajdujące się w hierarchii poniżej uszkodzonego procesora są wyłączone z ruchu.

Rozproszenie przestrzenne, tzn. takie, w którym każdemu procesorowi przyporządkowana jest część wszystkich zadań centralowych /np. wszystkie funkcje związane z obsługą grupy abonentów/. W przypadku awarii w sytuacji gdy nie ma zastępującego procesora, jej skutki odczuwane są przez niewielką grupę abonentów.

W nowoczesnych centralach ze względu na technologię mikroprocesorową stosuje się jeden lub więcej rodzajów rozproszenia. Rodzaje rozproszenia rzutują na efektywność, z jaką centrala realizuje nałożone na nią wymagania.

W centrali ITT 1240 fizyczna struktura sterowania jest przestrzennie rozproszona, natomiast w strukturze oprogramowania zastosowano wszystkie trzy rodzaje rozproszenia funkcjonalne, hierarchiczne i przestrzenne.

3.3. Charakterystyka ogólna architektury centrali ITT 1240

Konstrukcja przestrzennie rozproszonego systemu stwarza istotne problemy projektowe, z których zasadniczym jest komunikacja między procesorami. Tradycyjne sposoby, spotykane w klasycznych sieciach komputerowych w postaci struktur ze wspólną szyną, oraz stosowane w systemach procesorowych, z powodzą ze względu na dużą liczbę komunikacji międzyprocesorowych w centrali o dużej liczbie procesorów. W centrali ITT 1240 rozwiązano ten problem przy użyciu pola komutacyjnego. Skoro większość procesorów zaangażowana jest do zestawiania i utrzymywania dróg rozmównych dla skojarzonych z nimi grup

abonentów, wykorzystano tę drogę do komunikacji międzyprocesorowej kanałami 64 kbit/s. Narzuca to dodatkowe wymagania na pole komutacyjne, a mianowicie:

- bezpośrednie sterowanie: pole musi być sterowane bezpośrednio przez zespoły inicjujące proces połączenia, bez dodatkowych zespołów sterujących wyborem drogi połączeniowej;
- sztuczna eliminacja blokady: najmniejsza blokada opóźnia komunikację między zespołami sterującymi i w efekcie czas odpowiedzi centrali-osiągnięto to w systemie dzięki wyeliminowaniu mechanizmu szukania wolnej drogi przejścia przez całe pole komutacyjne;
- krótki czas zestawienia drogi połączeniowej /1-2 ms/: dłuższy czas zestawiania drogi połączeniowej dla komunikacji międzyprocesorowej wydłużyłby czas oczekiwania na połączenie rozmówne;
- liniowa rozbudowa: przestrzennie rozproszony system, mający liniowe charakterystyki rozbudowy w szerokim zakresie pojemnościowym centrali, wymaga podobnych możliwości rozbudowy pola komutacyjnego, jeśli chodzi o ilość komutowanych łączy i obciążalność ruchową.

Pole komutacyjne centrali ITT 1240 spełnia te cztery kryteria i w ten sposób stanowi centralny punkt rozproszonej architektury centrali. Szczegółowy opis pola znajduje się w pkt. 7.

Zasadniczo centrala ITT 1240 składa się z zestawu bloków funkcjonalnych lub modułów, z których każdy zawiera swój własny mikroprocesor. Dołączane są one do cyfrowego pola komutacyjnego zarówno dla połączeń rozmównych, jak i dla wymiany wiadomości pomiędzy zespołami sterującymi /rys. 1/. Każdy z tych modułów posiada bądź to sprzęt i oprogramowanie do obsługi grupy urządzeń końcowych /60 abonentów lub 30 łączy/, bądź to sprzęt i oprogramowanie do wspomaganie funkcji centralowych /zespoły nadajników i odbiorników sygnałów wielo-częstotliwościowych, komputerowe urządzenia peryferyjne,

ckich lub 240 łączy międzycentralowych, w każdej zaś grupie spotykamy rozproszenie hierarchiczne, procesory w TCE obsługują wyposażenia końcowe, spełniają funkcje przepatrywania i sterowania układami, podczas gdy kierowanie obsługą połączenia i sygnalizacja zapewnione są przez zespoły ACE;

- funkcje wspomagające: gdzie występuje rozproszenie funkcjonalne; wykonywane są one przez moduły nadajników i odbiorników sygnałów wieloczęstotliwościowych, komputerowych urządzeń peryferyjnych, generatorów sygnałów zegarowych i akustycznych; do funkcji tych należą również zadania centralowej bazy danych, wykonywane przez pary systemowych zespołów ACE - każda taka para zespołów ACE zarządza danymi niezbędnymi do współpracy sieci;
- funkcje eksploatacyjne: do nich należy uaktualnienie bazy danych, pomiary, taryfikacja i in. - funkcje te są hierarchicznie rozproszone; najwyższy stopień hierarchii stanowi para systemowych zespołów ACE; niższe stopnie hierarchii są reprezentowane przez zespoły ACE i TCE; te oba typy zespołów sterujących współpracują z modułami komputerowych urządzeń peryferyjnych oraz z systemowymi zespołami ACE;
- funkcje utrzymaniowe: są one hierarchicznie rozproszone; na szczycie hierarchii znajdują się moduły komputerowych urządzeń peryferyjnych, zaś wszystkie pozostałe procesory tworzą niższy szczebel w hierarchii.

Jakkolwiek w całej strukturze sterowania zastosowano różne formy rozproszenia w celu spełnienia różnorodnych wymagań, to kluczem koncepcji architektury centrali ITT 1240 jest przestrzenne rozproszenie sterowania obsługi połączeń.

3.4. Interfejsy standardowe

Interfejs standardowy jest to zespół pośredniczący w komunikacji pomiędzy dwoma modułami. Spełnia on wszystkie wymagania stawiane zespołowi pośredniczącemu w komunikacji pomiędzy modułami i posiada ściśle zdefiniowane mechanizmy komunikacyjne i procedury wymiany informacji.

Wyróżniamy dwa rodzaje interfejsów standardowych: sprzętowe i programowe. Interfejsy sprzętowe mają ściśle określoną liczbę przewodów, charakterystyki elektryczne, zależności czasowe sygnałów elektrycznych i fizyczną naturę połączeń. Interfejsy programowe zaś mają określoną strukturę kodowania i protokoły wiadomości przesyłanych za ich pośrednictwem.

Interfejsy standardowe posiadają szereg zalet. Pozwalają na łatwe dokonywanie zmian w wyposażeniach końcowych bez wpływu na pozostałe zespoły centrali, jak również umożliwiają bezpośrednią komunikację pomiędzy różnymi funkcjonalnie zespołami wyposażenia końcowych. Przykładem jest standardowy interfejs transmisyjny pomiędzy zespołem sterującym TCE, a polem komutacyjnym, który pozwala łączyć różnorodne zespoły wyposażenia końcowych /analogowe i cyfrowe*wyposażenie abonenckie, analogowe i cyfrowe wyposażenie łączy międzycentralowych itd./ z polem komutacyjnym /patrz rys.3./. Oprócz tego standardowe interfejsy spełniają warunki łatwej rozbudowy pola komutacyjnego.

3.4.1. Standardowe interfejsy sprzętowe

W centrali ITT 1240 wyróżniamy trzy podstawowe standardowe interfejsy sprzętowe w modelu wyposażenia końcowego /rys. 3/:

- interfejs transmisyjny z końcówką synchroniczną do układów wyposażenia końcowego i asynchroniczną do pola komutacyjnego,
- szyna systemowa małej szybkości do sterowania układów wyposażenia końcowego,
- szyna systemowa dużej szybkości do komunikacji z pamięciami.

Oprócz tego istnieje interfejs baterii zasilania -48 V napięcia nominalnego i interfejs wewnątrzcentralowych sygnałów zegarowych. Zewnętrzne interfejsy, takie jak abonenckie zespoły liniowe i zespoły liniowe łączy międzycentralowych, sto-

sowane w różnych systemach central występują także w centrali ITT 1240.

3.4.2. Standardowe interfejsy programowe

Oprogramowanie każdego procesora można podzielić na oprogramowanie użytkowe i system operacyjny. Programy użytkowe występują w postaci elementarnych modułów oprogramowania FMM - /ang. finite message machines/ i wspomagających modułów oprogramowania SMM - /ang. system support machines/. W oprogramowaniu użytkowym wyróżniamy dwojakiego rodzaju standardowe interfejsy obsługiwane przez system operacyjny, są nimi wiadomości /ang. message/ i wywołania procedur. Interfejsy w postaci wiadomości występują pomiędzy modułami FMM oraz zazwyczaj pomiędzy modułami SMM a modułami FMM. Natomiast wywołania procedur występują pomiędzy modułami FMM a modułami SMM. Komunikacja w ramach tego samego zespołu sterującego dokonywana jest bezpośrednio przez system operacyjny, który przesyła zawartość wiadomości do FMM przeznaczenia. Komunikacja zaś pomiędzy dwoma modułami FMM w dwóch różnych zespołach sterujących rozpoczyna się formatowaniem treści wiadomości przez system operacyjny, następnie za pomocą sprzętowego interfejsu transmisyjnego, wiadomość przesyłana jest poprzez pole komutacyjne do docelowego zespołu sterującego. W tym zespole system operacyjny odbiera wiadomości, identyfikuje moduł przeznaczenia i wywołuje go. Najważniejszy więc standardowy interfejs programowy składa się z wiadomości zawierającej nagłówek, w którym jest nazwa modułu FMM przeznaczenia, informacje do przesłania wraz z adresem wejściowym systemu operacyjnego oraz adres modułu FMM źródłowego. Nagłówek zawiera również adres łącznika dostępu pola komutacyjnego, do którego dołączony jest docelowy zespół sterujący, w przypadku gdy moduły FMM są w różnych procesorach. Trzecim standardowym interfejsem programowym, dotyczącym jedynie systemu operacyjnego, jest interfejs transferu wiadomości poprzez pole komutacyjne. Tworzony on jest przez standardowy sprzętowy interfejs transmi-

syjny i jego protokoły oraz sekwencje i formaty potrzebne doysterowania stopni pola komutacyjnego.

3.5. Wirtualny sprzęt

Konceptcja wirtualnego sprzętu składającego się z wirtualnych łączy abonenckich i łączy międzycentralowych, wirtualnych procesorów i innych zespołów wywodzi się z potrzeby zapewnienia niezależności oprogramowania komutacyjnego w stosunku do sprzętu, który ulega różnym zmianom bądź to z powodu zastosowań w różnego rodzaju centralach lub sieciach, bądź to w wyniku postępu technologicznego. Dla każdego wyposażenia opracowuje się program, zwany handlerem, który uwzględnia szczegółowe charakterystyki sprzętu, poziomy sygnałów itd., tego wyposażenia spełniając w ten sposób rolę bufora pomiędzy właściwym oprogramowaniem użytkowym. Szczegółowe parametry sprzętowe są niewidoczne dla programów obsługi typowych procedur telefonicznych /zwanych dalej programami użytkowymi/, a sprzęt wraz ze swoim handlerem, zwany dalej sprzętem wirtualnym, przekształca sygnały układów wyposażenia końcowych na sekwencje niezbędne do realizacji tych procedur. Jakiegokolwiek zmiany w sprzęcie powodują zmiany w skojarzonym handlerze, natomiast wszystkie programy użytkowe pozostają niezmiennie.

W przypadku wirtualnych łączy abonenckich oprogramowanie użytkowe obsługuje takie zdarzenia i rozkazy, jak: wykrycie podniesienia mikrotelefonu, przesyłanie sygnałów wybierczych, zgłoszenie się abonenta i zakończenie rozmowy. Natomiast dopasowanie do fizycznych parametrów łączy abonenckiego, jak np. potrzeba napięcia kompensacyjnego w przypadku linii długiej, zapewnia handler. Tenże handler wykonuje również pewne usługi eksploatacyjne związane ze sprzętem, jak np. testowanie aparatów telefonicznych, określanie właściwego równoważnika linii itd. W analogiczny sposób jak dla łączy abonenckich oprogramowanie użytkowe jest niezależne od charak-

terystyk sprzętowych każdego typu łączy międzycentralowego dzięki odpowiedniemu handlerowi.

Konceptję wirtualnego sprzętu rozszerza się również na procesory. Ich charakterystyki, jak np. kod operacyjny, są nieistotne dla oprogramowania centralowego. W procesorze wirtualnym rolę handlera pełni kompilator języka wyższego rzędu, w którym to języku zakodowane są programy użytkowe i pewne fragmenty systemu operacyjnego. W przypadku zmiany typu procesora wymagana jest zmiana kodu wynikowego kompilatora i pewne niewielkie zmiany w systemie operacyjnym. W pozostałych wyposażeniach, takich jak nadajniki i odbiorniki sygnałów akustycznych, interfejsy człowiek-maszyna, pamięć masowa, zespoły połączeń konferencyjnych, maszyny mówiące, zachowana jest również niezależność programów użytkowych od charakterystyk sprzętu za pomocą odpowiedniego handlera.

4. STRUKTURA I DZIAŁANIE SPRZĘTU CENTRAL

4.1. Organizacja sprzętu centrali ITT 1240

Organizację centrali ITT 1240 każdego typu można przedstawić za pomocą schematu blokowego podanego na rys. 1. Różnice mogą wystąpić jedynie w zakresie liczby i rodzajów modułów wyposażenia końcowych, nazywanych w skrócie modułami, czy pomocniczych zespołów sterujących oraz wielkości pola komutacyjnego. Centralną częścią struktury centrali /rys. 1/ jest cyfrowe pole komutacyjne, do którego dołączone są specjalizowane funkcjonalnie moduły sprzętowe z wbudowanymi w nie zespołami sterującymi oraz tzw. pomocnicze zespoły sterujące. Pole to pozwala zestawiać drogi dla przesyłania cyfrowych sygnałów rozmównych, a także umożliwia wymianę różnego typu informacji /np. sterujących, sygnalizacyjnych/ między modułami oraz między modułami a pomocniczymi zespołami sterującymi /wg zasady "każdy z każdym"/. Możliwość komunikowania się zespołów sterujących poprzez cyfrowe pole komutacyjne, drogami tymi samymi co dla próbek mowy usuwa potrzebę stosowania spe-

cyfryzowanych łączy między modułami, co stanowi poważną zaletę systemu. Samo pole komutacyjne zbudowane jest z tzw. cyfrowych elementów komutacyjnych, zapewniających komutację czasowo-przestrzenną każdego z 512 kanałów przyjeściowych traktów PCM - z każdym z 512 kanałów wyjściowych traktów PCM. Cyfrowy element komutacyjny mieści się na jednym pakiecie. Pozwala to w prosty sposób zmieniać pojemność pola komutacyjnego centrali /szczegóły w pkt. 7/.

Sterowanie centralą jest rozproszone i ma strukturę hierarchiczną. Nadrzędnymi elementami sterującymi są tzw. pomocnicze zespoły sterujące /ACE/, wśród których istnieje specjalizacja. Rozproszenie sterowania przejawia się przede wszystkim w wyposażeniu każdego modułu w zespół sterujący modułu wyposażenia końcowego /TCE/, kierujący przebiegiem realizacji charakterystycznych dla danego modułu funkcji oraz nadzorujący jego współpracę z otoczeniem.

4.2. Koncepcja modułu wyposażenia końcowego

Jak już wspomniano wcześniej, jedną z podstawowych cech central systemu ITT 1240 jest ich modułowość. Moduły, a ściślej moduły wyposażenia końcowego, są integralnymi zestawami sprzętu, przeznaczonymi do spełniania określonych grup zadań, np. obsługi łączy analogowych czy łączy cyfrowych.

Wszystkie moduły wyposażone zostały w identyczne zespoły sterujące, wszystkie też połączone są z polem komutacyjnym w ten sam sposób. Niezależnie od rodzaju modułu, jego budowę można przedstawić za pomocą schematu blokowego, podanego na rys. 3. Moduł wyposażenia końcowego składa się więc z dwu części:

- wyposażenia końcowego /T/,
- zespołu sterującego wyposażenia końcowego /TCE/.

Wyposażenie końcowe jest to zestaw układów bezpośrednio umożliwiających współpracę centrali z określonym otoczeniem, np. łączami, urządzeniami do dialogu człowiek-maszyna, pamięciami masowymi, stanowiskami telefonistek. Istnieje duże

zróznicowanie budowy układów wyposażenia końcowych poszczególnych modułów. Zostanie to uwidocznione w dalszych punktach tego rozdziału. Układy wyposażenia końcowego połączone są z interfejsem wyposażenia końcowego / w TCE / za pomocą jednego lub częściowej dwóch 32-kanałowych traktów PCM, co ogranicza liczbę zestawów tych układów w obrębie jednego modułu do sześćdziesięciu.

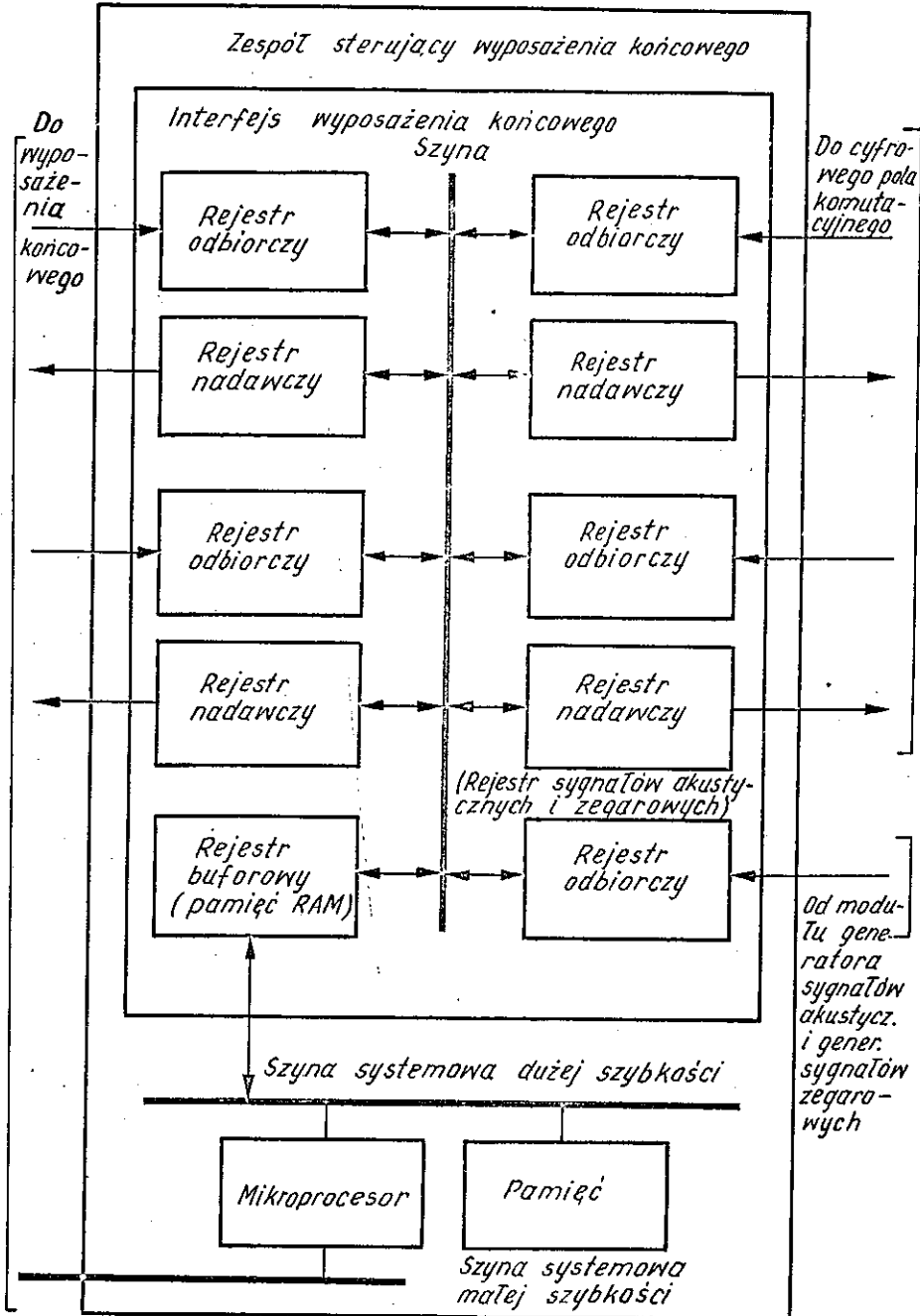
Sterowanie układów wyposażenia końcowego zapewnia mikroprocesor za pośrednictwem szyn systemowych. Rys. 3 przedstawia najczęściej występujący przypadek stosowania do tego celu szyny systemowej małej szybkości. Zespół sterujący modułu wyposażenia końcowego TCE składa się z:

- a/ interfejsu wyposażenia końcowego,
- b/ mikroprocesora,
- c/ pamięci,
- d/ szyn systemowych /szyny małej szybkości i szyny dużej szybkości/.

Interfejs wyposażenia końcowego /Interfejs TCE/ pośredniczy w wymianie informacji między:

- wyposażeniem końcowym a polem komutacyjnym,
 - mikroprocesorem i jego pamięcią a polem komutacyjnym,
 - mikroprocesorem i jego pamięcią a wyposażeniem końcowym tego samego modułu,
- a ponadto stanowi bufor dla sygnałów wysyłanych przez moduł generatora sygnałów zegarowych i generatora sygnałów akustycznych po wydzielonych łączach. Budowę interfejsu TCE przedstawia rys. 6. Rejestry tworzące interfejs mają wiele cech wspólnych z rejestrami cyfrowego pola komutacyjnego z niżej wymienionymi wyjątkami.

1. Rozkazy do zestawiania dróg rozmównych przez interfejs TCE pochodzą zwykle z mikroprocesora, a nie od strony pola komutacyjnego.



Rys. 6. Schemat blokowy interfejsu wyposażenia końcowego

2. Podczas gdy w polu komutacyjnym jeden kanał przejściowy może być połączony z jednym kanałem wyjściowym, to w interfejsie TCE jeden kanał przyściowy może zostać przyłączony do kilku kanałów wyjściowych. Pozwala to w prosty sposób przyłączyć jedno źródło /kanał/ sygnałów akustycznych lub sygnałów rozmównych do kilku lub wszystkich łączy rozmównych.

Mikroprocesor steruje ładowaniem rejestrów i pobieraniem z nich informacji. Dostęp do nich ma zapewniony po szynach systemowych dużej szybkości. W celu wykonania funkcji związanych z zestawianiem połączeń, funkcji utrzymaniowych i zarządzających, mikroprocesor wymienia wiadomości z pozostałymi zespołami sterującymi /TCE i ACE/ poprzez interfejsy wyposażenia końcowych i poprzez pole komutacyjne. Do budowy zespołów TCE /podobnie jak i ACE/ używane są popularne, łatwo dostępne /na rynkach zachodnich/ mikroprocesory 16-bitowe. W aktualnych rozwiązaniach zastosowano mikroprocesor Intel 8086.

Pamięć. W zespołach sterujących wymagana jest dość duża pojemność pamięci - około 1 Mbajta. Dla przykładu, w przypadku użycia mikroprocesora Intel 8086 zastosowano pamięć o pojemności 1 Mbajta, zbudowaną z czterech pakietów o pojemności 256 kbajtów, na których umieszczono standardowe układy pamięci dynamicznych RAM o pojemności 64 kbajtów.

Szyny systemowe. Są dwa typy szyn między mikroprocesorami w zespołach sterujących i ich otoczeniem:

- 1/ szyna systemowa małej szybkości,
- 2/ szyna systemowa dużej szybkości.

Szyna małej szybkości jest używana przez mikroprocesor do współpracy z układami wyposażenia końcowych w:

- modułach analogowych i cyfrowych łączy abonenckich,
- modułach analogowych i cyfrowych łączy międzycentralowych,
- module komputerowych urządzeń peryferyjnych /do komunikacji z wolnymi urządzeniami we/wy/.

Szyna systemowa małej szybkości zawiera 13 przewodów, po których przesyłane są adresy i dane /praca z podziałem czasowym/; dane mają postać słów 8-bitowych.

Szyna systemowa dużej szybkości służy do współpracy z interfejsem TCE oraz szybkimi komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi. Jest używana przez mikroprocesor, gdy zachodzi potrzeba skorzystania z pamięci głównej. W przeciwieństwie do szyny małej szybkości przewody do przesyłania danych i do przesyłania adresów są rozdzielone, a oprócz tego wydzielone są przewody dla mikroprocesorowych sygnałów sterujących. Dane przesyłane są po 16 przewodach.

Pomocniczy zespół sterujący ACE figuruje w centrali na zasadzie samodzielnego modułu sprzętowego, różni się od niego tym, że nie posiada układów wyposażenia końcowego, a jedynie zespół sterujący będący nadrzędnym elementem sterującym dla modułów. Schemat blokowy ACE nie różni się od schematu TCE, a do budowy obu tych zespołów używane są takie same układy scalone.

4.3. Rodzaje modułów

4.3.1. Rodzaje modułów

W tabelicy 1 podane zostały opracowane dotychczas /a opisane lub tylko wymienione w dostępnych materiałach [1], [2]/ rodzaje modułów. Można z nich zestawiać wszystkie rodzaje i typy central w sieci miejscowej, międzymiastowej i międzynarodowej. Zgodnie z założeniami lista ta nie jest zamknięta. Wraz z rozwojem i integracją usług będą mogły być dodawane różne wersje wymienionych modułów oraz nowe moduły.

Ponadto w tabelicy 1 zaznaczono za pomocą znaku "X", z jakich modułów tworzone są koncentratory wyniesione /RSU/ i centrale

- lokalne nadzorowane /LSE/
- lokalne nadrzędne /LIE/

Rodzaje modułów

Tablica 1

Moduł:	RSU	LSE	LIE	TE	IE
Analogowych łączy abonenckich	x	x	x	-	-
Cyfrowych łączy abonenckich	-	x	x	-	-
Dołączania wyniesionego stopnia abonenckiego	-	x	x	-	-
Analogowych łączy międzycentralowych	-	x	x	x	x
Cyfrowych łączy międzycentralowych	-	x	x	x	x
Do współpracy z centralą nadrzedną	-	x	-	-	-
Do współpracy z centralą nadzorowaną	-	-	x	-	-
Nadajników i odbiorników sygnałów wieloczęstotliwościowych	-	x	x	x	x
Generatora sygnałów zegarowych i generatora sygnałów akustycznych	-	x	x	x	x
Kombinowany nadajników i odbiorników sygnałów wieloczęstotliwościowych oraz generatora sygnałów zegarowych i sygnałów akustycznych	-	x	x	-	-
Komputerowych urządzeń peryferyjnych	-	-	x	x	x
Kombinowany łączy międzycentralowych oraz komputerowych urządzeń peryferyjnych	-	-	x	x	x
Kombinowany łączy międzycentralowych i układów systemu rozdzielczego PCM	x	-	-	-	-
Dołączania stanowisk telefonistek	-	-	x	x	x
Międzycentralowych łączy ręcznych	-	-	x	x	x
Połączeń konferencyjnych	-	x	x	x	x
Zapowiedzi słownych	-	x	x	x	x
Powielania zapowiedzi słownych	-	x	x	x	x
Badania łączy międzycentralowych	-	-	-	x	x
Badania ręcznych	-	-	-	x	x
Sygnalizacji w kanale wspólnym /system sygnalizacji CCITT nr 7/	-	-	x	x	x
Transmisji danych	-	x	x	x	x

- międzymiastowe /TE/,
- międzynarodowe /IE/.

Najczęściej używane moduły zostały opisane w dalszej części tego punktu. Ponieważ zespoły sterujące TCE wszystkich modułów mają jednakową budowę / co zostało już przedstawione w punkcie 4.2/, zwrócona będzie uwaga na ich części charakterystyczne, tzn. na wyposażenia końcowe.

Liczba poszczególnych modułów dołączonych do centrali może być różna. Zależy ona m.in. od rodzaju i typu centrali, obciążenia ruchem, wymagań niezawodnościowych i utrzymaniowych określonych przez służby eksploatacyjne. Na przykład, ze względów niezawodnościowych moduł komputerowych urządzeń peryferyjnych, moduł generatora sygnałów zegarowych i generatora sygnałów akustycznych, moduł nadajników i odbiorników sygnalizacji sygnałów wieloczęstotliwościowych są dublowane. W innych modułach wymagania niezawodnościowe są spełniane przez limitowanie liczby układów wyposażenia końcowych, np. łączy międzycentralowych do trzydziestu /maksymalnie mogłoby być sześćdziesiąt/.

4.3.2. Moduł analogowych łączy abonenckich

Moduł ten składający się z wyposażenia końcowego i zespołu sterującego pokazany jest na rys. 7. W skład zestawu układów wyposażenia końcowego wchodzi:

- abonenckie zespoły liniowe /dla 60 linii abonenckich/,
- kodery i filtry,
- multipleksery,
- dwa układy dzwonienia /każdy dla 30 łączy/.

Szczególną cechą abonenckich zespołów liniowych w systemie ITT 1240 jest automatyczne /możliwość programowania charakterystyki prądu zasilania/ dopasowanie układów zasilania do parametrów łączy, a w rezultacie niski pobór mocy. Wysyłanie prądu dzwonienia przebiega pod kontrolą programu. Poszczególne łącza danej grupy /30 łączy/ dołączane są do układu

dzwonienia za pomocą przekaźników, umieszczonych w abonenckich zespołach liniowych.

Na jednym stojaku umieszcza się osiem modułów analogowych łączy abonenckich. Jeden spośród nich, wyposażony jest dodatkowo w dołącznik badaniowy /2 pakiety/, który pośredniczy w badaniu łączy abonenckich. Dołącznik ten sterowany jest przez TCE tego modułu, w którym znajdują się jego pakiety. Poszczególne abonenckie zespoły liniowe danego modułu dołączane są do dwóch szyn testowych /rys. 7/ za pomocą dwóch przekaźników sterowanych przez mikroprocesor TCE. Ponieważ szyny testowe są zwielokrotnione do ośmiu modułów, mogą być badane i testowane wszystkie łącza abonenckie dołączone do danego stojaka /480 łączy/.

Dołącznik badaniowy wraz z testerem, umieszczonym w module generatora sygnałów zegarowych i sygnałów akustycznych, umożliwia programowi testującemu realizację wszystkich funkcji badaniowych dotyczących wyposażenia końcowych łączy abonenckich i samych łączy. Tester zawiera szybki procesor realizujący funkcje związane z cyfrową filtracją sygnałów oraz generacją sygnałów akustycznych.

4.3.3. Moduł cyfrowych łączy abonenckich

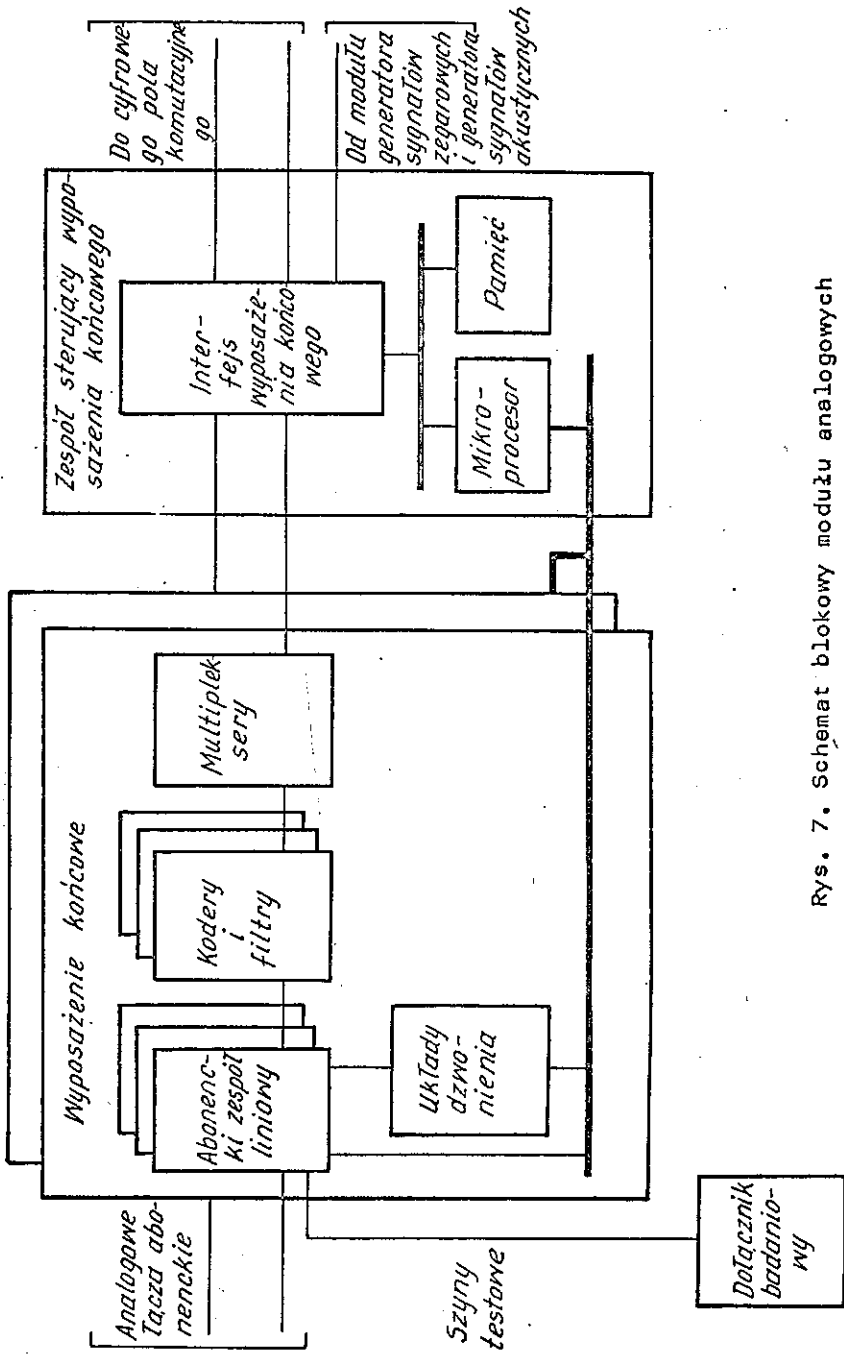
Moduł ten umożliwia abonentom posiadającym aparaty z kodekami łączność z centralą za pomocą cyfrowych łączy abonenckich. Jest on zbudowany podobnie jak moduł analogowych łączy abonenckich z tą różnicą, że abonenckie zespoły liniowe są przystosowane do współpracy z łączami cyfrowymi.

Do jednego modułu można przyłączyć 30 takich łączy.

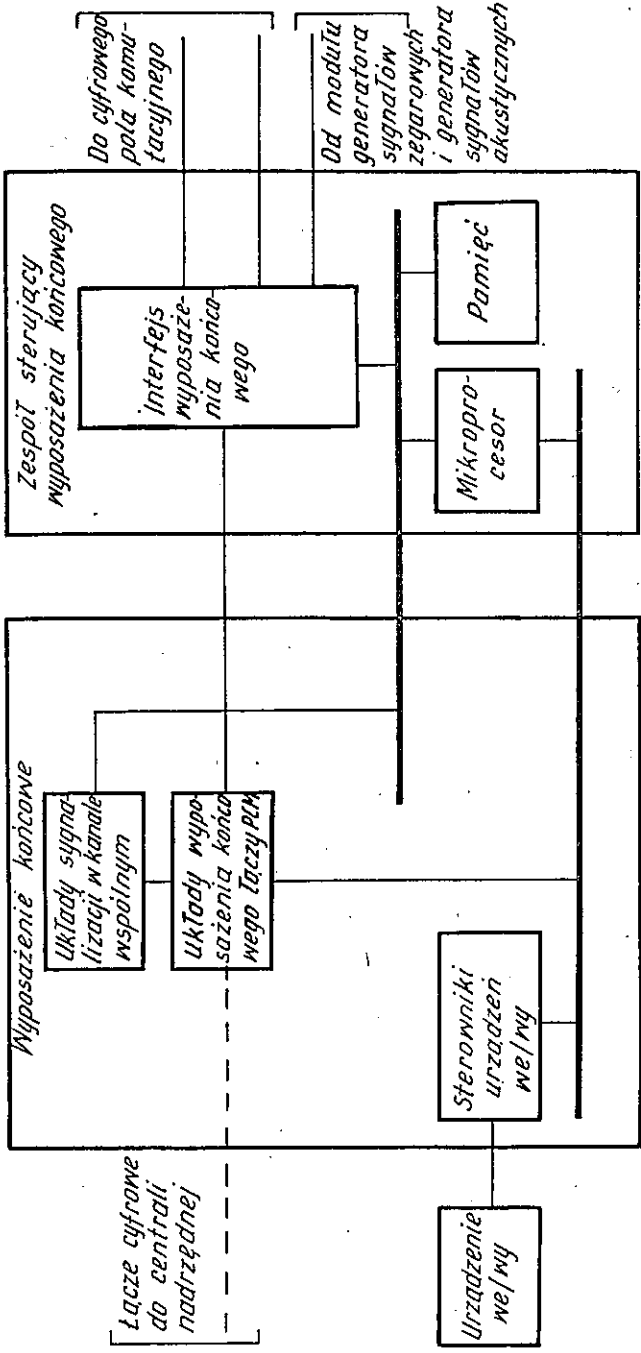
4.3.4. Moduł analogowych łączy międzycentralowych

Schemat tego modułu jest taki, jak schemat modułu analogowych łączy abonenckich /rys. 7/ z wyjątkiem układów dzwonienia, które w danym przypadku nie są potrzebne.

Ze względów ruchowych i niezawodnościowych liczba łączy międzycentralowych, dołączanych do tego modułu, została o-



Rys. 7. Schemat blokowy modułu analogowych
łączy abonenckich



Rys. 8. Schemat blokowy modułu do współpracy z centralą nadrzędną

graniczona do trzydziestu. Na jednym pakiecie umieszczane są zwykle trzy zespoły liniowe. W związku ze zróżnicowaniem łączy międzycentralowych obecnie stosowane są różne typy zespołów liniowych. W dalszym ciągu czynione są jednak próby maksymalnego zunifikowania tych zespołów.

4.3.5. Moduł cyfrowych łączy międzycentralowych

Wyposażenie końcowe tego modułu stanowią cyfrowe zespoły liniowe składające się z:

- translacji,
 - układów wyposażenia liniowego PCM.
- Cyfrowy zespół liniowy może być dwojakiego rodzaju:
- dla łączy PCM 24-kanałowych,
 - dla łączy PCM 32-kanałowych.

4.3.6. Moduł dołączania wyniesionego stopnia abonenckiego

Moduł ten ma taką samą budowę jak moduł cyfrowych łączy międzycentralowych - różni się od niego tylko oprogramowaniem. Umożliwia on dołączenie do centrali ITT 1240, za pomocą łączy cyfrowych, wyniesionego stopnia abonenckiego /RSU/, do którego przyłączanych jest maksymalnie 480 abonentów lub też kilku /max. 8/ takich stopni /RSU/ w odpowiedniej konfiguracji, obsługujących łącznie również nie więcej niż 480 abonentów. TCE opisywanego modułu stanowi nadrzędny element sterujący w stosunku do TCE w RSU. Komunikacja między mikroprocesorami tych zespołów sterujących przebiega w kanale 16 traktu PCM, według uproszczonej wersji systemu sygnalizacji w kanale wspólnym.

4.3.7. Moduł do współpracy z centralą nadrzędną oraz moduł do współpracy z centralą nadzorowaną

Oba te moduły połączone traktem PCM stanowią zestaw sprzętu, umożliwiający nadzór w zakresie eksploatacji i utrzymania

centrali nadzorowanej przez centralę nadrzędną. Wymiana wiadomości między nimi przebiega zgodnie z wymaganiami systemu sygnalizacji w kanale wspólnym. Pierwszy z wymienionych modułów umieszczony jest w centrali nadzorowanej, drugi - w centrali nadrzędnej.

Schemat blokowy modułu do współpracy z centralą nadrzędną pokazany jest na rys. 8.

Moduł do współpracy z centralą nadzorowaną zbudowany jest podobnie jak moduł wyżej podany; nie posiada on układów dołączania urządzeń we/wy /sterowników/, które znajdują się w module komputerowych urządzeń peryferyjnych używanych w centralach nadrzędnych.

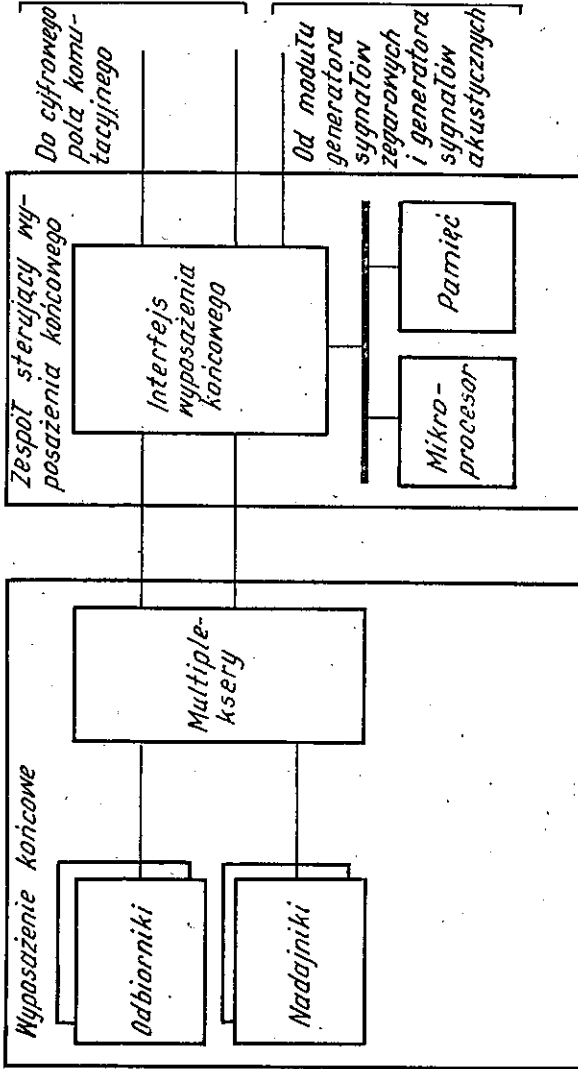
4.3.8. Moduł nadajników i odbiorników sygnałów wieloczęstotliwościowych

Moduł ten umożliwia realizację funkcji sygnalizacyjnych pięciu podstawowych systemów sygnalizacji kodem wieloczęstotliwościowym: R1, R2, CCITT nr 5, Socotel, aparatomym /klawiaturowym/. Został on tak zaprojektowany, że może być w prosty sposób przystosowany do spełniania dodatkowych, specyficznych wymagań służb eksploatacyjnych poszczególnych krajów w zakresie sygnalizacji.

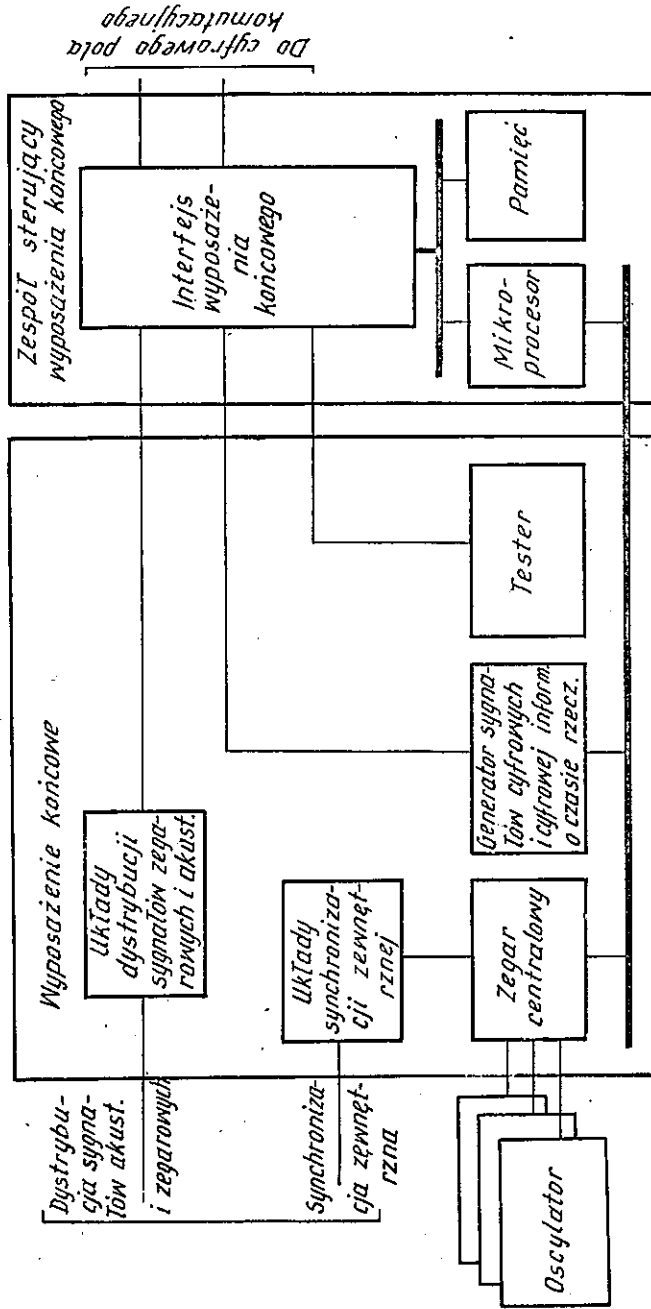
Generalnie rzecz biorąc, wyposażenie końcowe opisywanego tu modułu /rys.9/ składa się z 32 nadajników i 32 odbiorników każdego typu sygnalizacji przyłączanych okresowo do kanałów traktu PCM 30/32 za pośrednictwem multipleksera.

Zadaniem każdego odbiornika sygnalizacji jest okresowy odbiór 16-bitowych słów z odpowiedniego kanału PCM, wydzielenia 8-bitowych próbek sygnałów, ich obróbka /np. filtracja/ i analiza oraz przesyłanie wyników tej analizy do interfejsu TCE tegoż modułu, skąd są one transmitowane przez pole komutacyjne do odpowiednich zespołów sterujących.

Zadaniem nadajników jest generacja w postaci cyfrowej sygnałów wieloczęstotliwościowych i przekazywanie ich w formie słów 8-bitowych do interfejsu TCE, skąd są przekazywane poprzez pole komutacyjne do odpowiednich modułów.



Rys. 9. Schemat blokowy modułu nadajników i odbiorników
sygnałów wieloczęstotliwościowych



Rys. 10. Schemat blokowy modułu generatora sygnałów zegarowych i generatora sygnałów akustycznych

Wszystkie procesy realizowane przez ten moduł związane z filtracją, temporyzacją, ustaleniem poziomu i generacją sygnałów mają charakter cyfrowy, co zapewnia dużą dokładność i stabilność uzyskiwanych sygnałów.

4.3.9. Moduł generatora sygnałów zegarowych i generatora sygnałów akustycznych

Schemat blokowy tego modułu przedstawiony jest na rys.10. Zasadnicze funkcje modułu generatora sygnałów zegarowych i generatora sygnałów akustycznych są następujące:

- generowanie i dystrybucja sygnałów zegarowych centrali i sygnałów akustycznych,
- synchronizacja z zegarami otaczających central sieci,
- obliczanie i dystrybucja cyfrowych informacji o czasie rzeczywistym,
- generacja sygnałów akustycznych w celach badaniowych.

Wszystkie sygnały generowane i wysyłane przez ten moduł mają postać cyfrową. Ponieważ opisywany moduł jest zdublowany, istnieje możliwość korzystania z jednego z dwóch zegarów centralowych. Wyboru zegara dokonują umieszczone w każdym stojaku układy selekcji zegara.

Cyfrowe sygnały akustyczne i cyfrowe informacje o czasie rzeczywistym wraz z niezbędnymi informacjami synchronizacyjnymi rozprowadzane są do każdego modułu po łączach specjalnie do tego przeznaczonych PCM /również zdublowanych/, których 28 kanałów jest przeznaczonych do przesyłania sygnałów akustycznych, a 2 kanały - do przesyłania informacji o czasie rzeczywistym.

Informacje dotyczące zegara centrali, sygnałów akustycznych i czasu rzeczywistego mogą być wysyłane /w celach eksploatacji i utrzymania/ również poprzez interfejs zespołu sterującego opisywanego modułu i pole komutacyjne do zespołów sterujących wszystkich innych modułów.

Zasadniczo nad prawidłowym funkcjonowaniem poszczególnych bloków wyposażenia końcowego tego modułu czuwa jego własny zespół sterujący. Niemniej jednak personel utrzymaniowy może w każdej chwili skontrolować pracę zegara centrali, czy ustawić czas rzeczywisty. Odrębnym blokiem w omawianym module jest tester, który używany jest podczas automatycznego badania łączy.

4.3.10. Moduł komputerowych urządzeń peryferyjnych

W związku z dużą liczbą gromadzonych i przetwarzanych danych cyfrowych istnieje konieczność wyposażenia elektronicznych central telefonicznych w urządzenia komunikacji człowiek-maszyna, pamięci masowe i układy we/wy.

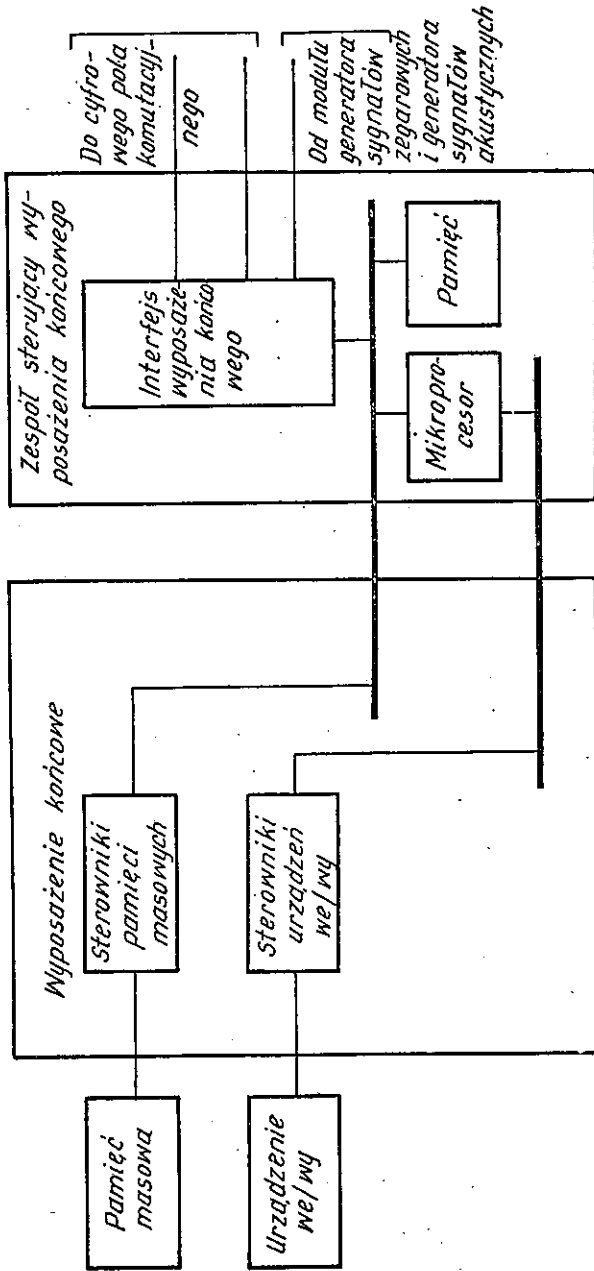
W systemie ITT 1240 takie możliwości daje moduł komputerowych urządzeń peryferyjnych, który zawiera interfejsy i sterowniki /rys. 11/ pozwalające dołączać i sterować:

- masowymi pamięciami stałymi /dyskowymi, taśmowymi/,
- drukarkami małej szybkości,
- monitorami ekranowymi,
- układami alarmowymi.

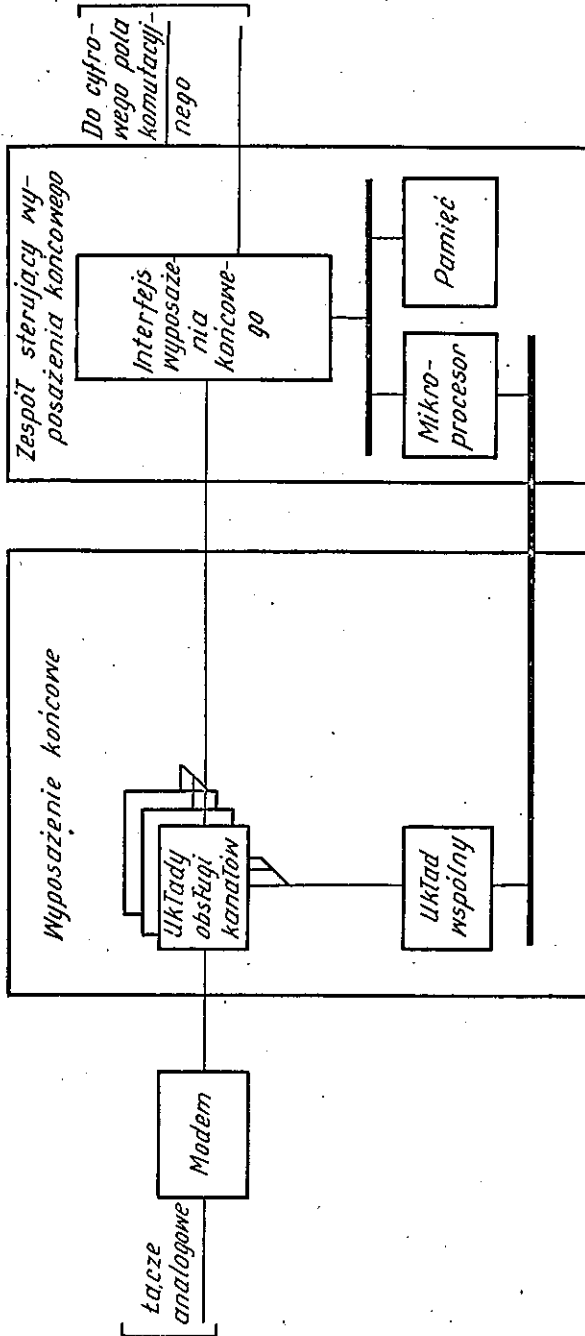
Moduł ten wraz z dołączonymi do niego urządzeniami peryferyjnymi stanowi wyposażenie do zarządzania, utrzymania i badania centrali ITT 1240.

Zespół sterujący /TCE/ tego modułu współpracuje z wolnymi urządzeniami we/wy /np. monitorami, drukarkami/ po szynach małej szybkości, natomiast z pamięciami masowymi za pomocą szyn dużej szybkości /rys. 11/.

Moduł komputerowych urządzeń peryferyjnych odgrywa nadrzędną rolę w systemie alarmowym centrali ITT 1240. Wyposażony jest w tablicę alarmów umożliwiającą sygnalizację dźwiękową bądź optyczną 32 alarmów, które nadchodzą z całej centrali. Każdy stojak centrali posiada układy do wykrywania alarmów. Są one sprawdzane przez zespół sterujący jednego z modułów umieszczonych w tym stojaku. Informacje o zaistnia-



Rys. 11. Schemat blokowy modułu komputerowych urządzeń peryferyjnych



Rys. 12. Schemat blokowy modułu sygnalizacji w kanale wspólnym

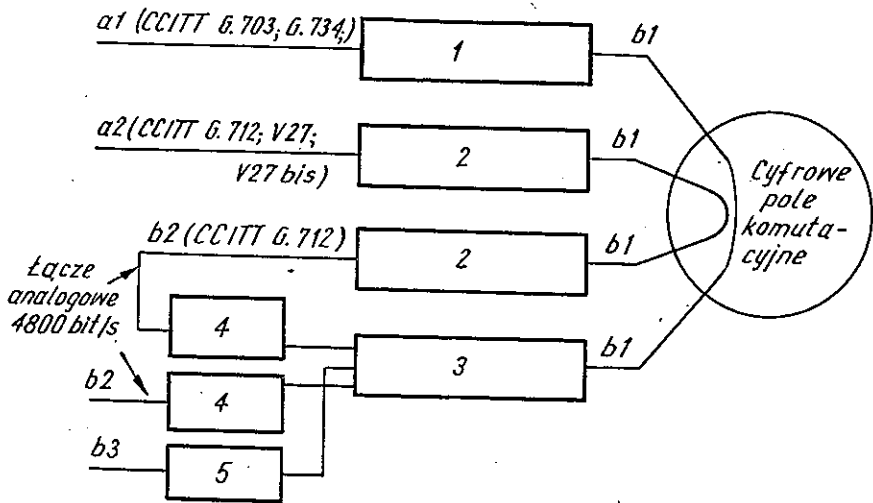
łych alarmach są wysyłane przez cyfrowe pole komutacyjne do modułu komputerowych urządzeń peryferyjnych, gdzie po analizie i klasyfikacji zostają zasygnalizowane na tablicy alarmów. Ze względów niezawodnościowych przyłącza się do centrali minimum dwa takie moduły.

4.3.11. Moduł sygnalizacji w kanale wspólnym

System sygnalizacji CCITT nr 7 w kanale wspólnym należy do najnowszych systemów sygnalizacji. Został zaprojektowany z myślą o przyszłościowych systemach telekomunikacyjnych /sieciach zintegrowanych/. Główną ideą tego systemu jest przesyłanie odpowiednio uformowanych bloków danych /zwanych jednostkami sygnalizacyjnymi, jednostkami informacyjnymi/ po różnych łączach i z różnymi szybkościami. Szczegółowy opis tego systemu jest obszerny i złożony, a podany jest w [1].

Zasadnicza część oprogramowania oraz sprzętu centrali ITT 1240 służąca realizacji wymiany sygnalizacji w systemie CCITT nr 7 skupiona jest w podanym tu module. Moduł ten w połączeniu z modemami lub modułami łączy międzycentralowych współpracuje z różnego rodzaju łączami o kategoriach podanych na rys. 13, natomiast schemat blokowy opisywanego modułu przedstawia rys.12. Wiadomości nadchodzące z otoczenia centrali do modułu sygnalizacji w kanale wspólnym za pośrednictwem interfejsów TCE innych modułów lub modemów /rys. 13/ są sprawdzane w układach obsługi kanałów co do poprawności odebranego bloku danych. W przypadku gdy analiza daje wynik pozytywny kierowane są poprzez układ "wspólny" do TCE. Następnie mikroprocesor sprawdza miejsce przeznaczenia odebranego bloku danych przez analizę jego etykiety, po czym blok ten zostaje:

- 1/ pominięty gdy adres jest niekompletny lub gdy centrala do której jest adresowany została wyłączona z ruchu;
- 2/ przekazany do przetwarzania na wyższym poziomie sterowania /do odpowiednich ACE/;



Rys. 13. Współpraca modułu sygnalizacji w kanale wspólnym z różnymi łączami

1 - moduł cyfrowych łączy międzycentralowych, 2 - moduł analogowych łączy międzycentralowych, 3 - moduł sygnalizacji w kanale wspólnym, 4 - V.27/V27 bis modem, 5 - V.36 modem

3/ przekazany do odpowiedniego modułu danej centrali w celu wysłania go do innej centrali /tranzyt/.

W celu zapewnienia niezawodności wymiany wiadomości za pomocą systemu sygnalizacji w kanale wspólnym zastosowano specyficzną organizację pracy modułów /podział ruchu, dublowanie, gorąca rezerwa/.

5. KONCEPCJA I REALIZACJA OPROGRAMOWANIA

5.1. Koncepcja sterowania i oprogramowania - wiadomości ogólne

Podstawową ideą koncepcji sterowania i oprogramowania central systemu ITT 1240 jest rozdział kompletnego zbioru

funkcji sterujących na szereg małych podzbiorów zlokalizowanych w specjalizowanych, prawie niezależnych od siebie, modułach funkcjonalnych. Podzbiory te są złożone z elementarnych modułów oprogramowania /FMM/, które komunikują się między sobą za pomocą standardowych, prostych procedur wymiany wiadomości, o ściśle zdefiniowanych formatach i treściach. Wymiana tych wiadomości odbywa się poprzez pole komutacyjne takimi samymi torami, jakie są zestawiane dla połączeń rozmównych.

Oprócz powyższej idei stosuje się w systemie ITT 1240 dwie inne, mianowicie: ideę cyfrowej maszyny wirtualnej oraz tzw. interfejsów rodzajowych.

Znaną wcześniej koncepcję maszyn wirtualnych wykorzystano w ten sposób, że poszczególne funkcje sterujące zostały tak pogrupowane, aby punkty bezpośredniego styku bloków oprogramowania, sterującego układami wykonawczymi, były odizolowane od oprogramowania sterującego realizacją funkcji centrali /wszystkie typowe "telefoniczne" funkcje rejestrowe, przelicznikowe, zaliczeniowe itp./. Tę izolację zapewniają specjalne małe moduły oprogramowania nazywane handlerami sprzętowymi. Dzięki temu w przypadku wprowadzenia nowych wersji technologicznych sprzętu nie zmienia się całego oprogramowania centrali, a tylko te, niewielkie jego obszary, w których zawarte są handlery.

Komunikacja pomiędzy poszczególnymi modułami oprogramowania odbywa się za pomocą tzw. interfejsów oprogramowania, które nie są uniwersalne dla wszystkich zespołów sterujących modułów wyposażenia końcowych i pozostałych modułów sterujących, a przeciwnie, są "dopasowane" do wszystkich rodzajów zespołów sterujących - stąd nazwa interfejs rodzajowy /ang. generic interface/. Dzięki temu przy wprowadzaniu w przyszłości, np. nowych usług czy sygnalizacji ogranicza się do minimum konieczność zmian w istniejących już modułach oprogramowania.

Cel, jaki przyświecał urzeczywistnieniu tych trzech przedstawionych idei, był trojaki. Po pierwsze, oprogramowanie

powinno być "odporne" na niekorzystne konsekwencje przyszłych nieuniknionych obecnie w ciągu "życia" centrali - zmian zarówno sprzętu /np. nowe wersje technologiczne mikroprocesorów/, jak i jego konfiguracji. Oznacza to, że zmiana sprzętu powoduje tylko minimalne albo żadne zmiany oprogramowania. Po drugie, oprogramowanie powinno być zrozumiałe i testowalne. Wcześniej wprowadzane w świecie systemy sterowania central telefonicznych, znane pod nazwą systemów uniprocessorowych /ze sterowaniem w pełni scentralizowanym/, jak wykazała długoletnia praktyka, ze względu na swoją złożoność i objętość były zrozumiałe tylko dla wąskiego grona twórców i nigdy nie były w pełni testowalne. Po trzecie, struktura oprogramowania powinna być taka, aby możliwe było łatwe wprowadzenie nowych funkcji w systemie już działającym.

Ponadto, w celu osiągnięcia dużej modularności i pewności pracy oprogramowania, zastosowano w systemie ITT 1240 większość znanych obecnie zdobyczy sztuki programowania, takich jak: programowanie strukturalne, języki wyższego poziomu oraz specjalne procedury kontrolne, stosowane w czasie różnych stadiów tworzenia oprogramowania.

Pozostałe dwie istotne cechy omawianej koncepcji oprogramowania, mianowicie idea pełnego rozproszenia funkcji sterujących, oraz to, że uszkodzenie zespołu sterującego ma wpływ na ograniczoną i małą liczbę łączu abonenckich czy centralowych są przedstawione w pkt. 2, 3 i 6.

5.2. Struktura oprogramowania

5.2.1. Modularyzacja oprogramowania - procedura podziału na moduły w trakcie opracowywania systemu

Tak jak każde typowe oprogramowanie o dużej objętości - oprogramowanie central systemu ITT 1240 składa się z dwóch typów programów: programów użytkowych, które sterują działaniem centrali oraz programów operacyjnych, które zapewniają zarządzanie programami użytkowymi. Pierwotnym celem

podziału całego oprogramowania na moduły było pogrupowanie zbiorów funkcji sterujących na dwa powyższe podzbiory.

Procedura podziału zbioru funkcji sterujących na moduły rozpoczęła się od opracowania kompletnego, przejrzystego zestawu wymagań techniczno-eksploatacyjnych na centrale telefoniczne z uwzględnieniem wszystkich odmian i rodzajów central znanych na świecie, przy czym wzięto pod uwagę funkcje, usługi i udogodnienia abonenckie podstawowe, jak też opcjonalne. Szczególnie wnikliwie przeanalizowane i poklasyfikowane zostały wszystkie znane na świecie podstawowe systemy sygnalizacji.

Kolejnym krokiem było opracowanie, na podstawie zebranych wymagań, kompletnej specyfikacji wszystkich funkcji central oraz utworzenie z nich hierarchicznych zbiorów funkcji, czyli pogrupowanie funkcji według kryterium hierarchii ważności. Zbiory te zostały z kolei podzielone na mniejsze części, tzw. podfunkcje, za pomocą metody analizy strukturalnej i techniki projektowej o obiegowym, znanym skrócie SADT /ang. Structured analysis and design techniques/. Dzielenia takiego dokonywano dalej aż do zidentyfikowania elementarnych zestawów funkcji. Elementarnych w tym sensie, że mogą być one wykonywane za pomocą jednego modułu oprogramowania, czyli elementarnego modułu oprogramowania - FMM. Każdy taki moduł elementarny został następnie opisany przez unikalny algorytm funkcjonalny. Oddzielnie zestawiono dla każdego modułu FMM zbiory sekwencji współpracy, które występują w przypadku dialogu z wszystkimi innymi modułami elementarnymi. Wspomniane sekwencje mają znormalizowany format - dalej będą nazywane wiadomościami łącznikowymi lub interfejsami standardowymi.

Dotąd przedstawione etapy opracowywania oprogramowania dotyczyły opisu oprogramowania w stanie statycznym. W warunkach dynamicznych pomiędzy modułami zaangażowanymi do pracy, przy "obsłudze" procesu, takiego jak zestawianie połączeń, czy przy zapisie danych do pamięci masowej, ma miejsce dwukierunkowa wymiana informacji. Dynamiczną charakterystykę każdego z modułów elementarnych przedstawiono za pomocą

szczegółowych algorytmów wymiany informacji pomiędzy poszczególnymi modułami przy realizacji różnego rodzaju zadań, jakie spełnia centrala.

Oba rodzaje algorytmów: algorytm funkcjonalny oraz algorytm wymiany informacji poszczególnych modułów posłużyły następnie do opracowania projektu oprogramowania każdego modułu. Dzięki opisanemu trybowi podziału i zdefiniowania modułów kolejne czynności projektowania, takie jak: projekt szczegółowy, kodowanie /z użyciem języka wyższego rzędu dla telefonii CCITT - CHILL/oraz testowanie każdego modułu, odbywało się w dużym stopniu niezależnie od innych modułów. Tak opracowany zestaw wszystkich modułów posłużył do stworzenia biblioteki modułów, która jest wykorzystywana jako dokumentacja produkcyjna modułów oprogramowania.

5.2.2. FMM - elementarne moduły oprogramowania

5.2.2.1. Zasada podziału i działania FMM

Zgodnie z tym, co już przedstawiono w pkt. 5.1, kompletny zbiór FMM służy do sterowania realizacją wszystkich funkcji centrali. Funkcje te są wykonywane przez zespoły sterujące modułów wyposażenia końcowych /TCE/ oraz zespoły sterujące pomocnicze /ACE/. Mają one oprogramowanie złożone z określonych zestawów FMM. Zestawy te są tworzone sponad 200 różnych typów FMM, które stanowią kompletne oprogramowanie systemu ITT 1240.

Cechą podstawową realizacji idei rozproszenia całego oprogramowania na małe zwarte moduły elementarne jest to, że komunikacja między nimi odbywa się na drodze wymiany pakietów danych-wiadomości/, nawet w takich przypadkach kiedy współpracujące ze sobą FMM są ulokowane w tym samym zespole sterującym. Taka zasada współpracy, zapewniająca dużą elastyczność oprogramowania, została zrealizowana w następujący sposób:

- współpraca modułów FMM odbywa się jedynie za pośrednictwem wymiany wiadomości, przy czym wiadomość stanowi pakiet danych;

- dowolny FMM jest w stanie odebrać oraz generować ściśle określony zestaw wiadomości wejściowych i wyjściowych;
- każdy FMM jest odpowiedzialny za odbiór jednej lub wielu wiadomości wejściowych, w wyniku których generuje jedną lub wiele wiadomości wyjściowych, przy czym sposób jego działania jest całkowicie uzależniony od sekwencji wiadomości jakie obsługuje, zatem odpowiedź FMM na określoną wiadomość jest integralnie związana z kolejnością odbieranych i nadawanych wiadomości i ich treścią.

Zestawianie i rozłączanie połączeń wymaga przejścia przez szereg stanów, takich jak np: podniesienie mikrotelefonu, oczekiwanie na wybieranie cyfr, oczekiwanie na zgłoszenie się Ab.B itp. Przejście z określonego stanu do innego jest wymuszone przez określony sygnał w torze abonenckim, taki jak np. impuls wybierczy, rozwarcie czy zamknięcie pętli obwodu łącząca.

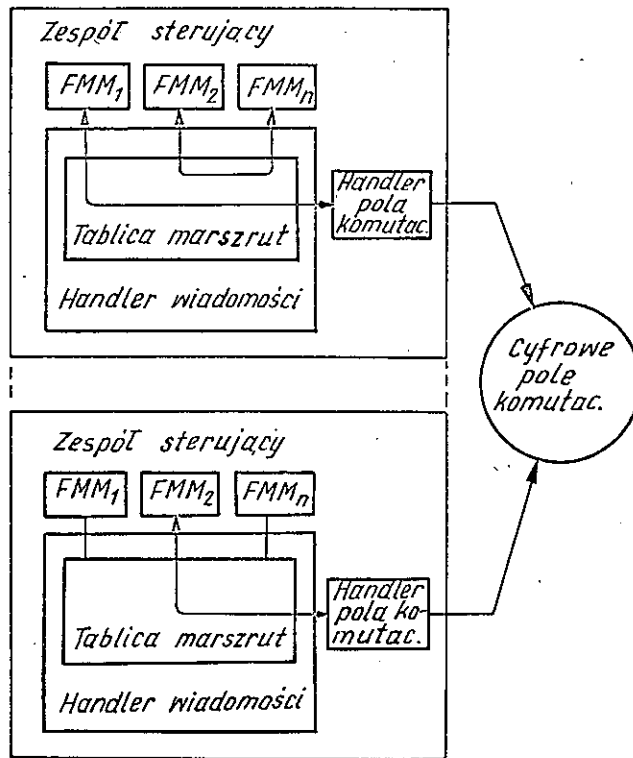
W każdym FMM jest zaprogramowana obsługa szeregu odrębnych takich stanów. W czasie obsługi określonego stanu, FMM może akceptować jedynie jedną ze zbioru wiadomości łącznikową pochodzącą od współpracujących FMM. Na przykład, jeśli jest to stan odbioru impulsów wybierczych - wiadomość łącznikowa na wejściu FMM może należeć tylko do zbioru następujących: "abonent odłożył mikrotelefon", "abonent wybrał cyfrę n", "maksymalny czas oczekiwania na następną cyfrę przekroczony". Po odebraniu jednej z tych wiadomości, FMM przetwarza dane składające się na nią, generuje wiadomość lub wiadomości wychodzące i przychodzące i przechodzi do stanu następnego, w którym oczekuje na następną wiadomość łącznikową również należącą do określonego zbioru wiadomości wejściowych.

5.2.2.2. Współpraca modułów FMM

Procesem nazywa się w opisie oprogramowania systemu ITT 1240 każde odwołanie się do modułu FMM łącznie z rezultatem przetwarzania, który następuje po danym wywołaniu. W określonym momencie, w czasie pracy centrali, w różnych modułach

FMM jednocześnie odbywa się przetwarzanie związane z wieloma procesami. Na przykład moduły FMM obsługujące wywołania pochodzące od łączy abonenckich dołączonych do różnych modułów wyposażenia końcowych, w tym samym czasie odwołują się do modułów FMM obsługujących procesy sygnalizacji.

W czasie współpracy różnych FMM, pierwsza wiadomość łącznikowa, która inicjuje nowy proces w docelowym module FMM jest nazywana wiadomością odniesienia, wszystkie występujące po niej są wiadomościami ukierunkowanymi. Różnica pomiędzy tymi dwoma rodzajami wiadomości jest zasadnicza. Pierwsze przechodzą przez tzw. tablicę marszrut /rys. 14/, natomiast



Rys. 14. Komunikacja pomiędzy zespołami sterującymi i wewnątrz nich

te drugie /ukierunkowane/ są kierowane bezpośrednio do FMM docelowego. Identyfikator procesu, a tym samym również moduł FMM, znajduje się w wiadomości odniesienia. Na podstawie tego identyfikatora w tablicy marszruty zostaje ustalona droga, za pośrednictwem której dochodzi do współpracy z docelowym FMM oraz tym samym określony jest identyfikator procesu w FMM docelowym. Od momentu kiedy oba wspomniane identyfikatory są zarejestrowane w modułach FMM wyjściowym i docelowym, komunikacja między nimi odbywa się już na drodze bezpośredniej, dzięki czemu skraca się czas przetwarzania.

Komunikacja pomiędzy modułami FMM /czyli również pomiędzy procesami/ jest wspomagana przez system operacyjny. Każdy zespół sterujący /typu TCE lub ACE/ zawiera dwa rodzaje handlerów: handler wiadomości i handler pola komutacyjnego, z których oba są modułami oprogramowania, a jednocześnie stanowią część systemu operacyjnego.

Każda wiadomość wymieniana pomiędzy modułami FMM przechodzi przez handler wiadomości, który bądź kieruje tę wiadomość do innego FMM w tym samym zespole sterującym lub do FMM w innym zespole. W każdym z tych przypadków, gdy chodzi o wiadomość inicjującą ciąg operacji, identyfikacja FMM docelowego odbywa się na podstawie tablicy marszruty stanowiącej część handlera wiadomości. Jeśli docelowy FMM znajduje się w innym zespole sterującym - wiadomość przechodzi przez handler pola komutacyjnego, który wybiera jej drogę poprzez to pole. Ponieważ adresy przeznaczenia wiadomości są zmagazynowane w tablicach marszrut, FMM nadający wiadomość nie ma potrzeby określania adresu docelowego FMM. Dzięki temu zapewniona jest znaczna elastyczność produkcji pakietów oprogramowania, dostosowanych do wymagań projektu konkretnej centrali instalowanej w sieci. Moduły FMM mogą być grupowane mniej lub więcej arbitralnie w pakietach oprogramowania przeznaczonych do "załadowania" w poszczególnych zespołach sterujących, ponieważ każdy FMM zawiera listę wiadomości, jakie może odbierać i ge-

nerować. Na podstawie tej listy, w fazie produkcji oprogramowania opracowywane są tablice marszrut dla poszczególnych zespołów sterujących.

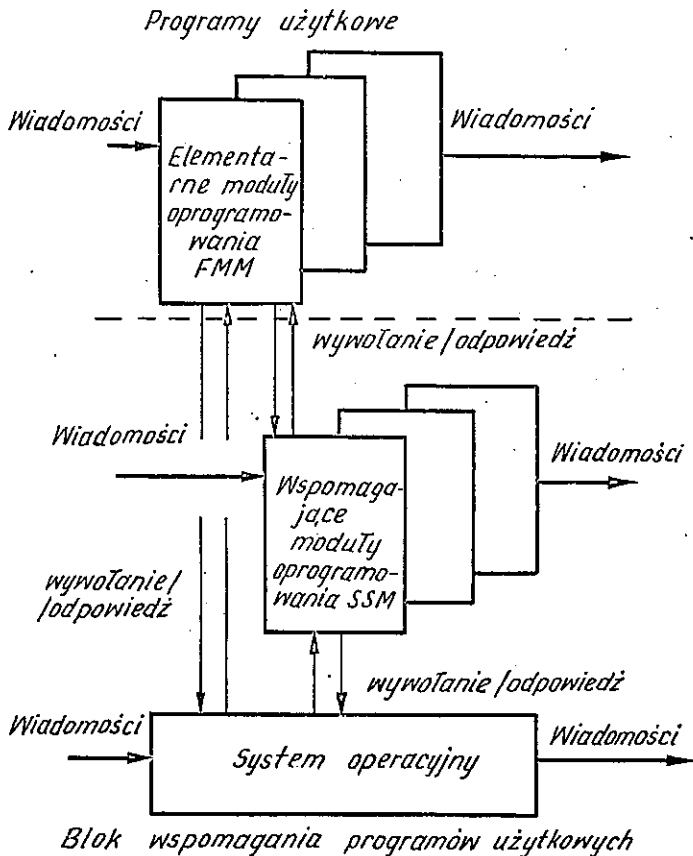
5.2.2.3. Wnioski eksploatacyjne

1. Pewność oprogramowania - dzięki temu, że żaden z modułów FMM nie ma dostępu bezpośredniego do danych innych FMM, unika się błędów złej interpretacji, tzn. przekłamaný adres nie powoduje dostępu do danych innych niż potrzebne. Wiadomości, które nie są zaakceptowane przez odbierający zespół sterujący, są likwidowane w momencie, kiedy kończy się realizacja określonego procesu, stąd unika się dalszego propagowania błędu.
2. Testowalność - każdy z modułów FMM można przetestować, symulując sekwencje wiadomości wejściowych i sprawdzając sekwencje wiadomości odpowiedzi. Dzięki temu, że wszystkie wiadomości przechodzą przez handler wiadomości może być użyty do symulacji i sprawdzania prosty podprogram kierowania wiadomości.
3. Rozbudowa oprogramowania - nie naruszająca modułów istniejących. Moduły FMM nowe lub modyfikowane można dodawać i scalać z istniejącymi bez zmian lub przy nieznacznych tylko zmianach w modułach wcześniej działających.
4. Konfiguracja oprogramowania - podatna na zmiany umiejscowienia FMM.

W przypadku większości modułów FMM adres, określający przydział do określonego zespołu sterującego, nie musi być nigdzie zakodowany. Zestaw modułów FMM jest dobierany z biblioteki. Formuje się w ten sposób pakiety oprogramowania dla poszczególnych zespołów sterujących różnych typów w momencie projektowania i budowy centrali. W czasie eksploatacji, kiedy pojemność centrali rośnie, dodawane są zespoły sterujące, co narzuca konieczność redystrybucji modułów FMM.

5.2.3. Blok wspomagających modułów oprogramowania /SSM/

Zgodnie z podstawową zasadą, każdy moduł oprogramowania użytkowego może być zrealizowany jako FMM. Jednakże moduły FMM używane często są zgrupowane jako wspomagające moduły oprogramowania /SSM/ /rys. 15/, które są angażowane do pracy nie za pomocą wiadomości, a przez wywoływanie procedury, podobnie jak procedura zestawiania połączenia. W takim przypadku sterowanie z modułu FMM przechodzi bezpośrednio do SSM, który wykonuje właściwe sobie sekwencje operacji i oddaje sterowanie do modułu FMM, z którego został wzięty do pracy.



Rys. 15. Bloki struktury oprogramowania

Blok SSM obsługuje trzy typy procedur, powtarzalnych i często wywoływanych do pracy. Są to:

- procedury we/wy, które wywoływane są przez dowolny FMM i zapewniają korespondencję pomiędzy tym FMM oraz SSM dla realizacji jednej z dwóch poniższych procedur;
- procedury zegarowe, które są wywoływane przez system operacyjny w ściśle określonych odstępach czasu. Są to na przykład procedury przepatrywania łączy abonenckich i międzycentralowych, w celu wykrywania zmiany ich stanów pracy. Po stwierdzonej zmianie stanu, SSM przekazuje obsługę danego łącza określonemu modułowi FMM;
- procedury przerwania - są podobne do procedur zegarowych z tym, że wywoływane są w wyniku zaistnienia przerwania programowego.

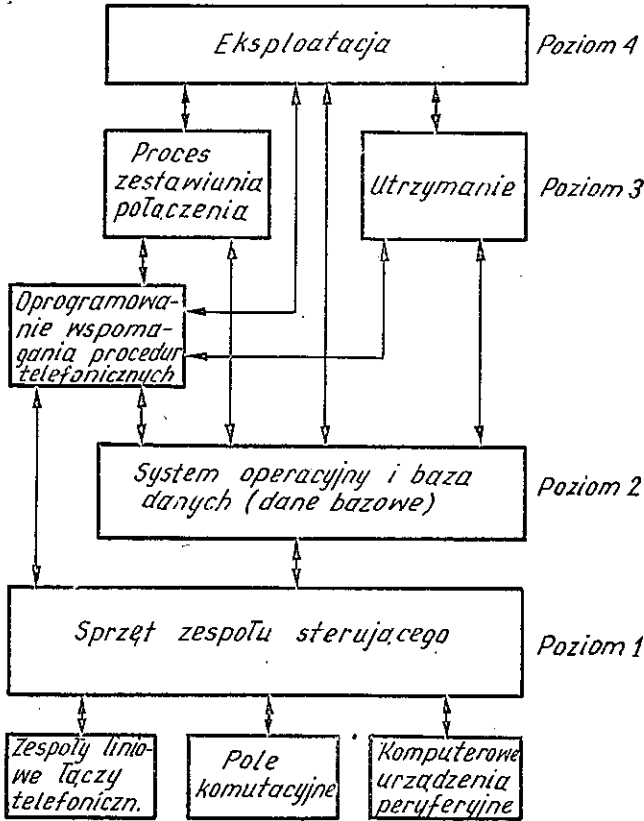
5.2.4. Maszyny wirtualne

Jedną z cech oprogramowania systemu ITT 1240 jest zastosowanie znanej w technice komputerowej koncepcji budowy struktur oprogramowania - koncepcji maszyn wirtualnych.

Moduły sprzętowe /np. mikroprocesor lub układ wyposażenia końcowego łącza międzycentralowego/ pracują w otoczeniu jednej lub większej liczby "warstw" oprogramowania. Maszynę wirtualną stanowią traktowane łącznie sprzęt oraz oprogramowanie. W rzeczywistości, wspomnianych "warstw" oprogramowania jest więcej niż jedna, stąd im większa jest ich liczba, tym ma się do czynienia z bardziej "inteligentną" maszyną wirtualną.

Hierarchia funkcji centralowych, /rys. 16/ została ustalona zgodnie z zasadami maszyny wirtualnej. Zapewnia to bardzo poważną korzyść z punktu widzenia pracy programistów, ponieważ ci, którzy tworzą oprogramowanie wyższych hierarchicznie poziomów nie muszą poznawać w szczególności sposobu realizacji oprogramowania funkcji poziomów niższych. Zatem programista kodujący pracę poszczególnych FMM nie potrzebu-

je znać, w jaki sposób zostały oprogramowane funkcje handlerów wiadomości, handlerów pola komutacyjnego, czy systemu operacyjnego.



Rys. 16. Struktura oprogramowania ITT 1240 oparta na koncepcji maszyny wirtualnej

Jednym z typów maszyn wirtualnych stosowanych w ITT 1240 jest handler sprzętowy, tzn. jego moduł oprogramowania łącznie ze sprzętem układów wykonawczych. Wpływ zmian tego sprzętu w czasie eksploatacji centrali ograniczony jest do pewnych niewielkich obszarów oprogramowania, tzn. do handlera. Podobnie zmiany wynikające z wprowadzenia nowej wer-

sji sprzętowej, procesorów wymagają modyfikacji tylko systemu operacyjnego i nie wpływają na programy użytkowe. Reasumując, stwierdzić można, że oprogramowanie wszystkich funkcji realizacji procesu zestawiania połączenia jest zupełnie niezależne od sprzętu układów wykonawczych.

Inny typ maszyny wirtualnej uzyskuje się z zastosowaniem języka oprogramowania wyższego rzędu, np. CHILL. Programista tworzy maszynę, która rozróżnia stany opisane językiem wyższego rzędu, natomiast mikroprocesor wykonuje tylko rozkazy w kodzie maszyny. W tym przypadku maszyna wirtualna obejmuje również kompilator języka, angażowany w trybie off-line. Oprócz tego, że język wyższego rzędu przyspiesza kodowanie i testowanie oraz daje w wyniku program bardziej zrozumiały i bezbłędny - powoduje on również, że programy są niezależne od mikroprocesorów, które je wykonują.

5.2.5. Interfejsy standardowe - programowe

Podstawowym założeniem stosowania interfejsów współpracy pomiędzy modułami FMI za pomocą określonych zestawów wiadomości, w przypadku dodawania nowych modułów oprogramowania, jest włączanie nowego pakietu za pomocą złącza wielostykowego, bez naruszania modułów istniejących. Jednak, co jest logiczne, po wprowadzeniu nowego modułu, moduły istniejące powinny komunikować się z nim za pomocą wiadomości specyficznej dla tego modułu. Zatem wydaje się, że zmiany w istniejących modułach oprogramowania są nieuniknione. Zmiany te nie są jednak dokonywane. Problem ten rozwiązano dzięki opracowaniu całej rodziny interfejsów - wiadomości łącznikowych, które tworzą bibliotekę interfejsów zestawioną na podstawie najbardziej wyszukanych wymagań obecnych i przyszłościowych znanych teraz w świecie. W ten sposób zespoły sterujące zestawianiem połączeń nadają niekiedy wiadomości nadmiarowe, które są przyjmowane, ale nie przetwarzane dopóty, dopóki określona funkcja czy usługa nie zostanie w centrali wprowadzona. Na przykład, zespoły sterujące zestawianiem połączeń komunikują się z modułem sygnalizacji, wysyłając i od-

bierając wszystkie wiadomości niezbędne do współpracy ze wszystkimi znanymi systemami sygnalizacji, a moduły sygnalizacyjne przyjmują i przetwarzają tylko te, które są aktualnie w użyciu i ignorują pozostałe.

5.3. Funkcje oprogramowania

Całość oprogramowania central systemu ITT 1240 dzieli się na pięć obszarów funkcjonalnych: system operacyjny, wspomaganie procedur telefonicznych, zestawianie połączeń, utrzymanie, eksploatacja.

5.3.1. System operacyjny

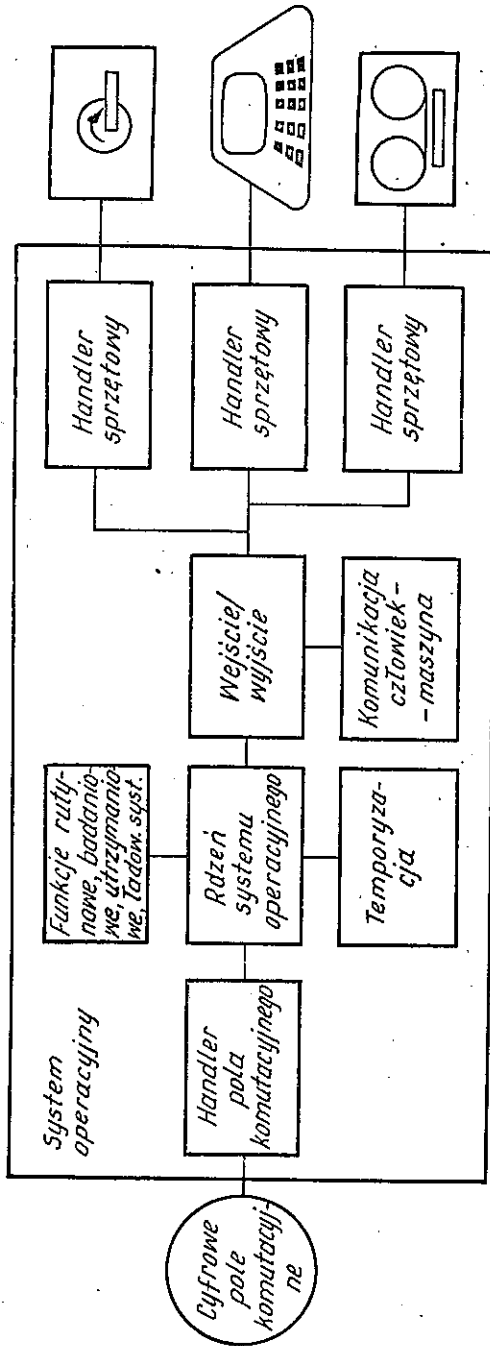
System operacyjny stanowi podstawowe wspomaganie dla programów użytkowych, wykonując takie funkcje jak: komunikacja międzymodułowa, temporyzowanie przebiegów, dostęp do zespołów komputerowych urządzeń peryferyjnych. W zespołach sterujących poszczególnych modułów wyposażenia końcowych stosuje się tylko te z funkcji, które są w tym module niezbędne. Jedynie system operacyjny zespołu sterującego modułu komputerowych urządzeń peryferyjnych posiada kompletny zestaw tych funkcji.

Rdzeń systemu operacyjnego poszczególnych zespołów sterujących zarządza w sposób dynamiczny obszarem danych przy realizacji poszczególnych procesów. Innym ważnym jego zadaniem jest obsługa wiadomości wymienianych wewnątrz centrali. Rdzeń systemu operacyjnego również bierze udział w obserwacji stanów przeciążenia urządzeń według kryteriów ustalonych progów obciążenia dla wywołań poszczególnych rodzajów.

Na rys. 17 przedstawiony jest schematycznie pełny zestaw funkcji realizowanych przez program operacyjny zespołu sterującego modułu komputerowych urządzeń peryferyjnych.

5.3.2. Funkcje wspomagania procedur telefonicznych

Funkcje wspomagania procedur telefonicznych są to głównie te zadania oprogramowania, które wiążą się z dostępem



Rys. 17. Schemat blokowy systemu operacyjnego zespołu sterującego modułu komputerowych urządzeń peryferyjnych

oraz zarządzaniem wyposażenia liniowych, jak również z sygnalizacją i zaliczaniem.

Wprowadzenie handlerów wyposażenia telefonicznych, czyli podprogramów, które obsługują wyposażenia sprzętowe każdego typu /np. wyposażenie łączy abonenckich analogowych, cyfrowych i analogowych łączy międzycentralowych, nadajników/odbiorników wieloczęstotliwościowych/ jest naturalną konsekwencją zastosowania koncepcji maszyny wirtualnej. Zadaniem handlerów sprzętowych jest przyporządkowanie /translacja/ sygnałów elektrycznych uzyskanych przy przepatrywaniu układów zakończeń łączy od strony sieci, sygnałom układów logicznych lub na odwrót. Zapewniają one także generację sygnałów niezbędnych do działania układów zakończeń łączy, zgodnie z sygnałami logicznymi odebranymi z oprogramowania sygnalizacji.

Funkcje sygnalizacyjne są to te zadania oprogramowania, które polegają na interpretacji i przyporządkowaniu sygnałom logicznym kryteriów elektrycznych obwodów telefonicznych i odwrotnie. Oprogramowanie to obejmuje wszystkie podstawowe systemy sygnalizacji, które są realizowane przez odrębne zestawy modułów FMM. Wydzielone są tu zestawy FMM dla sygnalizacji liniowej i sygnalizacji rejestrowej.

Oprogramowanie zaliczania połączeń posiada interfejs wyspecjalizowany do współpracy z oprogramowaniem zestawiania połączeń, dzięki czemu może on być modyfikowany bez zmian w otoczeniu. Do funkcji zaliczania połączeń należą: generowanie impulsów zaliczania wysyłanych w łącza abonenckie lub łącza międzycentralowe, ustalanie łącznej opłaty za połączenia, analiza wskaźnika taryfy zaliczania, zmiana wskaźników taryfowych oraz generowanie szczegółowych danych o opłatach.

Do funkcji wspomaganie zalicza się program zarządzający zasobami wyposażenia centrali, który poszczególnym połączeniom przyporządkowuje zasoby, takie jak: łącza międzycentralowe, nadajniki i odbiorniki sygnałów. Podprogramów takich może być wiele, w zależności od wielkości obsługiwanego ruchu. Wbudowane są one w oprogramowanie TCE jednego lub wielu modułów.

5.3.3. Obsługa procesu zestawiania połączeń

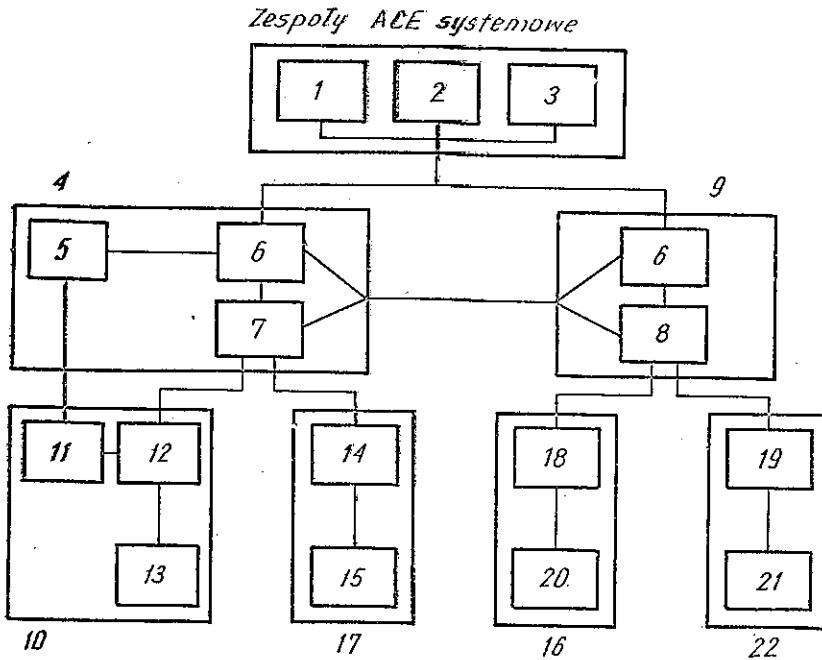
Składa się z dwóch głównych funkcji:

- sterowania zestawianiem i rozłączaniem,
- przeliczania /translacji/ informacji wybierczych na adresy sprzętu i numerów wyposażenia na numery katalogowe.

Funkcje sterowania są zawarte w wielu modułach FMM, z czego trzy najważniejsze to: obsługa fazy preselekcji, fazy zestawienia połączenia i fazy rozłączenia, w związku z tym na tym szczeblu istnieje współpraca z podprogramem przeliczania i zaliczania /określenie początku i końca połączenia/. Prócz ww. podstawowych istnieje wiele FMM opcjonalnych, obsługujących różne udogodnienia takie, jak np: budzenie, identyfikacja połączeń złośliwych, zestawianie połączeń konferencyjnych.

Funkcje przeliczania są niezależne od stanu połączenia. Najważniejsze to analiza i określenie kategorii usługi dla łączy abonenckich i międzycentralowych, analiza prefiksów i kierowanie połączeń oraz translacje numeru katalogowego na numer wyposażenia. Dane, będące podstawą wykonywania powyższych funkcji są zmagazynowane w pamięci danych bazowych, która może być uaktualniana na drodze komunikacji człowiek-maszyna. Jeżeli względy pewności pracy tego wymagają, podprogramy te mogą być dublowane i wtedy moduły pracują według zasady rozdziału obciążenia.

Na rys. 18, na schemacie blokowym oprogramowania służącego do realizacji funkcji procesu zestawiania połączeń oraz funkcji wspomaganie procedur telefonicznych, przedstawiono powiązania oraz lokalizację tych dwóch grup funkcji w zespołach sterujących. Funkcje zaliczania połączeń oraz funkcje translacyjne znajdują się w zespołach sterujących ACE typu systemowego i typu obsługi procesu zestawiania połączeń, a także w TCE, gdzie mogą być umieszczone podprogramy, generujące nadawanie impulsów licznikowych kierowanych do przystawek licznikowych abonenckich bądź do central współpracujących.



Rys. 18. Powiązania pomiędzy modułami oprogramowania obsługi połączeń i modułami wspomagającymi procedury telefoniczne

1 - analiza danych zaliczenia połączeń, 2 - funkcje przelicznikowe, 3 - zarządzanie zasobami, 4 - zespoły ACE, sterujące obsługą zestawienia połączeń inicjowanych z łączy abonenckich, 5 - sterowanie zaliczaniem połączeń, 6 - sterowanie obsługą połączeń, 7 - sterowanie sygnalizacją łączy abonenckich, 8 - sterowanie sygnalizacją łączy międzycentralowych, 9 - zespoły ACE sterujące łączy międzycentralowymi, 10 - zespoły TCE sterujące modułami wyposażenia liniowych łączy abonenckich, 11 - generowanie danych zaliczenia połączeń, 12 - oprogramowanie sygnalizacji liniowej, 13 - handler sprzętowy zespołu liniowego łączy abonenckiego, 14 - odbiorniki sygnałów klawiatury i międzyrejestrowych, 15 - handler sprzętowy odbiornika sygnałów klawiatury, 16 - zespół TCE modułu łączy międzycentralowych, 17 - zespół TCE modułu nadajników i odbiorników wieloczęstotliwościowych, 18 - oprogramowanie zespołów sygnalizacji liniowej łączy międzycentralowych, 19 - oprogramowanie zespołów sygnalizacji międzyrejestrowej łączy międzycentralowych, 20 - handler sprzętowy zespołów sygnalizacji liniowej łączy międzycentralowych, 21 - handler sprzętowy zespołów sygnalizacji międzycentralowej, 22 - zespół TCE modułu łączy międzycentralowych

Szczegóły obsługi procesu zestawiania i rozłączania połączeń są podane w innym punkcie niniejszego opracowania.

5.3.4. Funkcje utrzymaniowe

Jak we wszystkich nowoczesnych systemach, funkcje utrzymania w systemie ITT 1240 są realizowane głównie przez oprogramowanie systemowe. Funkcje te dzielą się na grupy funkcji autonomicznych, i funkcji scentralizowanych.

Szczegóły dotyczące funkcji utrzymaniowych oraz opis realizacji urządzeniowej sprzętu utrzymania znajdują się w części 6 niniejszej pracy.

5.3.5. Funkcje zarządzania

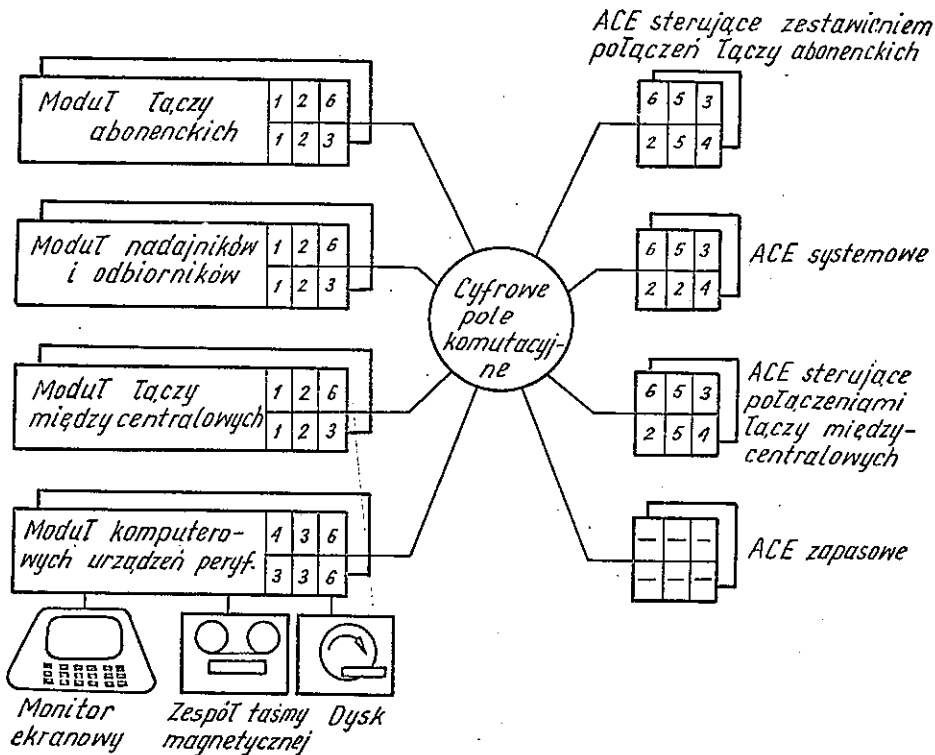
Oprogramowanie służące do zarządzania /eksploatacji/ nie tylko pomaga personelowi centrali w jak najefektywniejszej obsłudze tej centrali, ale również zapewnia pełny zakres udogodnień, służących do automatycznej kontroli poprawności pracy sprzętu, w tym również w warunkach przeciążenia i przy zarządzaniu określonym fragmentem sieci.

Do funkcji zarządzania należą: operacje związane z dołączeniem lub odłączeniem abonentów, z przydzielaniem bądź kasowaniem udogodnień /usług/ oraz zmianami numerów katalogowych. Podobnie jest z łączami międzycentralowymi. Dotyczy to operacji przyłączania i odłączania łączy na kierunkach istniejących, dołączanie nowych tras łączy, w związku z czym, tak jak w przypadku łączy abonenckich, muszą być odpowiednio zmienione tablice kierowania połączeń. Inna grupa funkcji zarządzania związana jest z taryfikacją i zaliczaniem połączeń.

Podprogramy badaniowe bazują na funkcjach lokalnego zbierania danych, które są zawarte w zespołach sterujących ACE obsługujących proces zestawiania połączeń. Podprogramy badaniowe są realizowane w języku tak zwanym "zorientowanym problemowo", bazującym na zestawie procedur zarządzających, które są łatwe zarówno do zrozumienia jak i do stosowania.

5.4. Rozdział funkcji oprogramowania na poszczególne zespoły sterujące systemu

Jak już to zostało stwierdzone w pkt. 5.1, wszystkie funkcje sterujące są realizowane przez zespoły sterujące, zlokalizowane w modułach wyposażenia końcowych /TCE/ lub modułach pomocniczych /ACE/. Na rys. 19 przedstawione są różne typy



Rys. 19. Lokalizacja funkcji oprogramowania w poszczególnych zespołach sterujących - konfiguracja przykładowa

1 - handlery zespołów liniowych łączy, 2 - funkcje wspomaganie procedur telefonicznych, 3 - utrzymanie, 4 - eksploatacja, 5 - funkcje zestawiania połączeń, 6 - system operacyjny

wspomnianych urządzeń łącznie z ich rezydencjonalnym oprogramowaniem realizującym poszczególne funkcje. W systemie ITT 1240 rozdzielone są na poszczególne moduły nie tylko funkcje związane z zestawianiem połączeń, ale także większość funkcji utrzymaniowych i zarządzania.

Rozdział funkcji oprogramowania przedstawionych na rysunku, dotyczy centrali o konfiguracji jednej z możliwych, jest to więc przykład uniwersalny w odniesieniu głównie do central miejscowych o sterowaniu niezależnym. W przypadku central małej pojemności wszystkie funkcje oprogramowania sterującego mogą być skoncentrowane w kilku zaledwie typach zespołów sterujących. Natomiast w centralach podporządkowanych, na przykład, funkcje obsługi peryferyjnych urządzeń komputerowych mogą być scentralizowane w centrali nadrzędnej.

Opis architektury i działania TCE i ACE znajduje się w pkt. 4 niniejszego opracowania, opisującym moduły wyposażenia końcowych. W części niniejszej, w celu dopełnienia opisu oprogramowania sterującego podaje się najogólniejsze cechy charakterystyczne TCE i ACE.

5.4.1. Zespół sterujący modułu wyposażenia końcowego /TCE/

Zespoły TCE są zbudowane z identycznych elementów, aczkolwiek realizują różne funkcje, dzięki zróżnicowanemu oprogramowaniu. Program TCE steruje bezpośrednio wszystkimi operacjami wejściowo-wyjściowymi danego modułu wyposażenia końcowego, bierze udział w realizacji wszystkich funkcji, które wymagają precyzyjnej temporyzacji oraz wykonuje wszystkie inne funkcje, wymagające realizacji w ściśle określonym czasie. Poza tym, TCE zawiera tylko te programy i dane, które odnoszą się bezpośrednio do sterowania modułu wyposażenia końcowego, zawierającego dany TCE. Dzięki temu uszkodzenie danego TCE powoduje tylko blokadę dostępu do wyposażenia końcowych, które on obsługuje, ale nie wpływa na inne ważne funkcje centrali.

Istotną cechą TCE jest również to, że może on zestawiać lub rozłączać tory w polu komutacyjnym. Mamy tu do czynienia

ze sterowaniem bezpośrednim, podobnym nieco do sterowania w systemie Strowgera, z tym że w tym przypadku zamiast impulsów sterujących pochodzących bezpośrednio z aparatury abonenta, TCE steruje zestawianiem kolejnych odcinków drogi w polu komutacyjnym, za pomocą określonego bloku danych, uformowanego w wiadomość sterującą.

5.4.2. Pomocnicze zespoły sterujące /ACE/

Wbrew temu co sugerują - broniąc czystości idei sterowania całkowicie rozproszonego - twórcy systemu ITT 1240, którzy określają te zespoły jako pomocnicze, na podstawie ich opisów stwierdzić można, że mają one charakter głównych urządzeń sterujących, bowiem wykonują funkcje decyzyjne, takie jak: funkcje analizy numerów kierunkowych łączy lub prefiksów centrali, funkcje przelicznikowe, taryfikacyjne oraz funkcje nadzoru wyposażenia nadajników i odbiorników sygnałów /czyli funkcje nadzoru zasobów wykonawczych systemu/. Zespoły ACE dzielą się na dwie podstawowe kategorie:

- ACE obsługujące bezpośrednio proces zestawiania połączeń,
- ACE systemowe.

ACE obsługujące zestawianie połączeń zapewniają realizację funkcji sterujących stojących najwyżej w hierarchii, tzn. tych wszystkich, które są realizowane na przykład w urządzeniach sterujących stopnia grupowego central systemu E10. Każdy taki ACE jest skojarzony z grupą TCE modułów wyposażenia końcowych liniowych. Poszczególne zespoły ACE biorą udział w obsłudze tylko tych grup modułów wyposażenia końcowych, do których są z góry przydzielone, np. obsługa modułów połączeń wyjściowych międzycentralowych.

ACE systemowe zapewniają dostęp do zbioru danych systemowych oraz realizują te funkcje, które wymagają częstego korzystania z tego zbioru. Funkcje te są wykonywane według zasady "wywołanie - odpowiedź" i nie angażują pamięci operacyjnej, zgodnie z regułą: dla każdego połączenia osobny obszar pamięci. Ponieważ funkcje spełniane przez ACE systemo-

we mają dla central znaczenie pierwszorzędne, do wykonywania tego samego zadania są wyznaczane pary ACE. Po uszkodzeniu jednego z zespołów jego funkcje przejmuje drugi, a w tym czasie dubler zespołu uszkodzonego jest poddawany automatycznej rekonfiguracji po to, aby zastąpić ACE uszkodzony.

Zespoły ACE - systemowe dzielą się na trzy grupy:

- ACE funkcji przelicznikowych,
- ACE funkcji zaliczeniowych,
- ACE zarządzające zasobami urządzeń wykonawczych /np. odbiorniki i nadajniki sygnałów w kodzie wieloczęstotliwościowym/.

5.5. Języki realizacji oprogramowania systemu ITT 1240

Oprogramowanie systemu jest wykonane w czterech następujących językach:

- w języku procedur,
- w językach opisu problemów,
- w języku opisu procesu zostawiania połączenia,
- w języku zarządzania /specyficzny dla administracji i zarządzania/.

Języki procedur to przede wszystkim język CCITT o nazwie CHILL, język wyższego rzędu opracowany specjalnie dla komutacji telefonicznej, oraz assembler używany do opisu funkcji o ostrych warunkach czasowych.

Języki opisu problemów, nazywane językami zorientowanymi problemowo, bazują również na języku CHILL. Języków tych jest kilka - każdy przewidziany do bezpośredniego wykonywania zadań specyficznych, np. definiowanie danych, manipulacja danymi, definiowanie interfejsów pomiędzy modułami FMM. Każdy z tych języków jest wyposażony w niewielki repertuar słów. Typową komendą określającą, np. przejście do stanu manipulacji danymi jest "get trunk list".

Język opisu procesu zestawiania połączenia służy do zapisu podstawowej części programu. Jest to język opisu połączenia. Aczkolwiek nie wspomina się o tym w dostępnych materiałach, to można przypuszczać, że jest to język CCITT o nazwie SDL /Specification and Description Language/, według zalecenia Z101 Księgi Pomarańczowej, t.VI.4.

Język zarządzania jest językiem specyficznym, definiowanym przez administrację łączności. Jego składnia i słownictwo są zapożyczone z języka angielskiego, stąd mogą się tym językiem posługiwać nawet programiści niewykwalifikowani.

6. KONCEPCJA EKSPLOATACJI I UTRZYMANIA

6.1. Wprowadzenie

Jednym z klasycznych problemów, jakie pojawiły się w systemach ze scentralizowanym sterowaniem była zbyt duża podatność tych systemów na błędy programowe, błędy w trakcie wymiany danych lub błędy operatora, w konsekwencji prowadziło to do częstych przerw w pracy centrali. W rezultacie, oprogramowanie realizujące funkcje automatycznego przywracania do pracy centrali stawało się bardzo złożone i działało w krytycznych warunkach czasowych.

W celu uniknięcia zbyt częstych przerw w pracy centrali, konieczne było opracowanie bogatego zestawu programów kontrolnych, które wykrywałyby wszelkie błędy danych, lokalizowały je, dokonywały ograniczonej rekonstrukcji tych danych oraz potrafiły inicjować do pracy indywidualne zasoby centrali. Programy kontrolne były ściśle powiązane z innymi programami wykorzystującymi dane podlegające kontroli, co w efekcie czyniło oprogramowanie bardzo wrażliwym na błędy i stwarzało duże trudności przy jego zmianach. Pojawienie się mikroprocesorów i malejący koszt scalonych układów pamięciowych stworzyły projektantom możliwość opracowania central opartych na architekturze sterowania rozproszonego, charakteryzujących się

przede wszystkim znacznie mniejszą wrażliwością na wszelkie błędy.

Wprowadzenie nowej technologii i całkowicie nowej architektury nie sprawia, że system eksploatacji i utrzymania jest tu mniej ważny niż w centralach o sterowaniu scentralizowanym, jednakże pozwala uzyskać następujące korzyści:

- znaczne polepszenie pracy centrali i efektywności usług /zdarzające się awarie wyłączają z pracy na ogół tylko jeden z wielu standardowych i niezawodnych zespołów sterujących/,
- niskie koszty redundancji zespołów sterujących, wynikające z zastosowania gorącej rezerwy i metod prostego uaktualniania oprogramowania w zespołach stanowiących rezerwę zimną,
- proste oprogramowanie detekcji błędów i funkcji pilnego przywracania do pracy zespołów centrali,
- wyeliminowanie konieczności wbudowywania specjalnych układów detekcji błędów w sprzęt centrali.

Korzystając z tych możliwości projektanci central cyfrowych ITT 1240 opracowali system eksploatacji i utrzymania, spełniający wszystkie wymagania administracji telefonów dotyczące sprawności działania centrali. W ogólności, system ten zapewnia prosty nadzór nad pracą wszystkich zespołów centrali, szybką i skuteczną lokalizację błędów, automatyczne przywracanie zespołów do pracy oraz w razie potrzeby rekonfigurację centrali.

Tematem niniejszego rozdziału będzie system eksploatacji i utrzymania wbudowany w centralę ITT 1240, a następnie funkcje i struktura centrum eksploatacji i utrzymania ITT 1290.

6.2. Ogólna charakterystyka systemu eksploatacji i utrzymania

System eksploatacji i utrzymania centrali ITT 1240 wyposażony jest w możliwość łatwego przystosowania się centrali do wszelkich zmian w sieci, jak również łatwej zmiany kon-

figuracji w razie wystąpienia błędów sprzętowych. W przypadkach pojawienia się błędu w centrali lub sieci, system automatycznie analizuje go, ogranicza jego zakres oddziaływania, następnie identyfikuje błąd i generuje sygnały alarmowe. Personel utrzymaniowy centrali może w tym przypadku zażądać szczegółowej diagnozy błędu i czasowej obserwacji danego łącza lub układu.

Funkcje eksploatacyjne wymagają wykonania pomiarów oraz zdejmowania charakterystyk pracy centrali bądź charakterystyk dotyczących ruchu. Do tego celu istnieje możliwość automatycznego zbierania danych występujących w różnych zespołach centrali /np. w indywidualnym układzie toru różnów- nego, w układzie obsługującym grupę łączy, w procesorze itp/.

Czynności związane z utrzymaniem centrali, inicjowane są najczęściej przez personel utrzymaniowy po wykonaniu i przeanalizowaniu uprzednio zaplanowanych pomiarów. Dotyczą one na przykład: zwiększenia liczby łączy międzycentralowych, zmiany sposobu taryfikacji itp. System eksploatacji i utrzymania posiada również możliwości wykonywania szerokiego wachlarza pomiarów wykorzystywanych do celów zarządzania siecią. Pomiarzy wykonywane są w sposób ciągły, następnie podlegają analizie i w razie potrzeby system automatycznie dokonuje niezbędnych korekcji, np. zmian w kierowaniu ruchu wychodzącego.

Komunikowanie się personelu utrzymaniowego z systemem /dalej oznaczone skrótem MMC/ odbywa się za pomocą, opracowanego zgodnie z zaleceniami CCITT, języka człowiek-maszyna i według ściśle określonych procedur dla tego typu dialogu.

6.3. System eksploatacji

Istnieją trzy podstawowe grupy funkcji eksploatacyjnych, a mianowicie:

- pomiary ruchu i zdejmowanie charakterystyk pracy,
- zarządzanie centralą,
- zarządzanie siecią.

6.3.1. Pomiaru ruchu i zdejmowanie charakterystyk pracy

Na pomiar składają się trzy podstawowe operacje:

1. Kontrolowanie bazy danych i zliczanie informacji o pracy całej centrali. Czynność ta wykonywana jest w sposób automatyczny na żądanie personelu utrzymaniowego.
2. Automatyczna rejestracja selektywnie wybranych danych. Okres rejestracji i rodzaj rejestrowanych danych określany jest każdorazowo przez operatora.
3. Analiza zarejestrowanych informacji, a następnie sporządzenie globalnej oceny pracy centrali zgodnie z potrzebami administracji.

Zbieranie lokalnych danych odbywa się we wszystkich pomocniczych zespołach sterujących obsługujących wywołania /ACE/ oraz w modułach odbiorników i nadajników sygnałów wieloczęstotliwościowych. Centralne zbieranie danych odbywa się natomiast, w systemowych pomocniczych zespołach sterujących /ACE/.

Niektóre pomiary dotyczące ruchu /np. zliczanie wywołań występujących w grupie łączy międzycentralowych, badanie rozkładu ruchu/ mogą być inicjowane przez operatora za pomocą rozkazu MMC, w którym określone są: moment rozpoczęcia i zakończenia obserwacji, częstotliwość obserwacji, zespół badany i inne dane.

Oprócz pomiarów dotyczących globalnej pracy centrali można również dokonywać badań wybranego łącza abonenckiego lub bloku tych łączy /np. 60 łączy abonenckich lub 30 łączy międzycentralowych/.

6.3.2. Zarządzanie centralą

Ta funkcja eksploatacyjna polega na zarządzaniu: łączy abonenckimi, ruchem, zespołami nadajników i odbiorników sygnałów wieloczęstotliwościowych, taryfikacją oraz na sterowaniu pracą centrali.

Proces realizacji tej funkcji składa się z trzech podstawowych etapów:

1. Zapamiętania aktualnych danych i konfiguracji w centrali.
2. Przygotowania zmian na taśmie w trybie off-line.
3. Automatycznego testowania poprawności pracy nowo wprowadzonych zespołów.

W tablicy 2 wyszczególniono podstawowe czynności zarządzania centralą sterowane za pomocą procedur ITT 1240 MMC.

Tablica 2

Typowe czynności składające się na funkcję zarządzania centralą

Funkcje	Czynności
1	2
Zarządzanie łączami abonenckimi	<p>Przydzielanie, zmiana i usuwanie kategorii abonentom lub łączom abonenckim.</p> <p>Blokowanie i odblokowywanie łączy abonenckich.</p> <p>Nadawanie łączy abonenckiemu cechy - "łącze abonenckie obserwowane".</p>
Zarządzanie łączami międzycentralowymi	<p>Dodawanie, kontrolowanie lub usuwanie kierunku i jego wyróżnień.</p> <p>Dodawanie specjalnych translacji do istniejących grup łączy międzymiastowych.</p> <p>Usuwanie n łączy międzymiastowych z grupy.</p> <p>Zmiana tabel wstępnego mareszrutowania.</p> <p>Dodawanie i usuwanie prefiksu.</p> <p>Zmiana dróg kolejnego wyboru.</p>

1	2
	<p>Zmiana marszrutowania zależna od obciążenia centrali.</p> <p>Wprowadzanie nowego typu sygnalizacji.</p> <p>Zmiany typu sygnalizacji dla grupy łączy międzycentralowych.</p>
<p>Zarządzanie zespołami nadajników i odbiorników sygnalizacji i zespołami konferencyjnymi</p>	<p>Dodawanie i usuwanie odbiorników i nadajników sygnałów wieloczęstotliwościowych</p> <p>Dodawanie i usuwanie odbiorników kodu klawiaturowego.</p> <p>Dodawanie i usuwanie wyposażenia końcowych sygnalizacyjnego kanału wspólnego.</p> <p>Dodawanie i usuwanie zespołów konferencyjnych.</p> <p>Dodawanie, modyfikacja lub usuwanie torów rozmównych pozostałych.</p>
<p>Zarządzanie taryfikacją</p>	<p>Zmiana strefy taryfikacji.</p> <p>Zmiana trybu taryfikacji.</p> <p>Zmiana wskaźnika taryfy.</p> <p>Zmiana rozliczania opłat.</p>
<p>Sterowanie centralą</p>	<p>Ustawianie czasu bieżącego.</p> <p>Zmiana temporyzacji.</p> <p>Zmiana parametrów sterowania w warunkach przeciążenia centrali.</p>

6.3.3. Zarządzanie siecią

Centrala ITT 1240 wyposażona jest w nowoczesną technikę zarządzania siecią, zapobiegającą pogorszeniu się jakości usług świadczonych przez centralę w okresach przeciążenia ruchem.

W tym celu system zarządzania siecią przewiduje:

- reakcję centrali w czasie rzeczywistym na niespodziewanie zaistniałe warunki pracy,
- zaplanowanie czynności do wykonania w sytuacjach regularnie powtarzających się lub możliwych do przewidzenia,
- metody zapamiętywania stanu sprawności centrali po zaistniałym przeciążeniu,
- działania związane z minimalizacją krytycznych warunków pracy w przyszłych sieciach telefonicznych znajdujących się w stadium projektowania.

Wszelka działalność związana ze sterowaniem przeciążeniem może być podejmowana automatycznie lub na żądanie personelu.

6.4. System utrzymania

6.4.1. Charakterystyka ogólna

Generalną cechą systemu utrzymania ITT 1240 jest duża skuteczność wypełniania wszystkich funkcji utrzymaniowych, a zwłaszcza automatycznego przywracania centrali do pracy po wystąpieniu błędów programowych i sprzętowych, uzyskana według twórców systemu drogą niezbyt wysokich kosztów.

Innymi podstawowymi cechami systemu utrzymania są:

- redundancja zespołów sterujących, różna na poszczególnych poziomach hierarchii systemu,
- detekcja błędów na poziomie poszczególnych zespołów sterujących.

- podział funkcji utrzymaniowych na rozproszone i scentralizowane.

W systemie o rozproszonym sterowaniu, jakim jest system ITT 1240, możliwości detekcji błędów i natychmiastowa reakcja na nie, muszą być również rozproszone, tzn. wbudowane we wszystkie zespoły sterujące centrali, dzięki czemu unika się opóźnień, jakie wynikałyby z realizacji tych zadań w sposób scentralizowany. Natomiast funkcje, które sterują przywracaniem do pracy centrali /bądź zespołów/ po wystąpieniu mniej ważnych uszkodzeń lub nieprawidłowości mogą być /również ze względów ekonomicznych/ scentralizowane i umieszczone w parze zespołów sterujących komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi /CPCE/. Na rys. 20 przedstawiono ogólną strukturę programów utrzymaniowych i ich podział pomiędzy moduły systemu ITT 1240.

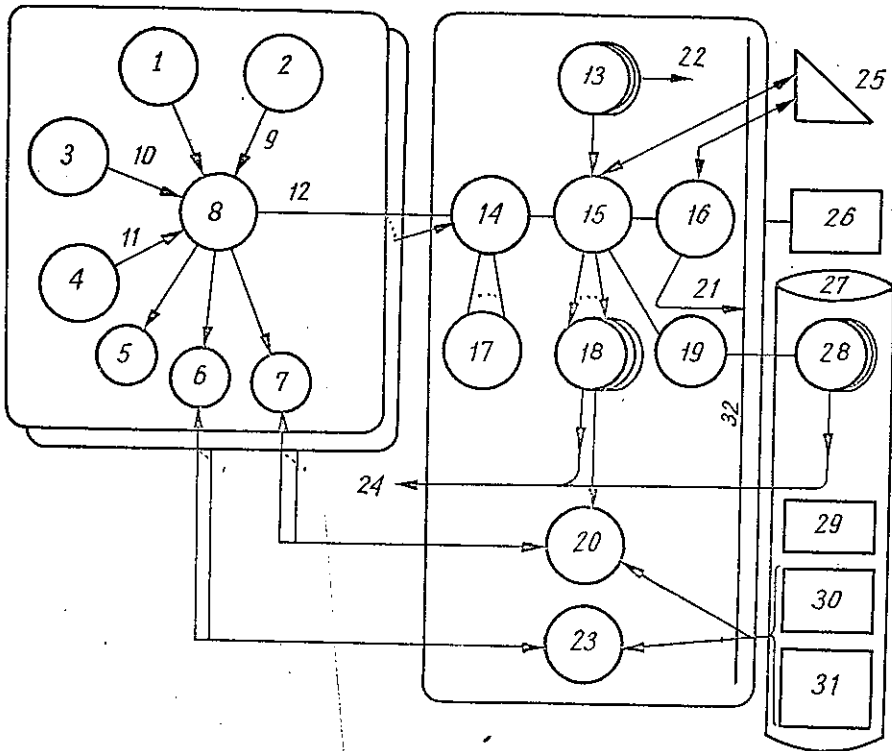
W kolejnych punktach tego rozdziału zostaną omówione poszczególne cechy systemu utrzymania.

6.4.2. Redundancja zespołów sterujących

Zespoły sterujące centrali ITT 1240 tworzą kilkupoziomową strukturę hierarchiczną charakteryzującą się tym, że im niższy poziom hierarchii, tym większa liczba zespołów sterujących. Liczba zespołów sterujących na poszczególnych poziomach, jest dobrana w zależności od wpływu awarii jednego z tych zespołów na ogólną pracę centrali.

6.4.2.1. Zespoły sterujące komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi

Na najwyższym poziomie hierarchii znajduje się para zespołów sterujących komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi, wyposażonych w identyczne programy i dane, zdolnych do sterowania zestawem identycznych urządzeń peryferyjnych /np. dyskami, monitorami/. Jeden z zespołów pełni rolę aktywną, odbiera wszystkie meldunki nadchodzące od innych zespołów centrali, realizuje zadania, natomiast drugi stanowi gorącą



Rys. 20. Struktura i rozproszenie programów utrzymaniowych w centrali ITT 1240

1 - zablokowanie procesu kontroli, 2 - program obsługi przetrwań i pułapek, 3 - handler sprzętowy i handler wiadomości, 4 - kontrola czasu bieżącego i ustalone kontrole poprawności języka CHILL, 5 - zakończenie przetwarzanego procesu, 6 - restart zespołu sterującego, 7 - program inicjacji zespołu sterującego, 8 - handler błędów, 9 - błędy pułapek, 10 - błędy sprzętowe i błędy dołącznika, 11 - błędy języka CHILL i inne błędy, 12 - informacja o stanie anormalnym, 13 - koordynacja testami rutynowymi i testami kontrolnymi, 14 - analiza informacji o błędach, 15 - samoobrona centrali, 16 - generator informacji o alarmie, 17 - analiza i translacja bloków niezawodnościowych, 18 - rekonfiguracja bloków niezawodnościowych, 19 - sterowanie diagnostyką, 20 - inicjacja zespołu sterującego, 21 - do pamięci rekordów, 22 - programy RT/AT, 23 - system inicjacji, 24 - do handlerów sprzętowych i systemu operacyjnego, 25 - monitor/drukarka, 26 - tablica alarmów, 27 - dysk, 28 - programy kontroli diagnostycznych i testów rutynowych, 29 - zbiór rekordów utrzymaniowych, 30 - segmenty programów ładowania, 31 - segmenty danych pół-stałych przeznaczonych do ładowania, 32 - system wejście/wyjście

rezerwę. Dane, wykorzystywane przez programy, zmagazynowane są w zdublowanej bazie danych. Baza danych zespołu rezerwowego uaktualniana jest na bieżąco informacjami pochodzącymi z bazy danych zespołu aktywnego za pośrednictwem komunikacji międzyprocesorowej. Taka organizacja danych umożliwia szybkie przejęcie roli aktywnej przez zespół rezerwowi. Zespoły sterujące komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi nie biorą udziału w zestawianiu połączeń, tak więc awaria nawet obydwu tych zespołów nie powoduje przerwy w działaniu centrali.

Na tym samym poziomie hierarchicznym umieszczona jest działająca w tym samym trybie co zespoły CPCE para zespołów sterujących generatorami sygnałów zegarowych i generatorami sygnałów akustycznych.

6.4.2.2. Systemowe pomocnicze zespoły sterujące /ACE/

Na kolejnym poziomie hierarchicznym znajdują się pary systemowych zespołów sterujących. Zespoły te działają na podobnej zasadzie jak opisane wyżej zespoły CPCE. Pary systemowych ACE przydzielane są do spełniania różnorodnych funkcji w systemie, m.in. do: przeliczania numerów, zarządzania zasobami centrali, wykonywania programów administracyjnych, statystycznych, zaliczania rozmów. Każda para obsługuje jedynie część z całego zbioru zasobów telefonicznych /łącza międzycentralowe, odbiorniki i nadajniki sygnałów wieloczęstotliwościowych/. W przypadku uszkodzenia się jednego z dwóch systemowych ACE, drugi z nich automatycznie i niezależnie od CPCE przejmuje zadania zespołu uszkodzonego. Ingerencja CPCE następuje tylko wtedy, gdy chodzi o zmianę zadań przypisanych danemu systemowemu ACE.

6.4.2.3. Pomocnicze zespoły sterujące ACE - obsługujące połączenia

Na następnym niższym poziomie znajduje się stosunkowo duża liczba zespołów ACE wyposażonych w programy obsługi połączeń

czeń i programy przeliczania numerów wyposażzeń. Zespoły ACE działają w trybie simplexowym z zimną rezerwą, którą stanowi zbiór zapasowych ACE. Programy przywracania sprawności rezydujące w CPCE mogą, w przypadku uszkodzenia jakiegos ACE, szybko przydzielać do pracy zespół ze zbioru ACE zapasowych.

6.4.2.4. Zespoły sterujące modułami wyposażzeń końcowych /TCE/

Ze względu na niewielką liczbę wyposażzeń końcowych, dołączonych do każdego TCE, nie ma potrzeby dublowania tych zespołów. W razie uszkodzenia TCE informacja o tym zdarzeniu dociera do CPCE, który natychmiast weryfikuje błąd, wyłącza z pracy uszkodzony zespół i generuje żądanie pilnej obsługi do operatora utrzymaniowego.

6.4.3. Detekcja błędów

Podstawowym zagadnieniem w centrali z rozproszonym sterowaniem jest zapobieganie rozprzestrzenianiu się błędu powstałego w jednym zespole sterującym, poza obręb jego działania.

W tym celu opracowano cały szereg testów kontrolnych sprawdzających prawidłowość pracy wewnątrz zespołów sterujących. Awaria systemu operacyjnego lub innych podstawowych funkcji wewnętrznych prowadzi do restartu zespołu sterującego. Natomiast stwierdzenie przekłamań danych w pamięci półstałej z protekcją zapisu lub przekłamań w programie powoduje ponowne automatyczne załadowanie programu inicjacji w zespole sterującym.

Kontrola otoczenia zespołu sterującego polega na:

1. Sprawdzaniu zgodności komunikacji ze współpracującymi zespołami sterującymi z wcześniej ustalonym protokołem.
2. Wykonywaniu okresowych testów, które pozwalają wykryć wszelkie nieprawidłowości w zbiorze danych rozproszonych oraz błędną gospodarkę zasobami systemu.

6.4.4. Funkcje utrzymaniowe rozproszone

Każdy zespół sterujący ITT 1240 zawiera 2 podsystemy autonomicznego odzyskiwania sprawności:

- 1/ handler sprzętowy, który m.in. wyłącza z pracy zespół, inicjuje jego pracę oraz wykonuje podstawowe funkcje testowe na zlecenie CPCE;
- 2/ podsystem odzyskiwania sprawności po wystąpieniu błędów procesora.

6.4.4.1. Handlery sprzętowe

Handlery sprzętowe są programami odpowiedzialnymi za wykrywanie większości awarii sprzętowych /w tym celu zawierają wszystkie informacje o interfejsach sprzętowych zespołu/, jak również za generowanie alarmów. Przykładowym handlerem sprzętowym może być handler mikroprocesora, na który składają się rdzeń systemu operacyjnego oraz translator kodu języka CHILL, działający w trybie on-line.

Dodatkowymi funkcjami handlerów sprzętowych są:

- wykrywanie i analiza przejściowych błędów w działaniu zespołu,
- generowanie informacji o błędach i alarmach do centralnego systemu utrzymaniowego /znajdującego się w CPCE/, zarówno w przypadku wystąpienia stałych jak i przejściowych błędów.

Ze względu na ideę całkowitego oddzielenia mniej pilnych zadań oprogramowania utrzymaniowego od interfejsów sprzętowych, handlery sprzętowe wykonują ponadto:

- wyłączenie zespołu z pracy na rozkaz zespołu sterującego komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi CPCE,
- przywrócenie zespołu do pracy /inicjacja zespołu/ na rozkaz systemu utrzymaniowego /rezydującego we własnym zespole sterującym bądź scentralizowanego/,
- kierowanie testem zespołu na rozkaz zespołu sterującego

komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi i odsyłanie do tego zespołu wyników testu.

Istotną zasadą rozproszonego utrzymania jest to, że każdy zespół sterujący wyposażony jest w handlery zajmujące się detekcją uszkodzeń, a ponadto w handlery pola komutacyjnego i handlery wiadomości.

6.4.4.2. Handler pola komutacyjnego

Handler pola komutacyjnego jest odpowiedzialny za realizację transmisji pakietów informacji, zgodnie z protokołem komunikacji między zespołami sterującymi. Program ten może wykrywać:

- uszkodzenie zespołu sterującego, który nie potwierdził pakietu informacji;
- brak potwierdzenia w trakcie transmisji pakietów informacji przez pole komutacyjne;
- błędną zawartość odebranego pakietu informacji;
- nadejście pakietu informacji od wadliwie pracującego zespołu sterującego;
- nadejście pakietu informacji spoza sekwencji.

W pierwszych dwóch przypadkach handler pola komutacyjnego ponawia wysłanie nie potwierdzonego pakietu przez inną alternatywną drogę komutacyjną, zanim poinformuje o uszkodzeniu handler wiadomości; pakiety informacji przychodzące, określone w trzech kolejnych punktach, nie będą potwierdzane.

6.4.4.3. Handler wiadomości

Handler wiadomości wykonuje następujący zestaw funkcji detekcji błędów i autonomicznego przywracania sprawności:

- detekcja meldunków przychodzących lub transmitowanych, które nie mogą być obsługiwane przez dany zespół sterujący;

- odbiór od handlera pola komutacyjnego informacji o awarii łącznika dostępu /w polu komutacyjnym/ zespołu sterującego, a następnie przesłanie tej wiadomości do programu obsługującego funkcje przywracania sprawności zespołu oraz ponowne skierowanie meldunku do współpracującego zespołu sterującego;
- odbiór pewnych specjalnych meldunków, za pomocą których wykrywa się przypadek, kiedy obydwa zespoły sterujące pary /ACE lub TCE/ znajdują się w tym samym stanie /obydwa aktywne lub obydwa rezerwowe/. W tym przypadku handler wysyła informację o błędzie do programu przywracania sprawności rezydującego w zespole sterującym komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi, żądając jednocześnie rozstrzygnięcia tego stanu.

6.4.4.4. Funkcje automatycznej inicjacji

Funkcje automatycznej inicjacji zespołu wbudowane są w każdy zespół sterujący. Istnieją trzy poziomy inicjacji danych i sprzętu. Najniższy dotyczy zmian w przyporządkowaniu zasobów dla realizacji pojedynczego asynchronicznego procesu. Kolejny poziom może dokonywać inicjacji pamięci dynamicznej zespołu sterującego działającej bez protekcji zapisu. Trzeci najwyższy poziom umożliwia generalną inicjację zespołu sterującego, zarówno sprzętu jak i zawartości pamięci.

6.4.5. Funkcje utrzymaniowe scentralizowane

Para zespołów sterujących komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi zarządza wykonaniem scentralizowanych funkcji utrzymaniowych do których zalicza się m.in.: reakcję na mniej ważne błędy, współpracę z operatorem, niektóre funkcje eksploatacyjne. Przy opracowywaniu koncepcji utrzymania zastosowano w stosunku do sprzętu systemu ITT 1240 podział logiczny na tzw. bloki niezawodnościowe i podział fizyczny na zespoły wymienne i podzespoły naprawialne.

Przez blok niezawodnościowy rozumie się zbiór funkcji sprzętowych dobranych tak, że uszkodzenie nawet jednej funkcji powoduje wyłączenie z usługi całego bloku. Bloki niezawodnościowe są jednostkami umożliwiającymi rekonfigurację centrali. Zespół wymienny jest to taka najmniejsza część sprzętu, która w przypadku uszkodzenia zastąpiona jest przez inną. Natomiast podzespół naprawialny jest najmniejszym zestawem bloków niezawodnościowych, które muszą być wyłączone z usługi w celu zminimalizowania wpływu zastępowania jednego zespołu wymiennego innym na ogólną pracę centrali.

Struktura oprogramowania scentralizowanych funkcji utrzymaniowych przedstawiona na rys. 21 składa się z sześciu podstawowych bloków funkcjonalnych: diagnozy anomalii, samoobronnych funkcji centrali, bloku operacji wykonawczych, inicjacji zespołu sterującego, systemu inicjacji, testów rutynowych i kontrolnych.

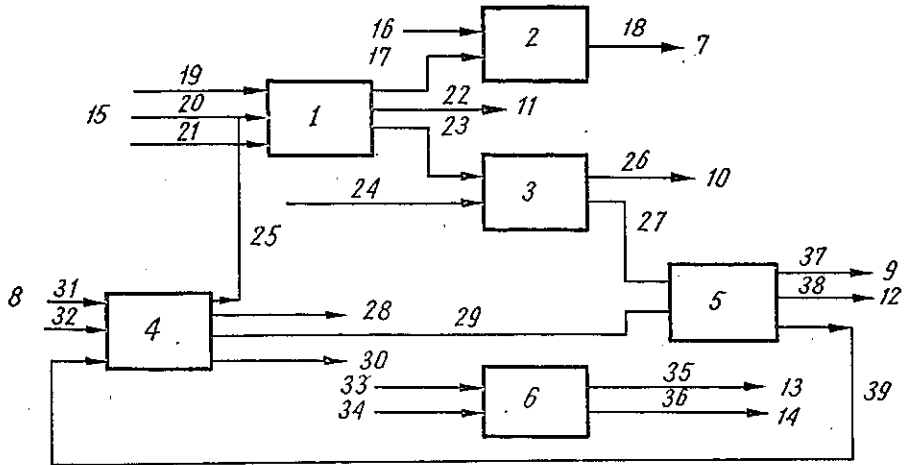
Poniżej zostaną omówione zadania poszczególnych bloków funkcjonalnych /programowych/.

6.4.5.1. Diagnoza anomalii

Informacje o anomaliach sprzętowych i programowych generowane przez handlery błędów /część systemu operacyjnego każdego zespołu sterującego/ uruchamiają program diagnozy. Na podstawie tych informacji następuje identyfikacja błędnie działającego bloku niezawodnościowego, następnie określenie zadań obronnych dla centrali i wysłanie żądania obsługi do bloku zajmującego się tymi zadaniami. Niekiedy, dla ułatwienia lokalizacji błędu w bloku niezawodnościowym, żąda się od odpowiedniego handlera wykonania testów rutynowych.

6.4.5.2. Samoobronne funkcje centrali

Funkcje te uruchamiane są na żądanie podsystemu eksploatacji, operatora lub bloku diagnozy anomalii. Zanim żądanie zostanie przyjęte do realizacji, najpierw następuje weryfikacja stanu aktualnej konfiguracji centrali. Informacje o



Rys. 21. Struktura oprogramowania scentralizowanych funkcji utrzymaniowych

1 - diagnoza anomalii, 2 - programy rutynowe i testy kontrolne, 3 - samoobronne funkcje centrali, 4 - inicjacja zespołu sterującego, 5 - blok operacji wykonawczych, 6 - system inicjacji, 7 - handler sprzętowy, 8 - system wejście/wyjście, 9 - handler sprzętowy /zarządzanie zasobami/ wyjście meldunków, 10,11,12 - komunikacja człowiek-maszyna, 13 - system wejście/wyjście, 14 - system operacyjny, 15 - handler błędów, 16 - żądanie operatora, 17 - żądanie testu, 18 - rozkazy RT i AT, 19 - żądanie operatora, 20 - anomalie, 21 - informacje o ruchu, 22 - wiadomość o błędzie, 23 - żądanie dotyczące bloku niezawodnościowego, 24 - żądanie operatora dotyczące bloku niezawodnościowego lub zespołu naprawialnego, 25 - anomalie zespołu sterującego, 26 - informacja o działaniu, 27 - działanie w bloku operacji wykonawczych, 28 - działanie funkcji odzyskiwania sprawności w zespole sterującym, 29 - wynik rozkazu dotyczącego odzyskiwania sprawności zespołu sterującego, 30 - system wejście/wyjście, 31 - przeładowanie danych, 32 - informacja o funkcji odzyskiwania sprawności, 33 - przeładowanie danych, 34 - żądanie operatora, 35 - żądanie przeładowania danych, 36 - czynności odzyskiwania sprawności zespołu sterującego, 37 - rekonfiguracja/rozkazy testu, 38 - informacje diagnostyczne, 39 - rozkazy dotyczące odzyskiwania sprawności zespołu sterującego

stanach wszystkich bloków niezawodnościowych zapamiętane w tym bloku funkcjonalnym, mogą być również na żądanie operatora wyprowadzane na urządzenia peryferyjne lub tablicę alarmów.

6.4.5.3. Blok operacji wykonawczych

Na żądanie przysłane z bloku realizującego funkcje samoobrony centrali odpowiedni program podejmuje działania zmierzające do przywrócenia sprawności uszkodzonemu blokowi niezawodnościowemu. W tym celu dokonuje się izolacji tego bloku, testów diagnostycznych, a następnie inicjacji. W trakcie wykonywania tych czynności wymagana jest współpraca z innymi modułami programowymi, np. z handlerem sprzętowym bądź z programem zarządzającym zbiorami danych. W przypadku przywrócenia sprawności uszkodzonemu zespołowi sterującemu opisywany tu blok wysyła żądanie obsługi do bloku funkcjonalnego realizującego żądania związane z inicjacją zespołu.

6.4.5.4. Inicjacja zespołu sterującego

Inicjacja zespołu sterującego polega na przeładowaniu całości oprogramowania /z dysku/ oraz załadowaniu testów diagnostycznych do zespołu sterującego za pośrednictwem systemu wejścia/wyjścia. O wyniku wykonanych czynności zostają powiadomione blok diagnozy anomalii i blok operacji wykonawczych.

6.4.5.5. System inicjacji

Ten blok funkcjonalny jest odpowiedzialny za wykonanie ogólnej inicjacji systemu na żądanie operatora. W ramach wykonywania tej funkcji możliwe jest ponowne uruchomienie tylko procesów sterujących komputerowymi urządzeniami peryferyjnymi bądź ponowne uruchomienie całego systemu. Wszystkie informacje do załadowania pobierane są z dysków za pośrednictwem systemu wejścia/wyjścia.

6.4.5.6. Programy rutynowe i testy kontrolne

Zadaniem tego bloku funkcjonalnego jest sterowanie wykonywaniem programów rutynowych i testów kontrolnych. Programy rutynowe służą do wykrywania tych błędów sprzętowych, które nie mogą być wykryte w trakcie normalnej pracy. Za pomocą testów rutynowych sprawdza się również poprawność pracy układów detekcji błędów.

Testy kontrolne wykrywają i korygują niezgodności pomiędzy stanem sprzętu urządzenia a stanem odpowiadającego mu oprogramowania, ponadto sprawdzają poprawność dublowanych danych centralowych. Obydwa rodzaje testów mogą być wykonywane regularnie co pewien czas /częstotliwość określa operator/ bądź jednorazowo na żądanie operatora lub bloku diagnozy anomalii. Informacje o wykrytych anomaliami w czasie wykonywania testów przesyłane są celem dokonania głębszej analizy do opisanego wcześniej bloku diagnozy anomalii.

6.4.5.7. Podsumowanie

Opisana powyżej koncepcja systemu utrzymania centrali ITT 1240 oparta na rozproszeniu funkcji detekcji błędów i funkcji pilnego przywracania sprawności zespołom centrali zapewnia: realizację bogatego zbioru zadań utrzymaniowych, w pełni automatyczną diagnostykę błędów oraz automatyczne przejście centrali do normalnego stanu pracy po wystąpieniu niektórych awarii.

System eksploatacji centrali ITT 1240 umożliwia: zbieranie dużej liczby danych dotyczących statusów, charakterystyk pracy związanych z działaniem centrali i sieci, wykonywanie pomiarów ruchowych i utrzymaniowych oraz modyfikację parametrów centrali.

W praktyce okazało się, że przejście od takiego systemu do koncepcji centrum eksploatacji i utrzymania obsługującego pewien obszar sieci telefonicznej jest zdaniem twórców niezwykle proste i ekonomiczne. Tak więc zadania eksploatacyjne i

utrzymaniowe w systemach ITT mogą być realizowane w każdej centrali ITT 1240 lub przez centrum ITT 1290.

6.5. Centrum eksploatacji i utrzymania ITT 1290

Centrum ITT 1290 dysponując szerokim wachlarzem urządzeń eksploatacyjno-utrzymaniowych może zarządzać centralami różnych systemów, a szczególnie centralami ITT 1240 nie wpływając bezpośrednio na procesy zestawiania połączeń. Struktura oprogramowania i sprzętu centrum musi być na tyle elastyczna, aby umożliwiała współpracę z centralami różnych systemów w odpowiednich dla nich formatach dialogu człowiek-maszyna, ponadto musi uwzględniać szeroki zakres urządzeń peryferyjnych oraz interfejsów komunikacyjnych central. Od strony funkcjonalnej, centrum zapewnia przede wszystkim:

- realizację bogatego zbioru zadań eksploatacyjnych i utrzymaniowych automatycznie lub na żądanie,
- kontrolę poprawności meldunków przychodzących,
- magazynowanie wszystkich meldunków przychodzących,
- okresowe wyświetlanie wszystkich lub wybranych meldunków,
- bezpośrednią transmisję informacji do dołączonych central,
- możliwość przechowywania programów użytkowych.

6.5.1. Struktura ITT 1290

Centrum ITT 1290 posiada dwa zestawy traktów komunikacyjnych: łącza alarmowe i trakty danych do dialogu typu MMC. Pierwsze z nich /niezależnie od rodzaju centrali/ służą do przesyłania alarmów od poszczególnych central do odległego centrum. Drugie, umożliwiają komunikację wewnątrz centrum oraz przyłączenie odległych dalekopisów. Centrum jest w stanie obsługiwać 32 układy wejścia/wyjścia zdalnego dostępu do

obsługiwanych central oraz współpracować z 16 urządzeniami peryferyjnymi, używając maksymalnie 7 różnych języków do dialogu człowiek-maszyna. Do centrum może być dołączona każda centrala, która jest w stanie wysyłać meldunki człowiek-maszyna w kodzie ASCII lub w formacie kompatybilnym.

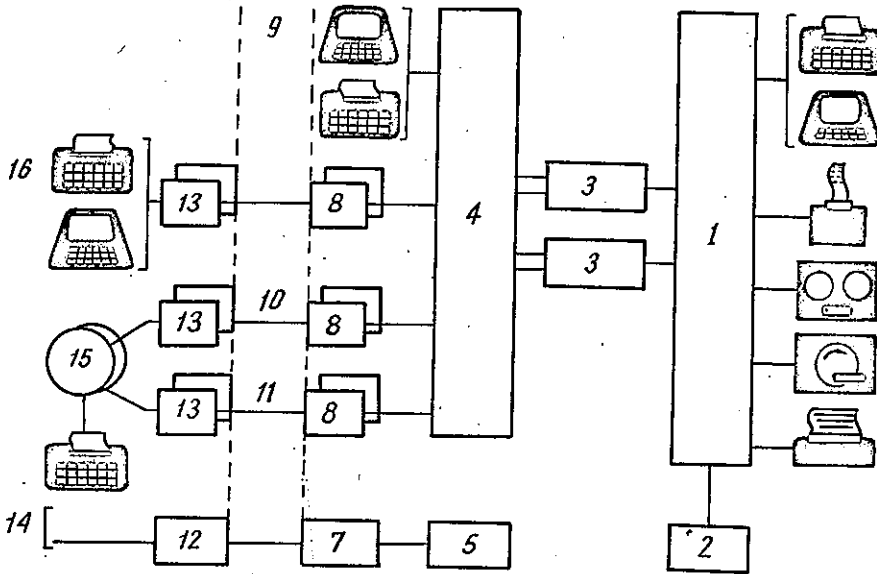
6.5.2. Sprzęt centrum ITT 1290

Centralną część systemu eksploatacji i utrzymania /rys. 22/ stanowi procesor. Konfiguracja połączeń simpleksowych pomiędzy centrum a centralami jest wystarczająca z punktu widzenia wymagań niezawodnościowych, przy czym awaria procesora nie wpływa na jakość świadczonych usług przez centralę.

Do procesora może być dołączony następujący zestaw urządzeń peryferyjnych:

- dalekopis lub monitor do wykonywania czynności związanych z generacją oprogramowania i utrzymaniem centrum ITT 1290;
- pamięć dyskowa przechowująca oprogramowanie, kopie meldunków, zbiory danych statystycznych, programy użytkowe itd;
- pamięć magnetyczna stanowiąca pamięć masową do przechowywania meldunków, zbiorów danych oraz innych informacji dotyczących uaktualniania danych na taśmach;
- drukarka wierszowa do wyprowadzania zbiorów danych;
- inne urządzenia peryferyjne zależnie od specyfiki zastosowania.

Do powiązania centrum z centralami zastosowano system łączy simpleksowych, spełniający wymagania niezawodnościowe. Ponadto do procesora dołączone są asynchroniczne kontrolery multiplekserów komunikacyjnych, do których z kolei mogą być dołączone /za pośrednictwem układów dołączających/ lokalne urządzenia peryferyjne lub modemy powiązane z: poszczególny-



Rys. 22. Schemat centrum eksploatacji i utrzymania central - ITT 1290

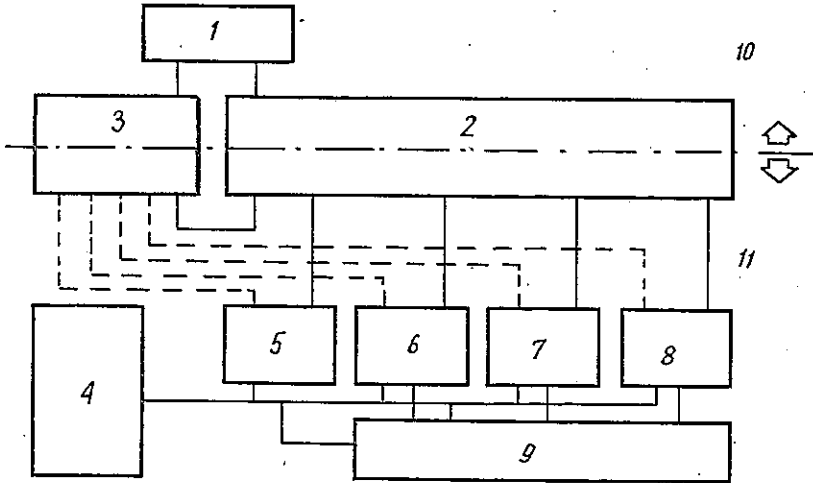
1 - jednostka centralna CPU, 2 - zegar czasu rzeczywistego, 3 - asynchroniczny kontroler komunikacyjny, 4 - układy dołączające, 5 - wyświetlanie alarmów, 7 - odbiornik, 8 - modem, 9 - trakty, 10 - trakt do komunikacji człowiek-maszyna, 11 - trakt danych, 12 - nadajnik, 13 - modem, 14 - alarmy z centrali, 15 - centrala ITT 1240, 16 - monitor ekranowy lub drukarka

mi centralami, odległymi urządzeniami peryferyjnymi, odległymi centrami przetwarzającymi dane, centrum eksploatacji i utrzymania wyższego rzędu.

6.5.3. Moduły i struktura oprogramowania

Programy ITT 1290 pracują pod kontrolą systemu operacyjnego RSX 11-M działającego w czasie rzeczywistym. Programy te zorganizowane są w wyspecjalizowane moduły, przeznaczone

do realizacji poszczególnych funkcji systemu /rys. 23/. Poniżej zostaną omówione poszczególne moduły programowe centrum ITT 1290.



Rys. 23. Struktura oprogramowania centrum ITT 1290

1 - procesor RSX 11-M, 2 - moduł interfejsu systemu operacyjnego ITT 1290, 3 - układy sterujące urządzeniami wejście/wyście, 4 - moduły biblioteczne, 5 - moduł zarządzania systemem, 6 - moduł interfejsu komunikacyjnego, 7 - moduł eksploatacji i utrzymania, 8 - moduł obsługi na żądanie, 9 - moduł programów użytkowych, 10 - system operacyjny, 11 - podstawowe programy systemu ITT 1290

- Moduł interfejsu systemu operacyjnego zapewnia komunikację pomiędzy systemem operacyjnym i poszczególnymi programami ITT 1290.
- Moduł zarządzania systemem wykonuje takie funkcje, jak: aktywacja programu, kontrola poprawności działania systemu, zbieranie informacji o błędach, przydzielanie i nadzór układów wejściowych oraz wyłączenie z pracy i przywracanie do pracy tych układów, inicjowanie i sterowanie ładowaniem oprogramowania. Z uwagi na różnorodność funkcji ten

dzieli się na następujące bloki funkcjonalne: zarządzanie generalne, zarządzanie układami wejściowymi i podmoduły przywracania sprawności systemowi.

- Moduł interfejsu komunikacyjnego obsługuje wymianę meldunków pomiędzy centralami a centrum oraz nadzoruje komunikację typu człowiek-maszyna z urządzeniami peryferyjnymi. Moduł ten składa się z: podmodułów komunikacji maszyna-maszyna, bloku odpowiedzialnego za komunikację człowiek-maszyna oraz bloku wejście/wyjście.
- Moduł eksploatacji i utrzymania odpowiada za wyświetlanie i transmisję meldunków, obsługę zbiorów informacji, a przede wszystkim za realizację podstawowych funkcji eksploatacyjno-utrzymaniowych centrum.
- Moduł programów użytkowych wyposażony jest w programy realizujące funkcje związane z poszczególnymi centralami dołączonymi do centrum /jeden moduł związany z siecią telefoniczną/.
- Moduł obsługi na żądanie umożliwia użytkownikom uruchamianie i testowanie własnych programów, które mogą być też używane przez centrum do analizy informacji otrzymywanych z central.
- Moduł biblioteki - przechowuje programy rutynowe ogólnego przeznaczenia oraz zbiory danych wykorzystywane przez oprogramowanie ITT 1290.

6.6. Podsumowanie

Połączenie możliwości eksploatacyjno-utrzymaniowych systemu ITT 1240 z możliwościami centrum ITT 1290 prowadzi w efekcie do usprawnienia czynności administracyjnych związanych z działalnością eksploatacyjną oraz do lepszego wykorzystania personelu utrzymaniowego, który w sposób zdalny może nadzorować pracę szeregu central. Dodatkową zaletą wynikającą z zastosowania ITT 1290 jest to, że może on spełniać rolę centrum zarządzającego w stosunku do central różnych systemów.

7. POLE KOMUTACYJNE

7.1. Wprowadzenie

W polu komutacyjnym cyfrowej centrali systemu ITT 1240 wykorzystano nowy typ elementu komutacyjnego. Pozwala to na pełne rozproszenie sterowania, a pole komutacyjne zachowuje możliwość rozbudowy aż do określonej maksymalnej wielkości. W rezultacie okazuje się, że dzięki temu zakres ekonomicznej rozbudowy central staje się szeroki i rozciąga się od małych, wydzielonych jednostek abonenckich poprzez centrale nadzorowane, do dużych niezależnych central miejscowych i między-miastowych.

W systemie ITT 1240 uniknięto wiele słabych stron innych systemów z cyfrową komutacją polegających na tym, że stosowane w nich matryce komutacyjne o komutacji czasowej bądź przestrzennej sterowane są przez procesor centralny wspomagany przez procesory peryferyjne. Zakres zastosowań takich systemów i ich zdolność do dalszej rozbudowy są poważnie ograniczone zarówno przez względy ekonomiczne, jak i też praktyczne związane z rozmieszczeniem sprzętu.

7.2. Założenia projektowe

W celu dostosowania koncepcji pola komutacyjnego do awangardowej koncepcji rozproszonego sterowania należało spełnić dwa podstawowe warunki:

po pierwsze - musiała ona zapewnić szerszy zakres wielkości central niż ten, jaki można było osiągnąć przy utrzymaniu tradycyjnych struktur typu czas-przestrzeń-czas lub przestrzeń-czas-przestrzeń;

po drugie - powinna zapewnić sterowanie pola komutacyjnego poprzez drogi rozmowne za pomocą wiadomości generowanych przez zespoły sterujące w wyposażeniach końcowych, co eliminuje potrzebę centralnego sterowania.

Do niedawna stosowano wiele wspomnianych różnych struktur pola komutacyjnego, ale z wielu powodów najnowsza tendencja charakteryzuje się stosowaniem struktur składanych. Struktury te są znacznie bardziej wydajne, gdy procent połączeń lokalnych przekracza nieco 30 oraz gdy stosowane są dwutorowe łącza dla połączeń tranzytowych. Wszystkie połączenia /łącze abonenckie - łącze abonenckie, łącze abonenckie - łącze międzycentralowe, łącze międzycentralowe - łącze abonenckie, łącze międzycentralowe - łącze międzycentralowe/ są komutowane identycznie, co sprawia, że nie tylko upraszcza się sterowanie, ale w rezultacie pole jest przezroczyste dla sygnałów różnego rodzaju usług.

W przypadku projektowania systemu ITT 1240 w związku z pierwszym wspomnianym warunkiem, tzn. możliwością liniowej rozbudowy pola wraz ze wzrostem ruchu, oznacza to, że jedynie składana struktura pola umożliwia zmianę liczby stopni komutacyjnych odpowiednio do zmiany liczby przyłączonych wyposażań końcowych.

Drugi ważny cel - sterowanie pola poprzez tory rozmówne - został osiągnięty przez wykorzystanie idei sterowania pola za pomocą cyfrowych strumieni bitów, pochodzących z zespołów sterujących wyposażenia końcowego. Możliwość zmiany liczby stopni oraz sterowanie poprzez tor rozmówny narzucają trzecią ważną cechę pola komutacyjnego: mianowicie wszystkie elementy komutacyjne powinny być identyczne, a każdy taki element powinien zapewniać komutację zarówno czasową jak i przestrzenną. Ze względu na to, że w takim kombinowanym przestrzenno-czasowym polu komutacyjnym dostępność kanału jest wyższa niż w dotychczasowych równorzędnych strukturach, sprawność pola komutacyjnego ITT 1240 jest - zdaniem jego twórców - wyższa o 30% w porównaniu z dotychczasowymi strukturami, co stanowi jego niewątpliwą zaletę. Wszystkie kanały w polu komutacyjnym, zarówno przestrzenne jak i czasowe, są osiągalne na każdym stopniu dla każdego połączenia, podczas gdy dla struktur czas-przestrzeń-przestrzeń-czas matryca przestrzenna określa liczbę kanałów dostępnych dla danego połączenia.

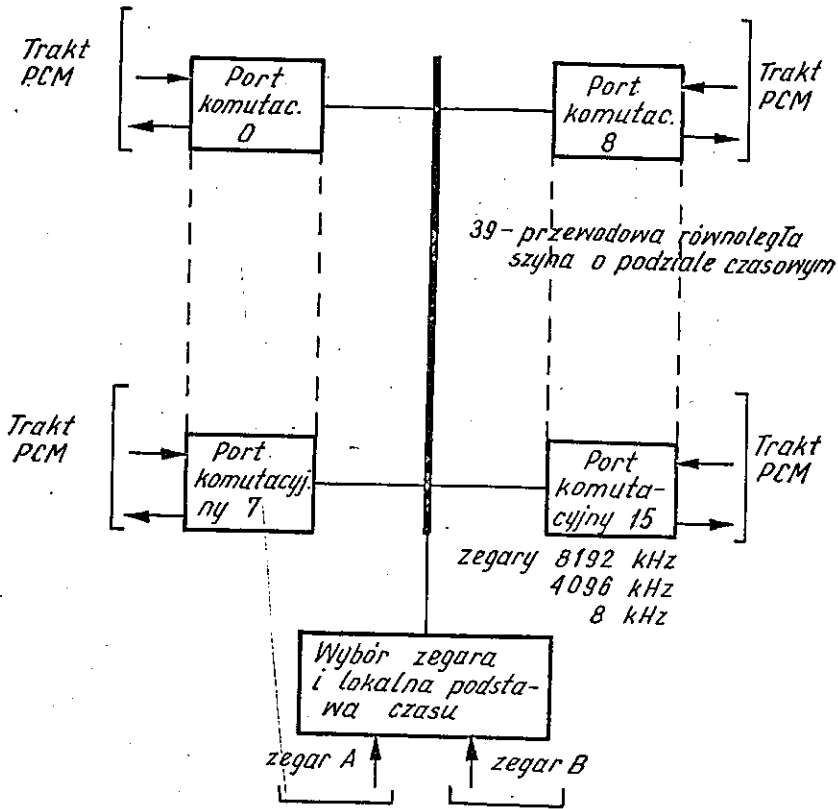
Wszystkie te, wyżej wymienione względy doprowadziły do opracowania pola komutacyjnego o następujących głównych cechach charakterystycznych:

- struktura składana, umożliwiająca łagodną rozbudowę pola do maksymalnej jego wielkości bez zmiany już istniejącej części pola;
- zastosowanie do budowy pola identycznych elementów komutacyjnych, na każdym stopniu, umożliwiających komutację zarówno przestrzenną jak i czasową;
- sterowanie poprzez tor rozmówny, umożliwiający sterowanie elementami komutacyjnymi poprzez zespoły sterujące;
- wysoka sprawność pola, wynikająca z niskiego prawdopodobieństwa blokady;
- krótki czas opóźnienia sygnału przechodzącego przez całe pole;
- pomijalnie małe pogorszenie parametrów użytkowych pola w przypadku uszkodzenia pojedynczego elementu komutacyjnego oraz duże możliwości diagnostyczne i utrzymaniowe.

7.3. Cyfrowy element komutacyjny

Podstawową funkcjonalną jednostką pola komutacyjnego jest cyfrowy element komutacyjny. Wykonany jest on w postaci pojedynczego pakietu, na którym umieszczonych jest 16 identycznych układów scalonych LSI stanowiących porty komutacyjne, wzajemnie ze sobą połączone za pomocą wspólnej szyny o zwielokrotnieniu czasowym TDM /rys. 24/. Każdy port komutacyjny posiada cyfrowe szeregowo wejście i wyjście o częstotliwości 4096 kbit/s, zawierające 32 kanały po 16 bitów, co stanowi dwukierunkowy trakt PCM.

Element komutacyjny może zestawiać i podtrzymać tor, wzdłuż którego można przesłać informację z jakiegokolwiek kanału odbiorczej strony jednego z 16 wejściowych traktów PCM -



Rys. 24. Schemat cyfrowego elementu komutacyjnego

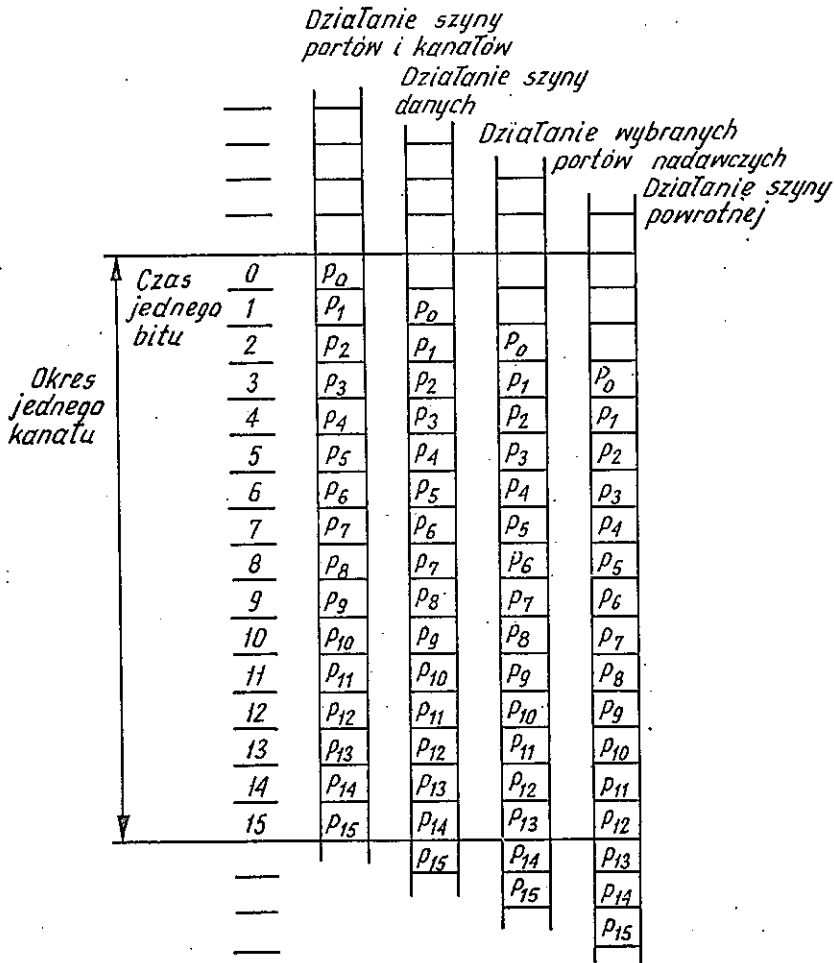
do jakiegokolwiek kanału nadawczej strony jednego z 16 wyjściowych traktów PCM. Każdy element komutacyjny wybiera jedno z dwóch wejść zegarowych o częstotliwości 8192 kHz i generuje lokalną ramkę odniesienia dla wewnętrznej szyny i traktów wyjściowych. Sterowanie elementem komutacyjnym jest realizowane indywidualnie /brak wspólnych układów sterujących/ przez poszczególne porty komutacyjne, współdziałające ze sobą przy wykorzystaniu wewnętrznej szyny o zwielokrotnieniu czasowym. Porty te odbierają zakodowane binarne cyfry sterujące z zespołów sterujących wyposażenia końcowych i automatycznie

zestawiają drogę połączeniową, w sposób podobny /krok po kroku/, jak to miało miejsce w wybierakach systemu Strowgera. Porty komutacyjne wykorzystując stan każdego kanału i informacje sterujące, przychodzące po trakcie PCM w tym kanale, zestawiają lub rozłączają tor w elemencie komutacyjnym, przesyłają informację wzdłuż zestawionego toru oraz wykonują funkcje specjalne typu utrzymaniowego i kontroli ciągłości toru.

Port komutacyjny jest kluczowym składnikiem pola komutacyjnego i stanowi specjalny układ scalony wykonany w n-kanałowej technologii MOS LSI, zawierający 11500 tranzystorów na powierzchni kwadratu o boku 5,9 mm.

Port jest podzielony na dwie części odbiorczą i nadawczą, które są w zasadzie od siebie niezależne. Część odbiorcza portu jest synchronizowana do wejściowego łącza PCM, utrzymuje status portu i kanału, wspomaga szynę czasową przy zestawianiu, podtrzymaniu i rozłączaniu torów. Część nadawcza zaś odbiera słowo sterujące ze strony odbiorczej któregośkolwiek portu, wykonuje funkcje komutacji czasowej przez zmagazynowanie tego słowa w wyjściowej pamięci skojarzonej z żądaną wyjściową szczeliną czasową, wykonuje poszukiwania pierwszego wolnego kanału i również wspomaga szynę czasową.

Układ scalony LSI portu komutacyjnego zawiera wszystkie niezbędne obwody, włączając układy nadawczo-odbiorcze szyny wewnętrznej. Wszystkie 16 portów elementu komutacyjnego są wzajemnie połączone równoległą 39 przewodową szyną pracującą w podziale czasu. /rys. 31/. Każdy port wykorzystuje szynę 32 razy na ramkę, stąd czas cyklu szyny wynoszący 125 μ s jest podzielony przez 32x16, co daje w przybliżeniu 244 ns na każdy port komutacyjny. Wszystkie porty wykorzystują szynę cyklicznie w sposób podany na rys. 25.



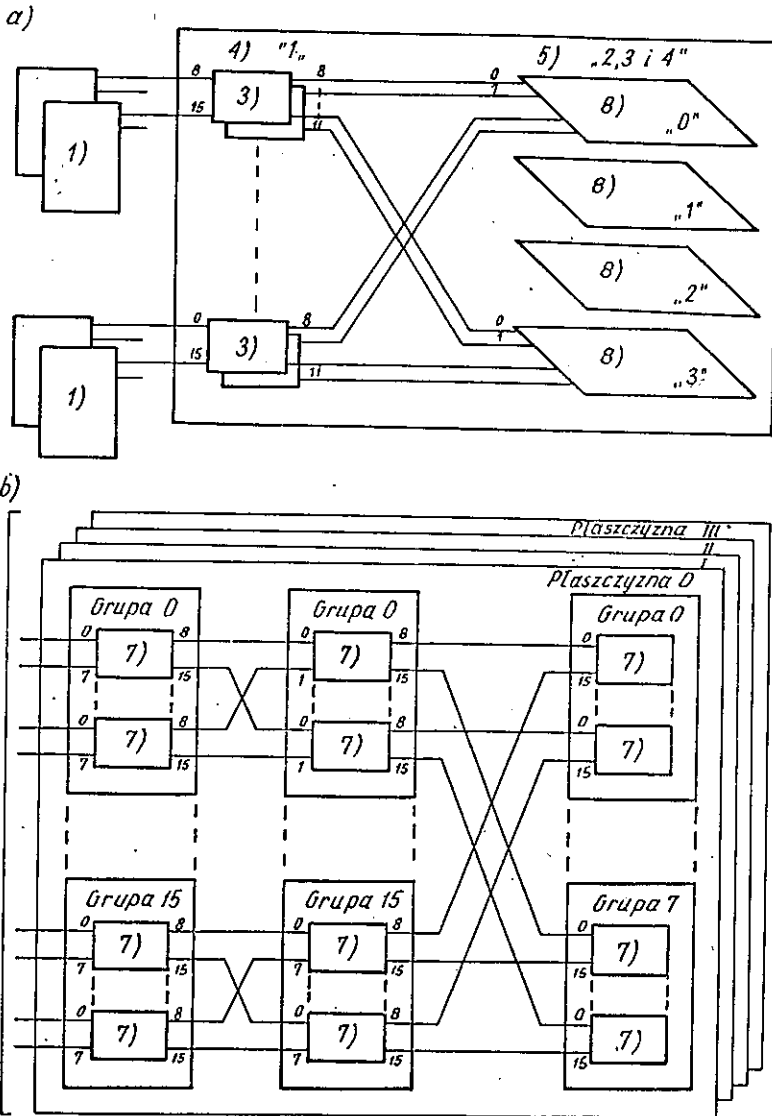
Rys. 25. Wykres analogowy równoległej szyny łączącej wzajemnie ze sobą 16 portów komutacyjnych cyfrowego elementu komutacyjnego

7.4. Struktura pola komutacyjnego

W systemach z przestrzennym rozdziałem łączy efektywne wykorzystanie pola komutacyjnego jest zazwyczaj dokonane przy użyciu mapy w pamięci centralnego procesora wspomaganego przez urządzenia kontroli toru i różnego rodzaju algorytmy wyboru drogi. Chociaż pole komutacyjne ITT 1240 wydaje się podobne do pól w tych systemach, to rozproszony charakter sterowania pozwala na uniknięcie problemów związanych z centralną mapą w pamięci. Wybraną konfigurację przedstawia rys.26, zawierający pary łączników dostępu i grupową część pola komutacyjnego. Liczba łączników dostępu i grupowych stopni komutacyjnych /co najwyżej 3/ zależy od liczby zainstalowanych wyposażań końcowych. Liczba płaszczyzn części grupowej pola /co najwyżej 4/ zależy od średniego ruchu przypadającego na wyposażenie końcowe, i od całkowitego ruchu obsługiwanego przez centralę.

Zasady którymi kierowano się przy wyborze tej konfiguracji są następujące:

- wysoka dostępność torów zapewniona przez element komutacyjny o kombinowanej komutacji przestrzenno-czasowej, pozwalająca na efektywne wykorzystanie pola komutacyjnego bez złożonych połączeń między stopniami komutacyjnymi i bez algorytmów wyboru dróg przejścia;
- sukcesywne sterowanie zestawianiem toru nie wymagające stosowania procedury próby odcinka toru zestawianego;
- zdolność elementu komutacyjnego do zamykania toru w jego obrębie /ang. reflection/ powoduje, że w przypadku zestawiania poszczególnego połączenia droga sięga tylko tak daleko w głąb pola, jak to jest niezbędne do osiągnięcia stopnia, który umożliwi zamknięcie drogi w kierunkużądanego wyposażenia końcowego;
- każde wyposażenie końcowe posiada swój unikalny adres, który jest w zasadzie zestawem czterech cyfr sterujących,



Rys. 26. Cyfrowe pole komutacyjne
a/ struktura całkowita, b/ stopień grupowy

1-zespół sterujący, 2-płaszczyzna 0 stopnia grupowego, 3 -
łącznik dostępu, 4-łącznik dostępu - pierwszy stopień komu-
tacyjny, 5-grupowe stopnie komutacyjne 2,3 i 4, 6-łączniki
dostępu, 7-cyfrowy element komutacyjny

niezbędnych do osiągnięcia wyposażenia końcowego z czwartego stopnia komutacyjnego; bez względu na to, który element komutacyjny w żądanym stopniu jest wybrany do zamknięcia drogi, sekwencja wyboru żądanego wyposażenia końcowego jest taka sama, co upraszcza znaczenie procedury wyboru toru; z chwilą kiedy znany jest adres w polu żądanego wyposażenia końcowego, może być w polu stosowane swobodne szukanie toru wolnego, aż do osiągnięcia jakiegokolwiek elementu komutacyjnego zamykającego drogę, z którego może być osiągnięte żądane wyposażenie końcowe;

- łącza międzystopniowe są realizowane przez fazowo synchroniczne trakty PCM, pozwalające na umieszczanie stopni komutacyjnych w dowolnych odległościach między sobą.

Wszystkie wyposażenia końcowe osiągają pole komutacyjne poprzez interfejs zespołu sterującego wyposażenia końcowego który jest połączony przez parę asynchronicznych szeregowych traktów PCM do pary łączników dostępu /czyli do pierwszego stopnia pola komutacyjnego/. Interfejs zespołu sterującego wyposażenia końcowego jest połączony dwoma traktami PCM do pary łączników dostępu, co stanowi 60 kanałów duplexowych. Typowy moduł wyposażenia końcowego w centrali ITT 1240 obsługuje 60 łączy abonenckich lub 30 łączy międzycentralowych. Układ łącznika dostępu jest elementem komutacyjnym zawierającym 16 portów komutacyjnych, z których cztery porty są przeznaczone do połączenia z częścią grupową pola, a pozostałe 12 portów może być dołączonych do wyposażzeń końcowych. W tym rozwiązaniu do pary łączników dostępu można dołączyć osiem modułów abonenckich lub cztery moduły łączy międzycentralowych. Pozostałe, nie używane porty pary łączników dostępu, mogą być użyte do połączenia do pomocniczych zespołów sterujących ACE, do wyposażzeń końcowych specjalnego przeznaczenia lub też stanowią rezerwę. Grupy modułów wyposażzeń końcowych są dołączone do części grupowej pola komutacyjnego za pomocą pary łączników dostępu /rys. 26a/. Część grupowa pola komutacyjnego może zawierać do czterech niezależnych płaszczyzn

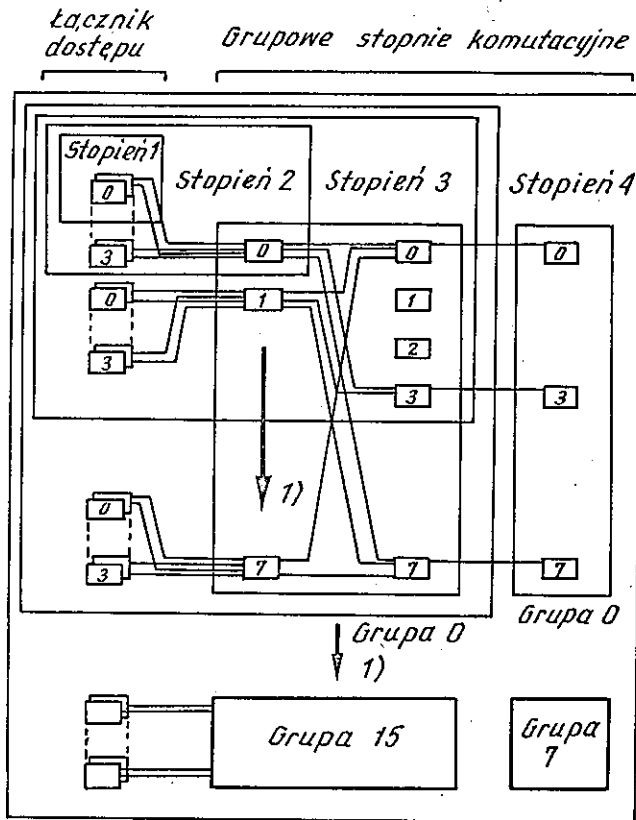
elementów komutacyjnych. Liczba elementów w każdej płaszczyźnie zależy od liczby par łączników dostępu dołączonych do tej płaszczyzny. Cztery pary łączników dostępu wymagają co najmniej jednego elementu komutacyjnego w każdej płaszczyźnie części grupowej pola. Część grupowa pola o maksymalnej wielkości kojarzy ze sobą 512 par łączników dostępu poprzez trzy stopnie elementów komutacyjnych, jak to przedstawiono na rys. 26b.

7.5. Rozbudowa pola komutacyjnego

Kluczowym czynnikiem przyczyniającym się do zapewnienia elastyczności systemu ITT 1240 jest sposób w którym cyfrowe pole komutacyjne może być równomiernie rozbudowane od najmniejszej do największej wielkości.

Architektura pola komutacyjnego pozwala na każdy nawet najmniejszy wzrost jego pojemności, bez względu na to czy jest on spowodowany zwiększeniem liczby wyposażań końcowych, czy też zwiększeniem wielkości ruchu obsługiwanego przez pole. Wzrost taki może być wykonany przez dodanie jednego lub więcej elementów komutacyjnych bez zmiany istniejącego już okablowania.

Płaszczyzny komutacyjne części grupowej pola, które są zawsze identyczne, mogą być stopniowo dodawane celem zwiększenia przepustowości ruchowej pola. Sposób w jaki można dokonywać rozbudowy pola komutacyjnego w ITT 1240 poprzez odpowiednie dodawanie elementów komutacyjnych, jest przedstawiony na rys. 27. Pole komutacyjne o maksymalnej pojemności zawiera w części grupowej cztery płaszczyzny, każda z 320 elementami komutacyjnymi. Pierwszy stopień pola zawiera wówczas 512 par łączników dostępu. Tak więc, pole komutacyjne o maksymalnej pojemności składa się z $2 \times 512 + 4 \times 320 = 2304$ elementów komutacyjnych. Liczba wejściowych portów wynosi wtedy $512 \times 12 = 6144$, co umożliwia obsługę 100000 łączy.



Rys. 27. Wzrost rozbudowy cyfrowego pola komutacyjnego centrali systemu ITT 1240

7.6. Zestawienie toru

W celu zestawienia połączenia pomiędzy dwoma zespołami sterującymi, zespół generujący połączenie wysyła ciąg rozkazów wybierczych typu "select" /wybieranie/. Każdy taki rozkaz powoduje zestawienie połączenia w jednym cyfrowym elemencie komutacyjnym. Dla połączenia dwutorowego zestawiany jest jednocześnie tor powrotny przez zespół sterujący, do którego jest skierowane połączenie. Tory w obu kierunkach nie prze-

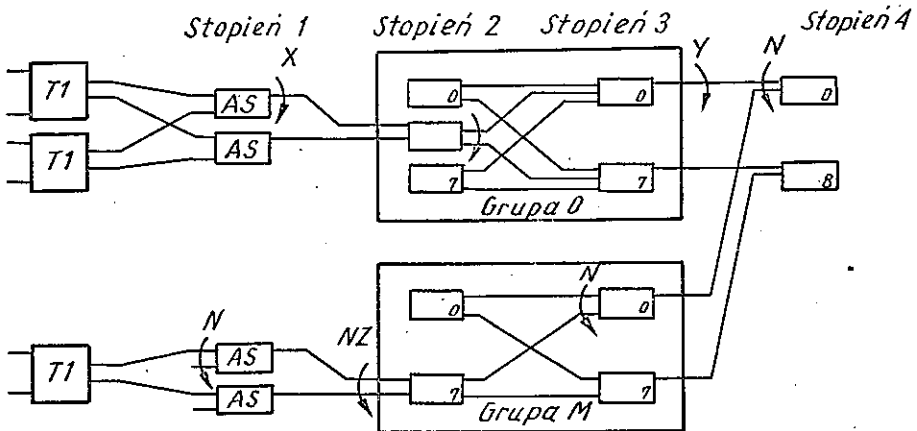
biegają tą samą drogą przestrzenno-czasową przez pole komutacyjne. Każdemu zespołowi sterującemu jest przypisana czterocyfrowa liczba /ABCD/, która stanowi jego adres w cyfrowym polu komutacyjnym. Znaczenie poszczególnych cyfr jest następujące:

- A - jest cyfrą używaną do wysterowania pary łączników dostępu celem połączenia jej z interfejsem A-tego zespołu sterującego /A1 ... 12/;
- B - jest cyfrą używaną do wysterowania elementu komutacyjnego w drugim stopniu określonej płaszczyzny celem połączenia go do B-tej pary łączników dostępu /jednej z grupy czterech takich par/;
- C - jest cyfrą używaną do wysterowania elementu komutacyjnego w trzecim stopniu komutacyjnym określonej płaszczyzny celem dołączenia go do C-tego elementu komutacyjnego stopnia drugiego /jednego z grupy ośmiu elementów w tym stopniu/;
- D - jest cyfrą używaną do wysterowania elementu komutacyjnego w czwartym stopniu komutacyjnym w każdej płaszczyźnie celem połączenia go do D-tej grupy elementów komutacyjnych w stopniu trzecim. Każdy z 64 elementów komutacyjnych stopnia czwartego w każdej płaszczyźnie ma jedno łącze do jednego elementu komutacyjnego w stopniu trzecim w każdej z 16 grup.

Do zestawienia połączenia stosowana jest procedura swobodnego poszukiwania, typu dowolna szczelina na dowolnym trakcie w polu, aż do elementu komutacyjnego zamykającego drogę /punktu odbicia/, a następnie stosowana jest procedura kierowanego poszukiwania, typu dowolna szczelina na określonym wyjściowym trakcie z pola. W najdłuższych torach procedura swobodnego poszukiwania obowiązuje od interfejsu wyposażenia końcowego do jednego z dwóch łączników dostępu, następnie do jednego z czterech elementów komutacyjnych stopnia drugiego /każdy w określonej płaszczyźnie komutacyjnej/, dalej do jednego z ośmiu elementów komutacyjnych, wewnątrz danej grupy w

trzecim stopniu komutacyjnym określonej płaszczyzny i wreszcie do jednego z 64 elementów komutacyjnych stopnia czwartego w określonej płaszczyźnie. Ogólna liczba dostępnych torów wzrasta od 60 kanałów dla interfejsu wyposażenia końcowego do $7680 / 4$ płaszczyzny \times 64 elementami komutacyjnymi \times 30 kanałów/ równoległych torów dostępnych do elementu komutacyjnego zamykającego drogę. Następnie od tego elementu komutacyjnego procedura kierowanego poszukiwania dokonuje wyboru jednego z 30 kanałów do połączenia z żądanym elementem komutacyjnym stopnia trzeciego, wyboru jednego z 30 kanałów do żądanego elementu komutacyjnego w stopniu drugim, wyboru dowolnego z 30 kanałów do jednego z łączników dostępu i wreszcie dowolnego z 30 kanałów do żądanego interfejsu wyposażenia końcowego.

Doysterowania pola komutacyjnego w celu zestawienia połączenia niezbędne są zaledwie cztery typy rozkazów /rys.28/.

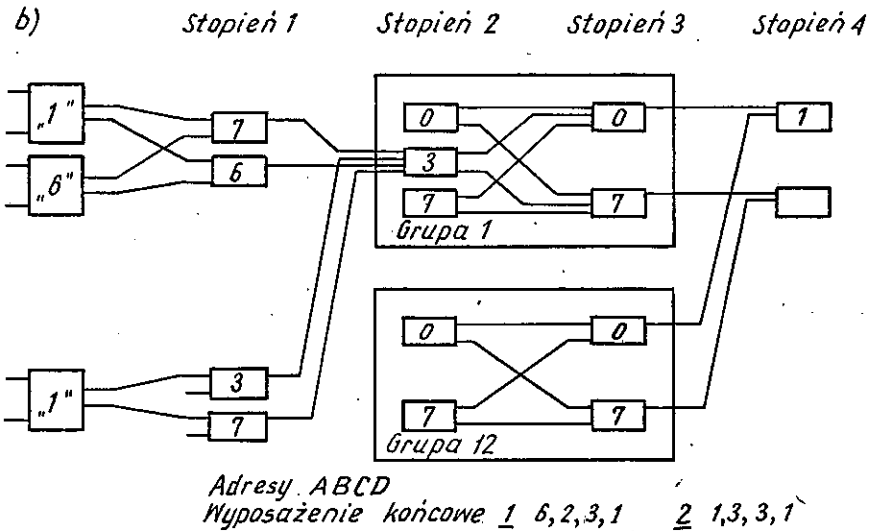
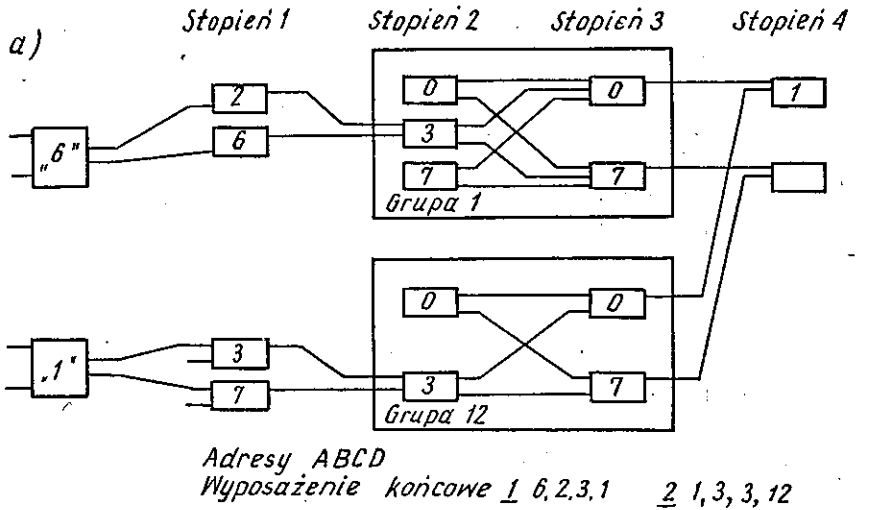


Rys. 28. Typy rozkazów używanych do sterowania polem komutacyjnym

X - wybór dowolnej z czterech płaszczyzn, dowolny kanał; Y - wybór dowolnego z ośmiu wyjść, dowolny kanał; N - wybór portu N, dowolny kanał; NZ - wybór portu N lub portu N+4, dowolny kanał

Pierwszy rozkaz, oznaczony jako X, jest stosowany przy swobodnym poszukiwaniu w łączniku dostępu w celu wybrania jednej z czterech płaszczyzn komutacyjnych. Drugi rozkaz, oznaczony jako Y, jest stosowany przy swobodnym poszukiwaniu w stopniach drugim i trzecim celem sięgnięcia głębiej w pole komutacyjne. Trzeci rozkaz, oznaczony jako N, jest stosowany przy kierowanym poszukiwaniu w łączniku dostępu oraz w stopniach trzecim i czwartym; zawiera on rozkaz wyboru dowolnego kanału w żądanym porcie /ang. specific port, any channel/ i odpowiednio adresowe cyfry A, C i D. Czwarty, oznaczony jako NZ stosowany jest przy kierowanym poszukiwaniu w stopniu drugim i zawiera rozkaz wyboru portu P lub P+4 oraz cyfrę adresową B w celu osiągnięcia jednego z dwóch łączników dostępu. Dwa poniższe przykłady ilustrują prosty algorytm generowania żądanej sekwencji rozkazów sterujących, która następnie po przesłaniu jej w pole powoduje zestawienie połączenia pomiędzy parą dowolnych zespołów sterujących wyposażań końcowych. Przykłady te mówią także o tym, że tor rozmówny przebiega najkrótszą z możliwych dróg w polu komutacyjnym.

Rys. 29a przedstawia interfejsy dwóch zespołów sterujących o adresach 6,2,3,1 dla generującego połączenie interfejsu i 1,3,3,12 dla żądanego. W pierwszej kolejności algorytm porównuje cyfry D. W tym przypadku są one różne, co oznacza, że połączenie będzie przebiegało przez 4 stopień grupowy oraz że będą niezbędne trzy rozkazy swobodnego wybierania, jeden typu X do wyboru płaszczyzny i dwa typy Y w celu osiągnięcia stopnia czwartego. Dodatkowo nierówność cyfr D oznacza, że wszystkie cyfry adresowe będą stosowane do zestawienia drogi połączeniowej. Kończącym rezultatem stosowanego algorytmu jest sekwencja siedmiu rozkazów X, Y, Y, 12, 3, 32, 1, która będzie wysyłana w kolejnych ramkach, w szczelinie czasowej jednego z dwóch portów transmisyjnych interfejsu zespołu sterującego wyposażenia końcowego. Skoro tylko łącznik dostępu odbierze rozkaz X to wybiera trakt PCM do jednej z płaszczyzn komutacyjnych oraz szczelinę czasową tego traktu /kanał/.



Rys. 29. Przykłady zestawiania toru

- a/ połączenia wymagające ciągu siedmiu rozkazów, wykorzystujące wszystkie cztery stopnie cyfrowego pola komutacyjnego,
b/ połączenia wymagające tylko trzech rozkazów, wykorzystujące tylko dwa stopnie cyfrowego pola komutacyjnego

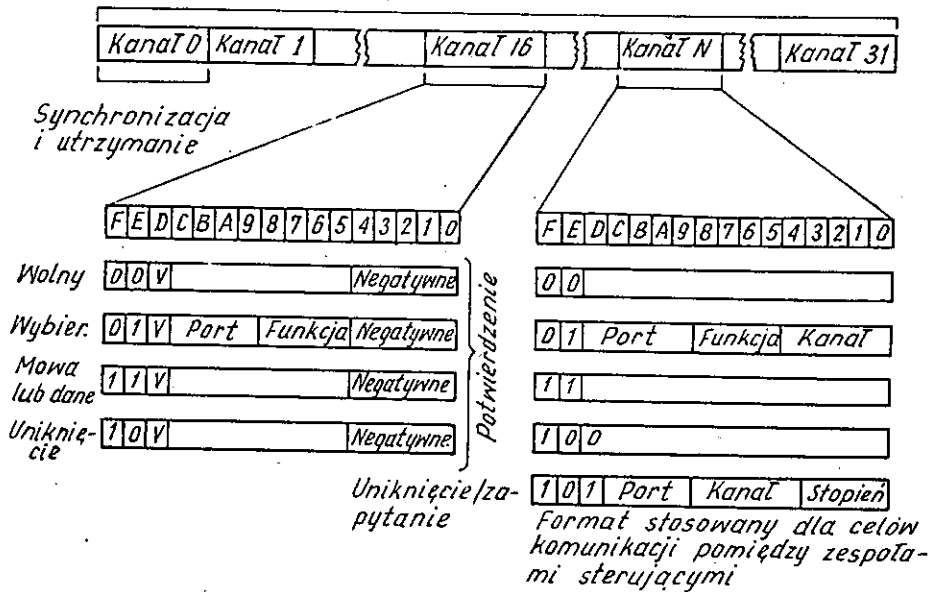
Podczas następnej ramki z interfejsu zespołu sterującego wyposażenia końcowego do łącznika dostępu jest wysłany pierwszy rozkaz typu Y. Ponieważ łącznik dostępu już ma połączenie w tej szczelinie czasowej, to przesyła ten rozkaz Y do elementu komutacyjnego w stopniu drugim, który bezpośrednio wybiera drogę do elementu komutacyjnego w stopniu trzecim. W ten sposób sukcesywnie ramka po ramce jest zestawiane połączenie, tak że po siedmiu ramkach cyfrowy tor między interfejsem szóstego zespołu sterującego wyposażenia końcowego i pierwszego jest skompletowany /tzn. jest zestawione połączenie typu zesp. sterujący - zespół sterujący/. Należy tu zaznaczyć, że zespół sterujący nie czeka na kolejne potwierdzenie na każdym stopniu komutacyjnym.

Rys. 29b przedstawia dwa interfejsy wyposażzeń końcowych generujące połączenie o adresie 6,2,3,1 i żądane o adresie 1,3,3,1. Jak wiemy, algorytm sterujący w pierwszej kolejności porównuje cyfry D. W tym przypadku są one takie same, co oznacza, że czwarty stopień komutacyjny nie będzie potrzebny w połączeniu. Następnie porównuje cyfry C, które również są identyczne, co oznacza, że trzeci stopień komutacyjny nie będzie wymagany do zestawienia połączenia. Przy porównaniu cyfr B znajduje różnicę, co jest równoznaczne z tym, że będzie wymagany jedynie drugi stopień komutacyjny oraz adresowe cyfry A i B. W rezultacie sekwencja rozkazów sterujących ma postać X,32,1, wykorzystuje więc ona tylko jeden z łączników dostępu generujący połączenie, jeden z elementów komutacyjnych stopnia drugiego w jednej z czterech płaszczyzn i jeden z docelowych łączników dostępu. Połączenie w elemencie komutacyjnym jest utrzymywane tak długo, dopóki w danym kanale w dwóch kolejnych ramkach nie pojawi się format typu "wolny". Wówczas traktowane jest to przez element komutacyjny jako rozkaz zwolnienia i port komutacyjny uwalnia dany kanał, zmieniając jego stan na wolny. Rozkaz zwolnienia przechodzi przez wszystkie elementy komutacyjne biorące udział w połączeniu i w każdym z nich dokonuje uwolnienia danego kanału w określonym porcie komutacyjnym.

7.7. Działanie portu komutacyjnego

Szesnastobitowe słowo każdego kanału traktu PCM składa się z informacji sterujących, zawartych w dwóch bitach protokołu oraz z pozostałych 14 bitów, stanowiących próbki mowy lub danych, bądź inne informacje sterujące /rys. 30/. Dwa bity protokołu określają cztery podstawowe formaty wiadomości: idle, select, spata /mowa lub dane/ i escape/interrogate

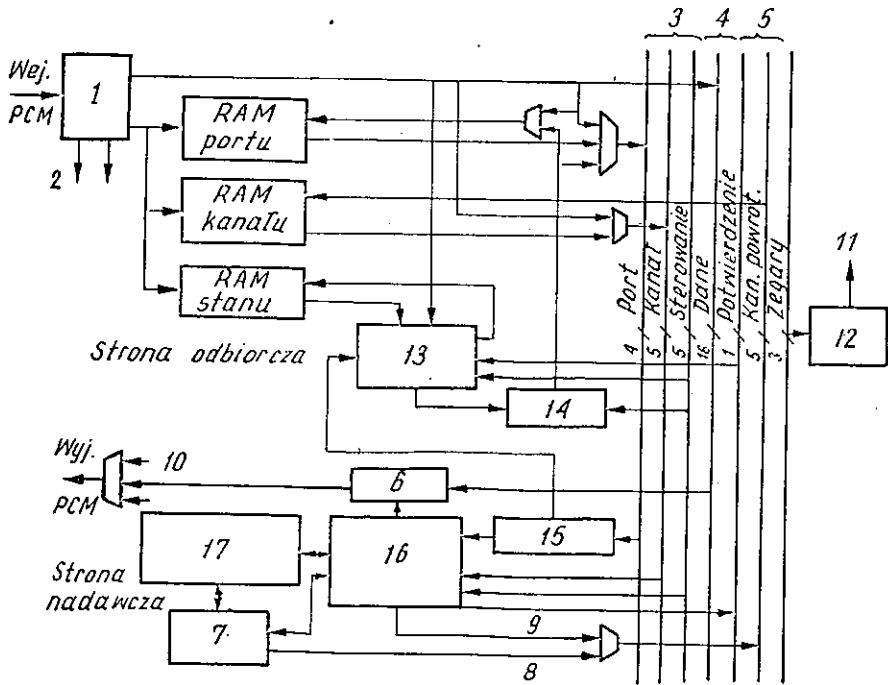
*Jedna ramka 125 μ s = 32 kanały
Jeden kanał = 16 bit*



Rys. 30. Trakt PCM i formaty rozkazów: idle, select, spata i escape/interrogate

/ten ostatni format jest wykorzystywany do komunikacji pomiędzy zespołami sterującymi^{x/}. Powyższe słowa są przesyłane w kanałach 1-15 i 17-31. Interpretacja sterujących bitów w kanale 16 różni się w oznaczeniu bitów D oraz bitów 0-4, które są wykorzystane w przypadku procedury NACK /bez pośrednictwem pakietów informacji/. Bity kanału 0 są przeznaczone do celów synchronizacyjnych i utrzymaniowych. Formaty spata i escape oznaczają max. 14-bitowe słowo, które jest przesyłane wzdłuż zestawionego już toru. Format interrogate jest podzbiorem formatu escape. Format idle jest wykorzystany do wyznaczenia kanału wolnego lub zwolnienia zajętego, jeżeli pojawi się w dwóch kolejnych ramkach. Realizacja transmisji pomiędzy portem P1 i portem P2 poprzez istniejący już tor przebiega następująco /rys. 31/. Wejściowy układ synchronizacyjny portu P1 wytwarza 21 bitów wyjściowych na kanał, 16 bitów stanowi zawartość /K/ a 5 bitów /C1/ numer tego kanału. Numer kanału określa adresy trzech pamięci RAM /RAM stanu, RAM portu i RAM kanału/, w których zapisany jest stan kanału C1 numer portu P2 i numer kanału C2 w porcie P2, do którego zawartość K będzie przesłana, od tego momentu zostaje zapoczątkowany cykl czterech kolejnych faz P, D,W,R /rys. 31 i 32/. Podczas fazy P odbiorcza strona portu P1 podaje numer portu P2, numer kanału C2 i sygnały sterujące na odpowiednie przewody szyny portów, kanałów i szyny sterującej. Dane te są umieszczone w buforze każdej strony nadawczej pozostałych portów elementu komutacyjnego. Podczas fazy D port P1 podaje zawartość kanału K na szynę danych, a wszystkie porty porównują zawartość szyny portów /P2/ z fazy P z ich indywidualnymi numerami. Gdy dla jednego z portów wystąpi zgodność z jego numerem i jeżeli oznaczony kanał ma cechę zajętości, to w fazie W zawartość kanału K /buforowana od fazy D/ jest wczytana pod adres C2 RAM danych i jest wygenerowany sygnał potwierdzający ACK. Sygnał ten podany na przewód ACK szyny sterującej podczas fazy R i przyjęty przez port P1 zamyka cykl szyny elementu komutacyjnego.

x/ TCE i ACE



Rys. 31. Schemat blokowy portu komutacyjnego, którego układ scalony LSI typu n-MOS zawiera 11500 tranzystorów na powierzchni kwadratu o boku 5,9 mm

1 - wejściowy układ synchronizujący, 2 - alarm utraty synchronizacji, 3 - faza P, 4 - faza D, 5 - fazy R, 6 - RAM danych, 7 - wybór pierwszego wolnego kanału, 8 - kanał pierwszy wolny, 9 - określony kanał, 10 - synchronizacja, alarmy, wstrzymanie, 11 - do pozostałych układów, 12 - wspólne kanały zegarowe, 13 - sterowanie strony odbiorczej, 14 - wybór portu wolnego, 15 - porównanie numeru portów, 16 - sterowanie strony nadawczej, 17 - RAM stanu: zajęty, odrzucony, zapis

Jeżeli format typu select wraz z zawartym w nim numerem portu, numerem kanału i typem funkcji zostanie przyjęty w kanale będącym w stanie wolnym, to spowoduje to zestawienie toru poprzez element komutacyjny. Jeżeli format typu select

łu w tym porcie. Typ specific port, any channel /określony port, dowolny kanał/ zestawia tor od portu wyjściowego /P1/ do określonego portu i do pierwszego wolnego kanału w tym porcie. Kanał pierwszy wolny jest to najbliższy w czasie wolny kanał. Istnieją też trzy typy funkcji, które nie określają szczegółowo numeru docelowego portu: są to funkcje: any any high i any low /dowolny, dowolnie wysoki i dowolnie niski/. Ten typ funkcji formatu select powoduje, że jest wybrany jeden z zestawu portów oraz to, że w tym porcie został wybrany pierwszy wolny kanał. Każdy port komutacyjny posiada 16-bitowy rejestr zajętości portów /rys.31/, który zawiera informacje o tym czy każdy z portów ma przynajmniej jeden wolny kanał na swoim wychodzącym trakcie PCM. Dzięki tej informacji może być wybrany wolny port. Funkcja any port powoduje, że zostaje wybrany jeden port z zestawu portów między portem 8 a 15. Funkcje any low i any high powodują wybór jednego z portów odpowiednio z zestawów 8-11 i 12-15. Funkcje P lub P+4 wybierają bądź port P, bądź port P+4 z zestawu portów od 0 do 7.

Gdy format typu select pojawi się w kanale wolnym /idle/ następuje operacja wybierania. W pierwszej kolejności jest wybrany port albo przez wyszczególnienie w rozkazie, albo też poprzez procedurę swobodnego poszukiwania portu. Wtedy podczas fazy P /rys. 31 i 32/ numer tego portu jest umieszczony na szynie portów. Jeżeli jest żądany konkretny kanał, jego numer jest umieszczony na szynie kanałów w tym samym czasie. Sygnały określające operację wybierania i tryb wyboru /konkretny kanał lub pierwszy wolny/ są umieszczone na szynie sterującej. Podczas fazy D, nadawcza strona konkretnego /żądanego/ portu rozpoznaje numer swojego portu i przyjmuje rozkaz. Podczas fazy R, numer wyznaczonego kanału, zarówno określonego lub pierwszego wolnego, jest przesłany do portu inicjującego i jeżeli operacja wybierania przebiegła pozytywnie, sygnał potwierdzenia jest też wysłany do portu inicjującego. Strona odbiorcza tego portu przyjmuje sygnał potwierdzenia, wczytuje informacje o torze do RAMU portu i RAMU kanału i zmienia zawartość RAMU stanu na zajętość.

7.8. Blokady i opóźnienie

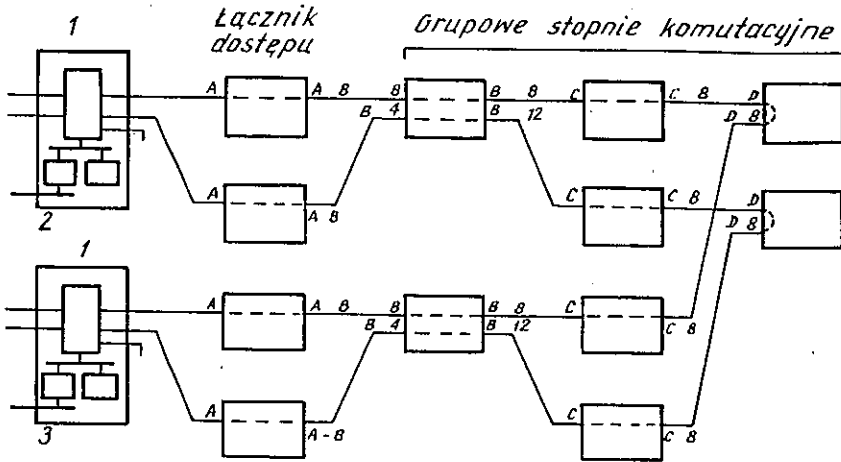
Mimo że wymaganie pełnego wykorzystania dostępnej pojemności pola nie jest tak duże jak w przeszłości, rozwiązanie praktyczne systemu ITT 1240 umożliwia w sposób ekonomiczny osiągnąć pole komutacyjne o b. małej blokadzie.

Założenia projektowe dotyczące blokady i opóźnienia transmisyjnego pola komutacyjnego /zgodnie z zaleceniami CCITT/ są oparte na założeniu, że zajętość łącza wewnętrznego wynosi 0,5 Erlanga, lecz w praktyce wielkość ta jest znacznie niższa. Z niewielkim błędem można stwierdzić, że w praktycznym zakresie obciążenia pole komutacyjne centrali ITT 1240 jest bez blokady.

W największych polach komutacyjnych z trzema stopniami grupowymi komutacji /zdolnymi komutować 100000 łączy abonenckich lub 60000 łączy międzycentralowych/ przy obciążeniu na kanał wynoszącym 0,5 Erl, 99% połączeń ma opóźnienie mniejsze niż 500 μ s, średnio około 370 μ s, przy wszystkich połączeniach przechodzących przez wszystkie stopnie grupowe. Przy wzroście obciążenia o 20% opóźnienie 99% połączeń wzrasta do 560 μ s.

7.9. Diagnostyka i utrzymanie

Urządzenia diagnostyki i utrzymania pola komutacyjnego z rozproszonym sterowaniem są wyposażone inaczej niż dla konwencjonalnych pól mających zazwyczaj sterowanie centralne. Mechanizmy przesyłania informacji o alarmach utrzymaniowych i przestrzegania takich akcji utrzymaniowych, jak: zajęcie błędnie działającego portu komutacyjnego są wbudowane w sprzęt portu i są dostępne poprzez interfejsy wyposażenia końcowych. Realizacja tych mechanizmów następuje poprzez skojarzenie na stałe portu komutacyjnego z innym portem w tym samym elemencie komutacyjnym według zasady port N z portem N+8. Wykorzystując te pary portów na każdym stopniu pola komutacyjnego powstaje tor wirtualny, zwany dalej tunelem /rys.33/. Ponieważ każde wyposażenie końcowe ma dwa trakty PCM prowadzące do pola komutacyjnego, a więc poprzez pole powstają dwa takie tunele pomiędzy dwoma wyposażeniami końcowymi. Alarmy



Rys. 33. Tunel w polu komutacyjnym, który stanowi tor wirtualny otrzymany poprzez skojarzenie portu komutacyjnego N z portem komutacyjnym N+8 na każdym stopniu komutacyjnym

1 - zespół sterujący wyposażenia końcowego, 2 - adres w polu ABCD, 3 - adres w polu ABCD+8

sygnalizujące błędne działanie portu komutacyjnego są przesyłane przez tunel w kanale 0, tak jak rozkazy utrzymaniowe przesyłane z interfejsów zespołów sterujących w kierunku pola komutacyjnego. Porty komutacyjne wykrywają takie błędy, jak utrata synchronizacji i wymuszenie niewłaściwego zapisu do pamięci /np. zapis do zajętego obszaru/. Kiedy taki błąd jest wykryty, port komutacyjny wysyła wiadomość o alarmie wzdłuż tunelu w kanale 0 w obu kierunkach. Wiadomość ta zawiera informację, na którym porcie w tunelu wystąpił błąd. Wiadomości o błędach są zbierane i przyporządkowywane przez układy utrzymaniowe w celu zachowania spójności pola komutacyjnego. Wyposażenie końcowe na końcach tunelu jest odpowiedzialne za rutynowe procedury diagnostyczne, które testują pole komutacyjne zestawiając testowe tory od końca do

końca tunelu. Tu również błędy toru są zbierane i korelowane. W ten sposób wszystkie diagnostyczne funkcje pola komutacyjnego są rozdzielone pomiędzy dołączone do pola komutacyjnego zespoły sterujące. W polach komutacyjnych nie w pełni rozbudowanych stosuje się specjalne kable krosujące /zwory/ zapewniające ciągłość tuneli. Ponieważ wszystkie porty połączone w ten sposób są w stanie zajętości utrzymaniowej, nie mogą być one użyte dla normalnego ruchu. Gdy centrala się rozbudowuje, te tymczasowe kable są usuwane, instalowane są stałe połączenia w polu i te poprzednio niedostępne porty przechodzą znowu w stan dostępności dla normalnego ruchu.

Do diagnostyki i działań utrzymaniowych są wykorzystane specjalne rozkazy, których zestaw został opracowany na etapie projektowania portu komutacyjnego. W zestawie tym są rozkazy ustawiające port komutacyjny w stan niedostępności i sprawdzające trakty przestrzenne i kanały czasowe wykorzystywane w poszczególnych torach rozmównych. Tak więc kiedy port komutacyjny lub cyfrowy element komutacyjny jest uszkodzony lub działa tylko częściowo /np. zbyt częsta utrata synchronizacji/, jest możliwe odizolowanie go od normalnego ruchu poprzez ustawienie portu lub portów z nim połączonych w stanie zajętości utrzymaniowej, co zapobiega wykorzystaniu go dla normalnych połączeń aż do czasu, gdy zostanie usunięte uszkodzenie. Dzięki rozproszonemu charakterowi cyfrowego pola komutacyjnego, zdarzające się uszkodzenia mają mały wpływ na parametry usługowe pola, a działania diagnostyczne i utrzymaniowe są podjęte już w przypadku częściowego obniżenia sprawności każdego z portów komutacyjnych, nie czekając na jego całkowitą niesprawność.

Port komutacyjny LSI był jednym z kilku specjalizowanych układów scalonych zaprojektowanych dla central systemu ITT 1240. Kilka tysięcy egzemplarzy portu komutacyjnego wyprodukowanych przez trzy wytwórnie, włączając ITT Semiconductors, zostało poddanych kilku próbom prototypowym. Porty komutacyjne były instalowane i testowane w prototypie centrali

ITT 1240, gdzie zostały poddane weryfikacji formaty wiadomości, procedury i parametry ruchowe centrali.

7.10. Wnioski

Cyfrowe pole komutacyjne stosowane w centrali ITT 1240 zostało specjalnie zaprojektowane dla rozproszonego sterowania, aby zapewnić szeroki zakres zmian wielkości centrali. Do wykonania portu komutacyjnego wykorzystano technologię dużej skali integracji. Port komutacyjny umożliwia zestawienie, podtrzymanie i rozłączenie toru w odpowiedzi na rozkazy przychodzące poprzez kanały dróg rozmównych z zespołu sterującego wyposażenia końcowego oraz zapewnia automatyczną reakcję na powstałe błędy. Cechy struktury i pozostałe parametry funkcjonalne cyfrowego pola komutacyjnego zapewniają łagodną i ekonomiczną rozbudowę w całym możliwym zakresie wielkości, zarówno obecnie jak i w przyszłości. W działaniu port komutacyjny charakteryzuje się znakomitymi parametrami blokady, małego opóźnienia oraz utrzymania.

8. PROCES ZESTAWIANIA POŁĄCZEŃ

8.1. Wprowadzenie

Najwyżej w hierarchii oprogramowania obsługi połączeń telefonicznych stoją elementarne moduły oprogramowania - FMM - nazywane FMM sterowania zestawianiem połączeń. Biorą one udział w zestawianiu połączeń zwykłych, jak też i bardziej złożonych, tzn. związanych z udogodnieniami dodatkowymi.

Całość oprogramowania procesu zestawiania połączeń jest rozdzielona na określony zbiór modułów FMM, który obejmuje poszczególne fazy połączenia, np. preselekcja, zestawianie drogi w polu komutacyjnym, rozłączenie. Prócz tego, każda z tych faz może być podzielona na drobniejsze części, obsługiwane przez moduły FMM - specjalizowane, zwłaszcza w rea-

lizacji usług specjalnych. Moduły te włączane są do pracy w trakcie realizacji poszczególnych faz połączenia, w których jest zapotrzebowanie na ich udział /np. preselekcja w czasie zestawiania połączenia konferencyjnego/.

Moduły FMM sterowania zestawianiem połączeń koordynują działanie wszystkich modułów wyposażenia końcowych, biorących udział w procesie zestawiania połączenia oraz analizują i interpretują wszystkie zdarzenia, o których są informowane za pomocą wiadomości, z uwzględnieniem stanu bieżącego połączenia, możliwości wyposażenia i innych informacji, pobranych z podsystemu nadzoru danych /centralowej bazy danych/.

Omawiane oprogramowanie odpowiada również za sterowanie dróg przejścia przez pole komutacyjne /torów rozmównych/ w celu łączenia modułów wyposażenia końcowych, w przypadkach inicjacji procesu zaliczania połączeń i uaktualniania bazy danych. Oprogramowanie procesu zestawiania połączeń jest zrealizowane w języku zestawiania połączeń, który jest kompozycją trzech podstawowych elementów:

- zdarzeń - jest to zbiór wiadomości przetwarzanych przez moduły FMM,
- stanów - jest to bieżący stan FMM, który reprezentuje tu stan połączenia,
- słów - jest to zbiór tych działań podstawowych, które są inicjowane przez FMM.

Elementarne moduły oprogramowania, służące do zestawiania połączeń, zawarte są w zespołach ACE sterowania połączeniami.

Moduły FMM sterowania połączeniami znajdują się również w zespołach TCE. Poszczególne rodzaje ugrupowań FMM sterowania połączeniami oraz ich wzajemne powiązania są przedstawione na rys. 18 i 19 w rozdziale 5.

8.2. Ogólny opis przykładowy zestawiania połączenia lokalnego w centrali ITT 1240

8.2.1. Informacje wstępne

Ważną cechą ogólną procesu zestawiania połączenia jest to, że jednocześnie odbywa się wymiana wiadomości pomiędzy elementarnymi modułami oprogramowania /FMM/, obsługującymi poszczególne fazy zestawiania połączenia. Realizacja procesu zestawiania połączenia przebiega z grubsza podobnie jak w systemach uniprocessorowych /ze sterowaniem scentralizowanym/, z tym, że w konfiguracji wieloprocessorowej.

W przykładzie niniejszym zakłada się, że abonent posiada aparat telefoniczny z klawiaturą.

Główne fazy procesu zestawiania połączenia - w ujęciu twórców systemu ITT 1240 - są następujące:

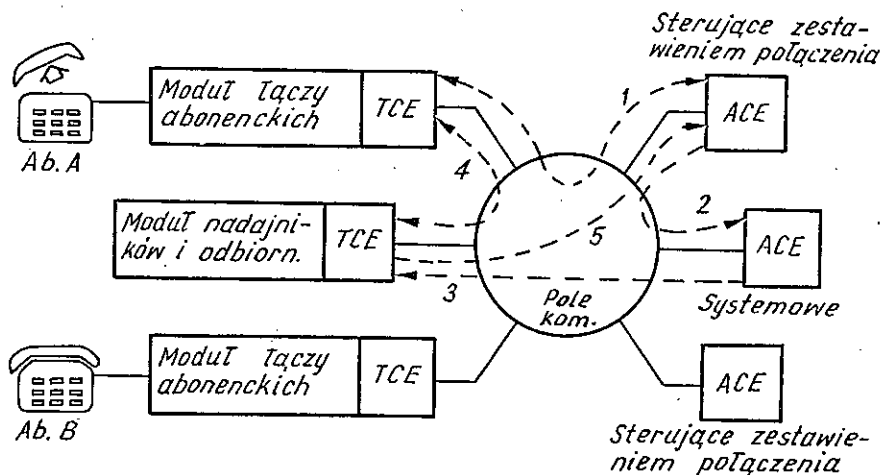
- I: zgłoszenie abonenta A, dołączenie odbiornika kodu klawiatury, nadawanie sygnału zgłoszenia centrali;
- II: odbiór i analiza cyfr;
- III: zajęcie łącza abonenta B i wysłanie do niego sygnału dzwonienia;
- IV: zwolnienie odbiornika kodu klawiatury /wieloczęstotliwościowego aparatu/;
- V: zgłoszenie się abonenta B i rozmowa;
- VI: rozłączenie;
- VII: zwolnienie wyposażenia.

Każda z powyższych faz wymaga wielu seansów komunikacyjnych pomiędzy zespołami sterującymi /różnych modułów wyposażenia końcowych/ realizowanych za pośrednictwem pola komutacyjnego. Seanse te na poszczególnych rysunkach są oznaczone kolejnymi numerami, które w opisie połączenia będą nazywane etapami o odpowiednim numerze.

Droga połączeniowa, w przypadku połączenia lokalnego, jest zestawiana przez mikroprocesory zespołów sterujących TCE, znajdujących się w modułach wyposażen końcowych analogowych, abonentów A i B oraz przez mikroprocesory modułu nadajników i odbiorników kodu wieloczęstotliwościowego /w przypadku, gdy abonenci mają aparaty klawiaturowe/ i mikroprocesory zespołów sterujących ACE. Należy tu przypomnieć, że zespoły ACE dzielą się na dwie główne kategorie: pierwsza: sterowanie zestawianiem połączeń, druga: zarządzanie zasobami i analiza cyfr.

8.2.2. Opis połączenia lokalnego

Faza I. Zgłoszenie abonenta A, dołączenie odbiornika kodu klawiatury, wysłanie sygnału zgłoszenia centrali /rys. 34/.



Rys. 34. Faza I zestawiania połączenia. Zgłoszenie ab. A, dołączenie odbiornika, nadawanie sygnału zgłoszenia centrali

Etap I. Po podniesieniu mikrotelefonu przez abonenta A zespół sterujący TCE /ściślej handler w wyposażeniu linio-

wym/ modułu wyposażenia końcowego tego abonenta wykrywa stan zamkniętej pętli łącza ab. A i nadaje wiadomość o tym do skojarzonego z nim zespołu ACE. Wiadomość ta zawiera informację o zgłoszeniu oraz dane identyfikujące łącze ab. A. Następnie zespół ACE nadaje do TCE ab. A wiadomość potwierdzającą gotowość obsługi tego wywołania.

Etap 2. Zaangażowany w etapie 1 zespół ACE określa kategorię łącza ab. A, na podstawie własnego zbioru danych, w wyniku czego stwierdza, że ab. A ma aparat z klawiaturą, a więc niezbędne jest podstawienie odbiornika kodu klawiatury, w związku z czym wysyła do zespołu ACE - systemowego żądanie wyboru, zajęcia i dołączenia wolnego odbiornika.

Etap 3. Zespół ACE systemowy wybiera wolny odbiornik kodu klawiatury, wysyła jego dane identyfikacyjne do zespołu TCE, znajdującego się w module wyposażenia nadajników i odbiorników, łącznie z instrukcją dołączenia tego odbiornika do łącza ab. A. Następnie zostaje wykonana powyższa instrukcja, tzn. zostaje zajęty określony odbiornik oraz zostają wykonane wstępne czynności przygotowania do wysłania sygnału zgłoszenia centrali.

Etap 4. Zespół TCE modułu nadajników i odbiorników zestawia drogę do TCE modułu ab. A i za jej pośrednictwem przesyła informację o tym, że odbiornik jest dołączony i może rozpocząć operację wysyłania sygnału zgłoszenia centrali.

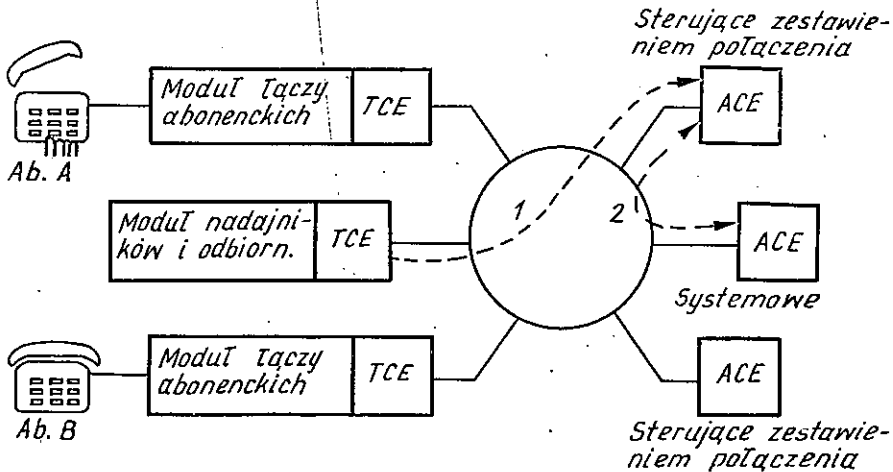
Etap 5. Zespół TCE ab. A zestawia teraz drogę do zespołu TCE modułu nadajników i odbiorników, która będzie drogą dla sygnałów dwutonowych kodu klawiatury oraz w stronę przeciwną dla sygnału zgłoszenia, /przypadek ten dotyczy sytuacji, kiedy centrala jest wyposażona w zestaw kombinowany modułu nadajników i odbiorników sygnałów wieloczęstotliwościowych oraz zegara czasu rzeczywistego i sygnałów akustycznych/, który zostaje dołączony do łącza ab. A. W ten sposób centrala jest gotowa do odbioru cyfr. Na koniec tego etapu TCE modułu nadajników i odbiorników nadaje informację, do ACE

skojarzonego z TCE ab. A, że dołączanie odbiornika zostało zakończone.

Faza II. Odbiór i analiza cyfr /rys.35/

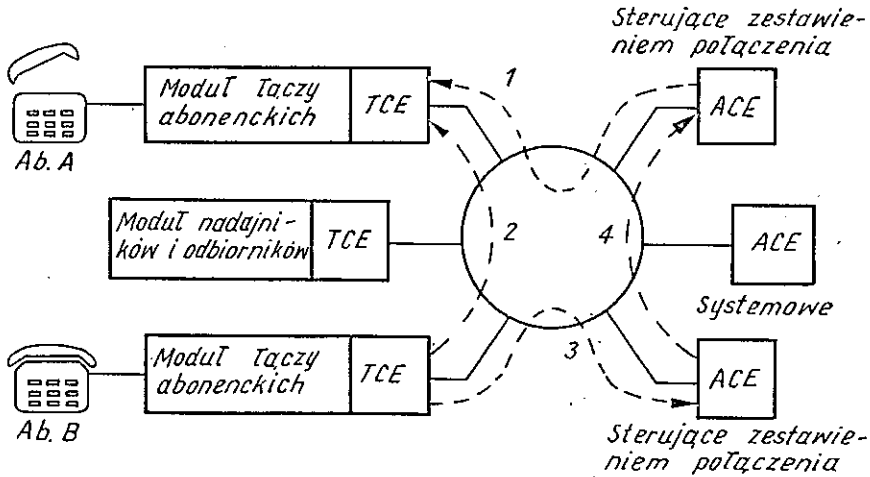
Etap 1. Po odebraniu pierwszej cyfry, TCE modułu nadajników i odbiorników przerywa wysyłanie sygnału zgłoszenia i przesyła odebraną cyfrę do analizy do ACE skojarzonego z TCE ab. A.

Etap 2. Z kolei wspomniany ACE wysyła żądanie analizy tej cyfry do ACE systemowego, który w wyniku tego odpowiada wiadomością określającą liczbę dodatkowych cyfr, które muszą być zebrane przed kolejnym żądaniem analizy. TCE modułu odbiorników i nadajników odbiera liczbę cyfr wystarczającą do zestawienia połączenia lokalnego, zostają one przekazane do ACE systemowego, który wywołuje wtedy ACE zestawiania połączeń, żądając wykrycia końca numeru. Po odebraniu wszystkich cyfr ACE systemowy tłumaczy je na numer wyposażeniowy. Numer ten przesyła następnie do ACE obsługi połączenia ab. B, łącznie z danymi o kategorii łącza abonenta wywoływanego.



Rys. 35. Faza II zestawiania połączenia. Odbiór i analiza cyfr

Faza III. Zajęcie łącza ab. B i wysłanie do niego sygnału dzwonienia /rys. 36/



Rys. 36. Faza III zestawiania połączenia. Zajęcie łącza ab. B i wysłanie do niego sygnału dzwonienia

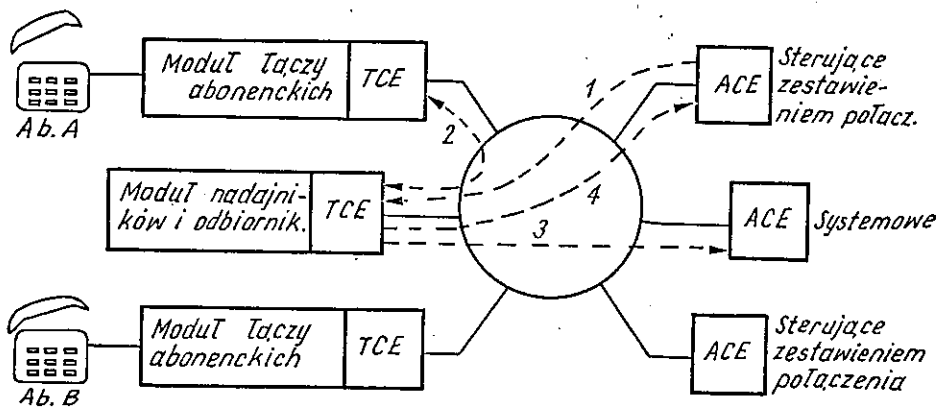
Etap 1. Zespół ACE obsługujący połączenie ab. A nadaje do TCE ab. A numer wyposażeniowy ab. B. Zespół TCE ab. A może rozpocząć dzięki temu przygotowanie do zestawienia drogi poprzez pole komutacyjne do ab. B. Natomiast ACE ab. A ma możliwość sprawdzenia łącza tego abonenta oraz może nadać tą drogą instrukcję włączenia prądu dzwonienia.

Etap 2. Zespół TCE ab. A przygotowuje blok danych, sterujących zestawieniem drogi w polu komutacyjnym do ab. B, zestawia tę drogę, a następnie przesyła numer wyposażeniowy, identyfikujący ab. B, do zespołu TCE ab. B oraz sprawdza stan łącza ab. A. Zespół TCE ab. B sprawdza dane dotyczące kategorii łącza ab. B, cechuje to łącze cecną zajętości oraz zestawia tor w polu komutacyjnym "wstecz", tzn. od ab. B do ab. A. Następnie zespół TCE ab. B dołącza układy prądu dzwonienia do łącza ab. B oraz wysyła zwrotny sygnał dzwonienia do łącza ab. A, poprzez zestawiony wcześniej tor "wstecz".

Etap 3. Zespół TCE ab. B nadaje do ab. B wiadomość, której treścią jest informacja o zestawianym połączeniu oraz numer identyfikujący zespół ACE ab. A.

Etap 4. Zespół ACE ab. B nadaje do zespołu ACE ab. A wiadomość o treści informującej, że łącze ab. B zostało zajęte i uruchomiona została procedura nadawania sygnału dzwonięcia. Zespoły ACE ab. A i ab. B będą zatem komunikować się, w czasie zestawiania połączenia i rozmowy, za pośrednictwem zestawionej drogi w polu komutacyjnym.

Faza IV. Zwolnienie odbiornika kodu klawiatury /rys. 37/



Rys. 37. Faza IV zestawiania połączenia. Zwolnienie odbiornika kodu klawiatury

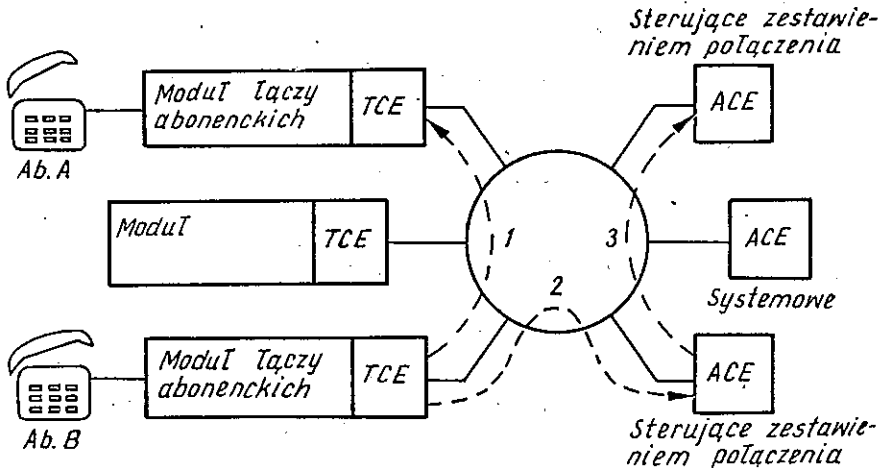
Etap 1. Po odebraniu ostatniej cyfry numeru ab. B zespół ACE ab. A nadaje do TCE modułu nadajników i odbiorników kodu wieloczęstotliwościowego instrukcję zwolnienia odbiornika kodu.

Etap 2. W wyniku ostatniej operacji zwolniony zostaje dupleksowy tor pomiędzy TCE ab. A i TCE zespołu nadajników i odbiorników.

Etap 3. Zespół TCE nadajników i odbiorników nadaje informację o zwolnieniu odbiornika do zespołu ACE systemowego, który cechuje następnie ten odbiornik cechą dostępności, dzięki czemu może być on użyty do następnych połączeń.

Etap 4. Zespół TCE modułu nadajników i odbiorników informuje ACE ab. A, że zakończona została procedura zwalniania odbiornika.

Faza V. Zgłoszenie się ab. B i rozmowa /rys. 38/



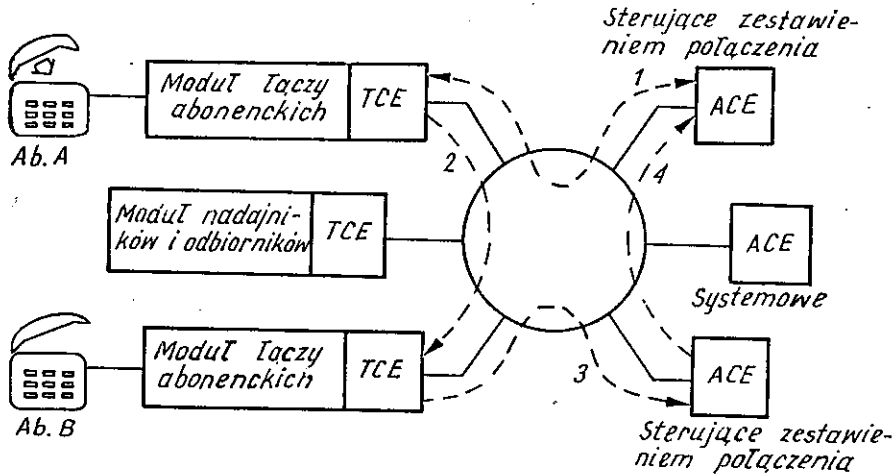
Rys. 38. Faza V. zestawiania połączenia. Zgłoszenie się ab. B i rozmowa

Etap 1. Po podniesieniu mikrotelefonu przez ab. B, stan zamkniętej pętli łącza tego abonenta zostaje wykryty przez TCE ab. B, który przerywa nadawanie prądu dzwonienia i zwrótnego sygnału dzwonienia oraz informuje TCE ab. A /poprzez tor rozmówny/, że została wykryta odpowiedź ab. B.

Etap 2. Kryterium zgłoszenia się ab. B zostaje nadane przez zespół TCE ab. B do zespołu ACE ab. B.

Etap 3. Zespół ACE ab. B przekazuje powyższe kryterium do ACE ab. A.

Faza VI. Rozłączenie /rys. 39/



Rys. 39. Faza VI zestawiania połączenia. Rozłączenie

Etap 1. Po odłożeniu mikrotelefonu przez ab. A, po zakończonej rozmowie, zespół TCE ab. A wykrywa stan otwartej pętli łącza ab. A i nadaje informację o tym do ACE ab. A. Zespół ten potwierdza odbiór tej wiadomości i przesyła do TCE ab. A, instrukcję rozłączenia toru i zwolnienia łącza ab. A.

Etap 2. Zespół TCE ab. A nadaje dane identyfikacyjne ACE ab. A oraz numer wyposażeniowy ab. A do zespołu TCE ab. B.

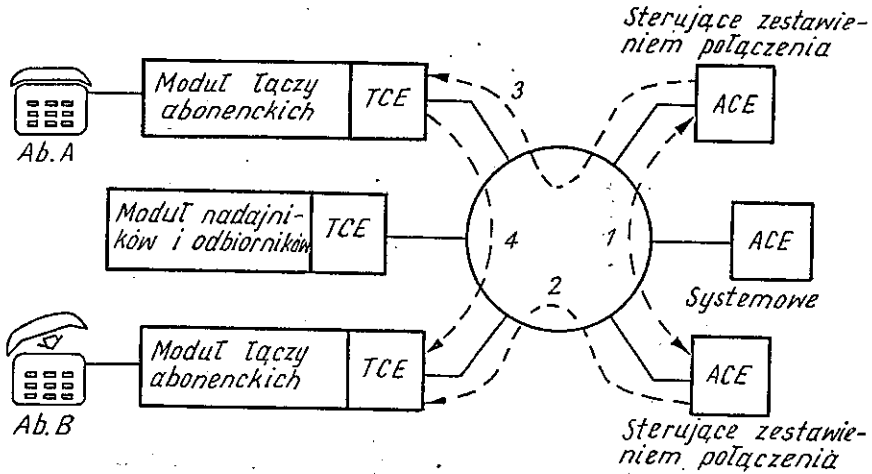
Etap 3. Zespół TCE ab. B przekazuje te dane do ACE ab. B.

Etap 4. Dzięki powyższym danym zostaje zestawiona droga pomiędzy oboma zespołami ACE, służąca do zainicjowania procedury zwalniania wyposażenia.

Faza VII. Zwalnianie wyposażenia /rys. 40/

Etap 1. Zespół ACE ab. A informuje ACE ab. B, że łącze ab. B powinno zostać zwolnione.

Etap 2. Zespół ACE ab. B nadaje do TCE ab. B instrukcję ustawienia łącza ab. B w stanie niedostępności /"parkowania"/.



Rys. 40. Faza VII zestawiania połączenia. Zwalnianie wyposażenia

Etap 3. Zespół ACE ab. A nadaje do zespołu TCE ab. A instrukcję zwolnienia toru do łącza ab. A i zwolnienia tego łącza, czyli nacechowania go kryterium dostępności /"wolne"/.

Etap 4. Zespół TCE ab. A nadaje do TCE ab. B instrukcję zwolnienia toru "wstecz" i zwalnia tor "w przód", po czym TCE ab. B zwalnia tor "wstecz" i nadzoruje łącze ab. B, by wykryć stan rozwartej pętli /tzn. położenia mikrotelefonu/. Po wykryciu tego stanu, łącze ab. B zostaje nacechowane jako wolne.

Etap ten kończy cały proces zestawiania i rozłączania połączenia miejscowego.

9. TECHNOLOGIA UKŁADÓW I PODZESPOŁÓW

9.1. Wprowadzenie

W ciągu ostatnich dwudziestu lat miała miejsce w telekomunikacji znaczna ewolucja zarówno w dziedzinie wymagań na

systemy, jak i też w technologii. Od czasów pierwszych systemów SPC nastąpił ich rozwój głównie w telefonii i w dziedzinie wyposażenia końcowych, które miały być interfejsami między istniejącymi centralami a łączami analogowymi. Pierwsze układy scalone typu DTL stały się dostępne około roku 1965, ale ich wpływ na systemy komutacyjne był ograniczony. Jak dzisiaj wiemy cyfrowa komutacja była wówczas nie do pomyslenia z powodu dużej objętości sprzętu, kosztów, strat mocy i niezawodności. Producenci i zarządy łączności utrzymywały komutację analogową i w szczególności elektromechaniczną dlatego, że z powodów ekonomicznych i ograniczonej mocy przetwarzania, półprzewodnikowe pola komutacyjne nie były dla nich konkurencyjne. Co więcej, koszt realizacji typowych analogowych funkcji telefonicznych, takich jak zasilanie, sygnalizacja, dzwonienie i testowanie, prowadził do zastosowania koncentracji i ekspansji pola, opartej na tych samych podzespołach komutacyjnych. Koszt procesorów opartych na rodzinach wczesnych układów scalonych i pamięciach na rdzeniach magnetycznych, był taki, że w systemie SPC musiano przyjąć konfigurację ze scentralizowanym sterowaniem, aby osiągnąć koszt porównywalny z systemami elektromechanicznymi.

Sytuacja w jakiej znaleźli się projektanci centrali cyfrowej systemu ITT 1240, była całkowicie różna. Ewolucja w mikroelektronice, która spowodowała wzrost złożoności funkcjonalnej elementów i zespołów, obniżyła koszt i umożliwiła masową produkcję układów scalonych, pociągając za sobą cztery główne konsekwencje:

- możliwość konstrukcji małych, ekonomicznych cyfrowych pól komutacyjnych;
- niski koszt dostępnych mikroprocesorów i pamięci;
- możliwość realizacji typowych analogowych funkcji telefonicznych przez układy scalone;
- bardziej wyszukane cechy szczególnie dla transmisji danych, możliwość ekonomicznej realizacji bardziej złożo-

nych funkcji /niż w systemach analogowych/, zwłaszcza w dziedzinie transmisji danych.

Można także zaobserwować znaczne zmiany dotyczące sieci telekomunikacyjnej. Chodzi tu nie tylko o stały wzrost liczby cyfrowych łączy międzycentralowych, ale także o wprowadzenie wielofunkcyjnych wyposażań końcowych, typu telefonicznego jak i teledacyjnego, komunikujących się z centralą jedynie w formie cyfrowej.

Powyższe przyczyny spowodowały, że w czasie opracowywania programu rozwojowego ITT 1240, projektanci musieli podjąć dwie zasadnicze decyzje: wybór konfiguracji sterowania i wybór analogowego interfejsu telefonicznego. Zdecydowano wykorzystać w pełni zalety ewolucji technologicznej w celu zaprojektowania takiej centrali, aby mogła ona spełniać przyszłe wymagania. Koncepcja ta znana jest jako "projektowanie dla przyszłości" /designing from the future/. Uwzględniając zalety zaawansowanej technologii mikroprocesorowej i upraszczając procedury rozbudowy centrali przyjęto architekturę sterowania rozproszonego. Aby w sposób ekonomiczny zrealizować obecne analogowe funkcje telefoniczne, niezbędnym stało się wykorzystanie układów zaawansowanej technologii. Z tego względu, że funkcje te były realizowane dla central elektromechanicznych, interfejsy pracowały nie tylko z wysokimi prądami i napięciami, ale także z mnóstwem różnych sygnalizacyjnych i transmisyjnych systemów i układów.

9.2. Zastosowana technologia

Dzisiejsza realizacja sprzętowa systemu ITT 1240 jest oparta na dwóch głównych technologiach, technologii LSI i nowoczesnej technice obudowywania struktury LSI. Zarówno standardowe, wielkoseryjne układy LSI i specjalizowane układy LSI są wykorzystywane w nowoczesnych komputerach, alfanumerycznych urządzeniach peryferyjnych, kalkulatorach, zegarkach a nawet w sterowaniu nowoczesnych samochodów. Dla pewnych zastosowań, użycie układów LSI będzie obniżać liczbę ele-

mentów, redukować gabaryty i straty mocy, poprawiać niezawodność i pewność pracy oraz upraszczać produkcję i poprawiać efektywność nakładów. Specjalizowane układy LSI odznaczają się szeregiem zalet, są one ściśle dostosowane do wykonywania określonych przez klienta funkcji oraz eliminują możliwość zmian w zaprojektowanym układzie, wymuszanych przez producenta układów scalonych. W wielu przypadkach standardowe układy scalone nie są odpowiednie do bezpośredniego zastosowania i dlatego nieraz niezbędne jest użycie kilku układów scalonych średniej skali integracji w celu osiągnięcia żądanej funkcji. W takich przypadkach specjalizowany układ scalony będzie poprawiać niezawodność systemu, redukować straty mocy, zmniejszać całkowitą liczbę kostek i znacznie obniżyć koszt wytwarzania. Jest rzeczą istotną, że koszt wytworzenia kostki portu komutacyjnego w ITT 1240 jest równy około 1/10 kosztu realizacji tego portu przez standardowe układy scalone dużej, średniej i małej skali integracji. Z powodu tej znacznej różnicy, żądana seria amortyzująca opracowanie układu portu komutacyjnego LSI może być niewielka. Pole powierzchni płytki drukowanej, jakie zajmowałyby standardowe układy scalone, byłoby o dwa rzędy wielkości większe niż w przypadku użycia specjalizowanego portu komutacyjnego LSI. Biorąc jeszcze pod uwagę niezawodność, pewność pracy i montaż, jest rzeczą oczywistą, że specjalizowane układy LSI są niezbędne, aby osiągnąć niezbędne gabaryty, wysoką niezawodność i koszty cyfrowej centrali ITT 1240.

9.3. Cyfrowy układ specjalizowany

"Rdzeniem kręgowym" systemu ITT 1240 jest cyfrowe pole komutacyjne, które umożliwia jednoczesne przesyłanie zakodowanych sygnałów rozmównych oraz sygnałów danych i wiadomości między zespołami sterującymi. Układy zastosowane w polu komutacyjnym umożliwiają temu polu działanie w cyfrowym otoczeniu, komutując zarówno foniczne sygnały PCM jak i też wiadomości pakietów danych. Liczba specjalizowanych cyfrowych uk-

ładów LSI została rozszerzona do zastosowań w cyfrowym polu komutacyjnym, interfejsie wyposażenia końcowego i w zespołach liniowych łączący.

Interfejs wyposażenia końcowego zawiera dwa specjalizowane układy scalone LSI: port odbiorczy i port nadawczy. W interfejsie tym występują dwa porty nadawcze i dwa odbiorcze, włączone do sprzętu wyposażenia końcowego, dwa nadawcze i dwa odbiorcze porty włączone do cyfrowego pola komutacyjnego i jeden port odbiorczy włączony do źródła sygnałów akustycznych. Wewnątrz wyposażenia końcowego wszystkie porty są wzajemnie ze sobą połączone przez szynę o podziale czasowym TDM, która ma podobne parametry jak szyna stosowana w cyfrowym elemencie komutacyjnym /rozd. 7/. Mikroprocesor skojarzony z interfejsem wyposażenia końcowego także ma dostęp do tej szyny TDM poprzez swoje układy sterujące. W ten sposób całe TCE działa jako interfejs pomiędzy układami wyposażenia końcowych i cyfrowym polem komutacyjnym oraz zapewnia sterowanie poprzez mikroprocesor dla każdego modułu.

Dwa pozostałe specjalizowane układy scalone LSI to interfejs wyposażenia sterującego i układy podstawowe funkcji liniowych.

9.4. Technologia

Istotną częścią opracowania omawianych układów był wybór technologicznego procesu wytwarzania półprzewodników. Ponieważ dla tych układów wymagana jest duża prędkość przepływu danych wynosząca 4 Mbit/s i duża gęstość upakowania elementów funkcjonalnych, istotną rzeczą był wybór technologii wytwarzania układów o dużych walorach użytkowych i dużej gęstości upakowania. Jednocześnie było pożądanym zastosowanie procesu sprawdzonego w produkcji, aby wytwarzanie układów nie było narażone na problemy, spotykane przy wdrażaniu produkcji. Procesy takie, jak ECL i TTL z diodami Schottky'ego poprzez zastosowanie zwiększonego poboru mocy mogą osiągnąć prędkości nawet większe niż wymagane dla portu komutacyjnego,

portu nadawczego i portu odbiorczego, ale mają małe możliwości upakowania elementów. Technologia p-MOS jest technologią sprawdzoną w produkcji, ale umożliwia jedynie średnie gęstości upakowania oraz nie można przy jej zastosowaniu osiągnąć wymaganych prędkości.

Technologie takie jak V-MOS, SOS /krzem na szafirze/, CMOS z izolacją tlenkową spełniają wiele wymagań technicznych; ale są stosunkowo mało sprawdzone w produkcji na szeroką skalę i dlatego reprezentowałyby zbyt wielkie ryzyko we wczesnych fazach rozwoju centrali ITT 1240.

Technologia CMOS z izolacją dyfuzyjną jest zdolna do spełnienia wymagań dotyczących prędkości i strat mocy, ale osiągnięta przez nią niska gęstość upakowania elementów powoduje, że wykonane układy są duże i kosztowne.

Technologia, która została wybrana to n-MOS z bramką krzemową z domieszkowaniem. Była ona stosowana przez wiele lat w produkcji dynamicznych pamięci i mikroprocesorów. Zestaw zasad projektowych był stworzony na podstawie zasad otrzymanych od różnych producentów. Zestaw ten był wykorzystany przez ośrodki projektowe ITT do stworzenia projektu żądanej struktury półprzewodnikowej. Na przykład, port komutacyjny zawiera 11500 tranzystorów na krzemowej płytce o wymiarach 5,9 x 5,9 mm, w tym pamięć RAM o pojemności 1152 bity. Statyczna pamięć RAM była wybrana zamiast pamięci dynamicznej RAM w celu zmniejszenia wrażliwości na szkodliwe zjawiska, występujące podczas testowania pamięci dynamicznych. Moc tracona układu wynosi 600 mW w temperaturze otoczenia 50° C. Natomiast zasilanie z baterii 48 V lub 60 V może być realizowane, stosując dostępną wysokonapięciową technologię bipolarną. W celu dostosowania central systemu ITT 1240 do wszystkich rodzajów zasilania sieci znanych na świecie, układy zasilające linie są tak zaprojektowane, że zapewniają wybór jednego z rodzajów zasilania oraz regulację prądu i napięcia.

Układy realizujące funkcje liniowe wykonano w technologii bipolarnej, jakkolwiek wzrosła zarówno powierzchnia mikrostruktury jak i moc tracona /w porównaniu z technologiami

MOS/. Dlatego też zdecydowano się na rozdzielenie układu na część wysokonapięciową /HIC/ i część niskonapięciową /LFS .. nadzór i zasilanie linii/. Ze względu na wymagane napięcie zasilające nie przekraczające 68 V, w klasycznej technologii bipolarnej zmieniono poziom domieszkowania warstwy epitaksjalnej z 10^{17} cm^{-3} /dla TTL/ do 10^{15} cm^{-3} . Zwiększono też grubość warstwy epitaksjalnej z 7 do 20 μm .

9.5. Liniiowe specjalizowane układy LSI

Jak wspomniano we wprowadzeniu, decyzja o budowie w pełni cyfrowego systemu narzuca również konieczność realizacji pewnych funkcji analogowych, takich jak obsługa zespołów liniowych łączy. W rezultacie oznacza to, że funkcje te muszą być realizowane w technologii mikroelektronicznej, o ile spełnione będą wymagania dotyczące rozmiarów, kosztu, niezawodności i traconej mocy. Najczęściej używanym blokiem funkcjonalnym jest układ interfejsu łączy. Spełnia on dwie podstawowe funkcje: zasilanie linii oraz przetwarzanie sygnałów.

Napięcia sygnałów występujących w linii wynoszą:

Test do 400 V

Dzwonienie do 120 V

Zasilanie
/bateria/ do 68 V

Realizacja dwóch pierwszych funkcji /testu i dzwonienia/ wychodzi poza możliwości obecnej technologii układów scalonych, tak więc są one częściowo scentralizowane /po 30 linii ab/ i dołączone do linii poprzez przekaźniki elektromechaniczne.

Ze względu na wyższe napięcia, wpływ różnych efektów pasywnych jest większy niż w układach niskonapięciowych i aby go ograniczyć zdecydowano się dodać dyfuzyjną warstwę dodatkową typu n. Doświadczenia uzyskane podczas opracowywania i testowania takich układów scalonych potwierdziły, że mają one wymagane parametry użytkowe, i niezawodnościowe.

9.6. Realizacja

Do niedawna, układy typów powyżej opisanych musiały być wykonywane z wykorzystaniem bipolarnych wzmacniaczy operacyjnych, kondensatorów, regulowanych rezystorów, zazwyczaj na cienkich lub grubych, warstwach układów hybrydowych. Pojawienie się regulowanych pojemnościowych układów aktywnych zapoczątkowało nowe możliwości realizacji omawianych funkcji. W zasadzie układy te zbudowane są tak samo jak aktywne filtry RC z tą różnicą, że rezystory zostały zastąpione regulowanymi pojemnościami. Zaletą omawianych układów jest to, że wszystkie stałe czasowe określone są przez wartości pojemności zawartych w tym samym mikroukładzie. W technologii MOS wartości te mogą być wykonane z bardzo dużą dokładnością, eliminując tym samym konieczność regulacji. Możliwe jest też budowanie tych układów w postaci struktur w pełni monolitycznych. Wybór technologii MOS automatycznie rozwiązuje problem programowego ustawiania wzmocnienia, sterowania równoważnikami itp.

9.7. Standardowe układy scalone LSI

Gdziękolwiek to jest możliwe do realizacji różnych funkcji w centrali ITT 1240 wykorzystuje się zwyczajne, dostępne na rynku, scalone układy LSI. Odznaczają się one niskim kosztem jednostkowym, dużą wielkością produkcji i szerokimi możliwościami zastosowania. W zespołach sterujących, zarówno Końcowych /TCE/ jak i w pomocniczych zespołach sterujących /ACE/ jest zastosowany mikroprocesor Intel 8086 o długości słowa 16 bitów. Głównym elementem pamięciowym jest pamięć dynamiczna typu RAM o pojemności 64 kbit. Jest to przyjęty standard przemysłowy, który będzie produkowany w wielu krajach. Aby uniknąć jakichkolwiek możliwych problemów z błędami dynamicznych pamięci RAM, wykrywane są błędy podwójne, a błąd pojedynczy może być skorygowany bez przerwania poprawnego

działania pamięci. Jakiegokolwiek wykryte błędy są przesłane do urządzeń utrzymaniowych w celu ich dalszej analizy.

9.8. Obudowy

Wybór techniki wytwarzania obudów układów scalonych dla centrali ITT 1240 był zasadniczo określony przez wymagania dotyczące gęstości upakowania i niezawodności pakietów. Standardową obudową stosowaną dla układów scalonych w ITT 1240 jest obudowa hermetyczna typu DIP, która obecnie posiada od 14 do 64 końcówek. Obudowa typu DIP jest stosowana przeważnie dla układów o liczbie wyprowadzeń do 48, a dla interfejsu TCE stosuje się obudowę DIP z 64 wyprowadzeniami.

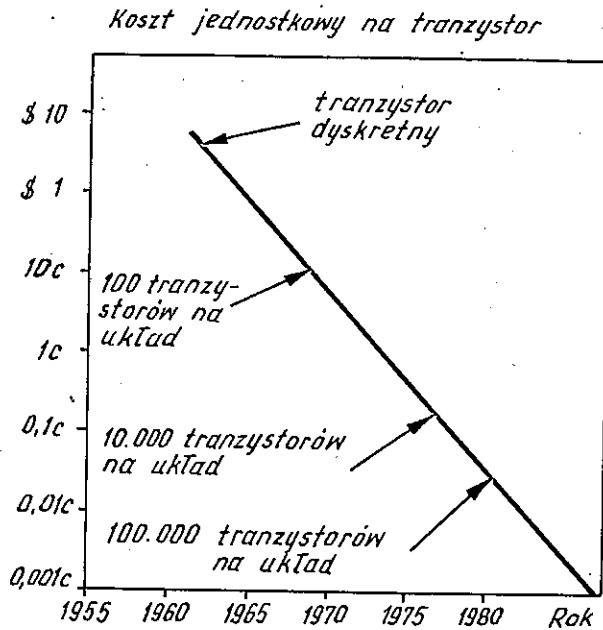
Innym ważnym elementem jest szyna typu TDM, skojarzona z układami scalonymi portów komutacyjnych cyfrowego elementu komutacyjnego i układów scalonych nadawczych i odbiorczych portów komutacyjnych interfejsu wyposażenia końcowego. Jak wiadomo, cykl szyny wynosi zaledwie 244 ns. Z tego względu, poprzez zredukowanie całkowitej długości szyny i odpowiednie rozmieszczenie wszystkich elementów komutacyjnych, należy utrzymać szkodliwe pojemności na tej szynie na bardzo niskim poziomie. Z powodu tych szkodliwych pojemności i problemów, związanych z gęstością upakowania elementów na pakiecie, można stwierdzić, że obudowa typu DIP jest nieodpowiednia dla tych układów. Zastosowano więc obudowę kwadratową z wyprowadzeniami, rozmieszczonymi wzdłuż boków oraz opracowano hermetyczną ceramiczną 64 wyprowadzeniową podstawkę z metalizowanymi otworami centrującymi o skoku 1,016 mm. Jak już wspomniano, układ interfejsu TCE jest umieszczony w obudowie typu DIP z 64 wyprowadzeniami. Jest to możliwe, ponieważ częstotliwość sygnału jest względnie niska i nie jest tu wymagana duża gęstość upakowania elementów na płycie drukowanej.

9.9. Przewidywana ewolucja technologii półprzewodnikowej.

Koncepcja architektury z rozproszonym sterowaniem centralnego systemu ITT 1240 ucieleśniła się w postaci modułów sprzętowych dołączonych do wspólnego cyfrowego pola komutacyjnego poprzez ściśle zefiniowane interfejsy. Zastosowanie elementarnych modułów oprogramowania /FMM/ wraz z koncepcją maszyny wirtualnej /w celu uniezależnienia oprogramowania użytkowego od sprzętu oraz ściśłego dostosowania do użytych układów scalonych LSI/ daje solidny produkt w postaci central, które mogą być rozwijane wraz z postępem w technologii sprzętu. Ewolucja w technologii półprzewodników wyraża się głównie w miniaturyzacji sprzętu. Zatem układy pamięciowe, mikroprocesory, specjalizowane układy LSI, układy rodziny mikroprocesora, kodeki itd. będą mogły być wymieniane na nowe /zapewniające większe gęstości upakowania, lepszą niezawodność i niższe koszty produkcji/ bez zmiany architektury central, czy też oprogramowania komutacyjnego. Chociaż obecnie w dziedzinie układów scalonych stosuje się tzw. technologię 3 μm , duża część produkcji oparta jest ciągle jeszcze na technologii 5 μm . Ogólnie mówiąc, najnowsze osiągnięcia technologii wykorzystuje się przede wszystkim w wielkoseryjnej produkcji standardowych układów scalonych, takich jak mikroprocesory i pamięci. Natomiast specjalizowane układy scalone są zazwyczaj opracowywane przy użyciu starszych, bardziej rozpowszechnionych technologii, co zmniejsza ryzyko występujące przy wdrożeniu do produkcji nowych wyrobów.

Prognozy na następne 5 lat zgodne są co do tego, że układy scalone o technologii 1 μm powinny pojawić się około 1985 roku. Pamięciowe układy scalone o pojemności 256 kbit są spodziewane około roku 1983, a pamięci scalone o pojemności 1 Mbit - pomiędzy rokiem 1985 a 1988. Towarzystwem temu będzie około 10-krotne zmniejszenie poboru mocy. Wydaje

się, że będzie utrzymana tendencja spadkowa kosztu przypadającego na jeden tranzystor mikrostruktury /rys. 41/.



Rys. 41. Ewolucja kosztu jednostkowego tranzystora jako elementu struktury scalonej w ciągu ostatniego półwiecza

Przemysł elektroniczny wiąże ogromne nadzieje z pojawieniem się technologii wielkiej skali integracji /VLSI/. Układ scalony wykonany w technologii VLSI jest to układ zawierający ponad 10000 bramek i realizujący złożony zbiór funkcji /stanowiący pewną funkcjonalną całość/. Idealnym polem do zastosowania technologii VLSI jest system ITT 1240.

Po zastosowaniu w TCE i ACE mikroprocesorów o większej mocy, które są już osiągalne na rynku, poprawią się jeszcze parametry użytkowe i zmniejszy się liczba stosowanych mikroukładów. Zespołami, gdzie znajdują zastosowanie specjalizowane układy scalone typu VLSI są: interfejs wyposażenia końcowego i cyfrowy element komutacyjny. Pojedynczy specjalizo-

wany układ typu VLSI zawierający 76000 tranzystorów, umieszczonych w obudowie z 64 wyprowadzeniami zastępuje cztery porty nadawcze i pięć odbiorczych, wykonywane obecnie w technologii LSI. Element komutacyjny złożony obecnie z 16 portów komutacyjnych umieszczonych na jednej płycie drukowanej można będzie przeprojektować, aby zmniejszyć liczbę układów scalonych do kilku.

Dzięki temu, że 2, 4 a nawet 8 portów komutacyjnych będzie można umieścić w jednej mikrostrukturze, zmniejszy się gabaryty oraz moc traconą cyfrowego elementu komutacyjnego, co w rezultacie zwiększy jego niezawodność. Jeżeli będzie dostępna bardziej zaawansowana technologia VLSI, możliwe będzie umieszczenie funkcji wszystkich 16 portów komutacyjnych w jednej mikrostrukturze. Jednakże wtedy trzeba by dysponować układem scalonym, którego mikrostruktura zawiera 183000 tranzystorów. Pomimo tego można zachować liczbę wyprowadzeń /64/, stosując zasadę uwielokrotnionego wykorzystania wyprowadzeń służących do diagnostyki.

Realizacja interfejsu wyposażenia końcowego i cyfrowego elementu komutacyjnego w technologii VLSI pozwoliłaby zarówno na znaczne zmniejszenie kosztów, mocy traconej i gabarytów jak i na duże zwiększenie niezawodności.

Postęp technologii będzie wpływał na dziedzinę liniowych układów scalonych dwojako:

- technologie mieszane /np. bipolarne - CMOS/ ułatwia realizację kombinowanych układów analogowo-cyfrowych,
- osiągnięcia w cyfrowym przetwarzaniu sygnałów analogowych pozwolą na realizację takich funkcji, jak regulacja wzmocności i filtracja.

Wspomniane wyżej technologie mieszane nie były dotąd prawie stosowane głównie dlatego, że osiągnięta w technologii bipolarnej jakość powierzchni nie dorównywała jakości powierzchni w technologii MOS. Z drugiej strony technologia MOS uniemożliwiała wytwarzanie tranzystorów bipolarnych dobrej jakości. Sprzeczności te zostały wyeliminowane przede

wszystkim przez ciągle udoskonalanie procesów bipolarnych /np. przy wdrażaniu technologii I^2L / i po wtóre przez wzrost złożoności procesów MOS. Zespoleń zalet technologii bipolarnej /lepsze niż w technologii MOS parametry techniczne/ i technologii MOS /większa gęstość upakowania/ można się spodziewać już w bliskiej przyszłości. Rozwiązaniem alternatywnym jest zastosowanie technologii liniowej I^2L .

Cyfrowe przetwarzanie sygnałów analogowych stanowiło już od dłuższego czasu przedmiot prac teoretycznych. Przeszkodą we wdrożeniach były możliwości sprzętowe, zarówno układów TTL jak i układów w technologii MOS, które były duże gabarytowo, kosztowne i wydzielały dużą moc.

Można się jednak spodziewać, że technologia VLSI /typu 2,um/ pozwoli zlikwidować wymienione wady i sprawi, że cyfrowe przetwarzanie sygnałów w zespołach liniowych stanie się metodą konkurencyjną w stosunku do przetwarzania analogowego.

Jedną z niezbyt eleganckich cech rozwiązania dzisiejszych układów liniowych jest istnienie przekaźników elektromechanicznych w zespołach liniowych łączy abonenckich i międzycentralowych. Pewne nadzieje można wiązać z rozwojem technologii układów scalonych wysokonapięciowych, które zastąpiłyby przekaźniki. Wyeliminowanie przekaźników oraz zastosowanie technologii VLSI sprawi, że sprzęt centrali ITT 1240 zmniejszy się co do gabarytów, będzie mniej kosztowny, ulegnie zmniejszeniu pobór mocy, natomiast zwiększy się jego niezawodność.

10. PARAMETRY EKSPLOATACYJNO-UTRZYMANIOWE

10.1. Wprowadzenie

W centrali ITT 1240 dzięki odpowiedniej architekturze uzyskano to, że jest ona /z założenia/ niewrażliwa na występowanie błędów i posiada dyspozycyjność porównywalną z centralami o sterowaniu bezpośrednim. Zastosowanie układów

korekcji błędów i możliwość rekonfiguracji zespołów pod kontrolą programu zwiększyły margines poprawnej pracy centrali w warunkach występowania błędów. Obniżyły one znacznie koszty utrzymania i ograniczyły częstość interwencji personelu eksploatacyjnego.

10.2. Założenia na parametry eksploatacyjno-utrzymaniowe

Ze względu na różnice wymagań w poszczególnych krajach co do niezawodności, dyspozycyjności i utrzymania, ITT opracował w latach sześćdziesiątych własne wymagania na zestaw parametrów eksploatacyjno-utrzymaniowych dla elektronicznych systemów komutacyjnych. Wymagania te były regularnie uaktualniane wraz z pojawieniem się nowych wymagań krajowych i międzynarodowych, narzucając kierunki rozwoju systemu ITT 1240 od najwcześniejszych faz opracowań aż do systemu odpornego w dużej mierze na występowanie błędów.

Założenia na parametry eksploatacyjno-utrzymaniowe podawane są w postaci tablic. Do podstawowych parametrów należą: całkowity przestój centrali, średni czas wyłączenia z pracy MDT /ang. mean down time/ - oba mierzone w zależności od typu centrali i przyjętego trybu eksploatacji oraz parametry związane z wielkością strat połączeń i zaliczeń w zależności od typu centrali.

W tabelicy 3 podane są wartości parametru MDT. Jest to średni czas wyłączenia z pracy, określony jako średni czas, podczas którego zespół nie może wykonywać swych funkcji. Stanowi go zazwyczaj średni czas potrzebny na naprawę i dojazd. Można zaobserwować znaczne zróżnicowanie wartości parametru MDT w zależności od przyjętego trybu eksploatacyjnego i rodzaju alarmu. W tabelicy 4 zamieszczono wartości parametrów, określających przestój centrali mierzony przeciętną liczbą godzin, podczas których centrala jest wyłączona z ruchu, w czasie 20 lat eksploatacji.

Tablica 3

Założenia na średni czas wyłączenia z pracy /MDT/
dla central cyfrowych ITT 1240

Tryb eksploatacji	Średni czas wyłączenia z pracy /w godz./				
	Wyniesione koncentratory abonenckie	Centrale nadzorowane	Autonomiczne centrale końcowe	Autonomiczne centrale międzydzielnicowe	
Centrale z obsługą ciągłą	-alarmy pilne	NS	NS	0,55	0,55
	-alarmy niepilne	NS	NS	0,55	0,55
Centrale z obsługą w godzinach pracy	-alarmy pilne	NS	NS	3,25	3,25
	-alarmy niepilne	NS	NS	15,50	15,50
Centrale bez obsługi	-alarmy pilne	6,5	4,5	4,5	4,5
	-alarmy niepilne	21,5	19,5	19,5	19,5

NS - nie stosuje się

Podobne tabele są podawane w przypadku niedostępności indywidualnych łączy abonenckich i łączy międzycentralowych w zależności od przyjętego trybu eksploatacyjnego. Parametry przedstawione w tabelach stały się w ostatnich latach częścią składową wymagań na centrale telefoniczne. W tablicy 5 podane są parametry związane z obsługą połączeń. Są one z zasady niezależne od przyjętego trybu eksploatacji. Należą

Założenia na całkowity przestój centrali
w systemie ITT 1240

Tryb eksploatacji	Całkowity przestój centrali /średnia liczba godz. na 20 lat/			
	Wyniesione koncentratory abonenckie	Centrale nadzorowane	Autonomiczne centrale końcowe	Autonomiczne centrale międzymiastowe
Centrale z obsługą ciągłą	NS	NS	1	1
Centrale z obsługą w godzinach pracy	NS	2	2	2
Centrale bez obsługi	NS	2	2	2

NS - nie stosuje się

do nich: straty połączeń we wstępnej fazie procesu zestawiania, mierzone liczbą połączeń traconych na 10 tys. wywołań, straty połączeń w dalszych fazach zestawiania w postaci liczby połączeń traconych na 10 tys. wywołań, niewłaściwe zaliczanie mierzone liczbą takich przypadków na 100 tys. połączeń, utrata jednodniowego zapisu opłat - mierzona na 1 mln zapisów. Wybierając tryb eksploatacji administracja łączności musi uwzględniać kompromis pomiędzy jakością oferowanych usług /niezawodność pracy/ i poniesionymi nakładami w celu ich osiągnięcia. Administracja łączności w poszczególnych krajach oczekuje spełnienia założonych wymagań przez centrale systemu ITT 1240 w krótkim czasie eksploatacji. Aby już we wczesnym etapie projektowania umożliwić potwierdzenie zgodności osiągniętych parametrów z parametrami założonymi, ITT przeprowadziło szeroki program badań jakości systemu, w ramach którego sformułowano i zweryfikowano uzupełniający zestaw parametrów eksploatacyjnych, dotyczący

oprogramowania procesorów i sprzętu /np liczba koniecznych restartów procesora, liczba przekłamań bitowych lub poślizgów synchronizacji/.

Tablica 5

Założenia na wielkość strat połączeń i zaliczeń
w centralach systemu ITT 1240

Parametr	Wielkość strat			
	Wyniesione koncentratory abonenckie	Centrale nadzorowane	Autonomiczne centrale końcowe	Autonomiczne centrale międzymiastowe
Straty połączeń we wstępnej fazie procesu zestawiania /liczba połączeń traconych na 10 tys. wywołań/	1	1	1	1
Straty połączeń w dalszych fazach zestawiania /liczba połączeń traconych na 10 tys. wywołań	2	2	2	2
Niewłaściwe zaliczanie /liczba takich przypadków na 100 tys. połączeń/	NS	5	5	5
Utrata jednodniowego zapisu opłat mierzona na 1 mln zapisów	NS	NS	3	3

NS - nie stosuje się

10.3. Projektowanie w celu spełnienia założonych parametrów użytkowych

Główne cechy systemu ITT 1240, które przyczyniają się do jego wysokiej niezawodności i efektywnego utrzymania, najlepiej chyba można uwypuklić poprzez przedstawienie roli, jaką odgrywają w osiągnięciu wyżej dyskutowanych parametrów eksploatacyjno-utrzymaniowych.

10.3.1. Dyspozycyjność central

Koncepcja niezawodnościowa sprzętu omówiona w rozdziale 6 sprawia, że udział awarii sprzętowych w przestojach centrali jest pomijalny. Szacuje się, że w przypadku pojedynczego zespołu ACE, średni czas pomiędzy uszkodzeniami MTBF /ang. mean time between failures/ wynosi ponad 60 tys. godz., podczas gdy średni czas pomiędzy awariami dużego komputera w systemach scentralizowanych wynosi kilka tysięcy godzin. W systemie ITT 1240 sposób zastępowania uszkodzonego ACE zespołem rezerwowym prawie całkowicie eliminuje możliwość niedostępności pary procesorów i zapewnienie, że centrala tego systemu jest w dużym stopniu odporna na występowanie błędów tych podzespołów, które decydują o dyspozycyjności centrali.

Potencjalny wpływ błędów programowych jest o wiele trudniejszy do przewidzenia, tak jak we wszystkich systemach sterowanych programowo. Drogą szczegółowych badań oszacowano, że czas ponownego załadowania pojedynczego zespołu ACE zajmuje średnio mniej niż 45 s, zaś konieczność ponownego załadowania pary systemowych zespołów ACE zdarza się co najwyżej raz na rok przy średnim czasie wyłączenia z pracy wynoszącym 1 godz. w okresie 20 lat, zarówno dla małych central /jedna para systemowych zespołów ACE/ jak i dużych central /aż do czterech par/. Doświadczenie wskazuje, że liczba awarii związanych z oprogramowaniem maleje w czasie eksploatacji oraz że parametry użytkowe central są lepsze od prognozowanych.

10.3.2. Straty połączeń

Abonenci czuli się na niewłaściwą lub niekompletną obsługę połączeń. W celu maksymalnego zabezpieczenia ich przed przypadkami, takimi jak przedwczesne rozłączenie lub niewłaściwe połączenie, wprowadzono surowe parametry, dotyczące właściwej realizacji połączeń /tablica 5/, na które należało zwrócić baczną uwagę przy projektowaniu central systemu ITT 1240. Do nich należą:

- Straty we wstępnej fazie zestawiania połączenia.

Badania wykazały że wskaźnik uszkodzeń sprzętu zespołów TCE i ACE biorących udział w zestawieniu połączenia jest niski w porównaniu z odpowiadającym, wskaźnikiem uszkodzeń oprogramowania. Tym samym jedynie oprogramowanie tych zespołów sterujących ma znaczący wpływ na wielkość strat połączeń. Biorąc pod uwagę różne czasy przeładowań systemu oraz różne częstotliwości występowania uszkodzeń różnych funkcjonalnie zespołów sterujących jak ACE i TCE obliczono współczynnik strat we wstępnej fazie zestawiania połączenia, który wynosi - jedną rozmowę traconą na 20000 wywołań. Wartość ta nie zależy od trybu eksploatacji ani od typu i wielkości centrali /tablica 5/.

- Straty połączeń w dalszych fazach zestawiania drogi połączeniowej.

Biorąc pod uwagę, że zbiór sprzętu, tworzący zestawioną drogę połączeniową poprzez centrale ITT 1240 składa się maksymalnie z 14 cyfrowych elementów komutacyjnych w polu komutacyjnym /każdy obsługiwany przez odpowiadający mu przetwornik DC/DC/, jak również z dwóch zespołów TCE modułów wyposażenia abonenckich i dwóch zespołów abonenckiego wyposażenia liniowego, jest zajęty przez 120 s w przypadku połączenia lokalnego, uzyskano następujące wyniki obliczeń. W przypadku centrali o pojemności 1000 łączów abonenckich, biorąc pod uwagę jedynie prawdopodobieństwo wystąpienia błędów sprzętowych, uzyskano średnio pięć wywołań traconych na milion

zgłoszeń. Uwzględniając możliwość błędów programowych oraz przyjmując dodatkowe założenia, że dane odnoszące się do zestawionego połączenia umieszczone są za pośrednictwem abonenckiego zespołu TCE w pamięci z protekcją zapisu oraz że jedynie ponowne załadowanie TCE podczas tego okresu świadczy o niewłaściwym rozłączeniu, uzyskano mniejsze straty niż założone w tablicy 5, tj. 2 rozmowy tracone na 100000 wywołań, przy umiarkowanej częstotliwości ponownych załadowań.

10.3.3. Niezawodność zaliczania

Proces zaliczania rozmowy rozpoczyna się po zestawieniu drogi połączeniowej umieszczeniem danych o opłacie w pamięci z protekcją zapisu w zespole TCE wywołującego abonenta, informacja ta może ulec zniszczeniu jedynie w przypadku przeładowywania zespołu TCE podczas trwania połączenia. Po zakończeniu rozmowy informacja o opłacie jest przesyłana poprzez zespół ACE, związany z tym połączeniem, do właściwej pary systemowych zespołów ACE, gdzie jest przechowywana krótki czas, zanim zostanie ostatecznie przesłana do zdublowanych pamięci masowych poprzez zdublowany moduł komputerowych urządzeń peryferyjnych. Biorąc pod uwagę czas, w jakim przebywa informacja o opłacie kolejno w zespole TCE, zespole ACE, w parze systemowych zespołów ACE, w parze zespołów TCE modułów komputerowych urządzeń peryferyjnych oraz zakładając właściwą częstotliwość uszkodzeń zespołów sterujących, uzyskano prawdopodobieństwo błędnej informacji o opłacie. Wynosi ono trzy błędne informacje na 100000 zaliczeń i jest mniejsze od wstępnie założonego przez ITT, które wynosiło pięć błędnych informacji na 100000 zaliczeń.

10.3.4. Dyspozycyjność łącza abonenckiego i łącza międzycentralowego

Podczas projektowania systemu ITT 1240 zwrócono baczna uwagę na zapewnienie niezawodnego dostępu do systemu - w tym celu niezbędna jest wysoka dyspozycyjność łączy abonenckich

i międzycentralowych. Z dotychczasowych rozważań na temat wymagań systemowych wynika, że zestaw parametrów eksploatacyjno-utrzymaniwych nowej centrali zależy nie tylko od niezawodności zespołów sterujących, lecz również w dużym stopniu od niezawodności abonenckich zespołów liniowych. Podczas gdy moduły analogowych i cyfrowych łączy abonenckich i międzycentralowych stanowią o kosztach początkowych centrali, wymaganej powierzchni użytkowej, liczbie błędów w systemie jak i nakładów na eksploatację i utrzymanie, to omawiany parametr stanowi istotę ocen porównawczych pomiędzy zestawem parametrów użytkowych a efektywnością nakładów poniesionych na ich realizację. Abonenckie zespoły liniowe są niezwykle ważne w nowoczesnych systemach komutacyjnych, stanowią one zespoły pośredniczące pomiędzy cyfrowym polem komutacyjnym, a aparatem telefonicznym zarówno starej jak i nowej generacji /wybieranie tarczą lub z klawiatury, pętla lub sygnalizacja wieloczęstotliwościowa, mikrofony węglowe lub na tranzystorach/ z wymaganymi do ich działania względnie dużymi napięciami i prądami. Centrala musi mieć możliwość współpracy z różnymi typami aparatów i musi spełniać wymagania w zakresie parametrów użytkowych odpowiednich łączy abonenckich i międzycentralowych. Aby to osiągnąć stosuje się następujące rozwiązania w modułach wyposażenia łączy abonenckich i łączy międzycentralowych:

- 1/ w modułach łączy abonenckich jeden abonencki zespół liniowy stanowi rezerwę dla każdej grupy 480 abonenckich zespołów liniowych /tj. jeden rezerwowy abonencki zespół liniowy na osiem 60-łączowych modułów łączy abonenckich/ rezerwa ta w przypadku awarii jest pod kontrolą programu, włączana do obsługi;
- 2/ w TCE, dzięki zastosowaniu odpornej na błędy organizacji pamięci z korekcją błędów, występuje niewielki wpływ błędów sprzętowych;
- 3/ szczegółowe wydruki na monitorze, pochodzące z pamięci masowej, wskazują, które błędy powinny być niezwłocznie

usunięte, a które są mniej pilne oraz które błędy, np. występujące w abonenckich zespołach liniowych lub w pamięci, mogą być odłożone do następnej interwencji personelu.

Ze szczegółowych rozważań drugiego z powyższych punktów jasno wynika, że gdyby nie zastosowano korekcji błędów w pojedynczym zespole TCE /bez dublowania/, jakiegokolwiek uszkodzenie układu scalonego pamięci, spowodowałoby błąd programu i w konsekwencji przerwę w pracy. W celu uniknięcia takich błędów i w celu zapewnienia stałej korekty błędów na jednym bicie w układzie scalonym, co jak wiadomo wymagałoby ręcznej wymiany układu, wprowadzono kod korekcji błędów słów pamięci. Na dodatkowych sześciu bitach, dodanych do 16-bitowego słowa, wprowadzono kod Hamminga z bitem parzystości w celu korekty błędów na jednym bicie lub wykrycia błędów na dwóch bitach. W rezultacie obniżono o jeden rząd wielkości wskaźnik uszkodzeń pamięci zespołu TCE, mających wpływ na obsługę połączeń w porównaniu ze stanem poprzednim /bez korekty/. Tak jak moduły wyposażenia końcowych łączy abonenckich i łączy międzycentralowych, tak też zespoły ACE sterujące zestawianiem połączeń muszą być dostępne w wymaganym czasie. Wymaganie to jest w pełni spełnione dzięki zastosowaniu pamięci z korektą błędów, jak również występowaniu gorącej i zimnej rezerwy, co powoduje, że wpływ awarii zespołów ACE na przesłote centrali jest pomijalny. Liczba wymaganych zespołów rezerwowych jest zmienna, zależna również od przyjętego trybu eksploatacji /tablica 3/. Przykładowo przewiduje się jeden lub dwa zespoły rezerwowe dla centrali z 50 do 70 zespołów ACE sterujących połączeniem.

Badania wykazały, że dla centrali o 10 tys. łączy, nadzorowanej jedynie podczas normalnych godzin pracy, całkowity okres wyłączenia łączy z pracy nie przekracza średnio 30 min na łącze w ciągu jednego roku, biorąc pod uwagę zarówno awarie sprzętu jak i oprogramowania. Ze względu na wielość funkcji, jakie ma do spełnienia abonencki zespół liniowy wraz z zespołami do konwersji analogowo-cyfrowej /jeden ko-

dek na łącze/ w modułach analogowych łączy abonenckich zastosowano standardowe i specjalizowane układy LSI zamiast dużej liczby układów średniej skali integracji. W przyszłości postęp w specjalizowanych układach scalonych w przypadku abonenckich zespołów liniowych zredukuje zarówno ilość elementów jak i współczynnik ich uszkodzeń.

10.4. Niezawodność pracy centrali

Zapewnienie realizacji zestawu parametrów eksploatacyjno-utrzymaniowych centrali systemu ITT 1240 gwarantuje jej wysoką niezawodność pracy. Aby to osiągnąć należy przedsięwziąć następujące kroki:

- określić założenia, jakie należy spełnić;
- opracować niezawodnościowy schemat blokowy;
- określić koncepcję napraw;
- wybrać procedury analityczne;
- wybrać źródło informacji o wskaźnikach błędów;
- określić wskaźniki uszkodzeń elementów;
- wykonać niezbędne obliczenia;
- poprawnie zinterpretować wyniki.

Niezawodnościowy schemat blokowy stanowi podstawę do wszystkich analiz, uwidaczniając wpływ poszczególnych bloków centrali na przebieg wykonywania funkcji w pozostałych blokach i wpływ różnych form dublowania zespołów na całokształt pracy centrali. Szerokie zastosowanie programów komputerowych pozwala projektantom, zarówno centrali jak i jej modułów, na szybkie sprawdzenie swych projektów pod kątem realizacji specyficznego zestawu założonych parametrów użytkowych.

Ważnym aspektem projektowania sprzętu jest znalezienie odpowiedniego źródła informacji o wskaźniku błędów poszczególnych elementów. W tym celu sporządzono w ITT wewnętrzny skowidz informacji o wskaźnikach błędów stosowanych elementów.

Podstawowym źródłem informacji o błędach wszystkich typów elementów było wyposażenie telekomunikacyjne ITT. Dane te porównywane są z informacjami podobnego typu w innych dziedzinach, jak np. w wojskowości. W ten sposób utworzono skomputeryzowany bank danych, dotyczący wadliwości elementów. Dane te wraz z postępem technologii należało szybko uaktualniać i poszerzać o nowe, dotyczące układów specjalizowanych LSI.

W dziedzinie oprogramowania wskaźniki uszkodzeń elementów zastąpiono pomiarami opartymi na zliczaniu błędów systemowych /ang. bugs/ i częstotliwości awarii określonych na podstawie przeprowadzonych testów.

Kolejną czynnością podczas projektowania jest wybór właściwego aparatu matematycznego w celu wykonania niezbędnych obliczeń.

W systemie ITT 1240 do analizy projektowej zastosowano wykresy stanów w szczególności w celu analizy dyspozycyjności central i obliczenia strat połączeń, zaś przejścia pomiędzy poszczególnymi stanami funkcjonalnymi opisano procesami Markowa. Dzięki zastosowaniu tej metody stało się możliwe topograficzne przedstawienie niezawodności centrali i przypadków gdy jest ona obniżona, za pomocą wykresów zmian stanów i algorytmów. Powyższa technika opisywania możliwych stanów systemów komutacyjnych jest wykorzystywana od wielu lat przez projektantów ITT. Dzięki niej można obecnie nie tylko określać wskaźniki uszkodzeń i częstotliwość napraw, ale również wpływ planowych badań systemu i urządzeń scentralizowanej eksploatacji i utrzymania.

WYKAZ LITERATURY

1. Electrical Communication, supplement to Vol. 55, No 2, 1980.
2. Electrical Communication, Vol. 56, No 2/3, 1981.

ISSN 0209-1046

