

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA · MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

8-9 (282-283)

1990



# BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 30

WARSZAWA 1990

NR 8-9 (282-283)

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

---

Redaktor Naczelny - dr inż. Krystyn Plewko  
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Stanisław Sońta

Redaktorzy działów:

doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska  
mgr inż. Mirosław Żurawski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności  
Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej  
Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz

Montaż tekstu: techn. Grażyna Woźnica

---

Dział Ogólnotechniczny Instytutu Łączności.  
Format B5. Nakład 625. Wpłynęło do  
Działu Ogólnotechnicznego 1990.04.12.  
Druk ukończono w październiku 1990 r..

Piotr Ostrowski

ALCATEL SYSTEM 12.

GLÓWNE KONCEPCJE SYSTEMU CENTRAL ZE STEROWANIEM ROZPROSZONYM

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Podstawy koncepcji	2
2.1. Analiza tendencji	2
2.2. Przesłanki koncepcji	4
2.2.1. Zmienność	4
2.2.2. Elastyczność	4
2.3. Sterowanie rozproszone	5
2.3.1. Określenie	5
2.3.2. Formy sterowania rozproszonego	6
2.3.3. Synteza	8
3. Podejście do projektu	10
3.1. Analiza funkcjonalna i projekt abstrakcyjny	10
3.2. Środowisko realizacyjne	14
3.3. Wirtualizacja	16
3.4. Zagadnienia ilościowe	19
4. Oprogramowanie	21
4.1. Wstęp	21
4.2. Elementy składowe oprogramowania	21
4.3. FMM - automaty funkcji aplikacyjnych (Finite Message Machines)	22
4.4. SSM - systemowe automaty pomocnicze (System Support Machines)	26
4.5. System operacyjny OS	28
4.6. Baza danych	30
4.7. Funkcje aplikacyjne	30
5. Sprzęt	33
5.1. Struktura sprzętu	33
5.2. Moduły	35
5.2.1. Element sterujący	35

	Str.
5.2.2. Terminale (układy wyposażeń końcowych)	38
5.3. Pole komutacyjne	46
5.3.1. Wymagania	46
5.3.2. Decyzje projektowe	47
5.3.3. Element komutacyjny	48
5.3.4. Port komutacyjny	51
5.3.5. Struktura pola komutacyjnego	51
5.3.6. Zestawianie drogi w polu	56
5.3.7. Rozłączanie drogi	61
5.3.8. Funkcje utrzymaniowe	61
5.3.9. Parametry wynikowe	63
6. Kompletacje i działanie	64
6.1. Uwagi wstępne	64
6.2. Kompletacje przykładowe	65
6.3. Przykładowy proces obsługi	67
6.4. Centrale małej pojemności	71
6.5. Zakresy wymiarów central	75
6.6. Strategia utrzymania	76
7. Charakterystyki Ogólne	77
7.1. Technologia	77
7.2. Konstrukcja mechaniczna	78
7.3. Warunki klimatyczne	78
7.4. Niezawodność	79
7.5. Rozpowieszenie systemu i2	79
7.6. Możliwości i rozwój funkcjonalny systemu	80
8. Uwagi końcowe	81
Wykaz literatury	83

## ALCATEL SYSTEM 12.

## GŁÓWNE KONCEPCJE SYSTEMU CENTRAL ZE STEROWANIEM ROZPROSZONYM

## 1. WPROWADZENIE

System cyfrowych central komutacyjnych ze sterowaniem rozproszonym ALCATEL system 12 (dawniej znany jako ITT 1240) zasługuje na uwagę w pierwszym rzędzie z racji oryginalności, śmiałości i nowoczesności koncepcji. Wprowadzie pierwsza centrala tego systemu została zainstalowana już dość dawno, w 1981 roku, i od tego czasu dostarczono centrale systemu 12 do kilkudziesięciu krajów, zainstalowano je dla ok. 6 milionów linii (koniec 1988 roku), uruchomiono ich produkcję w kilku krajach, jednak nadal śmiałość rozwiązań systemowych jest trudna do zaakceptowania przez bardziej tradycyjnie myślących specjalistów. Zdaniem innych, w tym autora niniejszego opracowania, jest to koncepcja wciąż "zbyt nowoczesna" i na jej doskonałą materializację przyjdzie jeszcze czas w przyszłości.

Koncepcja architektoniczna systemu 12 jest doskonale przystosowana do zmienności sieci telekomunikacyjnej okresu przejścia od sieci klasycznych ku cyfrowym (IDN) i usługowo zintegrowanym (ISDN). Istnieją też już przesłanki pozwalające sądzić, że sprostą ona wyzwaniu, jakie stawia zintegrowana sieć szerokopasmowa (BISDN). Już to samo powinno być wystarczającym powodem, by system ten poznać możliwie dokładnie, właśnie od koncepcyjnej strony.

Innym powodem uzasadniającym szersze niż to miało miejsce dotychczas [14, 23] rozpowszechnienie wiedzy o systemie 12 właśnie teraz, jest wreszcie fakt, że Polska dołącza do krajów, w których system 12 będzie instalowany i produkowany. Poznanie koncepcji systemu 12 powinno zatem pomóc we właściwym jego przyjęciu i stosowaniu z wykorzystaniem wszystkich potencjalnych możliwości.

Informacje o systemie pochodzą siłą rzeczy z publikacji firmowych i mają mocny akcent reklamowy - zbyt często głoszą,

jak dobre są przyjęte rozwiązania, a znacznie mniej wyraźnie podają, na czym te rozwiązania polegają. Wiadomości te rozrzucone są w kilkudziesięciu artykułach i referatach konferencyjnych o znacznej objętości. W materiale tym istnieje wielki nadmiar powstały z powtórzeń i informacji ogólnie oczywistych.

W niniejszym opracowaniu autor starał się zrelacjonować własne odczytanie głównych koncepcji kształtujących system 12 i przez zwarte przedstawienie tych koncepcji pozwolić Czytelnikowi na własną ocenę potencjalnych możliwości w nich tkwiących. Zdaniem autora, system 12 nie jest tylko pewnym efektem procesu projektowania, lecz także ilustracją nowoczesnej tendencji wszczepiania metodologii projektowania w strukturę systemu i tą drogą przydawania mu cech trwałości - otwartości dla dalszej ewolucji. Aby cechę tę uwypuklić, autor starał się zredagować opis wg zstępującego porządku poziomów szczegółowości i podkreślić w nim istotę oraz niezależność koncepcji architektury funkcjonalnej i sprzętowej systemu.

Aby nie maskować swoistych cech systemu 12 drugorzędnymi szczegółami, zrezygnowano z omawiania w tym opracowaniu zagadnień wspólnych wszystkim współczesnym systemom komutacyjnym, a w systemie 12 rozwiązanych w mniej więcej typowy sposób. Pominięto więc funkcje administracyjne i utrzymaniowe, realizowane na wysokim poziomie i nie podlegające rozproszeniu. Natomiast elementy tych funkcji, rezydujące na niższych poziomach i rozproszone, starano się uwzględnić. W ten sposób to co jest dla systemu 12 charakterystyczne, zostało uwzględnione.

Problem inżynierii oprogramowania systemu 12, zdaniem autora, bardzo istotny dla w miarę samodzielnego stosowania, adaptacji i rozwijania systemu w kraju, wymaga odrębnego opracowania. Tymczasem polecić można pozycje [11, 16, 20].

## 2. PODSTAWY KONCEPCJI

### 2.1. Analiza tendencji

Prace nad nowym systemem komutacyjnym rozpoczęto w roku 1975, z ambitnym zamiarem stworzenia systemu spełniającego



wszelkie wymagania, jakie mogą być stawiane takiemu systemowi gdziekolwiek na świecie, dziś i w przewidywanej przyszłości. Do pracy nad systemem powołano zespół międzynarodowy z centralą w Belgii i ośrodkami w Niemczech (RFN), Włoszech, Hiszpanii i w Stanach Zjednoczonych. Pierwszym krokiem było opracowanie prognozy "Sieć roku 2000", uwzględniającej ewolucję otoczenia sieci (zapotrzebowań na usługi), techniki telekomunikacyjnej i technologii elektronicznej. Prognoza ta zawierała koncepcję cyfrowej sieci zintegrowanej technicznie i usługowo (ISDN), stanowiącej model odniesienia dla projektu systemu 12 i wielu innych projektów.

Za zasadnicze tendencje w ewolucji sieci uznano w rozważanym horyzoncie czasowym:

- 1) rozwój usług z połączeniami cyfrowymi 64 kbit/s, z dominacją usług opartych na komutacji łączy;
- 2) zmienność i różnorodność zakresu wymaganych usług i celowość objęcia jednolitą, w sensie technicznym, siecią szerokiego zakresu usług telefonicznych i teleinformatycznych ISDN z minimalnym kosztem wstępnym (dla sprostania różnorodności poziomów rozwoju różnych krajów i dostosowywania wyposażenia do aktualnych potrzeb);
- 3) występowanie odśrodkowej tendencji przenoszenia inteligencji z sieci ku aparatom końcowym, a w konsekwencji z centralizacji typowej dla central SPC ku rozproszeniu (obsłudze na bazie łącza);
- 4) zmienność uwarunkowań technologicznych - wzrost skali integracji o rząd wielkości w okresach 4-5 lat (stanowiący podstawę ekonomiczną tendencji zmian podziału funkcji między sprzęt i oprogramowanie) [15, 22];
- 5) postęp w metodologii programowania i projektowania, przy jednoczesnym utrzymaniu się przewagi kosztów projektowania (w tym oprogramowania) nad kosztami realizacji sprzętu.

## 2.2. Przesłanki koncepcji

### 2.2.1. Zmienność

Wskazane w poprzednim rozdziale tendencje (2-5) ujawniają problem zmienności jako główne zagadnienie systemów okresów przejścia IAN-IDN-ISDN. Rozpatrzmy bliżej aspekty tej zmienności.

Na początku projektu każdego systemu komutacyjnego formułuje się jego specyfikację. W trakcie projektowania, a następnie produkcji występują często konieczności modyfikacji specyfikacji i produktu z racji specyfiki rynku, wpływu czasu i zmian funkcji.

Różnorodność rynków występuje jako konsekwencja różnic w historii i topologii sieci różnych krajów. Ich uwzględnienie wymaga modyfikacji zgodnej z życzeniami klienta. Drugim obliczem wpływu rynku na system komutacyjny jest postęp technologiczny, tworzący nowe uwarunkowania i zmieniający kalkulacje ekonomiczne u producenta. Pierwotne wymagania klienta ulegają także modyfikacji, w miarę jak poznaje on konsekwencje przemian w technologii. Wpływ czasu oznacza tu stałą zmienność wymagań funkcjonalnych i uwarunkowań technologicznych z racji zmienności środowiska, zarówno u klienta jak i producenta.

Różnorodność funkcji wynikająca z zastosowania systemu do produkcji central abonenckich, tranzytowych, dużych, małych, specjalizowanych, np. dla sieci teleinformatycznych itp., prowadzi bezpośrednio do wielości i projektów i różnorodności u producentów. Wielość projektów zwiększa koszty rozwoju systemu, zmniejsza jednorodność produkcji, a więc zwiększa koszty jednostkowe oraz koszty utrzymania eksploatowanych central (złożona edukacja personelu, jego liczba i płace za kwalifikacje). Wszystkie te koszty obciążają zarówno producenta jak i klienta.

### 2.2.2. Elastyczność

Trwałość systemu przy zmiennych wymaganiach oznacza potrzebę zapewnienia im elastyczności. Elastyczność tę można okre-

ścić w trzech kategoriach: wymiaru (pojemności), mocy przetwarzania i rozszerzalności funkcjonalnej.

Wymiar central obejmuje zakres ponad trzech rzędów wielkości od poniżej 100 do ponad 100000 linii. Wymagania ruchowe także są różne. System musi spełnić zarówno wymagania co do wymiaru, jak i ruchu obsługiwanego bez znaczniejszych kosztów początkowych w całym tym zakresie.

Moc przetwarzania systemu musi pokrywać podobny zakres, jako że wykazuje ona co najmniej liniową zależność od ruchu obsługiwanego. Przy każdej wielkości centrali potencjalna moc przetwarzania musi przekraczać wymagania minimalne, by stanowić podstawę implementacji nowoczesnego oprogramowania strukturalnego przy nieefektywnym wykorzystaniu przez nie zasobów mocy przetwarzania. Jest to obecnie celowe z racji efektywizacji możliwości projektowania oprogramowania (czynnik ludzki) typizacji modułów programowych, redukcji kosztów rozwojowych i utrzymaniowych, a także ze względu na potrzebę uzyskania szybko wymaganej niezawodności oprogramowania. Moc przetwarzania musi być także powiększana (lub zawierać zapas) przy rozszerzaniu zakresu funkcji, wprowadzaniu nowych udogodnień itp.

We wszystkich przypadkach system musi być rozszerzalny zarówno na poziomie projektu, jak i w zainstalowanych oraz już eksploatowanych centralach. Powinien on pozwalać na zwiększanie liczby obsługiwanych aparatów starego i nowego typu, jak również na uzupełnianie czy zamiany funkcji aparatów telefonicznych na terminale teleinformatyczne i odwrotnie. Należy także przewidzieć modularne wprowadzanie nowych technologii i to przy współistnieniu ze starymi wykonaniami, bez znaczniejszych kosztów dodatkowych.

## 2.3. Sterowanie rozproszone

### 2.3.1. Określenie

Sterowanie rozproszone polega na podziale funkcji systemu między małe procesory tak, by współdziałając ze sobą sterowały

systemem. Każdy procesor ma tu określoną rolę, niemniej zakres jego odpowiedzialności jest niewielki. Sterowanie rozproszone można przeciwstawić dwóm konkurencyjnym strukturom - sterowaniu scentralizowanemu i systemom wieloprocesorowym. Sterowanie scentralizowane polega na wykorzystaniu pojedynczego procesora (czy pary procesorów wzajemnie zastępujących się, czy dzielących obciążenie z racji niezawodnościowych) realizującego wszystkie funkcje sterowania.

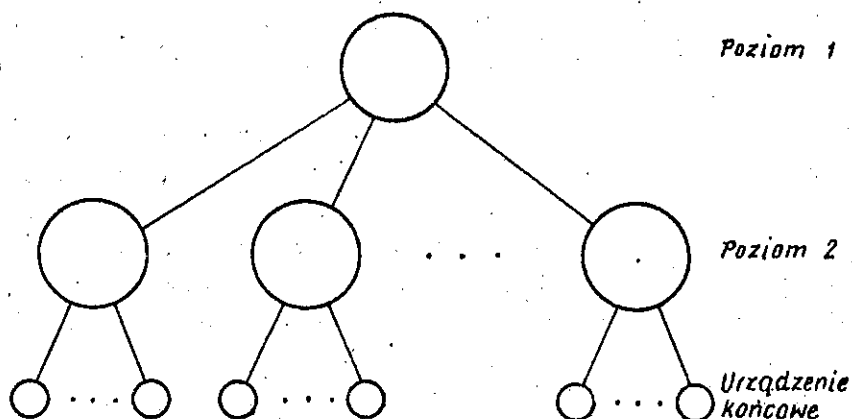
System wieloprocesorowy składa się z pewnej (raczej niewielkiej) liczby małych procesorów dzielących obciążenie, zadanie po zadaniu, w celu uzyskania wymaganej zdolności przetwarzania. Każdy z tych procesorów w obu strukturach ma zakres odpowiedzialności równy lub zbliżony do całości funkcji sterowania systemem.

### 2.3.2. Formy sterowania rozproszonego

Opisane tu zostaną, za literaturą źródłową [13], trzy formy podziału, mogące stanowić podstawę do rozproszenia sterowania:

- podział funkcjonalny, hierarchiczny;
- podział niehierarchiczny;
- podział pełny.

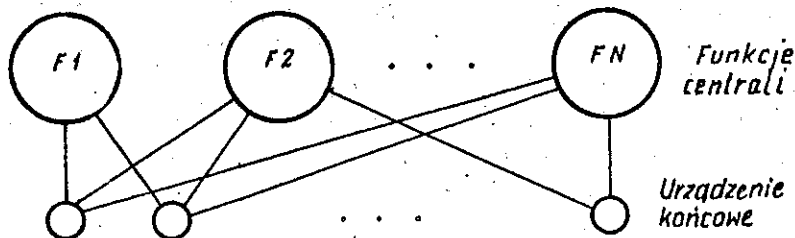
Podział funkcjonalny, hierarchiczny (rys. 1) opiera się na dokonanej uprzednio dekompozycji typów funkcji centrali na poziomy (warstwy) modelu funkcjonalnego. Na każdym poziomie, w umieszczonych na nim jednostkach funkcjonalnych, realizowane są podfunkcje systemu właściwe dla danego poziomu modelu. Jednostki funkcjonalne - podfunkcje - poziomu niższego zawsze realizują usługi niezbędne do wykonywania podfunkcji jednostek wyższego poziomu. Podział hierarchiczny ułatwia opanowanie projektu z danego systemu. Oparcie podziału o utrwalony i sprawdzony model, np. model odniesienia OSI (Reference Model of Open Systems Interconnection [4]), zapewnia rozwój funkcjonalny systemu bez potrzeby przeprojektowywania istniejących elementów. Zachowanie struktury funkcjonalnej w realizacji,



Rys. 1. Podział hierarchiczny

tj. związanie abstrakcyjnych jednostek funkcjonalnych z procesorami czy innymi urządzeniami realizującymi przypisane im podfunkcje, utrudnia rozbudowę ilościową. Z niezawodnościowego punktu widzenia, każda funkcja uwarunkowana jest sprawnością wielu procesorów i awaria jednego czyniłaby całą centralę niesprawną.

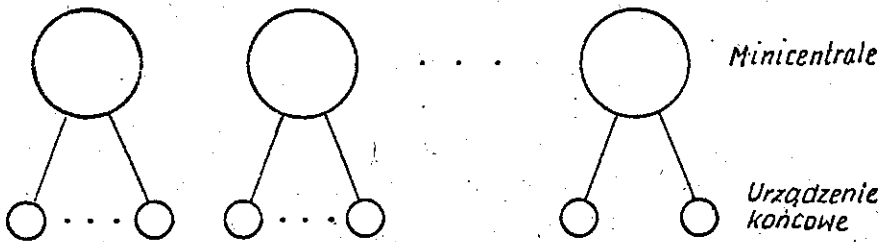
Podział niehierarchiczny (rys. 2) polega na uwzględnieniu problemów ilościowych i niezawodnościowych we wczesnym etapie projektowania. Polega on na takim podziale funkcji między realizujące je procesory, by każda funkcja czy grupa funkcji (typ usługi, faza usługi) była realizowana przez jeden procesor.



Rys. 2. Podział funkcjonalny

Awaria procesora uniemożliwia tylko realizację funkcji mu przypisanych. Zarówno przy podziale funkcjonalnym, hierarchicznym jak i niehierarchicznym konieczna jest komunikacja między procesorami.

Podział pełny (rys. 3) jest podziałem czysto ilościowym - podziałem obciążenia a nie funkcji. Centrala zdekomponowana jest na wiele "małych central"; każda wykonuje wszystkie funkcje, lecz tylko dla pewnej grupy użytkowników. Komunikacja między procesorami związana jest z konkretnym połączeniem i ograniczona do pary procesorów w nim uczestniczących.

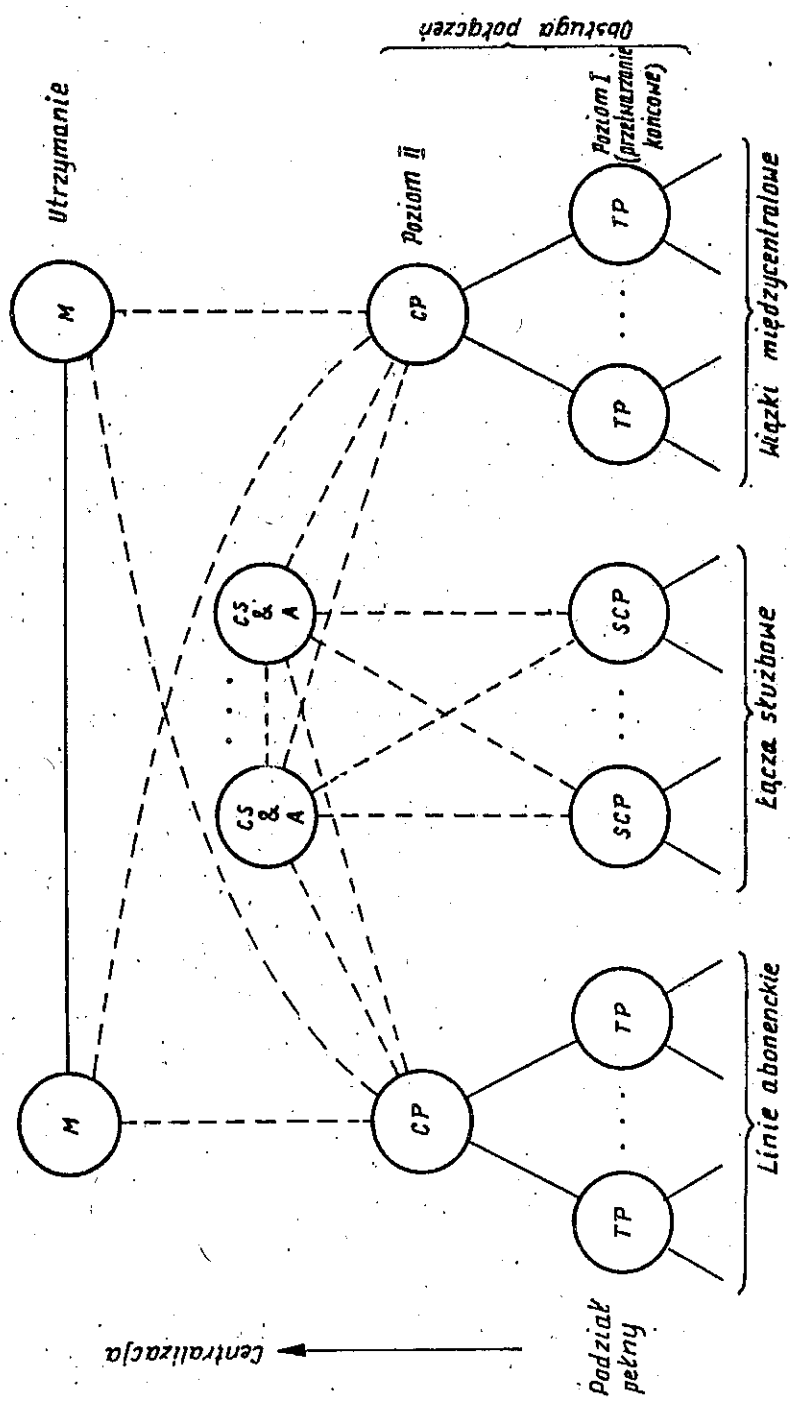


Rys. 3. Podział pełny

### 2.3.3. Synteza

Każda z przedstawionych form rozproszenia ma właściwe jej zalety i ograniczenia, wymagające wyważonego wyboru przed jej zastosowaniem w budowanym systemie. Praktycznie, każdy dobrze zaprojektowany system rozproszony stanowi kombinację wszystkich form.

Kluczem do projektowania mającego za cel elastyczność zastosowań jest podział pełny. Zapewnia on pokrycie wymaganego zakresu wymiaru (pojemności) i mocy przetwarzania. Rozszerzalność (funkcjonalna) i rozbudowywalność są łatwe do zrealizowania. Struktura ta powinna więc służyć za podstawę realizacji funkcji związanych z obsługą połączeń czy ogólniej, funkcji realizowanych w czasie rzeczywistym. Ograniczenia podziału pełnego wymagają korzystania z pozostałych form. Funkcje, na których bazuje system czasu rzeczywistego powinny być realizowane



Rys. 4. Podział mieszany

w strukturze podziału funkcjonalnego, natomiast funkcje utrzymaniowe i zarządzania powinny być raczej realizowane w strukturze hierarchicznej.

Należy zauważyć i podkreślić, że poruszone tu problemy czynią oczywistą konieczność dysponowania w projektowaniu systemów rozproszonych narzędziami pozwalającymi na łączne operowanie pojęciami architektury funkcjonalnej i sprzętowej oraz środkami analizy ilościowej (ruchowej, niezawodnościowej), umożliwiającymi podejmowanie świadomych decyzji o strukturze podziału i obciążeniu jednostek przetwarzających. Prowadzi to do koncepcji podziału mieszanego - pełnego w zakresie funkcji niskich poziomów hierarchii, z wzrastającą centralizacją na wyższych poziomach (rys. 4).

### 3. PODEJŚCIE DO PROJEKTU

Mając na uwadze szczególne wymagania na system komutacyjny stwarzane z jednej strony przez współczesny postęp technologiczny, a z drugiej przez spotęgowanie różnorodności i zmienności wymagań na centrale w okresie ewolucji sieci od IAN przez IDN ku ISDN, zdecydowano się na nie tyle opracowanie nowego systemu spełniającego pewne określone wymagania, lecz w pierwszym rzędzie na opracowanie nowej struktury systemowej mogącej sprostać niemal dowolnym wymaganiom. Struktura ta ma w założeniu stanowić trwałe ramy umożliwiające przeobrażanie central wcześniej wyprodukowanych (lecz tegoż systemu), zgodnie ze zmieniającymi się wymaganiami funkcjonalnymi (nowe funkcje i usługi), nowymi uwarunkowaniami otoczenia (sieci) i nowymi możliwościami technologicznymi (przenoszenie funkcji ze sprzętu na oprogramowanie i odwrotnie, wzrost stopnia integracji). Istnienie tych ram stanowić ma czynnik obniżający koszty przeprojektowywania systemów w miarę ewolucji.

#### 3.1. Analiza funkcjonalna i projekt abstrakcyjny

Zmienność technologii każe oprzeć tę strukturę o architekturę funkcjonalną. W konsekwencji projekt systemu rozpoczęto



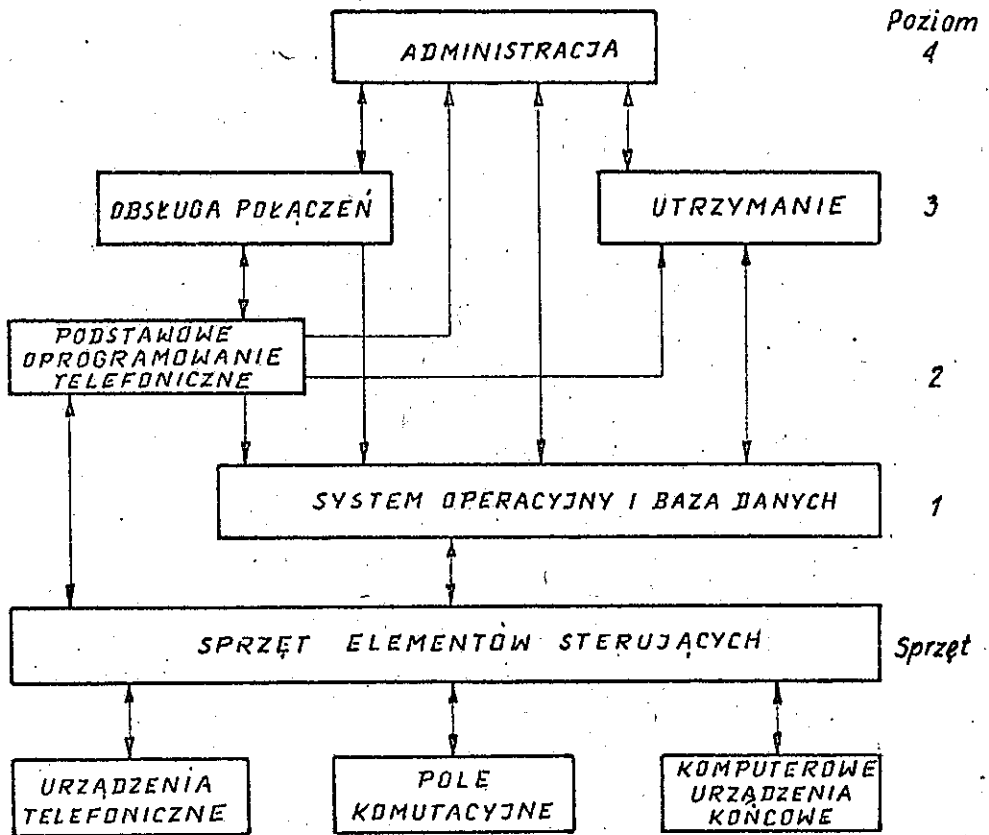
od analizy funkcjonalnej istniejących i spodziewanych wymagań. W celu usystematyzowania prac zastosowano metodę analizy i projektowania strukturalnego SADT (Structured Analysis and Design Technique), opracowaną przez firmę Sof-Tech (metoda ta i implementujące ją oprogramowania narzędziowe zastrzeżone są jako produkt handlowy) [18, 19]. SADT dostarcza metod do:

- 1) rozważania wielkich i złożonych systemów w sposób strukturalny;
- 2) podziału prac między zespoły i koordynacji ich działania;
- 3) prezentowania przeglądów, analiz i projektów w jasnej oraz precyzyjnej notacji;
- 4) dokumentowania bieżących wyników i decyzji w sposób zapewniający kompletny zapis historii oraz umożliwiający powroty i zmiany;
- 5) sprawdzanie dokładności, kompletności i jakości przez częste procedury przeglądania oraz zatwierdzania;
- 6) planowanie, zarządzanie i ocenę postępu prac zespołu.

SADT operuje swoistym językiem graficznym, tworzącym podziały i relacje między komponentami opisanymi w dowolnym języku przedmiotowym (np. SDL w zastosowaniach telekomunikacyjnych). Praca wg metody SADT opiera się na kolejnych podziałach, uszczegółowieniach i korelacjach komponentów przy ścisłym podziale ról członków zespołu.

W pierwszym kroku opracowano zbiór specyfikacji na centrale, opartych na studiach wymagań światowych, uwzględniając stan aktualny i prognozy wynikające z opracowania "sieć roku 2000". W szczególności skatalogowano i usystematyzowano większość istniejących systemów sygnalizacji. Następnie funkcje wyłonione ze zbioru specyfikacji uporządkowano w system hierarchiczny.

Uwaga: W publikacjach brak przedstawienia przyjętego modelu architektury funkcjonalnej. W jego miejsce przywoływany jest (np. w [1]), rys. 5, który można uważać za prymitywny, poglądowy surogat takiego modelu. Mając świadomość znaczenia modelu w systematyzacji prac nad systemem łatwo zrozumieć, iż nie jest interesem firmy ujawniać klucz do tej systematyzacji.



Rys. 5. Architektura funkcjonalna systemu

Funkcje wyspecyfikowane w modelu początkowym rozkładano na podfunkcje, stosując zstępującą analizę strukturalną (SADT) w wielu krokach i dochodząc do zdefiniowania zbioru typowych funkcji podstawowych wykonywanych przez tzw. jednostkę funkcjonalną. Sporządzono specyfikację typu każdej jednostki, obejmującą:

- listę sygnałów wymienianych przez jednostkę z innymi jednostkami (otoczeniem);

- scenariusz komunikacji, opisujący dynamikę współdziałania z poszczególnymi jednostkami otoczenia;
- specyfikację funkcji własnych (wewnętrznych).

Jednostki implementowane programowo przyjmują postać tzw. FMM (Finite Message Machine) i SSM (System Support Machine), do opisu tej postaci powrócimy w pkt. 4.

Z publikacji nie wynika, na jakim i jak dokumentowanym etapie projektu abstrakcyjnego podejmowane są decyzje o rodzaju implementacji (sprzęt - oprogramowanie). Można się spodziewać, że był to etap dość wczesny a podział bardzo "zgrubny", funkcje realizowane sprzętowo są bardzo proste (z wyjątkiem funkcji portów pola komutacyjnego) i dotyczą poziomu fizycznego. Nieco więcej światła rzucają na ten problem informacje zawarte w pkt. 3.3 i 5.

W procesie analizy funkcjonalnej uzyskano zbiór około 200 typów jednostek funkcjonalnych. Do opisu jednostek funkcjonalnych (w każdym razie tych, które miały być implementowane programowo) stosowano we wstępnych fazach język typu SDL, a w bardziej zaawansowanych - język zbliżony do CHILL (tu także opracowania systemu 12 wyprzedzały prace nad standardowymi wersjami SDL i CHILL).

Funkcje reprezentowane są w postaci procesów wyrażonych w kategoriach stanów (oczekiwania na wiadomości), wejść, akcji wewnętrznych i wyjść (nadawania wiadomości). Przyjęto pełny podział obiektów (danych) między procesami (zawężenie w stosunku do możliwości oferowanych przez współczesny SDL czy CHILL) tak, że komunikacja między procesami odbywa się tylko za pomocą wiadomości. Upraszcza to znacznie projektowanie i zmniejsza możliwość popełniania błędów.

Przyjęto interpretację wejść w stanach na zasadzie tzw. wejść upartych (persistent), co odpowiada w SDL strukturze stanu z wejściami i symbolem "save". typu ELSE czy też, w CHILL, semantyce RECEIVE CASE oraz dla pewnych stanów (np. początko-

wego) zasadę wejść "nie upartych" (non-persistent), konsumujących nieoczekiwane wiadomości (jak w SDL).

### 3.2. Środowisko realizacyjne

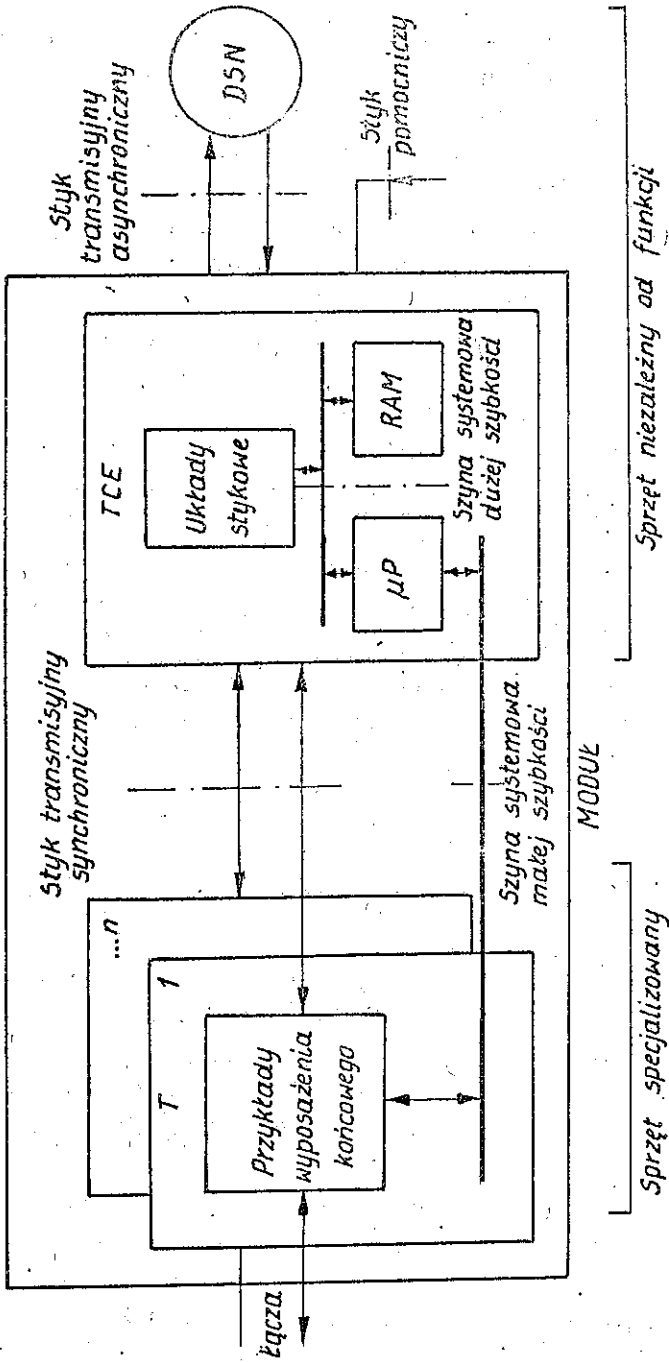
Równoległe z definiowaniem funkcji aplikacyjnych tworzono środowisko do ich realizacji. Środowisko to stanowią, w warstwie środków materialnych (sprzętu) narażone na wpływy zmian technologicznych:

- procesory,
- pamięci,
- specjalizowane układy realizujące wybrane funkcje (głównie proste w sensie logiki - funkcje poziomu fizycznego, w tym funkcje cyfrowego pola komutacyjnego, szyn zbiorczych, układów stykowych itp.).

W celu uporządkowania struktury sprzętu i odizolowania funkcji aplikacyjnych od środków materialnych do ich realizacji wprowadzono normalizację styków sprzętowych, wirtualizację sprzętu i komunikacji. Znormalizowane styki dzielą sprzęt na trzy grupy:

- wyposażenia końcowe (zwane terminalami - T);
- zespoły sterujące terminali (TCE - Terminal Control Element), w których szyna systemowa łączy mikroprocesor z pamięcią i układami stykowymi;
- pole komutacyjne (DSN - Digital Switching Network).

Podział ten i znormalizowane styki przedstawiono na rys. 6. Terminal i jego TCE tworzą moduł sprzętowy. Specyfika sprzętu układu wyposażenia końcowego i oprogramowania TCE określają funkcje modułu w systemie. Dobór modułów o różnych funkcjach określa funkcje centrali jako całości, przy czym dobór zdolności obsługowej (zależnie od obciążenia ruchowego danej funkcji) następuje przez zastosowanie odpowiedniej liczby modułów wykonujących daną funkcję.



Rys. 6. Styki systemowe

Uwaga: w nowych wykonaniach usunięto szynę systemową małej szybkości.

Każdy moduł łączony jest z polem komutacyjnym stykiem, obejmującym dwie dwutorowe (dwukierunkowe) grupy 32 kanałowe, przy czym każdy kanał jest tu 16 bitowy (a nie 8, jak w systemie PCM). Szybkość transmisji grupowego "traktu" stykowego jest więc zwiększona dwukrotnie, do 4096 kbit/s. Wprowadzony nadmiar pozwala na wygodne zorganizowanie sygnalizacji w zestawianej w polu drodze transmisyjnej, bez naruszenia przezroczystości kodowej tej drogi dla informacji użytkownika. Przepustowość tego styku, wyrażona w liczbie kanałów, wobec integralności konstrukcyjnej modułu, określa kwant rozbudowy centrali. Podobnie modularna struktura wewnętrzna DSN pozwala na odpowiednie zestawienie pól o wymaganej pojemności.

Uwaga: Pole komutacyjne służy nie tylko do zestawiania połączeń dla użytkownika (abonenta), lecz także do komunikacji między modułami w ramach realizacji procesów łączeniowych, utrzymaniowych i administracyjnych.

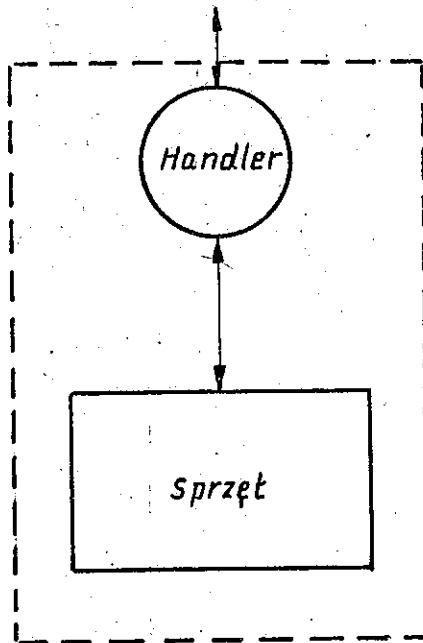
Szczególnością modułu jest moduł ACE pozbawiony wyposeżeń końcowych, a więc zawierający tylko funkcje realizowane programowo (zestawione wg potrzeby, pośredniczące w wykonaniu zadań inicjowanych przez otoczenie centrali, a więc za pośrednictwem TCE).

### 3.3. Wirtualizacja

Wyróżniono dwa rodzaje wirtualizacji - sprzętu i komunikacji (styków).

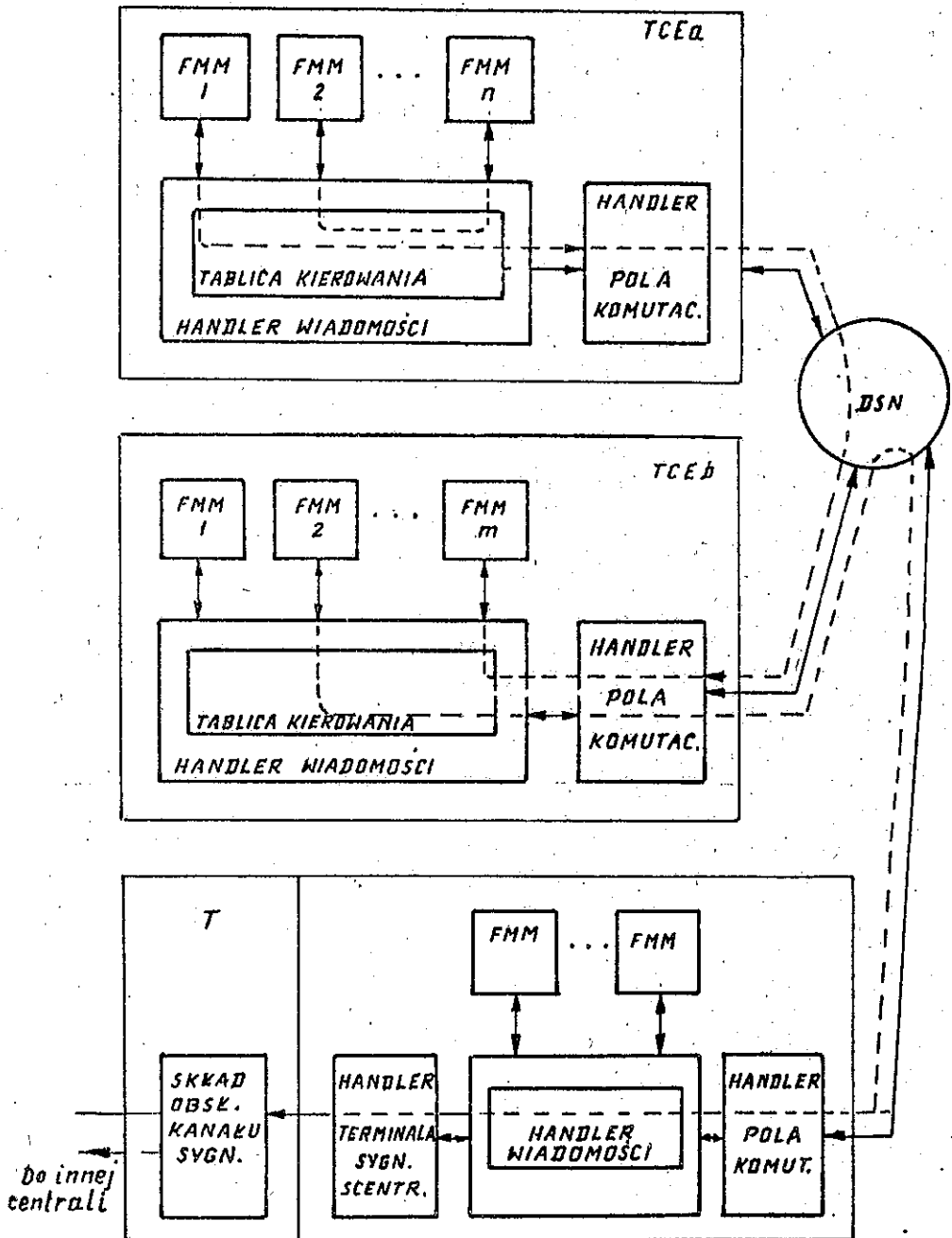
Wirtualizacja sprzętu zapewnia niezależność oprogramowania aplikacyjnego od sprzętu realizującego to oprogramowanie i sprzętu realizującego funkcje aplikacyjne (implementowane sprzętowo). Wirtualizacja komunikacji uniezależnia współdziałanie jednostek funkcjonalnych (jednostek oprogramowania aplikacyjnego - procesów FMM) od ich zlokalizowania w sprzęcie. Umożliwia tym samym niemal dowolne zestawienie jednostek funkcjonalnych w module sprzętowym i przenoszenie funkcji z modułu do modułu. Możliwości te mają duże znaczenie w optymalizacji doboru sprzętu do wymaganych funkcji i zdolności obsługowej (pojemności) centrali.

Wirtualizacja sprzętu wyposażenia końcowych polega na izolowaniu go od oprogramowania przez specjalizowane, związane ze sprzętem oprogramowanie pomocnicze (handler) przysłaniające jego specyfikę (rys. 7). Specyfika poziomu fizycznego realizowanych połączeń staje się (poprzez specjalizowany sprzęt i handler) niewidoczna dla zuniwersalizowanych procesów obsługowych. Wirtualizację sprzętu procesorów zapewnia kompilator języka wysokiego poziomu (CHILL), stosowanego w implementacji funkcji aplikacyjnych (z wyjątkiem pewnych prostych procedur wykonywanych w czasie rzeczywistym). Sprzęt wirtualny (sprzęt fizyczny i jego handler) może być rozpatrywany jako FMM. Wirtualizacja sprzętu zaciera więc (na pewnym poziomie abstrakcji) różnice implementacyjne projektu abstrakcyjnego jednostek funkcjonalnych systemu.



Rys. 7. Sprzęt wirtualny

Wirtualizację komunikacji zrealizowano przy użyciu oprogramowania pomocniczego dwóch rodzajów (rys. 8):



Rys. 8. Wirtualizacja komunikacji



- oprogramowania transferu wewnętrznego (wewnątrz modułu) -  
- tzw. handlera wiadomości (message handler);
- oprogramowania transferu międzymodułowego - tzw. handlera pola komutacyjnego (network handler).

Można uważać, że trzecim rodzajem handlera są moduły sygnalizacji międzycentralowej, wirtualizujące komunikację w warstwie aplikacyjnej między różnymi centralami. W ten sposób wirtualizacja komunikacji obejmuje całą sieć (realizowaną w systemie 12). Ten rodzaj wirtualizacji jest w szczególności sposób wykorzystany przy kompletowaniu central podporządkowanych i nadrzędnych do przenoszenia funkcji administracyjnych oraz utrzymaniowych z centrali do centrali.

Wirtualizacja umożliwia rozważanie (w szczególności projektowanie) funkcji aplikacyjnych systemu w abstrakcji od środowiska je realizującego. Warstwę aplikacyjną systemu projektuje się niezależnie od warstw niższych, operując jedynie jednostkami aplikacyjnymi (FMM) i protokołami komunikacji między nimi. Upraszcza to bardzo proces projektowania i przygotowuje system do daleko idących zmian, zarówno realizacyjnych (technologicznych) jak i funkcjonalnych.

### 3.4. Zagadnienia ilościowe

Projektowanie systemu opartego na architekturze funkcjonalnej (czy w ogóle funkcjonalna orientacja podejścia do rozważań systemu) sprowadza problemy ilościowe na drugi plan. Problemy ilościowe pojawiają się dopiero przy projektowaniu implementacji, a w szczególności sprzętu. Fakt, że odbywa się to jakby w drugim etapie, nie oznacza braku wzajemnego oddziaływania sprzętu na projekt abstrakcyjny. Oddziaływanie to wymusza kompleksowe projektowanie w kolejnych krokach iteracyjnych. We współczesnych uwarunkowaniach technologicznych przenoszących koszty opracowania systemu na etap projektu, priorytet projektu abstrakcyjnego jest uzasadniony i to w coraz to większym stopniu. Uważa się, że tzw. optymalizacja globalna w sensie ekonomii całego cyklu życiowego systemu właśnie na tym polega.

Optymalizacja w starym sensie (zaprojektowanie systemu o określonej mocy przetwarzania z użyciem minimalnej liczby elementów sprzętu) nie jest podejściem opłacalnym ani w ogóle realnym z racji logicznej złożoności systemu, ogromnego zakresu zmian parametrów systemu (np. pojemności od 100 - 100000 łączy), różnorodności i zmienności wymagań funkcjonalnych i warunkowań technologicznych (por. np. [3]).

Znalezienie "złotego środka" jest bardzo trudne. Czy dla systemu 12 znaleziono rozwiązanie optymalne może ocenić rynek i efekt handlowy.

Zastosowane rozwiązanie problemu doboru ilościowego sprzętu do pojemności i obciążenia ruchowego opiera się na:

- 1) doskonałej rozbudowywalności pola komutacyjnego
  - bez kosztów wstępnych (sterowania scentralizowanego),
  - w całym zakresie pojemności w krokach co jeden lub kilka elementów komutacyjnych, bez zmiany istniejącego okablowania,
  - niezależnie od tego czy rozbudowa wynika ze wzrostu ruchu, czy liczby łączy;
- 2) zwielokrotnianiu liczby modułów TCE i ACE wg typów wymaganych z racji różnorodności wyposażenia końcowych; kwant rozbudowy określa przepustowość styku modułu z polem (2 trakty PCM-32);
- 3) przeniesieniu funkcji między modułami i centralami (dla uzyskania minimalnych konfiguracji).

Ujemnymi konsekwencjami zastosowanej struktury sprzętowej i wirtualizacji są:

- konieczność rezydowania w każdym CE oprogramowania podstawowego (system operacyjny, handlery wiadomości i pola komutacyjnego);
- przeznaczenie znacznej części zainstalowanej mocy przetwarzania i części zdolności obsługowej pola na komunikację między procesorami wirtualnymi (wystąpieniami procesów FMM), na

zestawianie do kilkunastu połączeń przez pole w obsłudze pojedynczego połączenia na rzecz abonenta.

Konsekwencje stosowania języka programowania wysokiego poziomu są oczywiste i choć mają także kompromisowy charakter, ich akceptacja nie jest już kontrowersyjna.

#### 4. OPROGRAMOWANIE

##### 4.1. Wstęp

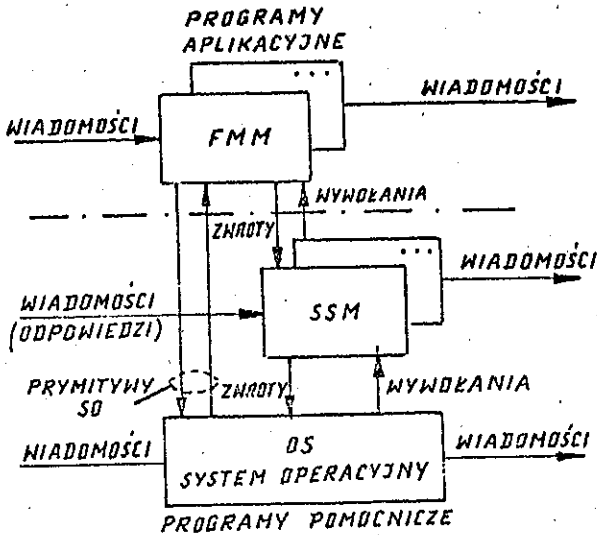
Znaczne przesunięcie głównego ciężaru prac projektowych na etap projektu abstrakcyjnego (operującego pojęciami funkcji, realizujących je procesów, wirtualizacji itp.) oraz realizowanie większości funkcji złożonych przez oprogramowanie, spowodowało, że projekt abstrakcyjny jest już "prawie gotowym" projektem oprogramowania funkcji aplikacyjnych systemu. Stąd też rozważania w pkt. 3 stanowią dobre wprowadzenie do zagadnień oprogramowania systemu 12. W pkt. 4 wprowadzimy tylko więcej szczegółów w ogólny, już ukształtowany obraz.

##### 4.2. Elementy składowe oprogramowania

Wyróżnia się trzy typy elementów składowych oprogramowania:

- FMM, stanowiące jednostki oprogramowania aplikacyjnego (procesy);
- SSM, będące programami pomocniczymi dla FMM (procedury);
- system operacyjny (a w nim handlery sprzętu).

Rys. 9 przedstawia współzależności między tymi elementami, wyróżniając komunikację za pomocą wiadomości, wywołań i zwrotów (call, return) oraz odpowiedzi (responses). System operacyjny także nadaje wiadomości (np. o upływie czasu - out'u) i odbiera wiadomości zmieniające dane (np. w wyniku akcji utrzymaniowych). Na rysunku 9 wiadomości nie mają jawnie wskazanego adresata lub nadawcy.



Rys. 9. Relacje między FMM, SSM i OS

Operując na poziomie aplikacji, komunikacja między różnymi FMM następuje bezpośrednio, tj. wiadomość z FMM<sub>A</sub> do FMM<sub>B</sub> jest przekazywana w ramach protokołu aplikacyjnego bezpośrednio (adres FMM przeznaczenia zawarto w nagłówku wiadomości). Projektant czy analizujący działanie czytelnik nie musi wiedzieć, jak wiadomość jest przekazywana, wystarczy mu znajomość efektu - jest przekazywana zgodnie z adresem, do FMM<sub>B</sub>. Oczywiście mechanizm transmisji wiadomości zrealizowano w systemie operacyjnym i w tym sensie wszystkie wiadomości z FMM i SSM kierowane są do OS, a wiadomości z OS kierowane są do SSM lub FMM.

#### 4.3. FMM - automaty funkcji aplikacyjnych (Finite Message Machines)

Pojęcie FMM odpowiada pojęciu procesu (w sensie SDL lub CHILL). Definicja FMM odpowiada definicji procesu. Wystąpienie procesu wg definicji jest równoważne procesowi realizowanemu przez FMM, który jest zdefiniowany przez podanie definicji procesu.

W celu uzyskania maksymalnej niezależności różnych FMM przyjęto zasadę pełnego podziału obiektów systemu (danych) między FMM-ami. W konsekwencji, zrezygnowano nawet z udostępniania wartości zmiennej jednego FMM do odczytu przez drugi; komunikacja następuje tylko za pomocą wiadomości. W publikacjach podkreśla się duże znaczenie tej decyzji dla ułatwienia organizacji projektowania, modyfikowania i bezbłędności projektów dzięki względnej prostocie oraz podziałowi zadań opracowujących. Zachowanie się FMM jest w pełni określone przez sekwencję wiadomości i sekwencję operacji wewnętrznych wykonywanych na obiektach własnych FMM.

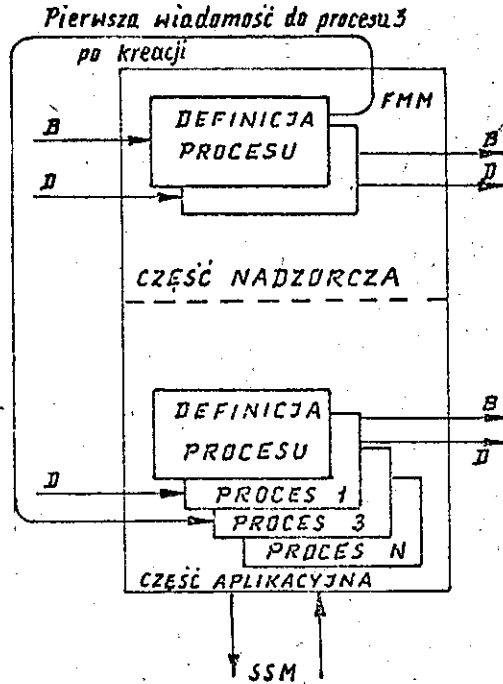
Stosowanie, jak już wspomniano, wejść "nie upartych" (non-persistent) w pewnych stanach procesu jest uważane za następny środek likwidowania następstw nieprzemyślanych sytuacji w komunikacji i błędów wykonania programów. Wejścia te redukują prawdopodobieństwo "zacięć" związanych z nieprawidłową komunikacją (w powiązaniu z ochroną stanu przez time - out). W strukturze wewnętrznej FMM, w związku z operowaniem zasobami systemu (obiektami występującymi w ograniczonej liczbie) i kreacją (wystąpien) procesów, wyróżniono dwie części (rys. 10):

- część nadzorczą,
- część aplikacyjną.

Część nadzorczą odpowiada koncepcji monitora (wystąpien) procesów części aplikacyjnej. Określona jest ona przez definicję procesu monitora i istnieje tylko jedno wystąpienie procesu nadzorczego, kreowane przy inicjacji FMM. Proces monitora zarządza zasobami FMM oraz kreuje i unicestwia wystąpienia procesów części aplikacyjnej. Część aplikacyjna określona jest przez definicję procesu aplikacyjnego. Istnieje tyle wystąpień procesów aplikacyjnych, ile ich zostało wykreowanych i nie unicestwionych.

W związku z powyższym podziałem ról między obie wspomniane części, wyróżnia się dwie kategorie wiadomości:

- podstawowe (Basic),
- kierowane (Directed).



Rys. 10. Struktura FMM

Wiadomości podstawowe służą do kreacji nowych wystąpień procesów. Wiadomość podstawowa jest odbierana przez część nadzorczą, która (przez OS) kreuje wystąpienie procesu aplikacyjnego, zaopatrując je w identyfikator wystąpienia. Identyfikator wystąpienia dołączany jest do adresu wiadomości (zawierającego pierwotnie tylko typ FMM - typ definicji procesu) i tak uzupełniona pierwsza wiadomość jest odbierana przez wykreowane wystąpienie - jest wiadomością kierowaną. Dalsza komunikacja między wystąpieniami procesów aplikacyjnych jest już realizowana przez wiadomości kierowane (zawierające identyfikator wystąpienia).

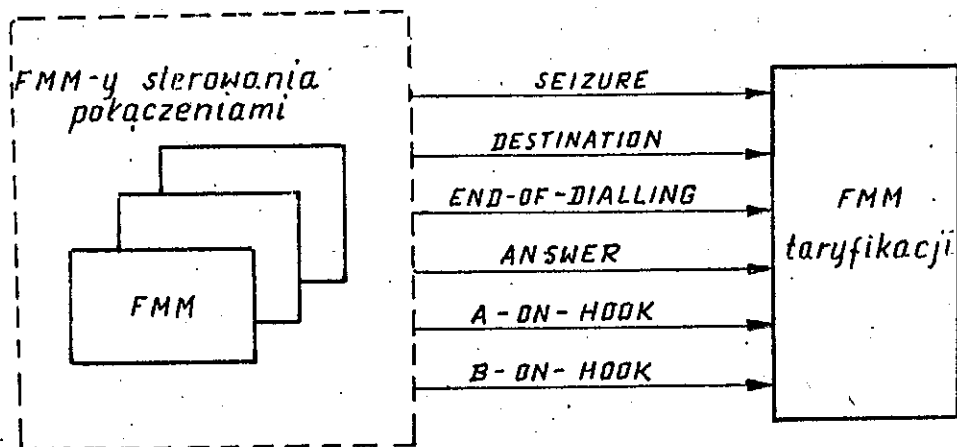
Każda pierwsza wiadomość z pewnego wystąpienia i procesu A do pewnego FMM - realizującego proces B, dla którego nie istnieje jeszcze wystąpienie związane z wystąpieniami procesu A -

- jest wiadomością podstawową. Zwrotna wiadomość z B do A jest już kierowana do wystąpienia procesu A.

Z większości programów aplikacyjnych korzysta jednocześnie wiele systemowych procesów usługowych i występuje w nich wiele stanów. Istnieją jednak także funkcje o bardzo krótkim czasie wykonania w ramach pojedynczego przejścia. Typowymi są tu funkcje polegające na zajrzeniu do tablicy, np. translacja cyfr czy zarządzanie zasobami. W takich przypadkach definicja FMM bywa jednoczęściowa - istnieje tylko część nadzorcza, jednowystąpieniowa.

Ponieważ wiele różnych typów FMM wykonuje podobne funkcje, lecz w inny sposób (np. w związku z różnicami krajowych systemów sygnalizacji czy różnicami tych systemów w ramach ogólnie jednolitej procedury nawiązywania połączeń) zdefiniowano szereg typowych (ang. generic) styków między klasami FMM. Typizacja ta była jednym z osiągnięć systematycznego projektowania metodą SADT (pkt. 3). Przykładami takich typowych styków są:

- \* sterowanie połączeniami - taryfikacja (rys. 11);
- \* funkcje sygnalizacyjne - sterowanie połączeniami (unifikujące różnice ponad 50 systemów sygnalizacji);



Rys. 11. Przykład styku typowego

\* utrzymanie - handlery urządzeń telefonicznych i komputerowych urządzeń peryferyjnych.

Typizacja ta jest w oczywisty sposób związana z funkcjonalnym modelem architektonicznym systemu i, jak już wspomniano, nie jest ujawniana w publikacjach.

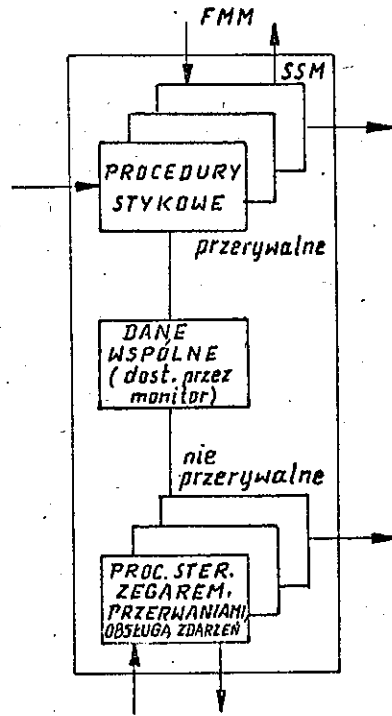
#### 4.4. SSM - systemowe automaty pomocnicze (System Support Machines)

W zasadzie wszystkie funkcje aplikacyjne (spoza systemu operacyjnego) powinny być implementowane jako FMM. Z drugiej jednak strony operowanie wiadomościami wprowadza pewien nadmiar. Bufor dla wiadomości trzeba uzyskać z systemu operacyjnego, wypełnić go parametrami i umieścić w kolejce. Gdy bufor jest pobierany z kolejki, proces przeznaczenia musi zostać wykreowany lub ożywiony. Innymi słowy, trzeba zorganizować środowisko realizujące komunikację. Mając te problemy na uwadze, moduły często wykorzystywane, szczególnie te, których aktywność wyzwalana jest okresowo co 5 - 100 ms, są implementowane jako SSM. Strukturę SSM przedstawia rys. 12. SSM składa się z jednej lub kilku procedur ożywianych przez wywołania. Występują trzy typy procedur.

1. **Procedury stykowe.** Są one wywoływane przez FMM i przebiegają w środowisku procesu tegoż FMM. Procedury te mogą nadawać wiadomości i oczekiwać na wiadomości lecz tylko od procesu, który wywołał procedurę. Procedury te mogą być przerywane.
2. **Procedury sterowane zegarem lub przerwaniem.** Procedury sterowane zegarem są wykonywane po wywołaniu cyklicznie zgłaszanym przez "służbę czasu" systemu operacyjnego. Procedury sterowane przerwaniem są wywoływane przez przerwania ze strony urządzeń. W obu powyższych przypadkach procedury te nie mogą być przerywane.
3. **Procedury obsługi zdarzeń (event handlers).** Procedura przeszukiwania może wykryć wiele zdarzeń w jednym przebiegu.



W celu uniknięcia pominięć cykli zegarowych, zamiast nadawać szereg wiadomości procedura ta może umieścić dane o źródłach zdarzeń we wspólnym obszarze danych SSM, a następnie żądać szeregowania obsługi tych zdarzeń. System operacyjny szereguje zdarzenia z wyższym od realizacji innych procesów priorytetem. Procedury te mogą być przerywane, nie są więc krytyczne w sensie czasu wykonania i z obsługi zdarzeń można nadawać wiadomości kolejno.



Rys. 12. Struktura SSM

Procedury jednego SSM mogą mieć wspólne dane. Dane takie są udostępniane przez monitory (będące procedurami nieprzerywanymi), a więc dostęp do nich jest asynchroniczny. W celu wywołania procedury SSM używa się mechanizmu przerw programowych.

#### 4.5. System operacyjny OS

System operacyjny stanowi podstawowe oprogramowanie umożliwiające wykonywanie programów aplikacyjnych, w sensie modelu z rys. 5 - programów poziomów 2, 3 i 4. Tak więc do jego zadań należy:

- obsługa komunikacji (por. pkt. 3.3),
- szeregowanie zadań,
- obsługa time-out'ów (ogólnie "timing"),
- obsługa urządzeń peryferyjnych.

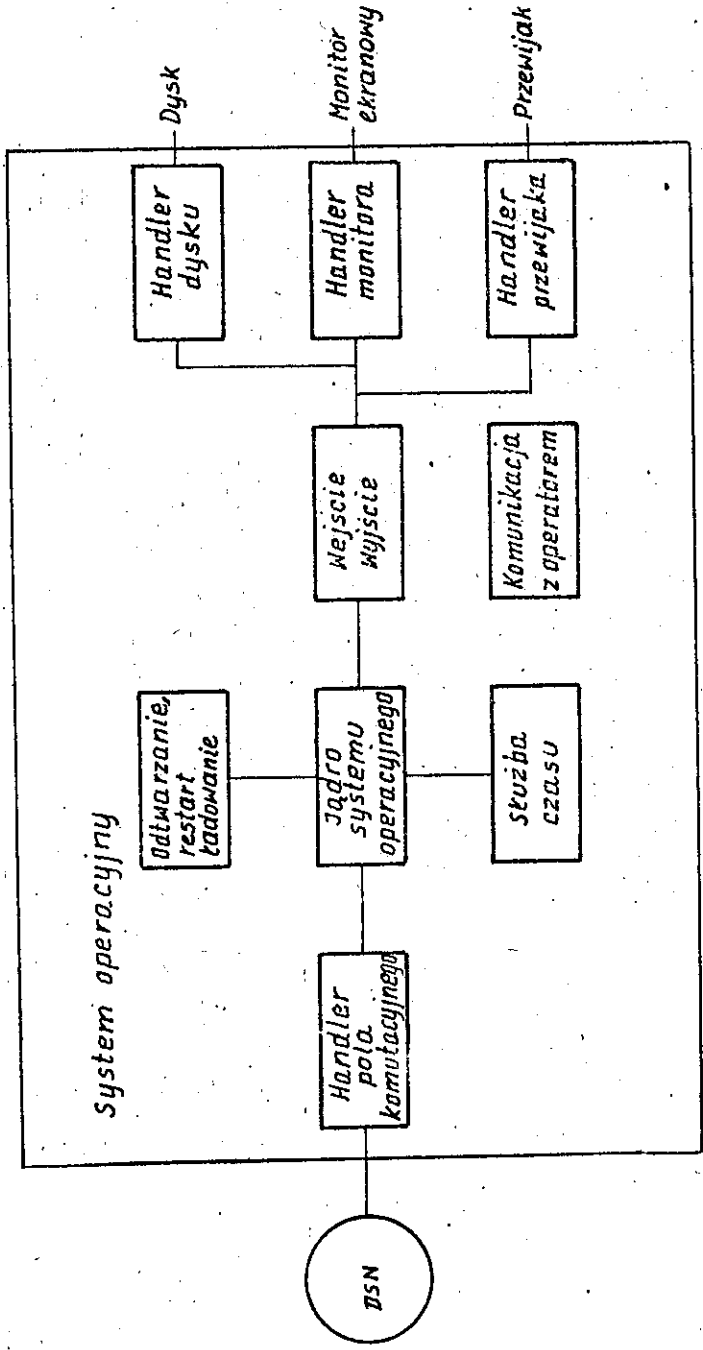
System operacyjny (czy raczej wiele różnych jego odmian) rezyduje w CE modułów wyposażenia końcowych i modułów pomocniczych (ACE), dlatego jest on dostosowany do potrzeb konkretnego typu modułu. Pełny zakres funkcji OS występuje tylko w module komputerowych urządzeń peryferyjnych, stąd też na rys. 13 OS tego modułu przytoczono jako przykład.

Jądro systemu operacyjnego wykonuje funkcje:

- dynamicznej administracji obszarami danych procesów (FMM);
- wewnętrznej komunikacji między FMM modułu (handler wiadomości z rys. 8), wg priorytetów wiadomości;
- kreacji procesów (por. pkt. 4.3), w kolejności wynikającej z priorytetu ich funkcji;
- unicestwiania procesów.

Służba czasu realizuje periodycznie wykonywanie pewnych funkcji (np. nadzoru stanu linii), nadzór czasu realizacji (w tym obsługę time-out'ów), dostarcza danych o czasie rzeczywistym (data, godziny, minuty, sekundy).

W konsekwencji rozproszenia odtwarzanie sterowania jest wykonywane autonomicznie w modułach. System operacyjny może zaniechać wykonywania procesu w przypadku wystąpienia błędów w wykonaniu, może dokonać restartu CE (utrzymując połączenia w stanie stabilnym) oraz, w przypadkach częstych błędów, zainicjować nowe załadowanie programów i danych do procesora modułu.



Rys. 13. Schemat blokowy przykładowego systemu operacyjnego

Sens pozostałych funkcji OS jest na tyle oczywisty, że opis ich pominiemy.

#### 4.6. Baza danych

Tak jak system operacyjny, tak i baza danych jest rozproszona w elementach sterujących modułów TCE i ACE. Każdy CE zawiera więc własną bazę danych i system zarządzania nią. System ten "ukrywa" przed programistą fizyczną lokalizację pewnych zbiorów dostępnych z wielu modułów i danych współzależnych a rozproszonych (np. numery wyposażeniowe linii abonenckich, numery abonentów, przypisane im kategorie i usługi itp.). System zarządzania bazą danych spełnia również funkcje ochrony danych w czasie aktualizacji (duplikacja w pamięci masowej na wypadek błędów w aktualizacji, nie pozwalających ani odtworzyć starej wartości, ani nowej) i ochrony przed nieuprawnionym dostępem.

#### 4.7. Funkcje aplikacyjne

Zgodnie z rys. 5, funkcje aplikacyjne podzielono na kilka poziomów. Poniżej omówimy je krótko według tychże poziomów.

Podstawowe oprogramowanie telefoniczne<sup>\*)</sup> (Telephonic Support) obejmuje głównie funkcje dostępu do urządzeń oraz sygnalizację i taryfikację. Dostęp do urządzeń, zgodnie z zasadą wirtualizacji, następuje poprzez specjalizowane oprogramowanie handlerów. Poprzez to oprogramowanie urządzenia są "widziane" jako FMM.

Funkcje sygnalizacyjne polegają na przypisaniu znaczeń sygnałom otrzymywanym z urządzeń w kontekście procesów obsługowych realizowanych przez centralę i odwrotnie. Oprogramowanie tych funkcji ma już wprost postać FMM specjalizowanych według systemów sygnalizacji, w rozbiciu na grupy: sygnalizacji liniowej i rejestrowej.

---

<sup>\*)</sup> Pojęcie "telefoniczne" jest tu umowne i dotyczy wszystkich rodzajów usług łączeniowych.

Do podstawowego oprogramowania telefonicznego należy także gospodarka zasobami telefonicznymi, tj. łączami, nadajnikami i odbiornikami sygnalizacyjnymi itp., oraz funkcje taryfikacji.

Obsługa połączeń (call handling) polega na dwóch rodzajach funkcji: sterowaniu połączeniami (zestawianie i rozłączanie połączeń) i obsłudze wywołań.

Sterowanie połączeniami realizowane jest przez trzy FMM-y:

- preselekcji,
- zestawiania połączenia,
- rozłączania.

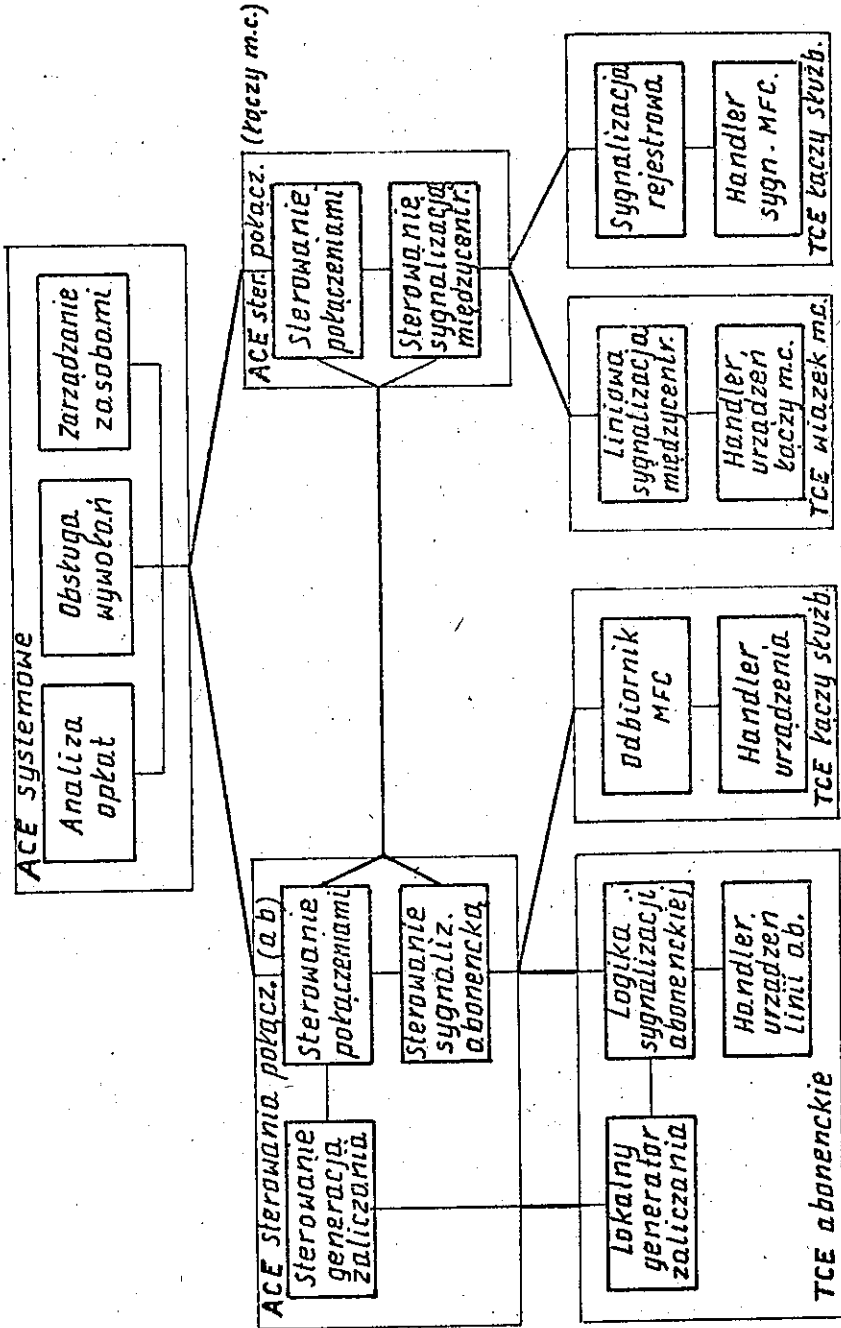
FMM preselekcji wykonuje zajęcie inicjującego, rozpoczyna zaliczanie i uczestniczy w zbieraniu informacji o statystyce ruchu. Gdy znany jest numer abonenta pożądanego - FMM przejmuje sterowanie zestawianiem połączenia. Steruje on wyborem drogi i jej zestawieniem oraz sygnalizacją przychodzącą i wychodzącą, dostarcza informacji do zaliczenia opłaty, współdziała z funkcjami translacji i dostarcza dalszych informacji statystycznych. Rozłączenie połączenia, unicestwienie procesów związanych z połączeniem w pozostałych FMM oraz zakończenie zaliczania należy do funkcji FMM rozłączania.

Dodatkowe funkcje sterowania połączeniami mogą być realizowane przez dodatkowe FMM-y - np.:

- obsługa złośliwych połączeń (FMM dodatkowe do FMM rozłączania),
- obsługa połączeń konferencyjnych.

Funkcje obsługi wywołań są niezależne od stanu połączenia wymagającego ich udziału. Do funkcji tych należą:

- przypisywanie kategorii usług do linii abonenckich i międzycentralowych,
- analiza prefiksów i kierowanie ruchu,
- translacja numerów abonentów na numery wyposażeniowe.



Rys. 14. Podział funkcji i powiązania komunikacyjne między modułami typowej centrali telefonicznej

Rozproszenie funkcji (realizujących je FMM-ów, handlerów i sprzętu) między moduły wymaga realizacji współdziałania przez pole komutacyjne. Ponieważ sposób podziału jest uzależniony od kompletacji i podporządkowany z jednej strony możliwościom pomieszczenia funkcji w procesorach, a z drugiej efektywności łącznego działania, można tylko podać przykład takiego rozmieszczenia. Rys. 14 przedstawia rozmieszczenie funkcji w typowej centrali średniej pojemności, pokazując wzajemne powiązania wymagające połączeń przez pole komutacyjne.

Funkcje utrzymaniowe podzielono na autonomiczne (wykonywane przez moduły) i scentralizowane.

Autonomicznie jest realizowane wychodzenie z błędnych sytuacji w pojedynczym procesie, takich jak: przerwania spowodowane uszkodzeniem w pamięci, błędny dostęp do pamięci, wykrycie błędu przez wbudowanie rutyny języka programowania i błędy wykryte przez testy wbudowane w program aplikacyjny (FMM). Wyjście z takich błędów prowadzi do unicestwienia procesu, którego dotyczą. Także autonomicznie wykonywana jest zmiana roli pary wzajemnie rezerwowych ACE - wiadomość nie zaakceptowana przez aktywne ACE po kilku ponowieniach jest automatycznie kierowana do modułu rezerwowego.

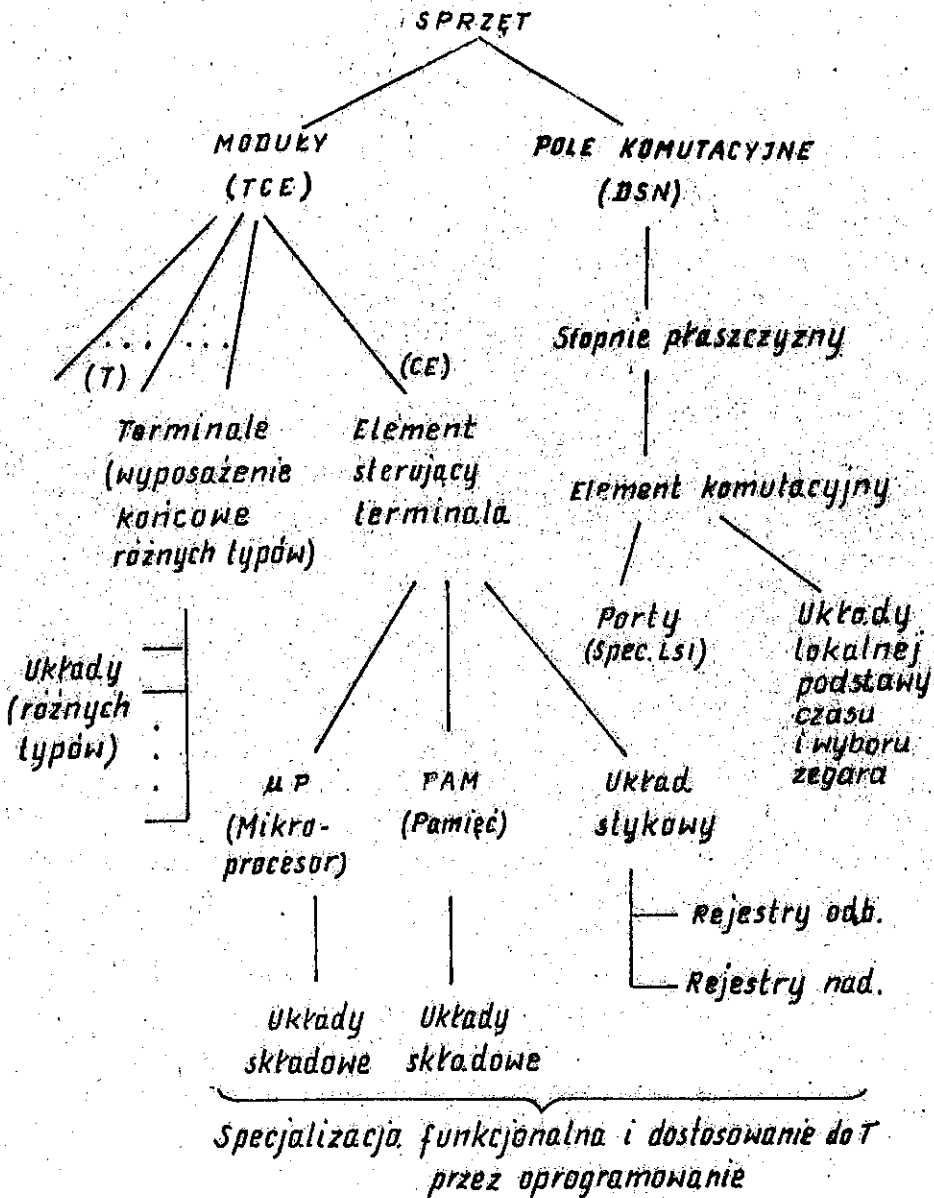
Scentralizowane funkcje utrzymaniowe obejmują testowanie rutynowe i diagnostyczne ujęte w tzw. "blok bezpieczeństwa" (security block), inicjalizację oraz weryfikację po naprawach.

Funkcja administracyjna na tak ogólnym poziomie opisu nie wykazuje cech szczególnych, odróżniających system 12 od innych współczesnych systemów, pominiemy więc ich opis.

## 5. SPRZĘT

### 5.1. Struktura sprzętu

Struktura sprzętowa została wstępnie wprowadzona w pkt. 3.2, a jej hierarchiczny charakter przedstawia rys. 15. Pierwszy poziom wyróżnia dwa rodzaje komponentów systemu: moduły wyposażenia końcowych TCE i pole komutacyjne DSE.



Rys. 15. Struktura sprzętu



## 5.2. Moduły

Moduł wyposażenia końcowego TCE składa się z elementu sterującego (CE) i terminala (T - układów wyposażenia końcowego), jego typową strukturę pokazano na rys. 6. Moduł ACE zawiera tylko element sterujący.

### 5.2.1. Element sterujący

Sprzęt elementu sterującego jest taki sam w każdym typie modułu TCE i ACE. Ewentualną różnicą w przypadku ACE może być tylko zmienna liczba pakietów pamięci. Kaseta (tzw. back board) TCE zawiera w większości przypadków miejsce na jeden pakiet pamięci, natomiast kasetę ACE oraz kasety pewnych typów TCE (np. modułu komputerowych urządzeń peryferyjnych) - 4 miejsca na pakiety pamięci.

Mikroprocesor zestawiano z mikroprocesorów INTEL 8086, układów dwóch szyn:

- szyny małej szybkości, z multipleksacją adresów i danych;
- szyny dużej szybkości, z równoległą prezentacją adresów i danych;

oraz z układów pomocniczych:

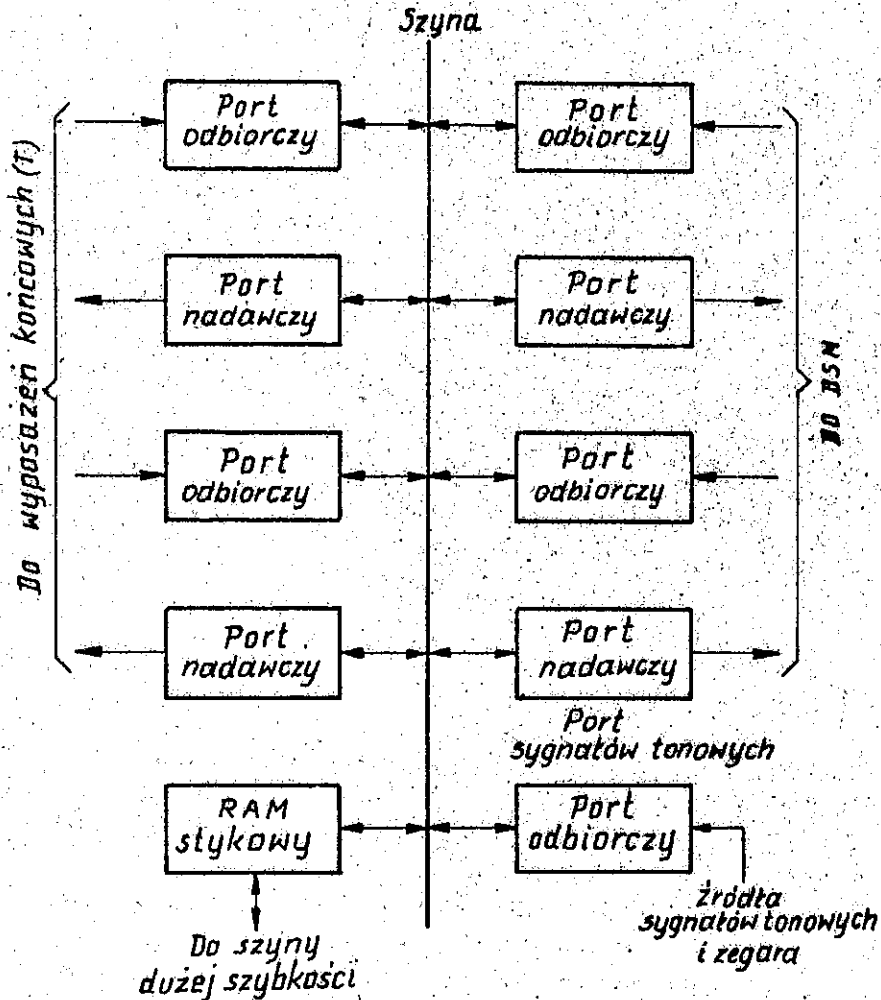
- ochrony zapisu,
- wykrywania uszkodzeń ("Watchdog", "Sanity timer"),
- pamięci ROM z programem ładującym i testowym,
- układów detekcji i korekcji błędów odczytu z pamięci.

Mikroprocesor mieści się na jednym pakiecie; mógł on współpracować z pamięcią o pojemności do 1 Mbajta. Obecnie stosowany jest mikroprocesor INTEL 80383 bez szyny małej szybkości. Możliwa jest rozbudowa pamięci do 4 Mbajtów.

Pamięć wyposażona jest w układy korekcji błędów pojedynczych i detekcji błędów podwójnych.

Trzecim komponentem elementu sterującego jest styk terminalowy, którego schemat blokowy przedstawiono na rys. 16. Styk terminalowy posiada dwie pary portów połączonych z układami

wyposażen końcowych i dwie pary połączone z polem komutacyjnym. Parę portów stanowi tu port odbiorczy i nadawczy. Jeden dodatkowy port pośredniczy we współpracy styku z mikroprocesorem oraz jego pamięcią i wreszcie jeden port pozwala na wprowadzanie sygnałów zegarowych i tonowych (oczywiście w cyfrowej postaci).



Rys. 16. Styk terminalowy

Porty stykowe mają wiele cech wspólnych z portami komutacyjnymi (pkt. 5.3.), jednak wyróżniają je dwie własności:

- rozkazy zestawienia drogi transmisyjnej ("rozmównej") przez styk pochodzą z portu procesora, a nie z pola komutacyjnego;
- w polu komutacyjnym tylko jeden kanał przychodzący może być połączony z jednym kanałem wychodzącym, tu to ograniczenie nie obowiązuje; każdy kanał przychodzący może być połączony z kanałami wychodzącymi w dowolnej, wymaganej liczbie (w ramach liczby kanałów styku).

Pozwala to kierować sygnały tonowe, i np. mowy, z jednego kanału przychodzącego do dowolnie wybranych czy wręcz wszystkich kanałowych wyposażzeń indywidualnych.

Port procesorowy stanowią bufony wiadomości przychodzących i wychodzących. Mogą one być odpowiednio wypróżniane lub ładowane przez mikroprocesor w celu przesłania ich do innych procesorów (w innych modułach, przez pole komutacyjne) oraz w celu sterowania portami styku. Bufory te tworzone są w układzie określonym na rysunku jako RAM stykowy.

Sterowanie portami styku następuje za pomocą rozkazów generowanych przez mikroprocesor ("programowo") umożliwiających:

- zestawianie i utrzymywanie połączeń w polu komutacyjnym;
- łączenie tych połączeń z kanałami "rozmównymi" (tj. z odpowiednimi indywidualnymi wyposażeniami kanałowymi);
- rozwidlanie przejść przez styk w celu utrzymywania połączeń w obu kierunkach;
- przyłączanie indywidualnych wyposażen do zestawionego połączenia w polu komutacyjnym;
- dystrybucję sygnałów tonowych.

Styk terminalowy, zmontowany ze specjalnych układów LSI portów odbiorczych i nadawczych (2 typy) oraz układów pomocniczych, handlowych; mieści się na jednym pakiecie.

### 5.2.2. Terminale (układy wyposażenia końcowych)

Wykaz ważniejszych terminali zestawiono w tablicy 1, informującej o zastosowaniu poszczególnych typów terminali w różnych rodzajach central.

Wykaz specjalnych obwodów scalonych LSI stosowanych w terminalach podaje tablica 2. (Uwaga: wykaz ten może być niepełny).

Poniżej opiszemy nieco bliżej niektóre typy terminali.

#### Terminal abonentów analogowych - Tas (rys. 17)

Tas zawiera, w starszym wykonaniu, wyposażenia 60 analogowych linii abonenckich tworzące dwie grupy po 30 wyposażzeń styku liniowego kodeków i filtrów oraz po jednym układzie dzwonienia i multiplekserze. Warto zwrócić uwagę na umieszczenie kodeków przed multiplekserem (konwersja analogowo-cyfrowa "na bazie łącza").

Moduły Tas zestawiano z trzech typów pakietów tak, że Tas ma:

- 1) 10 pakietów po 6 wyposażzeń liniowych na pakiet;
- 2) 1 pakiet z dwoma układami dzwonienia;
- 3) 1 pakiet układu dostępu do testowania na 8 modułów.

Moduły Tas CE zestawiane są w stojaku zawierającym 8 modułów (dla 480 linii).

W nowym wykonaniu moduły abonentów analogowych zawierają po 64 wyposażenia styku liniowego. Moduły łączone są w pary "na krzyż" (ang. cross-over) tak, że każdy zestaw 64 wyposażzeń liniowych może być sterowany przez oba elementy sterujące (TCE) pary. Jeśli jeden z elementów sterujących ulegnie uszkodzeniu, to sterowanie przejmuje drugi. Liczba wyposażzeń liniowych montowanych na pakiecie wzrosła do 8.

#### Terminal abonentów cyfrowych - Tds

Tds zawiera wyposażenie dla 30 lub 60 linii abonenckich zakończonych aparatami cyfrowymi. Typowy aparat cyfrowy

Tablica 1

## Wybrane moduły wyposażenia końcowego (terminale)

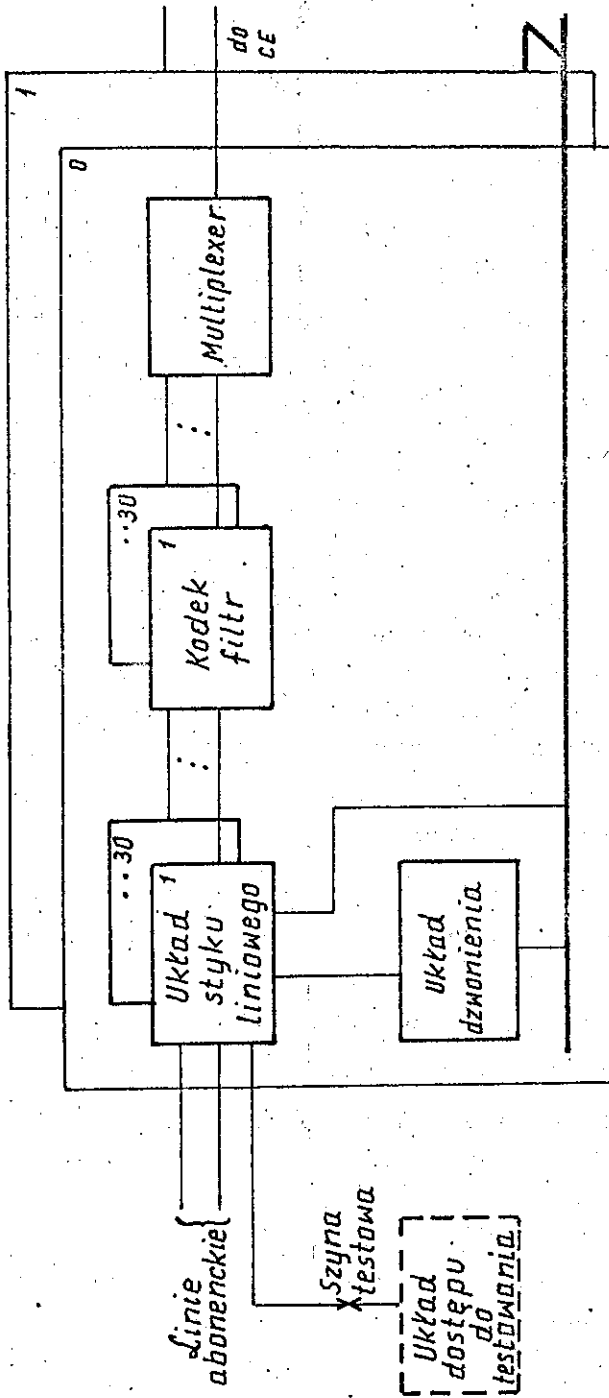
Lp.	Moduł	Zastosowanie				
		RSU	LSE	LIE	TIE	IIE
1	abonentów analogowych	+	+	+	-	-
2	abonentów cyfrowych	-	+	+	-	-
3	wiązek analogowych	-	+	+	+	+
4	wiązek cyfrowych	-	+	+	+	+
5	styku z RSU	-	+	+	-	-
6	styku centralowego	-	+	+	-	-
7	łączy służb, sygnałów, zegara i tonowych	-	+	+	-	-
8	sygnalizacji wieloczęstotliwościowej	-	+	+	+	+
9	zegarowa i sygnałów tonowych	-	+	+	+	+
10	kombinowany: nad. i odb. sygnalizacji wieloczęstotliwościowej zegara i sygnałów tonowych	-	+	+	-	-
11	komputerowych urządzeń peryferyjnych	-	-	+	+	+
12	stanowisk telefonistek	-	-	+	+	+
13	łączy ręcznych	-	-	+	+	+
14	zapowiedzi słownych	-	+	+	+	+
15	powielania zapowiedzi słownych	-	+	+	+	+
16	badania łączy międzycentralowych	-	-	-	+	+
17	badań ręcznych	-	-	-	+	+
18	sygnalizacji nr 7	-	-	+	+	+
19	połączeń konferencyjnych	-	+	+	+	+
20	RSU (wyniesione)	+	-	-	-	-
21	abonentów ISDN [5]	-	+	+	-	-
22	komutacji pakietów	-	+	+	+	+
23	ACE	-	+	+	+	+

LSE - centrala lokalna podporządkowana; LIE - centrala lokalna (nadrzędna niezależna); TIE - centrala tranzytowa, międzymiastowa; IIE - centrala tranzytowa, międzynarodowa; RSU - zdalna jednostka abonencka.

Tablica 2

Układy LSI w centralach systemu I2

Ro- dzaj	Lp.	Nazwa układu (w nawiasie - angielska)	Liczba tranzystorów (tys.)	bitów RAM	Zegar (max. MHz)	Techno- logia	Cyfrowe D Liniowe L	Szacunkowa liczba układów na 1000 linii ab. analogo- wych lub 500 łączy międzycentralowych
Specjalne	1.	Port komutacyjny (Switch port)	11,5	1152 stat.	8	n-MOS	D	135
	2.	Port stykowy, nadawczy (Terminal Interface transmit port)	9	672 stat.	8	n-MOS	D	88
	3.	Port stykowy, odbiorczy (Terminal Interface receive port)	8	554 stat.	8	n-MOS	D	110
	4.	Wspólnych funkcji liniowych (Line common function)	9	1000 stat.		n-MOS	L/D	170
	5.	Styku transmisyjnego (Transmission interface)					L	1000
	6.	Zasilania linii i nadzoru (Line feed and supervision)					L	1000
	7.	Wysokonapięciowy układ styku liniowego (High voltage interface)					L	1000
	8.	Styku sterowania wyposażenia końcowych (Terminal control interface)	1,5			n-MOS	L	(w modułach analogowych łączy międzycentralowych)
Typowe	9.	Kodek PCM - 64 Kbit/s					L/D	1000
	10.	RAM dynamiczny 64 Kbit.		64 K dynam.			D	1400
	11.	Mikroprocesor INTEL 8086 i wybrane układy peryferyjne					D	22 zestawy



Rys. 17. Terminal abonentów analogowych - Ias

Uwaga: w nowych wykonaniach usunięto szynę systemową małej szybkości.

współpracuje z trzema cyfrowymi zmultipleksowanymi kanałami do transmisji sygnałów:

- mowy (64 kbit/s),
- danych (8 kbit/s),
- sygnalizacji (8 kbit/s).

Układy styku liniowego rozdzielają te kanały, kierując informacje sygnalizacyjne do szyny wewnętrznej Tds CE, a kanały rozmowy oraz danych - na układ styku terminalowego i dalej do pola komutacyjnego.

#### Terminal wiązek analogowych - Tat

Schemat Tat jest podobny do schematu Tas z tym, że nie zawiera układu dzwonienia. Liczbę wyposażenia liniowych, z racji ich złożoności, ograniczono do 30 na 10 pakietach. Nie udało się uniknąć indywidualizacji wykonania Tat dla różnych typów analogowych systemów teletransmisyjnych.

Typowymi funkcjami wykonywanymi przez wszystkie wersje Tat są:

- konwersje analogowo-cyfrowe,
- filtracja kanałowa,
- rozgałęzienia 1-2 torowe (dla systemów jednotorowych - przejście przez pole jest zawsze dwutorowe),
- programowe przełączanie tłumików,
- zapętlenie (łączy 2 torowych) do celów testowania,
- dostęp do układu testowania (tego samego co dla Tas, a więc tylko dla systemów jednotorowych).

#### Terminal wiązek cyfrowych - Tdt

Terminale Tdt wykonywane są w dwóch podtypach, dla systemu PCM-32 z pewnymi mutacjami zależnymi od wymagań lokalnych.



Układ Tdt zawiera układy:

1) styku liniowego, złożony z:

- kodera i dekodera kodu HDB-3,
- regeneratora zegara zewnętrznego,
- układów alarmowych,
- układów zapętlenia w kierunku pola komutacyjnego (do testowania),
- wyposażenia do zdalnej realizacji funkcji utrzymaniowych;

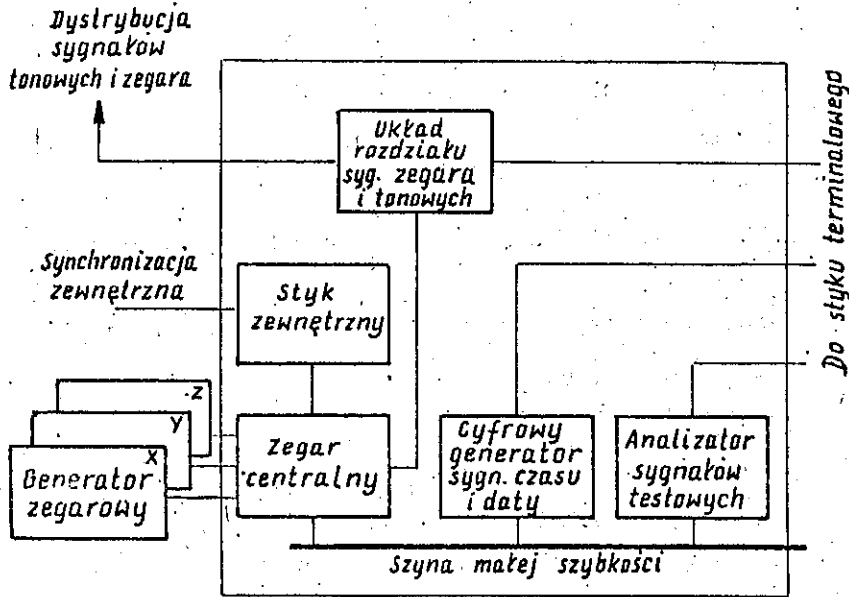
2) styku cyfrowego, posiadającego:

- układ regeneracji zegara,
- układ przełączania traktów (w przypadku awarii),
- układ łączenia kanału 0 (synchronizacja) i 16 (sygnalizacja) z polem komutacyjnym (przez styk terminalowy).

W niektórych mutacjach montuje się także cyfrowe tłumiki echa, detektory sygnalizacji wewnątrzkanalowej itp. Każdy z powyżej opisanych układów montowany jest na jednym pakiecie, tak, że cały terminal wiązek cyfrowych mieści się na dwóch pakietach. W przeliczeniu na jedno łącze daje to pięciokrotne zmniejszenie liczby pakietów wyposażenia wiązek cyfrowych w stosunku do wiązek analogowych.

#### Terminal zegara i sygnałów tonowych - Tct (rys. 18)

Funkcje Tct są oczywiste. Moduł jest duplikowany w celach niezawodnościowych i sygnały z nich są rozprowadzane także zdwojonymi szynami. Wybór zegara następuje w każdym module za pomocą istniejącego w nim układu przełączającego. Szyna rozprowadzająca sygnały tonowe ma postać traktu 32-kanałowego (jak styk TCE - DSN). 28 kanałów rozprowadza różne sygnały tonowe i zapowiedzi słowne, a dwa służą rozprowadzaniu sygnałów czasu i daty.



Rys. 18. Terminal zegara i sygnałów tonowych - Tct (starsze wykonanie)

#### Terminal komputerowych urządzeń peryferyjnych - Tcp (rys. 19)

Terminal Tcp, wraz z CE zawierającym odpowiednie oprogramowanie, tworzy moduł komputerowych urządzeń peryferyjnych zapewniający styki oraz przetwarzanie związane z wykorzystywaniem pamięci masowych i urządzeń komunikacji z operatorem.

Pamięci masowe wykorzystuje się do przechowywania:

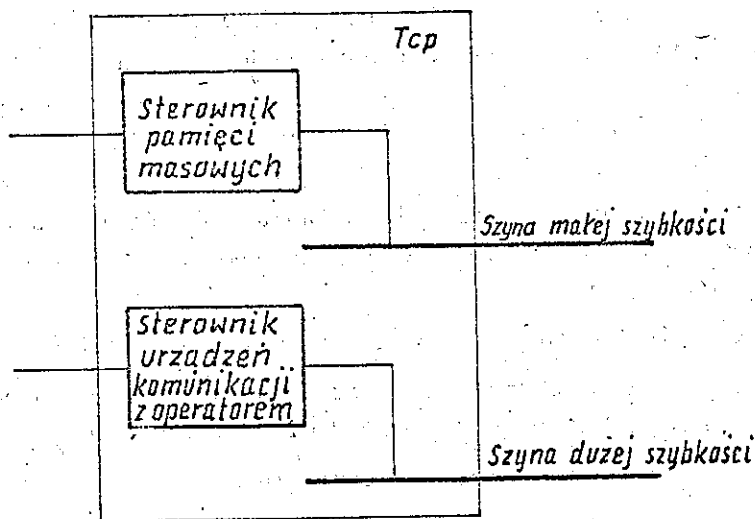
- programów on-line i danych,
- programów off-line i programów inicjujących,
- zapisów opłat,
- danych utrzymaniowych i statystycznych.

Stosuje się następujące typy urządzeń peryferyjnych:

- dyski (Winchester 5300, pojemność 14 Mbajtów (nieformatowanych), średni czas dostępu 55 ms, transfer z szybkością 1 Mbajt/s);

- przewijaki taśmy;
- drukarki małej szybkości;
- monitory ekranowe;
- pulpit alarmowy (wykrywanie i sygnalizacja 32 alarmów).

Sterownik pamięci masowej montowany jest na pojedynczym pakiecie.



Rys. 19. Terminal komputerowych urządzeń peryferyjnych -  
- Tcp (w uproszczeniu)

Układy styku urządzeń komunikacji z operatorem montuje się po dwa na pakiecie. W skład Tcp wchodzi do trzech takich pakietów (do 6 styków):

Pakiety układów alarmowych montuje się w stojakach (dwa pakiety wzajemnie rezerwowe na stojak). Alarmy są zbiorczo przetwarzane w module urządzeń peryferyjnych. W centrali montuje się co najmniej dwa moduły (ze względów niezawodnościowych).

### 5.3. Pole komutacyjne

#### 5.3.1. Wymagania

Pole komutacyjne centrali systemu 12 służy nie tylko do łączenia dróg "rozmównych", ale także do tworzenia połączeń wewnętrznych między modułami centrali i zawartymi w nich jednostkami funkcjonalnymi (FMM). Wymagania na te połączenia wpływają w istotny sposób na całość wymagań na pole komutacyjne, podkreślając szczególnie konieczność zapewnienia dużej szybkości zestawiania połączeń i małego prawdopodobieństwa wystąpienia blokady.

Poniżej sformułowano ogólne wymagania na pole komutacyjne systemu 12.

1. Możliwość rozbudowy bez naruszania istniejącej struktury w bardzo szerokim zakresie zmian pojemności i natężenia ruchu, małymi krokami.
2. Spójność rozbudowy sterowania polem i samego pola.
3. Zapewnienie wysokiej efektywności wykorzystania elementów pola przy małym prawdopodobieństwie blokady.
4. Zapewnienie małego czasu zestawiania połączeń w polu.
5. Minimalizacja wpływu uszkodzeń elementów pola na jego własności.
6. Zapewnienie dużych możliwości diagnostycznych.
7. Komutacja dwutorowa, kodowo przezroczystych kanałów użytkowych 64 kbit/s.

Na tle tych wymagań prześledzimy główne decyzje o przyjętych rozwiązaniach. Przy rozpatrywaniu tych decyzji warto jeszcze raz uświadomić sobie, że pole komutacyjne (DSN) rozumiane jest w systemie 12 jako autonomiczny zespół, zapewniający komunikację między rozproszonymi wokół niego modułami TCE i ACE. W modułach tych rozproszona jest inteligencja centrali, a integracja tej inteligencji do wykonania funkcji na rzecz otoczenia centrali jest możliwa tylko za pomocą połączeń tworzonych

w polu. Żadnej innej drogi wymiany informacji między modułami nie ma.

### 5.3.2. Decyzje projektowe

Wymaganie (1) spełniono, projektując pole składające się z jednego typu, małych elementów komutacyjnych. Wymaganie (2) spełniono, integrując w elemencie komutacyjnym funkcje łączenia i sterowania (rozproszenie sterowania - brak centralnego sterowania, pamięci "mapy połączeń"). Tym samym usunięto "wąskie gardło" niezawodnościowe i ruchowe (5). W konsekwencji powyższych decyzji, z racji wymagania (1) przyjęto zasadę wykorzystywania zestawionego odcinka drogi połączeniowej do sygnalizacji między modułami terminalowymi i między elementami komutacyjnymi uczestniczącymi w zestawianiu drogi. Pozwala to na autonomiczne, dynamiczne wyszukiwanie dowolnej wolnej drogi w każdym kolejnym kroku procesu łączenia, ułatwiając spełnienie wymagań (3) i (5).

Prawdopodobieństwo blokady (3) uczyniono praktycznie zerowym przez ponawianie prób zestawienia połączenia w przypadku natrafienia na blokadę.

W związku z decyzją o sygnalizacji "wewnątrzkanałowej" w polu komutacyjnym, wymaganie (7) zrealizowano, zwiększając liczbę bitów słowa do 16 (por. pkt. 3.2 - styk modułu z polem). Uzyskano w ten sposób możliwość sygnalizacji równoległej z transmisją "kodowo przezroczystą" sygnałów "rozmównych". Zwiększono efektywność wykorzystania elementów pola (3), wyposażając każdy element komutacyjny, a więc każdy stopień pola, w możliwość zakończenia zagłębiania się w pole, gdy osiągnięty jest stopień, z którego osiągalny jest moduł, z którym połączenie ma być zrealizowane (tzw. możliwość "odbicia", ang. reflection). Redukuje to także czas zestawiania połączeń (4); dalszą redukcję czasu zestawiania zapewnia szybka sygnalizacja (rozkaz mieści się w słowie, jedno słowo wystarcza na jeden krok zaawansowania procesu).

Wobec autonomiczności i dynamizmu procesu wyszukiwania drogi w każdym kroku, uzyskano małe prawdopodobieństwo blokady w pierwszej próbie (poniżej  $10^{-3}$ ). Zrezygnowano więc z potwierdzeń pokrokowego awansowania połączenia, w polu na rzecz potwierdzeń całej drogi ("od końca do końca" - od modułu A do modułu B), dzięki temu mała frakcja zestawień wymagających ponowień trwa dłużej, lecz ogromna większość połączeń jest zestawiana szybciej (4).

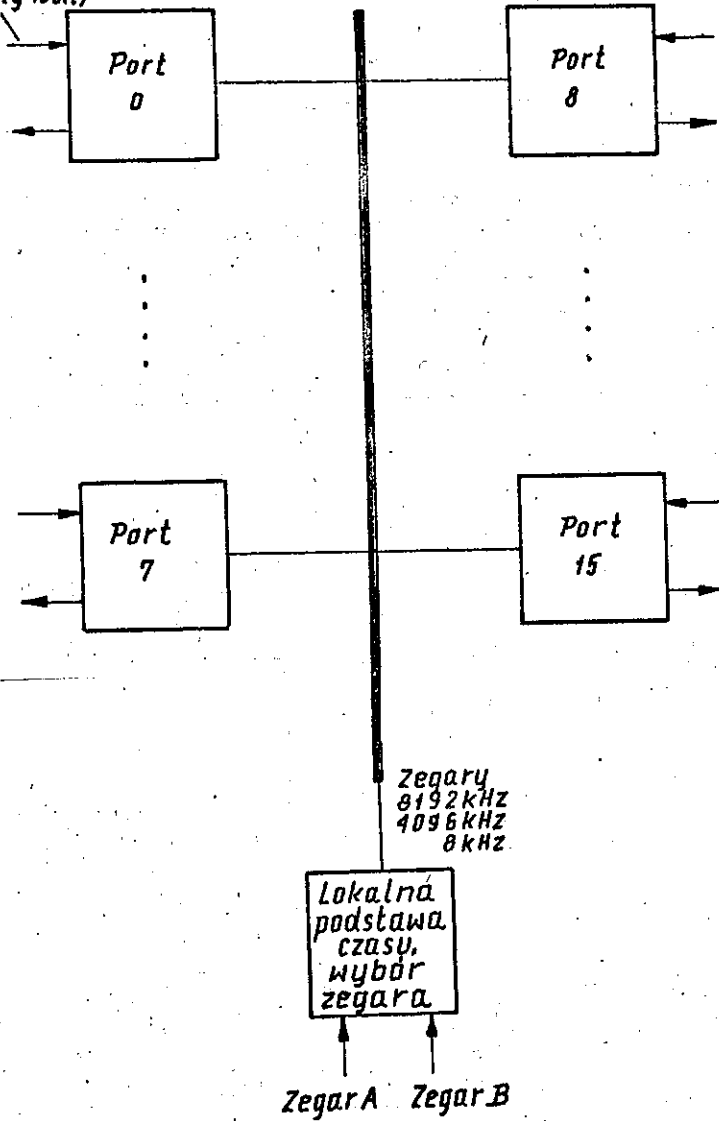
Wobec sygnalizacji "wewnątrzkanałowej" zrezygnowano z odrębnych procedur kontroli ciągłości zestawianych połączeń, w tym przypadku bezprzedmiotowych, upraszczając procedury, a więc redukując czas zestawiania połączeń i efektywność wykorzystania elementów pola (3). Asynchroniczna współpraca elementów komutacyjnych stanowi kolejny czynnik realizacji wymagania (1), mający istotne konsekwencje dla swobody w czysto konstrukcyjnym rozwiązaniu pola, usuwa bowiem konieczność równoważenia różnorodności w czasach propagacji sygnałów w przewodach montażowych.

### 5.3.3. Element komutacyjny

Element komutacyjny, montowany na jednym pakiecie, stanowi połączenie wspólne szyną komunikacyjną (równoległą, 39 przewodową) szesnastu portów komutacyjnych i układu zegarowego. Strukturę elementu przedstawiono na rys. 20. Jak widać, nie ma tu jeszcze wspólnego mechanizmu sterującego, występuje on dopiero w porcie komutacyjnym.

Porty korzystają z szyny podzielonej na cztery grupy funkcyjne, w podziale czasu. Każdy port wykorzystuje szynę 32 razy na ramkę, co daje cykl szyny 125  $\mu$ s (32 x 16, czyli 244 ns). Wszystkie porty wykorzystują szynę w cyklu wielokrotnym z przesunięciem w poszczególnych grupach, jak to pokazano na rys. 21.

ciąg bitów 4096 kbit/s  
(32 kanały 16bit)



Rys. 20. Element komutacyjny

		Portów i kanałów	Danych	Wyboru Portu nadajacego	Zwrotna
Cykl jednego kanału (słowo)	Bit				
	0	$P_0$			
	1	$P_1$	$P_0$		
	2	$P_2$	$P_1$	$P_0$	
	3	$P_3$	$P_2$	$P_1$	$P_0$
	4			$P_2$	$P_1$
	5				$P_2$
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
15	$P_{15}$	$P_{14}$	$P_{13}$	$P_{12}$	
		$P_{15}$	$P_{14}$	$P_{13}$	
			$P_{15}$	$P_{14}$	
				$P_{15}$	

Rys. 21. Cykle działania szyn portu



#### 5.3.4. Port komutacyjny

Port komutacyjny (SP - switch port) jest głównym elementem DSN wykonującym funkcje:

- cechowania,
- wyboru drogi,
- testowania, diagnostyki i izolowania uszkodzeń.

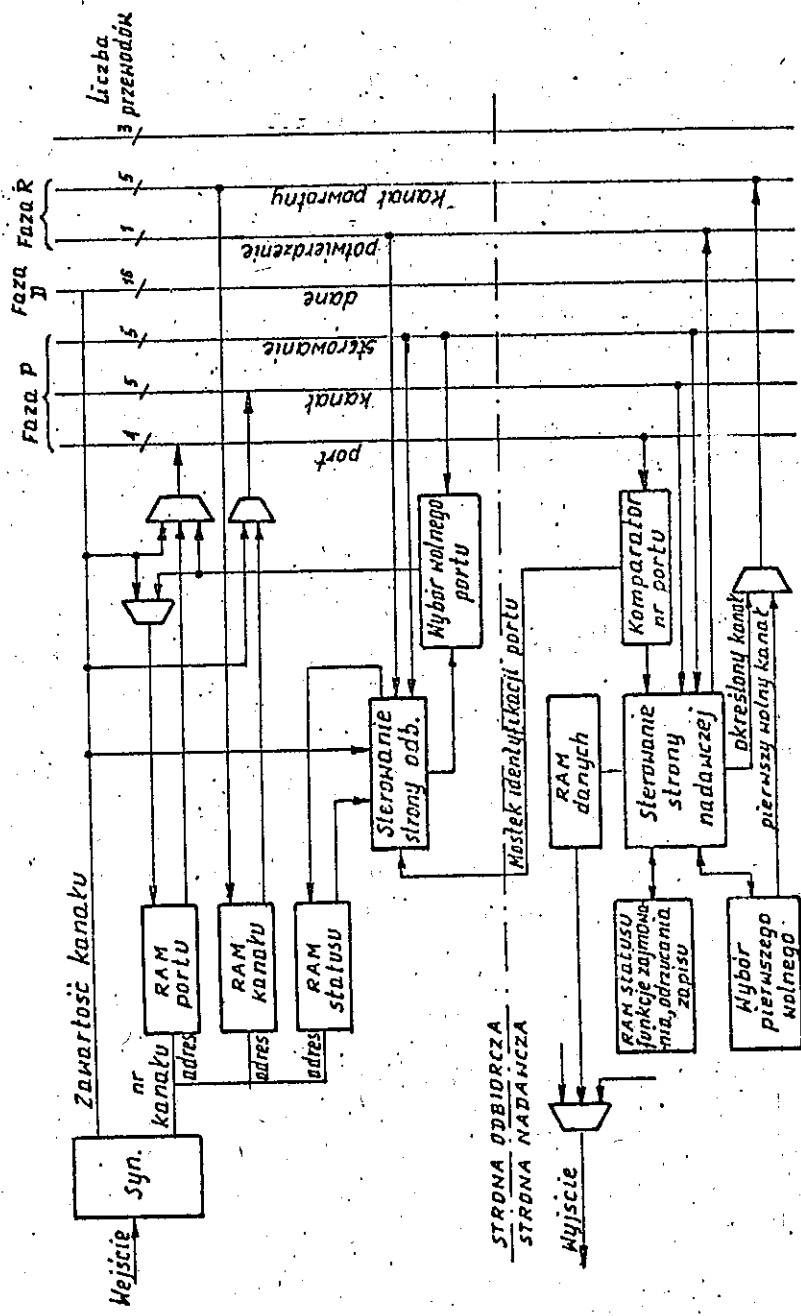
Funkcje przeszukiwania i sygnalizacji wykonywane są w modułach wyposażenia liniowych (w ramach układu wspólnych funkcji liniowych, we współpracy z procesorem i stykiem terminalem).

Port komutacyjny został wykonany w postaci specjalnego układu LSI o schemacie blokowym przedstawionym na rys. 22. Każdy port obsługuje 32 kanały dwupłaskowe (4,096 Mbit/s). Kanały 0 oraz 16 są wykorzystane do funkcji specjalnych (kanał 0 dla stałych połączeń utrzymaniowych, tzw. "tunelu"). Każdy kanał operuje słowami 16-bitowymi przenoszącymi sygnały rozmówne (próbki), dane lub rozkazy adresowane do portów. Do bezpośredniej obsługi ruchu przeznaczonych jest więc 30 kanałów. Formaty słów podano na rys. 23.

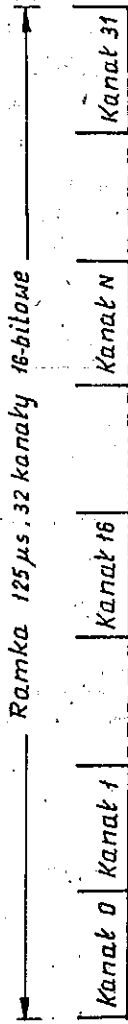
Rozkazy SELECT służą do zestawiania drogi, a rozkazy IDLE do rozłączania w sposób opisany dalej. Rozkazy SPATA (speech/data) ESCAPE i jego podzbiór INTERROGATE są wykorzystywane w zestawianych drogach do komunikacji między terminalami i utrzymywania drogi w stanie aktywnym.

#### 5.3.5. Struktura pola komutacyjnego

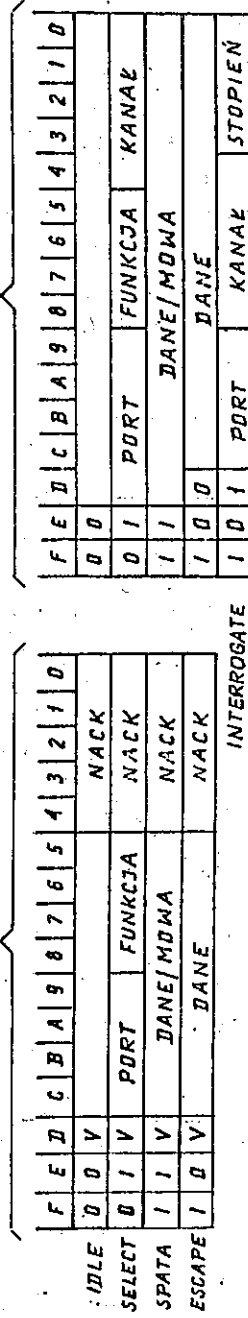
Podstawową strukturę pola przedstawiono na rys. 24, a płaszczyzny stopni 2-4 pokazano na rys. 25. Łączniki dostępu wykonują funkcję koncentracji z 12 końcowych portów pola na 1 do 4 płaszczyzn stopni grupowych (zależnie od wymagań ruchowych). Elementy komutacyjne stopni 2 i 3 stanowią łączniki o 8 portach wejściowych i 8 portach wyjściowych (z możliwością "odbicia"). Elementy komutacyjne stopnia 4 są jednostronnymi łącznikami o 16 portach. Stopień ten jest więc zawsze stopniem refleksyjnym.



Rys. 22. Schemat blokowy portu komutacyjnego

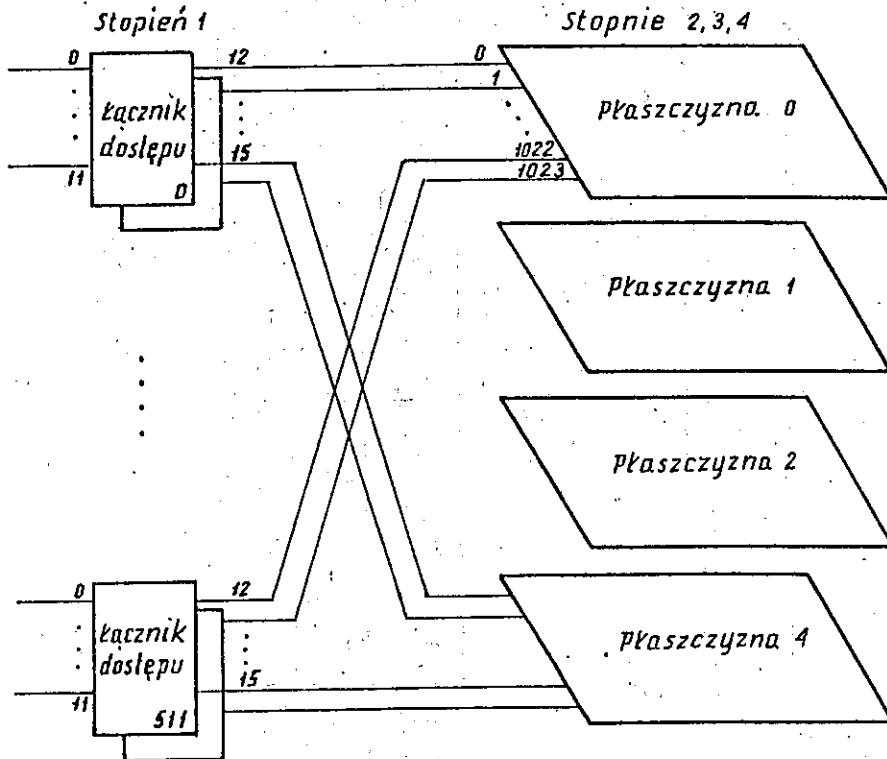


Synchronizacja i utrzymywanie



Rys. 23. Formaty słów rozkazów

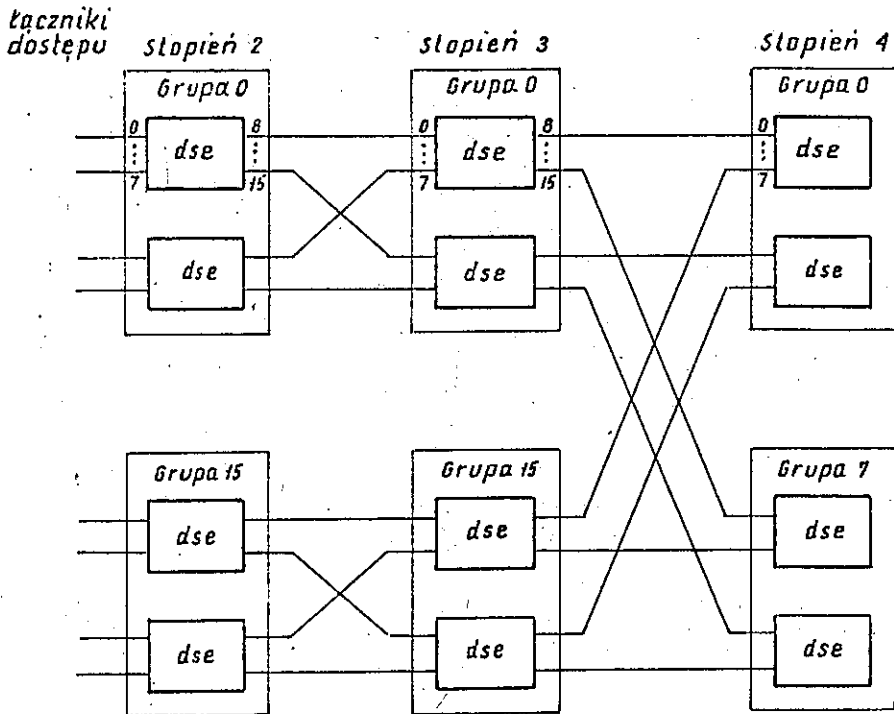
Rozbudowa pola może się rozpocząć od pola złożonego tylko z pary łączników dostępu. Wyjścia pozostają wolne dla rozbudowy, są one automatycznie cechowane jako niedostępne i taki stopień działa jako refleksyjny. Następnym krokiem rozbudowy jest wtedy dodanie drugiej pary łączników dostępu i jednego elementu komutacyjnego stopnia drugiego na każdej płaszczyźnie (np. jednej). W kroku tym uzyskuje się możliwość rozbudowy do czterech par łączników dostępu, czyli 48 par portów wejściowych. Elementy stopnia drugiego znowu działają jako refleksyjne.



Rys. 24. Podstawowa struktura pola komutacyjnego

Kolejny krok polega na dodaniu jednego elementu stopnia drugiego i czterech elementów stopnia trzeciego. Konfiguracja ta może być rozbudowywana przez dodawanie elementów

aż do skompletowania grupy z 8 elementami stopnia drugiego i 8 elementami stopnia trzeciego. Dalsza rozbudowa ponad liczbę zakończeń uzyskaną przy jednej grupie polega na dodaniu następnej grupy i elementów stopnia czwartego, łączących te grupy.



Rys. 25. Struktura płaszczyzny pola komutacyjnego dse -  
- element komutacyjny

Pełne wyposażenie składa się z czterech płaszczyzn, każda z 320 elementami komutacyjnymi. Pierwszy stopień może składać się z 512 par łączników dostępu. Tak więc maksymalna kompletacja zawiera 2304 elementów komutacyjnych z 6144 parami portów wejściowych do łączenia z modułami TCE lub ACE, co umożliwia obsługę ponad 100000 linii abonenckich lub 60000 linii międzycentralowych.

Warto zauważyć, że pole takie ma znaczne rozmiary - wymaga 13 stojaków (w praktyce pole jest rozproszone po stojakach zawierających moduły). Wymiary te nie mogą być jednak porównywane z wymiarami klasycznych pól przestrzenno-czasowych, będących tylko elementami łączącymi. Tu pole komutacyjne zawiera także komponenty sterujące, rozproszone w portach, a pozwalające na autonomiczne zestawianie połączeń na rozkaz z modułów wyposażzeń końcowych. Dla modułów tych ważny jest tylko efekt końcowy procesu łączeniowego; są one odciążone od sterowania realizacją procesu i nie posiadają "wiedzy" o stanie pola (wiedza ta jest rozproszona w pamięciach portów). Pole komutacyjne w systemie 12 można więc uważać za autonomiczną centralę wewnętrzną, której "abonentami wirtualnymi" są procesy obsługowe realizowane w modułach.

#### 5.3.6. Zestawianie drogi w polu

Zestawianie drogi odbywa się za pomocą siedmiu rozkazów generowanych przez elementy sterujące modułów TCE i ACE. Każdy rozkaz powoduje wykonanie operacji komutacyjnej w pojedynczym elemencie komutacyjnym, ustanawiając drogę służącą do przekazania następnego rozkazu do kolejnego elementu. Zestawienie drogi jednotorowej od modułu inicjującego (A) do modułu przeznaczenia (B) inicjuje zestawienie drogi jednotorowej o kierunku przeciwnym (B - A), co kończy proces zestawiania drogi.

Zestawianie drogi odbywa się przez wyszukiwanie dowolnej drogi do punktu "odbicia" i ukierunkowanego wyboru drogi do modułu przeznaczenia. Ponieważ położenie (zagłębienie w polu) punktu "odbicia" zależy od relacji między numerami wyposażeniowymi modułów w topologii pola, generację rozkazów poprzedza analiza tych numerów. W przypadku możliwości zestawiania połączenia przy niepełnym zagłębieniu (przy "odbiciu" w pierwszym, drugim lub trzecim stopniu) liczba rozkazów jest odpowiednio zredukowana. Ma to oczywiście miejsce także przy niepełnym wyposażeniu pola.

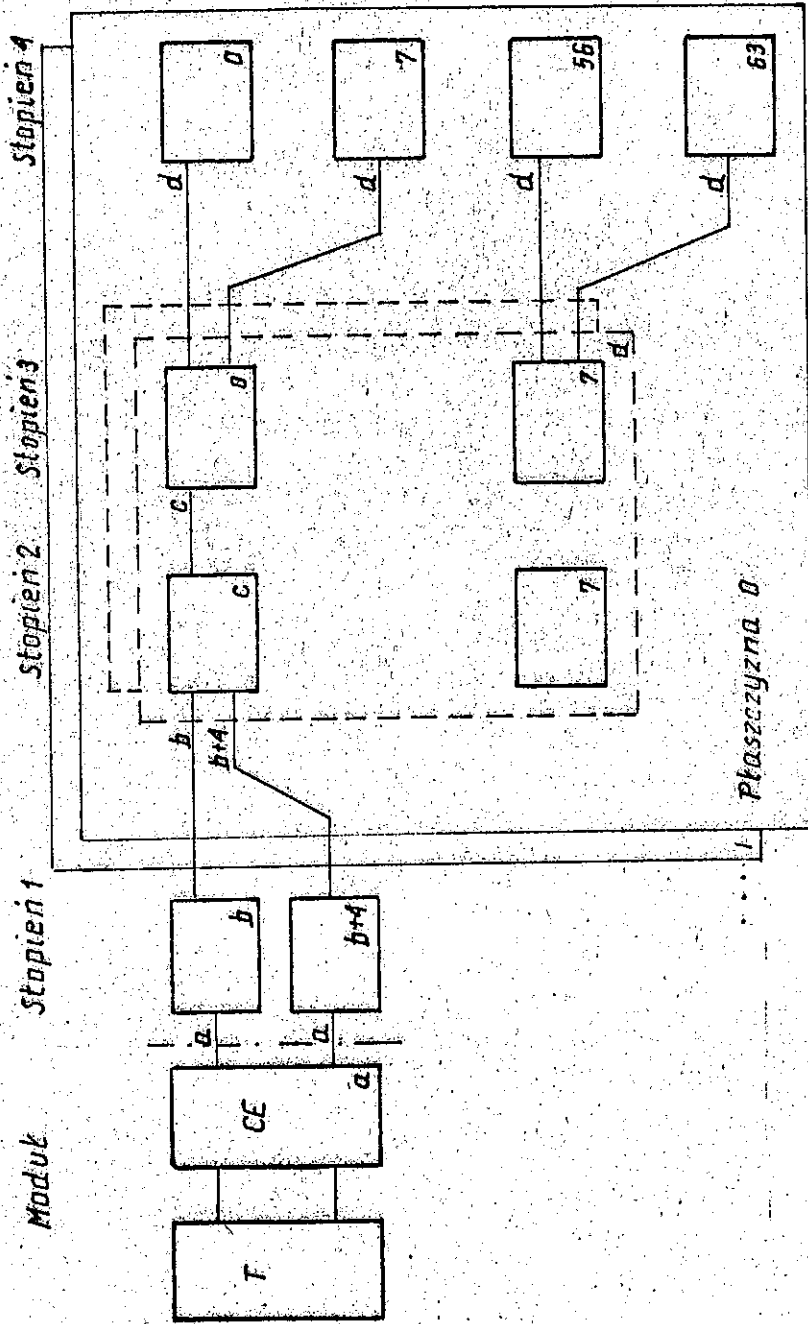
Każdy styk modułu z polem posiada numer czterocyfrowy "abcd", w którym:

- a - (1...12) jest numerem przypisanym modułowi i parze portów łącznika dostępu; łączniki dostępu tworzą stopień 1;
- b - (1...4) jest numerem przypisanym łącznikowi dostępu i portowi grupy stopnia drugiego każdej płaszczyzny; numery b+4 przypisane są drugiemu łącznikowi pary;
- c - (1...8) jest numerem przypisanym grupie stopnia drugiego i portowi grupy stopnia trzeciego;
- d - (1...16) jest numerem przypisanym grupie stopnia drugiego i trzeciego oraz portom grupy stopnia czwartego (w pełnej kompletacji każdy z 64 łączników stopnia czwartego, w każdej płaszczyźnie, przypada na jedno połączenie z jednym łącznikiem stopnia trzeciego; w każdej z 16 grup tegoż stopnia).

Zasadę tę ilustruje rys. 26.

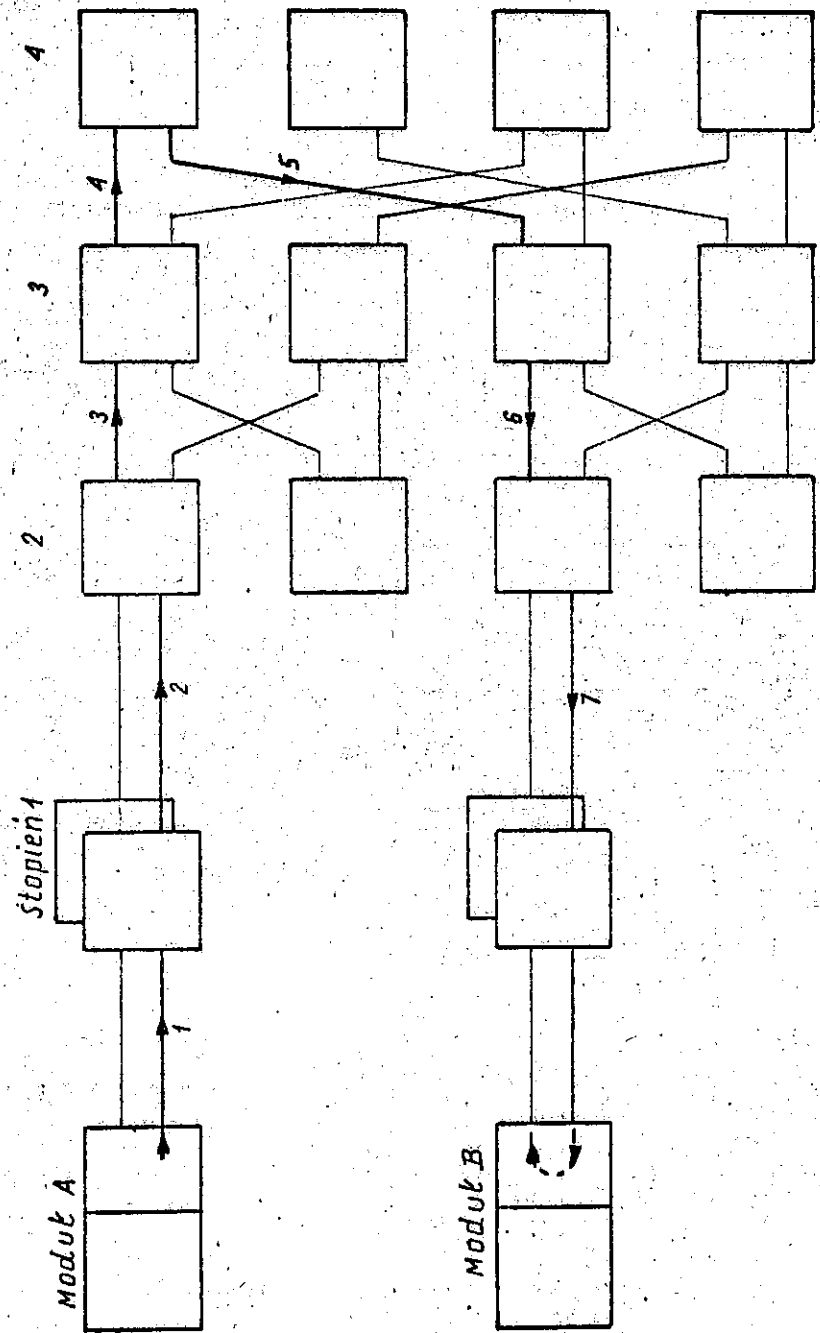
Rozkazy "select" (rys. 23) pełnej sekwencji wybierczej mają następujące funkcje (patrz rys. 27):

- 1) wybierz dowolną płaszczyznę, dowolny kanał - rozkaz ten steruje łącznikiem dostępu przyłączonym do modułu, z którym łącznik ten jest połączony;
- 2) wybierz dowolny port, dowolny kanał - rozkaz ten steruje pewnym, wybranym rozkazem 1, portem elementu stopnia 2;
- 3) wybierz dowolny port, dowolny kanał - rozkaz ten steruje pewnym, wybranym rozkazem 2, portem elementu stopnia 3;
- 4) wybierz port d, dowolny kanał - rozkaz ten steruje wybranym rozkazem 3 portem elementu stopnia 4, żądając połączenia z grupą d;
- 5) wybierz port c, dowolny kanał - rozkaz ten steruje pewnym portem z grupy d, żądając połączenia z portem c;
- 6) wybierz łącznik dostępu b oraz b+4, dowolny kanał - rozkaz ten steruje portem c, żądając połączenia z parą łączników b, b+4;



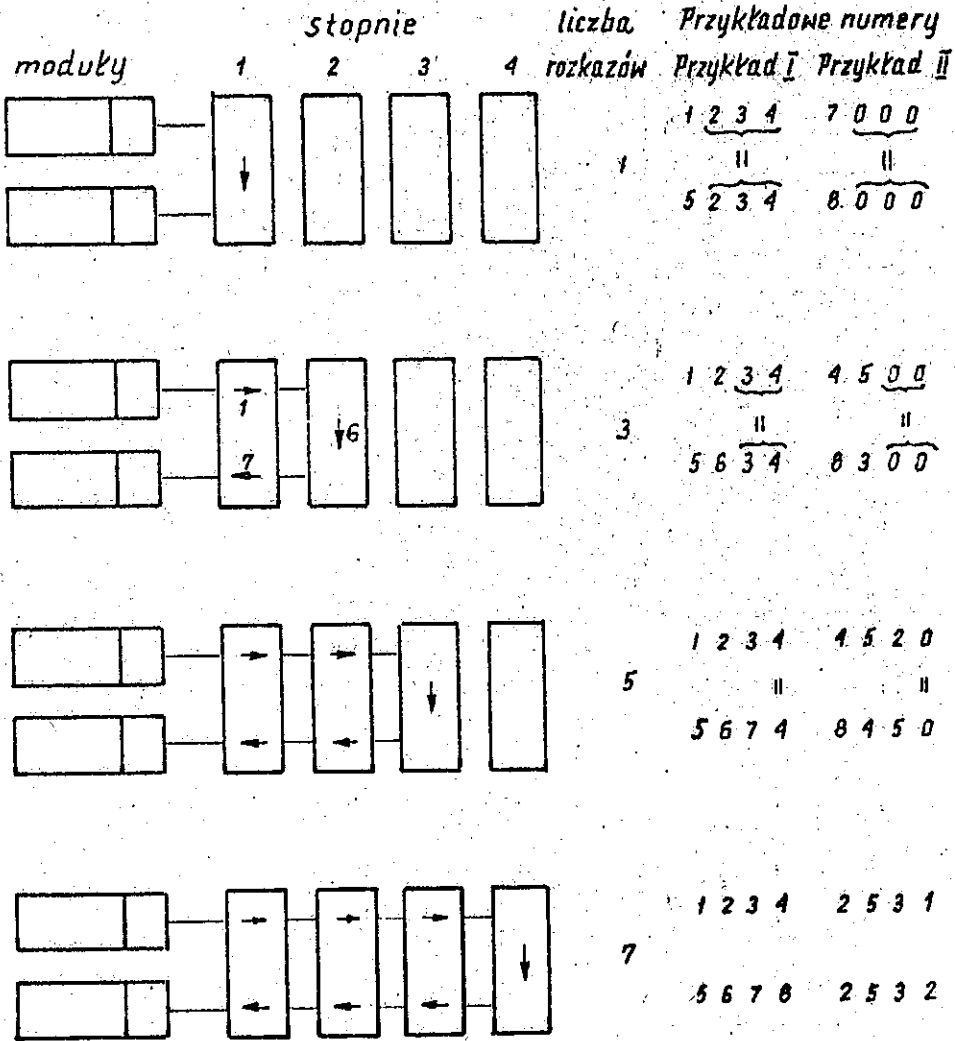
Rys. 26. Interpretacja cyfr "a b c d" numeru wyposażeniowego modułu





Rys. 27. Zestawianie drogi

7) wybierz port a, dowolny kanał - rozkaz ten oznacza żądanie połączenia w łączniku dostępu b, b+4 z modułem a przyłączonym do łącznika b, b+4.



Rys. 28. Interpretacja numerów i zagłębienie w polu komutacyjnym

Po zestawieniu drogi od A do B moduł B inicjuje zestawianie drogi do A realizowanej w sposób analogiczny.

Pełna sekwencja wybiercza jest konieczna, gdy cyfry obu łączonych numerów są różne na kolejnych ostatnich pozycjach. Jeśli np.  $A = 6231$ ,  $B = 1331$ , to  $d_A = d_B$  i dotarcie do stopnia czwartego jest zbędne,  $c_A = c_B$  więc i dotarcie do stopnia trzeciego jest zbędne. Moduł A wygeneruje więc tylko rozkazy 1, 6 i 7. "Odbicie" nastąpi w stopniu drugim, do rozkazów wejdą tylko cyfry  $b_B$ ,  $a_B$  (droga A - B) oraz  $b_A$ ,  $a_A$  (droga B - A).

Łatwiej prześledzić problem zagłębiania się procesu łączeniowego na rys. 28, ilustrującym wszystkie możliwe przypadki. Numery wg przykładu II (z zerami na ostatnich pozycjach) mogą wynikać np. z częściowego wyposażenia pola. Kojarzenie kanałów następuje w modułach, w układzie stykowym CE.

### 5.3.7. Rozłączanie drogi

Raz zestawiona droga jest otwarta dla wszystkich aktywnych słów docierających do portu odbiorczego. Rozłączenie nastąpić może na dwa sposoby:

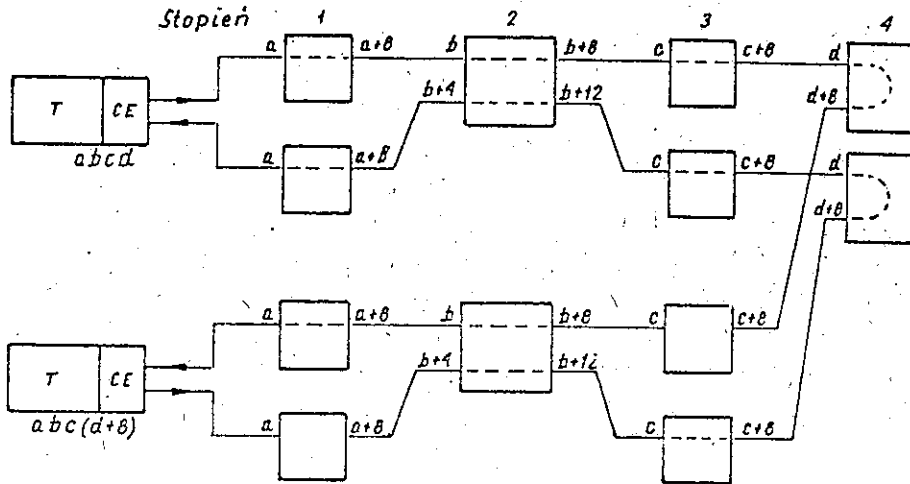
- 1) przez ciągłą transmisję słów IDLE (rys. 23) w kierunku A - B - po wykryciu dwóch kolejnych słów IDLE każdy port rozłącza drogę i cechuje kanał sekwencją IDLE;
- 2) w kierunku przeciwnym (B - A) rozłączenie następuje przy częściowym zestawieniu drogi i natrafieniu na blokadę - rozłączenie to realizowane jest w kanale 16 portu, zawierającego kanał mający być rozłączonym, przez nadawanie rozkazów NACK zawierających numer kanału.

### 5.3.8. Funkcje utrzymaniowe

#### Tunel

Każdy kanał 0 portu X w elemencie komutacyjnym jest trwale połączony z kanałem 0 portu X+8 tegoż elementu. W konsekwencji prowadzi to do istnienia trwałej drogi między wszystkimi

parami podułów (ściślej - ich elementami sterującymi CE). Droga ta zwana jest tunelem. Konfigurację tunelu w polu w pełni wyposażonym przedstawiono na rys. 29.



Rys. 29. Tunel

Rozkaz wprowadzony w tunel posiada wskaźnik trójbitowy od 001 do 110, stanowiący adres elementu komutacyjnego, do którego jest on kierowany. W każdym pośrednim elemencie wskaźnik zmniejszono o 1; element w którym adres przyjmuje postać 000, jest elementem adresowanym.

Wiadomość alarmowa produkowana przez element ma adres 111. Dzięki takiemu kodowaniu i powyższej procedurze wiadomość dociera do elementu sterującego z "rozszyfrowanym adresem elementu, który ją wyprodukował. W obu przypadkach procedura "zmniejszania o 1" zapewnia jednolitość wykonań elementów i automatyczne lokalizowanie ich w polu.

### Funkcje

Mechanizm tunelu pośredniczy w przekazywaniu alarmów, realizacji testów rutynowych i diagnostycznych oraz izolowaniu uszkodzeń. Poza normalną procedurą wyboru drogi z użyciem

rozkażu SELECT (jak wyżej opisano) stosuje się rozkaz INTER-RODGE do przebadania drogi i określenia użytych w niej ogniw. Izolacja uszkodzonych portów realizowana jest przez przekazanie do nich, tunelem, rozkażu przełączającego port w stan zajętości. Zapobiega to dalszemu używaniu go i sygnalizowaniu zbędnych już alarmów.

### 5.3.9. Parametry wynikowe

#### Blokada

Przy zalecanym przez CCITT obciążeniu 0,5 Erlanga na kanał, tylko jedna próba zestawienia drogi na 1500 zestawień skutecznych wymaga ponowienia, zaś jedna próba na dwa miliony wymaga trzykrotnego powtórzenia. Prawdopodobieństwo blokady spada o ok. 1,5 rzędu wielkości przy obniżeniu obciążenia o 0,1 E (w okolicy 0,5 E). Obciążenia zazwyczaj spotykane są znacznie niższe od 0,5 E. Dane te potwierdzają praktycznie zerowe prawdopodobieństwo blokady w polu komutacyjnym systemu 12, nawet gdy uwzględni się wiele (krótkotrwałych) zestawień połączeń "służbowych" na jedno (długotrwałe) połączenie "użyteczne".

#### Opóźnienia propagacyjne

W polu w pełni wyposażonym, przy obciążeniu 0,5 E na kanał i wszystkimi drogami osiagającymi stopień czwarty:

- 99% dróg ma opóźnienie poniżej 500  $\mu$ s,
- średnie opóźnienie wynosi 370  $\mu$ s,
- 20% przekroczenie obciążenia zwiększa opóźnienie 99% dróg do 560  $\mu$ s.

Przy pojemności 25000 linii, gdy praktycznie połowa dróg osiąga stopień czwarty, średnie opóźnienie wynosi 250  $\mu$ s. Dla porównania, prosty pojedynczy bufor w tradycyjnym polu TST wprowadza opóźnienie średnio ok. 280  $\mu$ s. Użyteczniejsze pole TST z buforem podwójnym ma opóźnienie średnie ok. 780  $\mu$ s. Czas zestawiania drogi (jednotorowej) w polu zawiera

się prawdopodobnie w granicach  $0,5 \div 15$  ms (wartość nie podawana wprost, wyznaczona z innych parametrów przez autora niniejszego opracowania).

## 6. KOMPLETACJE I DZIAŁANIE

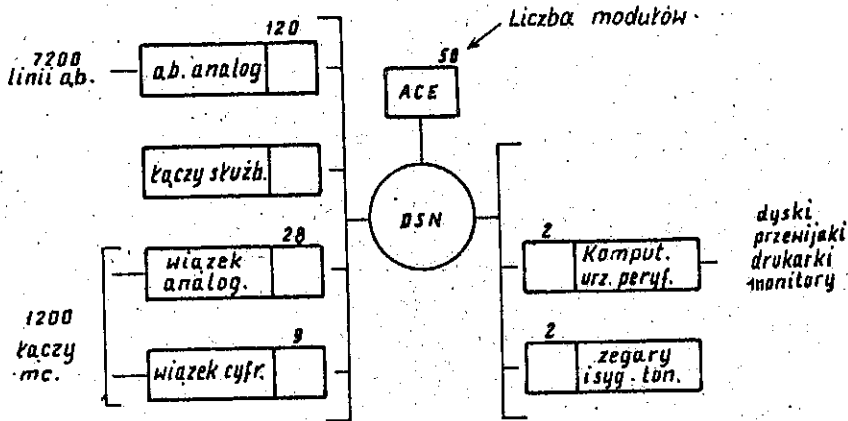
### 6.1. Uwagi wstępne

Modularność konstrukcji oparta o trzy rodzaje elementów - moduły wyposażenia końcowych (TCE), pomocnicze elementy sterujące (ACE) oraz elementy komutacyjne, a także modularność oprogramowania aplikacyjnego (FMM, SSM) i możliwość przenoszenia go z modułu do modułu czyni konstrukcję centrali nadzwyczaj elastyczną. W celu ułatwienia opanowania tej elastyczności w dominujących typach zastosowań, ograniczono ją nieco przez typizację wykonanych handlowych modułów i typizację bloków konstrukcyjnych. Typizacja ta jest konsekwencją obecnej bazy technologicznej i aktualnych kalkulacji ekonomicznych, dominujących zamówień na centrale w określonych zestawach. Nie będziemy tej typizacji szczegółowo omawiać. Podane zostaną jedynie podstawowe informacje o konstrukcji mechanicznej i typowe kompletacje central dla środowiska analogowego (zmiana środowiska to tylko wymiana modułów łączy czy wiązek analogowych na cyfrowe, czy oparcie rozbudowy o nowy typ modułów) i usług telefonicznych. Wprowadzenie nowych usług to znowu tylko wprowadzenie nowych typów modułów, stosownie do pojawienia się nowych zapotrzebowań (z komutacją pakietów łącznie).

Dla typowej kompletacji podamy najprostszy przebieg zestawiania i rozłączania połączenia telefonicznego, pozwalający na przybliżenie pojęcia o zasadach współdziałania komponentów centrali. Należy tu podkreślić, że proces łączeniowy może (pozornie) przebiegać bardzo różnie, zależnie od dyslokacji funkcji w modułach. Różnice skupiają się w różnicach komunikacji - przez pole lub wewnątrz modułu. Wirtualizacja komunikacji zapewnia bowiem niezależność procesów elementarnych (FMM) od ich lokalizacji (stąd różnice są "pozorne", na pewnym poziomie abstrakcji niewidoczne).

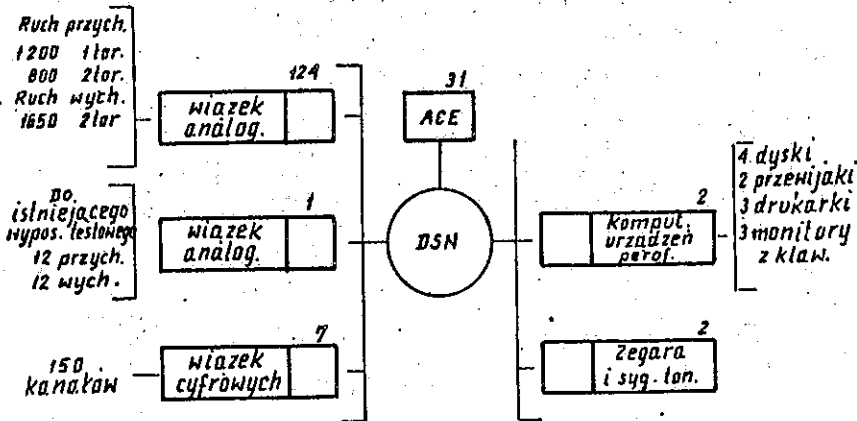
## 6.2. Kompletacje przykładowe

Przykład kompletacji telefonicznej centrali lokalnej dla środowiska analogowego przedstawiono na rys. 30.

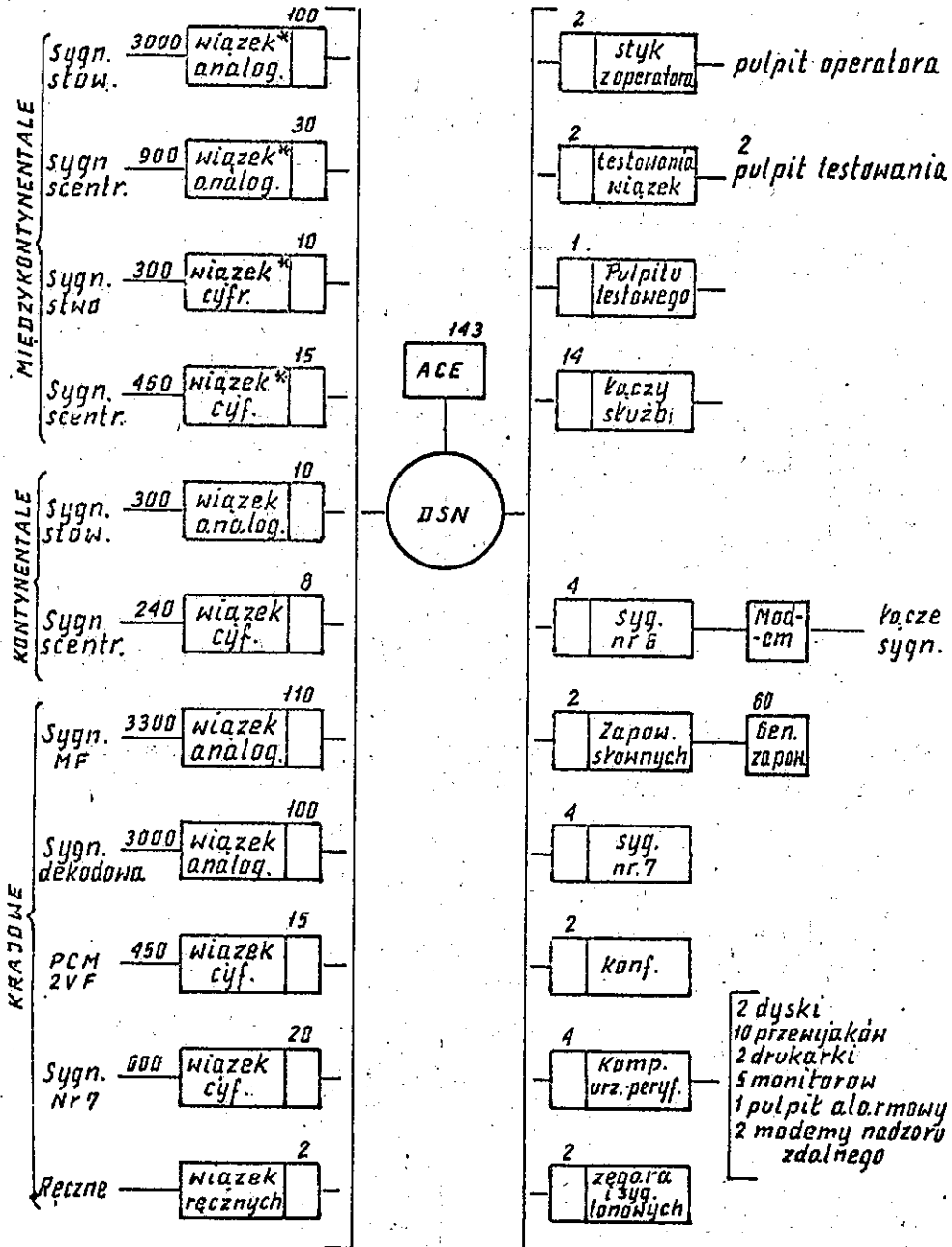


Rys. 30. Przykładowa centrala miejscowa

Przykład kompletacji centrali międzymiastowej małej pojemności (3800 łączy) dla środowiska mieszanego, w 95% analogowego, podano na rys. 31. Założono tu niestosowanie sygnaliza-



Rys. 31. Przykład małej centrali międzymiastowej



Rys. 32. Przykład centrali międzynarodowej

\* - tłumiki echa



cji scentralizowanej (Nr 6 i 7) i przystosowanie do wymaganych systemów sygnalizacji w modyfikacjach sprzętu i oprogramowania terminali wiązek międzycentralowych [9].

Telefoniczną centralę międzynarodową, bardziej rozbudowaną, dla 12400 łączy (z możliwością rozbudowy do 23000) pokazano na rys. 32.

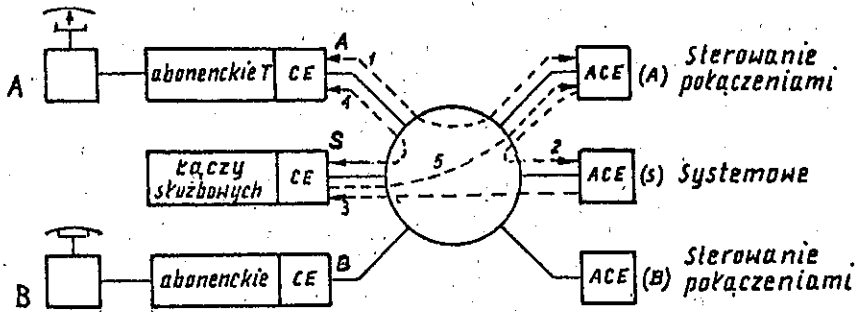
Przykłady wprowadzania innych usług w ramach tworzenia ISDN zaprezentowano np. w [12].

Centrale małej pojemności i zespoły wyniesione (RSU) omówiono w pkt. 7.

Zakres wymiarów central występujący w systemie 12 przedstawiono na rys. 43 (str. 76).

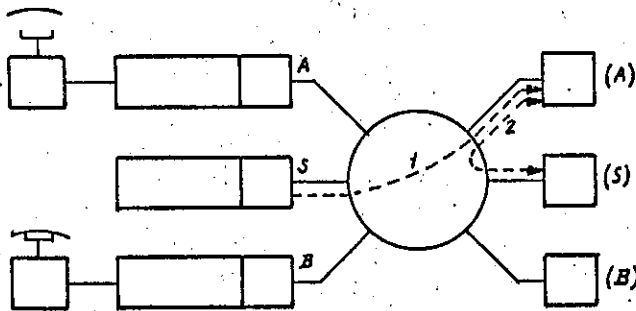
### 6.3. Przykładowy proces obsługi

W celu ułatwienia wyobrażenia sobie organizacji procesów obsługowych w centrali z rozproszonym sterowaniem przytoczymy za literaturą [9] opis normalnego przebiegu lokalnego połączenia telefonicznego w centrali o średniej pojemności. Kompletacja tej centrali jest typu przedstawionego na rys. 30, a rozkład funkcji między moduły jest zgodny z rys. 14. Dla zapewnienia zwartości i czytelności opisu zawartego na rysunkach od 33 do 39 zastosowano skróty wyjaśnione na rysunku 33. Przesłanie wiadomości między modułami jest oznaczone w tekście numerem drogi pokazanej na odpowiednim rysunku (umieszczanym bezpośrednio nad tekstem). Przesłanie to jest przeważnie równoważne z potrzebą zestawiania drogi w polu komutacyjnym.



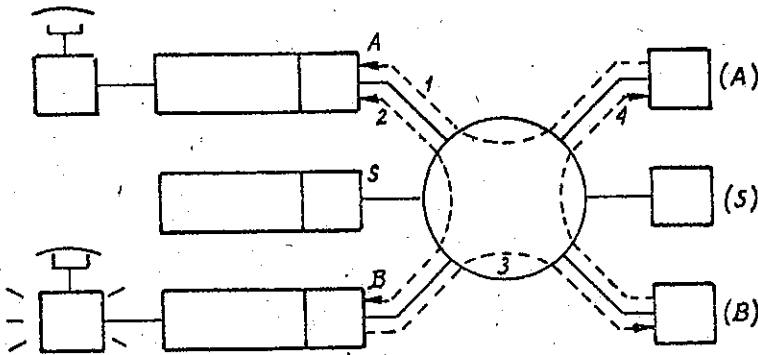
Rys. 33. Przyjęcie zgłoszenia, dołączenie odbiornika i wysłanie sygnału wybierania

Objaśnienia: A podnosi mikrotelefon, TCE-A wykrywa zgłoszenie, wysyła (1) do ACE(A) wiadomość o zgłoszeniu zawierającą identyfikator linii, ACE(A) wysyła (1) do TCE(A) potwierdzenie gotowości do obsługi. ACE(A) wyszukuje kategorię A we własnej bazie danych, stwierdzając potrzebę użycia odbiornika MFC, wysyła (2) do ACE(S) żądanie przydzielenia odbiornika. ACE(S) wybiera wolny odbiornik MFC i wysyła (3) jego identyfikator do TCE-S z instrukcją dołączenia go do łącza abonenta A. TCE-S przygotowuje odbiornik i zestawia drogę (4) w celu wykonania tej instrukcji. TCE-A zestawia drugi tor tej drogi (4) do TCE-S. TCE-A łączy drogę z linią abonenta A, od tego momentu wysyłany jest sygnał zaproszenia do wybierania (zgłoszenia się centrali). TCE-S jest o tym zawiadamiany (4) i zawiadamia (5) o tym także ACE-A.



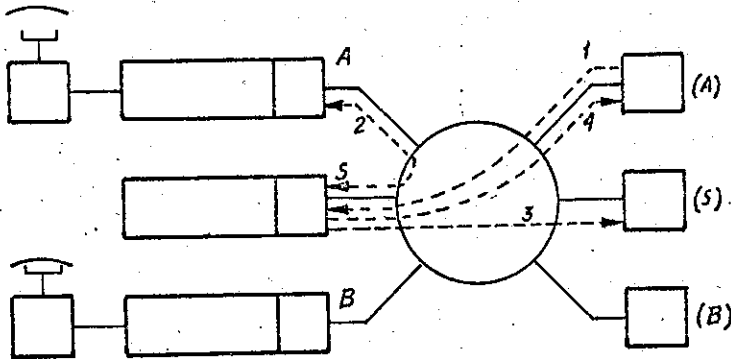
Rys. 34. Odbiór cyfr i ich analiza

Objaśnienia: Po odebraniu pierwszej cyfry TCE-A przerywa wysyłanie sygnału wybierania i przesyła (1) cyfrę do analizy w ACE(A), który przekazuje (2) to żądanie do ACE(S), uzyskując zwrotnie (2) wiadomość określającą liczbę dalszych cyfr, które należy zebrać przed żądaniem kolejnej analizy. TCE-A odbiera wymaganą liczbę cyfr i cyfry te zostają przekazane (1) (2) do ACE(S), który tłumaczy je na numer wyposażeniowy, a numer ten wraz z kategorią abonenta B przesyła (2) do ACE(A).



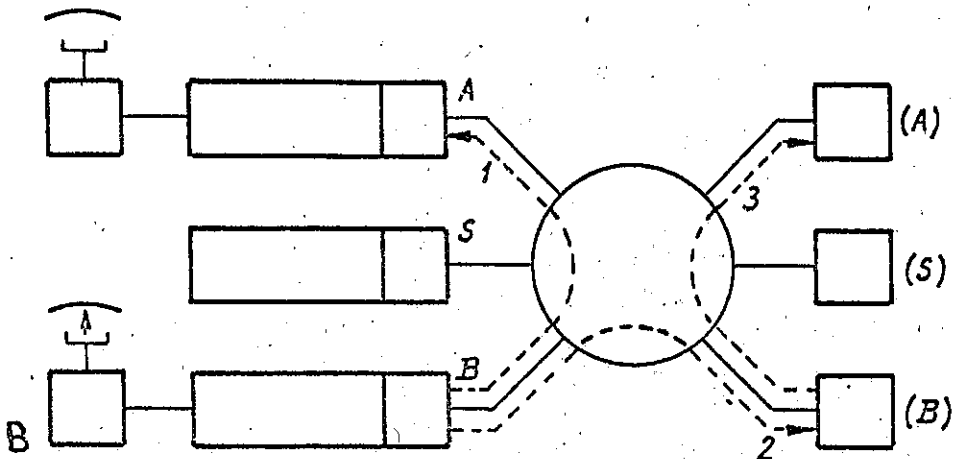
Rys. 35. Zajęcie B i dzwonienie

Objaśnienia: ACE(A) przekazuje (1) numer wyposażeniowy abonenta B do TCE-A, który zestawia drogę (2) do TCE-B i przesyła nią numer wyposażeniowy abonentowi B. TCE-B sprawdza dane dotyczące kategorii abonenta B, zajmuje łącze do abonenta B i zestawia drogę (2) do TCE-A. Następnie TCE-B dołącza układ dzwonienia do linii abonenta B i wysyła (2) do TCE-A zwrótny sygnał dzwonienia, przesyłany dalej do abonenta B oraz wysyła (3) do ACE-B wiadomość o wywołaniu, zaopatrzoną identyfikatorem wywołującego ACE (ACE-A). ACE-B wysyła (4) do ACE-A wiadomość o zajęciu abonenta B i rozpoczęciu dzwonienia.



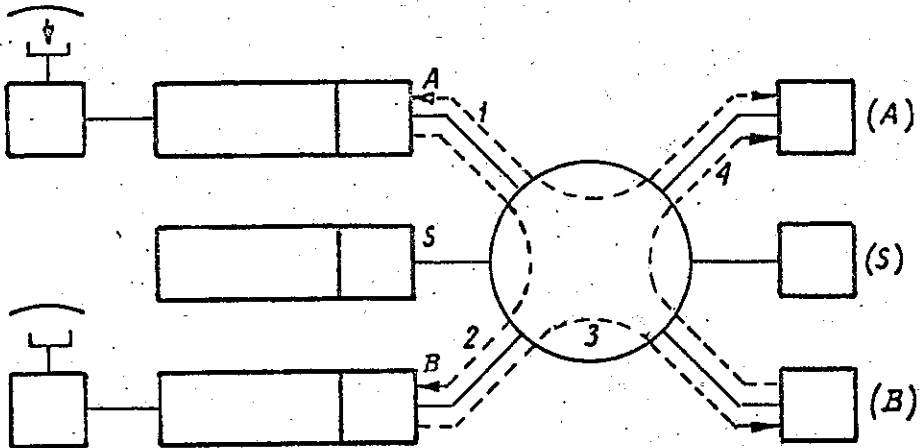
Rys. 36. Zwolnienie odbiornika MFC

Objaśnienia: Po odebraniu ostatniej cyfry ACE-A żąda (1), by TCE-S odłączył i zwolnił odbiornik MFC oraz rozłączył drogę (2) przesyłania sygnałów cyfr w obu kierunkach. Sygnał tego zwolnienia z TCE-S jest przekazany (3) do ACE(S), który cechuje uprzednio przydzielony odbiornik cechą "wolny" oraz (4) do ACE(A).



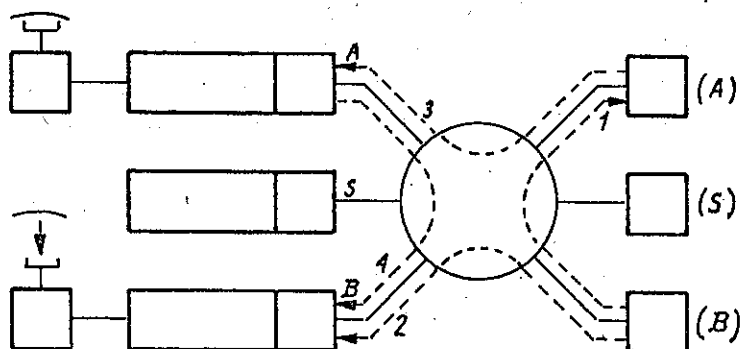
Rys. 37. Zgłoszenie się wywoływanego (B) i rozmowa

Objaśnienia: Abonent B podnosi mikrofon, TCE-B odłącza układ dzwonienia i informuje TCE-A drogą rozmówną (1), że abonent B podniósł mikrofon. Informacja ta jest przekazana (2) także do ACE(B) i dalej (3) do ACE(A).



Rys. 38. Rozłączenie przez abonenta A (faza wstępna)

Objaśnienia: Abonent A odkłada mikrofon, TCE-A wykrywa to i informuje (1) o tym ACE(A), który potwierdza (1) odbiór tej informacji. TCE-A wysyła (2) identyfikatory ACE-A i abonenta A do TCE-B, który przekazuje je (3) do ACE(B). ACE(B) zestawia teraz drogę (4) do ACE(A).



Rys. 39. Rozłączenie (faza końcowa)

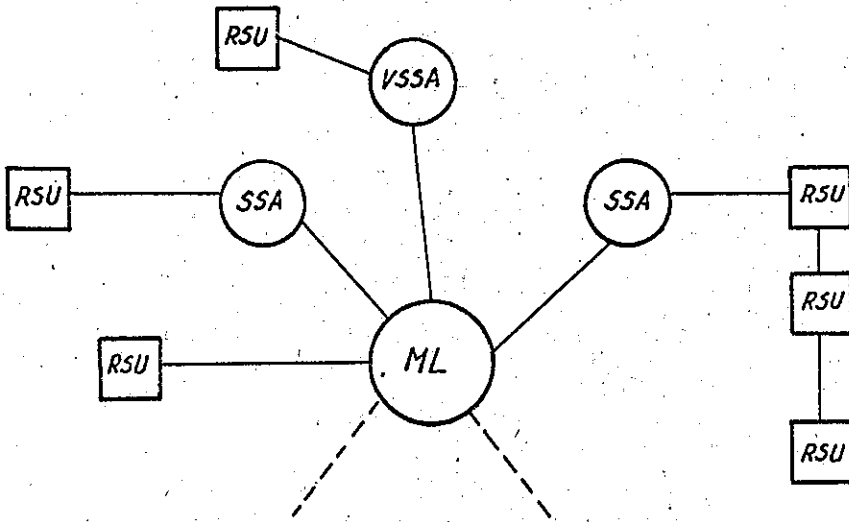
Objaśnienia: ACE-A informuje ACE-B, że linia abonenta B powinna być zwolniona. ACE-B żąda (2), by TCE-B ustawił linię odbiornika B w stan "parkowania" w oczekiwaniu na odłożenie mikrotelefonu. ACE(A) żąda (3), by TCE-A zwolnił drogę do TCE-B i rozłączył linię abonenta A. TCE-A żąda (4), by TCE-B zwolnił drogę wstecz, po czym zwalnia drogę do TCE-B, który zwalnia drogę do TCE-A. Gdy TCE-B wykryje odłożenie mikrotelefonu przez abonenta B, zwalnia łącznie abonenta B, co kończy obsługę.

Czas zestawiania połączenia jest parametrem wynikowym, określającym szybkość działania pola i wykonywania procedur łączeniowych w terminalach, w tym procedur wymagających realizacji pomocniczych, "służbowych" połączeń przez pole. W całym procesie obsługi, od zgłoszenia do rozłączenia włącznie, może wystąpić potrzeba zestawienia do 50 takich połączeń "służbowych". W prostym przykładzie z pkt. 6.3 było ich 22. Czas nawiązywania połączenia zawiera się w granicach od 100 do 300 ms. Średni czas nawiązywania połączenia wynosi ok. 140 ms. Wpływ pojemności centrali i obciążenia ruchem jest niewielki.

#### 6.4. Centrale małej pojemności

Ważną zaletą systemu 12, wynikającą z zasady rozproszenia funkcji jest możliwość rozmieszczenia przestrzennego urządzeń i utworzenia sieci wielocentralowej zastępującej tradycyjną, dużą centralę (rys. 40). W sieci takiej centrala nadrzędna nadzoruje centrale podporządkowane zgodnie z hierar-

chicznym podziałem funkcji systemu. Dawniej wyróżniano centrale nadrzędne IE (ang. Independent Exchange), mające szerszy zakres funkcji i centrale podporządkowane SE (ang. Supervised Exchange), wykonujące niektóre swoje funkcje za "pomocą" central nadrzędnych.



Rys. 40. Sieć lokalna

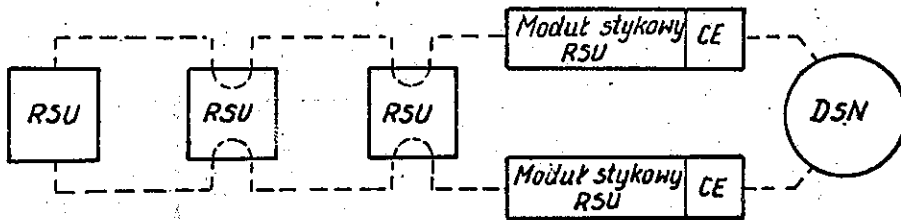
Od roku 1989 kompletowane i instalowane są samodzielne, małe centrale przeznaczone dla małych miast i dla wsi. Centrale typu SSA (ang. Small Stand Alone exchanges) mogą być zestawiane od jednego do czterech stojaków dla pojemności od 256 łączy abonenckich i 120 łączy międzycentralowych do odpowiednio 3840 i 840 łączy. Centrala typu VSSA (ang. Very Small Stand Alone exchange) może być zestawiana w jednym lub dwóch stojakach dla pojemności do 768 lub 512 łączy. W ten sposób granice ekonomicznego stosowania systemu mogą być obniżone do kilkuset abonentów, przy czym zachowana jest autonomiczność małej centrali w zakresie obsługi połączeń (zamykania ruchu).

Przy dalszym zmniejszaniu liczby abonentów (łączy) zachowanie ekonomiczności centrali prowadzi do konieczności wyko-

rzystania Zdalnej Jednostki Abonenckiej (RSU - Remote Subscriber Unit). RSU umożliwia ekonomiczne kompletowanie jednostek już dla dziesiątków abonentów.

RSU jest wielofunkcyjnym koncentratorem zapewniającym dostęp ze 120 analogowych modułów abonenckich do pary traktów PCM 2,048 Kbit/s. W jednym RSU można skoncentrować obsługę do 480 abonentów. Moduły RSU mogą być przestrzennie rozsiane lub zestawione w jednym miejscu.

Do 8 modułów RSU można dołączyć (w konfiguracji wielopunktowej - multidrop) jeden lub dwa trakty PCM, jak to pokazano na rys. 41. Liczbę abonentów należy dobrać zależnie od charakterystyk ruchowych tak, by zapewnić wykorzystanie traktów. Aby to osiągnąć, połączenia między różnym RSU wykorzystują trakt tylko na łączącym je odcinku.



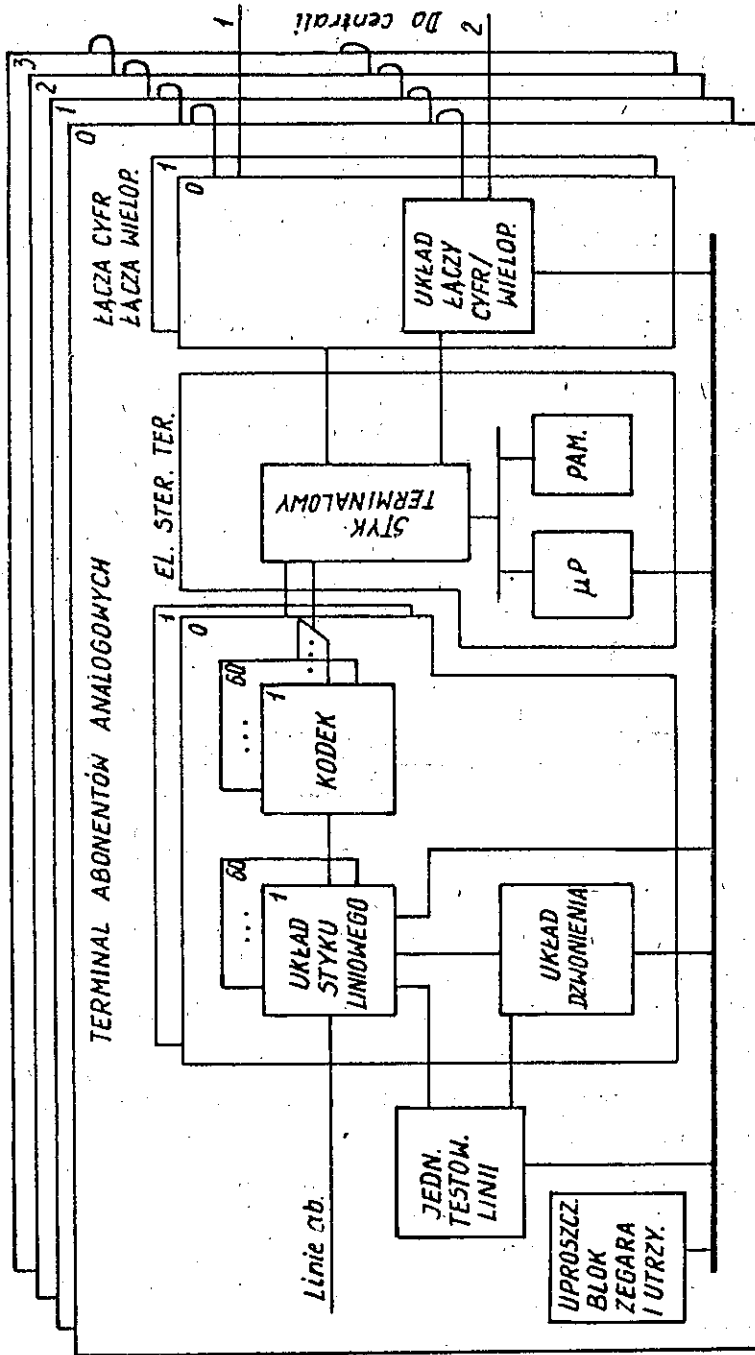
Rys. 41. Konfiguracja wielopunktowa RSU

RSU składa się z jednego lub wielu modułów. Na rys. 42 przedstawiono RSU dla 480 linii zestawiane z czterech modułów. Bloki sprzętowe RSU są typowymi blokami systemu 12, z wyjątkiem dwóch:

- uproszczonego bloku zegara i utrzymania (Simplified Clock/Maintenance);
- bloku łącza wielopunktowego (Multidrop Circuit).

Z typowych bloków stosuje się:

- terminal abonentów analogowych (dla 120 linii) (Analog Subscriber Terminal);



Rys. 42. RSU (starsze wykonanie)



- jednostkę testowania linii (Line Test Acces Unit); umożliwiającą testowanie linii abonenckich;
- styk traktu cyfrowego ze sterowaniem dołączenia w pojedynczych kanałach przez procesor modułu.

Sterowania połączeniami i nadzoru RSU dokonuje jej centrala macierzysta. Dla tej centrali RSU nie różni się dla niej od zdalnego modułu abonenta analogowego. Komunikacja jest realizowana w kanale 16 traktu za pomocą wiadomości (pakietów) sygnalizacyjnych (sygnalizacja scentralizowana z protokołem wywołania adresowego w układzie stacji nadrzędnej i podporządkowanych). Tą samą drogą realizowane jest sterowanie związane z wykorzystywaniem funkcji administracyjnych w stosunku do abonentów przyłączonych do RSU (np. określanie kategorii i statusu łącza abonenckiego).

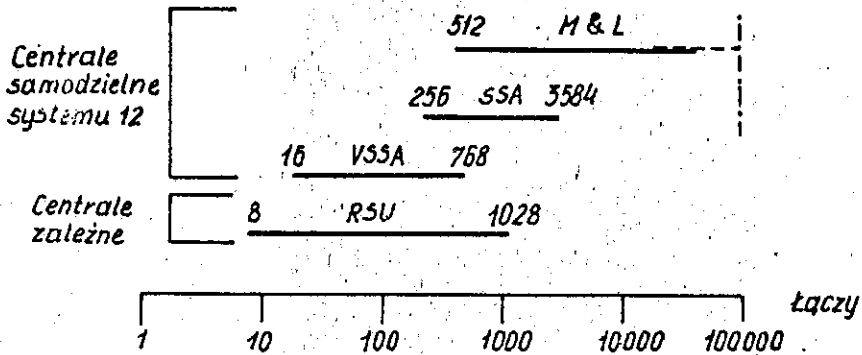
RSU sygnalizuje alarmy i uszkodzenia do swojej centrali macierzystej, skupiającej funkcje utrzymaniowe, na takich samych zasadach jak dla wszystkich innych lokalnych modułów centrali. Usuwanie uszkodzeń jest wspomagane przez centralę macierzystą. Kontrole, testy itp. mogą być prowadzone w miejscu zainstalowania RSU, za pomocą przenośnych terminali.

W celu zmniejszenia zasięgu skutków uszkodzeń zarówno w samym RSU, jak i w łączu transmisyjnym uszkodzony element może być odseparowany, a RSU ominięte z zapętleniem dochodzącego do niego łącza. Abonent dołączony do RSU korzysta tak samo i z tych samych usług, co przyłączony bezpośrednio do centrali.

#### 6.5. Zakresy wymiarów central

Zakres wymiarów central, jakie można ekonomicznie kompletować z elementów systemu 12, pokrywany jest przez różne rodzaje poprzednio opisanych kompletacji, w sposób przedstawiony na rys. 43.

Teoretyczny wymiar graniczny największej możliwej kompletacji, wynika z założeń strukturalnych systemu 12 i wynosi 100000 łączy abonenckich, 60000 łączy międzycentralowych. Maksymalny ruch obsługiwany ma wartość 750000 BHCA. Wymiar



Rys. 43. Zakresy wymiarów central

praktycznie osiągalny ograniczany jest szybkością przetwarzania procesorów i dysponowanymi pamięciami w elementach sterujących oraz pamięciami masowymi (na dyskach). Poziom technologii roku 1988 (por. pkt. 7.1) pozwalał na kompletacje central do 30000 łączy abonenckich, 38000 łączy międzycentralowych i obsługę ruchu do 500000 BHCA.

Obecnie stosowana technologia pozwala osiągać granice teoretyczne.

#### 6.6. Strategia utrzymania

Zastosowanie podziału pełnego rozproszenia funkcji wyższych poziomów hierarchii między identyczne zespoły sprzętowe (w szczególności ACE) redukuje odpowiedzialność zespołów - prowadzi do małego udziału każdego zespołu w realizacji funkcji usługowej. Najlepiej jest to widoczne w polu komutacyjnym: uszkodzenia w stopniach 2-4, dzięki przypadkowemu wyborowi drogi, redukują tylko przepustowość pola. Mechanizm izolacji uszkodzeń "uspokaja" system alarmowy. Testowanie i sygnalizacja uszkodzeń przez "tunel" umożliwia wykrycie oraz wymianę wyizolowanego elementu.

Rozszerzenie podobnej zasady na inne elementy centrali, w tym na moduły wyposażenia liniowych (w podziale pełnym), wymaga już wyraźnie wyodrębnionych procedur diagnostycznych,

izolujących i wprowadzających do pracy elementy rezerwowe. Ponieważ elementy o tych samych funkcjach występują wielokrotnie (por. przykłady kompletacji) rezerwowanie nie jest duplikacją, lecz wprowadzeniem niewielkiego nadmiaru, przeważnie poniżej dokładności szacunków obciążeń ruchowych. Organizacja tych działań jest oparta o koncepcję hierarchii "bloków bezpieczeństwa" i "bloków naprawczych" [9, str. 190] i sprowadza te działania do podobnego schematu jak w przypadku elementów pola.

## 7. CHARAKTERYSTYKI OGÓLNE

Opracowanie poświęcone jest w zasadzie koncepcjom systemu 12, a nie jego parametrom techniczno-eksploatacyjnym, jednak ocena koncepcji w abstrakcji od podstawowych charakterystyk technicznych, jakie w jej ramach udało się osiągnąć, byłaby trudna. Podane więc zostaną pewne kluczowe informacje, pozwalające na taką ocenę. Zainteresowanych szczegółami należy skierować do wydawnictw firmowych. Ponieważ charakterystyki ogólne systemu ulegają ciągłej zmianie wraz z postępem technologii, relację tę rozpoczniemy od opisania dotychczasowych zmian w technologii.

### 7.1. Technologia

Technologia układów scalonych stosowanych w systemie 12 ulega ciągłej ewolucji. W wyniku tej ewolucji zmniejsza się liczba niezbędnych obwodów scalonych, liczba płyt drukowanych wchodzących w skład modułu i w efekcie liczba stojaków wchodzących w skład centrali o określonej pojemności. Zwiększeniu uległa także szybkość działania układów (procesor, pamięci), ułatwiając kompletacje dużych central. W produkcji znajdują się podzespoły w starszej technologii (wprowadzonej w 1982 roku, ALIC) i w nowej (stosowanej od 1986 roku, ALCB). Starsza technologia jest obecnie stosowana głównie w produkcji podzespołów do rozbudowy wcześniej zainstalowanych central.

Dla przykładu, w module liniowym, wykonanym w technologii ALIC na pojedynczej płycie drukowanej, umieszczano układy dla 6 linii; na jedną linię przypadało 4 i 1/16 układu VLSI. W technologii ALCB mieszczą się układy dla 8 linii, a na jedną linię przypada 2 i 2/8 układu VLSI. W efekcie na stojak przypada odpowiednio 480 i 1024 linii. Nastąpiła więc ponad dwukrotna redukcja wymiarów.

Stopień integracji pamięci wzrósł od 1982 roku z 64 Kb na układ do 1 Mb w roku 1989. Osiągalne wymiary pamięci wzrosły z 256 Kb do 4 Mb. W 1982 roku procesor, pamięć i styk terminalowy mieściły się na 3 płytach drukowanych, obecnie na jednej. Szybkość zegara zwiększono odpowiednio z 4 MHz do 16 MHz. Powoduje to dalszą redukcję wymiarów central i mocy pobieranej, obecnie do 1,7 W na jedną linię abonencką.

## 7.2. Konstrukcja mechaniczna

Moduły składają się z płyt drukowanych 221 x 253 mm ze złączami pośrednimi i są montowane na półkach stojaków (szaf) metalowych o wysokości 2100 mm, szerokości 900 mm i głębokości 450 mm. Wymagana wysokość pomieszczeń powinna mieć ok. 2,8 m, a wytrzymałość stropów - 300 KG/m<sup>2</sup>.

Typowa powierzchnia zabudowy dla central w technologii ALCB wynosi (bez akumulatorni, krosów, pomieszczeń socjalnych):

- centrala dla 2000 łączy (6 stojaków, panel alarmów, monitor, klawiatura, drukarka) - 3,45 m x 7,55 m;
- centrala dla 50000 łączy (69 stojaków, panel alarmów, monitor, klawiatura, drukarka) - 9,35 m x 13 m.

## 7.3. Warunki klimatyczne

Centrale są przeznaczone do pracy w normalnych warunkach temperatur i wilgotności bez urządzeń klimatyzacyjnych. Dla przykładu, normalny zakres temperatur pracy rozciąga się od 0° do 40°C, przy czym temperatura 30° nie powinna być prze-

kraczana przez więcej niż 80% czasu pracy. Zaleca się temperaturę 15° do 25°C, a wilgotność względną od 20% do 80%.

#### 7.4. Niezawodność

Wskaźniki niezawodnościowe ulegają systematycznej poprawie, wraz z korygowaniem oprogramowania, technologii i testowania. Według danych z okresu lipiec 1987 - czerwiec 1988, dla 670 central w 15 krajach uzyskano następujące wskaźniki liczby uszkodzeń na milion godzin pracy:

- \* płyty układów liniowych - poniżej 6;
- \* płyty pamięci i procesorów - poniżej 1;
- \* zasilacze - poniżej 1,5;
- \* płyty łączы cyfrowych - poniżej 0,4.

Niezawodność oprogramowania charakteryzuje liczba restartów i przeładowań oprogramowania (przeważnie inicjowanych automatycznie w wyniku działania systemu diagnostycznego). Do końca 1988 roku liczby te spadły do poniżej 0,5 i 0,1 przypadków na element sterujący (CE), na miesiąc.

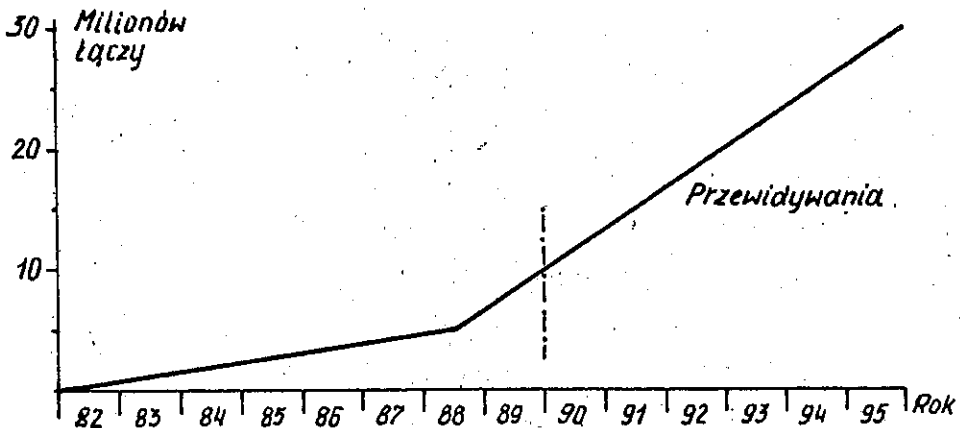
Wynikowe charakterystyki eksploatacyjne wypadają znacznie poniżej wymagań CCITT (prawdopodobieństwo niedostępności linii  $< 10^{-5}$ , straty połączeń w czasie sygnalizacji  $< 10^{-4}$ , w czasie rozmowy  $< 2 \times 10^{-5}$ ).

#### 7.5. Rozpowszechnienie systemu 12

Pierwszą centralę prototypową systemu 12 oddano do eksploatacji w 1982 roku, w Belgii. Do czerwca 1983 roku uzyskano z 14 krajów zamówienia na 966 central o łącznej pojemności 3 milionów łączы. Do końca 1988 roku dostarczono centrale na łączną liczbę 6 milionów łączы. Dotychczasowe i przewidywane dostawy przedstawiono na rys. 44.

Produkcja central odbywa się w podstawowej sieci fabryk ALCATEL w Europie (BELL w Belgii, SEL w RFN, FACE we Włoszech i SESA w Hiszpanii). Przewidywany wzrost produkcji wynika

zarówno z planów zwiększenia produkcji w fabrykach podstawowych, jak i z uruchamiania produkcji w innych krajach europejskich i poza Europę (np. w Chinach).



Rys. 44. Dostawy central systemu 12

#### 7.6. Możliwości i rozwój funkcjonalny systemu

W opracowaniu zwrócono uwagę głównie na stosowanie systemu 12 do telefonii, takie będzie bowiem jego główne zastosowanie w najbliższym czasie w kraju. Architektura systemu pozwala jednak na kompletowanie central do wszystkich znanych typów sieci i usług telekomunikacyjnych. Jest już chyba oczywiste dla Czytelnika, że wprowadzanie nowych funkcji wymaga jedynie wprowadzenia co najwyżej nowych typów modułów terminalowych TCE (o specjalizowanej części terminalowej - T) i nowego oprogramowania sterującego. Nowe funkcje mogą być przy tym wprowadzane do istniejących już central telefonicznych.

Na tych zasadach istnieją już w systemie i są eksploatawalne centrale sieci radiotelefonicznych, komórkowych (np. w Brukseli, dla 60000 abonentów w samochodach), centrale z komutacją pakietów (wg zalecenia X.25), centrale i sieci pilotowe

ISDN (Belgia, Norwegia, Hiszpania i Włochy). Rozwija się usługi Centrex (dostawy od 1988 r.). W przygotowaniu jest stosowanie systemu do tworzenia tzw. sieci inteligentnych (Intelligent Network - IN). Opisanie tych możliwości przekracza jednak założone ramy tego opracowania, a zainteresowanych kierujemy tymczasem do literatury [5, 6].

#### 8. UWAGI KOŃCOWE

Przedstawiony przegląd koncepcji kształtujących system 12 pozwala nabrać przekonania, że rzeczywiście znaleziono rozwiązanie, które mogłoby sprostać wszystkim problemom okresu przebudowy sieci z IAN przez IDN do ISDN. Uzyskano bowiem doskonałą elastyczność systemu zarówno w sensie funkcjonalnym, jak i ilościowym.

Architektura sprzętowa z minimalnym uzależnieniem sprzętu od zmian funkcji (modyfikacji podlegają tylko elementy terminalowe i to w zakresie prostych funkcji poziomu fizycznego) pozwoliła uzyskać system nadzwyczaj elastyczny przy bardzo małej różnorodności sprzętowej. Przeciętne centrale są zestawiane z kilkunastu typów płyt drukowanych (pakietów). Prostotę i elastyczność architektury sprzętowej okupiono koniecznością stosowania układów scalonych o wysokiej skali integracji. Stały postęp technologii produkcji i spadek kosztów takich układów pozwala czynić tu systematyczne udoskonalenia nie naruszające całości systemu. Dotychczasowe zwiększenie skali integracji i inne efekty z postępów technologii (szybkość przetwarzania, pojemność pamięci) wydają się nie wykorzystywać wszystkich obecnych możliwości technicznych. Istnieją tu znaczne rezerwy, a ich wykorzystanie jest niewątpliwie uzależnione od wielu przesłanek nie tylko technicznych. Architektura sprzętowa systemu 12 kryje więc w sobie nadal wielkie rezerwy, a w jej ramach może następować stopniowy postęp. Należy ją więc uznać za trwały i trafnie zaprojektowany element systemu.

Większość funkcji centrali określona jest przez oprogramowanie. Zastosowana architektura oprogramowania, zaprojektowana

w końcu lat siedemdziesiątych, została utrwalona w bardzo złożonym i rozbudowanym systemie narzędziowym i organizacyjnym [15]. Architektura ta i opracowane w jej ramach oprogramowanie stanowi ogromny kapitał systemowy. Rozwój funkcjonalny systemu zwiększa ten kapitał, utrwalając tym samym stosowany system narzędziowy i organizacyjny. Szczególny problem stanowi w tym systemie konieczność wbudowania przez każdy zespół projektujący nowych elementów oprogramowania w całość struktury organizacyjnej, zapewniającej spójność systemową projektowanych elementów. Trudno sobie obecnie wyobrazić inny postęp w dziedzinie rozwoju oprogramowania systemu 12, jak polegający na ostrożnym, ewolucyjnym doskonaleniu narzędzi i organizacji. Przyjęta architektura oprogramowania była na tyle nowoczesna (a może w czasie gdy powstawała wręcz perspektywiczna), że do dziś można ją za taką uważać. Jednak i w tej dziedzinie nastąpił postęp, którego zdyskontowanie jest w tych warunkach bardzo trudne. Jeszcze nie dziś, ale w przewidywalnej przyszłości będzie tu konieczne dokonanie przełomu. Ogólnie można więc powiedzieć, że architektura sprzętowa systemu 12 jest elementem trwalszym i podatniejszym na stopniowy postęp niż stosowana w nim inżynieria oprogramowania. Nie jest to jednak obserwacja związana szczególnie z systemem 12 lecz całkowicie ogólna, typowa dla każdego wielkiego systemu opartego na oprogramowaniu.



## WYKAZ LITERATURY

1. Arranz R., Conroy R., Katzchner L.: Structure of the software for a switching system with distributed control. ISS 81, September 1981, pp. 41 A - 3/1 - 8.
2. Błaszczyk J. (red.): System komutacji elektronicznej E10. WKŁ, Warszawa 1977.
3. Boute R.T.: Logical models for computer control of telephone exchanges. SETSS'78, pp. 18-24.
4. CCITT: Zalecenie X.200. Open Systems Interconnection (OSI). Red Book, Fasc. VIII.5. UIT, 1985.
5. Chalet A. i in.: ISDN Module für System 12. Elektrisches Nachrichtenwesen, vol. 61, Nr 1, 1987.
6. Chalet A. i in.: Paketvermittlung im ISDN mit System 12. Elektrisches Nachrichtenwesen, Vol. 62, Nr 2, 1988.
7. Delit R.E., Henrion M.A.: Implementation of operator facilities in a switching system with distributed control. ISS 81, pp. 41 A - 4/1 - 8.
8. Derrien Y. i in.: Electronic Manufacturing of the System 12 and Alcatel E10 Digital Switching Systems. Electrical Communication, vol. 63, No 2, 1989.
9. Electrical Communication, vol. 56, No 2/3, January 1981 (numer poświęcony systemowi ITT 1240).
10. Gillet F., Mueller G.: An implementation strategy for networks synchronization of digital exchange networks. ISS 81, pp. 41 A - 8/1 - 5.
11. Grimes J.D.: Future technologies in programming. Electrical Comm., vol. 58, No 1, October 1983, pp. 102-104.
12. Integrated Services Digital Network. Electrical Comm., vol. 58, No 1, October 1983, pp. 28-31.
13. ITT 1240 Digital Exchange. Electrical Comm., vol. 58, No 1, October 1983, pp. 32-39.

14. Kaczmarek S.: System ITT 1240 jako węzeł komutacyjny w sieci z integracją usług telekomunikacyjnych. Wiadomości Telekomunikacyjne, nr 6, 1987.
15. Mauger R., Wohr P.: The impact of advanced component technology on the hardware/software interface for functions in a digital switching system. ISS 81, September 1981, pp. 41 A - 2/1 - 7.
16. Programming Technology. Electrical Communication, vol. 57, No 4, 1983 (numer poświęcony inżynierii oprogramowania, w szczególności systemu 12).
17. Robin G., Grandjean G.: Integration of telematique services in a digital switching system. ISS 81, pp. 41 A - 5/1 - 7.
18. Ross D.T.: Structured Analysis (SA): A language for communicating ideas. IEEE Trans. on software eng., vol. SE-3, No 1, January 1977.
19. Ross D.T., Schoman K.E.: Structured analysis for requirements definition. IEEE Trans. on software eng., vol. SE-3, No 1, January 1977.
20. Schatz E., Wanters J.: Software Manufacturing. Electrical Communication, vol. 63, No 2, 1989.
21. Schieber W., Vander Straeten C.: Data base and administration facilities for a switching system with distributed control. ISS 81, pp. 41 A - 7/1 - 7.
22. Soloway B.H.: VLSI: the challenge of one million transistors. Electrical Comm., vol. 58, No 1, October 1983, pp. 109-111.
23. Struktura, działanie i realizacja systemu telekomunikacji cyfrowej ITT 1240. Biuletyn Informacyjny Ił, nr 7:9(219:221), 1983.



ISSN 0209-1046

