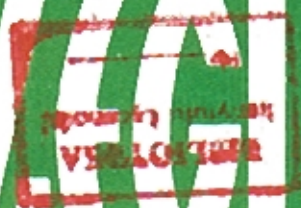


1 9 6 5
Nr 6 (45)

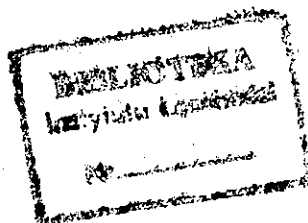
INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PRZEGLĄD
ZAGADNIEN
ŁĄCZNOŚCI





MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI



PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

ROK 5

WARSZAWA 1965

NR 6(45)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

Przewodniczący - mgr inż. Zenon Szpigler
Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner

Członkowie:

mgr inż. Władysław Adaszewski, inż. Edmund Janowski,
prof. Stefan Jasiński, mgr inż. Stanisław Kobus,
mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Możejko,
mgr Zofia Życińska

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Ośrodek

Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

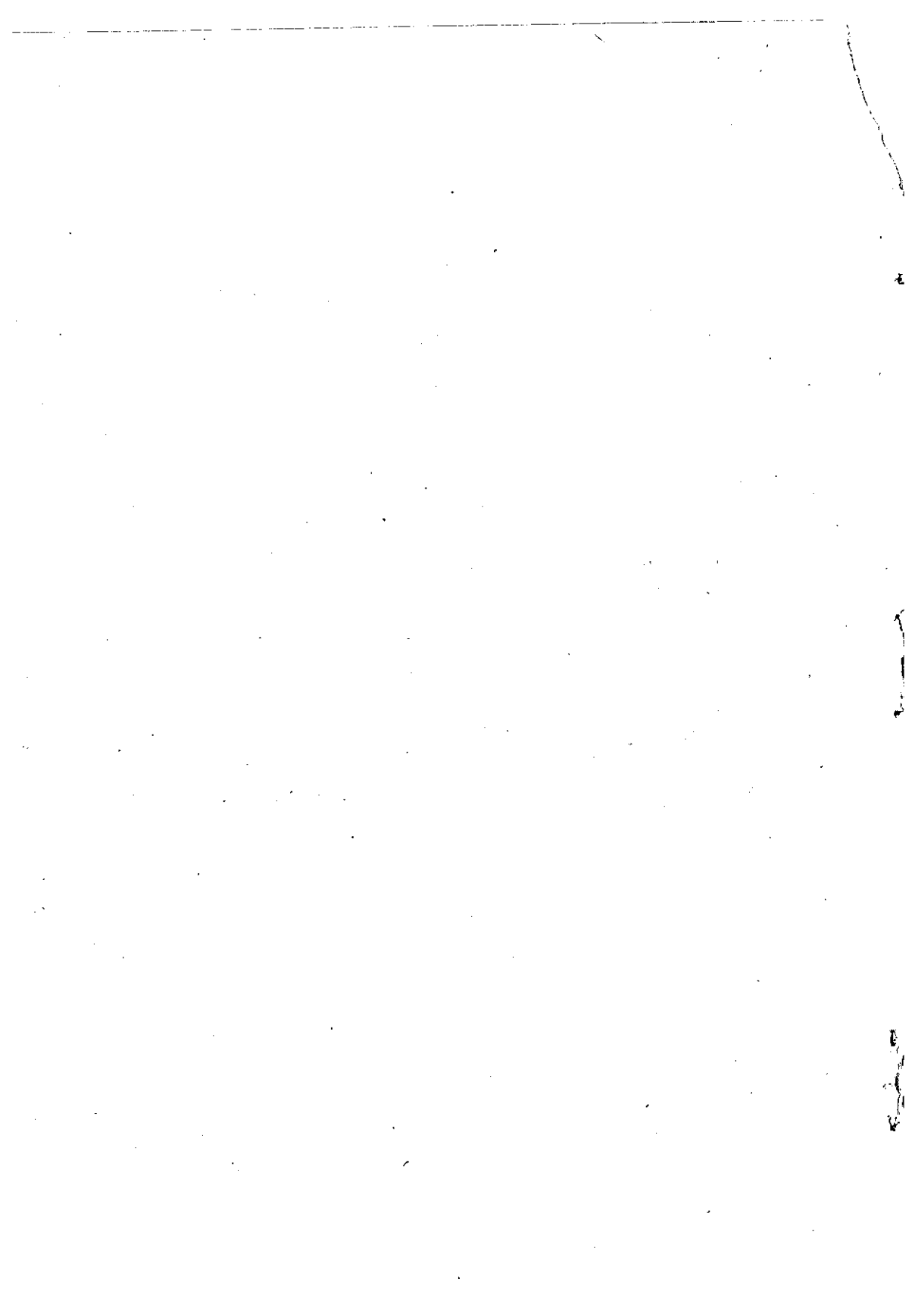
Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 700. Druk ukończono
w listopadzie 1965 r.

PRZEGLĄD
ZAGADNIEN ŁĄCZNOŚCI

Przyszłość teletransmisji

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Przyszłość telekomunikacji przewodowej - Tłumaczył W. Nowicki	1
2. O problemach tworzenia struktury sieci przekazywania informacji - Tłumaczył W. Nowicki	21
3. Nauka a rozwój telekomunikacji przewo- dowej - Tłumaczył W. Nowicki	37
4. K. Plewko - Zarys problematyki naukowo- -badawczej w zakresie sieci telekomuni- kacyjnej	53



PRZYSZŁOŚĆ TELEKOMUNIKACJI PRZEWODOWEJ

Tłumaczył: W. Nowicki¹⁾

Tor przewodowy jest w telekomunikacji elektrycznej najwcześniej stosowanym rodzajem drogi sygnałów. Jego pierwsze użycie nastąpiło w 1844 roku i wiąże się z wynalazkiem telegrafu dokonany przez Samuela Morse'a. Zaczynając od prostego gołego przewodu miedzianego zawieszono na tyczkach i tworzącego tylko jedno łącze telegraficzne przeszedł on długą ewolucję przybierając obecnie postać jednego z wielu torów współosiowych kabla umieszczonego w ziemi i dostarczającego tysięcy łączy.

Aby móc spojrzeć w przyszłość telekomunikacji przewodowej, trzeba wpiery zrozumieć działanie przyczyn fizycznych i okoliczności, które zdecydowały o takim, a nie innym jej rozwoju. Jest też rzeczą konieczną dobrze uświadomić sobie współistnienie i jednoczesną ewolucję różnych środków transmisji, włączając w to środki radiowe i optyczne. Byłoby przekroczeniem zakresu niniejszego referatu, gdybyśmy wchodzili głębiej w omawianie tych innych środków. Jest jednak ważne zrozumieć, że jeśli światowa sieć telekomunikacyjna ma nadal zaspokajać za-

¹⁾ W.E. Bloecker: The future of telecommunication on metallie paths. (Referat wygłoszony na XI Międzynarodowym Kongresie Elektroniki w Rzymie 22-26 czerwca 1964, ss. 19).

dane usługi w sposób odpowiednio niezawodny i przy takich kosztach, które będą sprzyjać dalszemu rozwojowi tej sieci, to musi ona nadal korzystać z odpowiednich metod współpracy wszystkich dostępnych środków transmisji.

Jest rzeczą istotną, że telekomunikacja, czyli wymiana informacji za pośrednictwem sygnałów elektrycznych, wymaga rozporządzania pasmem częstotliwości w wybranym środowisku transmisyjnym. Szerokość wymaganego pasma dla określonego rodzaju telekomunikacji zależy od wielu czynników: od charakteru samej wiadomości, od sposobu jej przekształcenia w sygnał elektryczny, od sposobu przygotowania sygnału do jego przesłania i od szybkości przesyłania sygnału. Te wszystkie czynniki nie są od siebie niezależne, toteż w praktyce są one rozpatrywane łącznie, aby w sposób jak najbardziej skuteczny wykorzystać dostępne pasmo częstotliwości.

Tor przewodowy jest właściwie mówiąc równoważny środowisku transmisyjnemu o określonej szerokości pasma. Szerokość ta jest ograniczona tylko względami skutecznego jej użycia. Tor przewodowy ma pewną cechę, która jest jego wybitną zaletą. Jego pasmo przepustowe odnosi się tylko do jego własnej struktury, tak iż sygnał może być wyraźnie ukierunkowany i może poruszać się tylko po zadanej prostej lub krzywej. Ta cecha przynosi 3 następujące korzyści.

- Po pierwsze, skoro sygnał może być wyraźnie ukierunkowany, to te same częstotliwości mogą być wielokrotnie użyte w obiekcie o bardzo małym przekroju bez wywoływa-

nia interferencji między sąsiednimi torami. To właśnie oznacza, że tysiące kanałów można zrealizować w objętości nie większej niż ramię ludzkie.

- Po drugie, obiekty o małym przekroju mogą być umieszczane w sposób niewidoczny i niedostępny dla człowieka, co zabezpiecza je przed ewentualnymi uszkodzeniami.

- Po trzecie, fakt, że tor przewodowy może być poprowadzony wzdłuż dowolnej krzywej jest jego bezcenną zaletą w przypadku realizowania dużej liczby łączy w "obszarach zatłoczonych". Wyrażenie "obszar zatłoczony" należy tu rozumieć w sensie jak najszerszym. Przede wszystkim może tu chodzić o obszary dużych miast, gęsto zaludnionych i o wielkim zapotrzebowaniu na środki łączności. "Zatłoczenie" może jednak ujawniać się i w innej postaci - w sensie stopnia dostępności dróg radiowych. Atrakcyjność mikrofalowych linii radiowych doprowadziła do szerokiego ich stosowania w celu świadczenia różnych usług telekomunikacyjnych zarówno o charakterze publicznym, jak i prywatnym. W wyniku tego jednak powstała w krajach rozwiniętych taka sytuacja, że coraz trudniej jest znaleźć odpowiednie nowe drogi radiowe.

Całkiem niezależnie od sprawy zatłoczenia występuje zagadnienie niezawodności i ciągłości pracy rozległych sieci. Ryzyko torów przewodowych jest inne niż ryzyko torów radiowych. Tak więc tory przewodowe podlegają uszkodzeniom mechanicznym powodowanym przez siły natury (np. pioruny) lub przez ludzi, przy czym stopień ryzyka zależy tu od rodzaju torów. Tory radiowe natomiast pod-

legają raczej zaburzeniom elektrycznym związanym ze zjawiskiem propagacji fal. Użycie obu rodzajów torów w sieci zapewnia pożądaną różnorodność, która zwiększa ogólną niezawodność.

Oczywiście, jak to już powiedzieliśmy, tor przewodowy - ten najstarszy środek transmisji w telekomunikacji elektrycznej - będzie zajmował w przyszłości telekomunikacji swe miejsce o niezmniejszonej ważności. Zanim będziemy mogli omówić rodzaje systemów opartych na zastosowaniu takich torów, będzie rzeczą pożyteczną rozpatrzyć rodzaje usług telekomunikacyjnych, jakich potrzebujemy, i warunki, w jakich usługi te mają być świadczone.

Najpierw - rodzaje usług. Obecnie jest w zwyczaju posługiwać się środkami łączności elektrycznej w celu przekazywania tekstów literowych (telegrafia), rozmów (telefonía), muzyki i innych dźwięków (transmisja programowa), fotografii (telefotografia), kopii (symilografia), różnych danych cyfrowych (transmisja danych) i obrazów ruchomych w pełnych kolorach (telewizja). To całkowicie wyczerpuje możliwości łączności wzrokowej i słuchowej. To, czego można oczekiwać jeszcze w przyszłych usługach, to połączenie tych możliwości ze sobą w celu zwiększenia stopnia realizmu, czego przykładem może być usługa nazywana PICTUREPHONE, demonstrowana na Targach Światowych w Nowym Jorku, a polegająca na rozmowie transkontynentalnej, pozwalającej widzieć nawzajem twarze rozmówców. Inny wkład do realizmu może polegać na rozszerzeniu użycia dźwięku stereofonicznego lub być może nawet na rozwoju telewizji trójwymiarowej.

Bardzo duże znaczenie dla przyszłości będzie miał charakter żądań użytkownika co do nowych zastosowań dotychczasowych usług. Jest rzeczą pewną, że wskutek tego wymagania techniczne staną się bardziej surowe. Należy też oczekiwać stałego nacisku na przyspieszanie strumienia wiadomości.

Najważniejszym jednak w skutkach będzie wzrost liczby łączy wszelkich typów, który następuje stale w tempie logarytmicznym. Są dwa czynniki, które powodują taki wzrost. Po pierwsze, spopularyzowanie usługi o wypróbowanej już jakości i atrakcyjnej cenie pociąga za sobą wzrost zaufania do niej, co z kolei powoduje dalsze zapotrzebowanie na tę usługę. Po drugie, coraz liczniejsi użytkownicy, w szczególności ci, którzy mają specjalne wymagania co do charakteru usług, uznają konieczność posługiwania się łącami dzierżawionymi i sieciami takich łączy, oddawanych do ich całkowitej dyspozycji. W Stanach Zjednoczonych Am.Pln. te specjalne usługi rozciągają się często na cały kraj, a nawet wykraczają poza kontynent, wpływając w sposób istotny na wzrost liczby nowych łączy. Podobnego rozwoju należy oczekiwać w innych krajach z powodu wzrostu potrzeb gospodarki krajowej lub z powodu rozwoju handlu międzynarodowego. Dlatego jeszcze w ciągu wielu lat nie należy spodziewać się wystąpienia zjawiska nasycania kraju łącami telekomunikacyjnymi.

Powracając do myśli już wypowiedzianych można stwierdzić, że wzrost zapotrzebowania na nowe łącza jest w rzeczywistości wzrostem zapotrzebowania na nowe pasma

przepustowe. Te nowe pasma mogą być uzyskane albo przez budowę nowych linii i rozbudowę istniejących, albo przez bardziej skuteczne wyzyskanie potencjalnego pasma przepustowego już istniejących lub znajdujących się w budowie linii kablowych i napowietrznych. Jakikolwiek sposób zostanie zastosowany, wszelkie plany powinny brać pod uwagę przyszłe wymagania co do jakości usług, a koszt tych usług powinien odpowiadać ich wartości dla użytkownika.

Przed takim właśnie zadaniem stoją dziś projektanci i wytwórcy. Jest rzeczą pewną, że zważywszy na istnienie licznych urządzeń, które z powodów ekonomicznych nie powinny być przedwcześnie wycofane z użycia, oba sposoby będą szeroko stosowane w zależności od specyficznych warunków lokalnych.

Systemy nośne umożliwiające skuteczne wykorzystanie dostępnego pasma częstotliwości pozyskały powszechną akceptację jako ekonomiczny środek techniczny niezbędny do świadczenia usług telekomunikacyjnych na dalsze odległości, mianowicie na odległości większe od 100 mil (160 km). Jak się wydaje, świadomość ekonomicznych możliwości i praktyczności systemów nośnych dla małych i bardzo małych odległości (mniejszych od 10 mil, tj. 16 km) jest znacznie słabsza. W Stanach Zjednoczonych Am. Płn. bezpośrednio po zakończeniu drugiej wojny światowej z całą energią zaatakowano problem małych odległości pod naciskiem bardzo dużego zapotrzebowania na łącza o długości mniejszej od 100 mil (160 km). Powstała koncepcja nowych systemów nośnych oparta na zastosowaniu modulacji

dwuwstęgowej w celu zmniejszenia kosztów urządzeń końcowych, na zastosowaniu wbudowanych lub dołączanych komparatorów i na zastosowaniu schematu przemiany częstotliwościowej w trakcie liniowym, która pozwoliła na zastosowanie zwykłych torów kablowych, poprzednio przeznaczonych tylko dla łączy naturalnych. System ten, nazywany w Bell System typem N, pozwalał uzyskiwać 12 łączy telefonicznych na 2 torach kablowych. W chwili jego wprowadzenia koszt jednego łącza tego systemu był mniejszy od kosztu jednego wzmacnianego łącza naturalnego na torze pupinizowanym przy odległości 25 mil (40 km) lub większej. W następnych latach - dzięki skoncentrowaniu uwagi konstruktorów na sprawie redukcji kosztów, dzięki automatyzacji i uproszczeniu procesów wytwarzania, montażu, instalowania i konserwacji - systemy te stały się porównywalne pod względem kosztów z systemami naturalnymi (dla torów pupinizowanych) przy odległościach 10 mil (16 km). Podobny system nośny o 24 łącach z zastosowaniem modulacji jednowstęgowej, a korzystający w torze z tych samych zakresów częstotliwości co system poprzedni, jest obecnie ekonomiczny dla odległości 30 mil (50 km).

Jak należało się spodziewać, te systemy na małe odległości znalazły w USA liczne zastosowanie dla łączy o długościach od 10 mil (16 km) do 200 mil (320 km). W końcu 1963 roku było w eksploatacji 610000 łączy tego rodzaju. Na rok 1964 planuje się dodatkowo 96000 takich łączy, co stanowi około połowę całego planu łączy nośnych na 1964 rok, wynoszącego 200000 łączy. To przyspieszone tempo rozwoju systemów nośnych dla małych, a zwłaszcza

dla bardzo małych odległości zostało spowodowane nie tylko względami ekonomicznymi, ale i innymi ważnymi zaletami tych systemów.

Po pierwsze, systemy nośne pozwalają uzyskać lepszą jakość transmisji niż systemy naturalne. Łącze nośne jest łączem dwukanałowym o dużej prędkości transmisji i może mieć mniejszą tłumienność wynikową przy większej stabilności, niż to jest możliwe z łączami naturalnymi jednotorowymi wzmacnianymi na torach pupinizowanych.

Po drugie, gdy zestrój nośny został już zainstalowany, może on nie tylko być użyty dla łączy telefonicznych, ale i łatwo przystosowany - przez dołączenie odpowiednich przystawek - do innych usług wymagających pasm o innych szerokościach.

Wreszcie, systemy nośne pozwalają na lepsze gospodarowanie obiektami zainwestowanymi w skali długoterminowej. Łącza nośne mogą być dostawiane odpowiednio do zadań, a do zmiany przewidywanych potrzeb można się dostosowywać wyłącznie przez zmianę liczby zamawianych urządzeń.

Rodzina systemów nośnych dla małych odległości jest dobrym przykładem bardziej kompletnego i skutecznego sposobu wykorzystania pasma częstotliwości ściśle związanego z kablowym torem przewodowym. Kabel o średnicy ok. 66 mm, zawierający 450 torów o przewodach o średnicy 0,91 mm izolowanych papierem lub polietylenem, dostarcza 450 łączy naturalnych. Natomiast system nośny 12-krotny dla małych odległości dostarczy 2700 telefonicznych łączy dwutorowych w tym samym pojedynczym ka-

blu, a system nośny 24-krotny dostarczy 5400 łączy, a więc tyle, ile uzyskuje się w kablu o 8 torach współosiowych w 3 zestrojach ośmiomegahercowych. Oczywiście, zastosowanie systemu nośnego pozwala odroczyć na dłuższy czas ułożenie dodatkowych kabli w dużym mieście i w ten sposób uniknąć zatłoczenia instalacji podziemnych.

Należy zauważyć, że te pożyteczne systemy dla małych odległości zostały opracowane w oparciu o wypróbowane elementy, w szczególności - lampy elektronowe, uzupełnione niektórymi nowymi elementami takimi, jak rdzenie ferrytowe i diody germanowe. W ostatnich opracowaniach tych systemów skorzystano oczywiście jak najbardziej z elementów półprzewodnikowych, co pozwoliło zaoszczędzić na objętości i urządzeniach zasilających, chociaż zasady działania pozostały niezmiennione.

W typowej sieci telefonicznej liczba łączy o długościach 5-15 mil (8-24 km) stanowi 67-75% wszystkich łączy magistralnych (trunk circuits), a wśród nich jest więcej łączy o długościach 5-10 mil (8-16 km) niż o długościach 10-15 mil (16-24 km). Dlatego mimo iż osiągnięto już znaczne zredukowanie długości łączy, przy których system nośny staje się ekonomiczny, pozostaje jeszcze dużo do zrobienia w zakresie przyszłych zastosowań systemów nośnych. Możliwe oszczędności łącznie z polepszeniem jakości usług i eksploatacyjną elastycznością właściwą systemom nośnym w przeciwieństwie do systemów naturalnych oraz bardzo korzystne wyniki doświadczeń z urządzeniami nośnymi dla małych odległości pobudzają do intensywnego wysiłku do dalszej redukcji kosztów zarówno urządzeń końcowych, jak i traktów.

Systemy nośne przewodowe w sieciach telefonicznych powszechnego użytku są nieomal bez wyjątku systemami częstotliwościowymi i opartymi na użyciu modulacji amplitudowej. Nieliczne wyjątki o bardzo ograniczonym zastosowaniu dotyczą użycia modulacji częstotliwościowej lub fazowej. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest to, iż przy obecnym stanie elementów i przy obecnej technologii układów modulacja amplitudowa pozwala na najbardziej skuteczne wykorzystanie pasma częstotliwości, jeśli wziąć pod uwagę całkowite koszty i spełnienie wymagań dotyczących transmisji.

Jeśli rozważyć, co można jeszcze uczynić, aby systemy nośne stały się ekonomicznie atrakcyjne dla odległości mniejszych od 10 mil (16 km), to dochodzi się do wniosku, że dalsza redukcja kosztów systemów nośnych dla małych odległości byłaby trudna do uzyskania lub bardzo nieznaczna, gdyby się pozostawiło zasady działania urządzeń niezmiennione. Dlatego należy skierować uwagę na inne możliwe rozwiązania.

Istnieje inny zasadniczo różny sposób wykorzystania pasma częstotliwości, a mianowicie sposób polegający na dzieleniu czasu na odcinki. Idea wielokrotnego wykorzystania dróg sygnałów tą metodą jest bardzo stara. W istocie, do najstarszych koncepcji telegrafii wielokrotnej można zaliczyć system wielokrotny z podziałem czasu przez użycie mechanicznych przełączników działających synchronicznie. Wiele ważnych prac teoretycznych wykonano już w zakresie wielokrotnych systemów z podziałem czasu i przy użyciu różnych układów modulacji impulsowych do

przekazywania wiadomości tego typu co głos ludzki. Wiele z tych systemów znalazło zastosowanie w różnych urządzeniach radiotechnicznych do celów wojskowych, niektóre zaś z nich - jednak w ograniczonym stopniu - znalazło później zastosowanie w sieciach telefonicznych powszechnego użytku. Ale szersze użycie systemów wielokrotnych z podziałem czasu i zastosowaniem modulacji impulsowych stało się praktycznie realizowane z chwilą dokonania wynalazków i opanowania technologii elementów półprzewodnikowych i układów impulsowych.

W wyniku studiów nad systemami dla małych odległości zdecydowano, że najbardziej obiecującą jest modulacja impulsowa kodowa. Wybrano projekt, który przewidywał, że ma to być system 24-krotny, dwutorowy. Próbkowanie przebiegu mowy następowało w nim z częstotliwością 8 kHz, po czym pobrane próbki podlegały kodowaniu w kodzie siedmiopoziomowym. Ósmy poziom przeznaczono do sygnalizacji. Sygnały przesyłane torem wymagały pasma rozciągającego się do 1,54 MHz. Urządzenia stacji przelotowej były typu regeneracyjnego (regeneratory), co oznacza, że odtwarzały one impulsy w ich pierwotnym kształcie i poziomie w każdej stacji przelotowej. Przyjęto, że tory przewodowe są wykonane z przewodów o średnicy 0,64 mm izolowanych papierem lub polietylenem w zwykłych kablach telefonicznych systemu naturalnego, oraz że odległość między kolejnymi stacjami przelotowymi ma wynosić 6000 stóp (1830 m), a więc ma być równa skokowi pupinizacji. Regeneratory mogły być albo umieszczane w studzienkach albo zawieszane na słupach, zależnie od typu kabli. Kabel za-

wiera 900 torów. Jeśli będzie zachowana nienaruszalność wiązek przewodów w kablu, to 200 zestrojów może pracować bez niepożądanych zakłóceń w systemie jednokablowym, co daje razem $24 \cdot 200 = 4800$ łączy. Natomiast w systemie dwukablowym można użyć wszystkich torów w kablu, co pozwala uzyskać $24 \cdot 900 = 21600$ łączy za pomocą 2 zwykłych kabli telefonicznych.

Kompletne urządzenie końcowe (włącznie z urządzeniem sygnalizacyjnym) o 3 zestrojach po 24 łączy (tj. o 72 łącach) może być umieszczone na stojaku o szerokości 52 cm i wysokości 3,8 m. Urządzenia regeneracyjne dla 25 zestrojów, tj. 50 jednokierunkowych regeneratorów, są zmontowane w cylindrycznej skrzyni o średnicy 21,5 cm i wysokości 62 cm. Koszt tych urządzeń jest o ok. 20% mniejszy od kosztu urządzeń systemu częstotliwościowego z modulacją amplitudową dla małych odległości.

Pierwsze urządzenia systemu kodowego były oddane do ruchu w jesieni 1962 roku w relacji między Chicago a jedną z miejscowości podmiejskich przy odległości ok. 13 mil (21 km) i przy 12 stacjach przelotowych umieszczonych we włazach. W końcu 1962 roku było już w USA 4600 łączy systemu kodowego w eksploatacji, a w końcu 1963 roku - liczba tych łączy dosięgła 43000. Przewiduje się, że w końcu 1964 roku będzie ich 93000. Ten wzrost wskazuje na ogólną akceptację całkowicie nowego systemu nośnego i zapowiada świetną przyszłość systemom kodowym w sieciach okręgowych dużych miast.

Dzięki systemom nośnym zaprojektowanym dla małych odległości praktyczna górna granica zakresu częstotliwości

stosowanego w torze o przewodach miedzianych, w zwykłym kablu telefonicznym, przesunęła się od 4 kHz dla torów pupinizowanych do ok. 270 kHz dla systemów o modulacji amplitudowej i do ok. 1,5 MHz dla systemów kodowych; jest to osiągnięcie naprawdę uderzające.

Sytuacja w technice dalekosiężnej jest zupełnie inna. Już od dawna systemy nośne były tam stosowane w celu uzyskiwania - w sposób ekonomiczny - dużych ilości łączy o dobrej jakości. Z powodu znacznych odległości, jakie tu występują, istotną rzeczą jest uzyskiwanie dużych prędkości transmisji, aby uniknąć wad transmisji wywołanych znacznym opóźnieniem sygnału i zjawiskiem echa.

Pierwsze zastosowanie systemów nośnych dla dużych odległości dotyczyło torów napowietrznych, po czym nastąpiło wykorzystanie do tego celu kablowych torów symetrycznych. Aby opanować zjawisko przesłuchu i jednocześnie uzyskać możliwie dużą ilość łączy w kablowych torach symetrycznych, trzeba było wprowadzić linie dwukablowe. Rozwój kablowych systemów nośnych w Europie odbywał się przeważnie na zasadzie stosowania kabli o wiązkach gwiazdowych i o specjalnie projektowanych do tego celu torach symetrycznych. Poprzednio używane dla systemów 12-krotnych kable o torach symetrycznych zostały następnie wyrafinowanymi metodami i ulepszoną techniką przystosowane do systemów nawet 120-krotnych, chociaż przeważnie górna granica krotności wynosiła 60.

W Stanach Zjednoczonych Am.Pln. w tym czasie, gdy systemy nośne kablowe stały się technicznie i ekonomicznie wykonalne, istniała już rozległa sieć kablowa kabli

czwórkowych dla łączy naturalnych. Aby wykorzystać tę sieć przystosowując ją do systemów nośnych, kładziono drugi podobny kabel obok już istniejącego dla utworzenia linii dwukablowych. Systemy zaprojektowane dla takich linii miały krotność równą 12 i pasmo od 12 do 60 kHz. Zważywszy na postępy dokonane w innych dziedzinach, mianowicie w dziedzinie systemów współosiowych i w dziedzinie mikrofalowych systemów radiowych, dalszy wysiłek nad powiększaniem krotności systemów symetrycznych nie wydawał się ekonomicznie usprawiedliwiony. Zrobiono jedynie użytek w niewielkim zakresie z systemów 16-krotnych dla małych odległości, przeznaczonych dla tych samych kabli, w których stosuje się system 12-krotny dalekosiężny.

Wkrótce stało się jasne, że systemy nośne w kablowych torach symetrycznych nie mogą stanowić podstawowego środka dla zaspokajania potrzeb usługowych przewidywanych w dobrze rozwiniętych i stale rosnących sieciach telekomunikacyjnych. Jakość transmisji była dobra, ale główne założenia systemów były tego rodzaju, iż nic nie wskazywało na dalszą znaczną redukcję kosztów. Również nie widać było ekonomicznie uzasadnionych sposobów takiego rozciągnięcia pasma użytkowego, aby umożliwić transmisje telewizyjne. Wreszcie, technika linii dwukablowych zawierała ryzyko w utrzymaniu niezawodnej łączności, skoro 2 kable były zawsze bardziej narażone na defekty niż kabel pojedynczy i skoro uszkodzenie jednego z kabli mogło powodować całkowity brak łączności.

Kablowy system współosiowy stanowi właściwe wyjście z tych trudności.

Rozwój systemów współosiowych stanowi pewien rekord w zakresie ciągłego rozszerzania używanego pasma. Pierwsze tego rodzaju systemy opracowane w USA miały krotkość równą 600 i górną częstotliwość używanego pasma 4 MHz. System zalecany później przez CCITT był to system o krotkości 900 i o górnej częstotliwości 6 MHz. Następnie opracowano w USA system o krotkości 1860 do 8 MHz lub (alternatywnie) o krotkości 600 z jednym kanałem telewizyjnym. Obecnie w CCITT pracuje się nad systemem o krotkości 2700 do 12 MHz z możliwością świadczenia i innych usług, np. transmisji telewizyjnych. Ale niezależnie od tych prac prowadzi się studia nad systemami współosiowymi dla jeszcze większych częstotliwości; systemy te będą miały jeszcze większą przepustowość informacyjną i lepszą jakość działania. Rozpoczęto mianowicie opracowanie nowego systemu współosiowego opartego na zastosowaniu modulacji amplitudowej, o krotkości 3600 dla pasma od 5,64 MHz do 17,4 MHz. System ma być całkowicie tranzystorowy przy odległościach stacji przelotowych 2 mile (3,2 km). Przekazanie pierwszych tego rodzaju urządzeń do eksploatacji spodziewane jest w 1967 roku. Aby zaspokoić rosnące zapotrzebowanie na łącza, zwiększono liczbę torów współosiowych w kablu z 4 i 8 najpierw do 12, a teraz nawet do 20. Liczba uzyskiwanych łączy telefonicznych przy użyciu takiego 20-torowego kabla i przy całkowitym wyposażeniu w sprzęt systemu 3600-krotnego przekroczy 32000, z uwzględnieniem niezbędne-

go zapasu torów na wypadek konieczności naprawy torów uszkodzonych i dla poprawnej konserwacji.

Jeszcze zanim ów system został wykończony i na kilka lat przed jego wprowadzeniem do ruchu przekonano się, że będzie on stanowił dalszy krok w marszu ku bardziej efektywnemu użyciu pasma częstotliwości, aby uzyskać więcej łączy. Jest jeszcze inne żądanie, aby bardzo obciążone ruchem główne arterie telekomunikacyjne były przystosowane do rozmaitych usług: telegraficznych, telefonicznych, transmisji danych i telewizyjnych w różnych kombinacjach, które mogą być często zmieniane. Dla uzyskania giętkości w doborze dróg i eksploatacji, trzeba będzie być przygotowanym na odprowadzanie wiązek łączy telefonicznych lub kanałów o szerokim pasmie w punktach przelotowych z zachowaniem usprawiedliwionych kosztów. Aby zapewnić ciągłość pracy i dobrą jakość, trzeba będzie przewidzieć urządzenia do ciągłej kontroli i regulacji, tak aby usunąć możliwość zaburzeń w działaniu licznych usług we wspólnym szerokopasmowym kanale. W ten sposób studia nad systemami teletransmisyjnymi dla bardziej odległej przyszłości postępują w dwóch następujących kierunkach.

Po pierwsze, chodzi o stworzenie drogi transmisyjnej o żądanej szerokości pasma przepustowego i o cechach wyrażonej kierunkowości (line transmission technique).

Po drugie, chodzi o budowę urządzeń wielokrotnych końcowych i przelotowych, które pozwoliłyby wykorzystać jak najskuteczniej rozporządzalne pasmo, aby zaspokoić żądania użytkowników.

W obu tych kierunkach postawiono zaledwie pierwsze kroki.

Całymi latami sądzono powszechnie, że falowody będą w przyszłości stosowane w głównych, obciążonych ruchem, arteriach telekomunikacyjnych. Intensywne badania dostarczyły wielu ważnych informacji, które posłużą jako podstawa praktycznych projektów. Ale wciąż jeszcze jest dużo praktycznych zagadnień dotyczących konstrukcji, które powinny być rozwiązane zanim będzie można realnie ocenić koszty, przydatność urządzeń i ich wykonalność. Już teraz jest wiadome, że będzie można wykorzystywać pasmo 40-100 GHz. Pozwoli to realizować ok. 170000 łączy telefonicznych lub 240 łączy telewizyjnych, lub też kombinacje obu tych rodzajów łączy. Zwykle uważa się, że w technice falowodowej stosuje się podział czasowy, ale niektórzy pracownicy badawczy w tej dziedzinie rozpatrują wciąż możliwości zastosowania modulacji częstotliwościowej.

Istnieje pewna ekonomiczna właściwość dalekosiężnych systemów falowodowych, która może być łatwo przeoczona przez inżynierów i pracowników badawczych zaabsorbowanych kwestiami technicznymi. Przy pełnym wyposażeniu linii falowodowej koszt jednego kilometra łączy będzie, jak się wydaje, bardzo mały, znacznie mniejszy niż koszt osiągalny w dzisiejszych systemach współosiowych lub radiowych - mikrofalowych na głównych trasach. Ale podstawowe składniki linii - falowody, wzmacniaki mikrofalowe, urządzenia zasilające itp. będą bardzo drogie. To tylko bardzo duża przepustowość informacyjna, a więc i bardzo

duża krotność systemu sprawiają, że koszt staje się atrakcyjny. Toteż w tych latach, w których zapotrzebowanie na łącza będzie stanowiło nieznaczną część całkowitych potencjalnych możliwości linii, koszt jednego łącza w systemie falowodowym będzie bardzo duży. Przez wiele lat dokonane inwestycje mogą być inwestycjami jałowymi zanim istotne korzyści finansowe będą mogły być osiągnięte. W jaki sposób wyciągać korzyści z potencjalnych możliwości falowodów bez strat ekonomicznych w pierwszych latach istnienia linii musi być przedmiotem poważnych studiów. Atrakcyjne rozwiązania są od nas niezbyt odległe, ale jest jeszcze za wcześnie mówić coś więcej o tym w chwili obecnej.

Drugą częścią problemu przyszłości, jest problem kombinowania ze sobą sygnałów, odpowiadających różnym usługom, w urządzeniach końcowych linii. Obecnie w USA stosuje się zwykle grupy pierwotne 12-kanalowe, grupy wtórne 60-kanalowe i grupy główne 600-kanalowe, wszystkie realizowane na zasadzie modulacji amplitudowej i podziału częstotliwościowym. Wiele różnych planów modulacyjnych już proponowano i przestudiowano, aby przystosować powyższe grupowanie kanałów do sygnałów typu impulsowego i do ich transmisji na zasadzie podziału czasowego. Istnieją ważne powody, które skłaniają do zachowania dotychczas stosowanych planów modulacyjnych, aby umożliwić współpracę nowych systemów z dotychczasowymi. Z drugiej jednak strony może być wiele technicznych korzyści, jeżeli zastosuje się bezpośrednio modulacje dla uzyskania sygnałów dyskretnych bez przechodzenia przez pośred-

nie stopnie typu analogowego. I tu studia są zaledwie zapoczątkowane, toteż jest jeszcze za wczesnie mówić coś, co byłoby więcej niż wzmianką o problemie.

Oceaniczne linie kablowe ze wzmacniakami zatapianymi na dużych głębokościach stanowią oddzielną dziedzinę, w której również dokonuje się szybkiego postępu pod względem rozszerzania pasma stosowanych częstotliwości. Pierwsza linia telefoniczna transatlantycka, dwukablowa, dostarczyła 36 łączy telefonicznych, które później przekształcono na 48 łączy przez odpowiednią przeróbkę krotnic. Najnowsze linie przez Atlantyk i przez Pacyfik dostarczają po 128 łączy w jednym kablu. Opracowuje się obecnie projekt linii o 160 łącach oraz wykonano już dostatecznie dużo prac doświadczalnych, aby zapewnić możliwość realizacji linii jednokablowych dla 720 łączy przy użyciu elementów z ciał stałych (solid state devices).

W niniejszym referacie zwróciliśmy główną uwagę na problem linii teletransmisyjnych, który - jak widzieliśmy - sprowadza się do problemu coraz skuteczniejszego wykorzystania coraz to szerszego pasma częstotliwości. Toteż wydaje się stosowne powiedzieć tu krótko o jeszcze innych sposobach, które są ograniczone przynajmniej do łączy telefonicznych. Wystarczy wymienić dwie metody. Jedną z nich zwaną metodą TASI (Time Assignment Speech Interpolation) została zastosowana w liniach oceanicznych. Wykorzystuje ona przerwy w rozmowie do przełączenia danego kanału takiemu z użytkowników, który go w danej chwili potrzebuje. Metoda ta pozwala prawie po-

dwoić liczbę łączy bez widocznego pogorszenia jakości transmisji. Koszt urządzeń końcowych systemu TASI jest duży, ale usprawiedliwiony dużymi kosztami łączy transoceanicznych.

Mniej zaawansowana, ale o większych możliwościach potencjalnych jest metoda zwana VOCODERem, której istotą jest analizowanie mowy, a następnie jej kodowanie po stronie nadawczej i wykonywanie czynności odwrotnych po stronie odbiorczej. Teoretycznie przepustowość kanałów mogłaby być tym sposobem zwiększona 4-5 razy.

W referacie traktującym o przyszłości dużo jednak miejsca poświęciliśmy przeszłości i ewolucji wydarzeń do dni dzisiejszych. Na tym tle i dzięki przeprowadzonej ocenie nowych czynników, które występują w związku z coraz bardziej wyrafinowanymi żądaniami użytkowników środków łączności, stało się możliwe poruszyć zagadnienia przyszłych badań i poszukiwań. Najbliższa przyszłość jest, jak się wydaje, wyraźna. Nieco dalsza przyszłość jest z konieczności mniej wyrazista, przede wszystkim dlatego, że atrakcyjne możliwości techniczne dopiero teraz zostały poddane bardziej intensywnym studiom. Jakikolwiek będzie wynik, należy oczekiwać, że proces ewolucji będzie trwał, dopóki nowe systemy teletransmisyjne nie zostaną włączone do wciąż i szybko rozrastającej się światowej sieci telekomunikacyjnej. W tej przyszłości drogi przewodowe w ich różnych postaciach będą - łącznie z drogami radiowymi - nadal brać udział we wspólnym dziele realizowania urządzeń niezbędnych dla świata.

Amerykański nośny system impulsowy dla bardzo małych odległości został dokładniej opisany w artykule: C.G. Davis, An experimental pulse code modulation system for short-haul trunks, Bell System Technical Journal, 1962, 41, No. 1, str. 1-24 (przypisek tłumacza).

O PROBLEMACH TWORZENIA STRUKTUR SIECI PRZEKAZYWANIA INFORMACJI

Tłumaczył: W. Nowicki¹⁾

Cała historia rozwoju ludzkości oraz wszelka działalność ludzka są nieodłącznie związane z wymianą informacji. Im wyżej stoi nauka i kultura, im większy jest rozwój wytwórczych sił społeczeństwa, im większe są wydajność pracy oraz materialne i duchowe potrzeby ludności, tym większa jest ilość przekazywanej i przetwarzanej informacji, tym większe są żądania co do szybkości i niezawodności jej przekazywania. Można twierdzić, że ilość przekazywanej i przetwarzanej informacji jest miernikiem intensywności działalności człowieka.

Nie można sobie pomyśleć współczesnego państwa bez rozwoju sieci dróg kolejowych, dróg szosowych i innych,

¹⁾ W.N. Roginskij: O problemach postrojenia struktur sjetiej o pieriedacz informaczi. Izwiestia Akademii Nauk SSSR, OTN, Techniczeskaja kibernetika, 1963, nr 3, s. 204-207, rys. 2, poz. bibl. 18.

bez rozwoju sieci energetycznej, gazociągowej, naftociągowej i innych sieci, jak również bez rozwoju sieci telekomunikacyjnej, czyli sieci przekazywania, rozdzielania i przetwarzania informacji¹⁾ [1, 2] zapewniającej normalne działanie przemysłu, transportu, sieci energetycznych, handlu i innych gałęzi gospodarki narodowej, umożliwiającej zarządzanie politycznym i gospodarczym życiem kraju i zaspokajającej kulturalne wymagania ludności. Środki przekazywania informacji odgrywają też ważną rolę w obronie państwa.

Rozwiązanie tego historycznego zadania, jakim jest budowa w przeciągu lat dwudziestu materialno-technicznej podstawy komunizmu, będzie wymagało znacznego rozwoju istniejących rodzajów łączności elektrycznej: telefonii, telegrafii, radiofonii i telewizji programowej, telesterowania itp. Jednocześnie rozwój kompleksowej automatyzacji oraz powstawanie rozmaitych obliczeniowych i kierowniczych ośrodków z ich maszynami elektronicznymi spowodują znaczny dalszy wzrost przekazywanej informacji. Już obecnie powstaje nowy rodzaj łączności elektrycznej - przekazywanie informacji cyfrowej z lub do maszyn

¹⁾ Autor używa na zmianę terminów "sieć telekomunikacyjna" (sjet' swiazi) i "sieć przekazywania, rozdzielania i przetwarzania informacji" (sjet' pieriedaczi, razpredielenia i pierierabotki informacji) w zasadzie dla oznaczenia jednego i tego samego pojęcia. Pierwszy z nich autor stosuje rzadziej, raczej wtedy, gdy chodzi o podkreślenie aspektu konstrukcyjno-eksploatacyjnego sieci; drugi zaś - częściej - gdy chodzi o aspekt teoretyczno naukowy (przyp. tłum.).

matematycznych (transmisja danych). Urządzenia przekazywania informacji stają się w ten sposób nieodłączną częścią procesów technologicznych powiększając wydajność pracy, pozwalając udoskonalić planowanie oraz przyspieszając wytwarzanie i wymianę dóbr.

W obecnym stanie rzeczy trudno jest jeszcze określić, jak wielka będzie wymiana informacji, można jednak śmiało twierdzić, że będzie ona 10 + 20 razy większa od obecnej. Jest rzeczą interesującą, że w miarę rozwoju wytwórczości ilość informacji rośnie w przybliżeniu proporcjonalnie do kwadratu produkcji.

Inną osobliwością przekazywania informacji jest to, że informacji nie można przekazywać "na zapas" lub wytwarzać jej w miejscu jej "zużycia". Częstokroć informacja nie znosi też w ogóle opóźnienia, gdyż może stracić wtedy swą wartość.

Rozbicie środków przekazywania informacji na różne rodzaje łączności i na różne zarządy, jak również brak odpowiedniej aparatury komutacyjnej doprowadziły do rozproszenia możliwości i do tego, że zarówno kanały telekomunikacyjne, jak i rozmaite urządzenia są wykorzystywane bardzo źle, np. w 10 + 20%, a niekiedy i jeszcze mniej. Jednocześnie takie rozbicie środków nie pozwala na pełną ich automatyzację. Współczesna nauka i stan techniki są już takie, że można mówić o możliwości znacznego (kilkakrotnego) wzrostu stopnia wykorzystania kanałów i o pełnej automatyzacji, co pozwoliłoby wyraźnie zwiększyć przepustowość już istniejącej sieci telekomunikacyjnej, stworzyć dodatkowe ludzkie rezerwy i uczynić urządzenia bardziej dochodowymi.

Właśnie teraz, gdy ma się rozpocząć znaczny wzrost środków łączności elektrycznej, trzeba rozstrzygnąć pytanie jak zbudować w sposób najbardziej racjonalny sieć telekomunikacyjną, aby mogła ona spełniać swe zadanie z zachowaniem żądanej jakości usług. Jeżeli bowiem teraz nie zastosujemy właściwych sposobów naprawy istniejącego stanu rzeczy, to może powstać sytuacja, kiedy środki łączności będą hamować dalszy rozwój gospodarki narodowej, wdrożenie maszyn elektronicznych i rozwój kompleksowej automatyzacji.

Stworzenie systemu przekazywania i rozdzielania informacji dla zaspokajania potrzeb państwa, systemu niezawodnego i jednocześnie ekonomicznego, staje się ważnym problemem narodowo-gospodarczym i naukowo-technicznym.

W Instytucie Problemów Przekazywania Informacji - IPPI (Instytut Problem Pieriadaczi Informacji - IPPI) Akademii Nauk Związku Radzieckiego dokonano próby rozeznania wszystkich aspektów poruszonego tu zagadnienia, stwierdzenia współczesnego stanu nauki w tym zakresie i określenia najpilniejszych zadań.

Podstawowym zadaniem sieci przekazywania informacji - złożonej sieci cybernetycznej - jest zapewnić niezawodne przekazywanie wiadomości na odległość od jednego punktu do drugiego (a niekiedy i do wielu punktów) za pomocą metod elektrycznych lub radiotechnicznych. Stosownie do tego zadania wszelkie problemy naukowo-techniczne [3, 4, 5] tworzenia sieci przekazywania informacji można podzielić na 3 następujące grupy problemów:

- 1) problemy transmisji wiadomości na odległość,
- 2) problemy magazynowania i przetwarzania informacji,
- 3) problemy dostarczania wiadomości do właściwego adresata.

Do pierwszej grupy należą zadania tworzenia kanałów telekomunikacyjnych, budowy aparatury końcowej i budowy urządzeń kodujących. Tu podstawowymi wskaźnikami jakości urządzeń są zgodność wiadomości odebranej z wiadomością nadaną i stopień wykorzystania zdolności przepustowej kanałów.

Do drugiej grupy problemów należą zadania budowy odpowiednich maszyn liczących i urządzeń magazynowania informacji. Tu podstawowymi wskaźnikami jakości urządzeń są szybkość i poprawność przetwarzania informacji oraz mała objętość urządzeń.

Wreszcie do trzeciej grupy należą zadania tworzenia sieci łączącej w jedną całość aparaturę końcową, urządzenia kanałowe i urządzenia przetwarzania informacji, jak również zadania budowy aparatury zapewniającej dostarczanie informacji do właściwego odbiorcy. Podstawowymi wskaźnikami jakości urządzeń są tu szybkość realizowania połączeń lub szybkość dostarczenia wiadomości, stopień wykorzystania kanałów i stopień żywotności sieci¹⁾.

¹⁾ Przez żywotność sieci autor rozumie taką cechę sieci, iż nie przestaje ona spełniać swych funkcji mimo takich lub innych uszkodzeń, jakie mogą w niej wystąpić. Żądaną żywotność sieci uzyskuje się np. przez wprowadzenie do sieci urządzeń rezerwowych, realizację dróg obejściowych lub zastępczych itp. W dalszej części referatu autor podaje określenie żywotności (przyp. tłum.).

Bliższe spojrzenie na stan prac naukowo-badawczych w trzech wymienionych grupach problemów wykazuje, że w pierwszych dwóch grupach prace są na ogół daleko posunięte. Tak więc w ostatnich latach opracowano nowe systemy wielokrotne dla linii kablowych i radiowych, opanowano zakresy fal radiowych, opracowano wiele maszyn liczących o różnym przeznaczeniu, zmniejszono kilkadziesiąt razy koszty kanałów i maszyn liczących, zwiększono ich niezawodność. Znacznie się rozwinęła teoria informacji. Powstają nowe systemy telekomunikacyjne z wykorzystaniem falowodów, satelitów sztucznych, śladów meteorów itp.

Natomiast w zakresie trzeciej grupy problemów prowadzi się znacznie mniej prac naukowo-badawczych. W wyniku takiego stanu rzeczy nie mamy jeszcze naukowych metod tworzenia sieci telekomunikacyjnych, aparatura komutacyjna znajduje się na poziomie techniki lat trzydziestych lub czterdziestych, a koszt jej nadal rośnie.

W niniejszym referacie zajmiemy się pokrótce problemami trzeciej grupy, gdyż właśnie ich rozwiązanie stworzy możliwość budowy sieci telekomunikacyjnej w sposób jak najbardziej racjonalny i pozwoli jak najskuteczniej wykorzystywać kanały.

Ogólnie biorąc można w następujący sposób sformułować zadanie budowy sieci przekazywania informacji, a w szczególności - stworzenia właściwej jej struktury.

Dana jest pewna powierzchnia, na której są rozmieszczone "punkty abonenckie" - źródła i odbiorniki informacji, między którymi występuje określone ciążenie wzajemne wyrażające się w zapotrzebowaniu na dostawę roz-

maitych wiadomości. Rozmaitość wiadomości może dotyczyć jej postaci, charakteru lub ilości, albo może polegać na różnicy żądań co do wierności wiadomości, szybkości jej dostarczenia itp. Należy zbudować sieć, tj. należy rozmieścić na danej powierzchni węzły, które zbierają strumienie informacji i dokonują wyboru dalszej drogi dla tych strumieni, oraz - rozmieścić linie wielokanałowe łączące punkty abonenckie z węzłami i węzły między sobą. Rozmieszczenie węzłów i linii, wybór rodzaju i ilości wyposażenia komutacyjnego dla węzłów oraz decyzja co do niezbędnej zdolności przepustowej poszczególnych relacji powinny być zrobione w ten sposób, żeby cała sieć zapewniała dostarczanie informacji odpowiednio do wysuniętych żądań przy możliwie najmniejszych nakładach inwestycyjnych i eksploatacyjnych oraz żeby sieć tę cechowała wymagana żywotność. Przez żywotność należy tu rozumieć zdolność dostarczania informacji (z dozwolonym stopniem zmniejszenia jej jakości) w przypadku nieoczekiwanych przeciążeń lub w przypadku, gdy zawiodą niektóre węzły lub linie.

Na pierwszy rzut oka takie zadanie wydaje się być pewną odmianą tzw. zadań transportowych, których rozwiązanie jest stosunkowo łatwe, jeśli się użyje elektronicznych maszyn liczących. Jednakże obecnie nie można zaprogramować zadania zaprojektowania optymalnej sieci nie tylko dlatego, że ilość możliwych wariantów jest niezwykle duża (które należałoby przeliczyć dla sieci mającej setki lub tysiące punktów z uwzględnieniem różnych rodzajów informacji i różnych żądań co do sposobów

jej dostarczania), ale i dlatego, że nieznane są jeszcze prawa zachowania się sieci i że nie ma jeszcze uzasadnionych wymagań co do wskaźników jakościowych i co do żywotności sieci, tj. że nie wiadomo czego należy żądać od sieci.

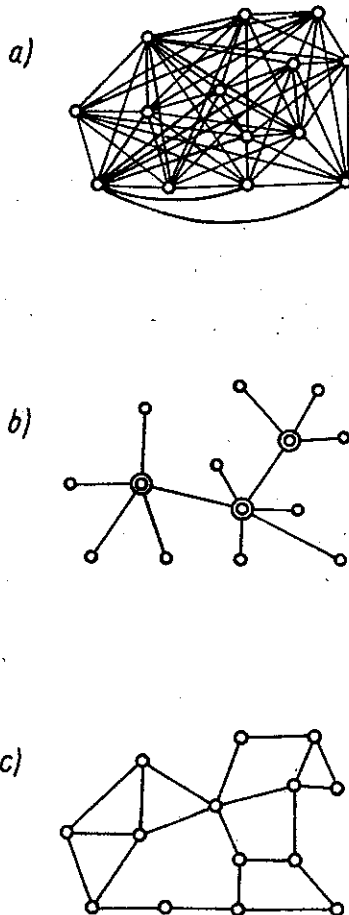
Dla rozwiązania całości zagadnienia należałoby przede wszystkim rozwiązać zadania następujące.

1. Poznanie strumieni informacji, ich własności oraz wymagań co do ich przekazywania i dostarczania. Należy przy tym stworzyć metodologię prognoz dotyczących przyszłych strumieni informacji. Trzeba zauważyć, że dotychczas nie ma jeszcze dobrego rozeznania w sprawie strumieni informacji, jakie będą wytwarzane przez najrozmaitsze maszyny liczące. Można tylko twierdzić, że strumienie te będą znacznie się różnić od strumieni telefonicznych i telegraficznych już dobrze poznanych.

2. Poznanie praw zachowania się sieci przy zmianie obciążeń i stworzenie metod określania wskaźników jakościowych dla sieci z punktami obejściowymi. Istniejące metody teorii masowej obsługi pozwalają oceniać tylko oddzielne węzły lub odcinki sieci. Natomiast wciąż jeszcze nie ma metod określania zdolności przepustowej sieci, jeśli pominąć przypadki całkiem proste.

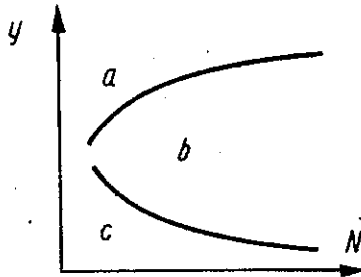
3. Stworzenie teorii tworzenia optymalnych struktur sieci przekazywania informacji. Istnieją 3 podstawowe rodzaje struktur sieci (rys. 1), których węzły są łączone ze sobą na zasadzie albo: a) "każdy z każdym", albo b) "promieniowo" (przez węzły); albo c) "z najbliż-

szym". Obecnie nie ma ogólnej metody oceny tych sposobów. Prace, wykonane już w Instytucie Problemów Przekazywania Informacji Akademii Nauk Związku Radzieckiego (IPPI AN ZR) [6] pokazują, że wybór struktury sieci za-



Rys. 1. Sposoby łączenia węzłów w sieciach telekomunikacyjnych:
a/ każdy z każdym, b/ przez węzły, c/ z najbliższym

leży przede wszystkim od liczby węzłów w sieci i od ich wzajemnego ciążenia. Posługując się tymi dwoma wskaźnikami można wyznaczyć obszary, w których ta lub inna struktura będzie najdogodniejsza z punktu widzenia minimum długości wszystkich łączy (rys. 2).



Rys. 2. Granice racjonalnego zastosowania różnych sposobów połączenia węzłów/a - każdy z każdym, b - przez węzły, c - z najbliższym/ w sieciach telekomunikacyjnych w zależności od liczby stacji /N/ i obciążenia relacji /y/

Zwykle projektowanie sieci sprowadza się do rozpatrzenia kilku przypadkowych wariantów dla konkretnych warunków lub systemów. Najlepiej zostały opracowane metody projektowania telefonicznych sieci miejskich [6+8]. Rozpatrzono też niektóre przypadki budowy telefonicznych sieci międzynarodowych¹⁾ [9+11].

W ostatnich latach zjawily się jednak prace formułujące zadanie tworzenia sieci w sposób ogólny. Zastosowanie teorii grafów i niektórych specjalnych rodzajów

¹⁾ Prawdopodobnie powinno być: "międzymiastowych", a nie "międzynarodowych" (przyp. tłum.).

rachunku macierzowego pozwala dokonać analizy sieci i wyznaczyć niektóre wskaźniki tych sieci [12+17]: liczbę możliwych dróg, ich długości, najkrótsze drogi, liczbę łączy itp., což kiedy tylko dla niektórych szczególnych przypadków. W szczególności we wszystkich tych pracach nie bierze się pod uwagę komutacyjnych zdolności węzłów, nie uzyskuje się wskaźników jakościowych, brak metodyki wyznaczania zdolności przepustowej sieci, wreszcie - nie ocenia się żywotności sieci. Wciąż jeszcze nie ma prac, które by ujmowały zagadnienie syntezy budowy sieci w sposób ogólny.

Jest rzeczą konieczną już teraz rozpocząć prace badawcze zmierzające do ujawnienia praw zależności wskaźników jakościowych sieci od struktury sieci. Tu w szczególności należy opracować kryteria żywotności, metody wyznaczania optymalnej drogi w sieci z uwzględnieniem jej stanu i jej obciążeń w poszczególnych wycinkach sieci. Poczesne miejsce w tych pracach powinny zająć badania w zakresie teorii obsługi masowej.

W IPPI AN ZR łącznie z Instytutami Ministerstwa Łączności prowadzi się obecnie prace w celu znalezienia ogólnych metod budowy optymalnych sieci przekazywania informacji, tak iż można mieć nadzieję, że w najbliższym już czasie będą opracowane praktyczne zalecenia dotyczące wyznaczania optymalnej sieci przy zadanym wyposażeniu.

4. Opracowanie teorii żywotności sieci, tj. poznanie zachowania się sieci przy przeciążeniach i w przypadku, gdy zawiodą niektóre węzły i linie, jak również opracowanie sposobów zwiększenia żywotności i jej samoodbudowy.

Żywotność jest zapewniona przede wszystkim przez taką strukturę sieci, która daje możliwość stworzyć drogi obejściowe, a także przez taką aparaturę komutacyjną i sterującą, która pozwala w odpowiedni sposób i we właściwym czasie dokonywać przestrojenia sieci, która - w razie potrzeby - pozwala kierować strumienie informacji drogami obejściowymi itp.

5. Stworzenie uniwersalnego wyposażenia komutacyjnego zapewniającego zarówno dostarczanie wiadomości pod zadanym adresem, jak i wybór odpowiedniego kanału (pod względem jego przepustowości, zakłóceń itp.) oraz przywrócenie poprzedniej sprawności sieci w przypadku jakichkolwiek uszkodzeń. System komutacji powinien zapewniać największe wykorzystanie zdolności przepustowej kanałów oraz segregację wiadomości na bardziej pilne, przekazywane w pierwszej kolejności, i na mniej pilne, które powinny być magazynowane, a następnie przekazywane w drugiej kolejności. Aby to drugie zadanie było możliwe, aparatura komutacyjna powinna zawierać urządzenia pamięci operacyjnej.

System komutacji powinien być, jak się wydaje, jednaki dla wszystkich rodzajów telekomunikacji (telefonii, telegrafii itp.) i w zależności od wymagań powinien umożliwiać przełączanie czy to poszczególnych kanałów lub łączy, czy też całych linii.

Do chwili obecnej do komutacji stosuje się wybieraki elektromechaniczne, łączniki i przekaźniki o stykach mechanicznych tarciovych lub ciśnieniowych. Liczne próby

zastąpienia zestyków jakimś bezstykowym elementem nie dały dotychczas wyników korzystnych ani pod względem jakości ani pod względem kosztów. Badania wykonane w IPPI AN ZR dowiodły, że system komutacyjny powinien być rozwiązywany łącznie z systemem wielokrotnego wykorzystania torów. Przy takim rozwiązaniu można mieć wspólne bloki w wyposażeniu komutacyjnym i w wyposażeniu transmisyjnym, można skutecznie wykorzystać dużą szybkość działania elementów bezstykowych i można znacznie (kilkakrotnie) zmniejszyć objętość urządzeń. Ten sposób jest szczególnie wydajny w przypadku przekazywania wiadomości przy użyciu systemów impulsowych [18], które mogą zapewnić przekazywanie wiadomości różnego rodzaju za pomocą jednolitych środków technicznych. W tym celu trzeba będzie opracować metody obliczania zdolności przepustowej uniwersalnych układów komutacyjnych i metody tworzenia optymalnych struktur takich układów.

6. Stworzenie systemu sterowania siecią, zapewniającego właściwe użycie aparatury komutacyjnej w węzłach, wybór najkorzystniejszej drogi dostarczenia wiadomości, kontrolę stanu poszczególnych wycinków sieci, regulację parametrów kanałów itp. Właśnie system sterowania sprawi, że sieć będzie działać dobrze, że urządzenia będą właściwie wykorzystane i że sieć będzie właściwie przestrajana w przypadku uszkodzeń.

Tu należy przede wszystkim sprecyzować wymagania dotyczące systemu sterowania w skomplikowanym cybernetycznym zespole urządzeń komutacyjnych rozrzuconych po wielu węzłach sieci. Badania wykonywane w IPPI, w Instytu-

cie Automatyki i Telemekhaniki AN ZR, w Instytucie Cybernetyki AN Ukraińskiej Socjalistycznej Republiki Radzieckiej i w wielu innych instytucjach pozwalają sformułować algorytmy pracy i znaleźć metody tworzenia optymalnych struktur urządzeń sterujących.

7. Wreszcie, jest rzeczą konieczną prowadzić badania techniczno-ekonomiczne w celu wyjaśnienia roli środków łączności w gospodarce narodowej i w celu określania stopnia przydatności tych środków nie tylko dla Ministerstwa Łączności lub innego zarządu, jak to się robi dotychczas, ale i dla całego państwa. Jeszcze W.I. Lenin wskazywał na to, że telefon obok przemysłu ciężkiego, maszyn i kolei żelaznych "dostarcza tysiący możliwości skrócenia w czwórnasób czasu pracy zapewniając jej wykonawcom pięciokrotnie zwiększony dobrobyt".

Jednak dotychczas nie znamy jeszcze praw wpływania środków łączności na wzrost wydajności pracy, chociaż wpływ ten jest niewątpliwy. Ekonomisci łącznie z technnikami powinni przeprowadzić badania w tym względzie.

Rozwiązanie zagadnień ekonomicznych pozwoli w sposób bardziej uzasadniony niż dotychczas potraktować sprawę stworzenia sieci jako całości i sprawę oceny poszczególnych wymagań w stosunku do tej sieci.

Powyżej wymieniliśmy zadania najbardziej ważne, a jednocześnie - według naszego zdania - będące zadaniami, których rozwiązanie jest najmniej zaawansowane. Szybsze ich rozwiązanie przyspieszy budowę ogólnopństwowej całkowicie zautomatyzowanej sieci telekomunikacyjnej, jedynej w sensie organizacyjnym i technicznym, zaspokajają-

cej wszelkie potrzeby państwa, gospodarki narodowej i ludności w zakresie przekazywania informacji.

WYKAZ LITERATURY

1. Harkiewicz A.A.: Informacja i technika. *Kommunist*, 1962, nr 17.
2. Bierg A., Kitow A., Lapunow A.: Radioelektronika na służbu upravlennia narodnym chazajstwa. *Kommunist*, 1960, nr 11.
3. Kowalenkow W.I.: Nauka i rozwicie techniki przewodnoj swiazi. *Wiestn. AN SSSR*, 1956, nr 6.
4. Roginskij W.N.: Naucznyje woprosy postrojenja jedinoj sistiemy pieriedaczi informaczi. *Wiestn. AN SSSR*, 1962, nr 1.
5. Roginskij W.N.: Ważniejsze zadaczi razwitia tielemechaniki w swiazi. Sessja AN SSSR, po naucznyh problemam awtomatizaczi proizwodstwa 15-20 oktiabria 1956 r, t. 4. Naucznyje problemy tielemechanizaczi proizwodstwiennyh processow. *Izd-wo AN SSSR*, 1957.
6. Kowalewa W.D.: O postrojenii sjeti sojedinitielnych linii na GTS. *Sb. naucz. rabot po przewodnoj swiazi. Izd.-wo AN SSSR*, 1957, wyp. 6.
7. Marchaj Je. W., Roginskij W.N., Charkiewicz A.A.: *Awtomaticzeskaja telefonia. Swiazizdat*, 1960.
8. Żdanow I.M.: Rajonirowanje w gorodskich telefonnych

- sjetiach. Sb. nauczn. rabot po prowadnoj swiazi. Izd-wo AN SSSR, 1956, wyp. 5.
9. Adżemow S.A.: Metod analiza schiem postrojenja sjeti mieżdugorodnych swiaziej. Sb. nauczn. tr. CNIIS. Izd-wo CNIIS, 1961, wyp. 1.
 10. Adżemow S.A.: Ob ocenkie schiem postrojenja sjeti po nadzieźnosti i stoinosti. Sb. nauczn. tr. CNIIS. Izd-wo CNIIS, 1961, wyp. 2.
 11. Tołczan A.Ja.: Ob adnom sposobie optimizacji struktury sjeti swiazi. Sb. Problemy pieriedaczi informaczi. Izd-wo AN SSSR, 1962, wyp. 11.
 12. Shimbel A.: Structure in communication nets. Pros. Symp. of Inf. Networks (Apr. 1954). Polytechn. Inst. Brooklyn, N-Y, 1955.
 13. Lowarow G.N.: Kratkij oczerk teorii kumulatiwnych sjetiej. Sb. Problemy pieriedaczi informaczi. Izd-wo AN SSSR, 1960, wyp. 6.
 14. Elias P., Feinstein A., Shannon C.E.: A note on the maximum flow trough a network. IRE Trans. on Inf. Theory, 1956, IT - 2, June.
 15. Prim R.K.: Kraczajszije swiaziwajuszczije sjeti i niekotoryje obobszczenia. Kiberneticz. Sb. Izd. inostr. lit., 1961, wyp. 2.
 16. Tang D.T., Chien R.T.: Analysis and synthesis techniques of ariented communication nets. IRE Trans. on Circuit Theory, 1961, CT-8, No 1.

17. Wing O., Chien R.T.: Optimal synthesis of a communication net. IRE Trans. on Circuit Theory, 1961, CT-8, No 1.
18. Archangielskaja A.A., Jerszow W.A.: K woprosu postrojenia kommutacyjnych sistem dla kommutacji impulsno-wremiennych kanałow. Sb. Problemy pieriedaczi informaczi. Izd-wo AN SSSR, 1962, wyp. 12.

NAUKA A ROZWÓJ TELEKOMUNIKACJI PRZEWODOWEJ

Tłumaczył: W. Nowicki¹⁾

Telekomunikacja elektryczna odgrywa doniosłą rolę w życiu społeczeństwa i działalności państwa. Strumienie wiadomości przekazuje się dziś we wszelkich kierunkach na duże odległości pod postacią telegraficzną, telefoniczną, fototelegraficzną, zarówno drogami przewodowymi, jak i radiowymi. Ważne znaczenie ma też komunikacja jako narzędzie działalności kulturalnej (radiofonia, telewizja).

Ale środki techniczne i metody, które rozwinęły się na gruncie komunikacji, mają znaczenie i poza właściwą komunikacją. Tak więc, wszelkie rodzaje telesterowania i telemetrii również polegają na wysyłaniu i

¹⁾ W.I. Kowalenkow: Nauka i rozwicie techniki przewodnej swiazi. Wiestnik Akademii Nauk SSSR, 1956, nr 6, s. 65-71.

odbiorze różnego rodzaju sygnałów elektrycznych, a zatem mają wspólne podstawy naukowe z właściwą telekomunikacją. Podobnie rzecz się ma z wieloma członami i urządzeniami automatyki, techniki maszyn liczących oraz innych dziedzin techniki, odgrywających ważną rolę w gospodarce narodowej.

Współczesna telekomunikacja elektryczna jest zespołem technicznych środków przewodowych i radiowych. Zresztą podział tych środków na przewodowe i radiowe jest w pewnym stopniu umowny. Nie zawsze można wyznaczyć granicę między tymi dwoma rodzajami telekomunikacji, co jest zrozumiałe, jeśli wziąć pod uwagę wspólność celów, wspólność teorii, wykorzystywanie w znacznej mierze tych samych środków technicznych itp. Ale jednocześnie każdy z tych dwóch rodzajów telekomunikacji ma swe odrębne właściwości, które sprawiają, że taki podział jest celowy, które określają problematykę naukową każdego z tych rodzajów telekomunikacji, i które wysuwają specyficzne zadania techniczne.

Charakterystycznym rysem współczesnego etapu rozwoju telekomunikacji jest olbrzymi wzrost środków łączności przewodowej prawie we wszystkich bez wyjątku krajach, duży rozmach w zakresie odpowiednich badań naukowych, oraz wprowadzanie udoskonalonych systemów telekomunikacyjnych, elementów i członów urządzeń, zapewniających nie tylko dużą jakość, ale i duże efekty ekonomiczne.

Niestety trzeba przyznać, że współczesny poziom środków łączności przewodowej w Związku Radzieckim jest taki, że potrzeby kraju nie są zaspokajane ani w sensie i-

łościowym, ani w sensie jakościowym oraz że pod względem wartości różnych wskaźników ustępujemy bardziej rozwiniętym krajom kapitalistycznym. Tytułem przykładu można wskazać na znacznie większą niż u nas gęstość telefoniczną w Stanach Zjednoczonych Am. Płn. oraz na masowe stosowanie za granicą linii kablowych systemu współosiowego, wykorzystywanych zarówno dla telefonii i telegrafii, jak i dla telewizji, przy tym na duże odległości. Współczesne łącznice automatyczne systemu krzyżowego wymagają 10-krotnie mniej licznej obsługi niż nasze łącznice systemu skokowego, wykonywane na podstawie opracowań sprzed 20 laty. Można by wymienić jeszcze inne przykłady.

Takie opóźnienie można częściowo wytłumaczyć niedorozwojem teoretycznych i doświadczalnych prac w dziedzinie telekomunikacji przewodowej. Szczególnie mało rozwinięte są prace z zakresu telefonii automatycznej, gdzie zagadnienia teorii tworzenia układów i sieci oraz wytwarzania nowych elementów i urządzeń nie są prawie wcale opracowywane.

Rozpatrzmy tu niektóre problemy naukowe występujące w telekomunikacji przewodowej. Bardziej dokładnie powinniśmy omówić dwa główne problemy, a mianowicie problem polegający na opracowaniu teorii przekazywania sygnałów kanałami telekomunikacyjnymi i na opracowaniu nowych bardziej doskonałych systemów teletransmisyjnych oraz problem polegający na opracowaniu teorii tworzenia układów i sieci istotnych dla automatyzacji łączności telefonicznej. Te dwa problemy należy wyraźnie wydzielić spo-

śródm innych, gdyż stanowią one istotę najbardziej perspektywicznych tendencji występujących w obserwowanym obecnie rozwoju środków łączności przewodowej. Oba problemy dotyczą jednak wspólnego celu, jakim jest zwiększenie skuteczności działania i niezawodności urządzeń telekomunikacji przewodowej.

Współczesna teoria teletransmisji wykształciła się w samodzielną naukę wzięwszy swój początek z teorii układów elektrycznych i teorii ruchu drgań elektromagnetycznych, które najpierw stanowiły rozdziały elektrotechniki teoretycznej, a następnie rozwinęły się pod wpływem potrzeb telekomunikacji, automatycznej regulacji, miernictwa, urządzeń liczących, telesterowania itp.

Liczne badania rodzimych i zagranicznych autorów doprowadziły do opracowania teorii torów napowietrznych i kablowych (symetrycznych i współosiowych), falowodów, przewodów "wielowarstwowych" oraz torów wieloprzewodowych (w szczególności torów w liniach energetycznych trójfazowych). Stworzono teorię przeników, itp. Badania te, opierające się głównie na teorii równań fizyki matematycznej, stały się podstawą inżynierskich metod obliczania racjonalnych konstrukcji linii teletransmisyjnych, metod projektowania łączy, metod określania szkodliwych oddziaływań źródeł obcych i metod zwalczania tych oddziaływań. Mimo to jest jeszcze dużo do zrobienia w tym zakresie. Można więc wskazać na zadania typu technologicznego, na bardzo ważną dziedzinę badań warunków transmisji wzdłuż torów niejednorodnych, kiedy zachodzi potrzeba uwzględniania w równaniach pola elektromagnetycznego

przypadkowych zmian wartości parametrów, czyli wzięcia pod uwagę statystyki. Można też wskazać na konieczność zbadania nowych sposobów transmisji np. takich, jak transmisja za pomocą wzbudzenia powierzchni fali (Pie-riedacza pri pomoszczi wozbuźdżenia powierzchniowej wołny). Elektryfikacja kraju, a w szczególności wprowadzenie trakcji elektrycznej prądu zmiennego wymaga udoskonalenia metod obliczania oddziaływań prądów energetycznych na linie teletransmisyjne oraz opracowania metod wykorzystania linii wysokiego napięcia dla telekomunikacji.

Duży postęp osiągnięto w teorii układów elektrycznych, będącej podstawą projektowania rozmaitych urządzeń niezbędnych w telekomunikacji. Szczególnie rozwinęła się teoria układów linearnych, która dzięki przeniknięciu do niej metod matematycznych (głównie - algebry liniowej, przekształceń całkowych, aproksymacji funkcji, teorii funkcji zmiennych zespolonych) - stała się sprawnym narzędziem pracy inżynierów projektujących filtry, korektory, wzmacniacze, tory sztuczne i inne podobne urządzenia lub zespoły urządzeń.

Jednak i w teorii układów linearnych jest jeszcze wiele zagadnień nierozwiązanych. Do nich można zaliczyć: udoskonalenie metod syntezy układów wg zadanych wymagań odnoszących się do ich charakterystyk częstotliwościowych lub czasowych; opracowanie uniwersalnych metod obliczania układów, których parametry są zmienne w czasie; stworzenie inżynierskich metod obliczania układów zawierających tranzystory; pogłębienie istniejącej teorii i

jej dalszy rozwój przez zastosowanie niezbędnego postępowania matematycznego (w szczególności w ostatnich czasach ujawniła się tendencja zastosowania metod analizy funkcjonalnej i teorii grup); wykorzystanie metod i urządzeń do wydzielenia sygnałów opartego na zasadach innych niż wydzielenie na podstawie kryteriów częstotliwości i czasu; ulepszenie przybliżonych metod badania układów, rozwój teorii układów, w których wartości parametrów elementów układu podlegają przypadkowym zmianom lub przypadkowym oscylacjom. Co się zaś tyczy układów nieliniarnych, to tu mamy do czynienia z bezkresnym obszarem badań naukowych. W tej dziedzinie bowiem dokonano jeszcze bardzo mało, wiadomo jedynie, że pomyślnie opracowanie teorii układów nieliniarnych pozwoli rozwiązać wiele zadań technicznych całkiem odmiennie niż dotychczas i bardziej racjonalnie.

W ostatnich latach znaczne postępy poczyniła tzw. ogólna teoria przekazywania wiadomości (teoria informacji), która w oparciu o uogólnienia uzyskane z nagromadzonych doświadczeń rozpatruje ogólne zagadnienia związane z przekazywaniem wiadomości, a w szczególności z metodami łączności elektrycznej. Znaczenie tej teorii polega na tym, że nie tylko pozwala ona uogólnić to wszystko, czego dotychczas dokonano w danej dziedzinie, ale także daje ona możliwość wskazania kierunków dalszego rozwoju. Tak oto, zadanie zwiększenia efektywności środków łączności, tj. zadanie powiększenia ilości przekazywanych wiadomości przy danej mocy sygnału, danej szerokości pasma i danym czasie trwania transmisji, rozwiązuje

się przez wykorzystanie nowych systemów transmisji sygnałów, włączając w to nowe rodzaje modulacji, nowe sposoby kodowania, a w szczególności impulsowe metody łączności. Jednocześnie przejawia się nowa tendencja wykorzystania - dla zwiększenia efektywności łączności - ogromnych rezerw statystycznych, jakie są zawarte w niektórych rodzajach wiadomości, jak również - wykorzystania właściwości wrażeń słuchowych i wzrokowych.

Tytułem przykładu uwydatniającego znaczenie ogólnej teorii można przytoczyć następujący fakt. Obecnie dla transmisji programu telewizyjnego wymagane jest pasmo częstotliwości, w którym można by zmieścić około 1500 pasm telefonicznych. Badanie własności sygnału telewizyjnego, dokonane w oparciu o wymienioną teorię, wskazuje na możliwość zwężenia pasma telewizyjnego około 10-krotnie przez wykorzystanie rezerw statystycznych występujących w tym sygnale.

Niezależnie od tego - przy rozpatrywaniu zagadnień niezawodności łączności - teoria pozwala dokonywać porównania ze sobą różnych systemów za pomocą wspólnych kryteriów oceny i wskazuje na sposoby zwiększenia niezawodności.

Zwiększenie efektywności łączności kosztem rezerw statystycznych przez dekorelację sygnału, tj. przez usunięcie wewnętrznych statystycznych powiązań między elementami sygnału, można zrealizować dwoma znanymi obecnie sposobami dekorelacji - predykcją i komasacją, tj. przez utworzenie nowego sygnału z dłuższych lub krótszych odcinków sygnału pierwotnego. Dotychczas nie jest rzeczą

jasną, czy mogą istnieć inne sposoby dekorelacji, jak można ujawnić możliwość ich istnienia i jakie byłyby widoki ich zastosowania. Tymczasem jednak jest oczywiste, że jest to jedno z najbardziej podstawowych zagadnień, którego rozwiązanie może mieć istotny wpływ na postęp techniczny.

Podobnie się rzecz ma z teorią predykcji. Obecnie opracowano dobrze tylko linearną teorię predykcji. Zupełnie nie wiadomo, co może nam dać predykcja nieliniarna; rozwój teorii w tym kierunku powinien wskazać, jakie są perspektywy i możliwości zastosowań takiej predykcji.

Innym kierunkiem zwiększenia efektywności łączności jest wykorzystanie nowych sposobów przekazywania wiadomości. W ostatnich latach powstało wiele nowych metod modulacji (modulacja delta, modulacja z niejawnym wskaźnikiem - s niejawnym indieksem, itp.). Zaproponowano wiele specjalnych kodów: kody statystycznie optymalne bezprzecinkowe, kody korekcyjne itp. Konieczna jest dalsza praca w tych kierunkach.

Jak już wskazaliśmy, duża efektywność przekazywania wiadomości może być osiągnięta przez wykorzystanie statystycznych własności wiadomości. Tymczasem, nawet w przypadku podstawowych rodzajów wiadomości (mowa, obrazy itp.) własności te są całkiem niezbadane. Należy opracować metody badania, stworzyć odpowiednią aparaturę badawczą i dokonać analizy różnych rodzajów wiadomości pod tym względem. Poznanie właściwości organów słuchu i wzroku u człowieka może także wskazać na nowe możliwości zwiększenia efektywności przekazywania wiadomości.

Żeby zbliżyć się do praktycznej realizacji wyników teorii, trzeba wykonać prace nad stworzeniem nowych systemów telekomunikacyjnych, w których byłyby wykorzystywane zarówno statystyczne rezerwy tkwiące w wiadomościach, jak i właściwości wzroku i słuchu. W szczególności, w odniesieniu do telewizji, chodzi o systemy z akumulacją wierszy (linii), ramek (pól), a nawet sekwencji ramek. Zasluguje też na uwagę idea transmisji obrazu ze zmienną prędkością analizy obrazu. Powstają specyficzne problemy dotyczące opracowania systemów telewizji kolorowej wymagających istotnie nowych sposobów transmisji, gdyż w przeciwnym przypadku zaistnieje niebezpieczeństwo utraty ostrości obrazu lub powstanie konieczność poszerzenia pasma. Należy też zwrócić uwagę na dalszy rozwój telefonii syntetycznej, na metodę "ograniczonej mowy" w transmisji telefonicznej oraz na stworzenie nowego systemu telefonowania przez rozróżnianie fonemów metodą tzw. "mowy widzialnej".

W dziedzinie fototelegrafii głównym zadaniem jest zmniejszenie szerokości pasma bez zmieniania czasu przekazywania obrazu, a w niektórych przypadkach - zmniejszenie tego czasu przy zachowaniu szerokości pasma.

Następnie, należy kontynuować badania mające na celu opracowanie nowych metod wielokrotnego wykorzystania torów. Obecnie znamy i stosujemy dwie metody rozróżniania sygnałów: częstotliwościową i czasową. Tymczasem teoria mówi nam, że istnieją liczne inne możliwości dotychczas w praktyce nie spożytkowane. Nawet ograniczając się do rozróżniania linearnego możliwa jest znacznie większa

różnorodność metod rozróżniania sygnałów według ich kształtów. Co się zaś tyczy metod rozróżniania nieliniarnego, to (pomijając rozróżnianie na podstawie poziomu) metody te nie są jeszcze wcale opracowane i nawet nie wiadomo, jakie są tu możliwości techniczne i perspektywy zastosowań. Tymczasem jednak systemy wielokrotne odgrywają we współczesnej telekomunikacji rolę bardzo ważną. Dlatego jest rzeczą konieczną uzyskanie rozeznania w sprawie możliwości zastosowania nowych metod wielokrotnego wykorzystania torów.

W ostatnich czasach w telekomunikacji trwają intensywne prace nad odbiorem słabych sygnałów, tj. sygnałów, których poziom mocy jest niższy od poziomu mocy zakłóceń. W tym zakresie zarysował się pewien krąg idei, których rozwój posunął się już znacznie naprzód. Tak np. zrealizowano metodę akumulacji (nagromadzenia) w rozmaitych odmianach i zastosowaniach, znana jest metoda korelacyjna, opracowano metodę prawdopodobieństw a posteriori itp. Wszystkie te metody są oparte na wykorzystaniu znanych probabilistycznych charakterystyk odbieranych sygnałów. Pozwalają one uzyskiwać łączność nawet w bardzo trudnych warunkach, gdy zastosowanie zwykłych środków łączności zawodzi. Praktycznym wynikiem zastosowania tych metod jest możliwość albo znacznego zmniejszenia mocy wysyłanego sygnału albo odpowiedniego zwiększenia zasięgu. Trzeba jeszcze uogólnić osiągnięte wyniki i rozwijać dalej teorię i technikę probabilistycznych metod odbioru słabych sygnałów. Jednocześnie należy poznawać techniczno-ekonomiczne warunki pracy różnych

systemów łączności elektrycznej, żeby móc ustalić zakresy ich stosowania, rokujące największe efekty przy wprowadzaniu nowych metod.

Zwrócimy z kolei uwagę na zagadnienia związane z budową sieci telekomunikacyjnych i z zapewnieniem szybkiego łączenia abonentów.

W takich rodzajach telekomunikacji, jak radiofonia lub telewizja, transmisja następuje zwykle od jednego źródła do wielu określonych użytkowników rozmieszczonych na pewnej powierzchni. Natomiast w łączności telefonicznej i telegraficznej zadanie się komplikuje przez to, że jest rzeczą konieczną zapewnić łączność między dwoma dowolnymi abonentami wybieranymi nieraz z bardzo dużej ich ilości. Szczególnie skomplikowane staje się to zadanie w telefonii, gdyż po pierwsze ilość abonentów może tu być szczególnie duża, a po drugie trzeba zapewnić szybką realizację połączeń i transmisję dwukierunkową.

Stworzenie sieci telekomunikacyjnej niezawodnie działającej wymaga kompleksowego rozwiązania wszelkich powstających tu zagadnień w oparciu o możliwie najdalej posuniętą automatyzację zarówno procesów łączeniowych w ruchu miejscowym i międzymiastowym, jak i procesów obsługi (automatyczna kontrola, pomiary itp.). Należy przy tym brać pod uwagę wymagania wszelkich rodzajów telekomunikacji: telefonii, telegrafii, radiofonii, telewizji i innych.

Gdy się rozwiązuje zagadnienie budowy sieci, to główne trudności wynikają z przypadkowego charakteru dopływu zgłoszeń na połączenia telekomunikacyjne, przypadko-

wego zarówno w czasie jak i w relacjach. Tu powstaje konflikt między efektywnością a sprawnością usługową: jeżeli się zwiększy ilość łączy w pewnej relacji, to zmniejsza się prawdopodobieństwo wydarzenia, że w chwili dopływu nowego zgłoszenia wszystkie łącza będą zajęte i abonent otrzyma znak zajętości lub będzie musiał oczekiwać zwolnienia łącza; ale wraz ze wzrostem ilości łączy - przy tym samym ich łącznym obciążeniu - pogarsza się wykorzystanie każdego łącza.

Wyznaczeniem niezbędnej ilości operatorów (organów łączeniowych, urządzeń, łączy itp.) przy zadanej jakości usługowej (procencie strat, wymaganym czasie oczekiwania itp.) zajmuje się teoria masowej obsługi. W pracach rodzimych i zagranicznych uczonych ustalono zależność analityczną między obciążeniem relacji, liczbą operatorów i sprawnością usługową dla kolejnych stopni łączenia. Jednakże w wielu przypadkach, mających duże praktyczne znaczenie, nie ma dotąd dostatecznie dokładnych rozwiązań. Tak więc nie ma dokładnych wyrażeń dla łączenia stopniowanego, tj. dla przypadku, gdy każde źródło obciążenia ma dostęp tylko do części operatorów pewnej grupy. Nie rozwiązano jeszcze zagadnień systemu mającego kilka stopni łączenia, zagadnień łączenia obciążień o różnej sprawności usługowej itp. Obok ścisłych analitycznych rozwiązań trzeba też będzie opracować metody inżynierskie przybliżone, a zatem prostsze. Jednak zadanie wyznaczenia liczby operatorów i sprawności usługowej stanowi tylko część ogólnego problemu budowy sieci telekomunikacyjnej i stworzenia systemu komutacji.

Całość problemu sprowadza się do stworzenia takiej sieci łączy abonenckich i międzycentralowych, takiego rozmieszczenia central i takiego zorganizowania central wewnątrz, aby wymaganą sprawność usługową zapewnić przy możliwie najmniejszych nakładach. Przy tym zjawia się jeszcze jeden ważny wskaźnik - elastyczność sieci, tj. możliwość tworzenia dróg obejściowych na wypadek uszkodzenia urządzeń lub przeciążenia niektórych relacji, możliwość wykorzystania wspólnych środków technicznych dla różnych rodzajów telekomunikacji itp.

Problemowi budowy sieci telekomunikacyjnych poświęcono już wiele prac naukowych, jednak w pracach tych rozpatruje się jak dotąd szczególne przypadki. Stworzenie ogólnej teorii budowy sieci powinno stać się jednym z najpilniejszych zadań telekomunikacji przewodowej.

Z problemem budowy sieci telekomunikacyjnej wiąże się ściśle problem struktury central telefonicznych i węzłów telekomunikacyjnych, w szczególności - zadanie wyznaczenia optymalnych parametrów wyposażenia komutacyjnego (wybieraków, łącznic itp.). Przy budowie istniejących central automatycznych za punkt wyjścia przyjmowano zwykle własności głównego elementu centrali - wybieraka o określonej konstrukcji. Wskazanie, jakim powinien być wybierak, aby system jako całość mógł być optymalny, oraz sformułowanie praw optymalnego projektowania central, oto są zadania dla powstałej niedawno teorii ugrupowań.

Aby móc stworzyć optymalne wyposażenie centrali automatycznej, trzeba rozwiązać zadanie sterowania wyposaże-

niem komutacyjnym, w zasadzie podobne pod wielu względami do zadań występujących w telemechanice, gdyż chodzi tu o przekazywanie numeru od abonenta do centrali, oraz między centralami. Opracowanie układów sterowania było dotychczas "sztuką", opanowywaną przez nieliczną grupę specjalistów. Powstała w ostatnim czasie teoria układów przekaźnikowych dostarcza inżynierom-projektantom skutecznego narzędzia tworzenia układów przekaźnikowych, jakimi są obecnie układy sterowania w centralach automatycznych. Dalszy rozwój tej teorii w kierunku objęcia nią wszelkich możliwych układów przekaźnikowych, w szczególności - układów o elementach bezstykowych (elektronowych, jonowych, magnetycznych itp.), i w kierunku ustalenia zasad tworzenia układów o jak najmniejszej liczbie elementów, pozwoli tworzyć optymalne układy sterowania.

Niezależnie od opracowywania teoretycznych zagadnień tworzenia układów optymalnych i optymalnych sieci telekomunikacyjnych należy dokonać poważnych badań w zakresie konstrukcji aparatury komutacyjnej, działającej na nowych zasadach i przy użyciu nowych elementów; przede wszystkim chodzi tu o nowy system central automatycznych.

Dotychczas wykonane badania wskazują, że obecnie istnieje jedyny rodzaj zestyku spełniającego wszelkie wymagania stawiane komutacji obwodów rozmównych, mechaniczny zestyk ciśnieniowy (typu przekaźnikowego) z metalu szlachetnego. W związku z tym najbliższym zadaniem będzie opracowanie łącznic automatycznych z wybierakami krzyżowymi (typu Crossbar), które - poczynając od 1935

roku - są coraz częściej stosowane. Jednocześnie trzeba prowadzić badania nad stworzeniem układów bezstykowych, opartych np. na zastosowaniu rozdzielania kanałów. Nie znamy jeszcze wyników tych badań, wiemy jednak, że są one prowadzone w wielu krajach.

Dla dalszego udoskonalenia łączności telegraficznej należy rozwiązać zadania podobne do tych, jakie występują w technice maszyn liczących. Należy stworzyć system zapewniający automatyczne nadawanie telegramów i automatyczny ich odbiór. Do tego celu można użyć urządzeń podobnych do maszyn czytających, ale zagadnienia z tym związane wymagają jeszcze dokładnych studiów.

Zwróćmy uwagę na istnienie jeszcze kilku zadań ważnych dla łączności elektrycznej, do rozwiązania których należy zaprosić specjalistów dziedzin pokrewnych. Do tych zadań należy zaliczyć przede wszystkim opracowanie nowych półfabrykatów i elementów niezbędnych do wykonywania sprzętu, które nie wymagałyby jednak ciągłego nadzoru technicznego i obsługi. Powinny one wykazywać dużą żywotność, dużą stałość parametrów, niski poziom szumów własnych i mały pobór mocy. Trzeba też opracować triody półprzewodnikowe wysokiej jakości, udoskonalone lampy elektronowe, wzmacniacze o emisji wtórnej, lampy telewizyjne i elektronowe urządzenia pamięciowe, a także specjalne elementy bezstykowe mogące zastąpić przekaźniki i wybieraki w układach telekomunikacyjnych.

Innym ważnym zagadnieniem z tego samego zakresu zagadnień jest skonstruowanie nowych źródeł zasilania o dużej żywotności i nie wymagających stałej obsługi.

Wreszcie trzeba rozszerzyć prace badawcze o charakterze techniczno-ekonomicznym, w szczególności rozwiązać problem oceny efektywności ekonomicznej wdrożenia do ruchu takiego lub innego sprzętu oraz problem znalezienia kryteriów oceny techniczno-ekonomicznej efektywności środków łączności.

Wykonanie wskazanych badań ma podstawowe znaczenie dla pomyślnego rozwoju środków łączności, przewidzianego Zaleceniami XX Zjazdu KPZR dotyczącymi planu pięcioletniego.

K. Plewko

ZARYS PROBLEMATYKI NAUKOWO-BADAWCZEJ
W ZAKRESIE SIECI TELEKOMUNIKACYJNYCH¹⁾

WSTĘP

Na całym świecie prowadzone są w szerokim zakresie badania naukowe związane z sieciami telekomunikacyjnymi²⁾ powszechnego użytku. Poważna rola, jaką pełnią te sieci w dziele sprawnego zarządzania, wynika stąd, że tworzą one swoisty "system nerwowy" gospodarki narodowej. Ogromne kapitały zainwestowane w krajowe sieci telekomunikacyjne, uzasadniają w sposób oczywisty, opłacalność badań naukowych zmierzających do lepszego wykorzystania istniejącego potencjału technicznego i ekonomicznego. Na-

1) Niniejszy artykuł stanowi podsumowanie dyskusji prowadzonej pod kierunkiem prof. Witolda Nowickiego i doc. Stanisława Bellerta w gronie pracowników naukowych Katedry Teletransmisji Przewodowej Politechniki Warszawskiej w oparciu o publikacje radzieckie i amerykańskie (patrz poz. 1, 3, 4 i 5 wykazu literatury).

2) Siecią telekomunikacyjną nazywa się zespół funkcjonalnie powiązanych ze sobą obiektów technicznych, jak centrale telefoniczne i telegraficzne, linie międzymiastowe ze stacjami teletransmisyjnymi (przewodowe i radiowe - mikrofalowe), stacje radiokomunikacyjne, telefoniczne i dalekopisowe aparaty abonenckie, kablowe sieci miejskie itp., umożliwiające przekazywanie informacji pod różnymi postaciami od punktu do punktu.

dążanie za ogólnościowym niezwykle szybkim postępem w dziedzinie telekomunikacji pozwoli na rozbudowanie sieci krajowej w taki sposób, że będzie ona świadczyła usługi w takim zakresie, w jakim wzrasta szybko zapotrzebowanie na nie ze strony gospodarki i ludności. Kolejne etapy rozbudowy sieci telekomunikacyjnych przyszłości będą realizowane poprzez stopniową optymalizację struktury sieci oraz optymalizację kanałów, sygnałów, systemów i urządzeń telekomunikacyjnych. Odpowiednio ukierunkowane badania naukowe powinny doprowadzić do utworzenia krajowej sieci telekomunikacyjnej sprawnej usługowo, pewnej w działaniu, a przede wszystkim ekonomicznej w budowie i eksploatacji. Opracowanie niniejsze ma na celu zwięźle naszkicowanie ujawniających się w dniu dzisiejszym podstawowych kierunków rozwojowych i problemów badawczych związanych z przyszłością sieci telekomunikacyjnych.

ROZWÓJ USŁUG TELEKOMUNIKACJI GOSPODARCZEJ

Przystępując do zarysowania problematyki naukowo-badawczej związanej z sieciami telekomunikacyjnymi jest rzeczą nieodzowną zastanowić się nad obecną rolą najrozmaitszych wiadomości przekazywanych tymi sieciami, a także nad rolą, jaką pełnić będą one w przyszłości. Przekazywane na odległość metodami elektrycznymi informacje, odzwierciedlają rytm życia i pracy tak jednostek, jak i całych zbiorowości. W różnorodnych układach informacyjnych - technicznych, gospodarczych, obronnych i in-

nych - sieci telekomunikacyjne i świadczone przez nie usługi stanowią już obecnie nie dającą się zastąpić część składową układów. W przyszłości bogato rozbudowane sieci telekomunikacyjne przekazywać będą niemalże natchmiastowo i na dowolną odległość tak wszechstronne dane, że wraz z maszynami przetwarzającymi informacje będą nie tylko warunkować harmonijne i celowe funkcjonowanie społeczeństwa, lecz także w istotny sposób wpływać na tempo jego dalszego rozwoju. Ta szczególna rola telekomunikacyjnego transportu informacji wynika stąd, że - w przeciwieństwie do wielu innych wytworów ludzkiej działalności - informacji na ogół nie wytwarza się na miejscu jej użytkowania, a ponadto - stąd, że częstokroć informacja nie znosi opóźnienia, gdyż wtedy może stracić całą swoją wartość.

W chwili obecnej w sieciach telekomunikacyjnych dominuje telefoniczny sposób przekazywania informacji. Dzisiaj na świecie zainstalowanych jest około 185 milionów aparatów telefonicznych. W ciągu najbliższych 35 lat ilość tych aparatów prawdopodobnie wzrośnie do przeszło miliarda. W samej Europie przewiduje się w tym czasie wzrost blisko dziesięciokrotny w stosunku do stanu obecnego. W oparciu o gęstą sieć telekomunikacyjną, docierającą w przyszłości do każdego mieszkania i do każdego stanowiska pracy, powstaną swoiste więzi społeczne, oparte na tym, że każdy z każdym będzie mógł łatwo się porozumieć, zasięgnąć porady, zażądać pomocy.

Równoległe zyskiwać będzie coraz bardziej na znaczeniu przekazywanie informacji typu dokumentalnego za po-

średnictwem telegrafii abonenckiej, fototelegrafii, telemetrii i innych technik telekomunikacyjnych wykorzystujących do swoich celów istniejące kanały telefoniczne¹⁾. Możliwe będzie wprowadzenie nowych form usług polegających na zdalnym sterowaniu np. domową aparaturą ogrzewczą, klimatyzacyjną lub kuchenną. Możliwe będzie także otrzymywanie niezbędnych informacji przekazywanych głosem lub w postaci telekopii z wyspecjalizowanych maszyn informacyjnych, np. bibliotecznych.

Nie wykluczone jest przystosowanie w przyszłości aparatów telefonicznych np. do automatycznego czynienia zakupów z listy towarów o określonych numerach, jak również do przekazywania zleceń do banku w celu spowodowania żądanej wypłaty z konta czekowego abonenta. Rozwiną się prawdopodobnie transmisje wideotelefoniczne, polegające na oszczędnym przekazywaniu kanałami telefonicznymi telewizyjnymi obrazów współrozmówców. W oparciu o tę technikę rozwinąć się mogą zupełnie nowe formy zdalnego nauczania.

SIECI TELEKOMUNIKACYJNE A MASZYNY MATEMATYCZNE

Podobnie jak w przeszłości usługi telefoniczne ukształtowały obecną sieć telekomunikacyjną, tak obserwowany od

¹⁾ Kanałem (telekomunikacyjnym) nazywa się zespół środków technicznych sprawiających, że dany (a nie inny) sygnał telekomunikacyjny może być przesłany od punktu do punktu. Jeśli dany sygnał jest sygnałem telefonicznym, to mamy do czynienia z kanałem telefonicznym.

lat kilku gwałtowny rozwój zastosowań maszyn matematycznych wpłynie w istotny sposób na dalszy rozwój techniczny środków łączności. Jako czynnik w tym względzie decydujący należy wymienić ograniczoną zdolność percepcji informacji przez ludzi (15 do 200 bit¹⁾/sek przy nieproporcjonalnie większej szybkości przetwarzania informacji przez maszyny (obecnie do 10⁷ bit/sek).

Ocenia się, że ilość maszyn matematycznych niezbędna do pełnej automatyzacji procesów technicznych i gospodarczych (na poziomie obecnego ich rozwoju) wynosić będzie: jedna duża maszyna na 5000 osób zawodowo czynnych i odpowiednio 1 średnia i 1 mała na 5000 i 500 pracowników. W związku z tym w krajach technicznie rozwiniętych już za około 10 lat (nawet tylko przy częściowym wprowadzeniu elektronicznego przetwarzania danych) zajętość kanałów telekomunikacyjnych do przekazywania informacji cyfrowych może być współmierna z ich zajętością do celów telefonicznych. Wymagania maszyn cyfrowych dotyczące natychmiastowego dostępu do informacji i bezbłędności jej przekazywania wpłyną w istotny sposób na podstawowe cechy przyszłej sieci telekomunikacyjnej.

Jest rzeczą interesującą, że w miarę rozwoju wytwórczości, ilość informacji rośnie w przybliżeniu proporcjonalnie do kwadratu produkcji. Z tego też względu, po-

¹⁾ Bit jest jednostką informacji; w związku z tym bit/sek jest jednostką szybkości przekazywania (odbierania, przetwarzania) informacji.

cząwszy od pewnego poziomu rozwoju gospodarki, tylko zautomatyzowane systemy informacyjne obejmujące maszyny cyfrowe i sieci telekomunikacyjne umożliwią optymalizację zarządzania przemysłem, finansami, handlem, usługami itp. Specyficzne sprzężenie zwrotne, charakterystyczne dla wszelkiego rodzaju informacji, spowoduje, że ich właściwe spożytkowanie przyspieszy z kolei rozwój całości gospodarki. Odciążenie rzesz pracowników od zbędnej papierkowej pracy i jednoczesną obiektywizacja uzyskiwanych danych wyzwoli ukryte dotąd rezerwy gospodarcze. Podobne efekty uzyska się dzięki automatyzacji wielu procesów technologicznych sterowanych zdalnie przez odpowiednio wyspecjalizowane maszyny.

Wymienione wyżej przyczyny tłumaczą obserwowany w wielu krajach duży rozmach w zakresie odpowiednich badań naukowych związanych z sieciami telekomunikacyjnymi i maszynami informacyjnymi, jak również wprowadzanie coraz to doskonalszych systemów, urządzeń i podzespołów. Coraz częściej można spotkać określenie, że obserwowany na świecie rozwój telekomunikacji ma cechy eksplozji. W tych okolicznościach usługi telekomunikacyjne świadczone w Polsce, jak wiadomo o wiele niedostateczne w sensie ilościowym (co szczególnie jaskrawo wyraża się małą gęstością telefoniczną)¹⁾, a skromne w sensie jakościowym, można częściowo wyjaśnić niedorozwojem naukowym badań

¹⁾ Gęstością telefoniczną nazywa się ilość czynnych aparatów telefonicznych przypadających na 100 mieszkańców (kraju, miasta itp.).

podstawowych i doświadczalnych, niedostatecznym wdrażaniem światowych osiągnięć teoretycznych i praktycznych, jak - być może - również brakiem dostatecznego rozeznania potrzeb i możliwości.

OPTIMALIZACJA STRUKTURY SIECI TELEKOMUNIKACYJNYCH

Sieć telekomunikacyjna jest wielowejściowym i wielowyjściowym układem cybernetycznym o określonym sposobie działania prowadzającym się do tego, że między dwoma lub wieloma dowolnymi punktami tej sieci i w dowolnym momencie czasowym budowana jest automatycznie (lub pół-automatycznie) droga do przesyłania określonych sygnałów elektrycznych niosących informację. Strukturę tej sieci tworzą: punkty abonenckie, np. aparaty telefoniczne (wejścia i wyjścia sieci), telekomutacyjne punkty węzłowe, np. centrale oraz linie telekomunikacyjne łączące punkty abonenckie z węzłami i węzły między sobą. Istnieje kilka możliwych podstawowych struktur sieci. Najczęściej jest to struktura wieloszczeblowa, w której występują węzły wzajemnie sobie podporządkowane. Rozmieszczenie punktów abonenckich oraz wzajemne ich ciążenie (wyrażające się w zapotrzebowaniu na dostawę rozmaitych wiadomości) określone jest przez aktualnie występujące warunki gospodarcze i ludnościowe lub oceniane na podstawie prognoz wieloletnich. Optymalne rozmieszczanie węzłów i linii oraz wybór ich parametrów jest problemem niezwykle trudnym i dotychczas nierozstrzygniętym. Przyczyną tego stanu jest ogromna ilość zmiennych w czasie

danych wyjściowych; wielorakość wymagań dotyczących postaci, charakteru lub ilości wiadomości; różnorodność żądań dotyczących np. wierności wiadomości i szybkości ich dostarczania. Ponadto wymaga się, aby sieć była budowana przy możliwie najmniejszych nakładach inwestycyjnych, i aby była ona ekonomiczna w eksploatacji oraz zdolna do przekazywania informacji, gdy wystąpią nieoczekiwane przeciążenia lub gdy zawiodą niektóre węzły lub linie.

Do podstawowych problemów wymagających szybkiego rozwiązania zaliczyć należy: opracowanie metodologii prognoz przyszłych strumieni informacji w szczególności strumieni wytwarzanych przez najrozmaitsze maszyny matematyczne; opracowanie metod badania własności sieci, w której przeciążone lub uszkodzone zostały pewne jej człony, a wiadomości kierowane są drogami obejściowymi; zbudowanie teorii tworzenia optymalnych struktur sieci, np. z punktu widzenia minimum długości wszystkich łączy (z uwzględnieniem także innych wskaźników jakościowych i ekonomicznych); opracowanie zasad racjonalnej rozbudowy sieci z uwzględnieniem przy tym perspektywy budowy sieci światowej za pomocą transkontynentalnych kablowych linii podmorskich, skońoorbitowych lub stacjonarnych satelitów telekomunikacyjnych, jak również - ewentualnie linii falowodowych i świetlnych. Oczekiwać należy opracowania algorytmu, który umożliwi pełną syntezę optymalnej sieci przy użyciu maszyn cyfrowych. Nowe działy matematyki teoretycznej i stosowanej, jak specjalne rodzaje rachunku macierzowego, topologia, teoria grafów, teoria transportu i teoria masowej obsługi rosną tu uzyskanie interesujących, praktycznych wyników.

OPTIMALIZACJA METOD WYKORZYSTANIA TORÓW TELEKOMUNIKACYJNYCH

W sieci telekomunikacyjnej między jej punktami węzłowymi budowane są obecnie tory elektryczne¹⁾ przewodowe oraz radiowe - mikrofalowe. W niedalekiej przyszłości należy spodziewać się wprowadzenia do eksploatacji innych torów elektrycznych o nie w pełni poznanych jeszcze własnościach, a mianowicie - torów falowodowych i torów świetlnych (laserowych). Jak dotychczas wzrost przepustowości informacyjnej w określonej relacji uzyskuje się bądź przez zwiększenie ilości torów, bądź na drodze zwiększenia ilości realizowanych na tych torach kanałów, najczęściej kanałów częstotliwościowych. Są to w zasadzie kanały telefoniczne czasami wielokrotnie wykorzystywane do utworzenia kanałów dla transmisji danych cyfrowych lub telegrafii. Ponadto odpowiednia ilość kanałów telefonicznych może służyć do utworzenia kanału specjalnego dla transmisji radiofonicznej lub telewizyjnej. Szerokość pasma kanału telefonicznego odziedziczona w wyniku rozwoju historycznego telekomunikacji jest czasami niewystarczająca z punktu widzenia transmisji danych. Zwrócono także uwagę na to, że kanały konwencjo-

1) Torem elektrycznym nazywa się konstrukcję umożliwiającą przesyłanie jednego lub wielu na raz sygnałów od punktu do punktu bez zbytecznego rozpraszania energii sygnału. Tor może więc służyć do zrealizowania większej ilości energetycznie oszczędnych kanałów.

nalne (np. telefoniczne) są wykorzystywane zaledwie w kilku procentach ich teoretycznej przepustowości. Jako przyczynę tego stanu rzeczy upatruje się niedopasowanie stałych w czasie parametrów kanałów telekomunikacyjnych (np. pasma częstotliwości) do zmieniających się w czasie parametrów strumieni informacyjnych, a ponadto - związanie na stałe kanałów podczas transmisji z określonymi źródłami informacji, podczas gdy wiele z tych źródeł (np. współrozmówcy telefoniczni) wytwarza porcje informacji z dużymi przerwami czasowymi.

Problematyka naukowo-badawcza w tym zakresie dotyczy: poszukiwania nowych typów torów i dokładnego poznania ich własności; zwiększenia wykorzystania pasma częstotliwościowego torów znanych; poszukiwań optymalnych parametrów (np. pasma kanałów telekomunikacyjnych w oparciu o dobrą znajomość wszelkiego rodzaju przypadkowych zakłóceń występujących w torach, a także w wyniku dobrej znajomości statycznych, strukturalnych i widmowych własności przesyłanych sygnałów informacyjnych; poszukiwań zasad i sposobów dynamicznego sterowania przepustowością kanałów przez płynące przez tory strumienie informacji. Rozwiązanie tych wszystkich zagadnień wymaga kompleksowych badań z zakresu teletransmisji, teorii informacji i automatyki.

OPTIMALIZACJA POSTACI SYGNAŁÓW TELEKOMUNIKACYJNYCH

Zwiększenie przepustowości sieci telekomunikacyjnych uzyskać można na drodze odpowiedniej obróbki sygnałów in-

formacyjnych przez usunięcie z nich nadmiaru informacji. Pogłębienie znajomości fizjologii procesów słyszenia i widzenia, budowy dźwięków mowy oraz statystycznej struktury języka, pozwoli na skuteczniejszą kompresję sygnałów akustycznych pod względem częstotliwości (za pomocą np. wokoderów), amplitudy (za pomocą np. komparatorów) i czasu (metodą tzw. syntetycznego głosu). W zakresie transmisji sygnałów telewizyjnych istnieje możliwość znacznej kompresji pasma (np. 10-krotnej) przez stosowanie m.in. systemów z akumulacją linii i ramek obrazów. Są to zagadnienia ważne, których rozwiązanie może mieć wpływ na dalszy rozwój telekomunikacji.

Innym zagadnieniem z zakresu optymalizacji sygnału telekomunikacyjnego jest poszukiwanie nowych postaci "nośnika informacji". Dotychczas jako nośniki stosowane są sinusoidy, ciągi impulsów prostokątnych i sygnały ortogonalne. Ograniczając się do linearnego rozróżniania sygnałów możliwe jest zastosowanie innych postaci nośników, które muszą jedynie spełniać warunek liniowej niezależności. Co się zaś tyczy metod rozróżniania nieliniarnego, to metody te nie są jeszcze wcale opracowane i nawet nie wiadomo, jakie są tu możliwości techniczne i perspektywy zastosowań.

Zabezpieczenie wiadomości przed skażeniem wynikającym z istnienia w kanałach telekomunikacyjnych różnorodnych zakłóceń jest problemem otwartym mimo licznych badań w tej dziedzinie. Rozwijane są poszukiwania optymalnych metod modulacji sygnału i kodowania informacji oraz teoria probabilistycznych metod odbioru słabych sy-

gnałów w obecności zakłóceń. Zarysowuje się tendencja znormalizowania postaci informacji różnych rodzajów, jak np. telefonicznych, telewizyjnych, cyfrowych i wszelkich innych.

OPTIMALIZACJA PROCESÓW STEROWANIA SIECIĄ

W sieci telekomunikacyjnej, w której przetwarzanie, przesyłanie i rozdzielanie strumieni informacji ma być kompleksowo zautomatyzowane, zadaniem węzłów komutacyjnych będzie nie tylko kierowanie informacji do właściwego adresata, lecz także sterowanie maksymalnym wykorzystaniem przepustowości całości sieci, jak i przepustowości poszczególnych torów. Aby sprostać temu zadaniu, struktura węzła komutacyjnego prawdopodobnie będzie zbliżona do struktury współczesnej cyfrowej maszyny matematycznej. System komutacyjny sieci będzie rozwiązany łącznie i w sposób jednolity z systemem transmisyjnym przy użyciu możliwie takich samych środków technicznych.

Istotnymi problemami badawczymi z zakresu telekomunikacji są: wyznaczenie niezbędnej ilości operatorów (organów łączeniowych, urządzeń sterujących, łączy itp.), które zapewniają właściwą jakość usługową sieci przy najmniejszych nakładach inwestycyjnych, poszukiwanie ogólnego rozwiązania sterowania siecią, gdy źródło informacji ma dostęp tylko do części operatorów pewnej grupy operatorów, a ponadto gdy napływ zapotrzebowania na połączenia jest przypadkowy zarówno w czasie, jak i w relacjach; zagadnienie zapewnienia tzw. "giętkości sieci"

(tj. sterowania tworzeniem dróg obejściowych) w oparciu o informacje dotyczące stanu technicznego i obciążenia elementów sieci; zagadnienie formułowania praw optymalnego projektowania central komutacyjnych i ich głównych organów wykonawczych.

W rozwijaniu tych problemów pomocne będą - z jednej strony - różne teorie stojące na pograniczu matematyki i sformalizowanych systemów logicznych, w szczególności tzw. teoria ugrupowań, a - z drugiej strony - osiągnięcia technologiczne z zakresu nowych elementów przełączających półprzewodnikowych, optoelektronicznych, ferraktorowych itp.

OPTIMALIZACJA UKŁADÓW, URZĄDZEŃ I SYSTEMÓW TELEKOMUNIKACYJNYCH

W sieciach telekomunikacyjnych, a w szczególności w wyposażeniu elektrycznym torów występują duże ilości sprzętu elektronicznego, jak np. wzmacniacze, modulatory, filtry, korektory i wiele innych układów, urządzeń lub zespołów urządzeń. W zakresie układów linearnych, do których większość tych urządzeń się zalicza w miejsce dotychczasowych "metod recepturowych", poszukuje się ogólnych metod ich syntezy (układów biernych i czynnych) oraz poszukuje się odpowiednich algorytmów umożliwiających zaprzęgnięcie maszyn matematycznych cyfrowych i analogowych do procesu projektowania układów. Istnieje potrzeba stworzenia uniwersalnych metod syntezy układów, których parametry mają być w sposób zadany zmienne w

czasie lub też maksymalnie stałe mimo przypadkowych zmian własności zawartych w nich elementów. Co się zaś tyczy układów nieliniarnych, to w tej dziedzinie dokonano jeszcze bardzo mało, wiadomo tylko że pomyślnie opracowanie teorii tych układów pozwoli rozwiązać wiele zadań technicznych całkiem odmiennie niż dotychczas i być może bardziej racjonalnie.

Ciągłych wysiłków wymaga adaptacja osiągnięć technologicznych w zakresie nowych elementów i podzespołów. Dotyczy to w szczególności miniaturyzacji i mikrominiaturyzacji wyposażenia elektrycznego sieci telekomunikacyjnych przez wprowadzenie układów scalonych, cienkowarstwowych i monolitycznych. Problemy technologiczne wiążą się z niedostatecznym dotychczas opanowaniem teorii niezawodności elementów, podzespołów, układów i całych zestawów telekomunikacyjnych. Poszukiwane są metody pozwalające odnaleźć najkorzystniejszy podział urządzenia na bloki funkcjonalne o minimalnej ilości części składowych każdego bloku i wewnętrznym układzie o wymaganej niezawodności. Rozpoczęte są badania nad wykorzystaniem maszyn matematycznych do projektowania m.in. struktur schematów elektrycznych i montażowych układów elektronicznych, czyli do rozwiązywania problemów tzw. "syntezy technologicznej".

Powyższe zagadnienia mają charakter "optymalizacji lokalnej" sieci telekomunikacyjnej, gdzie w oparciu o przesłanki technologiczne, strukturalne, techniczne lub usługowe optymalizuje się fragmenty sieci jej urządzenia, zespoły lub podzespoły. Ponadto jednak zarysowuje się

potrzeba "optymalizacji całościowej", czyli koncepcyjno-strukturalnej. Poszukuje się systemów, które samoczynnie określą niezmane czynniki, czy też ich rozkłady prawdopodobieństwa. Systemy takie, które można nazwać systemami adaptującymi się czy też cybernetycznymi systemami uczącymi się, stanowią niewątpliwie jeden z najbardziej perspektywicznych rodzajów systemów telekomunikacyjnych.

Należałoby zwrócić uwagę na rozległe możliwości opracowania optymalnych układów w oparciu o osiągnięcia teorii informacji, teorii systemów, teorii gier, teorii automatów skończonych, teorii algorytmów, topologii, analizy funkcjonalnej, programowania dynamicznego i wielu innych nie wymienionych z braku miejsca działów matematyki stosowanej.

ZAKOŃCZENIE

Niniejszy zarys problematyki naukowo-badawczej związanej z sieciami telekomunikacyjnymi nie wyczerpuje oczywiście całości niezwykle obszernej tematyki. Ograniczono się do próby zasygnalizowania problemów możliwie ogólnych, istotnych z punktu widzenia nieuchronnego rozwoju i doskonalenia sieci telekomunikacyjnych. Całość tematyki podzielono umownie na kilka działów. W istocie rzeczy zagadnienie optymalizacji struktury sieci, torów i sygnałów oraz optymalizacja urządzeń, układów i podzespołów wiąże się ze sobą w sposób kompleksowy i nierozzerwalny. Natomiast, prawie że pominięto całość zagadnień badawczych i technologicznych związanych z wytwarzaniem materiałów i elementów stosowanych w urządzeniach telekomunikacyjnych.

Na zakończenie należałoby zauważyć, że nie znamy jeszcze praw wpływania środków łączności na wzrost wydajności pracy ludzi i efektywności gospodarki jako całości, chociaż wpływ ten jest niewątpliwy. Między innymi z tej przyczyny istotne jest właściwe skoncentrowanie wysiłków badawczych i przygotowanie odpowiednich środków działania do realizacji przyszłej, jednolitej i powszechnej sieci telekomunikacyjnej. Sieci, której budowa jest zamierzeniem niezwykle ambitnym, lecz i bardzo trudnym, wymagającym rozwiązania szeregu zagadnień podstawowych przez wielu ludzi i wysiłkiem intelektualnym być może niejednej generacji.

WYKAZ LITERATURY

1. W.I. Kowalenko: Nauka a rozwój telekomunikacji przewodowej. Wiadomości Akademii Nauk ZSRR, 1956, nr 6.
2. W. Nowicki: Teraźniejszość i przyszłość telekomunikacji gospodarczej, W.K. Warszawa, 1960.
3. R.I. Filipowski, E.M. Scherer: Digital data transmission systems of the future. IRE Trans, 1961, nr 1.
4. W.N. Roginskij: Zagadnienia naukowe budowy jednolitego systemu transmisji informacji. Wiadomości Akademii Nauk ZSRR, 1962, nr 1.
5. W.N. Roginskij: O problemach tworzenia struktur sieci przekazywania informacji. Wiadomości Akademii Nauk ZSRR, Cybernetyka Techniczna, 1963, nr 3.

6. W. Nowicki: Telekomunikacja a współczesność. Ref. wstępny wygłoszony na otwarciu Sympozjum i Konferencji Teletransmisyjnych, Warszawa, 1963, również Przegląd Telekomunikacyjny, kwiecień 1964.
 7. W. Nowicki: O specyfice badań naukowych w zakresie teletransmisji przewodowej. Zeszyty Naukowe P.W. - Elektryka, 1964, nr 33.
 8. H. Busignies: More and faster communications. Electronics, 1965, 19 April.
 9. Praca zbiorowa pod red. J. Seidlera: Współczesne metody optymalizacji systemów telekomunikacyjnych. W.K. i Ł., 1965.
-

