

# Dziś i jutro TELEKOMUNIKACJI

Referaty z zakresu telekomunikacji  
przygotowane  
na II Kongres Nauki Polskiej

1700 (00)  
433

W tym tomie zamieszczone są referaty wygłoszone w ramach II Kongresu Nauki Polskiej w dniach 20-29 czerwca 1973 r. w Warszawie. W skład referatów wchodzi 17 referatów z zakresu telekomunikacji, przygotowanych przez autorów z różnych dziedzin nauki i techniki. Referaty te dotyczą m.in. rozwoju telekomunikacji, problemów technicznych i organizacyjnych, a także problemów społecznych i ekonomicznych. Referaty te są cennym źródłem informacji o aktualnym stanie wiedzy i techniki w dziedzinie telekomunikacji.

1. Problemy rozwoju telekomunikacji w Polsce  
2. Stymulowanie rozwoju telekomunikacji w Polsce  
3. Problemy ekonomiczne i organizacyjne telekomunikacji  
4. Problemy techniczne telekomunikacji  
5. Problemy społeczne i ekonomiczne telekomunikacji  
6. Problemy organizacyjne telekomunikacji  
7. Problemy techniczne telekomunikacji  
8. Problemy społeczne i ekonomiczne telekomunikacji  
9. Problemy organizacyjne telekomunikacji  
10. Problemy techniczne telekomunikacji  
11. Problemy społeczne i ekonomiczne telekomunikacji  
12. Problemy organizacyjne telekomunikacji  
13. Problemy techniczne telekomunikacji  
14. Problemy społeczne i ekonomiczne telekomunikacji  
15. Problemy organizacyjne telekomunikacji  
16. Problemy techniczne telekomunikacji  
17. Problemy społeczne i ekonomiczne telekomunikacji



III



Wydawnictwa Komunikacji i Łączności  
Warszawa 1973

WYDZIAŁ PRAWA KRAJOWE

E4db  
RT11a

**Autorzy**

prof. dr inż. STANISŁAW BELLERT, prof. dr hab. inż. MICHAŁ BIAŁKO,  
prof. FELIKS BŁOCKI, dr inż. ZBIGNIEW DUDZIŃSKI, prof. STEFAN JASIŃSKI,  
mgr inż. HENRYK KALITA, doc. dr inż. TADEUSZ KĄTCKI,  
prof. LESŁAW KĘDZIERSKI, doc. mgr inż. ANDRZEJ KIELKIEWICZ,  
dr inż. ANDRZEJ KLIMONTOWICZ, doc. dr inż. EDWARD KOWALCZYK,  
prof. dr hab. inż. JAN KROSZCZYŃSKI, doc. dr inż. WŁADYSŁAW MAJEWSKI,  
dr hab. inż. JANUSZ MOLSKI, prof. dr inż. WITOLD NOWICKI,  
mgr inż. JERZY RUTKOWSKI, prof. dr hab. inż. JERZY SEIDLER,  
mgr inż. JANUSZ SOCHACKI, prof. ZENON SZPIGLER, prof. HENRYK ŚMIGIELSKI

621.39 (063)  
654

Zbiór referatów poświęconych problematyce badań naukowych w zakresie telekomunikacji, przygotowanych przez Podsekcję Elektryki Informacyjnej Sekcji Nauk Elektrycznych Komitetu Organizacyjnego II Kongresu Nauki Polskiej na II Kongres Nauki Polskiej, który odbędzie się w Warszawie w dniach 26—29 czerwca 1973 roku.

**Prace zostały wykonane w ramach II Kongresu Nauki Polskiej**

361378

60-73/1895/21

31.8.

50,-

I



Opracowanie graficzne: TADEUSZ PIETRZYK  
Redaktor WKŁ: mgr inż. ZOFIA WODZYŃSKA  
Redaktor techniczny: JADWIGA MAJEWSKA  
Korektor: MARIA MATULEWICZ

Printed in Poland

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

PRZEDMOWA . . . . .	13
---------------------	----

## I

<b>PROBLEMY TEORETYCZNE TELEKOMUNIKACJI (systemy analogowe) —</b> <i>prof. dr inż. Stanisław Bellert . . . . .</i>	17
1. Wprowadzenie . . . . .	17
2. Zagadnienia teorii sygnałów . . . . .	18
3. Zagadnienie transmisji sygnałów . . . . .	23
4. Zagadnienia modulacji i detekcji . . . . .	28
5. Zakończenie . . . . .	31

## II

<b>TEORETYCZNE PROBLEMY CYFROWYCH SYSTEMÓW TELEKOMUNIKACYJNYCH —</b> <i>prof. dr inż. Jerzy Seidler . . . . .</i>	33
1. Łączność za pomocą wydzielonego kanału . . . . .	33
1.1. Przesyłanie sygnału elementarnego . . . . .	34
1.2. Przesyłanie ciągu sygnałów elementarnych . . . . .	35
1.3. Wykorzystanie kanałów do przesyłania informacji innego typu niż pierwotnie projektowane . . . . .	35
2. Zwiłokrotnianie, wielodostępność, buforowanie . . . . .	36
2.1. Optymalizacja buforu . . . . .	39
2.2. Dobór reguły dostępu . . . . .	41
2.3. Kodowanie w systemach wielodostępnych . . . . .	43
3. Problemy analizy i syntezy sieci . . . . .	44
3.1. Sformułowanie problemów optymalizacji sieci . . . . .	46
3.2. Problemy doboru trasy . . . . .	48
3.3. Optymalizacja sieci . . . . .	51

## III

<b>DYSKRETYZACJA TECHNIKI TELETRANSMISYJNEJ —</b> <i>doc. dr inż. Władysław Majewski . . . . .</i>	61
1. Wprowadzenie . . . . .	61
2. Charakterystyka teletransmisji analogowej . . . . .	62
3. Sygnały dyskretne w kanałach analogowych . . . . .	63
4. Przyczyny dążenia do dyskretyzacji techniki teletransmisyjnej . . . . .	64
5. Zasada pracy telefonicznych systemów wielokrotnych z modulacją kodowo-impulsową . . . . .	64
6. Charakterystyka systemów PCM i perspektywy rozwojowe . . . . .	69
7. Systemy PCM w sieci zintegrowanej . . . . .	70

## IV

## ELEKTRONIZACJA TECHNIKI TELEKOMUTACYJNEJ —

<i>prof. Henryk Śmigielski</i> . . . . .	73
1. Wprowadzenie . . . . .	73
2. Przyczyny elektronizacji techniki komutacyjnej . . . . .	75
3. Zarys historii rozwoju elektronizacji techniki komutacyjnej . . . . .	77
4. Próba systematyki odmian EACT . . . . .	79
5. Charakterystyka systemów przestrzenno-czasowych . . . . .	80
6. Charakterystyka systemów o wielokrociu czasowym . . . . .	85
7. Wnioski dla nauki i techniki polskiej . . . . .	87

## V

TELEKOMUNIKACYJNE SIECI ZINTEGROWANE I ICH KOMPUTERYZACJA — *prof. Feliks Błocki* . . . . .

91

## VI

SYSTEMY TELEINFORMATYCZNE — <i>mgr inż. Janusz Sochacki</i> . . . . .	99
1. Wprowadzenie . . . . .	99
2. Systemy teleinformatyczne a transmisja danych . . . . .	101
3. Aparaty końcowe — forma dialogu z maszyną . . . . .	107
4. Systemy teleinformatyczne a sieć telekomunikacyjna . . . . .	112
5. Zakończenie . . . . .	114

## VII

## PLANOWANIE, PROJEKTOWANIE I EKSPLOATACJA UKŁADÓW, URZĄDZEŃ I SIECI TELEKOMUNIKACYJNYCH PRZY UŻYCIU ELEKTRONICZNEJ TECHNIKI OBLICZENIOWEJ —

<i>dr inż. Zbigniew Dudziński</i> . . . . .	117
Wstęp . . . . .	117
1. Uzasadnienie stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej w telekomunikacji . . . . .	118
2. Stan i perspektywy rozwojowe zastosowań komputerów w telekomunikacji (w rozwiniętych państwach świata) . . . . .	120
2.1. Zastosowania typowe . . . . .	120
2.2. Analiza i projektowanie układów telekomunikacyjnych [4] . . . . .	121
2.3. Zagadnienia eksploatacji . . . . .	122
2.4. Zagadnienia rozwoju . . . . .	127
2.5. Perspektywy rozwojowe zastosowań komputerów w telekomunikacji, obserwowane w rozwiniętych państwach świata . . . . .	135



3. Dotychczasowy dorobek Polski w stosowaniu elektronicznej techniki obliczeniowej w telekomunikacji . . . . .	136
3.1. Fakturowanie opłat telefonicznych . . . . .	136
3.2. Projektowanie układów telekomunikacyjnych [4] . . . . .	137
3.3. Projektowanie sieci miejscowych [5] . . . . .	137
3.4. Obliczanie wielokroci homogenicznych [5] . . . . .	138
3.5. Gospodarka łączami telekomunikacyjnymi . . . . .	139
3.6. Projektowanie sieci telekomunikacyjnych [3] . . . . .	141
3.7. Projektowanie sieci radiodfuzyjnych [6] . . . . .	141
3.8. Ogólna ocena osiągniętego zaawansowania stosowania komputerów w polskiej telekomunikacji na tle sytuacji w rozwiniętych państwach świata . . . . .	142
4. Kierunki rozwoju zastosowań komputerów w polskiej telekomunikacji. Wnioski . . . . .	144

## VIII

<b>LINIE TELEKOMUNIKACYJNE — prof. Zenon Szpigler</b> . . . . .	147
1. Przepustowość linii telekomunikacyjnych . . . . .	147
2. Tory kablowe współosiowe . . . . .	152
2.1. Uwagi ogólne . . . . .	152
2.2. Tory kablowe współosiowe normalnowymiarowe (2,6/9,5 mm) . . . . .	153
2.3. Tory kablowe współosiowe o znacznie zwiększonych wymiarach . . . . .	157
2.4. Tory współosiowe małowymiarowe (1,2/4,4 mm) . . . . .	160
2.5. Tory kablowe współosiowe miniaturowe (0,65/2,8 mm) . . . . .	163
3. Linie radiowe . . . . .	164
4. Tory kablowe falowodowe . . . . .	168
4.1. Uwagi ogólne . . . . .	168
4.2. Tory falowodowe we Francji . . . . .	169
4.3. Tory falowodowe w Wielkiej Brytanii . . . . .	170
4.4. Tory falowodowe w Japonii . . . . .	170
4.5. Stan prac nad falowodami w CCITT . . . . .	172
5. Tory światłowodowe . . . . .	174
6. Wnioski . . . . .	177
Załącznik . . . . .	183
7. Badania nad ekonomicznością poszczególnych systemów teletransmisyjnych . . . . .	183

## IX

<b>ZAGADNIENIA NAUKOWE RUCHU TELEKOMUNIKACYJNEGO —</b> <i>dr inż. Andrzej Klimontowicz</i> . . . . .	189
1. Rozwój i stan obecny . . . . .	189
1.1. Rozwój zagadnień ruchu telekomunikacyjnego w skali światowej . . . . .	189

1.2. Zagadnienie ruchu telekomunikacyjnego w Polsce . . . . .	193
2. Najistotniejsze zagadnienia dla rozwoju techniki w kraju . . . . .	194
3. Warunki rozwoju problematyki ruchu telekomunikacyjnego w Polsce . . . . .	197
3.1. Podstawowe zadania na najbliższe lata . . . . .	197
3.2. Zarys zadań na okres do 1985 r. . . . .	199
3.3. Potrzeby kadrowe i szkoleniowe . . . . .	200
3.4. Współpraca międzynarodowa . . . . .	202
3.5. Potrzebne środki finansowe i techniczne . . . . .	202
3.6. Organizacja i koordynacja prac . . . . .	204
3.7. Wnioski . . . . .	204

## X

## OSIĄGNIĘCIA I PERSPEKTYWY ROZWOJU W DZIEDZINIE PROPAGACJI FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH NA OKRES DO ROKU

1980 — <i>prof. Stefan Jasiński, dr hab. inż. Janusz Molski</i> . . . . .	207
1. Osiągnięcia i stan prac w dziedzinie propagacji fal . . . . .	207
1.1. Rys historyczny osiągnięć światowych i krajowych . . . . .	207
1.2. Stan prac w kraju . . . . .	213
2. Perspektywiczny rozwój w dziedzinie propagacji fal . . . . .	218
2.1. Tendencje rozwojowe na świecie . . . . .	218
2.2. Aktualne kierunki rozwoju na świecie i w kraju . . . . .	220
3. Wnioski na temat potrzeb, stanu prac, perspektyw rozwoju i organizacji w dziedzinie badań propagacji fal w kraju . . . . .	225

## XI

## KIERUNKI ROZWOJU TELEKOMUNIKACJI SATELITARNEJ —

<i>mgr inż. Jerzy Rutkowski, mgr inż. Henryk Kalita</i> . . . . .	229
Wstęp . . . . .	229
1. Stan aktualny i kierunki rozwoju telekomunikacji satelitarnej w świecie . . . . .	230
1.1. Telekomunikacja porozumiewawcza . . . . .	230
1.2. Telekomunikacja rozsiewcza (radiodifuzja satelitarna) . . . . .	237
1.3. Programy badawcze w dziedzinie łączności kosmicznej . . . . .	239
2. Stan prac w dziedzinie telekomunikacji satelitarnej w Polsce . . . . .	239
2.1. Prace w ramach Stałej Grupy Roboczej do spraw Łączności Kosmicznej krajów socjalistycznych . . . . .	239
2.2. Prace krajowe . . . . .	240
3. Kierunki działania w dziedzinie rozwoju telekomunikacji satelitarnej w kraju . . . . .	240
3.1. Program prac związanych z włączeniem się Polski do systemu INTER-SPUTNIK . . . . .	240
3.2. Perspektywy włączenia się do systemu globalnego . . . . .	240
3.3. Perspektywy włączenia się do systemów radiodifuzji satelitarnej . . . . .	241
4. Zakończenie . . . . .	242

## XII

## PERSPEKTYWICZNE PROBLEMY RADIODYFUZJI —

<i>mgr inż. Henryk Kalita</i> . . . . .	243
1. Wstęp . . . . .	243
2. Zarys perspektyw rozwiązań systemowych radiodyfuzji . . . . .	245
3. Problemy związane z efektywnym wykorzystywaniem w radiodyfuzji przydzielonych zakresów częstotliwości . . . . .	247
3.1. Efektywne wykorzystywanie zakresu fal długich i średnich w radiofonii . . . . .	247
3.2. Efektywne wykorzystywanie zakresu fal metrowych w radiofonii . . . . .	248
3.3. Efektywność wykorzystania zakresów częstotliwości w telewizji . . . . .	248
4. Problemy związane z wdrożeniem nowych zakresów częstotliwości . . . . .	249
5. Problemy związane z wdrożeniem radiodyfuzji przewodowej . . . . .	250
6. Problemy poprawy parametrów jakościowych nadawania i odbioru w systemach radiodyfuzyjnych . . . . .	250
7. Przewidywane terminy realizacji rozwiązań problemów . . . . .	251

## XIII

## PERSPEKTYWICZNE PROBLEMY TELEWIZJI —

<i>prof. Lesław Kędzierski, doc. mgr inż. Andrzej Kielkiewicz</i> . . . . .	253
1. Wstęp . . . . .	253
2. Stan rozwoju techniki telewizyjnej w kraju . . . . .	253
3. Stan kadry badawczej . . . . .	254
4. Kierunki rozwoju telewizji w ścieście . . . . .	255
4.1. Zagadnienia automatyzacji w telewizji . . . . .	256
4.2. Bezpośredni odbiór telewizji z satelitów . . . . .	257
4.3. Telewizja kablowa . . . . .	257
4.4. Wizjotelegrafia . . . . .	258
4.5. Numeryczne systemy telewizyjne . . . . .	258
4.6. Systemy telewizyjne o bardzo wysokiej jakości . . . . .	259
4.7. Wykorzystanie laserów w telewizji . . . . .	259
4.8. Telewizja holograficzna . . . . .	260
4.9. Płaski ekran telewizyjny . . . . .	260
5. Perspektywiczne prace badawcze, które powinny być prowadzone w kraju . . . . .	261

## XIV

## PERSPEKTYWICZNE PROBLEMY RADIOLOKACJI I RADIONAWIGACJI —

<i>prof. dr hab. inż. Jan Kroszczyński, doc. dr inż. Tadeusz Kętki</i> . . . . .	263
A. Radiolokacja . . . . .	263
1. Stan w świecie . . . . .	263
2. Stan w kraju . . . . .	269
3. Program działania w Polsce . . . . .	271
3.1. Wstęp . . . . .	271

3.2. Potrzeby społeczne . . . . .	271
3.3. Celowość i możliwości rozwoju radiolokacji w kraju . . . . .	274
4. Wnioski . . . . .	277
B. Radionawigacja . . . . .	278
1. Stan w świecie . . . . .	278
2. Stan i program działania w kraju . . . . .	281
3. Wnioski . . . . .	282

## XV

WPLYW NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII NA ROZWIĄZANIA TELEKOMUNIKACYJNE — <i>prof. dr hab. inż. Michał Bialko</i> . . . . .	283
1. Nowe technologie i układy w urządzeniach i systemach telekomunikacyjnych na świecie . . . . .	283
1.1. Uwagi wstępne . . . . .	283
1.2. Technologie mikroelektroniczne . . . . .	284
1.3. Nowe rozwiązania układowe związane z technologiami mikroelektronicznymi . . . . .	285
1.4. Wybrane współczesne rozwiązania telekomunikacyjne z zastosowaniem nowych technologii . . . . .	287
2. Znaczenie nowoczesnych technologii elektronicznych i ich stan w kraju . . . . .	290
2.1. Znaczenie wdrożenia technologii mikroelektronicznych dla gospodarki krajowej . . . . .	290
2.2. Stan technologii i możliwości wytwarzania półprzewodnikowych układów scalonych w kraju . . . . .	291
2.3. Stan techniki hybrydowej w kraju . . . . .	292
2.4. Stan przygotowania kadry naukowej i technicznej do projektowania i wdrażania układów scalonych w kraju . . . . .	293
3. Propozycje odnośnie sposobów osiągnięcia szybszego postępu w nowoczesnych technologiach wytwarzania urządzeń dla potrzeb telekomunikacji . . . . .	295

## XVI

ZAGADNIENIE KADRY NAUKOWO-BADAWCZEJ I NAUKOWO-DYDAKTYCZNEJ W TELEKOMUNIKACJI — <i>doc. dr inż. Edward Kowalczyk</i> . . . . .	301
1. Techniczne cechy telekomunikacji . . . . .	301
2. Cechy niezdeteminowane . . . . .	302
3. Pozycja kadry naukowo-technicznej w telekomunikacji . . . . .	302
4. Kadry resortu łączności . . . . .	303
5. Problem kształcenia kadr . . . . .	306
6. Kadra naukowo-badawcza i dydaktyczna . . . . .	307
7. Cechy modelu szkolenia . . . . .	313

## XVII

## ORGANIZACJA, ZARZĄDZANIE I KOORDYNACJA PRAC NAUKOWO-BADAWCZYCH W ZAKRESIE TELEKOMUNIKACJI —

<i>prof. Zenon Szpigler</i> . . . . .	315
1. Wstęp . . . . .	315
2. Organizacja prac naukowo-badawczych w zakresie telekomunikacji . . . . .	316
2.1. Uwagi ogólne . . . . .	316
2.2. Pełne cykle rozwojowe (PCR) . . . . .	317
2.3. Powiązania organizacyjne placówek naukowo-technicznych z dużymi ugrupowaniami gospodarczymi oraz wydzielenie w tych ugrupowaniach pionów przygotowania nowej produkcji oraz pionu produkcji i zbytu . . . . .	318
2.4. Uwzględnienie w jak najszerszym stopniu roli szkół wyższych i ich dotychczas w pełni nie wykorzystanych dużych możliwości naukowo-badawczych . . . . .	318
2.5. Pogłębienie procesów koncentracji i integracji organizacyjnej uczelni wyższych poprzez doskonalenie struktury i krystalizowanie kompetencji instytutów uczelnianych i uczelniano-przemysłowych oraz usprawnienie ich wewnętrznej organizacji . . . . .	319
2.6. Układ przestrzenny nauki w Polsce . . . . .	322
3. Zarządzanie w zakresie prac naukowo-badawczych w telekomunikacji . . . . .	324
3.1. Rola Ministerstwa Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki . . . . .	324
3.2. Komitet Elektroniki i Telekomunikacji PAN . . . . .	324
3.3. Rada Główna MNSWiT oraz Kolegium Porozumiewawcze MNSWiT . . . . .	325
3.4. Systemy planowania i statystyki . . . . .	326
4. Koordynacja prac naukowo-badawczych w zakresie telekomunikacji . . . . .	327

## XVIII

## PROBLEMATYKA NAUKOWO-BADAWCZA W TELEKOMUNIKACJI —

<i>mgr inż. Jerzy Rutkowski</i> . . . . .	331
1. Wprowadzenie . . . . .	331
2. Stan i perspektywy rozwoju badań naukowych w dziedzinie telekomunikacji w świecie . . . . .	332
2.1. Badania w dziedzinie teorii sygnałów i systemów informatycznych . . . . .	332
2.2. Badania w dziedzinie nowych systemów teletransmisyjnych . . . . .	334
2.3. Badania w dziedzinie propagacji fal radiowych i w dziedzinie anten . . . . .	336
2.4. Badania w dziedzinie optymalizacji struktury sieci telekomunikacyjnych . . . . .	337
2.5. Badania ruchu telekomunikacyjnego . . . . .	338
2.6. Badania nad zastosowaniem nowych rodzajów układów i elementów półprzewodnikowych w urządzeniach telekomunikacyjnych . . . . .	338
2.7. Badania nad nowymi rodzajami radiokomunikacji porozumiewawczej, radiofonii i telewizji . . . . .	339
2.8. Badania w dziedzinie radiolokacji i radionawigacji . . . . .	341
2.9. Kierunki integracji sieci i systemów telekomunikacyjnych . . . . .	342
3. Ocena stanu i perspektyw rozwoju badań naukowych w dziedzinie telekomunikacji w Polsce . . . . .	342

3.1. Badania w dziedzinie teorii sygnałów i systemów teleinformatycznych	342
3.2. Badania w dziedzinie nowych systemów teletransmisyjnych	343
3.3. Badania w dziedzinie propagacji fal radiowych i w dziedzinie anten	345
3.4. Badania w dziedzinie optymalizacji struktur sieci telekomunikacyjnych	347
3.5. Badanie ruchu telekomunikacyjnego	348
3.6. Badania nad zastosowaniem nowych rodzajów układów i elementów półprzewodnikowych w urządzeniach telekomunikacyjnych	348
3.7. Badania nad nowymi rodzajami radiokomunikacji porozumiewawczej, radiofonii i telewizji	349
3.8. Badania w dziedzinie radiolokacji i radionawigacji	351
3.9. Kierunki integracji sieci i systemów telekomunikacyjnych	351
4. Organizacja i koordynacja badań naukowych w dziedzinie telekomunikacji	352
5. Problemy kadr naukowo-badawczych i naukowo-dydaktycznych dla potrzeb telekomunikacji	353
6. Nakłady na realizację badań naukowych i prac rozwojowych w dziedzinie telekomunikacji	355
7. Zakończenie	356

#### UZASADNIENIE WNIOSKÓW PODSEKCJI ELEKTRYKI INFORMACYJNEJ SEKCJI NAUK ELEKTRYCZNYCH KOMITETU ORGANIZACYJNEGO II KONGRESU NAUKI POLSKIEJ —

<i>prof. dr inż. Witold Nowicki, prof. Zenon Szpigler</i>	357
1. Charakterystyka obecnego rozwoju telekomunikacji na świecie i w Polsce	357
2. Wybór problemów priorytetowych	358
3. Warunki rozwiązania problemów priorytetowych i pozostałych	360
3.1. Wstęp	360
3.2. Warunki technologiczno-konstrukcyjne	360
3.3. Warunki organizacyjne	361
3.4. Warunki kadrowe	362

#### WNIOSKI PODSEKCJI ELEKTRYKI INFORMACYJNEJ SEKCJI NAUK ELEKTRYCZNYCH KOMITETU ORGANIZACYJNEGO II KONGRESU NAUKI POLSKIEJ, ZGŁOSZONE NA 3 I 4 DZIEŃ OBRAD KONGRESU

365

*Dr inż. Zbigniew Dudziński*

## Planowanie, projektowanie i eksploatacja układów, urządzeń i sieci telekomunikacyjnych przy użyciu elektronicznej techniki obliczeniowej

### Wstęp

Stosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej jest jednym z przejawów nowoczesności w traktowaniu zagadnień telekomunikacyjnych (zagadnień gospodarczych, eksploatacji i rozwoju, zagadnień projektowania układów i urządzeń, zagadnień sieci telekomunikacyjnych itp.). Nie należy traktować tego jako wyniku „mody” na komputeryzację, ale jest to skutkiem ogromnego rozmiaru pracy obliczeniowej, związanej z gospodarczymi i naukowo-technicznymi problemami telekomunikacji; w wyniku bardziej masowego wdrożenia elektronicznej techniki obliczeniowej do konkretnych problemów telekomunikacji można oczekiwać bardzo efektywnych korzyści.

Toteż z uznaniem należy powitać fakt, że w toku prac przygotowawczych do II Kongresu Nauki Polskiej temat elektronizacji prac obliczeniowych związanych i wynikających z telekomunikacji zajął należne miejsce wśród innych najważniejszych problemów naukowych teleelektryki. Fakt ten zostanie niewątpliwie specjalnie radośnie powitany przez entuzjastów tego kierunku.

Temat niniejszego referatu — jak wynika to z jego tytułu — ma objąć tak wiele różnych spraw z zakresu eksploatacji, planowania i projektowania, i to dla tak szerokiego kręgu przedmiotów (układy, urządzenia, sieci) — iż można uznać, że w istocie tematem niniejszego referatu jest ogólnie: zastosowanie komputerów w telekomunikacji (i przy takim rozumieniu tematu został on tu przedstawiony).

W rozdziale 1 starano się zestawić argumenty przemawiające za stosowaniem elektronicznej techniki obliczeniowej do rozwiązywania problemów gospodarczych i naukowo-technicznych telekomunikacji.



W rozdziale 2 na podstawie reprezentatywnej literatury [1, 2] dokonano przeglądu dość szerokiego zakresu tematów, dla których za granicą stosowane są komputery.

W rozdziale 3 zestawiono w sposób bardzo skrótowy przegląd najważniejszych osiągnięć w tej dziedzinie w Polsce i dokonano ogólnej oceny osiągniętego stanu zaawansowania.

W rozdziale 4 sformułowano najważniejsze wnioski zmierzające do intensyfikacji rozwoju komputeryzacji telekomunikacji, jakie chciało by się, by znalazły poparcie w toku prac II Kongresu Nauki Polskiej.

## 1. Uzasadnienie stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej w telekomunikacji

Telekomunikacja jest działem wiedzy i działalności gospodarczej zaspokajającym istotne potrzeby gospodarki narodowej i ludności; jest istotnym (jeśli nie głównym) elementem infrastruktury kraju. Szybki ilościowy i techniczny rozwój telekomunikacji (w świecie i w Polsce) wynika ze wzrostu gospodarczego, unowocześniania się gospodarki i technik zarządzania, ze wzrostu liczby ludności oraz z nacisku potrzeb społeczno-gospodarczych; wszystkie przewidywania wskazują na to, że w przyszłości rozwój ten będzie jeszcze szybszy.

Jednocześnie obserwuje się bardzo szybki postęp techniczny w technice komputerów (powstawanie coraz to nowych generacji), co umożliwi rozwiązywanie coraz większych zadań obliczeniowych — i to coraz sprawniej — przy coraz większej opłacalności stosowania tej techniki.

Ogólnie (tzn. w dowolnej dziedzinie działalności) korzyści ze stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej polegają na:

- realizacji obliczeń z dużą szybkością i bezbłędnie;
- oszczędności pracy ludzkiej (technika ta uwalnia od nudnych, nużących zajęć, pozwalając człowiekowi zająć się bardziej twórczymi tematami);
- możliwości zrealizowania obliczeń o dużym rozmiarze, co byłoby przy technice ręcznej niemożliwe;
- przyczynieniu się do lepszego wykorzystania środków trwałych i środków ludzkich, jakimi dysponuje się; ogólnie: do lepszej (efektywniejszej) pracy.

Te ogólne korzyści odnoszą się, oczywiście, w równej mierze do zastosowań elektronicznej techniki obliczeniowej w telekomunikacji.

Ponadto za stosowaniem komputerów do rozwiązywania zagadnień typowych dla telekomunikacji przemawiają następujące specjalne argumenty:



- w telekomunikacji występuje wiele złożonych problemów z zakresu organizacji, sprawozdawczości, analizy, ewidencji itp.;
- w telekomunikacji operuje się ogromnymi zbiorami danych, olbrzymimi ilościami informacji związanych z działalnością w telekomunikacji, ze znaczną liczbą źródeł informacji; zachodzi potrzeba przedstawiania tych danych w użytecznej i skumulowanej formie (m.in. ścisłych i aktualnych danych dla celów planowania i zarządzania siecią);
- wiele operacji obliczeniowych w telekomunikacji powtarza się przy zastosowaniu tych samych wzorów (procedur);
- sieć telekomunikacyjna składa się z dużej liczby analogicznych obiektów i organizacja sieci opiera się na ścisłej wzajemnej i jednoczesnej więzi eksploatacyjno-technicznej między tymi obiektami;
- telekomunikacja rozwija się szybko pod względem ilościowym i technicznym, co powoduje dość znaczną swobodę (nieobciążoną stanem istniejącym) w projektowaniu i organizowaniu sieci;
- w telekomunikacji występuje wiele problemów wymagających centralnego rozwiązywania;
- na rozwiązania stosowane w telekomunikacji ze specjalną siłą oddziałuje wymaganie gospodarności, wymaganie przyjmowania rozwiązań optymalnych; wynika to z dużego nacisku potrzeb, z dużych kosztów rozwoju telekomunikacji i ograniczonych możliwości inwestycyjnych;
- postęp techniczny w telekomunikacji, a zwłaszcza automatyzacja ruchu wymaga, aby również procesy obliczeniowe były wykonywane przy użyciu nowoczesnej techniki; jednocześnie automatyzacja ruchu powoduje, że musi jej towarzyszyć wprowadzanie elektronicznej techniki obliczeniowej (gdyż wraz z automatyzacją znikają pisemne dokumenty i zapisy pierwotne o ruchu);
- w telekomunikacji występuje niewątpliwa potrzeba kompleksowego planowania dalekosiężnego (uznano taką potrzebę nie tylko w państwach o tradycyjnie planowej gospodarce, ale i we wszystkich innych rozwiniętych państwach świata — por. np. [2, str. 738]);
- sieć telekomunikacyjna charakteryzuje się dużą złożonością struktury i organizacji oraz tym, że pokrywając teren całego kraju tworzy w istocie jeden funkcjonalny obiekt; w związku z tymi cechami analiza, a zwłaszcza planowanie i projektowanie sieci wymaga nadzwyczaj pracochłonnych obliczeń;
- w telekomunikacji istnieje cały zakres prac związanych z analizą i projektowaniem układów, urządzeń i systemów telekomunikacyjnych, w których stosowanie komputerów stwarza nowe możliwości wykorzystania nowoczesnych metod teoretycznych i optymalizacyjnych;

- telekomunikacja świadcząc usługi transmisji danych odgrywa istotną rolę w organizacji sieci centrów obliczeniowych dla różnych branż (przemysłu, banków), przez co zwiększa się w telekomunikacji zainteresowanie służbą elektronicznego przetwarzania danych i pracą elektronicznych maszyn cyfrowych;
- elektroniczna technika obliczeniowa i technika telekomunikacji wykazują szereg podobieństw (mimo innej skali trudności tych technik); mają wspólne podstawy naukowe, techniczne i historyczne; inżynierowie telekomunikacji z racji swego wykształcenia są — lub powinni być — bliżsi od innych zawodów zagadnieniom elektronicznej techniki obliczeniowej.

## 2. Stan i perspektywy rozwojowe zastosowań komputerów w telekomunikacji (w rozwiniętych państwach świata)

Przeważająca większość zarządów telekomunikacyjnych (i częściowo przemysłów telekomunikacyjnych) w rozwiniętych państwach dysponuje własnymi komputerami; są one stosowane przy realizowaniu różnych procesów, związanych z dużym zakresem pracy obliczeniowej. Poniżej zostanie przedstawiony w dużym streszczeniu przegląd tych różnych zastosowań elektronicznych maszyn cyfrowych w telekomunikacji.

### 2.1. Zastosowania typowe

Przez zastosowania typowe będzie tu się rozumiało stosowanie komputerów do takich procesów, które w analogicznej postaci występują w większości innych działów gospodarki narodowej. Zastosowania takie zostały włączone do niniejszego referatu dla kompletności tematu, jednak ograniczono się tylko do ich wymienienia.

Tak więc zarządy telekomunikacyjne stosują (lub planują stosowanie) elektronicznych maszyn cyfrowych do:

- zarządzania administracyjnego (operatywnego wydawania decyzji w typowych i błahych sprawach);
- planowania i prognozowania (w tym: planowania i kontroli realizacji inwestycji);
- kontroli finansowej (np. w Szwecji [1, str. 698], we Francji [1, str. 644]);
- kontroli personelu i zestawiania list płac (np. w Wielkiej Brytanii [1, str. 692], na Filipinach [str. 688], w Szwecji [str. 698]);

- gospodarki materiałowej (stosowanie komputerów przyczynia się do przyspieszenia rotacji materiałów i sprzętu, zmniejszenia powierzchni magazynowej, wycofania przestarzałych asortymentów, automatycznego sygnalizowania niedoborów i nadwyżek magazynowych, automatycznego wystawiania zamówień, automatycznego wydawania decyzji o przerwaniu partii materiału między magazynami — np. we Francji [1, str. 639]);
- gospodarki parkiem samochodowym (co przyczynia się do jego lepszego wykorzystania — np. [1, str. 710]);
- realizowania przedsięwzięć inwestycyjnych za pomocą metod sieciowych (ścieżki krytycznej, PERT) — np. w Australii [1, str. 598].

## 2.2. Analiza i projektowanie układów telekomunikacyjnych [4]

Metody projektowania układów telekomunikacyjnych za pomocą komputerów stały się już dyscypliną naukową o wzrastającym znaczeniu i dynamicznym rozwoju.

Rozwój tej dyscypliny ma już swoją historię: datuje się od początku lat sześćdziesiątych; od tego czasu powstało wiele algorytmów i programów zarówno uniwersalnych, jak i specjalistycznych.

Prace w dziedzinie automatycznego projektowania układów telekomunikacyjnych polegają na:

- analizie i syntezie układów (pasywnych i aktywnych, liniowych i nieliniowych),
- optymalizacji układów i systemów,
- oprogramowaniu elektronicznych maszyn cyfrowych.

Przy omawianiu metod projektowania trzeba rozróżniać: układy pasywne i aktywne.

Analiza i synteza układów pasywnych (takich, jak filtry elektryczne, korektory, wydłużniki torowe, układy opóźniające, równoważniki) polega na:

- aproksymacji, tzn. na określeniu funkcji przybliżającej z określoną dokładnością zadaną charakterystykę układu,
- określeniu struktury i wartości elementów w układzie w oparciu o funkcję aproksymującą.

Przy projektowaniu układów pasywnych można:

- albo założyć strukturę układu i rodzaje elementów i poszukiwać wartości elementów (jest to synteza strukturalna),
- albo założyć tylko pewne wskaźniki topologiczne (np. liczbę węzłów) i poszukiwać struktury układu oraz rodzaju i wartości elementów (synteza topologiczna).

Zastosowanie komputerów umożliwiło nie tylko usprawnienie projektowania układów, ale również ich optymalizację (z uwzględnieniem metod programowania matematycznego i współczesnych metod optymalizacji).

Optymalizację układu można przeprowadzać pod różnymi kątami widzenia: jako kryterium optymalności można przyjmować najlepszą aproksymację, minimalną czułość, minimalną liczbę elementów określonego rodzaju, najmniejszy koszt układu.

Dla projektowania układów aktywnych nie istnieje ogólny system, nie ma ogólnych bezpośrednich metod syntezy, a stosuje się metody iteracyjne; wykorzystuje się metody macierzowe, metody równań stanu i metody topologiczne. Między innymi, przy projektowaniu układów aktywnych zachodzi potrzeba uwzględnienia wpływu tolerancji elementów układu na jego charakterystykę.

W organizacji procesu projektowania układów aktywnych na maszynach cyfrowych należy często uwzględniać możliwość i potrzebę interwencji projektanta w proces automatycznego projektowania.

### 2.3. Zagadnienia eksploatacji<sup>1)</sup>

#### 2.3.1. Fakturowanie opłat abonenckich

W wielu państwach (np. w Australii, w Wielkiej Brytanii, we Francji, w Japonii [1, str. 593, 636, 666, 691]) uznano fakturowanie opłat telefonicznych za najpilniejszy temat zastosowania komputerów.

Za wprowadzeniem elektronicznej techniki obliczeniowej w tej dziedzinie przemawiały następujące argumenty:

- zmniejszenie personelu (i powierzchni roboczej),
- przyspieszenie sporządzania rachunków telefonicznych i ściągania należności,
- stosowanie przy obliczaniu należności bardzo dużej liczby bardzo prostych przekształceń danych wejściowych (sortowanie oraz proste operacje arytmetyczne i logiczne),
- zastąpienie przestarzałego (i częściowo zużytego) sprzętu liczącego (np. w technice alfa-numerycznej),
- automatyczna kontrola wpłat (automatyczne wystawianie monitów i wniosków o karne wyłączenie abonenta z sieci),
- możliwość automatycznego obciążania konta w banku abonenta,

<sup>1)</sup> Sprawy pomiarów ruchu, choć niewątpliwie należące do zagadnień eksploatacyjnych, zostały przedstawione w następnym rozdziale ze względu na powiązanie z tematem planowania sieci.

— wykorzystanie danych wynikających z ewidencji abonentów i z obliczeń rachunków telefonicznych do innych celów zarządzania i planowania.

Przy elektronicznym fakturowaniu wykorzystuje się automatyczne odczytywanie stanu liczników abonenckich (np. fotografowanie) i automatyczne (np. na kartach perforowanych) utrwalanie i odczytywanie danych o rozmowach międzymiastowych realizowanych ruchem ręcznym i o innych usługach. Informacje dla celów fakturowania mogą być przekazywane międzymiastowymi łączami transmisji danych do komputera.

Istnieje tendencja stosowania komputerów do rozliczania i kontroli abonentów telexowych oraz abonentów radia i telewizji.

### **2.3.2. Rejestrowanie zgłoszeń kandydatów na abonentów telefonicznych**

Ustawiczny wzrost liczby przyłączonych abonentów i wzrost zaległych zgłoszeń skłania do zaprowadzenia kartoteki, w której byłoby rejestrowane: lokalizacja abonenta, sytuacja techniczna w sieci, dane o sytuacji socjalno-zawodowej przyszłego abonenta, uzasadnienie zwlekania w przyłączeniu abonenta, ustalona kolejność i termin zrealizowania zgłoszenia [1, str. 640].

Taka właściwie zaprowadzona kartoteka przy zastosowaniu komputera byłaby w stanie każdemu zgłaszającemu się udzielić wiążących odpowiedzi na temat szans uzyskania aparatu telefonicznego w określonym terminie; w stosunku do kandydatów objętych kartoteką umożliwiałyby automatyczne wydanie decyzji w sprawie instalacji z chwilą zaistnienia możliwości technicznych; taka zelektronizowana kartoteka umożliwiałyby natychmiastowe zestawianie statystyk zgłoszeń w dowolnym układzie.

### **2.3.3. Zestawianie spisu telefonów**

W wielu krajach — zwłaszcza w Danii [1, str. 607], a także w Kanadzie [str. 604], Wielkiej Brytanii [str. 692], w Szwecji [str. 698] — wprowadza się lub zamierza się wprowadzić elektroniczne przetwarzanie danych dla celów zestawiania spisów telefonów. Dane takiego spisu mogą być wykorzystywane dla (elektronicznego) drukowania książek telefonicznych oraz dla służb informacyjnych (dla tych służb potrzebne są codziennie uaktualniane spisy abonentów, zestawione według porządku alfabetycznego, według adresów, według numerów).

### **2.3.4. Analiza uszkodzeń i reklamacji**

W licznych zarządach telekomunikacyjnych (np. w Australii [1, str. 597]) wykorzystuje się elektroniczną technikę obliczeniową do analizy uszkodzeń w sieciach i urządzeniach telekomunikacyjnych.

Czynności związane z taką analizą polegają na:

- przyjmowaniu meldunków o uszkodzeniach linii lub urządzeń na podstawie stałych obserwacji — wśród nich automatycznych (np. w systemach wielokrotnych za pomocą częstotliwości pilotujących) i na podstawie reklamacji abonentów (specjalnie rejestruje się abonentów zgłaszających powtórnie reklamacje);
- segregacji meldunków według lokalizacji i objawów (przyczyn);
- dokonaniu diagnozy uszkodzenia;
- dokonaniu wyboru sposobu usunięcia uszkodzenia i wydaniu odpowiedniego polecenia służbom konserwacji;
- wskazaniu na ogniwa specjalnie narażone na uszkodzenia i na konieczność roztoczenia specjalnej troski nad pewnymi urządzeniami czy liniami;
- badaniu czasu trwania napraw i nakładu pracy związanej z usuwaniem uszkodzenia;
- dokonaniu oceny służb eksploatacji i konserwacji;
- sporządzaniu statystyk uszkodzeń i dokonaniu oceny jakości pracy sieci;
- wskazaniu na niedostatki w strukturze sieci zmniejszające jej niezawodność;
- korygowaniu wprowadzonych metod konserwacji, normatywów i podziału środków na utrzymanie sieci.

Przy wszystkich tych czynnościach celowe jest stosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej — wobec dużego napływu zgłoszeń o uszkodzeniach i dla usprawnienia jakości i niezawodności sieci.

Technikę tę można również wykorzystywać do opracowywania zbieranych ankietowo opinii abonentów o jakości usług telekomunikacyjnych.

### **2.3.5. Inwentaryzacja techniczna (paszportyzacja) parku urządzeń telekomunikacyjnych**

Wobec bardzo szerokiego asortymentu urządzeń telekomunikacyjnych (teletransmisyjnych i komutacyjnych) wiele krajów (np. Dania [1, str. 613], Francja [str. 636], NRF [str. 690]) stosuje elektroniczną technikę obliczeniową do wielu procesów związanych z inwentaryzacją, a wymagających żmudnych, pracochłonnych czynności, a wśród nich:

- do rejestracji i kontroli stanu urządzeń (m.in. łączy międzymiastowych, stanu zajętości linii miejscowych),
- do kontroli zmian w stanie urządzeń (przyrostów w wyniku np. zakupów, inwestycji i umorzeń),
- do zestawiania zamówień i kontroli ich realizacji,



- do zestawiania danych potrzebnych dla planowania rozbudowy stanu urządzeń (sieci),
- do wyznaczenia właściwej amortyzacji środków trwałych.

Stosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej do tych celów przyczynia się do aktualizacji danych o stanie urządzeń masowych asortymentów i do ułatwienia planowania rozwoju tych urządzeń.

### 2.3.6. Pomiary i statystyka jakości transmisji

Pomiary na łączach telekomunikacyjnych takich wielkości teletransmisyjnych, jak poziom, tłumienność, szумы, zniekształcenia oraz porównanie wyników pomiarów z normami jest czynnością żmudną i nużącą. Toteż (np. w Holandii [1, str. 676]) stosuje się urządzenie elektroniczne, które:

- automatycznie uruchamia procedurę pomiarów,
- steruje pomiarami (wybiera łącza podlegające pomiarom),
- przeprowadza pomiary i utrwała ich wyniki,
- drukuje wyniki pomiarów i sygnalizuje przekroczenie norm.

Tego rodzaju czynnościami steruje minikomputer.

### 2.3.7. Kontrola przekazów telegraficznych

Elektroniczna technika obliczeniowa jest stosowana do kontroli przekazów telegraficznych (np. na Filipinach [1, str. 687]); polega to głównie na porównaniu stanu wpłat i wypłat przekazów telegraficznych i na legalizacji wypłat. Temat ten jest tu tylko zasygnalizowany, gdyż jest on identyczny z tematem kontroli przekazów pocztowych.

### 2.3.8. Gospodarka falowa

Stosowanie komputerów w gospodarce falowej polega na wykorzystaniu ich do opracowania i aktualizacji rejestru częstotliwości stacji radiodifuzyjnych (radiofonicznych z modulacją amplitudy i z modulacją częstotliwości, telewizyjnych); rejestr taki można prowadzić w skali międzynarodowej i w skali kraju.

Rejestr częstotliwości prowadzony w skali międzynarodowej (przez UIT w Genewie) ma istotne znaczenie dla planowania i kontroli nadawczych stacji radiodifuzyjnych [1, str. 567], [6]. Rejestr taki obejmuje wszystkie oficjalne przydziały częstotliwości dla poszczególnych krajów i wiele innych informacji o stacjach nadawczych; jest on bieżąco aktualizowany danymi o nowych przydziałach częstotliwości i o zmianach parametrów technicznych zarejestrowanych już stacji; rejestr taki jest źródłem wszelkich informacji potrzebnych przy wydawaniu decyzji co do nowych stacji radiodifuzyjnych

i ich częstotliwości nadawczych — w sposób eliminujący wzajemne zakłócenia interferencyjne.

Rejestry takie prowadzi się również w skali kraju, np. w Australii [1, str. 599], w Kanadzie [str. 603].

Podstawowymi rejestrowanymi danymi są: nazwa stacji, położenie geograficzne, częstotliwość, moc nadawania, charakterystyka promieniowania anten, charakter służby itp. [1, str. 600].

Istnieje szereg argumentów przemawiających za stosowaniem elektronicznej techniki obliczeniowej do przetwarzania danych dla potrzeb rejestru częstotliwości, ogólniej — dla potrzeb gospodarki falowej:

- występuje duża liczba zapisów i wielka częstość zmian i uzupełnień w rejestrze częstotliwości;
- zachodzi konieczność częstego różnego segregowania zapisów w tym rejestrze;
- sytuacja falowa na świecie jest tego rodzaju, że poszczególne pasma i kanały częstotliwości są bardzo „zatłoczone” i w związku z tym zachodzi konieczność jak najwydajniejszego korzystania z ograniczonych możliwości częstotliwościowych;
- występuje ogromna ilość i złożoność informacji, które trzeba zgromadzić, i czynników, które trzeba uwzględnić, przy wydawaniu poszczególnych decyzji o przydzieleniu częstotliwości dla konkretnej stacji nadawczej — dla zapewnienia skutecznej gospodarki pasmem częstotliwości;
- zachodzi konieczność udzielania szybkich odpowiedzi na stawiane zapytania co do nowych stacji;
- przy stosowaniu techniki ręcznej występowałaby nieunikniona możliwość popełniania błędów i niedopuszczalne opóźnienia, co powodowałoby marnotrawstwo częstotliwości.

### 2.3.9. Analiza danych o propagacji jonosferycznej

W niektórych krajach (np. w Kanadzie [1, str. 604]) opracowano programy dla maszyn, które służą do obliczania wartości średnich i kwantyli danych jonosferycznych, dostarczanych przez szereg stacji sondowania jonosferycznego. Przetwarzanie i obróbka tych danych za pomocą komputera zwiększa dokładność i zmniejsza koszty w porównaniu z metodami ręcznymi.

CCIR zaleciło do powszechnego stosowania metody prognozowania jonosferycznego, przygotowując odpowiednie programy obliczeniowe [6].

### 2.3.10. Sterowanie pracą rozgłośni

Chociaż rozgłoszenie radiowe i studia telewizyjne nie należą organizacyjnie do telekomunikacji, należy jednak zanotować, że komputery mogą znaleźć



zastosowanie w sterowaniu pracą rozgłośni i w nadzorze nad tworzeniem programów radiofonicznych i telewizyjnych [1, str. 667]; w szczególności mogą one być wykorzystywane w następujących czynnościach:

- planowanie (układanie) programów i kontrola ich realizacji (m.in. czuwanie nad zgodnością z planem programu);
- rezerwacja i dyspozycja studiów;
- ustalanie harmonogramów przygotowania programów, rozdzielanie środków i personelu, szacowanie kosztów programów;
- przydzielanie dekoracji do poszczególnych programów;
- kontrola stanu zapasu taśm magnetofonowych i filmów;
- prowadzenie rejestru aktorów, reżyserów;
- rozliczanie i kontrola wynagrodzeń pracowników rozgłośni (w tym aktorów i reżyserów);
- sterowanie pracą płytoteki, taśmoteki i filmoteki;
- kierowanie (w czasie realnym) programami nadawanymi na antenę;
- dokonywanie ocen poszczególnych programów na podstawie badań ankietowych i reakcji słuchaczy.

Wprowadzenie do tych czynności komputerów umożliwia likwidację zbędnej biurokracji, zmniejszenie personelu związanego z zarządzaniem pracą rozgłośni i zwiększenie wykorzystania studiów oraz innych studyjnych urządzeń radiofonicznych i telewizyjnych.

### 2.3.11. Automatyczne utrzymanie ruchu telekomunikacyjnego i nadzór nad siecią

Przy dość szerokim traktowaniu tego tematu — chodzi o wykorzystanie elektronicznej techniki obliczeniowej do eksploatacji sieci i do dozoru nad realizacją ruchu [1, str. 672]. Analiza uszkodzeń i reklamacji (por. wyżej punkt 2.3.4) jest częścią tego tematu.

System ten działa w ten sposób, że odpowiednie urządzenia, zainstalowane w centralach lub węzłach, zbierają automatycznie informacje o ruchu i jego kierowaniu, o jakości i ewentualnych uszkodzeniach w sieci; dane te są przekazywane techniką transmisji danych do centrum, które w czasie realnym kieruje ruchem; w przypadku stwierdzenia uszkodzeń — stosuje zastępczy plan kierowania oraz lokalizuje uszkodzenie i dokonuje diagnostyki.

## 2.4. Zagadnienia rozwoju

Zagadnienia rozwoju sprowadzają się do planowania (i to planowania możliwie optymalnego) sieci telekomunikacyjnych.

- Planowanie sieci polega na [2 str. 738]:
- zbadaniu przyszłych potrzeb;
  - ustaleniu optymalnej struktury przyszłej sieci;
  - ustaleniu taktyki rozwojowej umożliwiającej ekonomiczne i efektywne przejście od stanu istniejącego do pożądanego stanu w określonej przyszłości;
  - dostatecznie wczesnym przewidzeniu wszystkich zagrożeń i „wąskich gardeł”, co umożliwi podjęcie działań zapobiegawczych;
  - przewidzeniu postępu technicznego w środkach telekomunikacyjnych.

W wielu krajach planowanie sieci telekomunikacyjnych zostało uznane za jeden z ważniejszych obszarów zastosowań komputerów [2, str. 814].

Elektroniczne maszyny cyfrowe mogą być wykorzystywane przy następujących czynnościach związanych z planowaniem sieci [2, str. 737]:

- zbieranie, przekształcanie i prezentacja danych o ruchu telekomunikacyjnym;
- przewidywanie wzrostu natężenia ruchu i jego podział na kierunki zainteresowania;
- określanie i optymalizacja kierowania przyszłego ruchu i wyznaczanie optymalnych wiązek łączy w sieci.

Wymaganie optymalności oznacza dążność do zrealizowania potrzeb przy najmniejszych nakładach gospodarczych.

Z wielu względów optymalne planowanie sieci jest bardzo złożonym zagadnieniem, wymaga ogromnego rozmiaru obliczeń, toteż często trzeba zadowolić się rozwiązaniami suboptymalnymi, uzyskiwanymi metodami przybliżonymi lub poprzez porównanie ograniczonej liczby wariantów.

#### 2.4.1. Pomiary ruchu i analiza ruchu telekomunikacyjnego

Wobec powszechnej automatyzacji procesów komutacyjnych w ruchu międzymiastowym — występuje potrzeba również automatycznego dokonywania pomiarów i automatycznego rejestrowania w centralach (techniką perforowania lub na taśmie magnetycznej) danych o ruchu telekomunikacyjnym.

Badania takie dotyczą [1, str. 689], [2, str. 748 i 770]:

- sumy natężenia ruchu w wiązkach łączy (w tym: określenie zajętości łączy, określenie szczytów ruchu itp.);
- rozkładu tej sumy na kierunki zainteresowania (obecnie jeszcze nie we wszystkich krajach wprowadzone są odpowiednie mierniki do badania kierunków ruchu, co wymaga utrwalenia i zliczania wywołań według numerów kierunkowych wybieranych przez abonentów).

Analizę ruchu przeprowadza się metodą próbkowania.

W wyniku takich pomiarów i badań uzyskuje się macierz strumieni

ruchu między wszystkimi centralami (np. w erlangach). Wyniki pomiarów można przesyłać dla zestawienia takiej macierzy techniką transmisji danych do centralnego komputera.

Celem analizy ruchu jest dostarczenie danych do planowania sieci (i przewidzenia potrzeb, nawet zanim one wystąpią).

#### 2.4.2. Prognozy rozwoju ruchu telekomunikacyjnego

Dla opracowania prognoz przyszłego rozwoju ruchu wykorzystuje się modele ekonometryczne oparte na metodach statystyki matematycznej; przy wykonywaniu związanych z tym obliczeń można korzystać z pomocy elektronicznej techniki obliczeniowej.

Istnieją opracowane metody ekonometryczne dla prognozowania rozwoju liczby abonentów telefonicznych, np. [1, str. 616], i dla prognozowania rozwoju ruchu telefonicznego. Wybór modelu rozwoju ruchu sprowadza się do wyboru czynników objaśniających. W wielu krajach (m.in. w Polsce) uważa się, że rozwój ruchu jest powodowany przede wszystkim wzrostem liczby abonentów telefonicznych; w niektórych krajach bada się rozwój ruchu niezależnie od zmian liczby abonentów; często wykorzystuje się zależność ruchu od wielu czynników objaśniających [2, str. 743] [Naleszkiewicz, Telecommunication Journal, Sept. 1970, str. 635].

Można albo badać i ustalać prognozę ruchu dla całego kraju (a potem rozdzielać ten ruch na kierunki), albo ekstrapolować szereg macierzy ruchu i tą drogą ustalać prognozę od razu w postaci macierzy przyszłych potrzeb, tzn. według poszczególnych kierunków. [2, str. 748].

#### 2.4.3. Kierowanie ruchu w sieci łączy telekomunikacyjnych i określanie wiązek łączy

Jest to temat najszerszej reprezentowany w literaturze — por. [2] — spośród wszystkich innych tematów zastosowań elektronicznej techniki obliczeniowej w typowych problemach telekomunikacji.

Plan kierowania ruchu ustala się z wykorzystaniem:

- danych z prognozy ruchu między poszczególnymi centralami (dla każdej relacji ruchowej);
- ustalonej hierarchii podporządkowania central międzymiastowych w sieci krajowej;
- zasady kierowania alternatywnego i przelewu szczytów ruchu z wiązek ekonomicznie uzasadnionych o wysokim wykorzystaniu (i dużych stratach) na wiązki ostatniego wyboru wynikające z hierarchii central (o małych stratach);
- danych o kosztach i zasady ekonomiczności.

Komputer jest w stanie zbadać koszty kierowania ruchu według różnych procedur kierowania i wybrać sposób najtańszy. Jednocześnie komputer powinien kontrolować, aby nie była przekroczona górna granica prawdopodobieństwa strat dla każdego typu wiązek łączy.

Po ustaleniu kierowania ruchu określa się liczbę łączy w każdej wiązce na podstawie tablic wynikających z praw Erlanga.

Wynikiem całego procesu jest wyznaczenie sieci łączy; część programów jednocześnie szacuje koszty związane z utworzeniem takiej sieci łączy.

Z uzyskanej macierzy łączy wynika jednoznacznie rozmiar niezbędnych urządzeń komutacyjnych i urządzeń teletransmisyjnych stacji końcowych.

#### **2.4.4. Planowanie sieci wiejskich**

Elektroniczna technika obliczeniowa może być wykorzystywana do masowego planowania (projektowania) telefonicznych sieci wiejskich [2, str. 749].

Przy planowaniu sieci wiejskich wykorzystuje się informacje topograficzne i demograficzne, dane o rozwoju liczby abonentów oraz dane z charakterystyki technicznej i dane o kosztach dysponowanego repertuaru urządzeń. Właściwie opracowany program na podstawie tych danych powinien umożliwić zaprojektowanie sieci wiejskich, tzn. wybranie optymalnej struktury sieci oraz określenie, np. dla każdej gromady, typu, rozmiaru urządzeń komutacyjnych i teletransmisyjnych, niezbędnych do zainwestowania; jako kryterium optymalności przyjmuje się minimalizację nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji; program powinien określić również łączny koszt inwestycji w takiej sieci i zapotrzebowanie na poszczególne asortymenty urządzeń.

#### **2.4.5. Projektowanie telefonicznych sieci miejskich**

Projektowanie sieci wielocentralowej [5] dla danego obszaru miejskiego sprowadza się przede wszystkim do:

- ustalenia liczby central telefonicznych,
- rozmieszczenia ich na obszarze miasta,
- wyznaczenia granic obszarów działania poszczególnych central,
- zaprojektowania sieci międzycentralowej, łączącej te centrale.

Istnieje przy tym wymaganie, aby zaprojektowany układ sieci miejscowej zapewniał minimalne nakłady gospodarcze na budowę i eksploatację sieci miejscowej i central.

Przy projektowaniu sieci miejscowej należy uwzględnić rozwój miasta, rozwój potrzeb telefonicznych i warunki techniczne, wynikające z przyjętego systemu telekomutacyjnego; należy przy tym uwzględnić wymagania niezawodności i jakości łączności.

Rozwiązanie takiego zagadnienia jest obliczeniowo bardzo pracochłonne.

Przy stosowaniu obliczeń ręcznych istniała możliwość zbadania tylko bardzo niewielkiej liczby wariantów projektu sieci wielocentralowej, co ograniczało możliwości wyboru optymalnych wariantów.

Toteż w dużej liczbie rozwiniętych krajów (np. we Francji [2, str. 748], w Australii [str. 815], w Szwecji [str. 866]) powszechnie stosuje się elektroniczną technikę obliczeniową do optymalizacji układów sieci miejscowych.

Analogiczne metody stosuje się również w Polsce, toteż zostały one nieco dokładniej przedstawione w rozdz. 3.3.

#### **2.4.6. Projektowanie telefonicznych sieci międzycentralowych**

Temat sieci międzycentralowych wydziela się z projektowania sieci miejscowych (rozdz. 2.4.5) w samodzielny temat ze względu na inną procedurę obliczeniową, inne przyjmowane dane i ze względu na to, że jest to temat trudniejszy [2, str. 867], [5].

Przy stosowaniu systemów komutacyjnych bez możliwości dróg kolejnego (alternatywnego) wyboru procedura polega na tym, że jako dane przyjmuje się:

- liczbę abonentów poszczególnych kategorii w obszarach działania poszczególnych central,
- średnie natężenie generowanego ruchu dla poszczególnych kategorii abonentów,
- współczynniki zainteresowania,
- koszty budowy i eksploatacji kabli miejscowych,
- wzory i współczynniki umożliwiające przeliczenie ruchu na liczby łączy w wiązkach międzycentralowych.

W wyniku obliczeń na maszynie cyfrowej uzyskuje się natężenie ruchu telefonicznego międzycentralowego i pojemność wiązek łączy między każdą parą central — zapewniające najmniejsze koszty sieci (ew. można uzyskać natężenie ruchu pozamiejskiego wychodzącego).

Przy istnieniu urządzeń central z możliwością alternatywnego kierowania — problem sieci międzycentralowej staje się identyczny z kierowaniem ruchu w sieci międzymiastowej (por. rozdz. 2.4.3).

#### **2.4.7. Kierowanie ruchu (łączy) w sieci linii teletransmisyjnych**

Problem polega na określeniu w sposób optymalny, jaką drogą w sieci powinna być realizowana każda porcja ruchu (przy wyrażeniu ruchu w liczbie łączy: każde łącze).

Przy rozwiązywaniu problemu kierowania należy mieć następujące dane [2, str. 833], [3]:

- zbiór central,
- potrzebne liczby łączy (lub ruch) we wszystkich relacjach,
- charakterystykę urządzeń i linii,
- wymagania jakościowe na poszczególne rodzaje łączy, wymagania niezawodności,
- zdolności przepustowe wszystkich linii sieci (np. w liczbie łączy),
- długości poszczególnych linii,
- koszty związane z realizacją jednego łączy (lub jednego erlanga) w poszczególnych liniach lub inne dane związane z przyjętym kryterium optymalności.

Rozwiązując problem kierowania uzyskuje się:

- drogę każdego łączy (każdej porcji ruchu) w sieci linii,
- określenie łączy realizowanych w każdej linii,
- koszt związany z uzyskanym planem kierowania.

Kompleksowe rozwiązanie problemów kierowania dla praktycznych sieci jest nadzwyczaj dużym zadaniem obliczeniowym i jest nie do pomyślenia bez stosowania komputerów.

Istnieje tendencja do kierowania łączy (ruchu) po najkrótszych (najtańszych) drogach w sieci [2, str. 753], jednak kierowanie po najkrótszych drogach można stosować tylko tak długo, dopóki można nie brać pod uwagę ograniczeń wynikających ze zdolności przepustowych linii [3].

Opracowanie optymalnego planu kierowania w sieci linii umożliwia studia nad rozwojem sieci, a czasem wskazuje na potrzebę reorganizacji kierowania (zmianę planu kierowania w istniejącej sieci) [2, str. 845].

Przy dysponowaniu najlepszym planem kierowania uzyskanym w czasie realnym można przez wyznaczenie planu zastępczego zapobiec zjawiskom natłoku w pewnych relacjach lub można uniknąć skutków awarii pewnych linii [2, str. 764].

#### 2.4.8. Projektowanie rozwoju sieci teletransmisyjnych

Projektowanie optymalnej rozbudowy sieci i kierowanie ruchu (łączy) w rozbudowanej sieci różni się od poprzedniego tematu kierowania w istniejącej sieci tym, że

- jako dane przyjmuje się przyszłe potrzeby na łączy, a istniejące zdolności przepustowe linii,
- kryterium optymalności obejmuje przede wszystkim nowe linie (nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacji).

W wyniku rozwiązania modelu zbudowanego dla zagadnienia projektowania rozbudowy sieci powinno się uzyskać:

- wskazanie linii koniecznych do wybudowania i ich zdolności przepustowe,
- optymalny plan kierowania w rozbudowanej sieci.

Model rozwoju sieci można budować dla okresu rocznego, 5-letniego, 20-letniego itd., w ujęciu deterministycznym i w ujęciu dopuszczającym statystyczne odchylenia przyszłych potrzeb, w ujęciu jednostadialnym i w ujęciu dynamicznym; można wziąć pod uwagę istniejący stan sieci lub nie brać go pod uwagę [3].

Obliczenia związane z rozwiązywaniem takich modeli sieci są bardzo pracochłonne, toteż stosuje się często albo procedurę iteracyjną, albo suboptymalizację przez porównanie za pomocą komputera skończonej liczby wariantów rozbudowy sieci i ich kosztów [2, str. 752 i 754].

#### **2.4.9. Wybór systemów teletransmisyjnych dla określonej linii**

Zostały opracowane programy na elektroniczne maszyny cyfrowe umożliwiające wskazanie dla każdej linii najdogodniejszego systemu teletransmisyjnego, terminów zainstalowania urządzeń tego systemu oraz liczby tych urządzeń w ten sposób, aby uzyskać zrealizowanie wszystkich potrzeb przy minimalnych kosztach [2, str. 753]; wybór systemu teletransmisyjnego i terminy zainstalowania zależą od długości linii, liczby realizowanych w niej łączy i od tempa narastania potrzeb.

#### **2.4.10. Planowanie robót i zapotrzebowania na urządzenia wynikające z rozwoju telekomunikacji**

Po zaplanowaniu struktury sieci telekomunikacyjnej istnieje spory zakres pracy obliczeniowej związanej z zaplanowaniem realizacji inwestycji: zestawienie planu robót i ich zlecenie, kosztorysowanie inwestycji, zestawienie potrzeb sprzętowych, organizacja procesu realizacji inwestycji (m.in. za pomocą metod PERT) [1, str. 690]. Czynności te są na tyle pracochłonne i żmudne, że jest uzasadnione korzystanie z pomocy komputerów.

#### **2.4.11. Elektronizacja procesów komutacyjnych**

W komutacji elektronicznej centralny zespół sterujący jest w istocie lub może być traktowany jako elektroniczna maszyna cyfrowa; istnieją rozwiązania oparte o uniwersalne typy takich maszyn i oparte o maszyny konstruowane specjalnie dla spełnienia tych zadań [1, str. 635].

Specjalne znaczenie ma elektroniczne sterowanie pracą central telegraficznych, gdzie oprócz normalnych czynności komutacyjnych może mieć miejsce magazynowanie treści i adresów telegramów w pamięci zewnętrznej



i wydawanie ich — według pilności, miejsca przeznaczenia, godzin pracy urzędów, możliwości doręczenia, możliwości kierowania depesz do abonentów teleksowych [2, str. 623 i 700].

#### **2.4.12. Projektowanie sieci radiodfuzyjnych [6]**

Podstawowym kryterium przy opracowaniu planów sieci stacji radiodfuzyjnych jest uzyskanie właściwego stopnia pokrycia danego obszaru możliwościami dobrego odbioru programów, emitowanych przez te stacje, przy najbardziej skutecznym wykorzystaniu częstotliwości i przy możliwie niskich nakładach gospodarczych. Spełnienie tych wymagań zależy od odpowiedniego doboru liczby stacji nadawczych, ich lokalizacji, przestrzennego rozdziału kanałów częstotliwościowych i parametrów technicznych urządzeń nadawczych i antenowych.

Rozwiązanie tego zagadnienia jest bardzo skomplikowane, szczególnie ze względu na konieczność uniknięcia (utrzymania na dopuszczalnym poziomie) zakłóceń interferencyjnych od innych stacji krajowych i zagranicznych, stosujących te same kanały częstotliwościowe; zakłócenia te zależą od odległości między obszarem odbioru a stacjami zakłócającymi, od parametrów technicznych stacji zakłócającej i od warunków propagacji na trasie między punktem odbioru a stacją zakłócającą. Przy projektowaniu sieci radiodfuzyjnych należy ponadto uwzględnić uzgodnienia międzynarodowe w skali kontynentu lub nawet świata, a także stan istniejących stacji nadawczych i ich parametry techniczne.

Dla rozwiązania tak złożonego zadania wiele krajów europejskich wykorzystuje już od szeregu lat elektroniczną technikę obliczeniową (np. Wielka Brytania, NRF, CSRS, NRD).

Istnieje tendencja do ustalania międzynarodowych uzgodnień i międzynarodowych planów rozdziału częstotliwości na podstawie planów sieci stacji nadawczych sporządzonych przy użyciu maszyn matematycznych (np. Afrykańska Konferencja Radiodfuzyjna dla zakresu fal metrowych i decymetrowych, Genewa 1963, była pierwszą konferencją UIT, której prace oparto całkowicie na wynikach elektronicznego przetwarzania informacji).

Przy projektowaniu sieci radiodfuzyjnych istnieje tendencja do wykorzystania danych zapisanych w rejestrze częstotliwości (por. rozdz. 2.3.8).

#### **2.4.13. Wdrażanie elektronicznej techniki obliczeniowej do problematyki sieciowej**

Przygotowanie do wdrożenia elektronicznej techniki obliczeniowej do problematyki sieciowej wymaga wiele pracy. Powinno przeprowadzać się je w sporym zespole, złożonym ze specjalistów telekomunikacji (zagadnień



ruchu, komutacji, teletransmisji), specjalistów prognozowania i sterowania siecią, matematyków, programistów i specjalistów w dziedzinie komputerów [Telecommunication Journal, marzec 1971, str. 136]. W trakcie tych prac przygotowawczych powinno się zbadać od podstaw cały proces sterowania i projektowania sieci i zaproponować procedurę załatwiania wszystkich tych spraw za pomocą elektronicznej techniki obliczeniowej. Należy liczyć się z tym, że w trakcie wdrażania komputerów może zajść potrzeba często daleko idącego przeorganizowania dotychczasowej praktyki w zarządzaniu i rozwoju sieci (i już samo to uporządkowanie może przynieść istotne korzyści).

Wiele zarządów telekomunikacyjnych uznało za celowe zakupienie komputera dla przeprowadzania obliczeń związanych nie tylko z eksploatacją telekomunikacji (por. rozdz. 2.1 i 2.3), ale specjalnie dla potrzeb związanych z problematyką sieciową (tzn. objętej rozdz. 2.4) [2, str. 773]; jest to na ogół jeden spory centralny komputer. Jeżeli nawet nie udało się uzyskać tego w obecnej chwili, to przewiduje się, że będzie to komputer pracujący w czasie realnym, powiązany łączami transmisji danych z ważniejszymi centralami telekomunikacyjnymi kraju.

Jeżeli moc obliczeniowa posiadanych komputerów okazuje się niewystarczająca dla wszechstronnego zbadania problemów sieciowych (lub dostateczna moc obliczeniowa okazuje się zbyt kosztowna), obserwuje się tendencję do rozwiązywania dużych zadań obliczeniowych częściami lub etapami [2 str. 764].

## 2.5. Perspektywy rozwojowe zastosowań komputerów w telekomunikacji, obserwowane w rozwiniętych państwach świata

Na podstawie dostępnej literatury i posiadanej orientacji można wyodrębnić trzy przyszłościowe kierunki w zastosowaniach komputerów w telekomunikacji.

1. Pierwszy kierunek — to integracja informacji, polegająca na tym, aby poszczególne dane informacyjne pobierać w źródle tylko raz i aby krążyły one w wielu różnych tematach, przyczyniając się „po drodze” do rozwiązywania wielu różnych problemów. Na przykład informacje o kandydacie na abonenta telefonicznego powinny być pobierane tylko raz i na tej podstawie powinno być w odpowiedniej kolejności wydane polecenie zainstalowania aparatu telefonicznego i rozliczenie z tej czynności grupy monterskiej, potem powinna być uzupełniona kartoteka abonentów, wysta-

wiony pierwszy i dalsze rachunki telefoniczne (ew. obciążone konto abonenta w banku), zaktualizowany spis telefonów i kartoteka dla informacji telefonicznej i paszportyzacja sieci miejscowej [1, str. 642 i 644].

Podobnie np. informacje o ruchu telefonicznym powinny być pobierane tylko raz i wykorzystane w fakturowaniu opłat oraz dla ustalenia macierzy strumieni ruchu, macierzy łączy, do operatywnego kierowania eksploatacją sieci i do opracowywania projektów rozbudowy sieci central i linii, aż do wydania zleceń dla przedsiębiorstw budowlano-montażowych, zamówienia sprzętu w przemyśle, optymalnego zorganizowania przebiegu robót i rozliczenia inwestycji [2, str. 777].

W analogiczny sposób należy rozumieć integrację między tematem rejestru częstotliwości (gospodarki falowej) a tematem projektowania sieci radiodifuzyjnej.

2. **Drugi kierunek** — to zapewnienie obliczeń w czasie realnym, w czasie trwania kontrolowanych zjawisk. W szczególności dotyczy to bieżącego śledzenia ruchu telekomunikacyjnego przez centralny komputer i takie kierowanie ruchu, aby uniknąć natłoku w pewnych relacjach lub uniknąć skutków ewentualnych awarii w pewnych węzłach lub liniach; instrukcje wykonawcze wynikające z analizy sytuacji ruchowej byłyby przekazywane (np. techniką transmisji danych) wprost do poszczególnych węzłów sieci [3].

3. **Trzeci kierunek** — to obejmowanie kontrolą komputerową coraz szerszych (coraz głębszych) rejonów sieci telekomunikacyjnej: od sieci międzymiastowej najwyższej płaszczyzny, poprzez sieci (jak u nas) wojewódzkie, miejskie, podmiejskie, wiejskie, aż do pełnego zintegrowania zarządzania całą siecią (liczoną począwszy od abonentów).

### 3. Dotychczasowy dorobek Polski w stosowaniu elektronicznej techniki obliczeniowej w telekomunikacji

Na tle szerokiego przeglądu zastosowań komputerów w świecie (przedstawione w rozdz. 2) zostanie omówiony krótko stan prac w Polsce.

#### 3.1. Fakturowanie opłat telefonicznych

W resorcie łączności słusznie uznano fakturowanie opłat (por. rozdz. 2.3.1) za najpilniejszy temat spośród masowych obliczeń kwalifikujących się do wdrożenia na elektroniczne maszyny cyfrowe.

W Polsce zostały opracowane dwie koncepcje (warszawska i gdańska). Koncepcja gdańska (przy współpracy Zakładów Elektronicznej Techniki Obliczeniowej) jest w okresie próbnych eksperymentów.

Na ile wiadomo, według stanu na dzień dzisiejszy (kwiecień 1973), nie został dokonany wybór koncepcji pomiędzy kontynuowaniem (przerwanych) prac nad koncepcją warszawską a adaptacją koncepcji gdańskiej dla jej rozszerzenia na teren całego kraju (na teren wszystkich dyrekcji okręgowych poczty i telekomunikacji) — choć większe szanse ma ta druga koncepcja.

Na marginesie należałoby poinformować, że w resorcie łączności były prowadzone prace (zostały opracowane projekty wstępne) nad zastosowaniem komputerów do następujących masowych obliczeń:

- kontroli przekazów pocztowych,
- kontroli opłat radiofonicznych i telewizyjnych,
- kolportażu prasy w prenumeracie.

### 3.2. Projektowanie układów telekomunikacyjnych [4]

W Polsce były prowadzone prace nad algorytmami dla układów pasywnych (por. rozdz. 2.2); istnieje już pewna liczba programów umożliwiających projektowanie układów za pomocą komputerów.

Prowadzone są prace teoretyczne, doświadczalne i konstrukcyjne; istnieje kilkadziesiąt publikacji i kilka uniwersalnych programów do analizy układów; niestety — nie znalazły one szerszego zainteresowania w praktyce inżynierskiej; jest to powodowane małą liczbą komputerów o dużej mocy obliczeniowej i brakiem zainteresowania tą tematyką ze strony przemysłu.

Tym niemniej istnieje potrzeba kontynuowania prac nad oprogramowaniem tematów projektowania układów dla konkretnych typów maszyn cyfrowych.

### 3.3. Projektowanie sieci miejscowych [5]

W Polsce prace nad stosowaniem komputerów do projektowania sieci wielocentralowych (por. rozdz. 2.4.5) zostały zapoczątkowane w Biurze Studiów i Projektów Łączności w 1963 r., a od 1966 r. były praktycznie stosowane. Metoda przyjęta w Polsce opiera się na pracach Y. Rappa [2, str. 865], chociaż została przystosowana do polskich warunków.

Danymi wprowadzanymi do maszyny, na których opiera się projektowanie sieci miejscowej, jest przede wszystkim tzw. „inwentarz abonentów” (tzn. liczby abonentów w określonej przyszłości w każdej kratce siatki nałożonej na planie miasta).

W pierwszej części obliczeń nie uwzględnia się wpływu sieci międzycentralowej. Dla kolejno zakładanych liczb central w sieci przeprowadza się proces iteracyjny, w którym kolejno na przemian:

- wyznacza się granice obszarów działania central dla ustalonych w danym etapie obliczeń lokalizacji tych central (albo według kryterium jednakowej odległości od obu sąsiadujących central, albo według jednakowych kosztów kabli sieci miejskiej);
- wyznacza się lokalizację central dla ustalonych w danym etapie obliczeń obszarów działania tych central.

Minimalizując koszty w tej części obliczeń określa się optymalną liczbę central, ich lokalizację i pojemność oraz granice obszarów ich działania.

W drugiej części obliczeń określa się wpływ sieci międzycentralowej na wyznaczone granice, lokalizację i pojemności poszczególnych central.

W części trzeciej określa się zakresy rzeczowe i koszty sieci abonenckich, sieci międzycentralowej i central telefonicznych wraz z budynkami i urządzeniami zasilającymi.

Jest naturalne i zrozumiałe, że wynik projektowania przy użyciu komputerów wymaga adaptacji do rzeczywistych warunków każdego konkretnego miasta.

Ponadto w Biurze Studiów i Projektów Łączności zostały opracowane dwa programy na elektroniczne maszyny cyfrowe dla obliczania podziału ruchu miejskiego na kierunki; jest to podstawowy etap dla wyznaczania wiązek łączy w sieci międzycentralowej; jeden z tych programów jest przystosowany do układów wielobocznych sieci, drugi — do układów tandemowych. Modele te są wykorzystywane przy projektowaniu układów sieci dla dużych miast.

Dalszy postęp w tym temacie powinien polegać m.in. na:

- uwzględnieniu modelu kierowania ruchu z drogami alternatywnymi (kolejnego wyboru),
- uwzględnieniu centrali międzymiastowej, jej lokalizacji i wpływu na układ sieci miejscowej.

### 3.4. Obliczanie wielokroci homogenicznych [5]

Dla sprawnej i efektywnej pracy central telekomunikacyjnych istotne znaczenie ma dobre i równomierne wykorzystanie łączy międzycentralowych i organów central. Duży wpływ ma na to właściwa, optymalnie zaprojektowana budowa pól wielokrotnych w centralach.

W związku z tym w Biurze Studiów i Projektów Łączności opracowano

programy dla projektowania wysokowydajnych pól wielokrotnych jednorodnych (homogenicznych).

Opracowane programy umożliwiają obliczenie wielokroci skośnych oraz równomierne przyporządkowanie grup pola wielokrotnego organom następnego stopnia łączenia.

Wyniki obliczeń przeprowadzonych przez komputer zostały zaprogramowane w takiej formie, aby mogły być bezpośrednio wykorzystane w dokumentacji projektowej i monterskiej.

### 3.5. Gospodarka łączami telekomunikacyjnymi

W związku ze wzrostem liczby łączy w sieci telekomunikacyjnej (głównie w związku z automatyzacją ruchu międzymiastowego) i w związku z „za-gęszczaniem się” zagadnień zarządzania łączami — liczba zapisów w ewidencji łączy wzrasta tak szybko, iż uznano, że nie można utrzymać ręcznego zarządzania siecią łączy i że jest niezbędne wprowadzenie elektronicznej techniki obliczeniowej w tej dziedzinie; technika ta jest niezbędnym narzędziem dla opracowania bardzo ważnego (dla gospodarki narodowej i zwłaszcza dla gospodarki łączności) zagadnienia zarządzania międzymiastową siecią telekomunikacyjną.

W związku z tym w Biurze Dyspozycyjnym Międzymiastowych Łączy Telekomunikacyjnych została opracowana „Analiza i koncepcja zintegrowanego systemu zarządzania międzymiastową siecią telekomunikacyjną przy pomocy elektronicznych maszyn cyfrowych” (i przyjęto dla tego systemu nazwę TELKO).

Zadania resortowej służby dyspozycji łączami sprowadzają się do:

- realizacji łączy,
- reagowania na uszkodzenia w sieci,
- planowania łączy,
- prowadzenia dokumentacji techniczno-eksploatacyjnej.

W pierwszym etapie w ramach systemu TELKO wyodrębniono następujące czynności, które można realizować za pomocą komputerów:

- ewidencję (łączy, środków łączności międzymiastowej i ich zajętości),
- analizę uszkodzeń i ich sprawozdawczość;

a w drugim etapie:

- projektowanie sposobu realizacji i przebiegu nowych potrzebnych łączy,
- powiązanie z elektronicznym systemem fakturowania opłat telekomunikacyjnych.

W dalszych etapach przewiduje się stosowanie komputerów nie tylko do zagadnień eksploatacji sieci, ale i do jej planowania i prognozowania.

Komputeryzacja ewidencji polega na utworzeniu centralnego banku informacji, zawierającego w postaci szeregu zbiorów ewidencyjnych wszystkie potrzebne dla zarządzania siecią informacje o łączach, liniach, stacjach teletransmisyjnych, centralach itd. i o zajętości tych urządzeń; ewidencja taka byłaby bieżąco uaktualniana na podstawie poleceń uruchomienia łączy, likwidacji lub dokonania zmian przebiegu łączy. Dzienna liczba tego rodzaju zmian jest duża; przy ręcznym realizowaniu służby dyspozycyjnej wszystkie zmiany w stanie sieci łączy są wielokrotnie zapisywane w różnych kartotekach i sprawozdaniach, wobec czego jest nieunikniona możliwość popełniania błędów, co zmniejsza użyteczność takiej ewidencji dla operatywnego zarządzania. Poza tym ręczna dyspozycja staje się czynnikiem spowalniającym realizację łączy, gdyż dyspozytorzy muszą wielokrotnie sięgać do informacji istniejących na niższych szczeblach administracji łączności.

Prowadzenie ewidencji za pomocą komputerów umożliwia natychmiastowe dostarczenie informacji o stanie wolnych zdolności przepustowych istniejących urządzeń telekomunikacyjnych, co ułatwia projektowanie realizacji nowych łączy.

Zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej do drugiego tematu, jakim jest analiza i sprawozdawczość z uszkodzeń, polega na utrwalaniu dużej liczby meldunków o uszkodzeniach i ich grupowaniu w różnych przekrojach dla potrzeb zestawiania dobowych, miesięcznych, półrocznych sprawozdań o uszkodzeniach; technika elektroniczna wymaga ujednoczenia formy meldunków.

W dalszym toku prac można przewidywać zapamiętanie (w pamięci maszyny) typowych reakcji służby dyspozytorskiej na meldunki o uszkodzeniach oraz automatyczne wydawanie i przekazywanie poleceń o usunięciu uszkodzeń.

Zestawianie za pomocą komputera planu uruchamiania łączy opierałoby się na badaniach obciążenia poszczególnych wiązek w relacjach; wykorzystanie maszyn cyfrowych do planowania sposobu realizacji konkretnych łączy polegałoby na kojarzeniu informacji z banku pamięci o wolnych zdolnościach przepustowych urządzeń i na automatycznym (lub półautomatycznym) wydawaniu poleceń uruchamiania łączy (oraz na automatycznym korygowaniu ewidencji); w skrajnym przypadku komputer informowałby służbę dyspozytorską o braku możliwości w sieci zrealizowania zaprojektowanego łącza z podaniem przyczyn.

Wprowadzenie komputeryzacji do zarządzania siecią wymaga:

- dysponowania odpowiednimi elektronicznymi maszynami cyfrowymi; nie ulega wątpliwości konieczność posiadania do tego celu centralnego komputera (o dużej pojemności pamięci); być może, zajdzie potrzeba i uza-

sadnienie utworzenia okręgowych centrów dyspozycyjnych, wyposażonych w mniejsze komputery;

— utworzenie sieci łączy transmisji danych między centrum elektronicznego przetwarzania a pomiarownikami w stacjach teletransmisyjnych dla dwustronnego przekazywania informacji i poleceń.

Przy organizowaniu tego typu systemu należy zwrócić uwagę na tajność zapisów i na zagwarantowanie bezpieczeństwa banku informacji.

Całość systemu znajduje się w fazie opracowanej szczegółowo koncepcji.

Można mieć nadzieję, że wprowadzenie techniki komputerowej do zarządzania siecią zwiększy wykorzystanie tej sieci (przy umiarkowanych nakładach na tę technikę).

### 3.6. Projektowanie sieci telekomunikacyjnych [3]

W temacie optymalnego projektowania rozbudowy sieci teletransmisyjnych (por. rozdz. 2.4.8) istnieją ujęcia, stanowiące dalece uproszczone ujęcie tego tematu, i ujęcia, stanowiące wierniejszy sposób prezentacji tematu.

Dla tych uproszczonych ujęć można wykorzystywać metody z zakresu tzw. teorii przepływów w sieciach.

Dla takich pewnych uproszczonych ujęć zostały opracowane algorytmy i programy na maszyny cyfrowe (m.in. w Wojskowej Akademii Technicznej).

Dla ujęć stanowiących wierniejszy sposób prezentacji tematu projektowania sieci podjęto prace teoretyczne w Biurze Planów Perspektywicznych Łączności, które doprowadziły do ustalenia zasad budowy modeli matematycznych. Temat ten oczekuje na podjęcie prac nad oprogramowaniem tego tematu na komputery.

### 3.7. Projektowanie sieci radiodfuzyjnych [6]

Stosowanie komputerów do projektowania sieci stacji nadawczych w Polsce datuje się od 1967 r. Od tego czasu podjęto następujące tematy:

- (1) Pierwszym tematem była optymalizacja planu polskiej sieci telewizyjnej na falach decymetrowych.
- (2) Z kolei program ten adaptowano dla potrzeb planowania sieci telewizyjnych na falach metrowych.
- (3) Przystąpiono do prac nad optymalizacją planu sieci polskich stacji radiofonicznych na falach ultrakrótkich z modulacją częstotliwości.
- (4) Przewiduje się wdrożenie elektronicznej techniki obliczeniowej do planowania sieci radiofonicznych stacji średniofalowych.

Wszystkie powyższe istniejące i przewidywane do opracowania pro-



gramy obliczeniowe pozwalają tylko na określenie bezinterferencyjnych zasięgów stacji radiodifuzyjnych, co stanowi zresztą podstawowy element planowania i optymalizacji sieci nadawczych.

Ponadto podjęto temat:

(5) zaprogramowania na maszynę cyfrową obliczeń z zakresu planowania pracy radiofonii krótkofalowej, a zwłaszcza prognozowania częstotliwości roboczych z uwzględnieniem warunków propagacyjnych w pełnym cyklu słonecznym (częstotliwości maksymalnych i optymalnych).

Dalszy rozwój matematyzacji planowania sieci radiodifuzyjnych będzie powodowany następującymi czynnikami:

- wykorzystaniem nowych, coraz wyższych zakresów częstotliwości,
- koniecznością coraz bardziej intensywnego wykorzystywania dotychczas stosowanych zakresów,
- stosowaniem w przyszłości nowych technik nadawania (np. radiodifuzji satelitarnej),
- postępami wiedzy w dziedzinie propagacji fal radiowych i metod obliczeń propagacyjnych.

### 3.8. Ogólna ocena osiągniętego zaawansowania stosowania komputerów w polskiej telekomunikacji na tle sytuacji w rozwiniętych państwach świata

Porównanie stanu praktycznych zastosowań elektronicznej techniki obliczeniowej do problemów telekomunikacyjnych w Polsce (przedstawionego w rozdz. 3) z osiągnięciami światowymi na tym polu (przedstawionymi w rozdz. 2) musi prowadzić do wniosku, że jesteśmy w tej dziedzinie poważnie opóźnieni w stosunku do zagranicy.

Z nielicznymi wyjątkami jesteśmy w fazie opracowywania koncepcji i eksperymentowania — i to dla kilku wybranych tematów, gdy tymczasem w rozwiniętych państwach świata komputery w telekomunikacji są stosowane masowo; w państwach tych jest już dziś nie do pomyślenia — nawet w telekomunikacji — realizowanie pewnych procesów z zakresu eksploatacji i zarządzania bez komputerów. W tematach, które w Polsce zostały w zasadzie opanowane, istnieje potrzeba dalszego pogłębiania i rozszerzania obecnych zastosowań.

Gdyby chcieć koniecznie oceniać to opóźnienie w latach, trzeba by je ocenić na co najmniej 5—10 lat, a należy zdawać sobie sprawę z tego, że w tak burzliwie rozwijającej się dziedzinie, jak komputeryzacja, okres taki stanowi epokę.



Na tle ograniczonych możliwości inwestycyjnych i „napięć” w planie inwestycyjnym polskiej telekomunikacji — komputeryzacja jest tym czynnikiem, który zaangażuje wprawdzie na początku spore nakłady, ale przyczyni się do szybkiego zwrotu tych nakładów („z nawiązką”) poprzez zapewnienie, że dalsza eksploatacja i rozwój telekomunikacji odbywałby się przy mniejszych nakładach pracy.

Opóźnienie w komputeryzacji telekomunikacji jest tym jaskrawsze, iż:

- Polska zajmuje liczącą się w świecie pozycję pod względem konstrukcji i produkcji elektronicznych maszyn cyfrowych;
- liczba elektronicznych maszyn cyfrowych pracujących w Polsce nie jest może zbyt imponująca — w stosunku do przodujących państw świata (w 1970 r. ponad 200 szt.), jednak większość działów gospodarki narodowej (i to działów bardziej niż telekomunikacja merytorycznie i fachowo odległych od elektryki i elektroniki) dysponuje własnymi ośrodkami elektronicznego przetwarzania danych, wyposażonymi w komputery produkcji krajowej lub ze znacznego importu.

Autor nie czuje się kompetentny do dokonywania analizy przyczyn zaistniałego opóźnienia, jednak może zwrócić uwagę na parę powodów:

- nie podjęto dostatecznie wcześnie szerszych prac przygotowawczych do wprowadzenia w telekomunikacji systemów komputerowych;
- nie przesunięto do prac nad wdrażaniem komputeryzacji dostatecznej liczby wybitnych, nowoczesnych i twórczych specjalistów do spraw eksploatacji i rozwoju telekomunikacji oraz nie zaangażowano dostatecznej liczby matematyków, programistów i specjalistów do spraw organizacji systemów przetwarzania danych (tak, jak dokonano tego np. w NRD, gdzie mimo znanych trudności kadrowych zdecydowano się na powołanie kilkunastu wieloosobowych zespołów do spraw rozwiązywania poszczególnych problemów łączności za pomocą komputerów);
- nie zdecydowano się dostatecznie wcześnie na podjęcie decyzji zakupu elektronicznej maszyny cyfrowej dla potrzeb telekomunikacji; choćby nawet oceniano, że telekomunikacja jest koncepcyjnie nie przygotowana do wdrożenia komputerów, to jednak praktyka innych resortów wskazuje, że posiadanie elektronicznego ośrodka obliczeniowego jest czynnikiem, wokół którego ogniskują się ludzie i problemy i że istniejące możliwości są bardzo szybko pokrywane przez wywoływane przez nie potrzeby;
- brak jest prężnej jednostki organizującej, pobudzającej i ułatwiającej wdrażanie matematyzacji i komputeryzacji do rozwiązywania poszczególnych problemów telekomunikacji; dotychczasowe osiągnięcia w tej dziedzinie w Polsce są wynikiem oderwanych usilnych starań poszczegól-

nych specjalistów od konkretnych problemów telekomunikacji, którzy z natury swego fachowego wykształcenia nie są przygotowani do wdrażania metod matematycznych i metod komputerowych; istniejący od niedawna ośrodek elektronicznego przetwarzania danych w Instytucie Łączności jest w fazie kształtowania swego profilu i przygotowują się do swoich zadań;

- nie była i nie jest prowadzona zorganizowana akcja szkoleniowa i popularyzująca matematyzację i komputeryzację wśród aktywu gospodarczego oraz technicznego i naukowego polskiej telekomunikacji (znów jako wzór można przytoczyć przykład NRD, gdzie w resorcie łączności od kilku lat trwa systematyczna taka akcja szkoleniowa i gdzie w programach uczelni w zakresie ekonomiki łączności są uwzględnione metody matematyczne i stosowanie komputerów).

#### 4. Kierunki rozwoju zastosowań komputerów w polskiej telekomunikacji. Wnioski

1. Jako podstawowy wniosek należy uznać, iż w sytuacji, w jakiej znajduje się w Polsce wdrażanie komputerów do problemów telekomunikacji, przyszłe kierunki rozwoju w tej dziedzinie powinny być wyznaczane przez osiągnięcia na tym polu w krajach rozwiniętych (a przedstawione w rozdz. 2).

2. Z tego podstawowego wniosku wynika (a wynika to także z argumentacji przedstawionej w rozdz. 1), że należy w Polsce zintensyfikować prace naukowe i wdrożeniowe nad komputeryzacją i nowoczesną matematyzacją problemów technicznych, eksploatacyjnych, rozwojowych i gospodarczych telekomunikacji. Prace te powinny być właściwie docenione i powinny uzyskać odpowiedni priorytet (odpowiednią rangę) zarówno w skali nauki polskiej, jak i przede wszystkim w skali resortu łączności i Instytutu Łączności. Należy uznać, że koncentracja wokół tych prac sił i środków (m.in. w planach dysponowania kadrą naukową), choć może spowodować przejściowy wzrost nakładów gospodarczych (w dziale: nauka), jednak nie powinno być najmniejszych wątpliwości, że nakłady te bardzo szybko i wielokrotnie zwróciłyby się dzięki wzrostowi ekonomiczności eksploatacji i rozwoju telekomunikacji.

3. Należy dążyć do zwiększenia wysiłków dla możliwie najszybszego pomyślnego zakończenia lub rozszerzenia zakresu zastosowań wszystkich podjętych w Polsce prac (które usiłowano przedstawić w rozdz. 3). Ponadto należy podjąć prace nad dalszymi tematami spośród wymienionych w rozdz. 2; w tym celu należy sformułować założenia odpowiednich systemów tele-

informatycznych i zlecić specjalistom opracowanie organizacji i oprogramowania tych tematów. W szczególności można by zaproponować, aby zainteresowano się następującymi tematami:

- gospodarka materiałowa i magazynowa (por. rozdz. 2.1.5),
- sporządzanie list płac (por. rozdz. 2.1.4),
- analiza ruchu telekomunikacyjnego (por. rozdz. 2.4.1),
- określanie sieci łączy (por. rozdz. 2.4.3),
- projektowanie rozbudowy sieci teletransmisyjnej (por. rozdz. 2.4.8.).

4. Zgodnie z praktyką wszystkich państw bardziej zaawansowanych pod względem wdrażania komputerów w telekomunikacji [1, str.713] przy opracowywaniu poszczególnych tematów w pierwszym etapie należy dążyć do rozwiązywania tych tematów w sposób wzajemnie niezależny — nie sugerując się tym, że w docelowej perspektywie można spodziewać się integracji tych tematów (patrz rozdz. 2.5) w ramach jakiegoś uniwersalnego systemu zarządzania wszystkimi sprawami telekomunikacji; perspektywę taką można by mieć na uwadze przy organizowaniu procesów komputerowych, ale perspektywa ta — dość odległa — nie powinna hamować ani opóźniać uzyskiwania konkretnych korzyści z elektronizacji procesów obliczeniowych.

5. Należy dążyć do przyspieszenia wyposażenia ośrodka elektronicznego przetwarzania danych Instytutu Łączności w elektroniczną maszynę cyfrową oraz opracować (uaktualnić) plany dalszego wyposażania polskiej telekomunikacji w komputery. Należy liczyć się z tym, że pierwsza maszyna zainstalowana w resorcie łączności będzie musiała z początku jednocześnie załatwiać wszystkie potrzeby obliczeniowe w łączności — zarówno obliczenia masowe, jak i obliczenia naukowo-techniczne; w dalszym etapie będzie niewątpliwie uzasadnione posiadanie oddzielnej maszyny (maszyn) wyłącznie do rozwiązywania problemów telekomunikacji; docelowo trzeba się liczyć z zapotrzebowaniem na duży komputer przeznaczony do zarządzania siecią telekomunikacyjną w czasie realnym.

6. Trzeba odpowiednio wcześniej zadbać o organizacyjne i kadrowe przygotowanie służby elektronicznego przetwarzania danych dla potrzeb telekomunikacji, która wraz ze wzrostem liczby komputerów szybko wyrośnie poza ramy organizacyjne Instytutu Łączności.

7. Należy rozważyć celowość powołania oddzielnej jednostki organizacyjnej (np. w ramach Instytutu Łączności lub jakiejś innej instytucji naukowej) zajmującej się matematyzacją (stosowaniem nowoczesnych metod matematycznych, m.in. metod optymalizacyjnych) w gospodarce telekomunikacji; ogromne możliwości obliczeniowe stwarzane przez komputery będą czynnikiem skłaniającym do wyznaczania matematycznych rozwiązań (z reguły bardzo obliczeniowo pracochłonnych) całego szeregu problemów z za-

kresu optymalnego i obiektywnego planowania, projektowania, doskonalenia eksploatacji oraz rozwoju sieci i obiektów telekomunikacyjnych.

8. Należy rozszerzyć w programach szkół wyższych tematykę metod i algorytmów maszynowego projektowania oraz optymalizacji układów i sieci telekomunikacyjnych; jest celowe, aby inżynierowie, konstruktorzy, eksploatacy i projektanci nabyli umiejętności oraz nawyków posługiwania się elektroniczną maszyną cyfrową, jako narzędziem swej pracy.

9. Tematy stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej w telekomunikacji powinny uzyskać właściwy priorytet w planach współpracy z zagranicą, w planach wyjazdów specjalistów na konsultacje, staże i kongresy; jak wiadomo, korzystanie z literatury nie może zastąpić osobistych kontaktów i bezpośredniego przekazywania nabytego doświadczenia.

10. Należy niezwłocznie podjąć zaniechaną dotychczas akcję informowania, popularyzacji i szkolenia szerokiego aktywu naukowego, gospodarczego i technicznego telekomunikacji w zakresie nowoczesnych metod matematycznych i w zakresie elektronicznej techniki obliczeniowej. Należy mieć na uwadze, że akcja wprowadzania elektronicznej techniki obliczeniowej do wielu różnych tematów będzie wymagała współdziałania wielu specjalistów, którzy dotychczas realizowali te tematy tradycyjnymi metodami; powodzenie tej akcji będzie zależało w dużym stopniu od zrozumienia, a więc i od znajomości tematyki matematyzacji i komputeryzacji przez ten aktyw. Należy podjąć (i nadać jej odpowiednie priorytety) akcję publikowania tych tematów (w formie książek, skryptów — znów za przykładem NRD); należy zachęcać do publikowania w czasopismach telekomunikacyjnych tematyki zastosowań metod matematycznych i komputerów w telekomunikacji.

## Bibliografia

1. *Telecommunication Journal*, vol. 36, nr XII, grudzień 1969; numer specjalnie poświęcony tematowi: „Komputery w telekomunikacji”.
2. *Telecommunication Journal*, vol. 38, nr XI, listopad 1971 i nr XII, grudzień 1971; numery specjalnie poświęcone tematowi: „Stosowanie komputerów do planowania sieci”.
3. *Z. Dudziński*: Optymalizacja struktury sieci teletransmisyjnej metodami programowania matematycznego. 1971; maszynopis, rozprawa doktorska. oraz referaty wykonane dla potrzeb II Kongresu Nauki Polskiej;
4. *J. Nadratowski i J. Chirkowski*: Projektowanie telekomunikacyjnych układów pasywnych i aktywnych przy użyciu elektronicznej techniki obliczeniowej.
5. *T. Torchalski*: Planowanie układów telefonicznych sieci miejscowych przy użyciu elektronicznej techniki obliczeniowej.
6. *H. Smoleńska*: Planowanie sieci nadawczych stacji radiodfuzyjnych przy użyciu elektronicznej techniki obliczeniowej.