

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет Комп'ютерних  
інформаційних технологій та автоматики

Тетьоркін Володимир Дмитрович

прізвище ім'я, по батькові студента

Група ТКС – 99н

Die Erarbeitung des regionalen Transportnetzes der Verbindung mit der Nutzung der Technologie  
Thema

SDH für die Bedingungen Donetsker Gebiet.

Розробка зонові транспортної мережі зв'язку з використанням технології SDH для умов  
тема

Донецької області

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

зі спеціальності

8.092401 «Телекомунікаційні системи та мережі»

номер, назва спеціальності

**Науковий керівник:**

доцент, кандидат технічних наук  
вчене звання, вчений ступінь,

доцент кафедри АТ

посада, кафедра,

Воропаєва Вікторія Яківлівна

ім'я, по батькові, прізвище

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет Комп'ютерних інформаційних  
технологій та автоматики

Допущений до захисту:

Декан факультету \_\_\_\_\_ Хорхордін О. В.  
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_ Тетьоркін Володимир Дмитрович \_\_\_\_\_

ім'я, по батькові, прізвище студента

підпис

Група ТКС – 99a

Die Erarbeitung des regionalen Transportnetzes der Verbindung mit der Nutzung der Technologie  
Thema  
SDH für die Bedingungen Donetsker Gebiet.

Розробка зонові транспортної мережі зв'язку з використанням технології SDH для умов  
тема  
Донецької області

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

зі спеціальності

8.092401 «Телекомунікаційні системи та мережі»

номер, назва спеціальності

Завідувач випускової кафедри \_\_\_\_\_ Бессараб В. І.  
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Науковий керівник \_\_\_\_\_ Воропаєва В. Я.  
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Консультанти \_\_\_\_\_ Воропаєва В. Я.  
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_ Дегтяренко І. В.  
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_ Бессараб В. І.  
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_ Клевакіна Ю. С.  
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Турупалов В. В.  
(підпис, дата) (ініціали, прізвище)

Донецьк 2005

## REFERAT

Erklärende Zettel: Seiten 128, der Bilder 31, Tabellen 16, Anlagen 3, der verwendeten Quellen 16.

Ein Objekt der Forschung in der gegebenen Arbeit ist das regionale Transportnetz der Verbindung für die Bedingungen Donetsker Gebiet.

Als Ziele der gegebenen Arbeit sind die Projektierung des regionalen Transportnetzes der Verbindung, Erarbeitung der Empfehlungen nach der Projektierung des Netzes, der Auswahl der Apparaturen, der Forschung des Netzes auf dem Beispiel des entwickelten Netzes.

Für die Forschung des Netzes wurden die statistischen Daten und die Floyds – und Primas Algorithmen mit der Anwendung des Computers verwendet.

Als Ergebnis der Arbeit ist das erarbeitete regionale Transportnetz der Sendung der Daten mit der Anwendung SDH -Technologie und die allgemeinen Empfehlungen nach der Projektierung SDH – Transportnetze.

Die Methodiken können den Alltag sind im Lehrprozess für das Studium der Methoden der Projektierung und die Forschung der Netze verwendet sein.

Die Arbeit ist im Laufe der Ausbildung in der Gerichtsbehörde mit 1.09.2003 bis 15.01.2005 auf dem Lehrstuhl Automatik und der Telekommunikationen (der Leiter des Lehrstuhl, der Dozent, k.t.w. Bessarab Wladimir Ivanovich) erfüllt.

Das Thema der Arbeit ist mit dem Befehl von der Universität vom 16. Oktober 2003, Nr. 1504 – 14 genehmigt.

ANALYSE, APPARATUR, BERECHNUNG, ENTWICKLUNG,  
HIERARCHIE, MESSUNGEN, MULTIPLEXER, NETZ,  
NETZSYNCHRONISIERUNG, PDH, SDH, STM, TECHNOLOGIEN,  
TOPOLOGIE, TRAFIK

## DER INHALT

DIE ABKÜRZUNGEN	7
EINLEITUNG	9
1 ANALYSE DER VORHANDENDEN TECHNOLOGIEN DER AUFBAU DER TRANSPORTNETZE	11
1.1 ATM	13
1.2 PDH. Plesiochrone Digital Hierarchie	16
1.2.1 Hierarchiestrukturen	17
1.2.2 Pulsstopfverfahren	18
1.2.3 2. Hierarchiestufe	19
1.2.4 3. Hierarchiestufe	21
1.2.5 4. Hierarchiestufe	22
1.2.6 5. Hierarchiestufe	23
1.3 Synchrone Digital Hierarchie	23
1.3.1 Hierarchiestrukturen	24
1.3.2 Rahmenstruktur	25
1.3.3 Multiplexschema	28
1.3.4 SDH-Geräte	29
1.3.5 SDH – Plattform für ATM	30
2 ENTWICKLUNG SDH IN DER UKRAINE	32
3 TRAFIKBERECHNUNG	36
3.1 Trafikanalyse in den Transportnetze	38
3.2 Stadtbevölkerung und Anzahl der Benutzer entsprechender Dienste	39
4 AUSWAHL DES MEDIUM DER ÜBERGABE UND TOPOLOGIE	48
4.1 Topologie der SDH - Netze	49
4.1.1 Topologie „Punkt – Punkt“	49
4.1.2 Topologie „fortlaufender Linealnetz“	50
4.1.3 Topologie „Stern“, die Konzentratorkfunktion realisiert	50

4.1.5 Topologie “Ring“	51
4.2 Architektur der SDH – Netze	51
4.2.1 Radialringe Architektur	52
4.2.2 Architektur Typ „Ring – Ring“	53
4.2.3 Lineararchitektur für die Netze mit großer Länge	57
5 DIE FORSCHUNG DES NETZES MIT HILFE DES FLOYDS – UND PRIMAS ALGORITHMEN	58
5.1 Auswahl des Optimalweg	58
5.2 Primaalgorithmus	64
6 ÜBERSICHT UND AUSWAHL DER APPARATUR	67
6.1 Technische Daten der Ausrüstung	68
6.1.1 Zugangskanäle der Tribinterfaceskarten	68
6.1.2 Anschlüssanzahl in der Tribinterfaceskarte	68
6.1.3 Die Anzahl der Tribintrefacekarten und Typ des geschutzenten Regimes nach dem Zutritt	69
6.1.4 Maximale Belastung auf den Multiplexer (im geschützen Modus)	69
6.1.5 Typ Lokalkommutation der Zugangskanäle	69
6.1.6 Varianten der Verwendung der Anlagen	70
6.1.7 Größe der kompakten Blöcke in der Theke	70
6.1.8 PC – Interfaces F	70
6.1.9 LAN – Interfaces	71
6.1.10 Dienstkanäle	71
6.1.11 Maximale Anzahl der Multiplexer, die mit EM gesteuert werden	72
6.1.12 Typ der verwendenden Synchronisierung	72
6.1.13 Typ der Theke und Blöcke	73
6.1.14 Gesamte Anzahl der ersetzbaren Blöcke in der Theke	74
6.2 Neue technologische Lösungen	75
6.3 Nutzung der optischen Verstärker	75

6.4 Multiplexennutzung mit den Aufteilen nach der Wellenlänge	76
6.5 Nomenklatur SDH – Apparatur Herstellersfirmen	77
6.5.1 Alcatel	77
6.5.2 AT&T (Lucent Technologies)	79
6.5.3 ECI	80
6.5.4 GPT	81
6.5.5 NEC	82
6.5.6 Nokia	83
6.5.7 Nortel	84
6.5.8 Philips	84
6.5.9 Siemens	85
6.6 Anforderung zur Apparatur	87
7 NETZSYNCHRONISIERUNG UND MESSUNGEN IM SDH – NETZ	91
7.1 Netzsynchronisierung	91
7.1.1 Synchronisierungsmethoden	92
7.1.2 Betriebsregimes und Qualität der Tektquelle	93
7.1.3 Nutzung der Weltumfassenden angeordneten Zeit	95
7.2 Messungen im SDH – Netz	98
7.2.1 Prüfung der Multiplexeranlagen	99
7.2.2 Gesamte Prüfung des SDH – Netzes	101
ZUSAMMENFASSUNGEN	106
LITERATURVERZEICHNIS	110
Anlage A - Das Verzeichnis der Empfehlungen ITU-T, der die Parameter des primären SDH - Netzes bestimmt	112
Anlage B – Die Optimalswege	114
Anlage C - Anlage C - Das Listing des Programms der Berechnung des Traffiks	124

## DIE ABKÜRZUNGEN

ATM – Asynchronous Transfer Mode

AU – Administrative Unit

AU PTR – Administrative Unit Pointer

AUG Administrative Unit Group

C – 1 – Container of Level 1

C – 11 – Container of Level 11

C – 12 – Container of Level 12

C – 2 – Container of Level 2

C – 3 – Container of Level 3

C – 4 – Container of Level 4

EM – Element Manager

GPS – Global Positioning System

ITU – T – International Telecommunication Union – Telecommunication

## Standartization

LPR – Local Primary Reference

MCU – Management and Kommunikation Unit

MUX – Multiplexer

NMS – Network Management System

OHA – Overhead Access/Overhead Access function

PDH – Plesiochrone Digital Hierarchie

PTR – Pointer

PG – Puffergröße

QOS – Quality of Service

SLX – Synchronous Line Multiplexer

SM – Synchronous Multiplexer

SMA – Synchronous Multiplexer Add – drop.

SMUX – SDH Multiplexer.

SOH – Section Overhead.

SONET – Synchronous Optical Network.

SONET/SDH – Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy.

STM – Synchronous Transport Module.

STM – 1 – Synchronous Transport Module of level 1.

STM – 4 – Synchronous Transport Module of level 4.

STM – 16 – Synchronous Transport Module of level 16.

STM – 64 – Synchronous Transport Module of level 64.

STM – N – Synchronous Transport Module of level N.

TM – Terminal Multiplexer.

TMN – Telecommunications Management Network.

TU – Tributary Unit.

TU – 11 – Tributary Unit – 11.

TU – 12 – Tributary Unit – 12.

TU – 2 – Tributary Unit – 2.

TU – 3 – Tributary Unit – 3.

TU – n – Tributary Unit – n.

TUG – 2 – Tributary Unit Group – 2.

VC – Virtual Container.

VC – Virtual Container.

VC – 11 – Virtual Container – 11.

VC – 12 – Virtual Container – 12.

VC – 2 – Virtual Container – 2.

VC – 3 – Virtual Container – 3.

VC – 4 – Virtual Container – 4.

WDM – Wavelength Division Multiplexing.

## EINLEITUNG

Heutzutage wird die Entwicklung der Netztechnologie in der ersten Reihe mit der heftigen Entwicklung der Technologien der Basisnetzaufbau charakterisiert, die erlauben das Passband der Verbindungskanäle wesentlich zu erhöhen.

In der letzten Zeit wird die Technologie „des dichten Wellenmultiplexens“ DWDM (Dense Wave Division Multiplexing) schnell entwickelt. Sie verspricht die Terabiten Geschwindigkeiten auf den optischen Kanälen. Viele Hersteller der Netzanlagen sagen: „Die Bandbreite entscheidet alles! Alle Probleme fallen mit der Sicherstellung der verschiedenen Servicetypen für verschiedene Trafikstypen ab, wenn Sie die „unbegrenzte“ Bandbreite haben“!

Aber viel die versprechenden Zahlen der Bandweite der Verbindungskanäle können noch nicht als 100% - Garantie des Erfolgs des Provider- oder Korporationsnetzes dienen. Hier tritt die Brauchbarkeit des projektierenden Netzes für die Lösung der konkreten Geschäftsaufgaben des Betriebs ein, egal ob das ein Verbindungsprovider oder eine große Korporation ist. Die Aufgabe der Aufbau vom Netzbasisteil findet praktisch in jedem wichtigen Projekt statt, dabei werden die wichtigen Anforderungen zu solchem Projekt nach der Zuverlässigkeit, Produktivität und Maßtabität vorgewiesen.

Eine von den wichtigsten Aufgaben, die gelöst werden muss, ist nicht nur die Bedienung der verschiedenen Verkehrstypen (Stimme, Video, Daten etc.), sondern auch die Sicherstellung der Vollsteuerung mit der Zuweisung der verschiedenen Leistungen den Benutzern. Deswegen melden viele Hersteller der Netz- und Telekommunikationsanlagen öfter ihre Lösungen, welche die Steuerung SLA (Service Level Agreement) sicherstellen.

Solche Unterstützung ist mehr in den Netzen der Service – Provider aktuell. Die einfache Vergrößerung der Kanalbandbreite auf den einzelnen Netzstrecken löst nicht die gestellten Aufgaben, die mit der Zuweisung dieser Services, ihrer Berücksichtigung und Operativumschaltung verbunden sind.

Tatsächlich fordert die Lösung dieses Problemkreises, der auf der Schnittstelle den technischen und wirtschaftlichen Aspekten des Projektes entsteht, das Beschaffen vom erfahrenden Integrator, der nicht nur technisch einwandfrei das Netz projektieren kann, sondern auch vor allem die Lösung der Geschäftsaufgabe des Betriebs vorsehen, die wirtschaftlichen Aspekte des Projekts berücksichtigen und nicht nur einfach die Informationssendung sicherstellen, sondern zum kommerziellen Betriebserfolg beitragen kann. Es ist schon kein Geheimnis, dass viele kommerzielle Projekte z. Z., besonders im Gebiet der Informationsdienstleistungen, tatsächlich für neue Technologien geschaffen werden. Darum ist es schwer, den Einfluss der richtigen Auswahl der Technologien zu überschätzen.

Außerdem sind in jedem Projekt, besonders vom großen Maßstab, die Preischarakteristiken, die Revalierung und andere Faktoren, die eng mit den Geschäftsaufgaben des Betriebs verbunden sind, zu berücksichtigen. Hier tritt die Auswahl der Netztechnologie, die alle genannten Aufgaben lösen kann, auf den ersten Plan heraus.

Heute in der Ukraine ist die Vergrößerung der Verkehrsgröße von den Übertragungsdaten zu sehen. Mit der Berücksichtigung der ständig steigenden Bedürfnisse von den Verbindungsnationaloperatoren und -providers und mit der Berücksichtigung eigener Interessen plant Ukrtelekom AG, in kurzer Zeit die Bandweite des Primärnetzes wesentlich zu vergrößern.

Abgesehen davon, dass Donezker Gebiet in der Ukraine am dichtesten besiedelt ist, ist das Aufbauproblem des Transportnetzes mit der hohen Bandweite immer noch nicht gelöst. Darum ist dieses Problem bis jetzt aktuell und fordert seine Lösung.

Ein Ziel dieser Arbeit ist eine Erarbeitung des Regionaltransportnetzes der Verbindung mit der Verwendung der SDH -Technologie für Donezker Gebiet. Das erlaubt das Problem des Trafiks der sendenden Daten zu lösen, Umfang der vorliegenden Leistungen, in deren Bedarf immer wächst, zu erweitern. Dieses Netz erlaubt die Aufbau des gesamten nationalen glasfasernen Ringes der Datensendung zu beschleunigen.

## 1 ANALYSE DER VORHANDENDEN TECHNOLOGIEN DER AUFBAU DER TRANSPORTNETZE

Die Primärnetz ist eine Gesamtheit der typischen physischen Ketten, der typischen Kanäle der Sendungen und Netztrakten des Systems der E – Verbindung, die auf dem Grund der Netzknotens, Netzstationen, Endeinrichtungen der Primärverbindung und zu verbindende sie Linien der Sendung des Systems der E – Verbindung. In der Grundlage des modernen Systems der E – Verbindung liegt die Verwendung des Digitalprimärnetzes, der auf der Verwendung der Digitalssysteme der Sendung gegründet ist. Wie es sichtbar ist, gehören das Medium der Sinalsendungen und Apparaturen der Sendungssysteme zum Primärnetz. Der moderne Primärnetz wird auf dem Grund der Technologien der Digitalisierungen gebaut und nutzt als Medium der Sendungen die elektrische und optische Kabele und Radioübertragung.

Man schauere einen Teil des Primärnetzes, der mit der Sendung der Information in der Digitalform verbunden ist, an. Das moderne Primärnetz kann auf dem Grund drei Technologien – PDH, SDH und ATM gebaut werden.

Man betrachte die Haupttendenzen der Entwicklung des Digitalprimärnetzes. Z. Z. ist der Übergang von PDH zu SDH als die offenbare Tendenz in der Entwicklung der Technologie des Multiplexierens im Primärverbindungsnetz. Wenn dieser Übergang im Bereich der Verbindungsmittel nicht so offenbar (im Fall mit dem kleinen Verkehr werden PDH – Systeme immer noch verwendet) ist, dann ist die Tendenz zur Orientierung auf die SDH – Technologie im Betriebsbereich mehr offensichtlich. Die Operatoren, die die großen Netze schaffen, sind schon auf die Verwendung der SDH – Technologie orientiert. Es ist zu erwähnen, daß SDH eine Möglichkeit des direkten Zugangs zum Kanal 2048 KBit/S dank der Prozedur der Ein- /Ausgabe vom Strom E1 aus Trakten aller Ebenen der SDH – Hierarchie gibt. Der E1 – Kanal (2048 KBit/S) ist Hauptkanal, der in den Netzen der Digitaltelephonie, ISDN und anderen Sekundärnetze verwendet wird.

Das moderne Digitalprimärnetz wird auf der Grundlage der drei Haupttechnologien gebaut:

- Die plesiochrone Digitalhierarchie (PDH),
- die synchrone Digitalhierarchie,
- das asynchrone Regime der Übertragung (ATM).

Die Technologieauswahl bestimmt die Netzentwicklung auf viele Jahre hinaus. Sie bestimmt auch die Auswahl von den verwendeten Anlagen. Außerdem ist hier die Wahl der Technologien der Informationssendungen, und der Technologien der „physischen“ Ebene wichtig, auf deren das Netz aufgelegt ist. Genau dieser „Basissatz“ bedingt in bedeutendem Maße das Niveau des den Benutzern vorstellenden Services.

Man bemerke, dass das moderne Niveau der Entwicklung von den Technologien der Basisnetzaufbau, die für die Sendungen der großen Trafikumfänge dienen, deswegen bemerkenswert ist, daß viele Technologien, die noch vor kurzem für hoffnungslos veraltet gehalten wurden, erhalten ihre zweite Geburt. Und diejenigen Technologien gehen auf zweiten Plan, deren breite Perspektiven vorhergesagt wurden. Das erschwert die Auswahl noch mehr.

Die Technologien der Basisnetzaufbau, die jetzt zweite Geburt erleben, sind die SONET/SDH Technologien, mit denen relativ neue ATM Technologie erfolglos konkurriert. Dabei werden die Versuche der Vervollkommnung der SDH – Technologien vorgenommen. Als Beispiel dient DPT – Technologie, die von der Fa. Cisco Systems, Inc entwickelt ist.

Für solche Entwicklung gibt es einige Hauptgründe:

- die Mehrheit der Grossprovider, die die Verbindungskanäle vorstellen, haben schon bedeutende Investitionen in den Anlagen SONET/SDH gemacht. Der Übergang zu anderen Technologien fordert neue bedeutende Investition, die nicht immer aus Sicht der potentiellen Kommerzvorteile, die neue Technologien geben können, rechtfertigt sind.
- die Beibehaltung der vorhandenen Technologien ist auch damit verbunden, daß die Bandweite der optischen Verbindungskanäle, die bei

dem Basisnetzaufbau verwendet werden, in bedeutendem Maße wächst. Solche Möglichkeiten geben die Technologien des optischen Multiplexierens (DWDM).

- die ATM – Anlagen sind teurer als die SDH – Anlagen, komplizierter im Einrichten und Bedienen. Dabei ist eine Aufgabenreihe vorhanden, in deren die Nutzung des Zeitmultiplexierens (TDM), die in den SDH – Netzen verwendet werden, bevorzuglich ist.
- das IP – Protokoll ist de – facto Protokoll des Endbenutzers praktisch in jedem Datenübertragungsnetz. Darum ist die Nutzung der relativ einfachen IP – Lösungen, die auf das traditionelle Medium der Übertragung aufgelegt sind, mehr vorteilhaft.

Die angegebenen Gesamttendenzen zeigen nicht den eindeutigen Vorteil dieser oder jener Technologie. Alles ist den konkreten Forderungen der konkreten Firmen zuzuordnen.

Die kurze Übersicht der Technologien, die öfter bei der Projektierung der modernen SDH, ATM, PDH Basisnetze ausgenutzt werden, ist beigefügt. Dabei ist ein Versuch gemacht, die mehr charaktervollen Besonderheiten dieser Technologien mit der Berücksichtigung der lösenden Geschäftsaufgaben anzusehen. [4].

## 1.1 ATM

ATM ist eine Multiplextechnik, die es ermöglicht, die Bandbreite moderner Übertragungsstrecken optimal und flexibel zu nutzen. ATM als **A**synchrone **T**ransfer **M**ode ist nicht zu verwechseln mit den Übertragungstechniken PDH oder SDH. ATM ist die Art und Weise, wie die verfügbare Bandbreite eines Übertragungsmediums benutzt wird. ATM ist ein statistisches Zeitmultiplexverfahren (TDM).

Wesentliche Merkmale sind:

- Pakete (Cells) konstanter Länge (53 Byte);

- Zellen aus 5 Byte Anfangsetikett und 48 Byte Arbeitsbelastung;
- keine Übertragungssicherung der Nutzdaten;
- fast alle PDH und SDH-Zugangs-Bitraten werden unterstützt (ab 1,5 MBit/s)
- im öffentlichen Bereich auf SDH-Netzen basierend, sonst auch cell based möglich;
- für alle Nutzsignale (Bilder, Sprache, Daten) und Betriebsarten (verbindungsorientiert, verbindungslos, konstante Bitraten (CBR), Burst-Betrieb (LAN-Emulation) und variable Bitraten (ABR) geeignet.

Ausgangspunkt für die Entwicklung von ATM waren die heutigen hohen Übertragungsgüten der Übertragungseinrichtungen und -leitungen sowie der Wunsch, nur diejenige Bandbreite und die Qualität (QoS) den Anwendern zur Verfügung zu stellen, die sie benötigen. Damit verbunden ist auch die bessere Tarifierung, d.h. der Kunde bezahlt nur die Qualität und Bandbreite (Leitungsbelegung), die er auch benutzt hat. Somit kann er zwischen Kosten, Übertragungsrate und Qualität (QoS) selbst optimieren.

Der Aspekt Asynchron kommt dadurch zustande, dass der Zugang zu einem ATM-Netz mit einer beliebigen Bitrate von 0 bis max. mögliche Übertragungsrate der Leitung erfolgen kann (stufenlos) und das die Bandbreite beliebig schwanken darf zwischen 0 und einem zugesicherten Maximalwert. Dadurch kommt auch der statistische Aspekt ins Spiel, d.h. das Verhalten am Netzzugang und der Elemente im gesamten Netz ist vom Verhalten aller Anwender abhängig und damit nicht mehr determiniert vorhersehbar.

Jeder Nutzer kann seine Daten im Rahmen bestimmter Grenzen, die er beim Netzbetreiber bestellt und bezahlt, in das Netz einspeisen. Die Daten verschiedener Nutzer werden auf einer gemeinsamen Übertragungsstrecke übertragen, die Nutzer teilen sich den Übertragungskanal und damit auch die Kosten. Sie beeinflussen sich gegenseitig und ihre Übertragungsqualität.

Die Daten werden am Netzzugang in Zellen verwandelt. Jede Zelle nimmt 48 Nutzbytes des Anwenders auf. Die Zellen werden um den Header erweitert, in dem vor allem Informationen über den Weg im Netz (VPI, VCI) stehen.

Auf der Leitung werden ständig Zellen gesendet, d.h. es sind immer Containerartige Zellen unterwegs. Die gesamte Bandbreite wird in Zellen aufgeteilt (Zellen pro Sekunde). Diese Zellen werden asynchron übertragen, d.h. es gibt keine Rahmensynchronworte, um den Anfang zu erkennen. In SDH- Netzen ist auch das gesamte Netz synchron. d.h. jedes Netzelement kann genau den Anfang und das Ende einer Zelle und damit des Containers erkennen.

Die Nutzdaten des Anwenders werden „zerhackt“ und in die Zell-Payloads einsortiert. Die Bandbreite wird der Übertragungstrecke nicht ausgeschöpft, werden leere Zellen (Unassigned and Idle Cells) versendet.

Je höher die Bandbreite am Netzzugang (Bitrate des Anwenders), desto mehr Zellen werden belegt und der Abstand zwischen den Zellen wird kleiner.

Jeder Anwender kann seine Datenrate solange erhöhen, bis keine Zellen mehr frei sind. Er beeinflusst damit aber auch andere Anwender, für die dann keine Zellen mehr zur Verfügung stehen. Das wird normalerweise mit dem Verwerfen von Zellen "bestraft" (entfernen und wieder freimachen für einen andern Nutzer). Verlorene Zellen ergeben bei Sprache eine schlechtere Qualität (kurzzeitig fehlende Sprachbits) und damit eine höhere Bitfehlerrate. Bei Datenübertragung kann es zwar verheerend sein (Datenverlust), jedoch muss der Anwender selbst für die Übertragungssicherung sorgen (Erkennen und Wiederholen).

Bei den Verkehrsparametern (Qualität, Übertragungsverzögerung usw.) von ATM muss von den Verkehrsparametern der Übertragungstrecke (Bitfehlerrate) unterschieden werden. Bei ATM sind diese Werte meist beliebig skalierbar und beeinflussen nicht die physikalische Übertragungstrecke selbst oder haben direkt mit ihr zu tun (z.B. konstante hohe Qualität der SDH-Verbindung aber viele verworfene/verlorene Zellen).

Ein sehr wichtiger und interessanter Aspekt der ATM-Technik ist die Qualität von Service (QoS).

Hauptvorteile der ATM-Technologie:

- Dynamische Steuerung mit dem Passband der Verbindungskanäle;
- Vorliegen QoS für verschiedene Trafiktypen;

- Möglichkeit des Reservieren der Verbindungskanäle und Anlagen;
- Möglichkeit des Integrieren ganz verschiedene Trafiktypen, einschl. Stimme, Daten, Video;
- Möglichkeit der Einsparung des Passbandes dankbar speziellen Technologien der Bearbeitung des Stimmtrafiks;
- Möglichkeit der Emulation der „durchsichtigen“ Verbindungskanäle;
- Kompatibilität mit der FR-Technologie und Vorliegen der Services den FR-Benutzern;
- Mit der Technologie MPLS (Tag Switching) kann ein Service - Provider, der einen ATM-Grundnetz hat, dynamisch den IP-Trafik um dem ATM-Grundnetz im realen Zeitmaßstab kommutieren. Dabei gibt es eine Möglichkeit benötigtes QoS mit der Berücksichtigung des Prioritätsniveaus IP und ATM vorzustellen.

Nachteile der ATM-Technologie:

- Kompliziertheit der Technologie;
- Relativ hohe Anlagenwertes;
- Ungenügende Kompatibilität der Anlagen von verschiedenen Herstellern;
- In den spezifischen Aufgaben (z.B. bei der often Sendung der kleinen Trafikumfänge) kann die Verwendung der ATM-Technologie zu unvertretbar großen Verzögerungen bei der Erstellung der Verbindungen und ziemlich hohem Prozent der Dienstinformation, die die Verbindungskanal belastet.

## 1.2 PDH. Plesiochrone Digital Hierarchie

Bei der Einführung digitaler Netze war es nicht möglich, ein Normaltaktnetz zur Synchronisierung der Netzelemente untereinander zu erstellen. Jedes Netzelement mußte seinen Takt selbst erzeugen. Hat jedes Element seinen eigenen Takt so sind die Takte untereinander verschieden, d.h. asynchron. Haben sie jedoch nominell die

gleiche voneinander unabhängige Taktfrequenz bei einer eng tolerierten Abweichung von der Sollage, dann spricht man von plesiochronen Signalen.

Multiplexsysteme, die mit plesiochronen Signalen als Zubringer arbeiten, müssen beim Multiplexen auf eine für alle Signale einheitliche Basis angehoben werden, um Toleranzen auszugleichen. Dieses Ausgleichen wird durch ein Pulsstopfverfahren realisiert.

Die Multiplexsysteme für plesiochrone Signale bilden plesiochrone digitale Hierarchien (PDH).

### 1.2.1 Hierarchiestrukturen

Multiplexsysteme bündeln Kanäle stufenweise zu neuen Bündelebenen, den Hierarchiestufen, in denen sie zusammengefaßt bzw. getrennt werden können. Innerhalb einer Hierarchiestufe ist es möglich, Kanäle zu rangieren und zu verteilen. Die unterste Multiplexstufe ist das PCM – Grundsystem mit einer Übertragungsrate von 64 kbit/s. Abb. 1.1 zeigt das in Europa gebräuchliche Multiplexschema.

Die digitale Multiplexbildung wird von Multiplexebene zu Multiplexebene um den Faktor 4 vergrößert bzw. verringert. Daß dabei die tatsächliche Übertragungsrate effektiv etwas größer als der Faktor 4 ist, ergibt sich aus den Eigenschaften der plesiochronen Netze, Raum für Stopfbits zum Ausgleich unterschiedlicher Eingangssignalraten zu benötigen.

Grundsystem:	64,000	kbit/s	1	Kanal
1 Hierarchiestufe:	2,048	Mbit/s	30	Kanäle
2 Hierarchiestufe:	8,468	Mbit/s	120	Kanäle
3 Hierarchiestufe:	34,368	Mbit/s	480	Kanäle
4 Hierarchiestufe:	139,264	Mbit/s	1920	Kanäle
5 Hierarchiestufe:	564,992	Mbit/s	7680	Kanäle

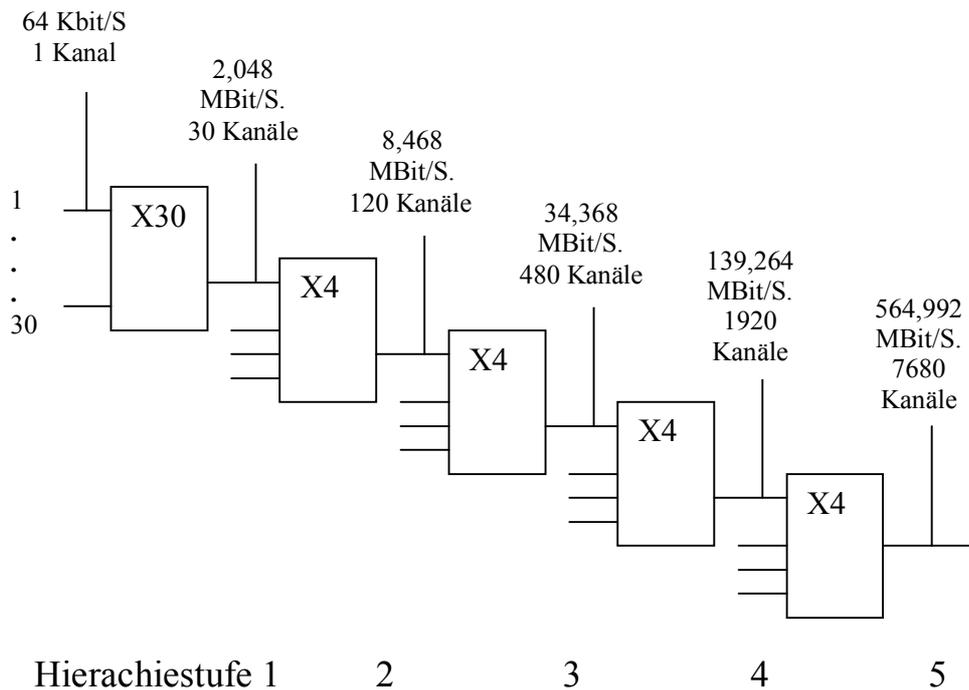


Abbildung 1.1 – Europäische PDH – Struktur

### 1.2.2 Pulsstopfverfahren

Plesiochrone Netze verwenden das „Pulsstopfen“, um geringfügige Taktunterschiede auszugleichen. Es gibt drei verschiedene Stopfverfahren, von denen das Positiv – Pulsstopfverfahren am häufigsten angewendet wird. Dieses Verfahren wird nachfolgend beschrieben.

Das Positiv-Pulsstopfen zeichnet sich dadurch aus, daß die Ausgangsbitrate des Multiplexers etwa um 1,3% größer als die Summen der Eingangsnennbitraten ist. Dadurch können alle ankommenden Bit der Eingangssignale trotz einer Toleranz in den Eingangsbitraten ins Ausgangssignal übernommen werden. Durch die höhere Ausgangs bitrate und den kontinuierlichen Transport von Bits im Ausgangssignal tritt die Situation ein, daß Bits im Ausgangssignal transportiert werden, die keinem Eingangssignal zugeordnet sind. Diese

informationsfreien Bit werden als Stopfbits bezeichnet. Stopfbits müssen der Gegenstelle als solche kenntlich gemacht werden, da sie ja keine Nutzinformationen beinhalten und nicht weiterbearbeitet werden dürfen. Hierzu dienen Stopfbitinformationen, die mehrfach gesichert Stopfbits deklarieren. Die Fehlinterpretation eines Stopfbits würde alle nachfolgenden Nutzbits um eine Bitposition verschieben. Als Folge träte eine Informationsverfälschung und nachfolgend der Verlust der Synchronisation ein.

### 1.2.3 2. Hierarchiestufe

In der 2. Hierarchiestufe werden vier 2,048 Mbit/s Signalströme zu einem Summensignal von 8,448 Mbit/s gemultipliziert. Der Pulsrahmen ist in Abb. 1.2 dargestellt. Er enthält 848 Bit, die in vier Blöcken zu je 212 Bit eingeteilt sind.

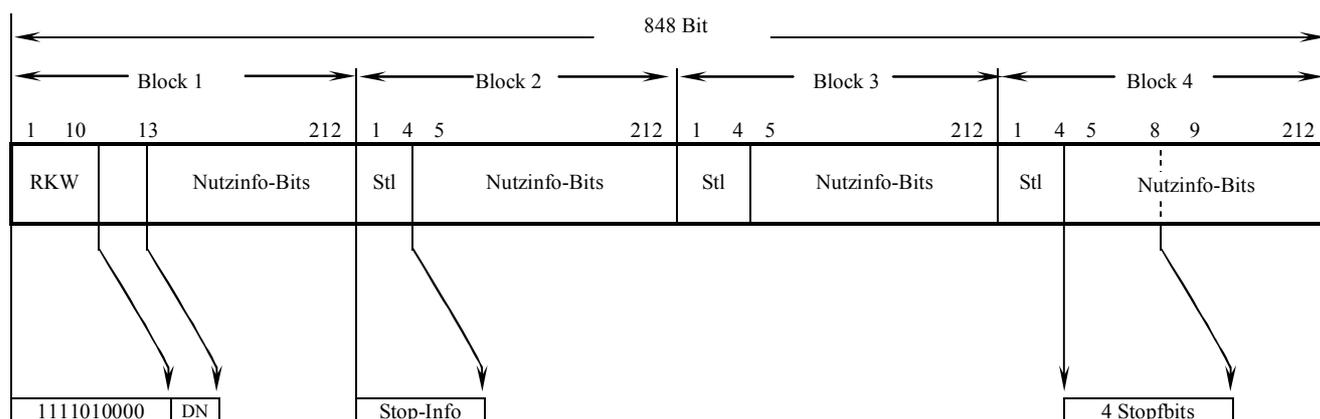


Abbildung 1.2 - Rahmenstruktur der 2. Hierarchiestufe

Der Rahmen beginnt im Block 1 mit einem Rahmenkennungswort (RKW) von 10 Bit, es hat den Wert 1111010000. Nach dem RKW folgen zwei Alarmbits; das D-Bit für dringende Alarme und das N-Bit für nichtdringende Alarme.

Ab dem Bit 13 bis zum Bit 212 sind Nutzinformatiionsbits vorhanden. Die Nutzinformatiionen werden bitweise gemultiplext, d.h. das Bit 13 stammt aus dem ersten 2-Mbit/s-Datenstrom, das Bit 14 aus dem zweiten 2 - Mbit/s-Datenstrom, das Bit 15 aus dem dritten 2 – Mbit/s – Datenstrom, das Bit 16 aus dem vierten 2 – Mbit/s – Datenstrom und mit dem Bit 17 wiederholt sich der Vorgang periodisch.

Die Blöcke 2, 3 und 4 beginnen mit einer Stopfinformation (StI). Die vier Bit-Information StI weist auf die ersten vier Nutzinformatiions-Bit im Block 4, in denen sich die Stopfbits befinden. Das erste Bit der StI gehört zum ersten 2-Mbit/s-Datenstrom, das zeite Bit der StI zum zweiten 2-MBit/s-Da.tenstrom usw. Wenn ein Bit der Stopfbitinformatiion den Wert 1 ausweist, dann wird ein Stopfbit ohne Nutzinformatiion eingefügt, hat es den Wert 0, dann wird ein Nutzbit übertragen. Pro 2-Mbit/s-Datenstrom kann nur 1 Stopfbit verwendet werden. Die Stopfbitinformatiionen in den Blöcken 2, 3, und 4 sind im fehlerfreien Fall identisch und dienen der Informationssicherung. Die Stopfbits sind im Block 4 in den Bits 5 - 8 setzbar.

Zum besseren Verständnis der Stopfvorgänge wird folgende Rechnung betrachtet: Mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 8,448 Mbit/s werden 848 Bit transportiert. Die Rahmendauer beträgt somit

$$\frac{848 \text{ Bit}}{8.448 \text{ Mbit} / \text{S}} = 100.379 \text{ ms}$$

Bei einer Nennbitrate von 2,048 Mbit/s pro gemultiplextem Dateiistrom, werden

$$2,048 \text{ Mbit/s} * 100,379 \text{ ms} = 205,57619 \text{ Bit}$$

in den Pufferspeicher des Multiplexers eingelesen. Der Multiplexer-Ausgangsdatenstrom ist

$$212 \text{ Bit} - 205,57619 \text{ Bit} = 6,42381 \text{ Bit}$$

schneller als der Eingangsdatenstrom. Die ganzzahligen Bitverschiebungen können durch Taktlücken ausgeglichen werden, so daß der Ausgangsdatenstrom ohne Pulsstopfen nur noch 0,42381 Bit größer ist als der Eingangsdatenstrom. Die verbleibende Restbitgröße von 0,42381 Bit wird durch Pulsstopfen ausgeglichen. Da nur ganzzahlige Werte in Betracht kommen, ergeben sich Quotienten von

$$\frac{5}{12} < 0,42381 < \frac{3}{7}$$

Dies bedeutet, daß von 12 Rahmen in fünf Rahmen ein Pulsstopfen, bzw. von sieben Rahmen in drei Rahmen ein Pulsstopfen durchgeführt werden muß, um im Mittel den Wert von 0,42381 zu erreichen.

Ähnliche Verhältnisse ergeben sich auch in den anderen Hierarchiestufen.

#### 1.2.4. 3 Hierarchiestufe

Die Rahmenstruktur der 3. Hierarchiestufe enthält pro Rahmen 1536 Bit, die in vier Blöcken zu je 384 Bit eingeteilt sind (Abb.1.3). Die Anordnung des Rahmenkennungswortes, der Stopfinformationsbits, der Stopfbits und der Nutzbits ist mit der Rahmenstruktur der 2. Hierarchiestufe vergleichbar.

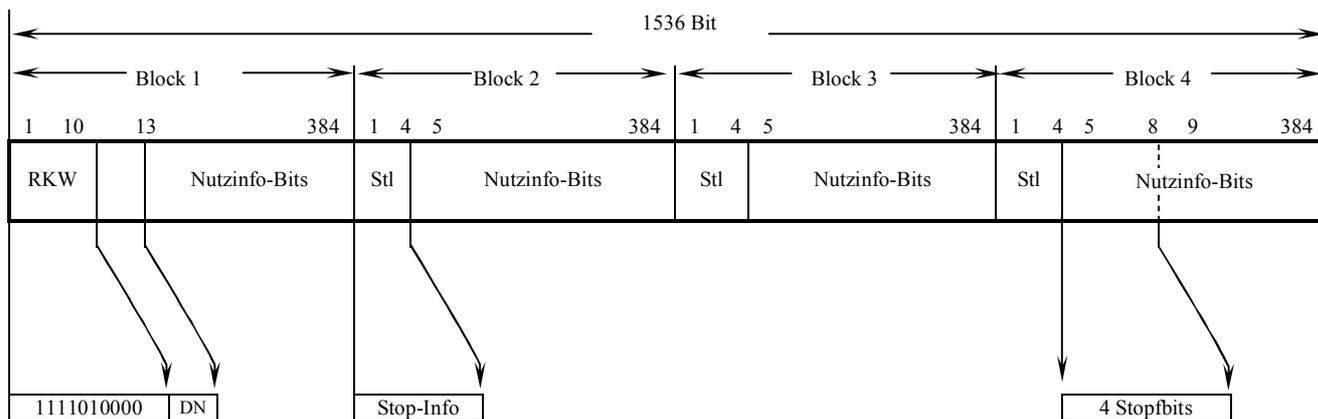


Abbildung 1.3 - Rahmenstruktur der 3. Hierarchiestufe

#### 1.2.5 4. Hierarchiestufe

Die Rahmenstruktur der 4. Hierarchiestufe zeigt Abb. 1.4. Ein Rahmen enthält 2928 Bit, eingeteilt in sechs Blöcken zu je 488 Bit. Das Rahmenkennungswort besteht aus 12 Bit mit dem Wert 111110100000. Danach folgt ein Meldewort mit den Alarmierungsbits D und N, sowie zwei Bit Y zur internen Signalisierung.

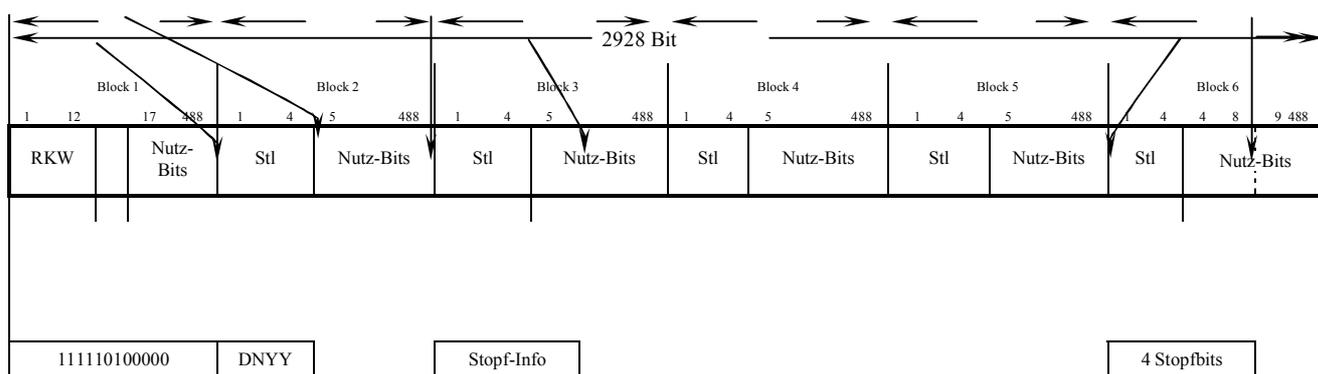


Abbildung 1.5 - Rahmenstruktur der 4. Hierarchiestufe

Die Stopfinformationsbits sind als 4-Bit-Information in den Blöcken 2 - 6 eingetragen. Damit wird die Stopfinformation 5-fach gesichert. Die Stopfbits sind im Block 6, den Bit 5-8, enthalten.

### 1.2.6 5. Hierarchiestufe

Die 5. Hierarchiestufe enthält pro Rahmen 2688 Bit, die in sieben Blöcken zu je 384 Bit gegliedert sind (Abb. 1.6). Das Rahmenkennungswort entspricht dem der 4. Hierarchiestufe. Die Stopfinformationsbits sind als 4-Bit-Informationen in den Blöcken 2 - 6 eingetragen. Im Block 7 steht am Anfang ein 4-Bit-Meldewort, gefolgt von den Stopfbits. Die 5. Hierarchiestufe ist nicht von der ITU – T standardisiert.

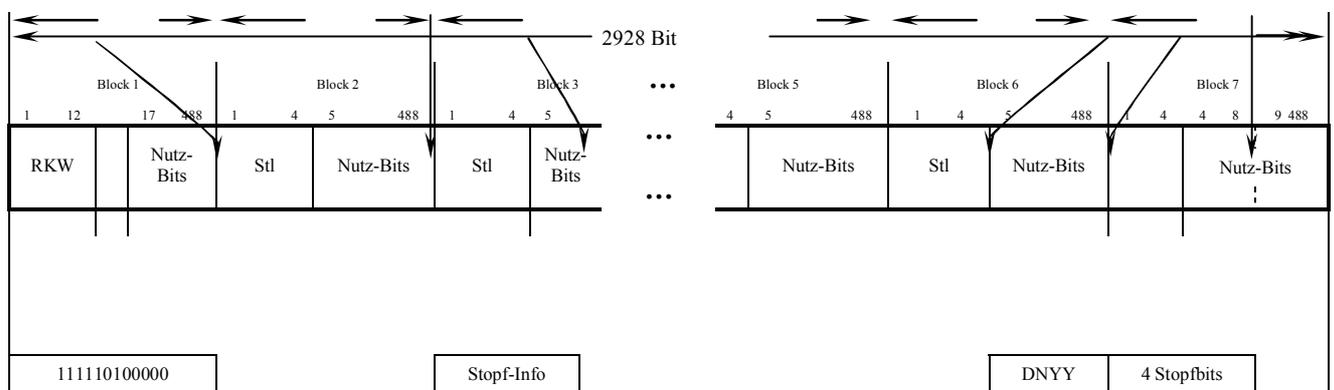


Abbildung 1.6 - Rahmenstruktur der 5. Hierarchiestufe

### 1.3 Synchroner Digitaler Hierarchy

Die Synchroner Digitaler Hierarchy (SDH) ist eine international standardisierte Multiplex-Hierarchy, die auch für Breitbandbandensignale und Netzmanagementaufgaben konzipiert wurde, Empfehlungen ITU-T G.707, G.708, G.709. Ein ganz wesentlicher Vorteil der SDH besteht im direkten Zugriff auf einzelne Kanäle innerhalb des Multiplexrahmens durch eine universelle Hierarchystruktur. Die Konzeption bezieht auch die plesiochronen Netze mit

ein und definiert Netzübergänge, so daß ein einheitliches Netzkonzept daraus entstanden ist.

Ausgangspunkt war die Definition eines synchronen optischen Netzes in den USA mit der Bezeichnung SONET (Synchronous Optical Network) auf der Basis der Übertragungsgeschwindigkeit mit  $n \times 51,840$  Mbit/s.

### 1.3.1 Hierarchiestrukturen

Das Basiselement des synchronen Multiplexschemas nach ITU-T ist die Übertragungsgeschwindigkeit von 155,520 Mbit/s. Dieses Multiplexsignal wird als STM-1 (Synchronous Transport Module Level 1) bezeichnet. Größere Bündel entstehen durch ganzzahlige Mehrfache des Basiselements STM-1:

Grundsystem: STM-1      155,520    Mbit/s

4xSTM – 1: STM-4      622,080    Mbit/s

4xSTM – 4: STM-16    2488,320   Mbit/s

Die Vorteile dieser Hierarchiestrukturen sind:

- flexible Bündelung von Bitraten von 2 - 155 Mbit/s,
- Transport von Breitbandsignalen mit  $n \times 155$  Mbit/s.

### 1.3.2 Rahmenstruktur

Eine SDH-Rahmenstruktur besteht aus neun Blöcken zu je 270 Byte. Die Rahmendauer eines STM-1-Rahmens beträgt 125 ms (Abb. 1.7).

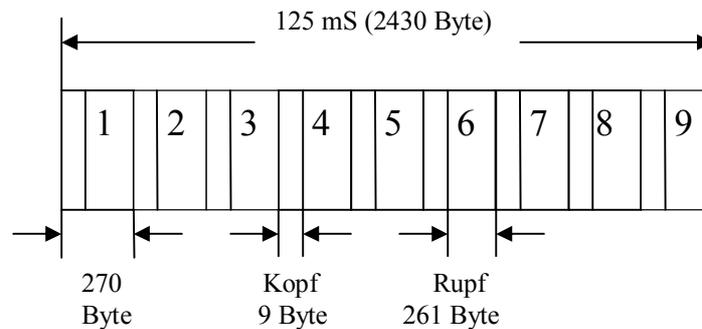


Abbildung 1.7 - SDH – Rahmenstruktur (STM – 1)

Jede Reihe beginnt mit einer Kopfinformation von neun Byte; sie sind für Systeminformationen der physikalischen Datenübertragung reserviert. Die Systeminformationen gliedern sich in Transportinformationen SOH (Section Overhead) mit insgesamt 72 Byte für Rahmenkennung, Überwachungs- und Steuerfunktionen, sowie in neun Bytes für Zeiger PTR (Pointer) auf die Anfangsadressen der Nutzinformatoren. Danach folgt der Rumpf mit der Nutzinformatoren von 261 Byte je Reihe. Damit stehen insgesamt 2349 Bytes für Nutzinformatoren zur Verfügung (Abb. 1.8). Jedes übertragene Byte besitzt die Bitrate von 64 kbit/s. Das Multiplexen der Kanäle erfolgt byteweise.

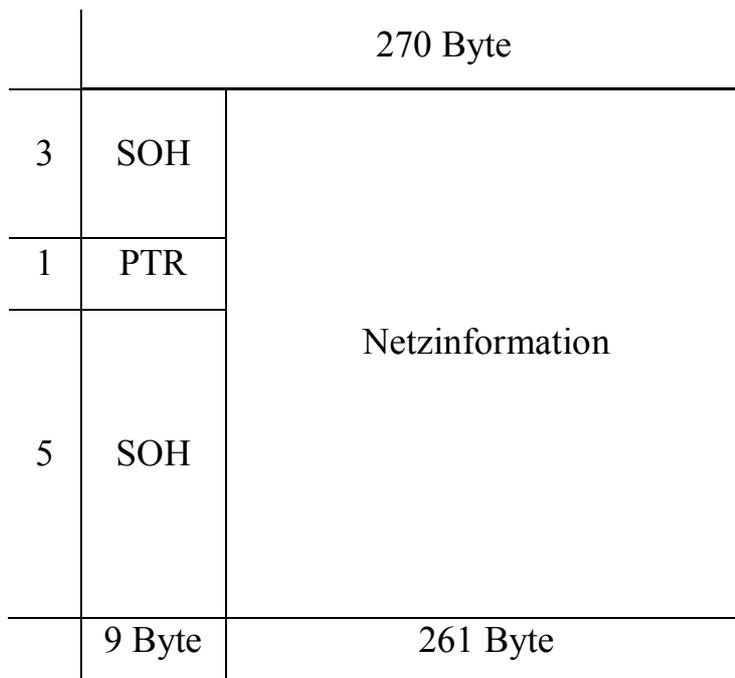


Abbildung 1.8 - Rahmenstruktur STM – 1

Die Inhalte der Systeminformationen sind von der eingesetzten Struktur im Nutzinformationsfeld abhängig, je nachdem ob 2 Mbit/s, 34 Mbit/s oder Breitbandsgnale  $n \times 155$  Mbit/s transportiert werden. Abbildung 1. 9 zeigt Kopfinformation der Felder SOH und PTR. Die Informationen in den Feldern SOH haben folgende Bedeutung:

A1: Rahmenkennwort HF6;

A2: Rahmenkennwort H28;

B1: Bit-Interleaved Parity Byte für gerade Parität über vorhergehenden STM-n-Multiplexrahmen;

B2: Bit-Interleaved Parity Byte zur Fehlerüberwachung zwischen Leitungsabschnitten;

C1: STM-1 ID im STM-n-Multiplexrahmen;

D1-D3: Datenkommunikationskanal 192 kbit/s für Alarme, Kontroll- und Wartungsmaßnahmen zwischen Multiplexeinheiten;

D4-D12: Datenkommunikationskanal 576 kbit/s für Alarme, Kontroll- und Wartungsmaßnahmen zwischen Leitungsabschnitten;

E1: 64-kbit/s-Kanal für Dienstkommunikationen zu Multiplexeinheiten;

E2: 64-kbit/s-Kanal für Dienstkommunikationen zwischen Leitungsabschnitten;

F1: 64-kbit/s-Kanal für Netzbetreiber;

K1, K2: Signalisierungen für automatische Ersatzschaltungen zwischen Leitungsabschnitten;

Z1, Z2: reserviert für zukünftige Verwendungen;

leer: reserviert für nationale Verwendungen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1		
2	B1						F1		
3	D1						D3		
4	PTR								
5	B2	B2	B2	K1			K2		
6	D4			D5			D6		
7	D7			D8			D9		
8	D10			D11			D12		
9	Z1	Z1	Z1	Z2	Z2	Z2	E2		

Abbildung 1.9 - Kopfinformationen SOH, PTR

Das STM – Signal kann nach der ITU-T Empfehlung G.709 mit dem Generatorpolynom  $G(x) = x^7 + x^6 + 1$  verwürfelt (scrambled) werden.

### 1.3.3 Multiplexschema

Abbildung 2.50 zeigt die nach ITU-T G.709 definierten Übergänge der PDH-Signale in Signale der Synchron Digital Hierarchie STM-n. Es sind die europäischen und die nordamerikanischen Hierarchiestandards berücksichtigt.

PDH-Bündel werden in Transporteinheiten (Container) C eingefügt. Dazu sind Zusatzinformationen notwendig, die in einem Datenbereich Path Over-head POH innerhalb der Nutzinformation mit übertragen werden. Durch diese Zusatzinformation wird der Container zum Virtual Container VC. Werden mehrere virtuelle Container aus verschiedenen Zubringersystemen gemultiplext, dann ist nicht gesichert, daß die Rahmenanfänge synchronisiert sind. Die Verschiebung der Rahmenanfänge der Nutzinformation gegenüber dem Rahmen wird durch einen Pointer PTR gekennzeichnet. Ein VC mit Pointer PTR wird als Tributary Unit TU oder als Administrative Unit AU bezeichnet. Mehrere Tributary Units werden zu einer Tributary Unit Group TUG bzw. Administrative Unit Group AUG zusammengefaßt. Danach können sie zu einem neuen virtuellen Container VC gemultiplext werden.

Der Path Overhead POH in den virtuellen Containern VC1 und VC2 besteht aus einem Byte. Die virtuellen Container VC3 und VC4 benötigen neun Bytes. Die Aufgaben des POH sind:

- Kennzeichnen des Containerinhalts,
- Kennzeichnen des Containerbenutzers,
- Kennzeichnen des Überrahmens,
- Bilden eines Paritätsblocks,
- Statusinformationen für den Übertragungsweg.



und damit auch vorhandene Störungen (z.B. Impulsverzerrungen) eliminiert. Der Informationsgehalt des Digitalsignals wird nicht verändert.

Ein Terminal-Multiplexer faßt mehrere Transporteinheiten zu einem STM-n-Signal zusammen. Transporteinheiten können 64 kbit/s, 2 Mbit/s, 34 Mbit/s oder 140 Mbit/s entsprechend der Darstellung nach Abb. 2.50 sein.

Ein Add-/Drop-Multiplexer gestattet, aus einem STM-n-Multiplexrahmen einzelne Transporteinheiten zu entnehmen oder einzufügen.

Ein Cross-Connector ist ein Vermittlungsknoten, der STM – n – Eingangs mit STM-n-Ausgangsleitungen verbindet. Von allgemeinen Vermittlungsstellen unterscheidet sich ein Cross – Connector dadurch, daß er durch Managementfunktionen gesteuert wird und nicht durch eine Teilnehmersignalisierung. Ein Cross-Connector kann als kleinste Einheiten Container schalten.

### 1.3.5 SDH – Plattform für ATM

Mit der SDH-Technik liegt eine geeignete Übertragungstechnik für den Transport von 64 kbit/s Datenströme und ATM-Zellen vor.

ATM-Zellen in einen STM-1-Multiplexrahmen untergebracht (mapped) werden. Die Unterbringung erfolgt in einem 9 x 270 STM-1-Rahmen. Die Zellengrenze kann über einen C4-Container hinausgehen, da die C4-Kapazität mit 2340 Oktetts kein ganzzahliges Vielfaches der Zellenlänge von 53 Oktetts ist.

Mit dem POH (Path Overhead) wird aus einem C4-Container mit den ATM-Zellen ein virtueller Container VC4. Der AU4-Pointer PTR in der Kopfinformation des Rahmens zeigt auf das erste Oktett des VC4-Rahmens. Dieses Oktett befindet sich am Anfang des POH und bezeichnet die Pfad-Kennung (J1). Der Zeiger H4 im POH dient der Kennzeichnung des Beginns einer vollständigen Zelle am Anfang des Containers. Diese Verwendung des Zeigers H4 entspricht der SONET-

STS-3 Schnittstelle, sonst dient der Zeiger H4 zur Kennung von Uberrahmen. Der Inhalt des Zeigers H4 kann Werte im Bereich von 0 - 52 annehmen.

Man kann sich allerdings auch übertragungstechnische Systeme vorstellen, die einen unmittelbaren ATM-Zellenstrom transportieren und auf eine Verpackung in Form von STM-1-Rahmen verzichten.

## 2 ENTWICKLUNG SDH IN DER UKRAINE

In der Ukraine ist die Verwendung der SDH – Technologie 1995 begonnen. In diesem Jahr hat der Telekommunikationsbetrieb „Dniprotelekom“ (Dnepropetrovsk / Ukraine) zur Verwirklichung vom Rekonstruktionsvorhaben des Stadttelefonnetzes in der Stadt Dnepropetrovsk mit der prinzipiell modernen Digitalbasis angefangen. [3]

Das Projekt, das mit der Telefonfirma „Optima Service Sviaz“ entwickelt und vorgeschlagen und vom Institut „Gipro - Sviaz“ unterstützt wurde, hat den Netzaufbau der Digitalverbindungsleitungen zwischen den Stationen mit der Verwendung der Ringtopologie und das Einschalten der Multiplex der Aus- /Einführung der SDH – Übertragungssysteme vorgesehen.

Für die Projektverwirklichung wurde die Anlage von Fa AT&T gekauft, die einen Linealkabel mit den monomodalen optischen Glasfasern, die Elementen des SDH – Übertragungssystems (die „intellektuellen“ Synchronmultiplexor der 1. Hierarchieebene vom Typ ISM – 2000 und die Netzsteuereinrichtung vom Typ 1 – 2000) und Digitalkommunikationssysteme vom Typ 5ESS geliefert hat.

Der Multiplexer ISM – 2000 ist der typische Synchronmultiplexer der 1. Ebene der SDH – Übertragungssysteme. Er hat 63 der Belastungsschnittstellen für die Ein- / Ausgabe der primären Digitalströme (Übertragungsrate 2,048 MBit/S), zwei lineare Optikschnittstellen von der STM – 1 Ebene und eine eingebaute Apparatur für die operative Umschaltung, die die Digitalströme der Belastung zwischen Zugangsschnittstellen crossiert.

Der Multiplexer kann im beendeten (terminalen) Regime (mit dem Schutzsystem „1+1“ oder ohne) oder im Regime Aus- / Einführung in der Lineal – und Ringnetztopologien mit 2,048 MBit/S funktionieren. Dieser Multiplexer wird durch den lokalen Element – Manager, der mit der Steuerungseinrichtung 1 – 2000 ausgerüstet ist, kontrolliert, gesteuert und bedient.

I – 2000 ist eine Netzsteuerungseinrichtung des Zentralsystems für die Steuerung von den Elementen der SDH – Übertragungssysteme der STM – 1 Ebene. Sie

ermöglicht, Apparatur und Anlagen der SDH – Einheiten und Netzstationen zu konfigurieren, dieses Netz separat oder als Untersystem des Steuerungsnetzes TMN (Telekommunikation Management Network) zu bedienen.

Wenn die Funktionen des Steuerungssystems OSF (Operation System Funktion – die Systemfunktion, die im Netz betätigt) fehlen, dann kann die Steuerung mit Verwendung des lokales Element – Managers durchgeführt werden. Dabei wird der grosse Befehlssatz und die eingebauten Steuerungskanäle für die Sicherstellung der Möglichkeit dem Operator für die Fernkontrolle und -bedienung mit jedem anderen Element dieses SDH – Netzes ausgenutzt. Die Steuerungseinrichtung 1 – 2000 ist auf der Grundlage der Station SUN SPARC des Operationssystems UNIX gebaut.

Für die 1. Aufbauetappe der Digitalverbindungslinien in Dnepropertovsk wurden die 65 km optischen Glasfaserkabel verlegt, der die 13 Multiplexer ISM – 2000 verbindet, die (Multiplexer) für die Herstellung im Netz von zwei Transportringen und einer Linealtopologie mit dem Schutzsystem „1+1“ (flachen Ring) genutzt wurden, wohin Multiplexer Aus- / Einführung der E1 – Digitalströme eingeschaltet sind. Die Ringkonfiguration der Lineartrakte stellt hohe Zuverlässigkeit der Stationsverbindungslinien sicher, weil die gleichen informativen Digitalströme von den zwei linearen Schnittstellen der Multiplexer Aus -/Einführung mit dem Ring gleichzeitig in den Gegenrichtungen übertragen werden.

Jede Beschädigung des Linealkabels im jeden Ringteil der optischen Glasfaser führt nicht zum Verlieren der Verbindung zwischen den Multiplexern.

Im Hauptnetz der Verbindung in der Ukraine wurde die SDH – Technologiebenutzung 1996 begonnen. Damals wurde ein monomoder Lichtleitfaserkabel zwischen Kiew und Satoka (neben Odessa) verlegt. Dieses Kabel geht durch Tscherkassy, Kirovograd, Nikolaev, Odessa und seine Länge beträgt 900 km. Mit der Verwendung der optischen Glasfaser des verlegten Kabels und der Anlage des SDH – Übertragungssystems (Ebene STM – 4 Typ 4N – 4X der Fa. Nortel) wurde ein optische Synchronlineartrakt mit dem Schutzsystem „1+1“ aufgebaut.

TN – 4X ist Grundsynchronmultiplexer der Ebene STM – 4, der als der terminale oder lineare Multiplexer, Zwischenregenerator, der optische Konzentrador (Hub) oder Multiplexer Aus - /Einführung konfiguriert werden kann.

Die Bandweite des Lineartraktes beträgt 622 MBit/S. Das ermöglicht, die primäre Digitalströme 252 oder  $252 \times 30 = 7560$  GDK in dem zu bilden. Der Lineartrakt in seiner Struktur hat 17 Zwischenpunkte des Zugangs. Sie sind mit dem Multiplexer Aus - /Einführung Typ TN – 4X ausgerüstet, die in diesen Punkten folgendes ermöglichen – die nötige Anzahl der Digitalströme E1 aus - / einzuführen. Die Budgetkosten des Projekts haben \$14 Mil. betragen. Das gebaute SDH – Übertragungssystem wurde im Februar 1997 übergeben.

Insgesamt für 5 Jahre der Digitalisierung des Primärnetzes (1997 – 2001) sind von Ukrtelekom 109,2 km der Kanäle übergeben. In der erwähnten Periode wurden solche wichtige Transporthauptfunkverbindungen, wie „Sever“ (Kiew - Tschernigov) mit der Verwendung der Anlage der Ebene STM – 4 Typ TN – 4X Fa. Nortel, „Zapad“ (Kiew – Vinnitsa, Khmel'nizkij – Ternopol - Lvov) und „Vostok“ (Kiew - Kharkov) gebaut. Mit der Verwendung der Anlage der Ebene STM – 16 Typ AXD – 2500 Fa. Ericsson wurden „Dnepr – Donbass“ (Dnepropetrovsk – Zaporozhje - Donetsk), „Tavria“ (Nikolaev – Kherson – Simferopol ) u.a. gebaut. In allen Fällen wurden die SDH – Anlagen ausgenutzt.

Außerdem hat Ukrtelekom 2001 einen Bau beendet und die 1. Etappe des zweiseitig gerichteten optischen Glasfaserringes in Kiew übergeben. Beim Ringbau wurden die zwei Kabel (Hersteller Fa. LG) verlegt. In jedem Kabel wird ein Paar der optischen Glasfaser ausgenutzt. Solche Netztopologie gewährt eine höhere Ebene der Zuverlässigkeit als der Ring mit zwei Glasfasern. Im Netz ist SDH – Linearanlage der Ebene STM – 64 Typ SL – 64 Fa. Siemens installiert.

Außerdem werden die Multiplexer Aus - / Einführung der Ebene STM – 1; STM – 16 (SMA – 1, SMA – 4 und SMA – 16 entsprechend) in den Zugangspunkten verwendet.

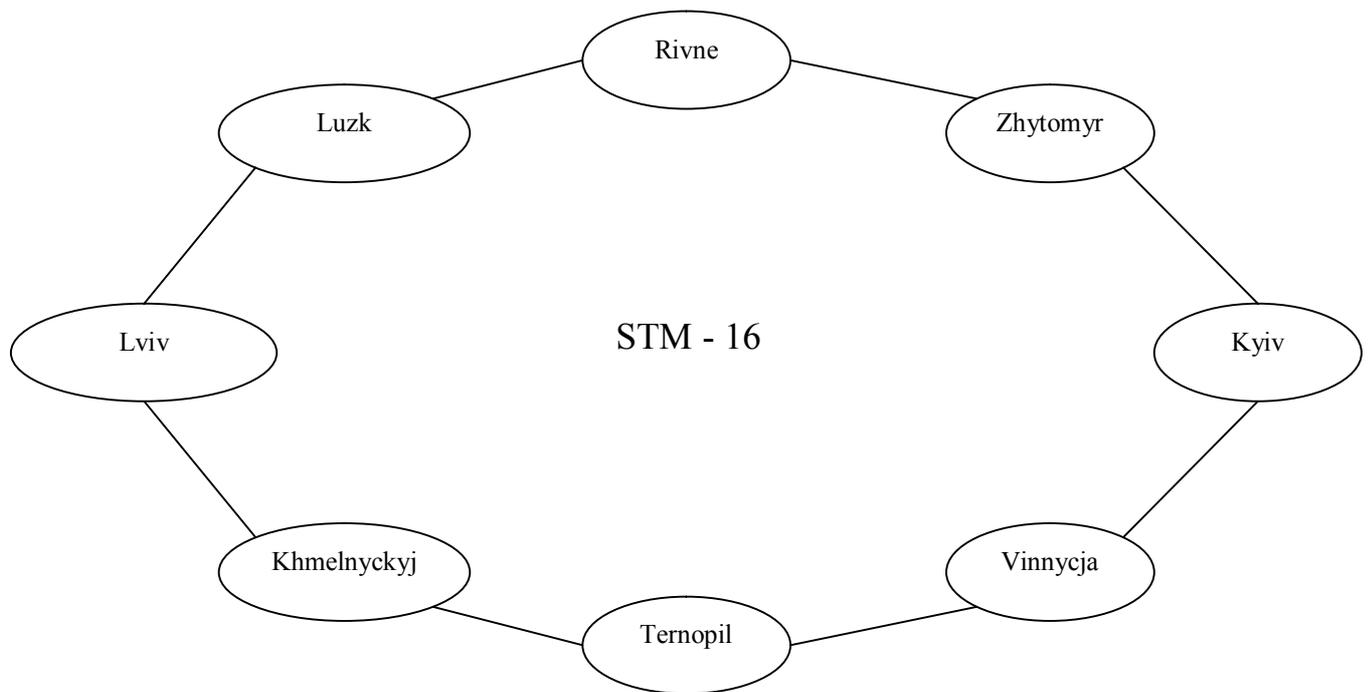


Abbildung 2.1 – Optische SDH – Ringe Kyiv – Lviv

Die SMA – Anlage ist Basisblocksynchronmultiplexer. Er kann als Terminalmultiplexer, lokaler Cross – Connector oder Multiplexer Aus - /Einführung der Digitalströme der Ebene STM – 1 und STM – 4 konfiguriert sein. Die Spezialisten behaupten, dass der Preis des optischen Moduls SL – 64 viel niedriger ist, als der Gesamtpreis von vier Modulen SMA – 16, die äquivalente Bandweite gewährleisten.

Ukrtelecom bietet auch einen Aufbau der optischen Glasfaserhauptlinien mit der SDH – Technologieverwendung an.

Trotzdem, dass Donezker Gebiet ein höchstbesiedeltes und industrialisiertes Region in der Ukraine ist, ist das Problem der Aufbau des Transportnetzes mit dem hohen Passband immer noch nicht gelöst.

## 3 TRAFIKBERECHNUNG

Vor allem muss man bei der Netzbelastungsberechnung die Bedürfnisse der endliche häuslichen, korporativen Benutzer u.a. feststellen. Jeder Dienst erstellt verschiedene Belastung auf das Netz.

Die Tabelle 3.1 - Experteneinschätzung der Bedürfnisse in den Diensten

Dienststart	Benutzerbedürfnisse	
	Bussines	Haus
Dialogdienste		
Videotelephonie	+++	+++
Videokonferenz	+++	-
Videouberwachung	++	+
Dokumentsendung	+++	+
Fernausbildung	++	++
Informationvideofilm- suche	+	+++
Informationssuche der Bilde und Dokumenten	++	+
Informationssuche Software	++	-
Informationssuche der PC – Spiele	-	++
Verteilungsdienste		
Fernsehen	+	+++
Elektronische Anzeigetafeln	+	+++

Die Tabelle 3.2 - Die Parameter des Traffiks den interaktiven Diensten

Dienst	Klass der Benutzer	Max Geschwindigkeit	Stoßkoeffizient	Die Länge des Spitzenwertes der Sitzung der Verbindung		Die eintretend Belastung in SMB (Erl.)
				T <sub>s</sub> , S	T <sub>m</sub> , S	
Telephonie	WS	64 Kbit/s	1	100	100	0,1
	GS	64 Kbit/s	1	100	100	0,4
Fax	GS	2 Mbit/S	1	3	3	0,01
Dateiübertragung	GS	2 Mbit/S	1	1	1	0,2
Videotelephonie	WS	10 Mbit/S	5	1	100	0,02
	GS	10 Mbit/S	5	1	100	0,02
Videosuche	WS	10 Mbit/S	54	10	540	0,03
	GS	10 Mbit/S	18	10	180	0,1
	Das Zentrum der Dienste	10 Mbit/S	48	10	480	2,33
Dokumentsuche	WS	64 Kbit/s	200	25	300	0,05
	GS	64 Kbit/s	200	25	300	0,25
	Das Zentrum der Dienste	64 Kbit/s	200	25	300	2,3
Forderungsdaten	GS	64 Kbit/s	200	0,04	30	0,2

WS – den Wohnungssektor; GS - Geschäft Sektor; T<sub>m</sub> – die mittleren Länge der Sitzung der Verbindung; T<sub>s</sub> – Die Länge des Spitzenwertes der Sitzung der Verbindung.

Packung: 
$$K = \frac{B_p}{B_m}, \quad (3.1)$$

wo  $B_p$  - maximale Übertragungsgeschwindigkeit;  $B_m$  -mittlere Bitgeschwindigkeit.

### 3.1 Trafikanalyse in den Transportnetze

Technisch begründete Behandlung zum Auswahl der Netztechnologie und der Aufbauarchitektur der multiservicen Netze stützt sich auf die Trafikanalyse im Netz und die Einschätzung der Bandweite der Transportnetze in der Abhängigkeit von dem Laden der Hauptkanäle des Netzes der Haupttypen des Traffiks (Stimmen /Daten). Aufgrund der Einschätzung der Bandweite der Hauptnetze und Trafikanalyse in erstelltem oder entwickeltem Digitalnetz kann man seinen realen Laden planen. Das ermöglicht bestimmte Schlussfolgerungen zu gunsten des Auswahles jener Netztechnologien und Architektur, die die Anforderungen entsprechen, die zum planenden Netz mit der Berücksichtigung der konkreten Bedingungen und entscheidenden Aufgaben vorgewiesen werden, zu machen.

Die bedeutende Zunahme des Internettrafikumfanges hat in letzten Jahren zur Revision der Anforderungen, die zu den Magistralen der Digitalhauptnetze vorgewiesen werden, geführt. Die Vorschläge sind entstanden, die neusten Netzdienstleistungen (Videokonferenz, eine Möglichkeit der Durchführung der Fernausbildung) fordern. Das fordert entsprechendes Niveau des Schutzes und die Unterstützung der Bedienungsqualität an.

Hauptproblem in den Transportnetzen ist eine Stoßkoeffizient und die aus ihr folgende Latenzzeit. Für die Einschätzung der Latenzzeit wird ein Parameter verwendet, der Nutzfaktor des Passbandes heisst. Die Latenzzeit hängt vom Multiplexertyp (Puffergröße) ab, sowie von der Trafikcharakteristik (Gleichmäßigkeit und Trafikgeschwindigkeit).

Vor allem muss man bei der Berechnung des Laden des Netzes die Bedürfnisse der endlichen Haus - , Kooperativbenutzer u.a. feststellen, weil jeder Dienst verschiedenen Laden auf den Netz erstellt.

### 3.2 Stadtbevölkerung und Anzahl der Benutzer entsprechender Dienste

Feststellung der Anzahl der Telephoniebenutzer.

Es gibt Empfehlungen ITU – T, die nötige Anzahl der Abonnenten des Telephonnetzes aufgrund der Analyse der Anzahländerung laufend der Reihe der Jahre und Zunahme des nationalen Einkommens und des Wohlstandes der Bevölkerung des Landesgestzellen erlaubt. Aber ein Telephonisationskoeffizient ist zur Zeit zu klein, darum Größe, die als Berechnungsergebnisse nach der Empfehlung ITU – T bekommen sind, niedriger sind, als Werte , zu deren Transportministerium sterbt.

Die Tabelle 3.3 - Die Städtebevölkerung und Zahl der Servicekunden

Die Stadt	Service	Bevölkerung	Telephonie	Internet	Videokonferenz
1		2	3	4	5
Donetsk		1049000	262250	2800	1400
Mariupol		490000	122500	1200	600
Gorlovka		300000	75000	1000	50
Konstantinovka		95000	23750	600	20
Kramatorsk		185000	46250	800	35
Artemovsk		85000	21250	600	15
Slavyansk		126000	31500	800	25
Druzhkovka		58000	14500	600	10
Enakievo		105000	26250	700	20
Harzyzsk		66000	16500	600	10
Snezhnoe		61000	15250	600	10

Fortsetzung der Tabelle 3.3

1	2	3	4	5
Torez	77000	19250	600	10
Schahtersk	66000	16500	600	10
Dimitrov	58000	14500	600	10
Krasnoarmejsk	69000	17250	600	10
Makeevka	384000	96000	1000	100

Man rechne aufgegeben die Anzahl der Netzobjekte, Abonentanzahl in jedem Objekt, Zuordnung der Abonnenten bei der Verwendung der Zuganginterface zum Netz sowie Intensität der Paketeströme, die mit den Abonnenten des entsprechenden Dienstes generiert werden. [1]

Die mathematische Erwartung des Traffiks jeder Dienstleistung wird nach der Formel bestimmt:

$$\gamma_i^{(k)} = B_m^{(k)} \cdot N_{BCi}^{(k)} ; \quad (3.2)$$

$$N_{BCi}^{(k)} = N_{abi}^{(k)} \cdot \gamma_{abi}^{(k)} \cdot T_c^{(k)} , \quad (3.3)$$

wo  $k$  – Dienstleistungsnummer,

$i$  – Nummer des Netzknoten,

$\gamma_i^{(k)}$  - math. Erwartung des Traffiks, derer auf  $i$  – en Knoten mit  $k$  – en Dienstleistungengeneriert wird,

$B_m^{(k)}$  - Durchschnittsgeschwindigkeit der Übergabe, die für Normalarbeit  $k$  - en Dienstleistung benötigt ist.

$$\gamma_i = \sum_{k=1}^K \gamma_i^{(k)} . \quad (3.4)$$

$\gamma_i$  - math. Erwartung des Traffiks, derer auf  $i$  – en Knoten generiert wird.

Gesamtladen, die  $i$  – en Knoten erstellt, wird auf 3 Teile aufgeteilt:

1. Trafik, der in diesem Knoten geschlossen wird:

$$\gamma_{gi} = k_{1i} \cdot \gamma_i . \quad (3.5)$$

2. Trafik, der mit i. Knoten anderen Knoten übergeben wird.

$$\gamma_{netzi} = k_{2i} \cdot \gamma_i . \quad (3.6)$$

3. Trafik, der ins Ausernetz geht.

$$\gamma_{ai} = k_{3i} \cdot \gamma_i ; \quad (3.7)$$

$$k_{1i} + k_{2i} + k_{3i} = 1 , \quad (3.8)$$

wo  $K_1, K_2, K_3$ . - Koeffizienten des Ladenschluss.

Seinerseits muss Paketenstrom  $\gamma_{vi}$ , der mit i - en Knoten generiert wird, zwischen den Knoten des Netzes nach folgender Formel aufgeteilt werden:

$$\gamma_{vi} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \gamma_{ij} . \quad (3.9)$$

Die Tabelle 3.4 - Die Matrix der Informativteigung zwischen den Städten

Die Stadt	Donetsk	Mariupol	Gorlovka	Konstantinovka	Kramatorsk	Artemovsk	Slavyansk	Druzhkovka	Enakievo	Harzyzsk	Snezhnoe	Torez	Schahtersk	Dimitrov	Krasnoarmejsk	Makeevka
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Donetsk	0	0,20	0,12	0,05	0,08	0,04	0,06	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,16
Mariupol	0,36	0	0,10	0,04	0,07	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,13
Gorlovka	0,34	0,16	0	0,03	0,06	0,03	0,05	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,12
Konstantinovka	0,32	0,15	0,09	0	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,12
Kramatorsk	0,33	0,15	0,09	0,03	0	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,12
Artemovsk	0,32	0,15	0,09	0,03	0,06	0	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,12
Slavyansk	0,32	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,12
Druzhkovka	0,31	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0,04	0	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,11
Enakievo	0,32	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,12
Harzyzsk	0,31	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,12
Snezhnoe	0,31	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0	0,03	0,02	0,02	0,03	0,11

## Fortsetzung der Tabelle 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Torez	0,32	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0	0,02	0,02	0,02	0,12
Schahtersk	0,31	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0	0,02	0,03	0,12
Dimitrov	0,31	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0	0,02	0,11
Krasnoarmejsk	0,31	0,15	0,09	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0	0,12
Makeevka	0,35	0,16	0,1	0,04	0,06	0,03	0,05	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0

Intensität des Stromes  $\gamma_{ij}$ , der aus i - en Knoten in j - en Knoten geht, ist in gesaugtem Fall eine Funktion der Intensität des Stromes  $\gamma$ , der mit Abonnenten j - en Knoten generiert wird, und Abstand zwischen Knoten  $r_{ij}$ . Sie wird nach der Formel bestimmt:

$$\gamma_{ij} = \gamma_i k_{ij}; \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^K k_{ij} = 1, \quad (3.10)$$

wo  $k_{ij}$  – Koeffizient der informationen Gravitation Zwischen i - en und j - en Objekten.

## Die Tabelle 3.5 – Trafik zwischen den Städten

Die Stadt	Donetsk	Mariupol	Gorlovka	Konstantinovka	Kramatorsk	Artemovsk	Slavyansk	Druzhkovka	Enakievo	Harzyzsk	Snezhnoe	Torez	Schahtersk	Dimitrov	Krasnoarmejsk	Makeevka
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Donetsk	0	332	192	76	127	70	94	55	82	59	57	66	59	55	61	241
Mariupol	268	0	72	28	48	27	35	21	31	22	21	25	22	21	23	90
Gorlovka	146	67	0	16	26	15	19	11	17	12	12	14	12	11	13	49
Konstantinovka	55	25	15	0	10	6	7	4	6	5	5	5	5	5	5	18
Kramatorsk	93	43	25	10	0	9	12	7	11	8	7	8	8	7	8	31
Artemovsk	50	23	14	5	9	0	7	4	6	4	4	5	4	4	4	17
Slavyansk	66	31	18	7	12	7	0	5	8	6	5	6	6	5	6	23
Druzhkovka	39	18	10	4	7	4	5	0	4	3	3	4	3	3	3	13
Enakievo	58	27	16	6	10	6	8	4	0	5	5	5	5	4	5	20
Harzyzsk	42	20	11	4	7	4	5	3	5	0	3	4	3	3	4	14
Snezhnoe	40	18	11	4	7	4	5	3	5	3	0	4	3	3	3	13
Torez	46	21	12	5	8	5	6	4	5	4	4	0	4	4	4	16
Schahtersk	42	20	11	4	7	4	5	3	5	3	3	4	0	3	4	14

## Fortsetzung der Tabelle 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Dimitrov	39	18	10	4	7	4	5	3	4	3	3	4	3	0	3	13
Krasnoarmejsk	43	20	12	5	8	4	6	3	5	4	3	4	4	3	0	15
Makeevka	186	86	50	20	33	18	24	14	21	16	15	17	15	14	16	0

Bei der Vergrößerung der Anzahl der Services, der Bevölkerung vorgestellt wird, wird Trafik, der mit dem Transportnetz übergeben wird, nicht viel vergrößert.

Das kann man damit erklären, daß die Hauptbelastung mit den Telephoniebenutzer erstellt wird.

Die Tabelle 3.6 - Abhängigkeit des Stimmetrafiks des Netzes vom Telephonisierungskoeffizient für jede Stadt

Die Stadt	Bevölkerungsteil – Telephoniekunden, %									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Donetsk	268	537	805	1072	1340	1608	1876	2144	2412	2680
Mariupol	125	250	376	500	625	750	875	1000	1125	1250
Gorlovka	76	153	230	304	380	456	532	608	684	760
Konstantinovka	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
Kramatorsk	47	94	142	188	235	282	329	376	423	470
Artemovsk	21	43	65	84	105	126	147	168	189	210
Slavyansk	21	64	96	84	105	126	147	168	189	210
Druzhkovka	14	29	44	56	70	84	98	112	126	140
Enakievo	26	53	80	104	130	156	182	208	234	260
Harzyzsk	16	33	50	64	80	96	112	128	144	160
Snezhnoe	15	31	46	60	75	90	105	120	135	150
Torez	19	39	59	76	95	114	133	152	171	190
Schahtersk	16	33	50	64	80	96	112	128	144	160
Dimitrov	14	29	44	56	70	84	98	112	126	140
Krasnoarmejsk	17	35	52	68	85	102	119	136	153	170
Makeevka	98	196	294	392	490	588	686	784	882	980

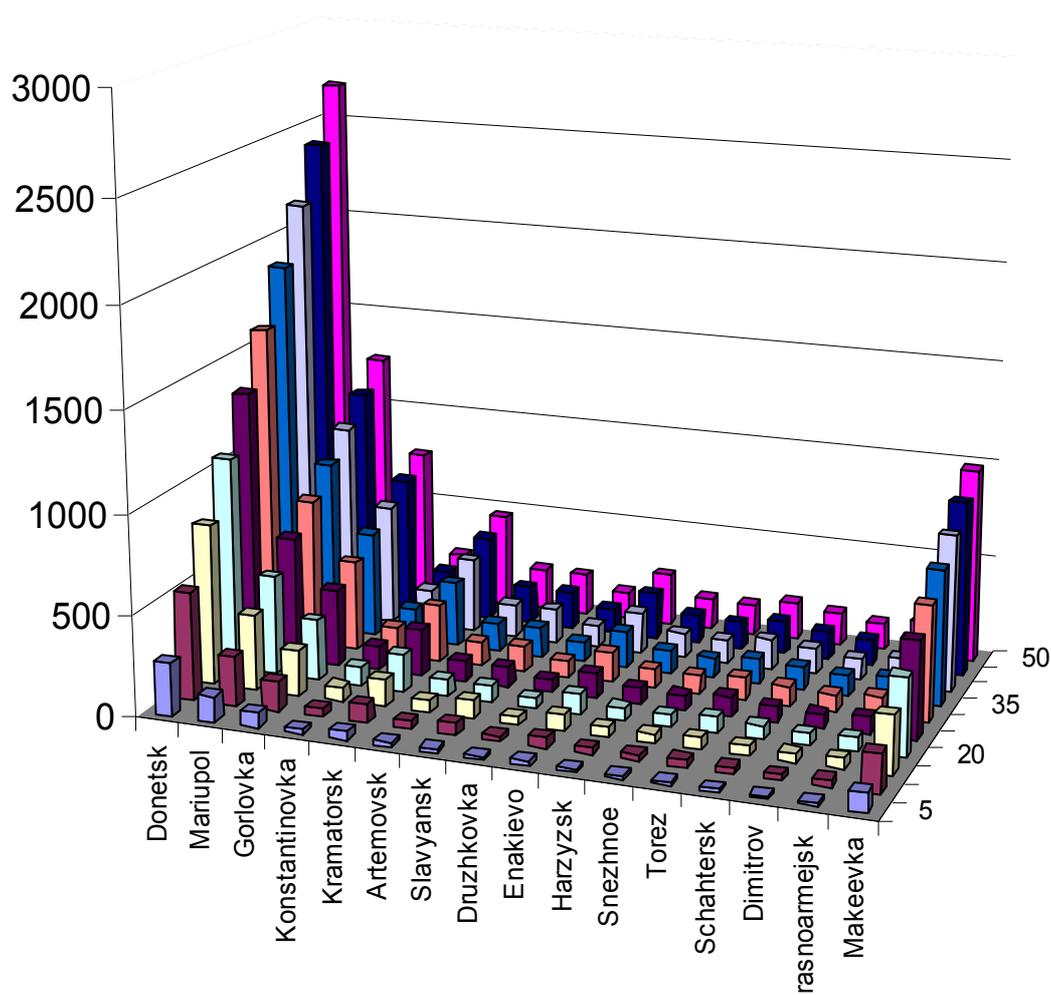


Abbildung 3.1 - Abhängigkeit des Stimmtrafiks des Netzes vom Telephonisierungskoeffizient für jede Stadt

Die Tabelle 3.7 - Abhängigkeit des Trafiks des Netzes vom Telephonisierungskoeffizient für jede Stadt

Die Stadt	Bevölkerungsteil – Telephoniekunden, %									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Donetsk	548	817	1085	1307	1620	1888	2156	2424	2692	2960
Mariupol	245	370	496	620	745	870	995	1120	1245	1370
Gorlovka	158	235	312	386	462	538	614	690	766	842
Konstantinovka	74	98	122	146	170	194	218	242	266	290

Fortsetzung der Tabelle 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kramatorsk	133	160	208	254	301	348	395	442	489	536
Artemovsk	71	93	115	134	155	176	197	218	239	260
Slavyansk	87	130	162	150	171	192	213	234	255	276
Druzhkovka	63	78	93	108	119	133	147	161	175	189
Enakievo	84	111	138	162	188	214	240	266	292	318
Harzyzsk	65	82	99	113	129	145	161	177	193	209
Snezhnoe	64	80	95	109	124	139	154	169	184	199
Torez	68	88	108	125	14	163	182	201	220	239
Schahtersk	65	82	99	113	129	145	161	177	193	209
Dimitrov	63	78	93	105	119	133	147	161	175	189
Krasnoarmejsk	66	84	101	117	134	151	168	185	202	219
Makeevka	182	280	378	476	574	672	770	868	966	1064

Wir schaffen die grafische Darstellungen der Abhängigkeit des Trafikumfangs, der in der Stadt erstellt wird, von der Anzahl der Telephoniebenutzer für die Städte Donetsk und Snezhnoe.

Abcissachse ist für den Prozent der Telephonieabonnenten von der Anzahl der Wohner 5, 10, 15, ..., 50 %. Ordinatenachse ist für den Trafik, der mit den Benutzer der Telekommunikationsdienstleistungen in dieser Stadt in MBit/S.

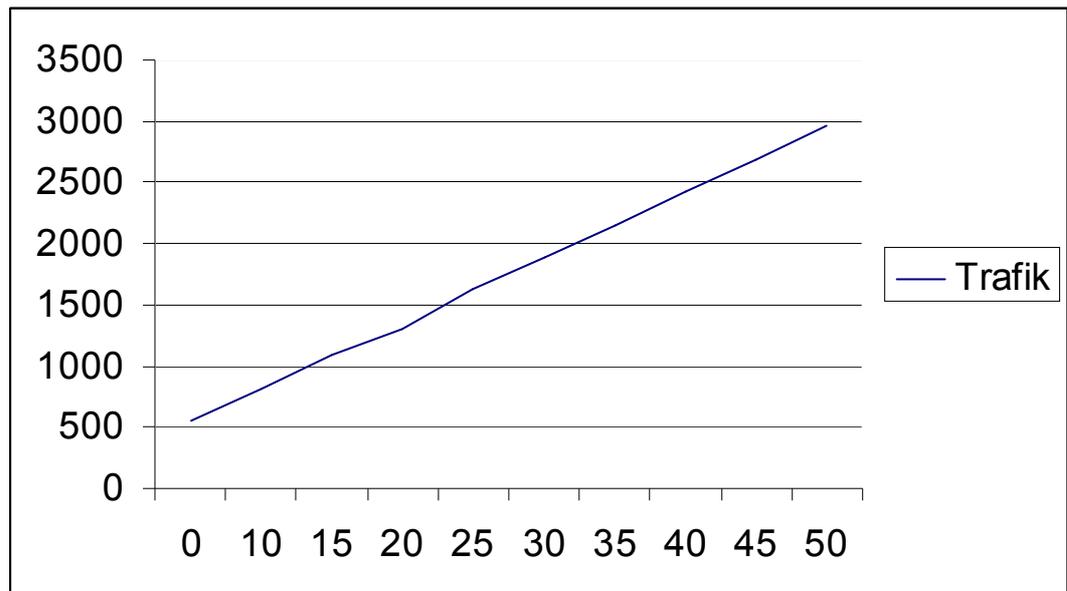


Abbildung 3.2 - Trafik, der in der Stadt Donetsk geschafft wird

Wir bekommen eine Linialabhängigkeit

Speziell werden die Darstellungen für die Städte mit großer und kleiner Wohneranzahl für die Vergleichung angegeben.

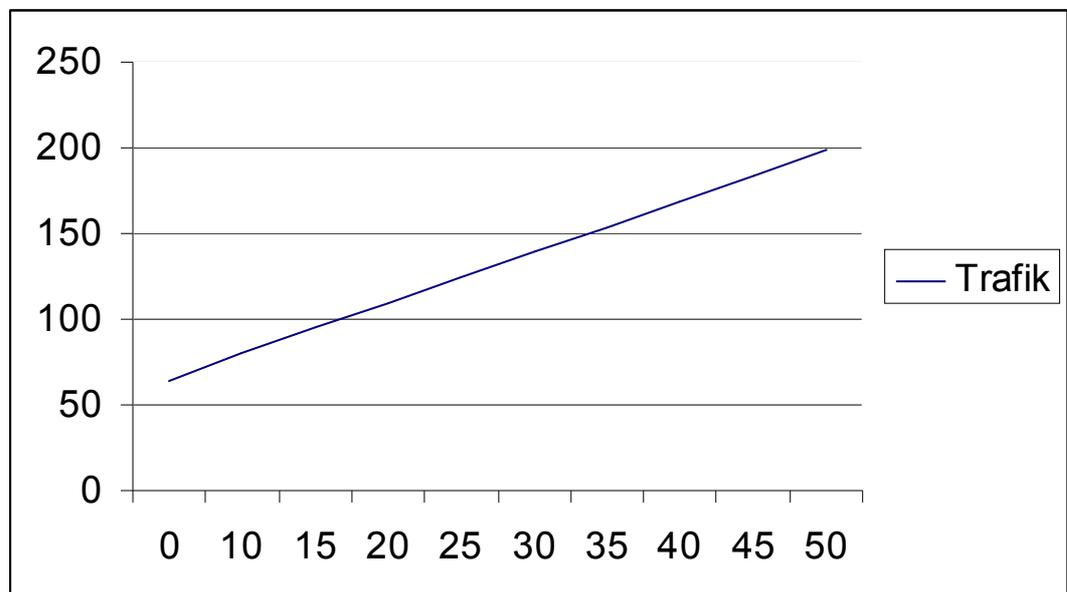


Abbildung 3.3 - Trafik, der in der Stadt Snezhnoe geschafft wird

Man muss sagen, daß Belastung, die mit den Telephoniebenutzer erstellt wird, weiter nicht stark erhöhen wird.

Meistens Internationalrufe in SMB machen Bussinesmänner. Zur Zeit wird ein große Teil der Internationalrufe mit den Handy gemacht. Operator der Mobilverbindungen werden seperate optische Glasfasernetze der Datenübergabe bauen.

Die Kalkulation des Trafiks für typischen Dienste wurde durchgeführt. Die Hauptbelastung schaffen die Telephoniekunden, aber weitere Erhöhung des Trafiks der Telephonie ist nicht zu groß wegen ungestüme Entwicklung der mobilen Verbindung.

## 4 AUSWAHL DES MEDIUM DER ÜBERGABE UND TOPOLOGIE

### 4.1 Topologie SDH – Netz

Wir betrachten der Topologie SDH – Netzes. Es gibt ein Grundsatz der Standarttopologie. Unten werden solche grundtopologie betrachtet.

#### 4.1.1 Topologie „Punkt – Punkt“

Ein Netzsegment, der zwei Punkte A und B verbindet, oder Topologie „Punkt – Punkt“, ist ein einfachster Beispiel der Grundtopologie SDH – Netz (Abb. 4.1). Sie kann mit der Hilfe der Terminalmultiplexer TM realisiert werden, wie nach dem Schema ohne Reservierung des Kanals Empfang/Übergabe, so und nach dem Schema mit 100% Reservierung Typ 1+1, das haupte und reserve elektrische oder optische Agregatausgänge (Kanäle Empfang/Übergabe) verwendet.

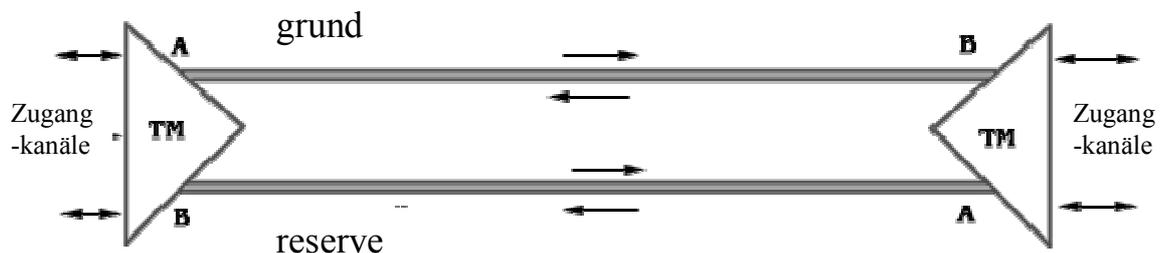


Abbildung 4.1 - Topologie „Punkt – Punkt“, die mit TM – Verwendung realisiert ist

#### 4.1.2 Topologie „fortlaufender Linealnetz“

Die Grundtopologie wird verwendet, wenn eine Trafikintensität im Netz nicht so groß ist und eine Notwendigkeit der Zweige in den Liniepunkten, wo die Zugangskanäle eingeführt werden können, existiert. So kann entweder als einfache fortlaufender Linealnetz ohne Reservierung (Abb. 4.2) oder als komplizierteres Netz mit der Reservierung Typ 1+1 (Abb. 4.3) vorgestellt werden. Letzter Variant der Topologie nennt man oft als „Vereinfacher Ring“.

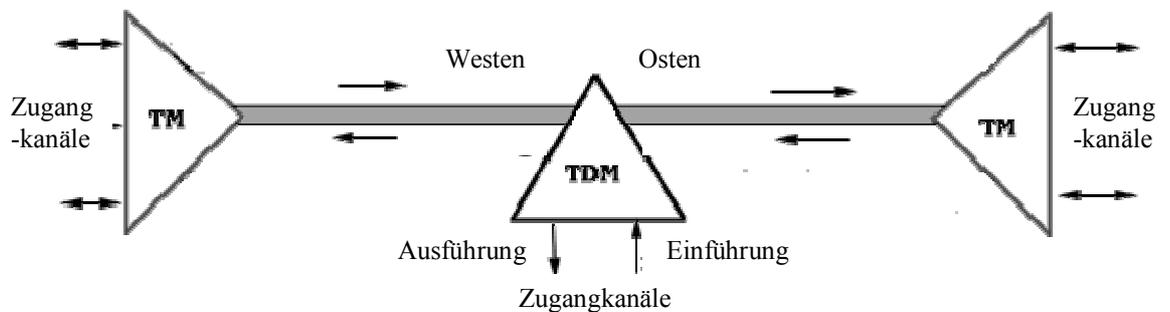


Abbildung 4.2 - Topologie „fortlaufendes Linealnetz“, die mit TM und TDM realisiert ist

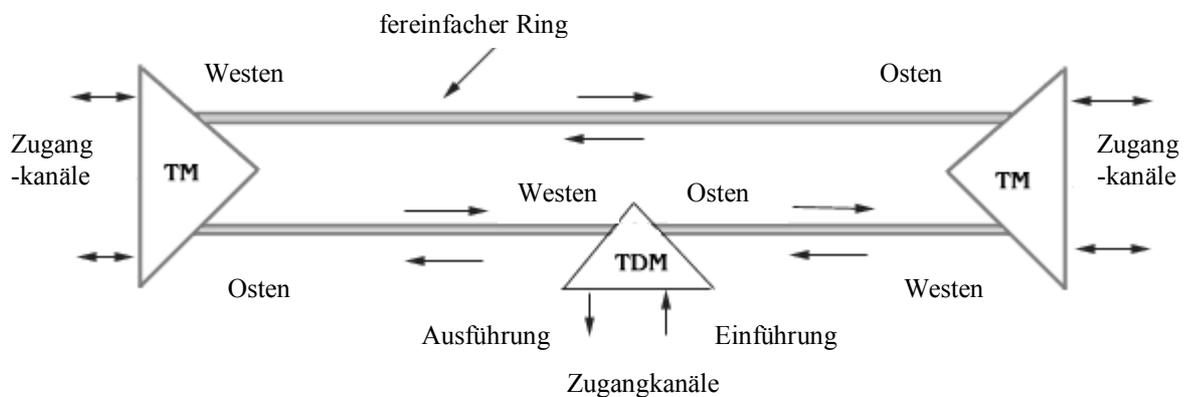


Abbildung 4.3 - Topologie „fortlaufendes Linealnetz“, Typ „Vereinfacher Ring“ mit dem Schutz 1+1

#### 4.1.3 Topologie „Stern“, die Konzentratorkfunktion realisiert.

Einer aus fernliegenden Netzpunkt, der mit dem Kommutationszentrum oder mit dem Punkt SDH – Netz an dem Zentralring verbunden ist, spielt in dieser Topologie eine Rolle des Konzentrators oder Hab, wo ein Trafikteil auf die Terminale des Benutzers ausgeführt sein kann, wogegen seiner beliebiger Teil kann nach anderen fernliegenden Punkten aufgeteilt sein. (Abb. 4.4)

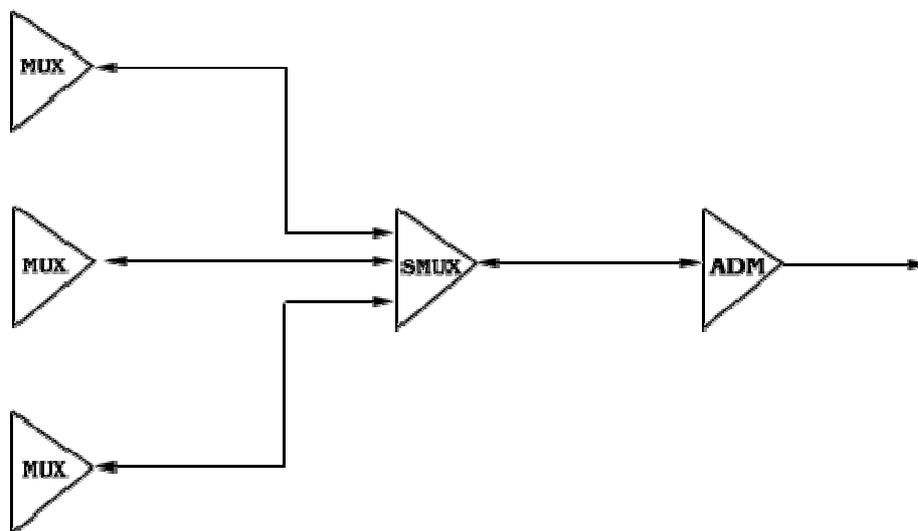


Abbildung 4.4 - Topologie „Stern“ mit dem Multiplexer als Konzentrator

#### 4.1.5 Topologie „Ring“

Diese Topologie (Abb 4.5) wird für die Aufbau SDH – Netze erster zwei Niveauen SDH – Hierarchie 155 und 622 Mbit/S weit verwendet.

Eine Hauptvorteil dieser Topologie ist eine Leichtigkeit der Organisation des Schutzes Typ 1+1 dankbar dem Vorhandensein in SMUX – Synchronmultiplexeren zwei Paaren der optischen Kanäle Empfang/Sendung West – Ost, die eine Möglichkeit für die Formierung des Doppelringes mit den Gegenströmen geben.

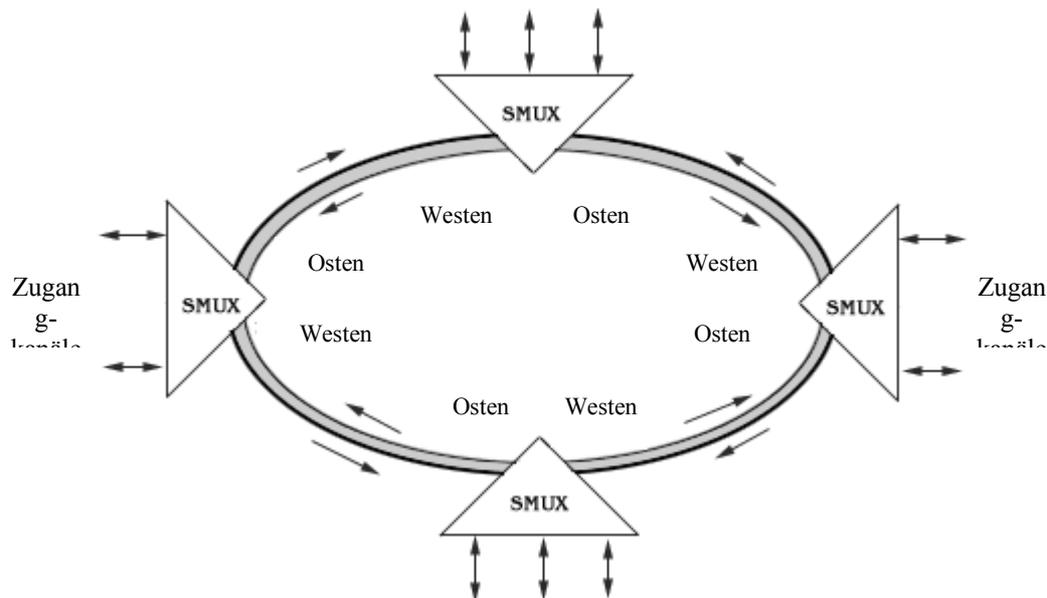


Abbildung 4.5 - Topologie „Ring“ mit dem Schutz 1+1

## 4.2 Architektur SDH – Netz

Die Architektur bei der Projektierung SDH – Netz kann aufgrund der Verwendung o.g. Elementartopologien des Netzes als seine separate Segmente formiert sein.

### 4.2.1 Radialringe Architektur

Ein Beispiel der radialringe Architektur SDH – Netz ist auf Abb. 4.6 gezeigt. Dieses Netz ist tatsächlich aufgrund der Verwendung zwei Grundtopologien „Ring“ und „fortlaufender Linearnetz“.

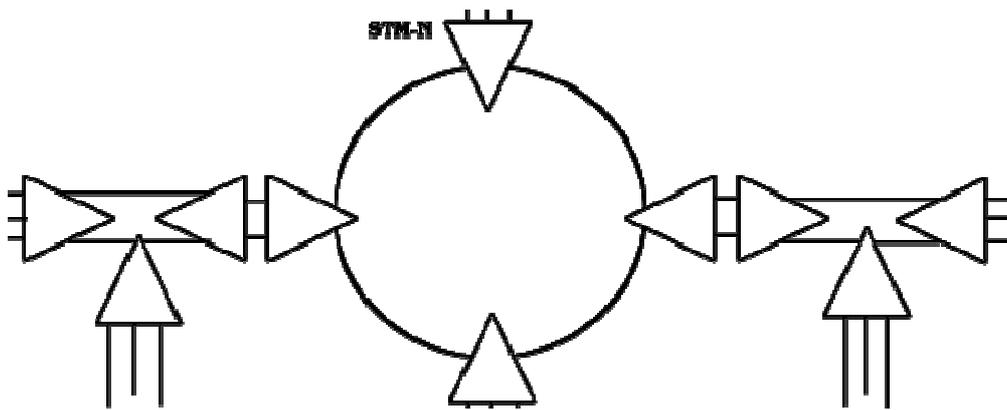


Abbildung 4.6 - Radialringes SDH – Netz

#### 4.2.2 Architektur Typ „Ring – Ring“

Andere oft zu verwendende in der Architektur SDH – Netzes Lösung ist ein Verbindungstyp „Ring – Ring“. Die Ringe in dieser Verbindung können wie gleiche so verschiedene Ebene SDH – Hierarchie sein. Abb. 4.7 zeigt ein Schema der Verbindung der zwei Ringe des gleichen Niveaus STM – 4; Abb 4.8 zeigt ein Kaskadschema der Verbindung drei Ringe STM – 1, STM – 4, STM – 16.

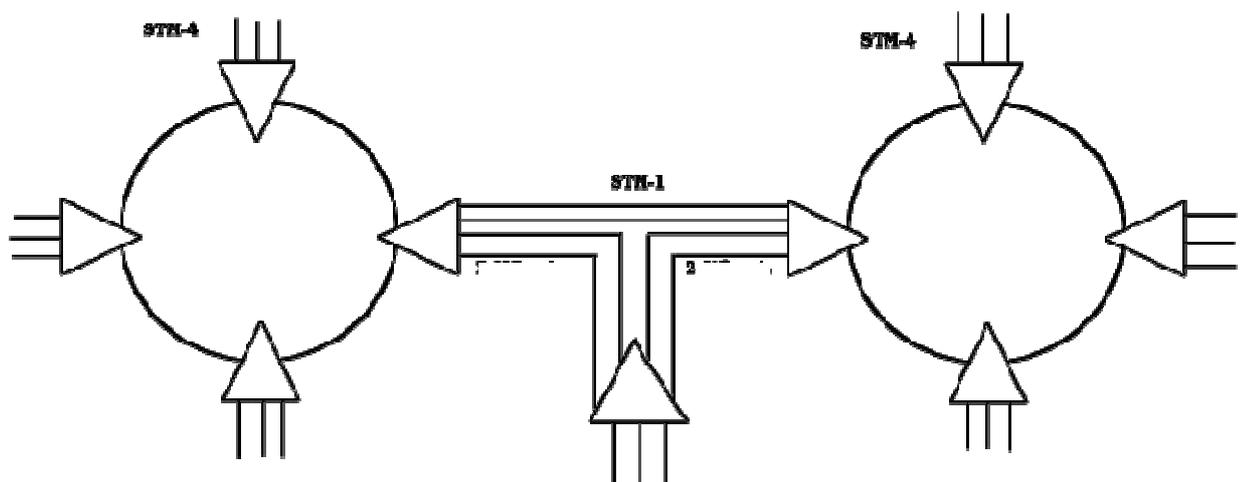


Abbildung 4.7 - Zwei Ringe gleicher Ebene

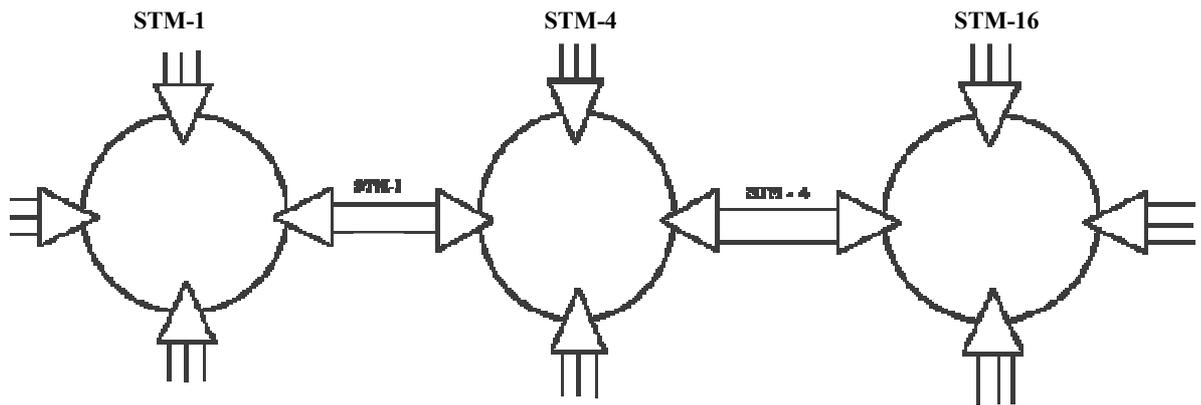


Abbildung 4.8 - Kaskadschema der Verbindung drei Ringe

#### Lineararchitektur für die Netze mit großer Länge

Für die Linearnetze mit der große Länge ist ein Abstand zwischen den Terminalmultiplexer mehr oder viel mehr als Abstand, der aus der Sicht maximal zulässiges Abklingen des optischer Glasfaserskabelsempfohlen werden kann. In diesem Fall auf der Strecke zwischen TM (Abb. 4.9) müssen außer Multiplexer und Kommutator noch Regeneratoren für die Ausbesserung des obklingenden optischen Signal installiert werden. Diese Lineararchitektur kann man als fortlaufende Verbindung der Reihe der Sektionen, die in der Empfehlungen ITU - T G.957 und ITU – T G.958 zertifiziert sind, vorstellen..

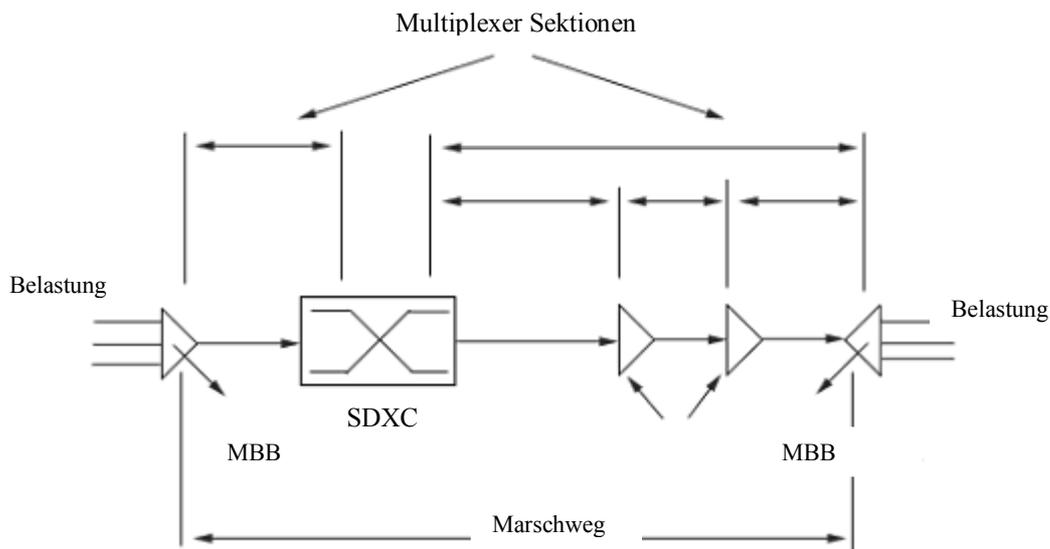


Abbildung 4.9 SDH – Netz mit der großer Länge mit der Verbindung Typ „Punkt – Punkt“ und ihre Segmentation

Im Prozess der Entwicklung SDH – Netz können die Erarbeiter eine Reihe der Lösungen ausnutzen, die für die Globalnetze charakteristische sind, z.B., Formierung ihre backbone oder Magistralnetz als Muchstruktur, die die alternative (reserve) Strecken organisieren erlaube, die im Fall der Entstehung der Problem bei der Durchgangüterzubildung der Virtualcontainer nach dem Hauptweg ausgenutzt werden. Es erlaubt neben mit der existierenden in den SDH – Netzen inneren Reservierung eine Zuverlässigkeit ganzes Netzes zu erhöhen. Dabei können die alternative Medium der Signalverbreitung bei solcher Reservierung auf den alternativen Streckenausgenutzt werden. Z.B., wenn Glasfaserkabel auf den Hauptstrecke ausgenutzt wird, Funkbrücken auf der Reservestrecke ist und verkehrt.

SDH – Technologie begrenzt eine Verwendung als Medium für die Übergabe nur Glasfaserkabel nicht. In letzter Zeit ist eine Verwendung die Radiokanäle für die Organisation der SDH – Funkbrückenknetze verbreitet. Die Funkbrückekanäle haben große Perspektiven für die Verwendung in:

- Organisation der alternativen Strecken die Übergabe der SDH – Signale im Zellennetz;
- Reservierung der vorhandenen optischen SDH – Glasfaserlinien;

- Verbindung SDH – Ringe;
- Lösung der vorgestellten Aufgaben auf die Strecken, die für die Verlegung des Glasfaserkabels nicht kompliziert sind.

Donezker Gebiet wird mit dem Vorhandensein des verzweigten Netzes der Autobahnen, entlang deren ein Kabel verlegt werden kann, charakterisiert, darum eine Verkabelung keine komplizierte Aufgabe ist.

Als Medium werden wir ein optische Glasfaserkabel ausnutzen. Für die Reservierung werden wir die Reservestrecken der Datensendung ausnutzen.

Dort, wo eine Organisierung der Reservestrecken kompliziert ist, wird Reservierung Typ 1:1 verwendet werden.

Hier wurde Hauptarte der Topologie mit Architektur der Aufbau des Transportnetzes vorgestellt. Als Topologie wurde Zelletopologie ausgewählt. Sie entspricht den vorhandenen Bedingungen maximal.

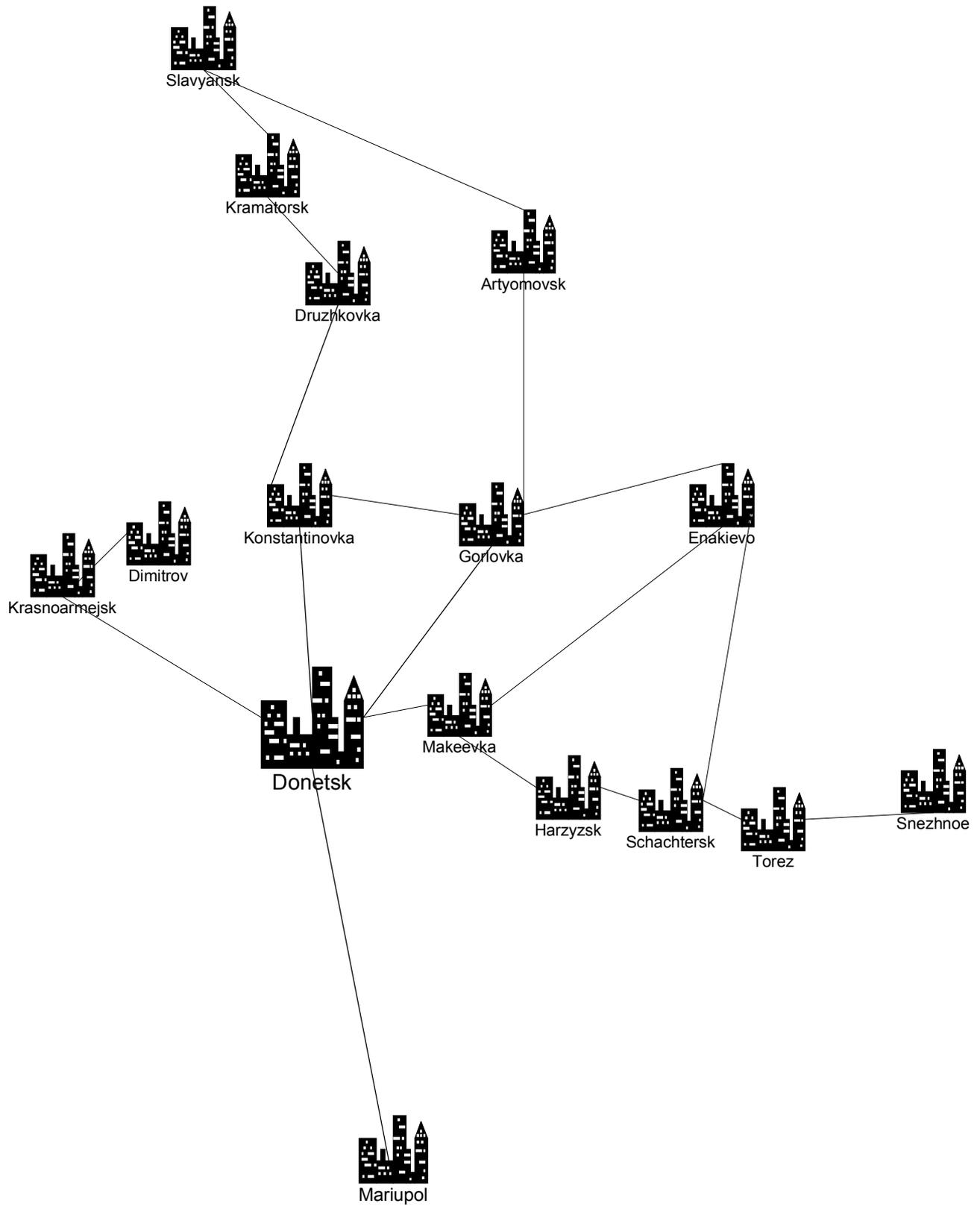


Abbildung 4.10 - Topologie des Netzes

## 5 DIE FORSCHUNG DES NETZES MIT HILFE DES FLOYDS – UND PRIMAS ALGORITHMEN

### 5.1 Auswahl des Optimalweg

Mit der Hilfe des Floyds-Algorithmuses stelle man eine Optimalstrecke zwischen den Städten fest.

Gegeben sei ein gerichteter Graph  $G = (V, E)$  mit  $V = \{0, \dots, n-1\}$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Gefragt ist für alle Paare von Knoten  $(i, j)$ , ob es in  $G$  einen Weg von  $i$  nach  $j$  gibt.[16]

Der Algorithmus von Warshall [Wa] berechnet als Ergebnis einen Graphen  $G^+ = (V, E^+)$ , der genau dann eine Kante  $(i, j)$  enthält, wenn es in  $G$  einen Weg von  $i$  nach  $j$  gibt. Der Graph  $G^+$  heißt transitive Hülle von  $G$ , da seine Kantenrelation  $E^+$  die kleinste transitive Relation ist, die  $E$  umfasst.

Bild 1 zeigt als Beispiel einen Graphen  $G$  und seine transitive Hülle  $G^+$ . Die zusätzlichen Kanten von  $G^+$  sind rot eingezeichnet. So enthält  $G^+$  beispielsweise die Kante  $(4,2)$ , weil es in  $G$  einen Weg von 4 nach 2 gibt.

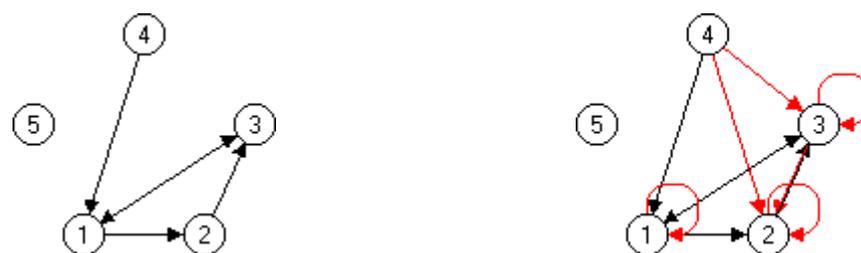


Abbildung 5.1 - Graph  $G$  und transitive Hülle  $G^+$

#### Idee

Der Graph  $G^+$  wird aus  $G$  entwickelt, indem schrittweise neue Kanten hinzugenommen werden. Im ersten Schritt kommt eine Kante  $(i, j)$  hinzu, wenn sich aus zwei Kanten ein Weg von  $i$  nach  $j$  bilden lässt, der über den Knoten 0 führt (d.h. wenn  $(i, 0)$  und  $(0, j)$  Kanten sind). Im zweiten Schritt kommt eine Kante  $(i, j)$  hinzu,

wenn sich aus zwei Kanten ein Weg von  $i$  nach  $j$  bilden lässt, der über den Knoten  $k$  führt; hierbei werden die in Schritt  $k$  neugefundenen Kanten mit berücksichtigt. Dieses Verfahren wird bis zum  $n$ -ten Knoten fortgesetzt.

In jedem Schritt  $k$  entsprechen die bis dahin gefundenen Kanten den Wegen, deren innere Knoten alle  $\leq k-1$  sind. Damit repräsentieren die im  $n$ -ten Schritt insgesamt gefundenen Kanten alle Wege (Beweis durch vollständige Induktion).

#### Warshall-Algorithmus

Eingabe: Graph  $G$  mit  $V = \{0, \dots, n-1\}$

Ausgabe: Graph  $G^+$

Methode: für Knoten  $k = 0, \dots, n-1$

für alle Paare von Knoten  $(i, j)$

wenn  $(i, k)$  und  $(k, j)$  Kanten sind dann

erzeuge neue Kante  $(i, j)$ ;

#### Implementierung

Def.: Sei  $G = (V, E)$  ein Graph mit  $V = \{0, \dots, n-1\}$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Die Adjazenzmatrix des Graphen ist eine boolesche  $n \times n$ -Matrix  $A$ , für die gilt

$$A_{i,j} = \begin{cases} \text{true} & \text{falls } (i, j) \in E \\ \text{false} & \text{sonst} \end{cases}$$

für alle  $i, j \in V$ .

Beispiel: Adjazenzmatrix des Graphen  $G$  aus Bild 1 (leere Einträge = false, 1 = true)

Die Implementierung des Warshall-Algorithmus entwickelt aus der Adjazenzmatrix  $A$  des Graphen  $G$  schrittweise die Adjazenzmatrix  $A^+$  der transitiven Hülle  $G^+$  des Graphen.

#### Prozedur warshall

Eingabe:  $n \times n$ -Adjazenzmatrix  $A$  eines Graphen  $G$

Ausgabe:  $n \times n$ -Adjazenzmatrix  $A^+$  des Graphen  $G^+$  mit  $A^+_{i,j} = \text{true}$ , falls es einen Weg von Knoten  $i$  nach Knoten  $j$  gibt und  $A^+_{i,j} = \text{false}$  sonst

Methode:

```

for (k=0; k<n; k++)
  for (i=0; i<n; i++)
    for (j=0; j<n; j++)
      a[i][j]=a[i][j] || a[i][k] && a[k][j]

```

Wichtig ist die Reihenfolge der Schleifen: die k-Schleife muss die äußere Schleife sein.

### Kürzeste Wege

Gegeben sei ein Graph  $G = (V, E)$  mit  $V = \{0, \dots, n-1\}$ ,  $n \in \mathbb{N}$ . Der Algorithmus von Floyd [F1] berechnet für alle Paare von Knoten  $(i, j)$  die Länge des kürzesten Weges von  $i$  nach  $j$ . Der Algorithmus hat dieselbe Struktur wie der Warshall-Algorithmus. Statt der Operationen  $\parallel$  (Oder) und  $\&\&$  (Und) werden die Operationen  $\min$  und  $+$  verwendet. Statt der Adjazenzmatrix wird eine Matrix  $A$  eingegeben, wobei

$$A_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{falls } (i, j) \in E \\ \infty & \text{sonst} \end{cases}$$

### Prozedur floyd

Eingabe:  $n \times n$ -Matrix  $A$  mit  $A_{i,j} = 1$  falls  $(i, j) \in E$  und  $A_{i,j} = \infty$  sonst

Ausgabe:  $n \times n$ -Matrix  $A$  mit  $A_{i,j} = d$  falls der kürzeste Weg von Knoten  $i$  nach Knoten  $j$  die Länge  $d$  hat

und  $A_{i,j} = \infty$  falls es keinen Weg von  $i$  nach  $j$  gibt

### Methode:

```

for (k=0; k<n; k++)
  for (i=0; i<n; i++)
    for (j=0; j<n; j++)
      a[i][j]=min(a[i][j], a[i][k]+a[k][j])

```

Der Beweis des Floyd-Algorithmus folgt analog dem Beweis des Warshall-Algorithmus. Der Algorithmus funktioniert auch mit beliebigen, nichtnegativen Kantengewichten.

Statt des Wertes  $\infty$  zur Kennzeichnung von nicht vorhandenen Kanten bzw. Wegen genügt auch eine Zahl, die größer als das  $n$ -fache maximale Kantengewicht ist, denn kein Weg kann mehr als  $n$  Kanten enthalten.

Der Floyd-Algorithmus berechnet in dieser Form nur die Länge des kürzesten Weges. Um den kürzesten Weg selbst zu konstruieren, wird parallel zu  $A$  eine weitere Matrix  $F$  geführt, in der als Eintrag  $F_{i,j}$  jeweils der erste Knoten auf dem kürzesten Weg von  $i$  nach  $j$  steht. Jedesmal, wenn der Floyd-Algorithmus einen kürzeren Weg von  $i$  nach  $j$  als den bisher bekannten findet, wird  $F_{i,j}$  aktualisiert.

Transitive Hülle und kürzeste Wege sind Spezialfälle des sogenannten algebraischen Pfadproblems.

Auf Abb. 5.2 ist ein Netzgraph dargestellt.

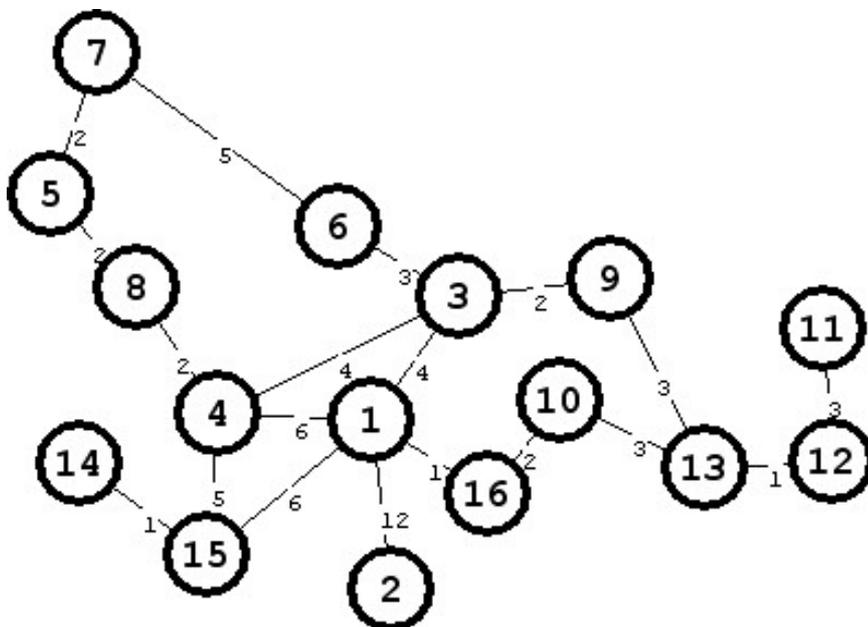


Abbildung 5.2 - Graph des Netzes

Die Tabelle 5.1 - Die Matrix der kürzesten Entfernungen

Die Stadt	Donetsk	Mariupol	Gorlovka	Konstantinovka	Kramatorsk	Artemovsk	Slavyansk	Druzhkovka	Enakievo	Harzyzsk	Snezhnoe	Torez	Schahtersk	Dimitrov	Krasnoarmejsk	Makeevka
Donetsk	0	12	4	6	10	7	12	8	6	3	10	7	6	7	6	1
Mariupol	12	0	16	18	22	19	24	20	18	15	22	19	18	19	18	13
Gorlovka	4	16	0	4	8	3	8	6	2	7	9	6	5	10	9	5
Konstantinovka	6	18	4	0	4	7	6	2	6	9	13	10	9	6	5	7
Kramatorsk	10	22	8	4	0	7	2	2	10	13	17	14	13	10	9	11
Artemovsk	7	19	3	7	7	0	5	9	5	10	12	9	8	13	12	8
Slavyansk	12	24	8	6	2	5	0	4	10	15	17	14	13	12	11	13
Druzhkovka	8	20	6	2	2	9	4	0	8	11	15	12	11	8	7	9
Enakievo	6	18	2	6	10	5	10	8	0	6	7	4	3	12	11	7
Harzyzsk	3	15	7	9	13	10	15	11	6	0	7	4	3	10	9	2
Snezhnoe	10	22	9	13	17	12	17	15	7	7	0	3	4	17	16	9
Torez	7	19	6	10	14	9	14	12	4	4	3	0	1	14	13	6
Schahtersk	6	18	5	9	13	8	13	11	3	3	4	1	0	13	12	5
Dimitrov	7	19	10	6	10	13	12	8	12	10	17	14	13	0	1	8
Krasnoarmejsk	6	18	9	5	9	12	11	7	11	9	16	13	12	1	0	7
Makeevka	1	13	5	7	11	8	13	9	7	2	9	6	5	8	7	0

Die Tabelle 5.2 - Die Matrix der Marschwege

Die Stadt	Donetsk	Mariupol	Gorlovka	Konstantinovka	Kramatorsk	Artemovsk	Slavyansk	Druzhkovka	Enakievo	Harzyzsk	Snezhnoe	Torez	Schahtersk	Dimitrov	Krasnoarmejsk	Makeevka	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Donetsk	1	2	3	4	8	3	6	4	3	16	16	16	16	15	15	16
2	Mariupol	1	2	1	1	8	3	6	4	3	16	16	16	16	15	1	1
3	Gorlovka	1	1	3	4	8	6	6	4	9	16	13	13	9	15	4	1
4	Konstantinovka	1	1	3	4	8	3	8	8	3	16	13	13	9	15	15	1
5	Kramatorsk	8	8	8	8	5	7	7	8	8	16	13	13	9	15	8	8

## Fortsetzung der Tabelle 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	Artemovsk	3	3	3	3	7	6	7	4	3	16	13	13	9	15	4	3
7	Slavyansk	6	6	6	8	5	6	7	5	6	16	13	13	9	15	8	6
8	Druzhkovka	4	4	4	4	5	4	5	8	4	16	13	13	9	15	4	4
9	Enakievo	3	3	3	3	8	3	6	4	9	13	13	13	13	15	4	3
10	Harzyzsk	16	16	16	16	16	16	16	16	13	10	13	13	13	16	16	16
11	Snezhnoe	16	16	13	13	13	13	13	13	13	13	11	12	12	16	16	13
12	Torez	16	16	13	13	13	13	13	13	13	13	11	12	13	16	16	13
13	Schahtersk	16	16	9	9	9	9	9	9	9	10	12	12	13	16	16	10
14	Dimitrov	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	14	15	15
15	Krasnoarmejsk	1	1	4	4	8	4	8	4	4	16	16	16	16	14	15	1
16	Makeevka	1	1	1	1	8	3	6	4	3	10	13	13	10	15	1	16

Für die Auswahl der Apparatur werden wir den Trafik durch jede Stadt bestimmen. Ergebnisse sind in der Tabelle gezeigt.

Die Tabelle 5.3 - Trafik durch jede Stadt

Die Stadt	Donetsk	Mariupol	Gorlovka	Konstantinovka	Kramatorsk	Artemovsk	Slavyansk	Druzhkovka	Enakievo	Harzyzsk	Snezhnoe	Torez	Schahtersk	Dimitrov	Krasnoarmejsk	Makeevka
Trafik, Mbit/S	4279	1523	1865	1342	792	545	218	999	621	870	341	323	879	267	560	1839

Die Tabelle 5.4 - Den eintretend und stammend Trafik für jede Stadt

Die Stadt	Donetsk	Mariupol	Gorlovka	Konstantinovka	Kramatorsk	Artemovsk	Slavyansk	Druzhkovka	Enakievo	Harzyzsk	Snezhnoe	Torez	Schahtersk	Dimitrov	Krasnoarmejsk	Makeevka
Trafik, Mbit/S	2839	1523	919	374	613	347	211	267	399	289	341	323	288	270	299	1131

## 5.2 Primaalgorithmus

Mit dem Primaalgorithmus bauen wir einen kürzesten Rumpfbaum des projektierenden Netzes. Das ermöglicht uns die minimale Kosten für die Sicherstellung des Netzbetriebes beider Minimierung des kabelsverbrauches festzustellen. Die Kabelaufwände sind zu groß bei der Bandes Transportnetzes und für die Feststellung der Maximalanzahl der Verbindungskanäle und bei der Störung dieser Kanäle bleibt dieser Netz doch im Betrieb.

Als Baum nennen wir eine Verbindungsmenge der unorientierten Rippen (Bogen), die keine Zyklen beinhaltet. Also, wenn die Menge  $m$  – Knoten, die mit den unorientierten Rippen verbunden sind, angegeben ist, ist eine Untermenge, die aus  $m - 1$  Bogen besteht, für die Baumbau auszusuchen. Mit anderen Worten ist jedes Knoten mit anderem Knoten mit einiger Strecke verbunden.

Wir untersuchen ein Netz, das aus  $n$  Knoten besteht. Die Gesamtheit dieser Knoten bildet eine Menge  $S$ . Der Rumpfbaum heißt die Verbindungsmenge, die aus  $(n-1)$  Bogen (Rippen) und  $n$  Knoten besteht. Aus jeder eigenen Untermenge  $S$  kann einen Baum gebildet sein, der als Rumpfbaum des Ausgangsnetzes doch nicht sein kann. Wir werden vermuten, daß jedem Bogen, das Knoten  $i$  und  $j$  aus Menge  $S$  die Zahl  $C_{ij}$  verbunden ist, entspricht. Diese Zahl heisst Abstand oder Gewicht des Bogens. Der kürzester Rumpf heisst solcher Rumpf des Netzes, der eine minimale Summe  $C_{ij}$  aller seiner Bogen hat.

Die Aufgabe über kürzesten Rumpf ist eine von den Aufgaben der Forschung der Operationen, die mit der Hilfe der "eingesaugten" Algorithmen, die sehr vorteilhaft sind, gelöst sein kann. Mit der Verwendung des Schemas des "Einsaugen" zeigen wir folgender Algorithmus.

Wie oben gesagt wurde, besteht die Aufgabe über kürzesten Rumpf in der Auswahl solcher Bogen des angegebenen Netzes, daß ihre Summenpreis minimal ist und für jede Paar der Knoten einen Weg (oder eine Strecke) es gibt, der sie verbindet. Das kann man erreichen durch die Auswahl der Bogen so, daß gebildeter aus dieser Bogen Baum (s. oben) alle Knoten des angegebenen Netzes bedeckt oder verbindet. Also, wir interessieren uns, wie einen Rumpf des Minimalpreises zu bauen.

Die Aufgabe über den kürzesten Rumpf wird ziemlich einfach gelöst. Der Algorithmus beginnt die Arbeit ab die Auswahl des willkürlichen Knoten, und des kürzesten Bogens aus der Bogenmenge, die diesen Knoten mit anderen Knoten verbinden. Zwei Knoten werden mit dem ausgewählten Bogen verbunden. Wie wählen nächstes zu diesen Knoten dritten Knoten aus. Wir führen diesen Prozeß bis zum Moment, wann alle Knotens mit einanderen verbunden sein werden, weiter. Der Algorithmus, der auf dem "Einsaugen" der kürzesten Bogen gegründet ist, kann mit folgender Weise beschrieben sein.

Algorithmus der Aufbau des kürzesten Rumpfes:

Schritt 1: mit der Nutzung des Knotens des Ausgangsnetzes werden folgende zwei Menge festgestellt:  $S$  – Menge der verbundenen Knotens;  $S'$  – Menge der unverbundenen Knotens. Zuerst werden alle Knotens zur Menge  $S'$  gehören.

Schritt 2. Ein willkürliche Knoten aus  $S'$  wird ausgewählt und mit dem nächsten Knoten verbunden (nach der Erstellung dieses Schrittes wird Menge  $S$  zwei Knoten beinhalten).

Schritt 3: Aus Bogen, die die Knoten aus Menge  $S$  mit den Knotens aus Menge  $S'$  verbinden, wird ein kürzeste Bogen ausgewählt. Der Endknoten dieses Bogens, das sich in  $S'$  befindet, wird mit  $\sigma$  bezeichnet. Der Knoten  $\sigma$  wird aus der Menge  $S'$  gelöscht und in der Menge  $S$  unterbracht.

Schritt 4. Schritt 3 wird bis zum Moment erstellt, wann alle Knoten zur Menge S nicht gehören werden. Die Ergebnisse zeigen wir in der Tabelle und als ein Abbildung.

Die Tabelle 5.5 - Der Abstand zwischen den Knoten in den kürzesten Rumpfbaum im Netz.

№	Die Stadt	Donetsk	Mariupol	Gorlovka	Konstantinovka	Kramatorsk	Artemovsk	Slavyansk	Druzhkovka	Enakievo	Harzyzsk	Snezhnoe	Torez	Schahtersk	Dimitrov	Krasnoarmejsk	Makeevka
1	Donetsk	0	[12]	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	[1]
2	Mariupol	12	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Gorlovka	4	-	0	[4]	-	[3]	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
4	Konstantinovka	6	-	4	0	-	-	-	[2]	-	-	-	-	-	-	[5]	-
5	Kramatorsk	-	-	-	-	0	-	[2]	2	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Artemovsk	-	-	3	-	-	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Slavyansk	-	-	-	-	2	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Druzhkovka	-	-	-	2	[2]	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Enakievo	-	-	[2]	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	-	-
10	Harzyzsk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	[3]	-	-	2
11	Snezhnoe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	-	-	-
12	Torez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[3]	0	1	-	-	-
13	Schahtersk	-	-	-	-	-	-	-	-	[3]	3	-	[1]	0	-	-	-
14	Dimitrov	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-
15	Krasnoarmejsk	6	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	[1]	0	-
16	Makeevka	1	-	-	-	-	-	-	-	-	[2]	-	-	-	-	-	0

Die Länge des Rumpfbaum ist 460 Kilometers.

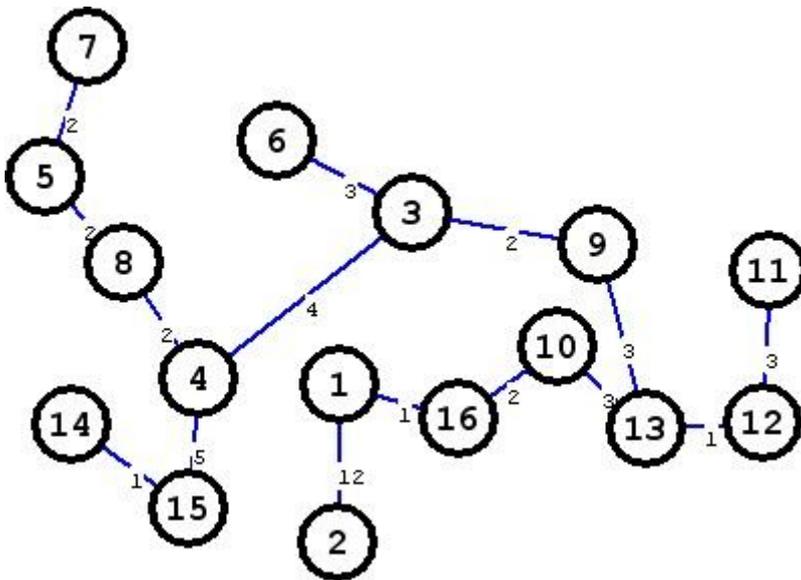


Abbildung 5.2 - Kürzeste Rumpfbaum des Netzes

Hier wurde die Analyse des Transportnetzes mit der Verwendung der Prima - und Floydalgorithmen durchgeführt. Das erlaubte einen kürzesten Rumpfbaum des Netzes aufzubauen und optimale Strecke der Trafiksendung vorzuliegen.

## 6 ÜBERSICHT UND AUSWAHL DER APPARATUR

Auf SDH – Markt kann man eine Gruppe aus 12 am meisten großen Lieferanten der SDH – Anlagen auswählen eben: Siemens, Alcatel, AT&T, (ein neue Name des Bestandteils, die sich mit der Herstellung SDH – Anlagen beschäftigt – Lucent Technologien), LME (Ericsson), PKI (Phillips Kommunikation Industrie - Firma hat ihres SDH – Bussines verkauft), NEC, Nortel (eine neue Benennung der Fa. Nortehn Telecom), ECI, Nokia, Marconi und Fujitsu. Praktisch alle diese Firmen ausschließlich letzten zwei sind auf dem einheimischen Markt vorgestellt. Dieser Markt ist in der letzten Zeit mit immer mehr saturierten SDH – Anlagen der verschiedenen Klassen. Das ist mit der vielfähigkeit und der Größen der Projekten, die zusammen mit diesen Firmen durchgeführt werden. In disen Projekten werden hunderte Sätze der SDH – Ausrüstungen verwendet.[5]

Ganze Vielfähigkeit dieser Ausrüstungen kann man als 5 Gruppen vorstellen:

- Synchronmultiplexer – SMUX oder SM.
- Lineartrakteausrüstung – SL.
- Synchronne Cross – Kommutatore – SXC.
- Synchronne Funkrelaislinie – SR.

Managementsysteme SDH – Ausrüstung.

Die ausführliche Betrachtung aller Typen der Anlagen ist eine große und arbeitsintensive Aufgabe, mit der Berücksichtigung, daß keine alle o.g. Firmen veröffentlichen sind und nötige Information zu forstellen gewähren. In diesem Übersicht sind folgenden Firmen vorgestellt: Siemens, Alcatel, AT&T, Philips, NEC, Nokia, Nortel, und ECI.

Aus erwähnten Ausrüstungen werden Synchronmultiplexer breit ausgenutzt, die in Lineartrakten und Cross – Kommutatoren verwendet werden. Darum werden wir sich nur mit ihre Betrachtung begrenzt. Alle Charakteristiken und Parameter der Anlagen sind am meisten so angeführt, wie sie in den Firmenprospekten vorgestellt sind.

## 6.1 Technische Daten der Ausrüstung

### 6.1.1 Zugangskanäle der Tribinterfaceskarten

Für PDH – Trieben entspricht ein Standardsetz der Kanäle 2, 34, 140 MBit/S der Europäischen Hierarchie, aber ohne 8 MBit/S. Viele Multiplexer haben Triebe 1.5 und 45 MBit/S (oder 6 MBit/S – besprochene Option) für die Kompatibilität mit der amerikanischen Hierarchie (AC). Für die Multiplexer Ebene STM – 1 kann SOH – Trieb elektrisch oder optisch sein, für Ebene STM – 4, 16, 64 werden nur optische SOH – Triebe verwendet. Das Vorhandensein solcher Triebe erlaubt die Multiplexer als Regeneratoren in den SDH – Lineartrakten auszunutzen sowie in den Verbindungsschemas der Ringe verschiedene Ebene.

### 6.1.2 Anschlüssanzahl in der Tribinterfaceskarte

Bis vor kurzem waren 16 Anschlüsse in der Karte für die Triebe 2 MBit/S. Das hat, z.b., 4 Karten ( $16 \times 4 = 64$  potentiell mögliche Kanäle) für die maximale Ausnutzung der Möglichkeiten der Multiplexer Ebene STM – 1 bei der Bearbeitung der Kanäle 2 MBit/S (63 Kanäle) erfordert. Eine moderne Ausrüstung erlaubt 21 Anschlüsse in der Karte zu haben. Das gibt eine Möglichkeiten nur 3 Karte für die Bearbeitung des selben Stroms (63 Kanäle) auszunutzen. Dabei wird 1 Slot für andere Triebs oder für die Vergrößerung der Anzahl der maximal bearbeitenden Kanäle 2 MBit/S (STM – 4, 16, 64) gespart. Eine gewöhnliche Zahl für andere Triebe ist 3 für 34 oder 45 MBit/S und 1 für 140 oder 155 MBit/S.

### 6.1.3 Die Anzahl der Triebintrefacekarten und Typ des geschützten Regimes nach dem Zutritt

In der ersten Position, in den Krämern, werden die Zahl der Haupt – und Reservekarten gegeben, wobei Anzahl der Reservekarten muss dem Schema des Tribschutzes, das in zweiter angeführten Positionen gezeigt ist, entsprechen. Z.B., wenn in dem Typ des gesicherten Regimes nach dem Zutritt „1:4“ gezeigt ist, wird für die Schutz der vier Karten nur eine Reservekarte (Reservierung 25%) verwendet; wenn „1:3“ geschrieben ist, wird eine Reservekarte auf drei Hauptkarten (Reservierung 33%) verwendet ist; wenn „1:1“, ist Reservierung 100% auf Triebebene.

### 6.1.4 Maximale Belastung auf den Multiplexer (im geschützten Modus)

Diese Charakteristik bezeichnet eine maximale Anzahl der bedienenden Kanäle nach jedem Typ des Triebes separat. Diese Charakteristik ist normalerweise mit der Möglichkeiten der Cross – Kommutation und Managementsystem verbunden.

### 6.1.5 Typ Lokalkommutation der Zugangkanäle

Diese Möglichkeit wird normalerweise mit der äquivalenten Anzahl der kommutierenden Ströme STM – 1 oder Ströme 2 Mbit/S charakterisiert oder wird als Ebene der kommutierenden Virtualcontainer gegeben. Normalerweise wird mit der Maximalbelastung auf den Multiplexer vereinbart und charakterisiert eine Möglichkeit der Cross – Kommutation des Multiplexers. Aber bei der Blockaufbau des Multiplexers, wie für moderne Systeme ist, kann sie die Möglichkeiten der Matrix der Cross – Kommutation als Block charakterisieren. In der Regel sind die Möglichkeiten der Cross – Kommutation in zwei Mal (für die Multiplexer, die einen

Übergang auf nächste Ebene der Hierarchie zulässigen, in vier Mal) höher, als maximal mögliche Anzahl der kommutierenden Kanäle 2 Mbit/S: für Multiplexer STM – sind 126 (2x63) Kanäle, für STM – 4/16 sind 504 (2x4x63) oder 1008 (4x4x63) Kanäle.

#### 6.1.6 Varianten der Verwendung der Anlagen

O.g. Multiplexeren können für die Verwendung, wie bekannt, in verschiedenen Varianten konfiguriert sein. Sie können als Terminalmultiplexer (TM), Konzentratoren(H), Regeneratoren (R), Multiplexer Einführung/Ausführung (ADM) sein, die in Lineartrakten oder in der Topologie „Ring“ seinerseits ausgenutzt werden. Einige Erarbeitungen der Multiplexer Ebene STM – 16 können nur in den Varianten TM und R ausgenutzt werden und können in der Topologie Typ „Ring“ nicht ausgenutzt werden.

#### 6.1.7 Größe der kompakten Blöcke in der Theke

Das sind normalerweise die Regalgröße mit den einreihige oder ja zweireihige Kassetten, die auf das Real in die Theke für die kompakte Modifikationen (Index C) der Multiplexer oder der Blöcke, die in die Kassetteslots eingestellt werden, installiert werden.

#### 6.1.8 PC – Interfaces F

Interface F wird für den Anschluß des lokalen Terminals des Zuganges des Operators als der normalerweise gewöhnlicher oder portativer PC ausgenutzt wird. Mit seiner Hilfe kann man die Kontrollfunktionen des aktuellen Zustandes und

Analyse des Stromes der Alarmsignalisierung oder Kontrolle/Steuerung mit der Konfiguration des Synchronmultiplexers verwirklichen. Für den Anschluss zum Multiplexer wird normalerweise ein Modemkanal ausgenutzt, der seriellen Anschluß mit dem Interface V.24/RS – 232 C und eine Übergabegeschwindigkeit 9,6 Kbit/S oder 19,2 Kbit/S verwendet.

#### 6.1.9 LAN – Interfaces

Diese Interfaces werden im Managmentzentrum für die Verbindung der Multiplexer mit dem Element – Manager EM des Netzmanagementsystems NMS ausgenutzt. Diese Verbindung wird mit dem Lokalnetz Ethernet (10 MBit/S) oder mit dem Netz mit der Pakettenkommunikation X – 25 durch s.g. Q – Interface (für zentrale, unmittelbar verbundene mit LAN, Multiplexer) und  $Q_{ECC}$  – für die fernstehende Multiplexer, die eingebauten Kanal der Steuerung ECC ausnutzen, der bei der Verwendung der Bytes D4 – D12 des Sektionskopfteiles SOH realisiert wird, verwirklicht. Wenn es keine konkreteste Daten gibt, werden entsprechende Empfehlungen ITU – T gegeben, deren angegebener Interface nach den Herstellersdaten entspricht.

#### 6.1.10 Dienstkanäle

Dienstkanäle werden durch eine Verwendung der entsprechenden Bytes des Sektionskopfteiles SOH organisiert. Formell können Bytes D1 – D12, E1 – E2, Z1 – Z2 und andere Reservebytes ausgenutzt sein. Jedes Byte, das für dieses Ziel ausgenutzt wird, ist äquivalent, wie bekannt, der Formierung des Kanals 64 Kbit/S (mit der Berücksichtigung der Wiederholungsfrequenz des Frames 8000 Hz). Normalerweise werden entweder Bytes D4 – D12, die bis zum 4 Kanäle mit der gesamte Bandweite nicht mehr als 576 Kbit/S mit Interfaces V – 11, die nach

benötiger Bandbreite 64, 192, 256, 512 oder 576 KBit/S konfiguriert werden zu formieren erlauben, oder Bytes E1 – E12, die zwei Dienstkanäle mit dem zweiadernigen Interface und eine Möglichkeit des Anschlusses der gewöhnlichen Telephonapparaten zu formieren erlauben, ausgenutzt. Außerdem kann man bis zum 4 Kanäle mit dem Interface G.703 formieren, die für 64 KBit/S oder 2 MBit/S konfiguriert werden. Ganzer dieser Satz der möglichen Kanäle ist in der Tabelle als ein Zugangblock zum Kopfteil OHA mit dem Hinweis auf die Herstellersfirma der Anlage (z.B., Block OHA – AT&T ist ein Zugangblock zum Kopfteil der Firma AT&T) mit der Berücksichtigung des Unterschiedes in der konkreten Realisierung dieser Blöcke bezeichnet.

#### 6.1.11 Maximale Anzahl der Multiplexer, die mit EM gesteuert werden

Normalerweise wird diese Anzahl in den Prospekten nicht veröffentlicht, aber sie ist eine wichtige Betriebscharakteristik. Sie hängt von vielen Faktoren ab, einschließlich einer Kapazität des Arbeitsspeichers PC des Managementsystems und zulässiger Umfang der Datenbasis der Ausrüstung, die mit EM erstellt wird.

#### 6.1.12 Typ der verwendeten Synchronisierung

Mit der Berücksichtigung der Wichtigkeit der Synchronisierung für die SDH – Synchronnetze haben die Multiplexer verschiedene parallelarbeitende Synchronisierungsquellen. Normalerweise werden 4 Typen der Quellen des Synchronisierungssignales ausgenutzt:

- Innerer Zeitgeber, als der wird innerer Generator des Synchronsignals 2048 kHz ausgenutzt.
- Netzzeitgeber, als der äußerlicher Generator des Synchronsignals 2048 kHz ausgenutzt.

- Signal des Triebinterfacesblockes, als der wird ein Signal vom Trieb 2048 KBit/S normalerweise ausgenutzt.
- Linearsignal, als der kann ein Signal vom jedem SIU (jeder STM – N) ausgenutzt werden.

### 6.1.13 Typ der Theke und Blöcke

Eine Theke, wie oben gesagt wurde, hat normalerweise ein oder zwei Regale für die Unterbringung der kompakten Blöcke oder Kassetten mit der Ausrüstung als ersetzbaren Blöcke, die in den Sloten eingestellt werden. Die Thekegröße sind in der Regel standartisiert, obwohl die Anzahl der verwendenden Größen ist ziemlich doch groß, weil nur für ETSI drei Größen nach der Breit und min. zwei nach der Höhe existieren. Amerikanische Hersteller haben sie sogar mehr.

Wenn SDH – Ausrüstung mit der Theken des Europäischen Standarts ETSI (z. B Theke ETS 300119 – 19“) hergestellt wird, sind Thekegrößen 2200x600x300 mm (HxBxT); wenn nordamerikanisch ist, ist in der Regel 17“ oder 19“ (Äquivalent IEC – 297). Die Blöcke teilen auf Teile auf. Ein Oberteil (manchmal, aber selter, Unterteil) stellt ein spizielle Gebiet der Verbindungsinterfaces vor, wo äußerliche Interfaceskarten aufgestellt sind. Unterteil (manchmal, aber selter, Oberteil) mit einem oder zwei Regalen (ein – oder zweireihige) dienst für die Unterbringung der Ersetzblöcke. In der Tabelle sind in der Regel die Daten für die einreihige Konstruktion ETSI – Standart angeführt. Die Multiplexerkonstruktion ist blockbar, wobei alle ersetzbare Blöcke verwirklichen seine Zusammenarbeit durch inneren Bus. Die ersetzbare Blöcke werden in 5 Kategorie (hier für die Grundlage ist eine Aufteilung der Blöcke in den Apparaturen der Firmen Philips, Nortel, Lucent Technologies genommen) aufgeteilt:



Aggregatausgänge) SIU;

- Triebinterfaceblöck TIU;

- Zentralblock CCU, BSU, MCU;
- Kommutation – und Koordinationsblöcke BBU, CMU, PPU;
- Spezialisierte Blöcke, z. B., Zugangblock zum Sektionkopfteil OAU. Normalerweise werden 5 Typen der Interfacekarten im Satz mit ersetzbaren Blöcken ausgenutzt:
  - SCI – Karte für die Verbindung der Datenkanäle mit SIU – Blöcken und die Durchführung der Prüfung;
  - TCI – Karte, die als äußerlicher Interface zwischen den Zugangkanäle (Trieb) und TIU – Blöcke ausgenutzt werden;
  - MCI – Karte für die Verbindung der Anschlüsse mit dem Block des Zentralgenerators CCU – Synchrosignals sowie PC und LAN Anschlüsse für die Verbindung mit dem Management – und Verbindungsblock MCU;
  - OAI – Karte für die Verbindung zwischen den Datenkanälen und dem OAU – Block.;
  - OWI – Karte für die Verbindung der Dienstkanäle mit OAU – Block;

Alle Entziffern der erwähnten Abkürzungen sind in der Abkürzungsliste angeführt.

#### 6.1.14 Gesamte Anzahl der ersetzbaren Blöcke in der Theke

Mit der Berücksichtigung der Standardgröße der ETSI – Theke, hängt eine Anzahl der aufgestellten ersetzbaren Blöcke von der Thekekonstruktion, von den Konstruktionsbesonderheiten der Blöcke sowie der Block nomenklatur bei verschiedenen Herstellern ab. Z. B., die Vergrößerung der Anzahl der Anschlüsse auf der Karte 2 MBit/S der Triebblöcke ab 16 bis 21 oder eine Ausnutzung des autonomen Stromversorgerungsblocks unmittelbar auf den Karten anstatt des zentralisierten Stromversorgerungsblocks verkleinert die geforderte Anzahl der

Steckplätzen für die Installationen der Hauptblöcke. Für die Theke ETSi – Standart werden zwei Varianten 19" oder 17" (letzter hat kleinere Breite gewöhnlich, aber mehr Trieben für die Unterbringung der Kabel) ausgenutzt. Sie können nicht mehr, als 17 Steckplätze für die ersetzbare Blöcke gibt. Die Größe einiger Blöcke sind solche , daß zwei Steckplätze bezogen werden können, z. B., optische lineare Aggregatblöcke oder Stromversorgungsblöcke, dass zur verschiedenen gesamten Anzahl der aufstelendenden Blöcke führt.

## 6.2 Neue technologische Lösungen

Neben der Verbesserung der optische elementen Basis, der separaten Module der Anlage zu vervollkommen erlaubt, was mit z. B., der Vergrößerung der Anschlussanzahl 2 MBit/S auf der Interfacekarte oder mit dem Installation der autonomen Stromversorgungsblöcke auf die auf die Interfacekarten erreicht wird, suchen die Hersteller der SDH – Anlagen neue technologische Lösungen, die prinzipiell oder wesentlich die Charakteristiken der SDH – Anlagen zu verbessern erlauben. Zu solchen Lösungen betrafen sich eine Verwendung der optischen Verstärker, die die Charakteristiken wesentlich zu verbessern erlauben, und die Methoden des Multiplexers mit der Aufteilung nach der Wellenlänge, die eine Durchführung der optischer (spektrischer) Verdichtung der Kanäle mehrmals zu lassen (maximal zur zeit bis zum 16).

## 6.3 Nutzung der optischen Verstärker

Die Mehrheit der Firmen nutzen die optische Verstärker für die Vergrößerung der Möglichkeiten der Multiplexer Ebene STM – 4, STM – 16 und STM – 64 aus, einschließlich sie in der Listen der Hauptblöcke. Diese Verstärker erlauben eine Länge der optischen Regeneratorssektion der Linearnetze SDH bis zum 110 – 160

km bei der Wellenlänge der Lasersquelle 1550 nm praktisch doppelt zu vergrößern. Dabei wird die Anzahl der fordernden Regeneratoren verkleinet. Ein Vorzug solcher Verstärker ist eine Abwesenheit der Notwendigkeit der fiberelektronischen und elektronischoptischen Umwandeln des Sygnals bei der Verstärkung. Bei der Nutzung in anderen Topologien erlaubt der optische Verstärker eine Zuverlässigkeit der Empfang/Übergabe bei den erhöhten Verlusten in optischem Glasfaserkabel zu erhöhen.

Die vorhandene optische Verstärker erlauben eine Verstärkung auf die Ebene 9, 12 oder 16 dBm sicherzustellen und funktionieren wie mit den standarten optischen Glasfaserkabel, so und mit den optischen Glasfaserkabel, die ein verschieben der Dispersion haben. Konstruktiv können optische Verstärker als Blöcke, die auf der separaten Theke (AT&T) installiert werden, so und als Standartblöcke, die auf der selben Theke (Philips) installiert werden, aufgemacht sein.

#### 6.4 Multiplexennutzung mit den Aufteilen nach der Wellenlänge

Normalerweise nutzen Multiplexer in SDH – Netzen eine Technologie des provisorischen Aufteilens der Kanäle aus und sind die Verwendung des standarten optischen Glasfaserkanals orientiert.

Das moderne Niveau der Technologie und die Verwendung der optischen Verstärker erlauben das Multiplexen mit dem Aufteilen nach den Wellenlängen WDM oder eine Kanalspektralverdichtung auszunutzen.

Berücksichtigend, daß die Spektralcharakteristik der optischen Glasfaserkabels eine bestimmte Breite des ununterbrochenen Passbandes hat, kann man in ihr einige optische tragende Kanäle unterbringen. Sie unterscheiden sich mit der Wellenlänge so, daß sie mit der Empfangsapparatur sicher aufgeteilt werden.

Minimale Variante solches Multiplexens erlaubt zwei genug breit verbreitende Kanäle nach einem optischem Glasfaserkabel (1550nm) mit dem Verschieben der Dispersion zu senden. Bei der Nutzung des monomodes Fasern (1550nm), der nach

der Dispersion optimisiert ist, z. B., TrueWave (Hersteller Fa. AT&T), kann man s.g. hochdichtes Multiplexen mit dem Aufteilen nach den Wellenlängen DWDM realisieren. Dieses Multiplexen erlaubt nach einer Faser 4, 8 und sogar 16 Kanäle zu senden. Die Verwendung solcher Technologie ist besonders perspektiv für die Vergrößerung der Bandbreite der linearen optischen SDH – Systeme.

## 6.5 Nomenklatur SDH – Apparatur Herstellersfirmen.

Unten ist eine Liste der SDH – Ausrüstung verschiedener Firmen angeführt.

### 6.5.1 Alcatel

SDH – Apparaturen sind mit der Serie Alcatel 16xx (Multiplexer/Crosskommutatoren), 96xx (Radiorelaisysteme) und 13xx (Managementsysteme) vorgestellt.

1631 FX – optischer Glasfaserdiffusor; er hat 3 Eingansmodule 4x2 MBit/S und einen linearen optischen Ausgang 51,84 MBit/S (Ebene SONET OC – 1) fürs Aneinanderfügen mit dem zusätzlichen Eingang OC – 1 bei den Multiplexern 1641 SM und 1651 SM;

1641 SM – Multiplexer Ein - /Ausführung Ebene STM – 1 SDH, zusätzlich zu erwähnten hat einen Eingang OC – 1;

1641 SM/C – kompakte Variante des Multiplexer;

1641 SM für die Knotens mit der kleinen Anzahl der Kanäle 2 MBit/S (karte 8x2 MBit/S);

1651 SM – Multiplexer EIN - /Ausgang Ebene STM – 4 SDH;

1651 SM/C – Multiplexer EIN - /Ausgang Ebene STM – 4 SDH, der mit 2 Interfaceplatten Ebene STM – 16 mit der Möglichkeit der Bearbeitung der

Stromhälfte mit den Auslassen ohne Bearbeitung andere Stromhälfte ausgerüstet werden kann;

1661 SM/C – Multiplexer Ein - /Ausführung Ebene STM – 16 SDH (mit PDH – Trieben unteres Ebene VC – 12), er hat mächtige eingebaute Mitteln der Cross – Kommutation;

1664 SM/C – Multiplexer Ein - /Ausführung Ebene STM – 16 SDH, analoge 1661 SM, aber er ist fürs Funktionieren auf 4 Faserringmagistralen optimisiert;

1674 SM/C – Multiplexer Ein - /Ausführung Ebene STM – 64 SDH;

1654 SL – liniars Sendungssystem, für die Arbeit mit dem Strom STM – 4 SDH (4 st. PDH – Trieb 140 MBit/S oder 4 st. SDH – Triebe STM – 1 oder ihre Kombination);

1664 SI – liniars Sendungssystem, für die Arbeit mit dem Strom STM – 16 SDH (16 St. PDH – Triebe 140 MBit/S oder 4 St. SDH – Triebe oder ihre Kombination);

1541 SX – synchrone Cross – Konnektor Klasse DXC – 4/3/1 Ströme 1.5/2, 34/45, 140, 155 und 622 MBit/S mit der maximalen Produktivität der äquivalenten Kommutation 192 St. Ströme STM – 1;

1644 SX – elektronischer Cross – Kommutator der Ströme Ebene 140 MBit/S PDH oder 155 MBit/S SDH; er erlaubt unblockierte Cross – Kommutation bis zum 512 St. Ströme 140/155 MBit/S durchzuführen;

96xx – radiorelayses (microwelles) SDH – System, das folgende Modifikationen aufnimmt:

- LH – System Ebene STM – 1 mit den längen zwischenstationen Sektionen;
- UH – System Ebene STM – 1 für die Arbeit in den Stadtsbedingungen;
- LM – System Ebene OC – 1 für die Arbeit mit den Zugangnetzen:
- UM – System Ebene OC – 1 für die Arbeit in den Stadtsbedingungen;

9667 TH – Transportradiorelayssystem Ebene STM – 1;

1353 RM – Regionalmanager SDH – Systeme auf Ebene der Steuerung mit dem Netz (Steuert 1353 SH);

1353 SH – Elementmanager für SDH – Systeme, für die Arbeit mit den Geschwindigkeiten STM – 1, 4, 16;

1353 WX – Elementmanager für die Cross – Kommutatoren, für die Arbeit wie mit PDH – Trieben, so und mit SDH – Trieben.

1354 NN – Manager des Nationalnetzes für die PDH – und SDH – Sendungen (steuert 1354 RM).

### 6.5.2 AT&T (Lucent Technologies)

SDH – Apparaturen sind mit der Serie 2000 St. Multiplexern und Linearsystemen vorgestellt.

ISM – 2000 – Basismultiplexer, der als Terminal – und Linearmultiplexer, Regenerator und Multiplexer der Ein - /Ausführung der SDH – Kanäle Ebene STM – 1, als Terminal – und Linearmultiplexer und Multiplexer der Ein - /Ausführung Ebene STM – 4 und als Terminalmultiplexer Ebene STM – 16 konfiguriert sein kann;

SLM – 2000 – 4 Synchronlinearmultiplexer Ebene STM – 4, der als Terminal – und Linearmultiplexer, Regenerator und Multiplexer der Ein - / Ausführung mit 4 St. Trieben Ebene VC - 4/STM – 1 konfiguriert sein kann; er kann als Multiplexer der Ein - / Ausführung und in der Topologie „Ring“ ausgenutzt werden;

SLM – 2000 – 16 – Synchronlinearmultiplexer Ebene STM – 16, der als Terminal – und Linearmultiplexer, Regenerator und Multiplexer der Ein - / Ausführung mit 16 St. Triebe Ebene VC - 4/STM – 1 konfiguriert sein kann; er kann als Multiplexer der Ein - /Ausführung und in der Topologie „Ring“ ausgenutzt werden;

DACS – V1 – 200 – unblockierender Cross – Kommutator des gesamten Artes Klasse DXC - 4/1, der 32 Interface, die STM – 1 äquivalent sind, zulässt;

ITM – SC – Element – Manager für die Steuerung mit der Ausrüstung der SDH – Netze;

ITM - XM/NM – Netzmanager für die Steuerung mit SDH – Netzen.

Es ist möglich, die Erweiterung der Erzeugnismenklatur, weil AT&T eine Bussines gekauft hat, das mit der Herstellung der SDH – Anlagen bei der Fa. Philips verbunden ist.

### 6.5.3 ECI

SDH – Apparaturen sind mit den Serien SYNCOM SDM – xx, SLX – xx, SLR – xx vorgestellt.

SDM – 1 – Basismultiplexer Ebene STM – 1; er kann als Terminal – oder Linearmultiplexer oder Multiplexer der Ein - / Ausführung konfiguriert sein;

SDM – 1m – raumsparender Basismultiplexer Ebene STM – 1.

SDM – 4 – Basismultiplexer Ebene STM – 4; er kann als Terminalmultiplexer oder als Multiplexer der Ein - / Ausführung konfiguriert sein;

SDM – 4/16 – Basismultiplexer Ebene STM – 16 (vereint auf die Ebene der abnehmbaren Blöcke mit der Ebene STM - 4); er kann als Terminal – oder Linearmultiplexer der Ein - / Ausführung konfiguriert sein;

SDM – 16 – Basismultiplexer Ebene STM – 16; er kann als Terminal – oder Linearmultiplexer oder als Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein;

SDM – 16F – Basismultiplexer Ebene STM – 16 mit den Trieben der niedrige Ebene , ab 2 MBit/S; er kann als Terminal – oder Linearmultiplexer oder als Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein;

SLR – 4 – Synchronlinearregenerator Ebene STM – 4;

SLR – 16 – Synchronlinearregenerator Ebene STM – 16;

SLX – 4 Synchronlinearmultiplexer der Ein - /Ausführung Ebene STM – 4 mit den Trieben E4/T4 und STM – 1.

T:DAX – Breitbandige Cross – Kommutator der allgemeinen Bestimmung Klasse DXC - 4/3/1, der die Standarte Async, PDH, SDH, SONET unterstützt; der max. 64 St. Interface , die STM – 1 äquivalent sind, zu lässt;

SLX – 16 – Synchronlinearmultiplexer der Ein - /Ausführung Ebene STM – 16 mit den Trieben der untere und obere Ebene (E4/T4 und STM – 1);

PSM-1 SDH-Radio eEM eNM eRMS

#### 6.5.4 GPT

SDH – Apparaturen sind mit den Serien SL – xx und SMA – xx vorgestellt.

SMA – 1 – Basissynchronmultiplexer Niveau STM – 1, der als Terminal – oder Linearmultiplexer, optischer Konzentrador oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SMA – 1c – raumsparende Variante des Basisterminalmultiplexers SMA – 1;

SMA – 4 – Basissynchronmultiplexer Ebene STM – 4, der als Terminal oder Linearmultiplexer, optischer Konzentrador oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SMA – 4C – raumsparende Variante des Basisterminalmultiplexers SMA – 4;

SMA – 16 – Basissynchronmultiplexer Ebene STM – 16, der als Terminal – oder Linearmultiplexer oder als Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SNA – 16C – raumsparende Variante des Basisterminalmultiplexers SMA – 16;

SL – 4 – Synchronlinearmultiplexer Ebene STM – 4, der als Regenerator (SLR – 4), Terminalmultiplexer (SLT – 4) oder Linearmultiplexer der Ein - /Ausführung (SLA - 4) konfiguriert sein kann;

SL – 16 – Synchronlinearmultiplexer Ebene STM – 16, der als Regenerator (SLR – 16), Terminalmultiplexer (SLT – 16) oder Linearmultiplexer konfiguriert sein kann;

EM – OS – Element – Manager des Regionalniveaus für die Steuerung mit den Ausrüstungselementen SDH – Netze;

SMN – OS – Netzmanager des Nationalniveaus für die Steuerung SDH – Netze.

GPT und Siemens nutzen eine Reihe der gesamten Erarbeitungen der SDH – Anlagen und Steuerungssysteme.

### 6.5.5 NEC

SDH – Apparaturen sind mit der Serie SMS – xxx vorgestellt.

SMS – 150 – Basismultiplexer Ebene STM – 1, der in 4 Modifikationen (A, L, R, T) hergestellt wird.

- SMS – 150 – A – Multiplexer der Ein - /Ausführung mit dem Schutz 1+1 Ebene STM -1;
- SMS – 150L – Linearmultiplexer Ebene STM – 1;
- SMS – 150 T – Terminalmultiplexer mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 1;

SMS – 600 – Basismultiplexer Ebene STM – 4, der in 3 Modifikation (R, T, W) hergestellt wird;

- SMS – 600R – Regenerator (optischer Weitergeber) Niveau STM – 4;
- SMS – 600T – Terminalmultiplexer mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 4;
- SMS – 600W – Breitbandtmultiplexer Ein - /Ausführung mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 4;

SMS – 2500 – Basismultiplexer Ebene STM – 16, der in 2 Modifikationen (R,T) hergestellt wird;

- SMS – 2500R - Regenerator (optischer Weitergeber) Ebene STM – 16;
- SMS – 2500T – Terminalmultiplexer mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 16;

SDH – MRS – Radiorelayssystem der Sendung SDH – Signale Ebene STM – 1 oder Signale PDH 140 MBit/S;

ACT NET – x Steuerungssystem mit den Elementen der Ausrüstungen SDH – Netze.

#### 6.5.6 Nokia

SDH – Apparaturen sind mit der Serie SYNFONET STM – N Multiplexer und Steuerungssystem TMS vorgestellt. Eine Besonderheit ist eine Blockstruktur der Aufbau der Multiplexer mit den separaten Kommunikationblöcken zwei Typen und mit dem Diffusor der Tribinterfaces.

STM – 1 – Basissynchronmultiplexer Ebene STM – 1, der als Terminalmultiplexer (TM) oder Multiplexer der Ein - /Ausführung (ADM) konfiguriert sein kann; STM – 1E – Diffusor der Tribinterface bis zum 126 Kanäle 2 MBit/S;

STM – 4 – Basysynchronmultiplexer Ebene STM – 4, der als Terminalmultiplexer (TM) oder Multiplexer der Ein - / Ausführung (ADM) konfiguriert sein kann.

STM – 16 – Basissynchronmultiplexer Ebene STM – 16, der als Terminal – oder Linearmultiplexer oder Regenerator konfiguriert sein kann;

PXC – unblockierender digitaler Cross – Kommutator mit dem Kommutationsäquivalent  $16 \times \text{STM} - 1$ .

TMS – OS – Managementsystem mit den Elementen der Anlagen SDH – und PDH – Netze.

### 6.5.7 Nortel

SDH – Apparaturen sind mit der Serie TN – xx vorgestellt.

TN – 1C – raumsparender Synchronmultiplexer Ebene STM – 1, der 16 Anschlüsse 2 Mbit/S oder einen Anschluß 34 Mbit/S hat;

TN – 1x – Basissynchronmultiplexer Ebene STM – 1, der als Terminal – oder Linearmultiplexer, Regenerator, optischer Konzentrador oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

TN – 4x – Basissynchronmultiplexer Ebene STM – 4, der als Terminal – oder Linearmultiplexer, Regenerator, optischer Konzentrador oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

TN – 16x – Basissynchronmultiplexer Ebene STM – 16, der als Terminal – oder Linearmultiplexer oder Regenerator konfiguriert sein kann;

TN – MS – Managementsystem mit den Ausrüstungselementen der SDH – Netze.

### 6.5.8 Philips

SDH – Apparaturen sind mit der Serie PHASE – FNS; die vier mögliche Typen der Netzelementen beinhaltet: ADM, LR, LXC, TM für drei SDH – Ebenen STM – 1, STM – 4, STM – 16.

ADM – 1/1 – Multiplexer der Ein - /Ausführung mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 1 und mit der Verbindung auf dem Ebene VC – 12;

ADM – 4/1 – Multiplexer der Ein - /Ausführung mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 4 und mit der Verbindung auf dem Ebene VC – 12;

ADM – 4/4 – Multiplexer der Ein - /Ausführung mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 4 und mit der Verbindung auf die Ebene VC – 4;

ADM - 16/4 – Multiplexer der Ein - /Ausführung mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 16 und mit der Verbindung auf die Ebene VC – 4;

LR – 1 – Linearregenerator Ebene STM – 1;

LR – 4 – Linearregenerator Ebene STM – 4;

LR – 16 – Linearregenerator Ebene STM – 16;

LXC – 1/1 – lokaler Cross – Kommutator Ebene STM – 1 und mit der Verbindung auf die Ebene VC – 12.

LXC – 4/1 – lokaler Cross – Kommutator Ebene STM – 4 und mit der Verbindung auf die Ebene VC – 12.

LXC – 4/4 – lokaler Cross – Kommutator Ebene STM – 4 und mit der Verbindung auf die Ebene VC – 4.

LXC – 16/4 – lokaler Cross – Kommutator Ebene STM – 16 und mit der Verbindung auf die Ebene VC – 4.

TM - 4/1 – Terminalmultiplexer mit dem Schutz 1+1 Ebene STM – 4 und mit der Verbindung auf die Ebene VC – 12;

TM - 4/4 – Terminalmultiplexer mit dem Schutz 1+1 Niveau STM – 4 und mit der Verbindung auf dem Niveau VC – 4;

TM - 16/4 – Terminalmultiplexer mit dem Schutz 1+1 Niveau STM – 16 und mit der Verbindung auf dem Niveau VC – 4;

PHAMOS – SDH – vervollkommnetes Management – und Administrativsystem der Elementen SDH – Netze der Fa. Philips; es wird wie regionaler Element – Manager so und Nationalnetzmanager ausgenutzt.

### 6.5.9 Siemens

SDH – Apparaten sind mit den Serien SMA – xx, SXC – xx; SL – xx vorgestellt.

SMA – 1 – Basisblocksynchronmultiplexer Ebene STM – 1, der als Terminalmultiplexer, lokaler Cross – Kommutator oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SMA – 1 – R2 – Basisblocksynchronmultiplexer der 2: Generation Ebene STM – 1, der als Terminalmultiplexer, lokaler Cross – Kommutator oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SMA – 4 – Basisblocksynchronmultiplexer Ebene STM – 4, der als Terminalmultiplexer, lokaler Cross – Kommutator oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SMA – 4 – R2 – Basisblocksynchronmultiplexer der 2: Generation Ebene STM – 4, der als Terminalmultiplexer, lokaler Cross – Kommutator oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SMA – 16 – Basisblocksynchronmultiplexer Ebene STM – 16, der als Terminalmultiplexer, lokaler Cross – Kommutator oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SMA – 16 – R2 – Basisblocksynchronmultiplexer der 2 Generation Ebene STM – 16, der als Terminalmultiplexer, lokaler Cross – Kommutator oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SMT – 1D – zweitereminaler Synchronmultiplexer der 2. Generation Ebene STM – 1, der Terminalmultiplexer, Konzentrator oder Multiplexer der Ein - /Ausführung konfiguriert sein kann;

SL – 1 – liniars SDH – System Ebene STM – 1 (Linearmultiplexer der Ein - /Ausführung, Regeneratoren – SLR – 1) oder Terminalmultiplexer SLT – 1;

SL – 4 – Synchronmultiplexer Ebene STM – 4, der als Regenerator (SLR – 4), Terminalmultiplexer (SLT – 4), Linearmultiplexer der Ein - /Ausführung (SLA – 4) konfiguriert sein kann;

SL – 16 – Synchronmultiplexer Ebene STM – 16, der als Regenerator (SLR – 16), Terminalmultiplexer (SLT – 16), Linearmultiplexer der Ein - /Ausführung (SLA – 16) konfiguriert sein kann;

SL – 64 – Synchronmultiplexer Ebene STM – 64, der als Regenerator (SLR – 64), Terminalmultiplexer (SLT – 64), Linearmultiplexer der Ein - /Ausführung (SLA – 64) konfiguriert sein kann;

SL – 64 – Synchronmultiplexer Ebene STM – 64 (10 GBit/S), der als Regenerator (SLR – 64), Terminalmultiplexer (SLT – 64), Linearmultiplexer der Ein - /Ausführung (SLA – 64) konfiguriert sein kann;

SRTx155 – Synchronradiotrunk für die Sendung Kanäle STM – 1 mit der gesamten Kapazität 4 – 24 Kanäle.

SRT – 2x155 – verdoppelter Synchronradiotrunk für die Sendungen Kanäle STM – 1 mit der gesamten Kapazität 2x4 – 2x12 Kanäle;

SXC - 4/1 – synchron modularer Cross – Kommutator, der für die Kommutation ohne Verriegelung PDH (E1, E3, E4) – und SDH (STM - 1) – Signale mit der äquivalenten maximalen Belastung bis zum 16384 Anschlüssen (2 MBit/S) ausgenutzt sein kann; alte Bezeichnung ist CCM2;

SXC - 4/4 – synchroner modularer Cross – Kommutator, der für die Kommutation ohne Verriegelung PDH (E4) - und SDH (STM – 1) – Signale mit der äquivalenten maximalen Belastung bis zum 1024 Anschlüssen (140/155 MBit/S) ausgenutzt sein kann; alte Bauzeichnung ist CC155;

EM – OS – Element – Manager der Regionalebene für die Steuerung mit den Anlagenelementen SDH – Netze;

SMN – OS – Netzmanager der Nationalebene für die Steuerung mit den SDH – Netzen.

Außer erwähnten wird Multiplexer SMA – 64 – R2 auf den europäischen Markt geliefert. Er ist SMA – 16 – R2 ähnlich, aber er ist auf Ebene STM – 64 SDH berechnet.

## 6.6 Anforderung zur Apparatur

Anforderung zur Apparatur:

1. Sicherstellung der geforderten Bandweite.
2. Sicherstellung der geforderten Latenzzeit der Signalsendung.
3. Sicherstellung der geforderten Größe des Multiplexers.

Der Nutzfaktor des Passbandes  $\rho$  bestimmt eine Effektivität des Hauptkanäles oder einen nützlichen Teil der Bandweite des Kanales (Kanalesladen), der bei der

Sendung der nützliche Belastung ausgenutzt wird. Nach der Größe  $\rho$  wird eine Größe des Einganspuffers bestimmt.

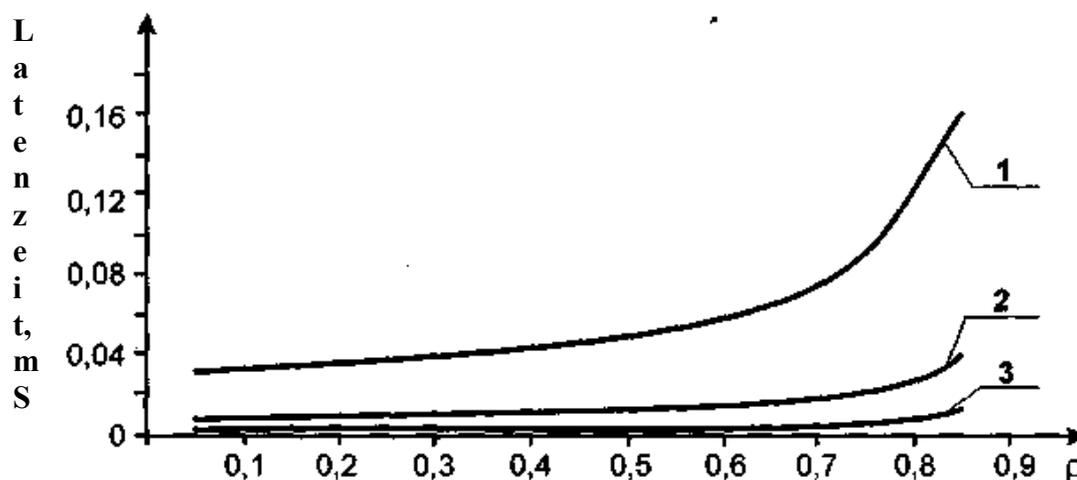


Abbildung 6.1 - Abhängigkeit der Latenzzeit des Multiplexers vom Nutzfaktor für die verschiedene Sendungsgeschwindigkeiten: 1 – 34 MBit/S, 2 – 155 MBit/S, 3 – 622 MBit/S.

Tabelle 6.1 - Multiplexerebene und Puffergröße

Die Stadt	Donetsk	Mariupol	Gorlovka	Konstantinovka	Kramatorsk	Artemovsk	Slavyansk	Druzhkovka	Enakievo	Harzyzsk	Snezhnoe	Torez	Schahtersk	Dimitrov	Krasnoarmejsk	Makeevka
$\rho$	0.43	0.60	0.75	0.54	0.31	0.87	0.35	0.40	0.25	0.35	0.55	0.52	0.35	0.43	0.22	0.74
STM	64	16	16	16	16	4	4	16	16	16	4	4	16	4	16	16

Es ist angenommen, daß der Datendigitalstrom als Pakete mit der Größe 1000 Byte in jeder gesendet wird.

Aus der Abhängigkeitanalyse ist es sichtbar, daß ein Bedürfnis nach dem Pufferspeicher bei der Vergrößerung des Nutzfaktors des Passbandes (Kanalbelastung)  $\rho$ , der multiplexieren Linie bis zu Werten 0,8 – 0,9 heftig wächst.

Dabei wachsen die Latenzen der Pakete und es ist ihr Verlust möglich. Das führt zur Senkung der Wertungsqualität und weiterhin zum Verfall des Netzes.

Für die Einschätzung des nützlichen Passbandes der SDH – Technologie wird ein Nutzfaktor des Passbandes des SDH – Transportnetzes auch ausgenutzt;

$$K_{\text{эф}} = \frac{F_{\text{use}}}{F} = 0.78 ,$$

wo:

F - Passbandes zu multiplexierenden Kanales;

$F_{\text{use}}$  –nützliches Passband des zu multiplexierenden Kanales;

Wir werden die Latenzzeit des Signales für den allerschlimmsten Fall bestimmen : Artemovsk – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.  
L = 0.074 mS.

Hier wurde ein Übersicht der Vorhandenden Apparaturen für die Aufbau des Transportnetzes aufgrund der SDH – Technologie durchgeführt. Die Apparatur der Fa. Siemens, die vorhanden Bedingungen und Aufgaben maximal entspricht, wurde ausgewählt.

## Tabelle 6.2

## 7 NETZSYNCHRONISIERUNG UND MESSUNGEN IM SDH – NETZ

### 7.1 Netzsynchonisierung

Ein Problem der Synchronisierung SDH – Netze ist ein Bestandteil des gesamten Problems der Digitalnetzesynchronisierung. Diese Netze haben früher eine plesiochrone Hierarchie ausgenutzt. Die allgemeine Fragen, die in der Empfehlung CCITT G. 810 beschrieben sind, sind für plesiochrone und synchrone Netze aktuell. Die Abwesenheit der gute Sinchonisierung führt, z.B., zur „relativen“ Durchschlüpfung der Digitalreihenfolgen oder Ebene der Fehler der Synchronnetze.

Das Synchronisierungsziel ist ein Erhalten der besseren möglichen Taktquelle oder des Generators der Taktimpulse oder des Zeitgebers für alle Knotens. Dafür muss man nicht nur eine hochgenauere Quelle haben, sondern auch einen zuverlässige System der Sendung des Synchronisierungssygnales auf alle Knotens.

Das System der solchen Zuordnung stützt sich zur Zeit auf das hierarhische Schema. Es besteht in der Bildung der Reihe der Punkte, wo sich der primäre geeichte Generator der Taktimpulse PRC oder Primärzeitgeber, von derem Signale dann nach dem Netz ausgeteilt werden, befindet. Seine Signale bilden nochmalige Quelle (nochmaliger oder getriebener geeichter Generator der Taktimpulsen SRC) oder nochmalige Zeitgeber, der entweder als lokalen (ortlichen) Knoten LNC realisiert wird. Der Primärzeitgeber stellt sich automare Taktquelle der Taktimpulsen mit der Genauigkeit nicht schlechter  $10^{-11}$  normalerweise vor. Er wird normalerweise manuell oder automatisch nach den Signalen der weltumfassenden angeordneten Zeit UTC kalibriert. Diese Signale werden danach nach den Landverbindungslinien für die Realisierung jener oder anderen Methoden der Synchronisierung erstreckt.

### 7.1.1 Synchronisierungsmethoden

Zwei hauptmethoden der Knotensynchronisierung sind vorhanden: die hierarchische Methode der zwangweisende Synchronisierung mit den Paaren führende – getriebene Zeitgeber und die unhierarchische Methode der gegenseitigen Synchronisierung. Beide Methoden können separat und in der kombination verwendet werden; aber, wie Praxis zeigt, wird nur erste Methode breit ausgenutzt.

Die Einführung SDH – Netze, die neben der gewohnten Topologie „Punkt – Punkt“ und Zelletopologie verwenden, hat die zusätzliche Komplexität in der Lösung der Synchronisierungsprobleme gebracht weil für zwei letzte Topologie die Signalstrecke im Prozeß des Netzfunktionierens geändert werden können. SDH – Netze haben einige parallelarbeitende Synchronisierungsquelle:

- Signal vom Äussernetzzeitgeber oder primärer geeichnet Zeitgeber PRC, der in der Empfehlung ITU – T G.811 bestimmt wird, Signal mit der Frequenz 2048 kHz.
- Signal vom Triebinterface des Zugangskanals (er wird hier als Analog des Zeitgebers des Transitknotens TNC betrachtet), der in der Empfehlung ITU – T G.812 bestimmt wird; Signal mit der Frequenz 2048 kHz, der aus Primärstrom 2048 KBit/S ausgeschnitten wird;
- Signal vom inneren Zeitgeber (er wird als Zeitgeber des getriebenen Lokalknoten LNC betrachtet), der in der Empfehlung ITU – T G.813 bestimmt wird; Signal 2048 kHz;
- Linearsignal STM – N oder Linearzeitgeber, Signal 2048 kHz, der aus Linearsignal 155.520 MBit/S oder  $4n \times 155.520$  MBit/S ausgeschnitten wird.

Mit der Berücksichtigung, daß Triebe 2 MBit/S, die aus SDH – Netze gekommen sind, in VC – 12 dargestellt werden und sich in den Rahmen der anlegende Container befinden, die die Register verwenden, müssen ihre Signale aus Synchronisierungsschema SDH – Netzes ausgeschlossen werden. Die realisiertbare Genauigkeit des inneren Zeitgebers, die  $5 \times 10^{-6}$  ist, ist klein. Das ist der

Berücksichtigung der Möglichkeit der Ansammlung des Fehlers im Laufe s.g. „Kaskadieren der Zeitgeberssignale“, wann Knoten den Zeitgebersignal nach dem angenommenem Signal wiederstellt und nächstem Knoten sendet. In solchen Sinn sind Signal des Äußerszeitgeber und Linearsignal STM – N zuverlässigste Quelle der Synchronisierung.

Die Ganzheit der Synchronisierung PDH – Netzes wird auf der Nutzung der hierarchischen zwangsweisen Synchronisierung (getrieber/führender Zeitgeber) gestützt. In ihr war die Durchgang der Signale der Zeitgeber durch die Knoten durchsichtig. In SDH – Netz, der in jedem Knoten den Zeitgebersignal aus Linearsignal STM – N resoviert, wird solche Durchsichtigkeit verloren.

In dieser Situation wird die Ganzheit der Synchronisierung SDH – Netzes bei der Nutzung der aufgeteilten primären geeichten PRS – Quellen besser unterstützt. Das erlaubt die Effekten „des Kaskadierens der Zeitgeberssignale“ zu beseitigen. Die Methode die aufgeteilten PRS – Signale ist im Standard Bellcore GR – 2830 – CORE beschrieben.

### 7.1.2 Betriebsregimes und Qualität der Taktquelle

Vier Standardbetriebsregimes der Taktquelle der Knoten der Synchronisierung sind vorgesehen:

- Regime des primären geeichten PRC – Zeitgebers oder Generators PEG (Masterknoten);
- Regime der zwangsweisen Synchronisierung; das ist das Regime des getriebenen aufgebenden SRC – Zeitgebers.
- Abzugregime mit der Genauigkeit des Abzuges  $5 \times 10^{-10}$  für Lokalknoten und Tagegeldern  $1 \times 10^{-9}$  und  $2 \times 10^{-8}$  entsprechend;
- Freies Regime (für Transit – und Lokalknoten) – die Genauigkeit der Unterstützung hängt von der Quelleklasse ab und kann  $1 \times 10^{-8}$  für transiten und  $1 \times 10^{-6}$  für lokalen Knoten betragen. Die Organisationen ITU – T und

ETSI haben eine Verwendung des Begriffes „Ebene der Qualität der Taktquelle“ vorgeschlagt. Diese Ebene kann als eine Mitteilung vom Status der Synchronisierung SSM durch Kopfteil des Frames STN – N gesendet sein. Dafür werden die Bits 5 -8 Byte der Synchronisierung (z.B S1) oder eine Reihenfolge der Reservebits im Frame E1 2 Mbit/S verwendet. In diesem Fall hat ein Netzelement eine Möglichkeit bei der Betriebsstörung, die Schutzzumschaltung angefordert hat, eine Mitteilung des Synchronisationssignal, der aus der Alternativstrecke renoviert ist, zu senden.

Die Moderne Managementsysteme des Netzes können bis zum 6 Ebene der Qualität der Taktquelle (Tabelle 7.1) ausnutzen.

Die Tabelle 7.1 - Mögliche Qualitätsebene der Taktquelle

Symbol	Qualitätsebene der Taktquelle
PRC oder G.811	Primärer geeichter Zeitgeber PRC, CCITT G.811
Unknown	Qualitätsebene ist unbekannt
TNC oder G.812T	Zeitgeber des Transitknotens TNC, CCITT G.812
LNC oder G.812L	Zeitgeber des Lokalknotens LNC, CCITT G.812
SETS	Zeitgeber SDH – Knoten, der mit dem Linearsignal STM – N initiativiert wird
Don't use	Für die Synchronisierungszwecke wird nicht ausgenutzt

Die Attestierung als „Qualitätsebene ist unbekannt heißt, daß der Signal der Taktquelle von der alten SDH – Anlagen bekommen ist, auf derer das Mitteilungsservice über der Synchronisierungsstatus nicht realisiert ist. Die

Mitteilung „für die Synchronisierungszwecke wird nicht ausgenutzt“ kann vom Block kommen. Der Interface STM – N dieses Blocks wird zur Zeit für die Synchronisierungszwecke ausgenutzt.

### 7.1.3 Nutzung der Weltumfassenden angeordneten Zeit

Unter Taktquelle ist die weltumfassende angeordnete Zeit UTC universellste und genaueste. Für die ihre Translation werden Satellitsysteme LORAN – C und Globalsystem der Position GPS ausgenutzt.

Die Traditionelle Empfangssysteme UTC brauchen große Kosten und werden in der Regel in den Zentren der Satellitverbindung verwendet. Aber wegen breite Entwicklung GPS wurde eine Alternative den primären geeichten Quellen PRC – Technologie der lokalen primären LPR – Etalons erarbeitet. Sie ist auf die Nutzung UTC für die Frequenznivellierung gründet. Viele sind mit der Berücksichtigung der Möglichkeit der Ansammlung der Fehler im Laufe s.g. „Kaskadieren der Zeitgeberssignale“, wann Knoten den Zeitgeberssignal nach empfangtem Signal renoviert und ihn nächstem Knoten sendet. In diesem Sinn sind Signal des Außernetzzeitgebers und Linearsignal STM – N zuverlässigste Synchronisierungsquelle.

Die Ganzheit der Synchronisierung des PDH – Netzes wurde auf der Nutzung der hierarchischen zweiweisen Synchronisierung (getriebe/führende Zeitgeber) gründet. In diesem Fall war der Durchgang der Zeitgebersignale durch Knoten durchsichtig. Im SDH – Netz, der in jedem Knoten den Zeitgebersignale aus Linearsignal STM – N renoviert, wird diese Durchsichtigkeit verloren. In dieser Situation wird die Ganzheit der Synchronisierung des SDH – Netzes besser bei der Verwendung der aufgeteilten primären geeichten PRS – Quelle unterstützt. Das erlaubt die Effekte des „Kaskadierens der Zeitgeberssignale“ zu beseitigen. Die Methode der aufgeteilten PRS ist im Standard Bellcore GR – 2830 – CORE beschrieben.

Bei der Organisation der Signalsendung werden wir die Notwendigkeit des Vorhandenseins der Alternativstrecke für die Signalerstreckung berücksichtigen.

Unten auf die Abb. ist ein Schema der Netzsynchronisierung vorgestellt. Mit der ununterbrochene Linie ist die Hauptstrecke gezeigt, mit der gestrichelte Linie ist die Reservestrecke der Sendung des Synchronisierungssignals gezeigt. Jede Kette der Synchronisierung ist mit dem Knoten versorgt, der die Synchronisierung vom Äußerquelle (PRC) bekommt. Diese Knotten heissen Master – Knotens. PRC – Quelle, die auf der Hauptstation installiert ist, ist äußerer PRC, vom deren Master – Knoten A die Synchronisierung erhält. Master – Knoten B bekommt die Synchronisierung von anderer Quelle PRC, dass große Absagestandfestigkeit sicherzustellen ermöglicht.

Vom Master – Knoten A bekommen die Synchronisierungssignale Knotens den Städten Donetsk, Mariupol, Krasnoarmejsk, Dimitrov, Makeevka, Kharzysk, Schachtarsk, Torez, Snezhnoe.

Vom Master – Knoten B bekommen die Synchronisierungssignale Knotens in den Städten Gorlovka, Enakievo, Konstantinovka, Druzhkovka, Kramatorsk, Slavyansk, Artyemovsk.

Die Reservesignale der Synchronisierung stellt Master – Knoten A die Städte Gorlovka, Enakievo, Konstantinovka, Druzhkovka, Kramatorsk, Slavyansk, Artyemovsk.

Die Reservesignale der Synchronisierung stellt Master – Knoten B die Städte Donetsk, Mariupol, Krasnoarmejsk, Dimitrov, Makeevka, Kharzysk, Schachtarsk, Torez, Snezhnoe.

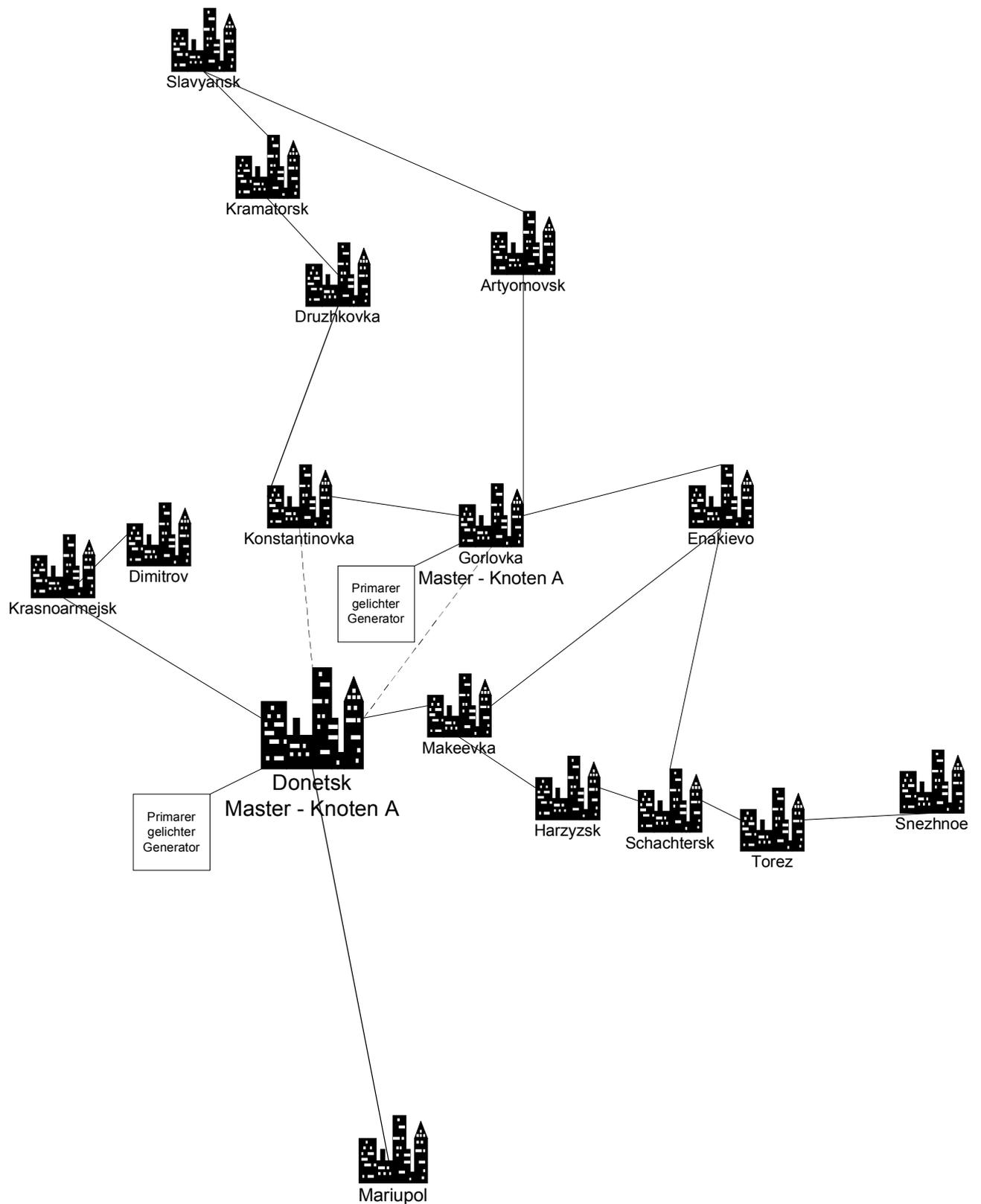


Abbildung 7.1 - Schema der Netzsynchrosierung

## 7.2 Messungen im SDH – Netz

Bei der Aufbau und dem Betrieb des Netzes auf der SDH – Technologie muss man Große Messungen auf allen seinen Ebenen durchführen.

Man muss sagen, daß SDH einen direkten Zugang zum E1 – Strom dankbar der Prozedur der Ein - /Ausführung der Ströme aus SDH – Trakten sicherstellt. Da als Hauptstrom in der Digitaltelephonie und ISDN der E1 – Strom ausgenutzt wird, müssen Operatoren der SDH – Netze keine Messungen auf allen Ebenen der PDH – Hierarchie durchführen. [10]

Zur Zeit bekommt die SDH – Technologie ganze große Anwendung für die Aufbau der modernen Digitalprimärnetze. Sie ist ziemlich neu im Praxis der ukrainischen Verbindung und braucht ein besondere Herangehen zur Durchführung der Messungen nicht nur auf der IBS – Etappe, sondern auch bei dem Netzbetrieb wegen eine Reihe der Gründe.

Erstens, befinden sich die SDH – Standarte im Entwicklungszustand, viele werden noch ausgearbeitet und detalisiert. Darum können von den vorschlagende Herstellern Anlagen nur Hauptanforderungen schon bereiten Standarten entsprechen. Für die Prüfung ihrer vollen Übereinstimmung den letzten ist eine große Arbeit auf den Etappen der Sertifikation und Einführung benötig.

Zweitens, ist die Software der Managementsysteme für die SDH – Netze Telekommunikations Managment Network – TMN, die für die automatische kontrolle und die Prüfung des Systems „von innen“ ist, in der Regel einen neu Firmenerarbeitung und darum kann Fehler beeinhalten.

Drittens, ist SDH – Technologie als PDH – Technologie komplizierter und fordert vom Betriebspersonal der tieferen Wissen. Das Erlernen der Mechanismen der Arbeit SDH und ihre Zusammenarbeit ist ohne Anwendung der Prüfungsanlagen praktisch unmöglich.

Viertens, erlaubt nur die „außerliche“ Prüfung des SDH – Systems die Durchführung der Kontrolle solche wichtige Parameter, wie Zusammenarbeit der

SDH – und PDH – Netze, wie Ebene des Bebens der Phasen des Signals (Gitter), das in der Regel wegen der Fehler in den Synchronisierungsketten entsteht.

Also, ist Hauptaufgabe auf den Etappen der Aufbau, des Anlasses und des Betriebes der SDH – Netze ihre Analyse mit den Messungsgeräten. Zur Zeit ist das einzige Weise der Errungenschaft der Hochleistungs der Arbeit SDH.

Wichtigste Messungen auf nächsten Strecken:

- Kupplung der SDH – Netze von verschiedenen Herstellern;
- Kupplung der SDH – Netze der verschiedenen Operatoren;
- Kupplung der SDH – Netze mit den PDH – Netzen;
- Verbindung der SDH – Netze durch PDH – Netz (die Aufgabe ist für die Ukraine typisch).

Unten schauen wir die Hauptschemas der Organisation der Prüfungen der verschiedenen SDH – Strecken an.

### 7.2.1 Prüfung der Multiplexeranlagen

Ein Hauptelement des SDH – Netzes ist der Multiplexer der Ein - /Ausführung (MBB). Er erstellt folgende Funktionen:

- Schaffen der Virtualcontainers, einschließlich die Unterbringung darin der nützlichen Leistung PDH (mapping) und des Kopfteiles;
- Ausgabe des PDH – Signales aus Virtualcontainer, einschließlich das Löschen aus ihn des Kopfteiles und Kompensation des gegründeten Gitters;
- Multiplexieren/Unmultiplexieren der Ströme STM – M im Strom STM – (N>M) – Kompensation der möglichen Unsynchronisierung durch die Verwendung der Register (Pointers).

Diese Funktionen bestimmen drei Schemas des Anschlusses des Messenanalysators zu den Multiplexern und entsprechend drei Hauptgruppen der

Prüfungen der SDH – Multiplexer. Die Anschlußschemas sind auf Abb. 7.2 vorgestellt.

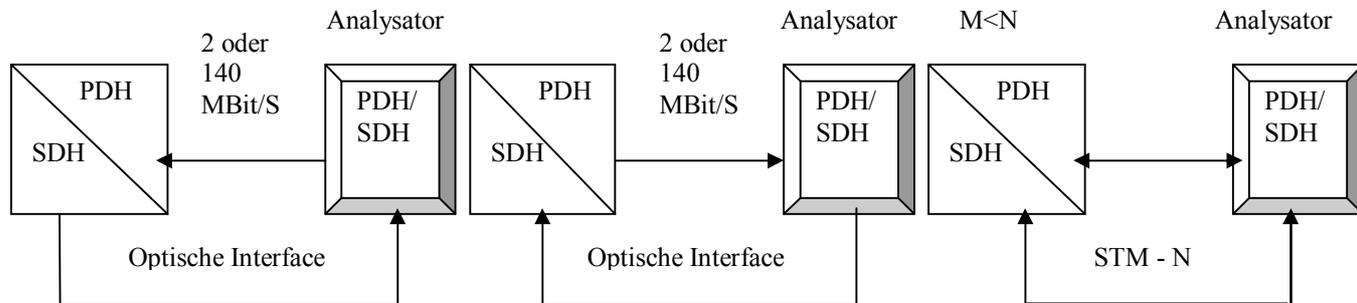


Abbildung 7.2 – Das Schema der Organisation der Multiplexermessung

Die Prüfung der Prozessen der Aufbau der Virtualcontainers (Abb 7.2, links) ist für die Feststellung der Reihe der Parameteren des Betriebes MBB (Gitter und Bitsfehler – BER (Bit Error Rate)) hätig. Man kann die Stufe seiner Kompensation künstlich dankbar der Einführung des Gitters in den Sendungstrakt feststellen. MBB soll die Unstabilität der Frequenz des sendenden Signals (ist mit PDH – Normen auf die Frequenzstabilität zuläßig) kompensieren. Dankbar der künstlichen Einführung der Unstabilität der Frequenz des sendenden Signals kann man wieder ihre Einfluß auf BER und Gitter feststellen.

Die Prüfung der Prozesse des Renovierens der Belastung PDH (Abb. 7.2, Middle) ist besonders wichtig, weil sie den Gitter hervorruft, der wesentlich auf die Qualität der Digitalkanäle der Verbindung (insbesondere auf die Größe BER) beeinflusst. In den Elementprüfungen mißt der Analysator erhaltende auf dem Ausgang aus MBB Gitter und BER. Er trägt in SDH – Kanal den beabsichtigen Fehler ein, analysiert die Reaktion der Kontrollesysteme SDH und Indikation MBB auf erhaltenden Fehler der Sendung. Wesentliche Prüfung ist auch eine Imitation im Netz der Prozesse der Unsynchronisierung. Dafür werden zusätzliche Reister (Pointers) eingetragen und werden Gitter und BER auf dem Ausgang aus MBB gemessen. Mit dieser Prüfung

wird die Effektivität des Mechanismus der Kompensation des Gitters bei der Verschiebung der Register (pointers movement) bestimmt.

Der Elementarfall der Prüfung der Prozesse der synchronen Multiplexen/Unmultiplexen der Ströme STM – N (Abb. 7.2, rechts) ist mit den Messungen BER und der Verschiebung der Register, die auf dieser Strecke entsprechen, verbunden. Aber hier sind spezifische Prüfungen vorhanden. Für die Messung der Stabilität des Betriebes des Multiplexers zu den betragenden mit dem SDH – Netz Gitter (Multiplexer muss ihn kompensieren) wird Ebene der Kompensation der Verschiebung der Register, das beabsichtigt auf seinem Eingang eingeführt wurde, auf dem Ausgang gemessen. Genauso kann man dankbar der Einführung der einige Ebene der Fehler in sendenden Signal eine Reaktion des Systems der SDH – Kontrolle und MBB – Indikation auf die reale Sendungsfehler prognosieren. Wesentlich ist die volle Prüfung, die die Unsynchronisierung der durchgehenden Ströme simuliert. Dafür wird Analysator vom MBB Synchronisiert, und die Simulation wird bei der Einführung der Unstabilität der Frequenz des kommenden Signals durchgeführt. In diesem Fall wird die Ebene der Verschiebung der Raster, das die Effektivität der Kompensation bestimmt, gemessen.

### 7.2.2 Gesamte Prüfung des SDH – Netzes

Die Hauptcharakteristiken der Analysatoren PDH/SDH.

Nach den Multiplexerprüfungen wird gesamte Prüfung des SDH – Netzes in der Regel durchgeführt. Sie beinhaltet:

- Monitoring und Sammeln der Statistik auf den Netzstrecken und Gegenüberstellung dieser Statistik mit der Statistik des Kontrollsystemes;
- Forschung der verschiedenen Mechanismen des Netzbetriebes, in erster Reihe der Mechanismen der Kompensation des Gitters bei dem Durchgehen einiger Multiplexer.

Das Netzmonitoring wird zusammen mit dem Monitoring des PDH – Systems durchgeführt. Es besteht aus dem Sammeln der Hauptparameter der Digitalisierungen, die mit den Standarten ITU – T G.821 und M.210 0empfohlen werden. Dabei kann man den Gitter auf angebener Strecke zusätzlich messen. Im Monitoringsregime wird der Analysator zum SDH – Netz mit der Hilfe der optischen Abzweiger angeschlossen und beeinflusst auf den Netzbetrieb nicht.

Die Forschung der verschiedenen Mechanismen des Netzbetriebes ist ein komplizierter Prozeß und wird mit der Besonderheit des Netzes bestimmt. Normalerweise schließt er o.g. Prüfungen und ihre kombinationen, die zu den Netzstrecken mit einigen MBB verwendet werden, ein. Auf Abb. 7.3 als Beispiel ist ein wichtiger Text, der für die Kontrolle der Kompensation mit dem Netz der Ströme der Unsynchronisierung, die in den Multiplexer ankommen, verwendet wird, angegeben. In die Kette aus einigen Multiplexer werden die Unstabilität der Frequenz des sendenden Signales (eine Imitation der Unsynchronisierung nach dem Eingangsstrom) eingetragen. Nach dem Ausgang wird der Gitter, der den geltenden Normen für den PDH – Netz entsprechen muss, gemessen.

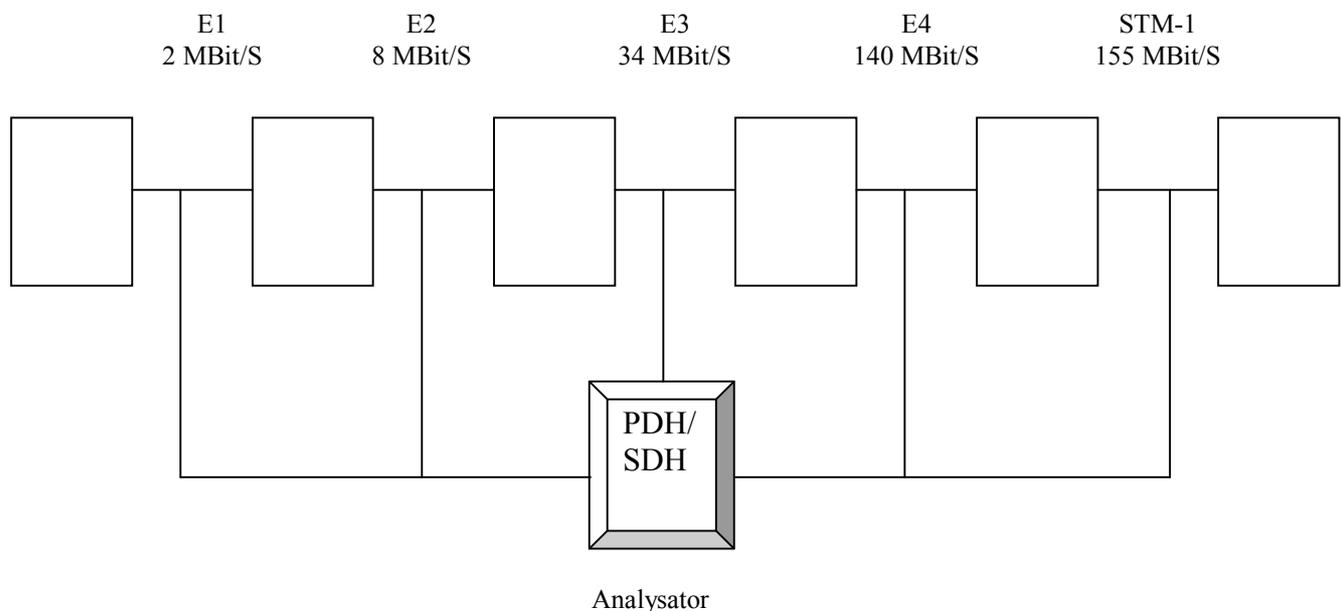


Abbildung 7.3 – Das Schema der Organisation des Betriebsmonitorings

## Besonderheiten der Messungen des Gitters in den SDH – Netzen

Die Beschreibung der Technologien der Messungen ist unvollständig, wenn wir separat eine Frage der Messung des Gitters in den SDH – Systemen nicht untersuchen. Hier muss man verschiedene Natur des Gitters in den Systemen PDH und SDH berücksichtigen.

In den PDH – Systemen entsteht der Gitter bei dem unkorrekten Betrieb der Sendungsapparaturen (z. B., Beben der Frequenz des aufgabenden Generators) oder wegen der Besonderheiten des Mediums der Sendung des Signals. Also, er hat eine physische Natur.

In den SDH – Systemen hat der Gitter eine algorithmische Entstehung. Er entsteht wie wegen der Nutzung des Mechanismus der Verschiebung der Register für die Kompensation der Unsynchronisierung des kommenden Stromes muss ein Byte des Registers (Registerverschiebung) für ihre Kompensation eingeführt oder gelöscht werden. Weil dieser Prozeß zu provisorischer Verschiebung der Belastung auf ein Byte führt, bedeutet, dass im Bezug zum Gitter sein Plätschern auf 8 UI (UI ist ein einzelnes Intervall oder Zeit, die für die Sendung des einen Bits der Information benötigt ist). Also, in den PDH – Systemen ist der Gitter konstant nach der Amplitude und in den SDH – Systemen ist er impulsiv.

Aus diesem Grund ist die Messung des Gitters in den SDH – Systemen sehr wichtig. Der Impulsgitter entsteht in den Telekommunikationen nur bei dem Übergang zur SDH – Technologie, er ist prinzipiell neuer Parameter der Messungen. Gerade nach diesem Parameter gibt es einige Differenz in den existierenden Standarten. Z. B., Norm ITU – T für den Kanal DS – 3 beträgt nicht mehr als 5 UI, aber Verschiebung der Register führt zum Plätschern auf 8 UI. Darum müssen die Multiplexeranlagen des SDH – Systemes das gebildete Plätschern des Gitters kompensieren. Die Effektivität dieser Kompensation kann mit der Hilfe der Messungen, die auf Abb. 8.3 vorgestellt sind, geprüft werden. Bei ihrer Mangelhaftigkeit können die Anlagen des Empfanges des Stromes E2 mit dem Plätschern des Gitters nicht bewältigen und dann passiert die Störung der Zyklischen Synchronisierung, die zum Verlust bis zum drei Zyklose der Information führt. Die

Normen für den Gitter in den SDH – Systemen sind in den Empfehlungen ITU – T G.958 bestimmt.

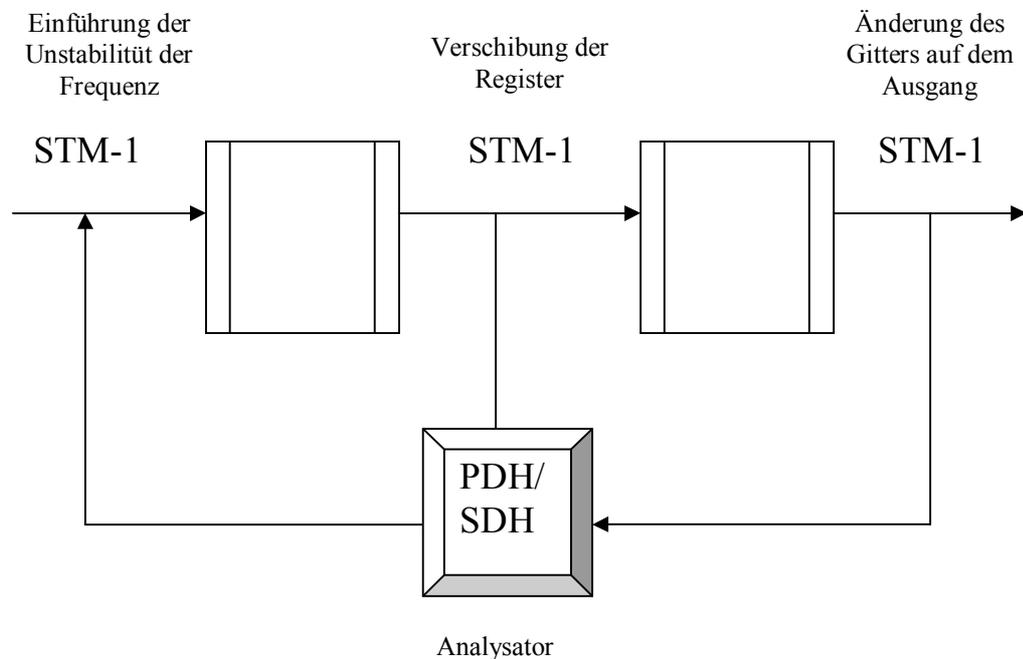


Abbildung 7.4 - Prüfung der Effektivität der Messungen

Für die Messung des Gitters in den PDH – Netzen kann man eine Methodik der Messungen mit der Datenspeicherung und der Analyse der Durchschnittgröße des Parametern ausnutzen. Solche Methodik ist in den SDH – Systemen unanwendbar, weil das Plätschern des Gitters für diese Systeme charakteristisch ist. Also, bei den Auswählen der Messanlagen muss man deutlich sich vorstellen, was für Gittertyp zu gemessen werden wird – impulsiver oder konstanter. Genau dieser prinzipieller Moment wird normalerweise verpaßt, wann Messanlagen für SDH ausgewählt werden.

Auf dem Markt sind einige Modelle der Universalanalysatoren, die die Messungen in den PDH – und SDH – Netzen führen, vorhanden. In der Tabelle sind Hauptcharakteristiken der besseren Anlagen angegeben. [10]

Die Tabelle 7.2 – Die Modelle der Analysatoren

Modelle	Hersteller	Elektrische Interface STM – 1	Optische Interface STM – 1	Optische Interface STM – 4	PDH - Messungen G.821, G.826	Analyse der Verschiebung der Register	Messungen des Gitters nach G.823 und O.171	Messungen der Taktfrequenz	Generation der Fehler
ANT-20	W&G	1	L	1	L	L	1	1	1
7900 Themis	Wavetek	1	1	1	L	1	m	1	1
37717C	HP	1	1	1	L	1	1	1	1
Interceptor 1402s	TTC	1	1	1	L	1	m	1	1
TE 860	Tekelec	1	1	1	L	1	m	1	1
CTS 750	Tektronix	1	1	1	L	1	m	1	1
MP 1550B	Anritsu	1	1	1	L	1	1	1	1
EST 2100	GN Elmi	1	1	1	L	1	m	1	1
K4312	Siemens	1	1	1	1	1	1	1	1
SunSet E50	Sunrise Telecom	1	m	m	1	m	1	1	1

Bemerkung: 1 – ja; m – nein. W&G – Wandel & Go ltermann; HP – Hewlett – Packard.

## ZUSAMMENFASSUNGEN

Als das Ergebnis der Arbeit ist das erarbeitete regionale Verbindungstransportnetz für die Bedingungen Donetsker Gebiet.

Die Technologie des Transportnetzes wurde nach der Analyse der existierenden Haupttechnologien des Aufbaus der Transportnetze (SDH, PDH, ATM) gewählt. Fürs Lösen der gestellten Aufgaben wurde die SDH - Technologie als die rationellste in den existierenden Bedingungen gewählt.

Hier wurden die zur Zeit in der Ukraine vorhandenen Transportnetze aufgrund der SDH - Technologie untersucht. Für Donetsker Gebiet ist das Problem der Aufbau des Einheitstransportnetzes immer noch nicht gelöst.

Hier wurde die Berechnung des Verkehrs für die typischen Dienste durchgeführt. Den Hauptteil der Verkehrsbelastung schaffen die Kunden der Telephonie. Aber das Wachsen des Telephonieverkehrs ist weiterhin nicht bedeutend.

Es wurde eine Netztopologie (die Zellentopologie) gewählt, die den existierenden Bedingungen am vollsten entspricht. Als das Übertragungsmedium wurde eine Verwendung des Glasfaserkabels vorgeschlagen.

Es wurde die Übersicht der SDH – Apparaturen der verschiedenen Firmen durchgeführt, es sind die Empfehlungen für Wahl der Apparaturen gegeben. Es ist die Latenzeinschätzung des Signals, der mit der Verwendung des Loyds Algorithmus erhalten ist, für die allerschlimmste Strecke durchgeführt. Die Latenz beträgt 0,075 mS. Für die SDH – Anlagen waren die Forderungen betreffend der Puffergröße vorgeschlagen. Für die Realisierung des Projektes war vorgeschlagen, Anlagen der Fa. Siemens zu verwenden. Sie ermöglicht nötige Puffergrösse und Multiplexerebene sicherzustellen.

Bei der Forschung des entwickelten Netzes waren die Floyds und Primas Algorithmen verwendet.

Es waren verschiedene Typen der Netzsynchronisation untersucht und ist der rationellste (die Synchronisation von der geeichten Primärquelle mit der Reservierung) angeboten.

Es waren die Empfehlungen nach den Messungen und den Prüfungen des entwickelten Netzes gegeben.

Das zu projektierende Netz berücksichtigt auch das Vorhandensein solcher wichtigen Richtungen der Verkehrsumstellung, wie nach der Stadt Dnepropetrowsk, die, tatsächlich, das Zentrum vom ukrainischen Internet ist, weil gerade durch diese Stadt der größte internationale Kanal aus Japan nach England, und die Richtungen nach Russland gehen. Zur Zeit ermöglicht dieses Netz den Aufbau des einheitlichen Telekommunikationsrings vom nationalen Maßstab ebenso zu nähern.

Heute stützt sich das Verbindungsdigitalsystem des Landes auf das Netz mit der Kanalumschaltung. Es ermöglicht die praktisch unbeschränkte Bandbreite den gelegten und zu legenden Lichtleitfaserkabel wirksam auszunutzen.

Außerdem ist die Zeit unweit, wenn das gebaute Netz SDH mit der Umschaltung der Kanäle den Benutzerforderungen (Miltimedialeistungen aufgrund der Technologie der Breitbanddigitalnetze mit der Bedienungsintegration) nicht entsprechen wird. In 10 – 15 Jahren (und früher) werden die vorhandenen digitale Fernsprechämter moralisch und technisch zu alt und mit IP - Router mit den optischen Interfaces ersetzt. Ihr Einsatz wird mit dem Ersatz der SDH - Anlagen in die Netze mit der Technologie des dichten Wellenmultiplexens DWDM mit Gigabiten und Terabiten Digitalströmen begleitet werden. Es wird gemeint, dass die IP - und DWDM – Technologien in der Perspektive in solches Netz unmittelbar (IP over DWDM) ohne Zwischentechnologien ATM und SDH zusammenwirken werden.

Die auszubauende im Land SDH - Verbindung und insbesondere das projektierende Netz entsprechen den internationalen Empfehlungen und den Standarten wird zum Transportmedium und ermöglicht der Ukraine in die globale weltumfassende informative Struktur zu integrieren. Der Ergebnis der Arbeit ist das erarbeitete regionale Transportnetz der Verbindung für die Bedingungen Donetsker Gebiet.

Die Technologie des Transportnetzes wurde nach der Analyse der existierenden Haupttechnologien der Aufbau der Transportnetze (SDH, PDH, ATM) gewählt. Fürs Lösen der gestellten Aufgaben wurde die SDH - Technologie wie rationalste in den existierenden Bedingungen gewählt.

Hier wurden die vorhandene zur Zeit in der Ukraine Transportnetze aufgrund der SDH - Technologie untersucht. Für Donetsker Gebiet ist das Problem der Aufbau des einheitlichen Transportnetzes immer noch nicht gelöst.

Hier wurde eine Berechnung des Trafiks für die typischen Dienste durchgeführt. Den Hauptteil der Belastung des Trafiks schaffen die Kunden der Telephonie. Aber Wachsen des Telephonietrafiks ist weiterhin nicht bedeutend.

Es wurde eine Topologie des Netzes (die Zetteltopologie) gewählt, die den am vollsten existierende Bedingungen entspricht. Als Medium der Sendungen wurde eine Verwendung des Glasfaserkabels vorgeschlagen.

Es wurde die Übersicht der SDH – Apparaturen der verschiedenen Firmen durchgeführt, es sind die Empfehlungen für Wahl der Apparaturen gegeben. Es ist die Einschätzung des Verzuges des Signales, der mit der Verwendung des Floyds Algorithmus erhalten ist, für die allerschlimmste Strecke durchgeführt. Der Verzug beträgt 0,075 mS. Für die SDH – Ausrüstungen wurden die Forderungen betreffend den Größe des Puffers vorgeschlagen. Für die Realisierung des Projektes wurde vorgeschlagen, Apparaturen der Fa. Siemens zu verwenden. Sie ermöglicht nötige Grösse des Puffers und Multiplexerebene sicherzustellen.

Bei der Forschung des entwickelten Netzes wurden die Floyds und Primas Algorithmen verwendet.

Es wurden verschiedene Typen der Synchronisation des Netzes untersucht und ist rationalstes (die Synchronisation von der primären geeichten Quelle mit der Reservierung) angeboten.

Es wurden die Empfehlungen nach den Messungen und den Prüfungen des entwickelten Netzes gegeben.

Das projektierende Netz berücksichtigt auch das Vorhandensein solcher wichtigen Richtungen der Umstellung des Trafiks, wie nach der Stadt

Dnepropetrowsk, die, tatsächlich, Zentrum ukrainisches Internetes ist, weil gerade durch diese Stadt der größte internationale Kanal aus Japan in England, und die Richtungen nach Russland geht. Zur Zeit erlaubt dieses Netz die Aufbau des einheitlichen Telekommunikationsrings des nationalen Maßstabes ebenso zu nähern.

Heute stützt sich das Digitalsystem der Verbindung des Landes auf das Netz mit der Umschaltung der Kanäle. Es erlaubt wirksam praktisch unbeschränktes Passband der gelegte und gelegende optischen Glasfaserkabel auszunutzen.

Außerdem ist jene Zeit unweit, wann das gebaute Netz SDH mit der Umschaltung der Kanäle den Forderungen der Benutzer (Miltimedialeistungen aufgrund der Technilogie der Breitbanddigitalnetze der mit der Integration der Bedienung) nicht entsprechen wird. In 10 – 15 Jahren (und früher) veralten sich vorhandene digitale Fernsprechamter moralisch und technisch werden veralten und werden mit IP-Router mit den optischen Interfaces ersetzt werden. Ihre Einführungen werden mit dem Ersatz im Netz der SDH - Ausrüstung mit der Technologie des dichten Wellenmultiplexens DWDM mit gigabiten und terabiten Digitalströmen begleitet werden. Es wird verstanden, dass die IP - und DWDM – Technologien in der Perspektive in solches Netz unmittelbar (IP over DWDM) ohne Zwischentechnologien » ATM und SDH zusammenwirken werden.

Die aubeuende im Land SDH - Verbindung und insbesondere projektierendes Netz entsprechen den internationalen Empfehlungen und den Standarten. Die aubeuende im Land SDH – Verbindung ist , wird Transportmidium und erlaubt sich der Ukraine in die globale weltumfassende informative Struktur zu integrieren

## LITERATURVERZEICHNIS

1. Назаров А. Н. Расчет структурно-сетевых параметров сетей АТМ. Москва Горячая линия – Телеком 2002, 256с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.:Питер, 2001. – 672с.
3. К. Хмелевой. Применение технологии SDH в Украине. Сети и телекоммуникации. 1 (20) ‘2002
4. Гордиенко В.Н., Ксенофонтов С.Н., Кунегин С.В., Цыбулин М.К. Современные высокоскоростные цифровые телекоммуникационные системы. Ч. 3. Группообразование в синхронной цифровой иерархии: Учебное пособие / МТУСИ. - М., 1999. - 76 с.
5. Слепов Н.Н.. Синхронные цифровые сети SDH. М. Сети и системы связи, 99. - 144 с.
6. <http://light-paladin.narod.ru/glava1.htm>. Технология SDH.
7. <http://kunegin.narod.ru/ref1/sdh/glava3.htm>. Состав сети SDH. Топология и архитектура.
8. <http://www.compress.ru/Temp/1000/index.htm>. Сергей Демидов. Технологии построения опорных сетей.
9. <http://rtmv.kuban.ru/ptl/sdh2.htm>. Синхронная цифровая иерархия SDH.
10. <http://niiits.ulsu.ru/portal/data/1417>. И. Г. Бакланов. О технологиях измерений на сетях SDH.
11. <http://kunegin.narod.ru/ref/metod/gsdh/>. Гордиенко В.Н., Ксенофонтов С.Н., Кунегин С.В., Цыбулин М.К. Современные высокоскоростные цифровые телекоммуникационные системы. Ч. 3. Группообразование в синхронной цифровой иерархии: Учебное пособие / МТУСИ. - М., 1999. - 76 с.
12. <http://www.promtel.ru/?page=decisions&action=info&id=26&PHPSESSID=6ddd1a2da458c4731d1606570de434f4>. Promtel. Технология SDH.

13. <http://www.newsystems.ru/solutions/solutions.backbone.sdh.html>.  
Транспортные сети SDH.
14. <http://www.metrotekcom.ru/catalogue/SDH/index.htm> Анализаторы SDH.
15. Wolf – Dieter Haab. Handbuch der Kommunikationsnetze. Einführung in die Grundlagen und Methoden der Kommunikationsnetze. Berlin, Springer – Verlag, 1997, 640 S.
16. <http://www.iti.fh-flensburg.de/lang/bluehome/frame.htm> Floyds Algorithmus.
17. Попов В.А., Мокрый Г.В., Воропаева В.Я. Формирование статических оптимизационных моделей сложных систем // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 25. - Донецьк-2001. С. 29-33

Anlage A - Das Verzeichnis der Empfehlungen ITU-T, der die Parameter des primären SDH - Netzes bestimmt

Die Empfehlungen nach der Stützpunktstruktur und den elektrischen Parametern der Interfaces.

G.702 Die Geschwindigkeiten der Ziffernsendung in den PDH – Systemen.

G.703 Die physischen und elektrischen Charakteristiken der Interfaces des PDH – Systems.

G.707 Die Geschwindigkeiten der Ziffernsendung in den SDH – Systemen.

G.708 Die Struktur des Interfaces das "Netz - Netz" in den SDH – Systemen.

G.709 Die Struktur des synchronen Multiplexens.

Die Empfehlungen nach den Parametern der Netzelemente des SDH – Systems.

G.781 Die Struktur der Empfehlungen nach den Parametern der Multiplexausrüstung der SDH – Systeme.

G.782 Die Typen und die Hauptcharakteristiken der Multiplexausrüstung der SDH – Systeme.

G.783 Die Charakteristiken der funktionalen Blöcke der Multiplexausrüstung der SDH – Systeme.

G.784 Die Steuerung in den SDH – Netzen.

Die Empfehlungen nach der Struktur der SDH – Netze.

G.803 Architektur des Transportnetzes aufgrund SDH.

Die Empfehlungen nach den Parametern der optischen Interfaces.

G.957 Die Parameter der optischen Interfaces der Ausrüstung und der Systeme, die von den SDH – Technologien verbunden sind.

G.958 Die Ziffernsysteme der Sendung aufgrund SDH und der Nutzung der fiber Kabel.

Die Empfehlungen nach den Parametern des Gitters und des Vanders.

G.823 Die Kontrolle der Parameter des Gitter und des Vanders in den Ziffernsystemen der Übergabe aufgrund der Hierarchie des Stroms 2048 KBit/S (PDH).

G.825 Die Kontrolle der Parameter des Gitter und des Vanders in den Ziffernsystemen der Übergabe aufgrund SDH.

Die Empfehlungen nach den Parametern der Fehler in den Systemen der SDH – Übergabe.

G.826 Die Normen auf die Parameter der Fehler in den Ziffernsystemen der Übergabe mit der Geschwindigkeit sind höher als der primäre Strom für die internationale Verbindung.

Die Empfehlungen nach den Parametern und der Struktur des Steuersystemes (TMN).

M.30 Die Prinzipien des globalen Steuersystemes (TMN).

G.773 Das Protokoll des Interfaces Q für die Steuerung der Systeme der Übergabe.

## Anlage B – Die Optimalswege

Donetsk – Mariupol.

Donetsk – Krasnoarmejsk.

Donetsk – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Donetsk – Makeevka.

Donetsk – Makeevka – Harzyzsk.

Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk.

Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk – Torez.

Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Donetsk – Konstantinovka.

Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka.

Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk.

Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk – Slavyansk.

Donetsk – Gorlovka.

Donetsk – Gorlovka – Artemovsk.

Donetsk – Gorlovka – Enakievo.

Mariupol – Donetsk.

Mariupol – Donetsk – Krasnoarmejsk.

Mariupol – Donetsk – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Mariupol – Donetsk – Makeevka.

Mariupol – Donetsk – Makeevka – Харцызк.

Mariupol – Donetsk – Makeevka – Харцызк – Schahtersk.

Mariupol – Donetsk – Makeevka – Харцызк – Schahtersk – Torez.

Mariupol – Donetsk – Makeevka – Харцызк – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Mariupol – Donetsk – Konstantinovka.

Mariupol – Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka.

Mariupol – Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk.

Mariupol – Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk – Slavyansk.

Mariupol – Donetsk – Gorlovka.

Mariupol – Donetsk – Gorlovka – Artemovsk.

Mariupol – Donetsk – Gorlovka – Enakievo.

Gorlovka – Enakievo.

Gorlovka – Enakievo – Schahtersk.

Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez.

Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez – Snezhnoe..

Головка – Donetsk.

Головка – Donetsk – Mariupol.

Gorlovka – Donetsk – Makeevka.

Gorlovka – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk.

Gorlovka – Konstantinovka.

Gorlovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk.

Gorlovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Gorlovka – Artemovsk.

Gorlovka – Artemovsk – Slavyansk.

Gorlovka – Konstantinovka – Druzhkovka.

Gorlovka – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk.

Konstantinovka – Druzhkovka.

Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk.

Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk – Slavyansk.

Konstantinovka – Krasnoarmejsk.

Konstantinovka – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Konstantinovka – Gorlovka.

Konstantinovka – Gorlovka – Artemovsk.

Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo.

Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk.

Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez.

Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Konstantinovka – Gorlovka – Donetsk.

Konstantinovka – Gorlovka – Donetsk – Mariupol.

Konstantinovka – Gorlovka – Donetsk – Makeevka.

Konstantinovka – Gorlovka – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk.

Kramatorsk – Slavyansk.

Kramatorsk – Slavyansk – Artemovsk.

Kramatorsk – Druzhkovka.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Donetsk.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Donetsk - Mariupol.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Donetsk – Makeevka.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Donetsk – Makeevka - Harzyzsk.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo –  
Schahtersk.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo –  
Schahtersk - Torez.

Kramatorsk – Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo –  
Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Artemovsk – Slavyansk.

Artemovsk – Gorlovka.

Artemovsk – Gorlovka – Enakievo.

Artemovsk – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk.

Artemovsk – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez.

Artemovsk – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Artemovsk – Gorlovka – Donetsk.

Artemovsk – Gorlovka – Donetsk – Makeevka.

Artemovsk – Gorlovka – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk.

Artemovsk – Gorlovka – Donetsk – Mariupol.

Artemovsk – Gorlovka – Konstantinovka.

Artemovsk – Gorlovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk.

Artemovsk – Gorlovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Artemovsk – Slavyansk – Kramatorsk.

Artemovsk – Slavyansk – Kramatorsk – Druzhkovka.

Slavyansk – Kramatorsk.

Slavyansk – Kramatorsk – Druzhkovka.

Slavyansk – Kramatorsk – Druzhkovka -Konstantinovka.

Slavyansk – Kramatorsk – Druzhkovka -Konstantinovka – Krasnoarmejsk..

Slavyansk – Kramatorsk – Druzhkovka -Konstantinovka – Krasnoarmejsk –

Dimitrov.

Slavyansk – Artemovsk.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka – Donetsk.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka – Donetsk – Makeevka.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka – Donetsk - Mariupol.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka – Enakievo.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez.

Slavyansk – Artemovsk – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez –  
Snezhnoe.

Druzhkovka – Kramatorsk.

Druzhkovka – Kramatorsk – Slavyansk.

Druzhkovka – Konstantinovka.

Druzhkovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk.

Druzhkovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Druzhkovka – Konstantinovka – Donetsk.

Druzhkovka – Konstantinovka – Donetsk – Mariupol.

Druzhkovka – Konstantinovka – Donetsk – Makeevka.

Druzhkovka – Konstantinovka – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk.

Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka.

Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Artemovsk.

Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo.

Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk.

Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez.

Druzhkovka – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo – Schahtersk – Torez –  
Snezhnoe.

Enakievo – Schahtersk.

Enakievo – Schahtersk – Torez.

Enakievo – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Enakievo – Schahtersk – Harzyzsk.

Enakievo – Gorlovka.

Enakievo – Gorlovka – Donetsk.

Enakievo – Gorlovka – Donetsk – Makeevka.

Enakievo – Gorlovka – Donetsk – Mariupol.

Enakievo – Gorlovka – Artemovsk.

Enakievo – Gorlovka – Artemovsk – Slavyansk.

Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka.

Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk.

Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka – Druzhkovka.

Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk.

Harzyzsk – Schahtersk.

Harzyzsk – Schahtersk – Torez.

Harzyzsk – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Harzyzsk – Schahtersk – Torez – Enakievo.

Harzyzsk – Makeevka.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Mariupol.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Krasnoarmejsk.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Gorlovka.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Gorlovka – Artemovsk.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Gorlovka – Artemovsk – Slavyansk.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Konstantinovka.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka.

Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka –  
Kramatorsk.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Torez.

Snezhnoe – Torez.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Harzyzsk.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Mariupol.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk –  
Krasnoarmejsk.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk –  
Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Enakievo.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Artemovsk.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Artemovsk –  
Slavyansk.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka –  
Druzhkovka.

Snezhnoe – Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka –  
Druzhkovka – Kramatorsk.

Torez – Schahtersk – Torez.

Torez – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Torez – Schahtersk – Harzyzsk.

Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka.

Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk.

Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Mariupol.

Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Krasnoarmejsk.

Torez – Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Krasnoarmejsk –  
Dimitrov.

Torez – Schahtersk – Enakievo.

Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka.

Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Artemovsk.

Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Artemovsk – Slavyansk.

Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka.

Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka – Druzhkovka.

Torez – Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka – Druzhkovka –  
Kramatorsk.

Schahtersk – Torez.

Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Schahtersk – Harzyzsk.

Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka.

Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk.

Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Mariupol.

Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Krasnoarmejsk.

Schahtersk – Harzyzsk – Makeevka – Donetsk – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Schahtersk – Enakievo.

Schahtersk – Enakievo – Gorlovka.

Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Artemovsk.

Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Artemovsk – Slavyansk.

Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka.

Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka – Druzhkovka.

Schahtersk – Enakievo – Gorlovka – Konstantinovka – Druzhkovka –

Kramatorsk.

Dimitrov – Krasnoarmejsk.

Dimitrov – Krasnoarmejsk - Donetsk.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk –

Torez.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk –

Torez - Snezhnoe.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Konstantinovka.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Druzhkovka.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk –

Slavyansk.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Gorlovka.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Gorlovka – Artemovsk.

Dimitrov – Krasnoarmejsk – Donetsk – Mariupol.

Krasnoarmejsk - Dimitrov.

Krasnoarmejsk - Donetsk.

Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka.

Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk.

Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk.

Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk – Torez.

Krasnoarmejsk – Donetsk – Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk – Torez -  
Snezhnoe.

Krasnoarmejsk – Konstantinovka.

Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Druzhkovka.

Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk.

Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk – Slavyansk.

Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Gorlovka.

Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Gorlovka – Enakievo.

Krasnoarmejsk – Konstantinovka – Gorlovka – Artemovsk.

Krasnoarmejsk – Donetsk – Mariupol.

Makeevka – Donetsk.

Makeevka – Donetsk – Mariupol.

Makeevka – Harzyzsk.

Makeevka – Harzyzsk - Schahtersk.

Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk – Torez.

Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk – Torez – Snezhnoe.

Makeevka – Harzyzsk – Schahtersk – Enakievo.

Makeevka – Donetsk – Krasnoarmejsk.

Makeevka – Donetsk – Krasnoarmejsk – Dimitrov.

Makeevka – Donetsk – Gorlovka.

Makeevka – Donetsk – Gorlovka – Artemovsk.

Makeevka – Donetsk – Gorlovka – Artemovsk – Slavyansk.

Makeevka – Donetsk – Konstantinovka.

Makeevka – Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka.

Makeevka – Donetsk – Konstantinovka – Druzhkovka – Kramatorsk.

## Anlage C - Das Listing des Programms der Berechnung des Traffiks

```

Program Kursovoj;
uses crt;
var i,j,k:byte;
    G,R1,Kr,Ki,Kn:array[1..20,1..20]of real;
    R:array[1..20,1..20]of integer;
    N:array[1..20,1..20]of real;
    Bm:array[1..20]of real;
    L,Q,G1:array[1..20]of real;
    p:real;
    fl:text;
begin
assign(fl,'e:\univer\tp7\diplom.rez');
rewrite(fl);
clrscr;
    Bm[1]:=64000;Bm[2]:=2*1E6;Bm[3]:=2*1E6;
{Donezk} N[1,1]:=1049000; N[1,2]:=420000;N[1,3]:=2800;N[1,4]:=1200;
{Mariopol} N[2,1]:=490000;N[2,2]:=196000;N[2,3]:=1200;N[2,4]:=300;
{Gorlovka} N[3,1]:=300000;N[3,2]:=120000;N[3,3]:=600;N[3,4]:=50;
{Konst-ka} N[4,1]:=95000;N[4,2]:=38000;N[4,3]:=600;N[4,4]:=20;
{Kram-sk} N[5,1]:=185000;N[5,2]:=74000;N[5,3]:=800;N[5,4]:=35;
{Artemsk} N[6,1]:=85000;N[6,2]:=34000;N[6,3]:=600;N[6,4]:=15;
{Slavnsk} N[7,1]:=126000;N[7,2]:=50000;N[7,3]:=800;N[7,4]:=25;
{Drugkovka} N[8,1]:=58000;N[8,2]:=23000;N[8,3]:=600;N[8,4]:=10;
{Enakievo} N[9,1]:=105000;N[9,2]:=42000;N[9,3]:=700;N[9,4]:=20;
{Harzyzsk} N[10,1]:=66000;N[10,2]:=26000;N[10,3]:=600;N[10,4]:=10;
{snegnoe} N[11,1]:=61000;N[11,2]:=24000;N[11,3]:=600;N[11,4]:=10;
{Torez} N[12,1]:=77000;N[12,2]:=31000;N[12,3]:=600;N[12,4]:=10;
{Shahtersk} N[13,1]:=66000;N[13,2]:=26000;N[13,3]:=600;N[13,4]:=10;

```

```

{Dimitrov} N[14,1]:=58000;N[14,2]:=23000;N[14,3]:=600;N[14,4]:=10;
{Krarnejsk} N[15,1]:=69000;N[15,2]:=27000;N[15,3]:=600;N[15,4]:=10;
{Makeevka} N[16,1]:=384000;N[16,2]:=154000;N[16,3]:=1000;N[16,4]:=250;
  L[1]:=0.4;L[2]:=0.2;L[3]:=0.02;
  {=====}
for i:=1 to 16 do begin;
  for j:=2 to 4 do begin
    G[i,j-1]:=Bm[j-1]*N[i,j]*L[j-1]*0.2;
    G1[i]:=G1[i]+G[i,j-1];
    write(fl,g[i,j-1]:15,' ');
  end;
  writeln(fl);
end;
writeln(fl);
{=====}
{R[1,1]:=0;R[1,2]:=100;R[1,3]:=40;R[1,4]:=55;R[1,5]:=90;
R[2,1]:=100;R[2,2]:=0;R[2,3]:=140;R[2,4]:=155;R[2,5]:=190;
R[3,1]:=40;R[3,2]:=140;R[3,3]:=0;R[3,4]:=35;R[3,5]:=70;
R[4,1]:=55;R[4,2]:=155;R[4,3]:=35;R[4,4]:=0;R[4,5]:=35;
R[5,1]:=90;R[5,2]:=190;R[5,3]:=70;R[5,4]:=35;R[5,5]:=0;
R[6,1]:=0;R[6,2]:=100;R[1,3]:=40;R[1,4]:=55;R[1,5]:=90;
R[7,1]:=100;R[7,2]:=0;R[2,3]:=140;R[2,4]:=155;R[2,5]:=190;
R[8,1]:=40;R[8,2]:=140;R[3,3]:=0;R[3,4]:=35;R[3,5]:=70;
R[9,1]:=55;R[9,2]:=155;R[4,3]:=35;R[4,4]:=0;R[4,5]:=35;
R[10,1]:=90;R[10,2]:=190;R[5,3]:=70;R[5,4]:=35;R[5,5]:=0;
R[11,1]:=0;R[11,2]:=100;R[1,3]:=40;R[1,4]:=55;R[1,5]:=90;
R[12,1]:=100;R[12,2]:=0;R[2,3]:=140;R[2,4]:=155;R[2,5]:=190;
R[13,1]:=40;R[13,2]:=140;R[3,3]:=0;R[3,4]:=35;R[3,5]:=70;
R[14,1]:=55;R[14,2]:=155;R[4,3]:=35;R[4,4]:=0;R[4,5]:=35;
R[15,1]:=90;R[15,2]:=190;R[5,3]:=70;R[5,4]:=35;R[5,5]:=0;

```

```

R[16,1]:=0;R[16,2]:=100;R[1,3]:=40;R[1,4]:=55;R[1,5]:=90;
R[17,1]:=100;R[17,2]:=0;R[2,3]:=140;R[2,4]:=155;R[2,5]:=190;
R[18,1]:=40;R[18,2]:=140;R[3,3]:=0;R[3,4]:=35;R[3,5]:=70;
R[19,1]:=55;R[19,2]:=155;R[4,3]:=35;R[4,4]:=0;R[4,5]:=35;
R[20,1]:=90;R[20,2]:=190;R[5,3]:=70;R[5,4]:=35;R[5,5]:=0;}
for i:=1 to 16 do
  for j:=1 to 16 do
    begin
      if i<>j then R[i,j]:=1
      else R[i,j]:=0;
      end;
    {=====}
  {
    for i:=1 to 20 do begin
      for j:=1 to 20 do begin
        if R[i,j]<>0
        then R1[i,j]:=1/R[i,j];
        end;
      end;}
for i:=1 to 20 do begin
  for j:=1 to 20 do begin
    if i<>j then q[i]:=q[i]+R1[i,j];

    end;
  end;
}
for i:=1 to 16 do begin
  for j:=1 to 16 do begin
    Kr[i,j]:=1;{R1[i,j]/Q[i];}
    write(f1,Kr[i,j]:5:3,' ');
  end;
end;

```

```

    writeln(f1);
end;
writeln(f1);
writeln(f1);
for i:=1 to 16 do begin
    p:=0;
    for j:=1 to 16 do begin
        if i<>j then p:=p+G1[j];
    end;
    for k:=1 to 16 do begin
        if k<>i then Kn[i,k]:=G1[k]/p;
        write(f1,Kn[i,k]:5:3,' ');
        end;
        writeln(f1);
    end;
    writeln(f1);
for i:=1 to 16 do begin
    p:=0;
    for j:=1 to 16 do
        if i<>j then p:=p+Kr[i,j]*Kn[i,j];
    for k:=1 to 16 do begin
        Ki[i,k]:=Kn[i,k]*Kr[i,k]/p;
        write(f1,Ki[i,k]:5:3,' ');
        end;
        writeln(f1);
    end;
    writeln(f1);
{=====
====}
Writeln(f1);

```

```
for i:=1 to 16 do begin
  for j:=1 to 16 do begin
    Ki[i,j]:=Ki[i,j]*G1[i]/0.78;
    write(f1,Ki[i,j]:13,' ');
  end;
  writeln(f1);
end;
readln;
close(f1);
end.
```