Раздел I
СЕТИ СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Глава 1
ЕДИНАЯ СЕТЬ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ РФ

1.1. Общие положения

В настоящее время связь в Российской Федерации функционирует и развивается в соответствии с Федеральными законами “О связи” от 7 июля 2003 года [1]. Политика государства в области связи направлена на поддержание уровня работы отрасли связи, необходимого для обеспечения управления страной, функционирования экономики, поддержания обороноспособности и создание технико-экономических предпосылок для последующего развития отрасли до показателей, обеспечивающих вхождение российской федеральной связи в мировое телекоммуникационное пространство.

Направления совершенствования Единой сети электросвязи (ЕСЭ) РФ (прежнее наименование ВСС – Взаимоувязанная сеть связи РФ) отражены в документах Министерства по связи и информатизации РФ, определяющих стратегию научно-технического, производственно-технологического и экономического развития федеральной электросвязи в современных условиях [10].

Сущность современных условий заключается в образовании вместо Единой автоматизированной системы связи бывшего СССР отдельных национальных сетей электросвязи бывших союзных республик и Единой сети электросвязи России, отказе государства от монополии в предоставлении услуг связи и появлении новых сетей различных форм собственности, конкурирующих операторов связи. Федеральным законом “О связи” определено, что сети и средства связи в РФ могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов РФ, муниципальной собственности, а также в собственности физических и юридических лиц. Перечень сетей и средств связи, находящихся в федеральной собственности, определяется законодательством РФ.

1.2. Структура связи Российской Федерации

Федеральная связь РФ представляет собой совокупность различных органов, организаций и субъектов, осуществляющих электрическую и почтовую связь на территории РФ. Она предназначена для удовлетворения потребностей населения, органов государственной власти и управления, обороны, безопасности, правопорядка, а также хозяйствующих субъектов в услугах электрической и почтовой связи.

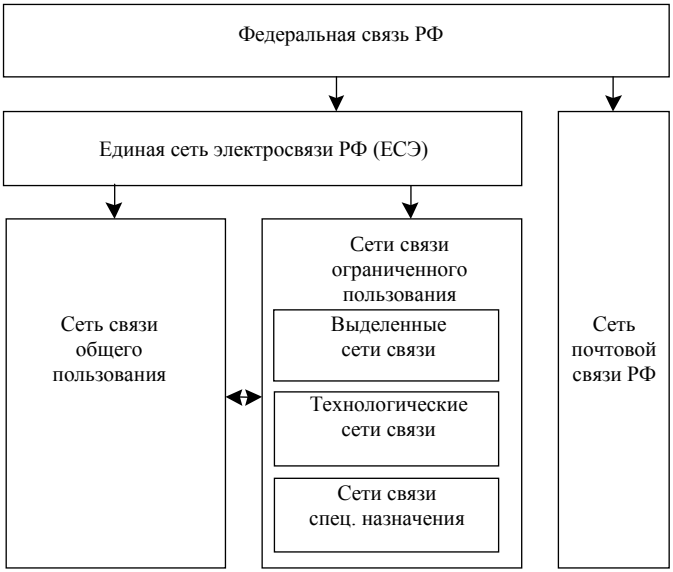

Рис. 1.1

Материально техническую основу федеральной связи составляет Единая сеть электрической связи (в дальнейшем Единая сеть электросвязи – ЕСЭ) РФ и сеть почтовой связи РФ (рис.1.1).

Электросвязь – это всякая передача или прием знаков, сигналов, голосовой информации, письменного текста, изображений, звуков по проводной, радио, оптической и другим электромагнитным средам или системам.

Сети электросвязи являются основой (транспортной средой) электрических информационных систем.

Единая сеть электросвязи РФ – это комплекс технологически сопряженных сетей электросвязи различных категорий на территории РФ. Составными элементами ЕСЭ РФ являются сеть связи общего пользования и сети связи ограниченного пользования, куда входят: выделенные сети связи; технологические сети связи; сети связи специального назначения.

Сеть связи общего пользования (ССОП) – предназначена для предоставления услуг электросвязи всем пользователям на территории РФ. ССОП представляет собой комплекс взаимосвязанных сетей электросвязи, включая сети связи для распространения программ телевидения и радиовещания. Она отличается широкой разветвлённостью, охватывает всю территорию страны, обслуживает основной контингент населения, органы управления хозяйствующих субъектов, а также любых других потребителей без каких-либо ограничений. Сети связи общего пользования, обладая наибольшей устойчивостью, обеспечивают интегральные

потребности внутри страны, а также имеют присоединение к сетям связи общего пользования иностранных государств.

Выделенные сети связи – это сети, предназначенные для предоставления возмездных услуг электросвязи ограниченному кругу пользователей или групп пользователей. Выделенные сети связи могут взаимодействовать между собой, но не имеют присоединения к сети связи общего пользования РФ и к сетям общего пользования иностранных государств.

Технологические сети связи предназначены для обеспечения внутрипроизводственной деятельности организаций, управления производственным процессом. Технологические сети связи не могут использоваться для оказания возмездных услуг электросвязи. При наличии свободных ресурсов части технологических сетей связи могут быть присоединены к ССОП с переводом в категорию ССОП. Эти части должны иметь возможность технического отделения от общей технологической сети связи организации. В случае использования технологической сети связи для оказания возмездных услуг ограниченной группе пользователей без присоединения к ССОП эта сеть переходит в категорию выделенной сети связи.

Сети связи специального назначения предназначены для обеспечения нужд государственного управления, обороны, безопасности и охраны правопорядка. Эти сети не могут использоваться для оказания возмездных услуг связи, если иное не предусмотрено законодательством РФ. При недостаточности ресурсов этих сетей им предоставляется приоритетное право на использование на возмездной основе услуг связи любых операторов связи независимо от их функционально-правовой формы и категорий сетей связи.

Следует отметить, что сети ограниченного пользования, входящие в ЕСЭ, взаимодействуют с сетями общего пользования и между собой с целью выполнения общих задач в направлениях: аренды каналов, создания обходных направлений для взаимного повышения надежности сетей, обеспечения общего и взаимосогласованного управления сетями, использования общего канального ресурса сетей в условиях чрезвычайных ситуаций и в особый период, организации связи отдельных абонентов сетей ограниченного пользования с абонентами сетей общего пользования.

Общий признак сетей ЕСЭ – охват их единым централизованным управлением. Сети ЕСЭ базируется на принципе организационно-технического единства, заключающегося в проведении единой технической политики, применении единого комплекса максимально унифицированных технических средств, единой номенклатуры типовых каналов и сетевых трактов, построении системы управления. Все сети, входящие в ЕСЭ, должны удовлетворять единым требованиям по построению, управлению, нумерации, оказанию услуг связи, организационно-техническому обеспечению функционирования сети, в том числе в чрезвычайных условиях, защиты сетей связи от несанкционированного доступа к ним и передаваемой по ним информации.

1.3. Организационно–техническое построение ЕСЭ РФ

В соответствии с рекомендациями международного Союза электросвязи (МСЭ) национальные телекоммуникационные сети должны строиться по иерархической структуре. В таких сетях размещение узловых станций должно обеспечивать максимальную потребность (с перспективой) в каналах передачи как внутри страны, так и в международных связях. Пример рекомендуемой иерархической структуры сети показан на рис. 1.2.

Современное построение ЕСЭ имеет иерархическую структуру, включающую три уровня (рис. 1.3). Первый уровень – первичная сеть, второй уровень – вторичные сети, третий уровень образуют системы (службы) электросвязи определенного вида в зависимости от видов предоставляемых абонентам услуг.

Первичная сеть ЕСЭ представляет собой совокупность типовых физических цепей, типовых сетевых трактов и каналов передачи, образованных на базе сетевых узлов, сетевых станций, оконечных устройств этой сети и соединяющих их линий передачи.

На основе типовых каналов и физических цепей первичной сети организуются различные вторичные сети электросвязи.

Сеть связи вторичная – это совокупность линий и каналов, образованных на базе первичной сети, станций и узлов переключений, предназначенная для распределения (коммутации) и передачи сообщений определенного вида от источников к получателям (между пользователями сети).

Границами вторичной сети являются стыки этой сети с абонентскими оконечными устройствами (терминалами).

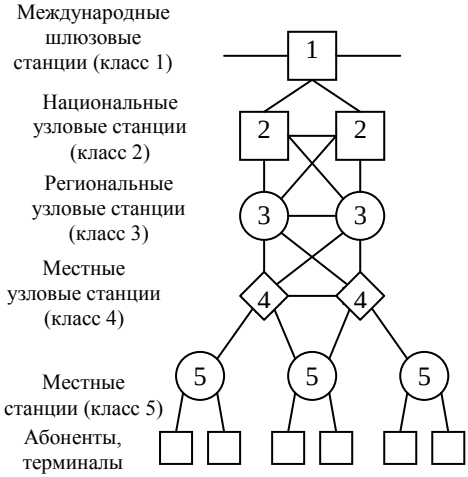

Рис. 1.2

Вторичная сеть называется в зависимости от основного вида электросвязи: телефонная, телеграфная, передачи данных, передачи газет, звукового вещания, телевизионного вещания.

На базе вторичных сетей организуются *системы электросвязи,* представляющие собой комплекс технических средств осуществляющих электросвязь определенного вида, и включающие в себя соответствующую вторичную сеть, коммутационные устройства, оконечные устройства и подсистемы: нумерации, сигнализации, учета

Рис.1.3

стоимости и расчета с абонентами, технического обслуживания и управления. Система электросвязи может включать в себя одну или несколько служб электросвязи и одну или несколько сетей электросвязи.

Служба электросвязи – это организационно-техническая структура на базе сети связи (или совокупности сетей связи), обеспечивающая обслуживание связью пользователей с целью удовлетворения их потребностей в определенном наборе услуг электросвязи.

По территориальному признаку и назначению первичные и вторичные сети подразделяются на магистральную (междугородную – для вторичных сетей), внутризоновые (зоновые) и местные сети, а также международные сети.

Магистральные сети связи – технологически сопряженные междугородные сети электросвязи, образуемые между столицей России и центрами субъектов Федерации, а также между центрами субъектов Федерации.

Зоновые (региональные) сети связи – технологически сопряженные междугородные сети электросвязи, образуемые в пределах территории одного или нескольких субъектов Федерации.

Местные сети связи – технологически сопряженные сети электросвязи, образуемые в пределах административной или определенной по иному принципу территории. Местные сети подразделяются на городские и сельские.

Международные сети связи – технологически сопряженные с сетями связи иностранных государств сети электросвязи, находящиеся в ведении хозяйствующих субъектов, которым предоставлены права международных операторов.

Все службы и сети ЕСЭ управляются соответствующими системами управления, обеспечивающими выполнение определенных требований в части устойчивости функционирования и предоставления услуг.

В настоящее время в структуру ЕСЭ входят следующие системы (службы) электросвязи общего пользования: телефонной связи (СТфС), телеграфной связи (СТгС), факсимильной связи (СФС), передачи газет (СПГ), передачи данных (СПД), распределения программ звукового вещания (СРПЗВ), распределения программ телевизионного вещания (СРПТВ).

1.4. Сообщения и первичные сигналы электросвязи

Сообщение – это информация, передаваемая с помощью электромагнитных сигналов средствами электросвязи.

Сообщения, передаваемые по сетям электросвязи, классифицируются по следующим признакам: виду электросвязи, форме носителя информации, виду первичного сигнала электросвязи, классу важности.

По виду электросвязи различают сообщения: телефонные, телеграфные, передача данных (данные), передача газет, звуковое вещание, телевизионное вещание и т.д.

По форме носителя информации сообщения различают: звуковые (аудио) – речь, музыка; документальные – текст, графический материал (рисунки, чертежи, рукописи, фотографии); неподвижные изображения; подвижные изображения (видеосообщения); мультимедиа, которые используют более одного носителя информации (например, звук + документ + видео).

Перечисленные сообщения не могут быть переданы по сетям электросвязи без предварительного преобразования в соответствующие электрические сигналы, называемые первичными сигналами электросвязи.

Первичный сигнал электросвязи – это электрический сигнал, отображающий сообщение. Он получается путем преобразования сообщения соответствующим устройством: микрофоном телефонного аппарата, телеграфным аппаратом, факсимильным аппаратом, аппаратом передачи газет, передающей телевизионной трубкой, видеокамерой, телекамерой, микрофоном звукового вещания. Все перечисленные устройства имеют передающую часть (передатчик), преобразующую сообщение в первичный электрический сигнал и приемную часть (приемник), преобразующую принятый электрический сигнал в сообщение. Эти устройства называются источниками информации и приемниками информации или оконечными устройствами (абонентскими терминалами) соответствующих сетей электросвязи.

По виду сигнала, поступающего от оконечного устройства, сообщения делятся на непрерывные (аналоговые) и дискретные (в том числе цифровые). К непрерывным сигналам относятся телефонные, факсимильные сообщения, передача газет, телевизионного и звукового вещания, к дискретным (цифровым) – телеграфные, данные и др.

В свою очередь аналоговые сигналы отличаются по ширине их частотного спектра, а дискретные (цифровые) – по скорости передачи. Аналоговые сигналы при необходимости (например, для передачи по цифровым каналам) могут преобразовываться в цифровой вид и обратно.

Вид первичного сигнала должен соответствовать типу предоставляемого для его передачи канала, организуемого в той или иной сети связи и системе передачи.

Если полоса частот или скорость передачи сигналов, поступающих от оконечных устройств (источников информации) не соответствуют типовым каналам передачи ЕСЭ, то первичные сигналы электросвязи должны быть соответствующим образом преобразованы для согласования их с типовыми каналами. После преобразования эти сигналы называются канальными сигналами

Телефонные сигналы могут передаваться аналоговыми и цифровыми методами. Полоса частот, отводимая для передачи речи при аналоговом методе, составляет 0,3…3,4 кГц, а скорость передачи речи при цифровых методах составляет от 2,4 до 64 кбит/с в зависимости от применяемых речепреобразующих устройств.

Сигналы документальных сообщений имеют широкий диапазон скоростей: от 50 бит в секунду (Бод) для телеграфных сообщений до десятков мегабит в секунду для высокоскоростной передачи других сообщений и данных.

В каналах мультимедиа передается одновременно несколько видов сообщений обычно с помощью персонального компьютера и для них требуется широкополосные (высокоскоростные) каналы передачи – от 155 Мбит/с и более.

Сигналы звукового (ЗВ) и телевизионного (ТВ) вещания представляют собой законченную в тематическом отношении информацию, адресованную широкому кругу слушателей. Эта информация образует программу ЗВ или ТВ. Необходимые полосы частот или скорости передачи составляют 10…15 кГц (180…200 кбит/с) для ЗВ и порядка 6,0 МГц (до 600 Мбит/с) – для программ ТВ.

Сообщения, передаваемые в ЕСЭ в реальном масштабе времени, в зависимости от степени важности содержащейся в них информации, подразделяются на три класса. *Класс важности* требует определенной степени надежности соединения при передаче этого сообщения: для передачи сообщений I класса должна быть обеспечена наивысшая надежность соединений, II класса – повышенная надежность соединения. При сообщениях III класса повышенные требования к надежности соединения не предъявляются. Соединения, обеспечивающие передачу сообщений различных классов, характеризуются показателями надежности, которые определяются по двум критериям – сбою и отказу.

Сбоем для аналоговых трактов и каналов считается перерыв связи (снижение уровня сигнала на 18 дБ и более) длительностью от 300 мс до 10 с.

Отказом считается перерыв связи более 10 с.

Для каналов радиорелейных (РРЛ), тропосферных (ТРЛ) и спутниковых (СЛ) линий перерыв связи фиксируется, кроме того, и при повышении шумов в полосе канала ТЧ свыше 10^6 пВт0 (при времени интеграции 5 мс).

В цифровых каналах и трактах надежность оценивается по критерию *отказа* – перерыв связи более 10 с. Этот перерыв относится к периоду неготовности, который определяется либо пропаданием сигнала, либо начинается когда коэффициент ошибок в каждой из 10 последовательных секунд превышает значение 10^{-3} (эти секунды учитываются в период неготовности) и заканчивается, когда в каждой из 10 последовательных секунд коэффициент ошибок меньше значения 10^{-3} (эти секунды учитываются в период готовности).

Показатели надежности соединений должны обеспечиваться совокупностью мероприятий, основными из которых являются: передача сообщений по каналам, организованным с помощью технических средств, обладающих высокими надежностными характеристиками; создание сетей некоммутируемых каналов; передача сообщений одновременно по нескольким путям; создание системы резервирования и организация обходных путей.

Для передачи сообщений I класса должна обеспечиваться организация трех независимых путей между сетевыми узлами (узлами привязки), к которым подключен арендатор каналов. Для передачи сообщение II класса необходимо иметь два независимых пути между узлами привязки либо один путь с использованием системы резервирования. Для передачи сообщений III класса достаточно одного пути между узлами привязки. Эти требования должны учитываться при проектировании и создании сетей связи.

Таблица 1.1

Показатели надежности соединения	Значение показателя для класса сообщений		
	I	II	III
Коэффициент готовности не менее	0,999	0,99	0,9
Среднее время между сбоями, ч, не менее	350	40	5
Среднее время между перерывами, ч, не менее (продолжительность перерывов τ)	1200 (τ = 30 с)	350 (τ = 10 мин)	40 (τ = 3,5 ч)
Среднее время восстановления после сбоя, мин, не более	10	12	24
Среднее время восстановления после перерыва мин, не более	36	165	210

В таблице 1.1 приведены показатели надежности соединения, которые должны обеспечиваться при организации на сети каналов передачи сообщений I класса не менее трех путей, II класса – двух путей или одного пути при использовании резервирования каналов или трактов, III класса – одного пути.

Для отдельных потребителей каналов могут предусматриваться дополнительные мероприятия, обеспечивающие требуемые показатели надежности.

1.5. Каналы передачи и каналы электросвязи ЕСЭ

На первичной сети организуется и передается во вторичные сети единая номенклатура типовых сетевых трактов и каналов передачи с нормализованными (стандартизированными) параметрами, что позволяет добиться: организационно-технического единства построения и функционирования первичных и вторичных сетей ЕСЭ РФ; сопряжения каналов и трактов, образованных системами передачи первичных сетей общего пользования и ограниченного пользования.

Канал передачи – комплекс технических средств и среды распространения, обеспечивающий передачу сигнала электросвязи в полосе частот или со скоростью передачи, характерных для данного канала передачи, между сетевыми станциями, сетевыми узлами или между сетевой станцией и сетевым узлом, а также между сетевой станцией или сетевым узлом и оконечным устройством первичной сети.

Групповые тракты организуются с помощью технических средств одной системы передачи для передачи сигналов электросвязи нормализованного числа аналоговых или цифровых каналов в нормализованной для него полосе частот (в АСП) или с нормализованной скоростью передачи (в ЦСП).

Сетевые тракты организуются на основе одного или нескольких последовательно соединенных групповых трактов. В зависимости от методов передачи сигналов электросвязи сетевые тракты и каналы передачи называются аналоговые, цифровые или смешанные (аналого-цифровые).

Аналоговые сетевые тракты создаются на основе типовых групповых трактов аналоговых систем передачи с помощью включаемой на вход и выход группового тракта аппаратуры образования сетевого тракта (АОСТ). На базе соответствующих сетевых трактов с помощью аппаратуры формирования широкополосных каналов (АФШК) организуются широкополосные каналы передачи (ШК). Процесс формирования трактов и каналов в аналоговой сети показан на рис. 1.4, где КОА – каналообразующая аппаратура аналоговых систем передачи, которая образует типовые групповые тракты и каналы ТЧ.

На первичной аналоговой сети связи организуются и представляются во вторичные сети следующие *типовые каналы передачи и сетевые тракты*:

канал тональной частоты (ТЧ) с полосой частот 0,3…3,4 кГц;

предгрупповой тракт с полосой частот 12,3…23,4 кГц и на его базе широкополосный канал с шириной полосы 12 кГц (ШК-12);

первичный групповой тракт с полосой частот 60,6…107,7 кГц и ШК-48;-

вторичный групповой тракт с полосой частот 312,3…551,4 кГц и ШК-240;

третичный групповой тракт с полосой частот 812,3…2043 кГц и ШК-1200.

Кроме того, для передачи сигналов звукового вещания (ЗВ) или звукового сопровождения телевизионных программ (ЗС) организуются каналы ЗВ с полосой

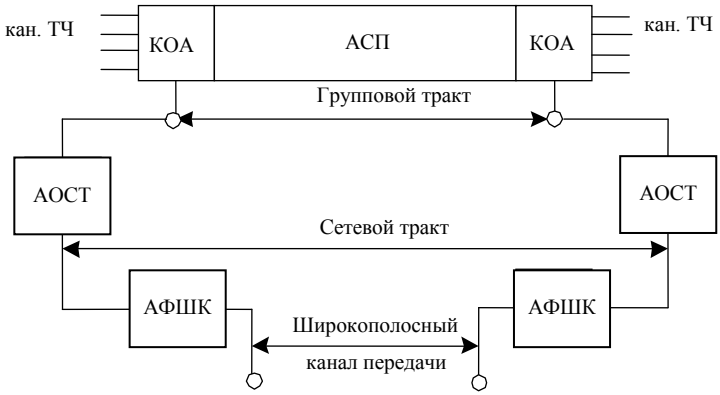

Рис. 1.4

частот 0,01…15,0 кГц (высшего класса), 0,05…10,0 кГц (первого класса), 0,05…6,4 кГц (второго класса), а для передачи полного цветного изображения телевизионного вещания (ТВ) – канал ТВ с полосой частот 0,05…6000 кГц.

Более подробно процесс формирования аналоговых трактов и каналов передачи описан в главе 5.

Цифровые сетевые тракты и каналы передачи организуются в первичных сетях с помощью цифровых систем передачи (ЦСП) или оптических систем передачи (ОСП).

До недавнего времени использовались в основном ЦСП плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ) в соответствии с рекомендацией G-702 МСЭ-Т. С помощью ПЦИ на сетях организуются следующие *цифровые типовые сетевые тракты и каналы передачи*:

основной цифровой канал (ОЦК) со скоростью передачи 64 кбит/с;

первичный цифровой тракт (канал) со скоростью передачи 2048 кбит/с;

вторичный цифровой тракт (канал) со скоростью передачи 8448 кбит/с;

третичный цифровой тракт со скоростью передачи 34 368 кбит/с;

четверичный цифровой тракт со скоростью передачи 139 264 кбит/с.

Кроме того, на основе полевых проводных и спутниковых систем передачи могут быть образованы цифровые сетевые тракты и каналы со скоростями передачи: 480; 48; 32; 16; 9,6; 4,8; 2,4; 1,2 кбит/с.

В настоящее время в первичных сетях ЕСЭ организуются цифровые тракты синхронной цифровой иерархии (СЦИ) со скоростями передачи: 155,52; 622,08; 2488,32 и 9953,28 Мбит/с и выше.

Совместное использование на первичных сетях аналоговых и цифровых систем передачи порождает необходимость их взаимодействия. Взаимодействие осуществляется путем сопряжения аналоговых и цифровых трактов и каналов передачи АСП и ЦСП и организации для представления во вторичные сети

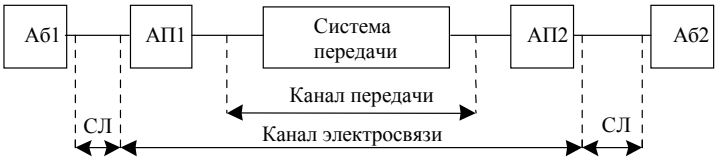

Рис. 1.5

смешанных (аналого-цифровых) каналов. Сопряжение осуществляется в первичной сети с использованием различных технических устройств, обеспечивающих аналого-цифровое и обратное, цифро-аналоговое преобразование сигналов.

На основе типовых каналов передачи, передаваемых во вторичные сети, образуются каналы электросвязи.

Канал электросвязи – это совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающая при подключении оконечных абонентских устройств передачу сообщений данного вида на необходимую дальность связи (рис. 1.5).

Из определения видно, что в канал электросвязи не входят абонентские устройства (Аб) и соединительные линии (СЛ).

На входе и выходе канала передачи может включаться аппаратура преобразования (АП), если первичный сигнал от оконечных абонентских устройств данного вида связи не пригоден для непосредственного ввода в канал передачи. Например, при вводе дискретного (цифрового) сигнала в аналоговый канал требуется его преобразование в аналоговую форму определенного спектра частот на передаче и обратное преобразование на приеме. При предоставлении канала ТЧ для телефонной связи устройства преобразования не требуется.

Каналы электросвязи образуют вторичные сети электросвязи. Стыки этой сети с абонентскими оконечными устройствами обозначают границы вторичных сетей. Каналы электросвязи, как и вторичные сети электросвязи именуются по виду передаваемых сообщений: телефонный канал (связи), телеграфный канал (связи), канал передачи данных, канал передачи звукового вещания, факсимильный канал, телевизионный канал (канал передачи изображения и канал передачи звукового сопровождения) и т.д.

1.6. Простые и составные тракты и каналы передачи

Во всех сетях связи типовые сетевые тракты и каналы передачи и на их основе каналы электросвязи организуются путем одного или нескольких последовательно соединенных групповых трактов или каналов передачи.

Соединение одноименных типовых групповых трактов или каналов передачи между собой называется *транзитом*. В соответствии с отсутствием или наличием транзитов канал (тракт) называется простым или составным.

Простой сетевой канал передачи (групповой тракт) – это типовой канал передачи (групповой тракт), который имеет в своем составе каналообразующую аппаратуру на входе и выходе.

Составной сетевой канал передачи (групповой тракт) – это типовой канал передачи (групповой тракт), имеющий в своем составе транзиты в диапазоне частот (скорости передачи) данного канала (тракта). Транзиты одноименных каналов передачи (групповых трактов) обеспечивают прохождение сигналов электросвязи без изменения полосы частот или скорости передачи этих каналов (трактов).

Транзиты бывают *постоянные* – для некоммутируемых каналов электросвязи и *временные* (производимые вручную или автоматически) – для коммутируемых каналов электросвязи.

Передача сигналов электросвязи по ЕСЭ РФ, как правило, ведется по составным каналам передачи с большим числом транзитов. К примеру, в аналоговых сетях связи ЕСЭ в составном канале ТЧ может быть максимально до 11 транзитов по тональной частоте и до 49 транзитов по групповым трактам (первичному, вторичному и третичному).