

Лекция 1

ВВЕДЕНИЕ

Структура дисциплины

Дисциплина "Направляющие системы связи" в РТУ МИРЭА проводится в 5 семестре и содержит 32 часа (16 лекций) лекций, 16 часов (8 занятий) практических занятий и 16 часов (4 работы) лабораторных работ. Форма контроля - экзамен.

Цель преподавания дисциплины

Обеспечение условий для успешного овладения студентами профессиональной компетенции, предусмотренной учебным планом и профессиональным стандартом, в области понятий, знаний, умений, навыков применения линий и систем передачи информации системах мобильной связи.

Компетенции, осваиваемые при изучении дисциплины

В соответствии с рекомендациями основной образовательной программы студент, освоивший дисциплину должен знать физические процессы в линиях передачи сигналов, связывающих отдельные устройства в системах связи или соединяющих узлы в сетях связи, должны знать методы проектирования направляющих систем связи, применяемых в различных условиях.

Связь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана

Материал дисциплины " Направляющие системы связи " предполагает, что студенты уже успешно освоили дисциплины "Математический анализ" и "Физика", знают необходимые понятия из дисциплины " Электромагнитные поля и волны ", имеют понятия о волнах в длинных линиях, изученных в дисциплине "Основы теории цепей", имеют начальные знания для проведения радиоизмерений изученные в дисциплине "Метрология, стандартизация и технические измерения".

Дисциплина предполагает эффективное использование объема часов, предусматриваемых для самостоятельной работы.

Дисциплина " Направляющие системы связи " является основной базовой для изучаемых в дальнейшем дисциплин "Антенно-фидерные устройства в системах мобильной связи", " Сети и системы мобильной связи ".

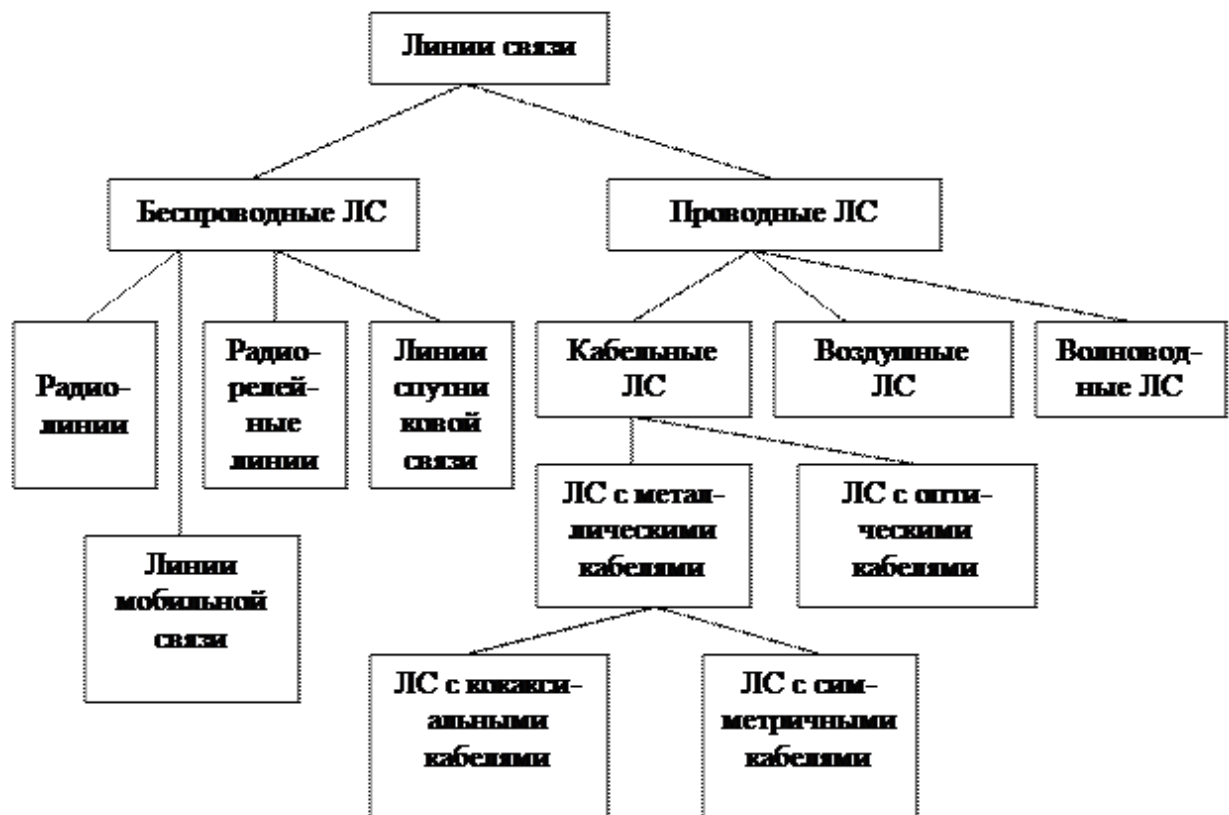
Основная литература, рекомендуемая для изучения дисциплины:

1. Лобанов Б.С., Нефедов В.И., Трефилов Н.А. Прикладная электродинамика: учебное пособие. - М.: Изд. МИРЭА, 2011. - 132 с.

Сети связи. Направляющие системы связи

Под системами связи понимается комплекс систем и устройств, предназначенных для передачи информации от источника информации к приемнику информации. В качестве источника и приемника информации могут выступать различные абоненты или оконечные устройства связи. Источники, приемники информации совместно с системами связи образуют сети связи. Передача информации от одного абонента к другому по сетям связи должна выполняться так, чтобы она не попадала к другим абонентам (конфиденциальность передачи информации), не мешала процессам передачи информации между другими абонентами (отсутствие взаимных помех), позволяла одновременно передавать информацию между различными группами абонентов, позволяла передавать информацию в необходимом объеме и с необходимой скоростью. Для выполнения этих требований применяются *направляющие системы* передачи информации или *линии связи*. Направляющими системами связи являются различные виды линий связи:

- проводные (кабельные) линии связи;
- волоконно-оптические линии связи;
- волноводы;
- коаксиальные кабели;
- проводные линии типа "витая пара";
- окружающее пространство (радиолинии).



В сетях связи направляющие системы связи соединяются с другими устройствами, необходимыми в процессе передачи информации. К таким устройствам относятся:

- коммутационные устройства (коммутаторы), позволяющие соединять конкретных абонентов в сети в процессе передачи информации;
- устройства уплотнения информации, позволяющие одновременно передавать по линии связи информацию (сообщения) между различными группами абонентов так, чтобы они не мешали друг другу;
- концентраторы, мультиплексоры, устройства, позволяющие организовывать разветвление линий передач;
- модемы, устройства, позволяющие стыковать различные линии передачи, по которым информация передается в различных электронных формах или по различным протоколам;
- оконечные устройства (устройства абонентского доступа).

Физические устройства, через которые проходит информация, передаваемая между конкретными абонентами, образуют канал связи.

Абсолютное большинство существующих телекоммуникационных систем работает с данными в т.н. цифровой форме - их представлением в виде последовательности бит. все существующие физические процессы (речь, изображение и пр. типы данных) являются непрерывными, аналоговыми. Поэтому в каналах связи на разных участках линий связи передаются сигналы и в цифровой и в аналоговой формах.

Аналоговым (непрерывным) сигналом называется сигнал, непрерывный в своей области определения. Дискретным сигналом называется сигнал, область определения которого представляет собой конечное множество точек - дискретных значений времени. Квантованным сигналом называется сигнал, область возможных значений которого представляет собой конечное множество точек - квантованных возможных значений сигнала. Цифровым сигналом называется сигнал, дискретизированный по времени и квантованный по значениям.

Назначение, виды, параметры линий связи определяются типом сетей связи и местом, которое занимают линии связи в сетях связи. Все существующие в России сети связи образуют единую сеть электросвязи (ЕСЭ). Следует отличать сети электросвязи от инфокоммуникационных сетей:

- сеть связи (или телекоммуникационная сеть) — это технологическая система, которая состоит из линий и каналов связи, узлов, оконечных станций и предназначена для обеспечения пользователей электрической связью с помощью абонентских терминалов, подключаемых к оконечным станциям;
- инфокоммуникационная сеть — это технологическая система, которая включает в себя, кроме сети связи, также средства хранения, обработки и поиска информации и предназначена для обеспечения пользователей электрической связью и доступом к необходимой им информации. В настоящее время в России телекоммуникационные сети преобразуются в инфокоммуникационные.

ЕСЭ содержит в себе множество сетей, различающихся по назначению, типам, характеристикам и размерам. Различные способы классификации сетей ЕСЭ приведены на рисунке.

Направляющие среды электросвязи



Классификация сетей связи ЕСЭ РФ

При делении на категории сети ЕСЭ разбиваются на два подвида: сети связи общего пользования (ОП) и сети ограниченного пользования (ОгП).

Сеть связи общего пользования (ОП) предназначена для предоставления услуг электросвязи любому пользователю на территории Российской Федерации. Сеть связи ОП включает сети с географической (ABC) и негеографической (DEF) системой нумерации. Сеть связи ОП представляет собой комплекс взаимодействующих сетей связи, включая сети связи для распространения программ телевизионного и радиовещания. Сети общего пользования Российской Федерации имеют присоединение к сетям связи общего пользования иностранных гос-ударств.

Выделенные, технологические, а также сети связи специального назначения образуют группу сетей ограниченного пользования (ОгП), так как контингент их пользователей ограничен корпоративными клиентами.

Выделенные сети связи — это сети, предназначенные для предоставления услуг ограниченному кругу пользователей. Такие сети могут взаимодействовать между собой, но не имеют присоединения к сетям общего пользования ЕСЭ, а также к сетям связи общего пользования иностранных государств. Выделенная сеть может быть присоединена к сети общего пользования ЕСЭ с переводом в категорию сети общего пользования, если она соответствует ее требованиям.

Технологические сети связи предназначены для обеспечения производственной деятельности организаций и управления технологическими процессами. При наличии свободных ресурсов эти сетевые ресурсы могут быть присоединены к сети общего пользования ЕСЭ с переводом в категорию сетей общего пользования и использованы для предоставления возмездных услуг любому пользователю.

Сети связи специального назначения предназначены для обеспечения нужд государственного управления, обороны, безопасности и охраны правопорядка в Российской Федерации. Такие сети не могут использоваться для возмездного оказания услуг связи, если иное не предусмотрено законодательством Российской Федерации.

По функциональному признаку сети ЕСЭ разделяются на сети доступа и транспортные сети. Транспортной является та часть сети связи, которая выполняет функции переноса (транспортирования) потоков сообщений от их источников из одной сети доступа к получателям сообщений другой сети доступа путем распределения этих потоков между сетями доступа. Сетью доступа сети связи является та ее часть, которая связывает источник (приемник) сообщений с узлом доступа, являющимся граничным между сетью доступа и транспортной сетью.

По типу присоединяемых абонентских терминалов сети ЕСЭ разделяются на:

- сети фиксированной связи, обеспечивающие присоединение стационарных абонентских терминалов;
- сети подвижной связи, обеспечивающие присоединение подвижных (перевозимых или переносимых) абонентских терминалов

По способам организации каналов сети традиционно разделяются на первичные и вторичные.

- Первичная сеть представляет собой совокупность каналов и трактов передачи, образованных оборудованием узлов и линий передачи (или физических цепей), соединяющих эти узлы. Первичная сеть предоставляет каналы передачи (физические цепи) во вторичные сети для образования каналов связи.

- Вторичная сеть представляет собой совокупность каналов связи, образуемых на базе первичной сети путем их коммутации (маршрутизации) в узлах коммутации и организации связи между абонентскими устройствами пользователей.

По территориальному делению сети разделяются на

- магистральную сеть — это сеть, связывающая между собой узлы центров субъектов Российской Федерации и узлы центра Российской Федерации. Магистральная сеть обеспечивает транзит потоков сообщений между зональными сетями и единство, связанность ЕСЭ — стратегически важный компонент ЕСЭ;
- зональные (или региональные) сети — сети связи, образуемые в пределах территории одного или нескольких субъектов Федерации (регионов);
- местные сети — сети связи, образуемые в пределах административной или определенной по иному принципу территории и не относящиеся к региональным сетям связи. Местные сети подразделяются на городские и сельские;
- международная сеть — сеть общего пользования, присоединенная к сетям связи иностранных государств.

По числу служб электросвязи сети бывают:

- моносервисные, предназначенные для организации одной службы электросвязи (например, радиовещания);
- мультисервисные, предназначенные для организации двух и более служб электросвязи (например, телефонной, факсимильной и нескольких мультимедийных служб).

По характеру среды распространения сети разделяются на проводные, радио- и смешанные. В свою очередь, радиосети разделяются на спутниковые и наземные.

Сети радиосвязи, изучаемые в РТУ МИРЭА в соответствии с профилем направления, также подразделяются на следующие виды:

- Сети WMAN представляют собой сети связи, обеспечивающие покрытие значительных территорий и (наиболее часто) предназначенные для обслуживания большого (тысячи, десятки тысяч) абонентских устройств. Классическими примерами сетей WMAN являются сотовые сети связи. Наиболее известными сетями WMAN на сегодняшний день являются сети стандартов GSM 2-го и 3-го поколений; сети WiMAX; сети LTE; транкинговая связь APCO-25 и TETRA.
- Сети WLAN представляют собой сети связи локального охвата, обеспечивающие телекоммуникационную инфраструктуру на предприятиях, учреждениях и других крупных и средних объектах. В зависимости от потребностей пользователей используются различные типы WLAN - для передачи больших объемов данных - сети связи группы стандартов WiFi (IEEE 802.11), для считывания данных с датчиков - ZigBee, для организации беспроводной телефонии и дополнительных голосовых услуг - DECT и пр.
- Сети WPAN достаточно распространены в жилых комплексах - это сети связи, обеспечивающие потребность в беспроводных услугах связи и передачи данных отдельных квартир, этажей и других небольших групп помещений. К сетям WPAN в большинстве случаев относятся сети WiFi и стандарты беспроводной передачи данных Bluetooth различных версий.
- Самыми молодыми из современных сетей связи являются сети обеспечения передачи данных на сверхкороткие расстояния (в пределах тела человека). На сегодняшний день двумя наиболее популярными технологиями такого типа являются системы радиосвязи ANT (используемая изначально для считывания показателей с медицинских датчиков, используемых спортсменами) и NFC от корпорации Nokia, предназначенная для обмена данными с интеллектуальными телефонами - смартфонами.

Уплотнение позволяет передавать по линиям связи одновременно несколько независимых сигналов между различными абонентами. Различают следующие виды уплотнения:

- Частотное разделение каналов (FDMA). Принцип FDMA заключается в том, что доступный частотный спектр делится между пользователями на частотные полосы. Источники информации в чистом FDMA могут использовать выделенный им частотный ресурс неограниченно по времени, но при этом не

должны создавать помех соседним каналам. Для избежания помех вводят защитные интервалы между соседними частотными полосами - так называемые полосы расфильтровки. ЧРК в чистом виде применялось лишь в наиболее старых аналоговых системах радиодоступа. В смешении с другими типами разделения каналов FDMA используется во многих стандартах мобильных систем связи - NMT, GSM, UMTS, , Mobile WiMAX, LTE.

- Временное разделение каналов (TDMA). Данные от каждого пользователя упаковываются в более короткий временной интервал и передаются в его собственный тайм-слот. Данный способ разделения каналов добавляет дополнительную задержку, равную времени между появлениями тайм-слотов одного и того же пользователя, необходимую на накопление информации с обеспечением ее последующей буферизации - упаковки. Естественно, что такой тип разделения каналов требует, во первых, перехода полностью на цифровые системы связи; во вторых - малой длительности тайм-слотов, а в третьих - точной временной синхронизации между приемником и передатчиком. В связи с указанными факторами, оборудование для ВРК систем является существенно более сложным, чем для простого ЧРК. Сегодня TDMA используется в таких стандартах, как DECT, европейской группе стандартов АССИПД 3-го поколения UMTSTDD и китайском 3G-стандарте TD-SCDMA. ВРК эффективно функционирует в объединении с ЧРК, формируя гибридные ВЧРК-системы. В данных системах появляется возможность выделения значительного количества частотно-временных окон для передачи данных отдельных пользователей.

- Кодовое разделение каналов (CDMA). Данные системы позволяют обеспечить вещание нескольких пользователей в одной и той же полосе частот в одно и то же время благодаря применению уникальных кодов (цифровых сигнатур пользователей) для выделения сигнала каждого пользователя из группового. Теоретически абонентская емкость ограничена только количеством уникальных кодов, однако в реальности она ограничивается уровнем т.н. межпользовательских помех и лишь в редких случаях превышает 15-20 пользователей для одной антенной системы БС. На базе КРК-систем строится подавляющее большинство спутниковых и мобильных систем связи, передачи данных и навигации - WCDMA, UMTS, CDMA-2000, WiMAX, Bluetooth, GPS, ГЛОНАСС и многие другие.

- Пространственное разделение каналов (SDMA). В современных системах радиодоступа принцип выделения каждому пользователю своего физического канала (либо, более корректно - своего независимого радиоканала каждому потоку данных) рассматривается на принципиально новом качественном уровне. Для осуществления разделения физических каналов (физических сред вещания) используются сложные антенные системы, как на базовой станции, так и на абонентских приборах. Использование сложных по структуре антенных систем и специфических типов сигналов позволяет реализовать так называемые MIMO -системы, обеспечивающие прием и передачу с абонентских устройств одновременно с нескольких антенн. Использование технологий MIMO позволяет в несколько

раз повысить помехоустойчивость (при дублировании потоков данных), либо скорость передачи информации (при передаче независимых потоков информации). Сегодня технологии SDMA-MIMO используются в LTE, WiFi, WiMAX и других современных телекоммуникационных системах.