

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине
«СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ»
для студентов направления подготовки
11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Направленность (профиль)
«Интеллектуальные программируемые системы и устройства»

Содержание

Введение

Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса

Цели и основные задачи СРС

Виды самостоятельной работы

Организация СРС

Общие рекомендации по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя

Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

ВВЕДЕНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель дисциплины: формирование у обучающихся набора компетенций, позволяющих обеспечить:

- способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень и самостоятельного изучения новых принципов построения и функционирования систем дистанционной передачи информации;
- способность самостоятельного приобретения с помощью информационных технологий и использования в практической деятельности новых знаний и умений в области систем дистанционной передачи информации;
- способность на практике применять знания о системах дистанционной передачи информации.

В рамках данной дисциплины решаются задачи:

- 1) Изучение информации систем дистанционной передачи информации, основанной на физической (аппаратной) компоненте инфокоммуникационной сети.
- 2) Изучение аппаратной части ИКС - активных управляющих устройств (маршрутизаторы, коммутаторы, шлюзы и т. п.), а также средств их связи между собой в виде различных (проводных и беспроводных) сред передачи данных, а также структурированные кабельные системы

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

3.

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1. Способен проводить исследование, расчет и проектирование устройств, приборов и систем электронной техники в соответствии с техническим заданием	ИД-1 _{ПК-1} : Выполняет расчет электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в области электроники и нанoeлектроники	Выполняет расчет электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения для организации функционирования систем дистанционной передачи информации
	ИД-2 _{ПК-1} : Проектирует электронные приборы, схемы и устройства различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием	Проектирует электронные приборы, схемы и устройства различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием
	ИД-3 _{ПК-1} : Разрабатывает конструкцию отдельных модулей, электронных приборов и устройств аналоговой и цифровой электроники бытового и промышленного назначения	Разрабатывает конструкцию отдельных модулей, электронных приборов и устройств систем дистанционной передачи информации
ПК-2. Способен разрабатывать специализированное программное обеспечение интеллектуальных программируемых систем и устройств	ИД-1 _{ПК-2} Интересуется современными тенденциями развития программных средств и языков программирования	Интересуется современными тенденциями развития программных средств и языков программирования для организации функционирования систем дистанционной передачи информации

	ИД-2пк-2 Использует теоретические знания и практические навыки, позволяющие строить алгоритмы, анализировать их работу при разных входных данных и реализовать их при помощи современных языков программирования	Использует теоретические знания и практические навыки, позволяющие строить алгоритмы, анализировать их работу при разных входных данных и реализовать их при помощи современных языков программирования для организации функционирования систем дистанционной передачи информации
	ИД-3пк-2 Использует языки программирования высокого уровня и профессиональные системы программирования, инструментальные средства при решении профессионально-прикладных задач в профессиональной сфере	Использует языки программирования высокого уровня и профессиональные системы программирования, инструментальные средства при решении профессионально-прикладных задач для организации функционирования систем дистанционной передачи информации

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА КАК ВАЖНЕЙШАЯ ФОРМА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования - "подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности".

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода

обучения через участие студентов в лабораторных занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. По данной дисциплине «Основы нейронных сетей» предусмотрены следующие:

Использование материала учебно-методического комплекса дисциплины

На первом этапе необходимо ознакомиться с обязательным минимумом содержания основной образовательной программы по изучаемой дисциплине. Далее необходимо изучить рабочую программу дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, взаимосвязь тем лекций с лабораторных занятий, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности, представленные в учебной программе по дисциплине «Основы нейронных сетей».

Работа с литературой

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации, которые представлены в учебной программе.

Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

ЦЕЛИ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ СРС

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В образовательном процессе высшего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателя по данной дисциплине являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- подготовка к лабораторным работам, их оформление.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р).

ОРГАНИЗАЦИЯ СРС

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей дисциплины «Системы дистанционной передачи информации», объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя студент должен:

- освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с образовательными стандартами высшего образования;
- планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем;
- самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя;
- выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

студент может:

сверх предложенного преподавателем (при обосновании и согласовании с ним) и минимума обязательного содержания, определяемого программой по данной дисциплине:

- самостоятельно определять уровень (глубину) проработки содержания материала;
- предлагать темы и вопросы для самостоятельной проработки;
- в рамках общего графика выполнения самостоятельной работы предлагать обоснованный индивидуальный график выполнения и отчетности по результатам самостоятельной работы;
- предлагать свои варианты организационных форм самостоятельной работы;
- использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня;
- использовать не только контроль, но и самоконтроль результатов самостоятельной работы в соответствии с методами самоконтроля, предложенными преподавателем или выбранными самостоятельно.

Самостоятельная работа студентов должна оказывать важное влияние на формирование личности будущего бакалавра, она планируется студентом самостоятельно. Каждый студент самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием по каждой дисциплине. Он выполняет внеаудиторную работу по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на лабораторных занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы знаний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие

усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

- а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;
- б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение — это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;
- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела. В течение дня работоспособность изменяется. Наиболее плодотворным является *утреннее время (с 8 до 14 часов)*, причем максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем *послеобеденное* - (с 16 до 19 часов) и *вечернее* (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них — это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Самостоятельные занятия требуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА - НЕОБХОДИМОЕ ЗВЕНО СТАНОВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Прогресс науки и техники, информационных технологий приводит к значительному увеличению научной информации, что предъявляет более высокие требования не только к моральным, нравственным свойствам человека, но и в

особенности, постоянно возрастающие требования в области образования – обновление, модернизация общих и профессиональных знаний, умений специалиста.

Всякое образование должно выступать как динамический процесс, присущий человеку и продолжающийся всю его жизнь. Овладение научной мыслью и языком науки является необходимой составляющей в самоорганизации будущего специалиста исследователя. Под этим понимается не столько накопление знаний, сколько овладение научно обоснованными способами их приобретения. В этом, вообще говоря, состоит основная задача вуза.

Специфика вузовского учебного процесса, в организации которого самостоятельной работе студента отводятся все больше места, состоит в том, что он является как будто бы последним и самым адекватным звеном для реализации этой задачи. Ибо во время учебы в вузе происходит выработка стиля, навыков учебной (познавательной) деятельности, рациональный характер которых будет способствовать постоянному обновлению знаний высококвалифицированного выпускника вуза.

Однако до этого пути существуют определенные трудности, в частности, переход студента от синтетического процесса обучения в средней школе, к аналитическому в высшей. Это связано как с новым содержанием обучения (расширение общего образования и углубление профессиональной подготовки), так и с новыми, неизвестными до сих пор формами: обучения (лекции, семинары, лабораторные занятия и т.д.). Студент получает не только знания, предусмотренные программой и учебными пособиями, но он также должен познакомиться со способами приобретения знаний так, чтобы суметь оценить, что мы знаем, откуда мы это знаем и как этого знания мы достигли. Ко всему этому приходят через собственную самостоятельную работу.

Это и потому, что самостоятельно приобретенные знания являются более оперативными, они становятся личной собственностью, а также мотивом поведения, развивают интеллектуальные черты, внимание, наблюдательность, критичность, умение оценивать. Роль преподавателя в основном заключается в руководстве накопления знаний (по отношению к первокурсникам), а в последующие годы учебы, на старших курсах, в совместном установлении проблем и заботе о самостоятельных поисках студента, а также контролирования за их деятельностью. Отметим, что нельзя ограничиваться только приобретением знаний, предусмотренных программой изучаемой дисциплины, надо постоянно углублять полученные знания, сосредотачивая их на какой-нибудь узкой определенной области, соответствующей интересам студента. Углубленное изучение всех предметов, предусмотренных программой, на практике является возможным, и хорошая организация работы позволяет экономить время, что создает условия для глубокого, систематического, заинтересованного изучения самостоятельно выбранной студентом темы.

Конечно, все советы, примеры, рекомендации в этой области, даваемые преподавателем, или определенными публикациями, или другими источниками, не гарантируют никакого успеха без проявления собственной активности в этом деле, т. е. они не дают готовых рецептов, а должны способствовать анализу собственной работы, ее целей, организации в соответствии с индивидуальными особенностями. Учитывая личные возможности, существующие условия жизни и работы, навыки, на основе этих рекомендаций, возможно, выработать индивидуально обоснованную совокупность методов, способов, найти свой стиль или усовершенствовать его, чтобы изучив определенный материал, иметь время оценить его значимость, пригодность и

возможности его применения, чтобы, в конечном счете, обеспечить успешность своей учебы с будущей профессиональной деятельности

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ФОРМАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности.

Работа с литературой

При работе с литературой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой — это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. *Первичное* - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача *вторичного* чтения полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель — извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанно читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста**:

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
1. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
2. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
3. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких **видов чтения**:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
2. просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи, с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;
1. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;
2. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;
3. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

4. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта.
2. Выделите главное, составьте план.
3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора.
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Лабораторные занятия

Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на лабораторных занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью выполнения заданий лабораторной работы, поставленных задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном выполнении заданий нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что выполнение каждого учебного задания должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с

выводом. Выполнение заданий данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

Самопроверка

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих заданий на лабораторных занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных материалов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при выполнении заданий у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к зачету по дисциплине «Системы дистанционной передачи информации».

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания.

Экзамен - форма промежуточной аттестации студентов по результатам освоения теоретических знаний, приобретения практических навыков и компетенций, целью которой является контроль результатов освоения студентами учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), их прочности, развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач. Экзамен может быть проведен в устной форме, в устно-письменной форме, в форме письменной работы или тестирования.

Число вопросов, включаемых в экзаменационный билет, должно быть не менее двух и не более пяти, при этом вопросы могут носить как теоретический, так и прикладной характер. На экзамен могут выноситься типовые задачи, проработанные в течение семестра на аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы. Содержание вопросов и задач, включаемых в экзаменационный билет, должно соответствовать учебной программе дисциплины и фондам оценочных средств. Перечень примерных вопросов, заданий и критерии оценки уровня обученности и уровня сформированности компетенций доводятся до сведения обучающихся в начале семестра изучения дисциплины.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Текущая аттестация студентов проводится преподавателями, ведущими лабораторные занятия по дисциплине в следующих формах: собеседование при защите лабораторной работы с предоставлением письменного отчета. Допуск к лабораторным работам происходит при наличии у студентов печатного варианта отчета. Защита отчета проходит в форме собеседования. Максимальное количество баллов студент получает, если оформление отчета соответствует установленным требованиям, а отчет полностью раскрывает суть работы. Основанием для снижения оценки являются:

- не качественно выполненная работа на персональном компьютере,
- письменный отчет выполнен в небрежной форме и с ошибками,
- студент не дает исчерпывающий ответ на вопрос преподавателя,
- путается или затрудняется в демонстрации работы на компьютере.

Отчет может быть отправлен на доработку в следующих случаях:

- небрежное выполнение и с ошибками,
- сокращенное содержание отчета.

Критерии оценивания собеседования приведены в Фонде оценочных средств по дисциплине Основы нейронных сетей.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Шишов О. В. Современные средства АСУ ТП / О. В. Шишов. – М. ; Вологда : ИНФРА-Инженерия, 2021. – 532 с. : ил., табл.
2. Шишов О. В. Программируемые контроллеры в системах промышленной ав-томатизации: учебник / О. В. Шишов. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 365 с. + Доп. материалы. – URL: <http://www.znaniium.com>.

Дополнительная литература:

1. Шишов О. В. Современные технологии и технические средства информатизации : учебник / О. В. Шишов. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 462 с. – (Высш. образование).
2. Иванов А. А. Автоматизация технологических процессов и производств : учеб. по-собие / А. А. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. – 224 с. – (Высш. образование).
3. Фурсенко С. Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. – М. : НИЦ ИНФРА-М : Нов. знание, 2015. – 377 с.: ил. – (Высш. образование: Бакалавриат).

Учебно-методическая литература:

Шаяхметов О.Х. Системы дистанционной передачи информации: методиче-ские указания для проведения практических занятий. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2022. – 32 с. [электронный вариант].

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических
работ по дисциплине
«Системы дистанционной передачи информации»
для студентов направления подготовки

11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль)

Интеллектуальные программируемые системы и устройства

Ставрополь 2026 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Первичные электрические сигналы	5
Задачи	8
Задачи для самостоятельного решения	9
Цифровые системы передачи с временным разделением каналов	10
Задачи	12
Задачи для самостоятельного решения	14
Цифровые системы коммутации	15
Задачи	18
Задачи для самостоятельного решения	19
Передача дискретных сообщений	20
Задачи	22
Задачи для самостоятельного решения	23
Системы мобильной связи	24
Задачи	26
Задачи для самостоятельного решения	29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	30

ВВЕДЕНИЕ

Цель проведения практических занятий заключается в формировании у студентов практических навыков по расчету инфокоммуникационных сетей и систем. Инфокоммуникации это область науки и техники, которая включает совокупность технологий, средств, способов и методов человеческой деятельности, направленных на создание условий для обмена информацией на расстоянии. В цикле практических занятий основной целью является формирование первичных знаний и навыков профессиональной деятельности выпускника.

В результате изучения дисциплины студент должен уметь: определять место сети связи в составе ЕСЭ РФ; составлять функциональную схему взаимодействия открытых систем; классифицировать сети ЕСЭ РФ по функциональному назначению; проводить классификацию первичных электрических сигналов; определять основные характеристики первичных электрических сигналов; оценивать спектральные параметры модулированных сигналов; классифицировать методы коммутации; определять основные достоинства и недостатки основных методов коммутации; обеспечивать построение двусторонних каналов связи с заданными параметрами; составлять структурные схемы построения многоканальных систем передачи; определять частотный план многоканальных систем с частотным разделением каналов; составлять схему формирования информационного потока в многоканальных системах с временным разделением каналов; выбирать требуемые методы кодирования и формирования потоков дискретных сообщений; определять объем оборудования для построения систем распределения информации; производить расчет емкости коммутационных устройств; находить необходимую пропускную способность каналов связи, обеспечивающую требуемое качество обслуживания; производить расчет объема запоминающих устройств; определять характеристики потоков вызовов; находить основные характеристики качества обслуживания информационных потоков; производить выбор направляющих систем электросвязи и определять их основные параметры; составлять частотный план для сетей подвижной связи; производить расчет показателей качества для сетей подвижной связи.

Цель проведения практических занятий заключается в формировании первичных профессиональных компетенций студента в области инфокоммуникаций, при этом наиболее важными являются умения производить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств связи в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.

Первичные электрические сигналы

В системах электросвязи различают следующие виды сигналов: непрерывный непрерывного времени (аналоговый); непрерывный дискретного времени (дискретизированный); дискретный непрерывного времени (квантованный); дискретный дискретного времени.

Непрерывные сигналы непрерывного времени называются непрерывными (аналоговыми) сигналами. Такие сигналы могут принимать любые значения по амплитуде из непрерывного множества значений и изменяться в любые моменты времени. Амплитуда непрерывного сигнала дискретного времени может принимать любое значение, но изменения могут происходить только в определенные, т.е. дискретные моменты времени. Дискретные сигналы непрерывного времени изменяют амплитуду в произвольные моменты времени, но ее величина принимает только разрешенное значение. Дискретные сигналы дискретного времени, или дискретные сигналы, изменяются только в дискретные моменты и могут принимать только конкретные разрешенные значения.

Любой периодический сигнал может быть представлен в виде суммы гармоник, амплитуды которых определяются формой сигнала:

$$s(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)). \quad (1)$$

Значения a_0 , a_n и b_n вычисляются по соответствующим формулам:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^{\tau_y} S(t) dt,$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^{\tau_y} S(t) \cos(n\omega t) dt,$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^{\tau_y} S(t) \sin(n\omega t) dt,$$

где $T = \frac{2\pi}{\omega}$ – период колебаний ($\omega = 2\pi f$).

Для передачи информации сигналы электросвязи изменяют значения своих электрических параметров: мощности, напряжения, тока. Чтобы охарактеризовать пределы изменения значений, вводятся понятия динамического диапазона и пик-фактора сигнала. При этом для сравнения мощностей сигналов, пользуются логарифмическими единицами – децибелами (дБ). Динамический диапазон сигнала, измеряемый в дБ, определяется выражением:

$$D = 10 \lg \left(\frac{P_{\max}}{P_{\min}} \right), \quad (2)$$

где $P_{\max}$ и $P_{\min}$ – максимальное и минимальное значения мгновенной мощности. Пик-фактором сигнала называют отношение его максимальной мощности к средней (P_{cp}). В логарифмических единицах:

$$Q = 10 \lg \left(\frac{P_{\max}}{P_{cp}} \right). \quad (3)$$

В некоторых случаях динамический диапазон и пик-фактор могут быть заданы не в логарифмических, а в абсолютных единицах.

Для измерения изменения уровня мощности сигнала при передаче по линии связи используют понятие уровня сигнала. Уровень сигнала определяется относительно какой-либо величины. Например, если известны два значения мощности P_1 и P_2 , то их отношение, выраженное в децибелах, определяет уровень сигнала по мощности, как: $p = 10 \lg \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$.

На практике, сравнение двух сигналов путем сравнения их мощностей не всегда бывает удобным. Поэтому при работе с аппаратурой гораздо проще измерять не мощность, которая выделяется на нагрузке, а падение напряжения на ней, а в некоторых случаях – пропускаемый ток. В таком случае уровни сигналов по току и напряжению можно представить, как:

$$p_T = 20 \lg \left(\frac{I_1}{I_2} \right) \text{ и } p_U = 20 \lg \left(\frac{U_1}{U_2} \right).$$

Для измерения объема информации переносимой первичным электрическим сигналом используется понятие информационной емкости сигнала, т.е. количество информации, переносимой сигналом в единицу времени, измеряемая в бит/с.

Для непрерывного (аналогового) сигнала информационная емкость определяется по формуле:

$$I = \Delta F \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_n} \right), \quad (4)$$

где: ΔF – ширина спектра сигнала;

P_c – средняя мощность сигнала;

P_n — мощность помехи.

Для дискретного сигнала информационная емкость определяется, как:

$$I = -f \sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i, \quad (5)$$

где: $f = \frac{1}{T}$ – тактовая частота, численно равная скорости передачи, т. е.

число импульсов в секунду;

T – период следования импульсов (тактовый интервал);

k – число разрешенных значений (уровней), которые может принимать дискретный сигнал;

p_i – вероятность появления сигнала с амплитудой равной значению i -го уровня.

Для передачи информации по сетям электросвязи необходимо обеспечить преобразование первичных сигналов форму пригодную для передачи по определенной среде. Процедура преобразования первичных сигналов, при которой производится воздействие изменений первичного сигнала на параметры несущего сигнала, называется модуляцией. В качестве несущего сигнала используется гармоническое колебание высокой частоты, что обусловлено тем, что с ростом частоты сигналов увеличивается энергия колебаний, что в свою очередь приводит к увеличению расстояния распространения сигнала.

При амплитудной модуляции первичный сигнал воздействует на амплитуду несущего колебания. Если первичный сигнал представить, как $U(t) = U \cos(\Omega t)$ (U – амплитуда первичного сигнала, Ω – частота первичного сигнала), а фазовый сдвиг для несущего колебания принять равным нулю, то амплитудно-модулированный (АМ) сигнал можно представить в виде:

$$s_{\text{AM}}(t) = A[1 + M \cos(\Omega t)] \cos(\omega t),$$

где M – коэффициент, определяющий глубину модуляции $M \leq 1$.

Спектр АМ сигнала состоит из несущего колебания и двух боковых составляющих:

$$s_{\text{AM}}(t) = A \cos(\omega t) + \frac{AM}{2} \cos[(\omega - \Omega)t] + \frac{AM}{2} \cos[(\omega + \Omega)t]. \quad (6)$$

Следовательно, ширина спектра частот, занимаемых АМ сигналом, определяется шириной спектра первичного сигнала, т.е. диапазон частот АМ сигнала равен удвоенному значению верхней частоты спектра первичного колебания. Например, если первичный сигнал имеет диапазон 30 Гц – 10 кГц, то ширина спектра АМ сигнала равна 20 кГц.

Задачи.

Задача 1. Построить спектр последовательности прямоугольных импульсов амплитудой U 50 В, длительностью импульса $\tau_{\text{и}}$ 200 мкс и скважностью q равной 3.

Решение. Используя формулу (1), необходимо найти значения коэффициентов a_0 , a_n и b_n , которые и определяют амплитудный спектр заданной последовательности. Для таких исходных данных (при этом

$$T = q\tau_{\text{и}}), \text{ коэффициенты } a_0, a_n \text{ и } b_n \text{ равны: } a_0 = \frac{2}{T} \int_0^{\tau_{\text{и}}} S(t) dt = \frac{2 \cdot 50}{3 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} \times \\ \times \int_0^{200 \cdot 10^{-6}} dt = 33.3 \text{ В}; \quad a_n = \frac{2}{T} \int_0^{\tau_{\text{и}}} S(t) \cos(n\omega t) dt = \frac{2 \cdot 10^6}{600} \int_0^{200 \cdot 10^{-6}} 50 \cos\left(n \frac{2\pi \cdot 10^6}{600} t\right) dt; \\ b_n = \frac{2}{T} \int_0^{\tau_{\text{и}}} S(t) \sin(n\omega t) dt = \frac{2}{3 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} \int_0^{200 \cdot 10^{-6}} 50 \cdot \sin\left(n \frac{2\pi}{3 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} t\right) dt. \quad \text{Спектр}$$

определяется, как: $S_n = \begin{cases} a_0, & \text{при } n = 0 \\ \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, & \text{при } n > 0 \end{cases}$. Используя полученные

выражения и вычисляя значения функции S_n построим спектр исследуемой последовательности (рис. 1).

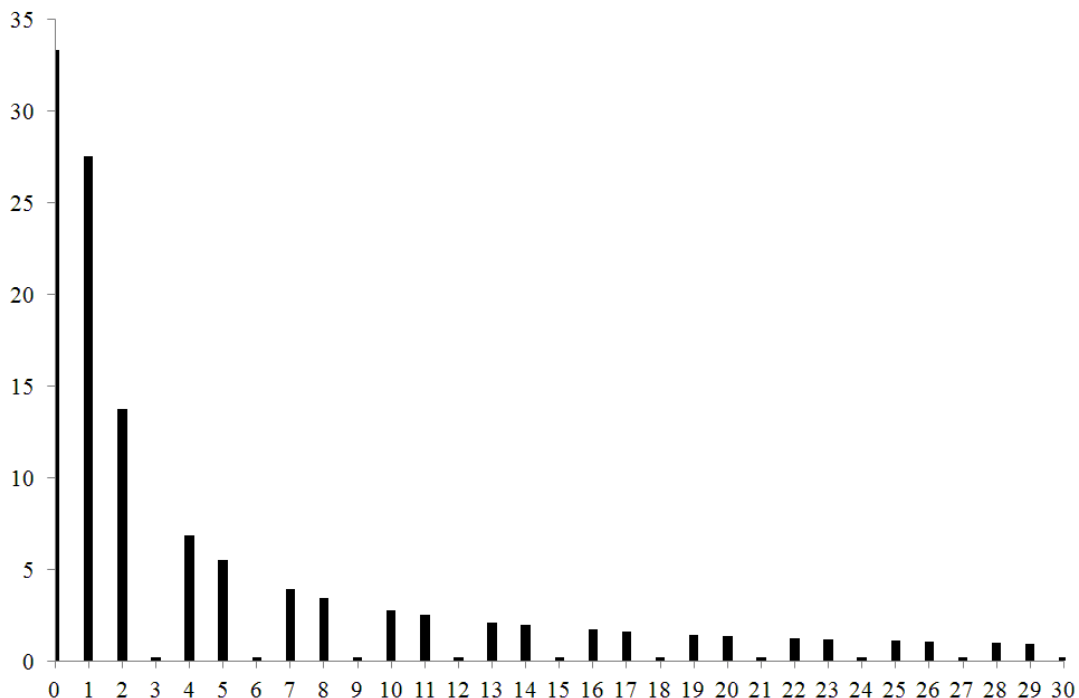


Рис. 1. Спектр последовательности прямоугольных импульсов (зависимость амплитуды гармоники от ее номера)

Задача 2. Определить информационную емкость аналогового сигнала при верхней частоте спектра f_v 3400 Гц и отношении сигнал/шум 30 дБ.

Решение. В соответствии с (4), для нахождения информационной емкости аналогового сигнала необходимо вычислить отношение сигнал/шум в размах. Для этого, учитывая $p = 10 \lg \left(\frac{P_c}{P_{ш}} \right)$, определим

отношение сигнал/шум в размах: $\frac{P_c}{P_{ш}} = 10^{\frac{30}{10}} = 1000$. Тогда, информационная емкость будет равна: $I = 3400 \cdot \log_2(1 + 1000) = 33888.6$ бит/с.

Задача 3. Определить значения частот и ширину занимаемой полосы частот амплитудно-модулированного телефонного сигнала при использовании несущей частоты 108 кГц.

Решение. Полоса частот телефонного сигнала 0.3-3.4 кГц. При формировании АМ сигнала диапазон частот определяется (6). Таким образом, верхняя частота рассматриваемого АМ сигнала равна $\frac{\omega + \Omega}{2\pi}$,

нижняя частота $\frac{\omega - \Omega}{2\pi}$. Следовательно, спектр АМ сигнала располагается в

диапазоне от $\frac{\omega - \Omega}{2\pi} = 108 - 3.4 = 104.6$ кГц до $\frac{\omega + \Omega}{2\pi} = 108 + 3.4 = 111.4$ кГц.

Ширина занимаемой полосы равна: $111.4 - 104.6 = 6.8$ кГц.

Задачи для самостоятельного решения.

1. Определить информационную емкость дискретного сигнала с тактовой частотой 4.096 МГц, амплитуда которого может принимать одно из семи значений с вероятностью 0.05, 0.2, 0.15, 0.1, 0.3, 0.15, 0.05.
2. Определить максимальное и среднее значения сигнала по напряжению при динамическом диапазоне сигнала 60 дБ, пик-факторе 40 дБ и минимальном значении 5 мВ.
3. Определить значение динамического диапазона, пик-фактора и информационной емкости для телефонного сигнала и сигнала звукового вещания высшего класса.
4. Определить скорость передачи сигналов звукового вещания высшего класса по каналам передачи данных при кодировании выборки восьмибитными словами.
5. Показать изменение спектра последовательности прямоугольных импульсов амплитудой U 40 В, длительностью импульса $\tau_{и}$ 200 мкс и скважностью q равной 5 при подавлении в линии связи нижних частот.

Цифровые системы передачи с временным разделением каналов

Принцип временного разделения каналов представлен на рис.2. В качестве примера рассмотрим двухканальную систему. В системах с временным разделением каналов применяется импульсная модуляция, обычно, амплитудно-импульсная (АИМ). На рис.2 показано преобразование сигналов от двух абонентов $s_1(t)$ и $s_2(t)$. Из каждого канала формируется АИМ сигналы, из которых, при дальнейшем объединении, создается групповой сигнал с временным разделением $s(t)$. Импульсные последовательности от каждого канал передаются в своем временном интервале, что позволяет разделить информацию от разных абонентов. На рис.2 белые импульсы от первого абонента, черные от второго абонента.

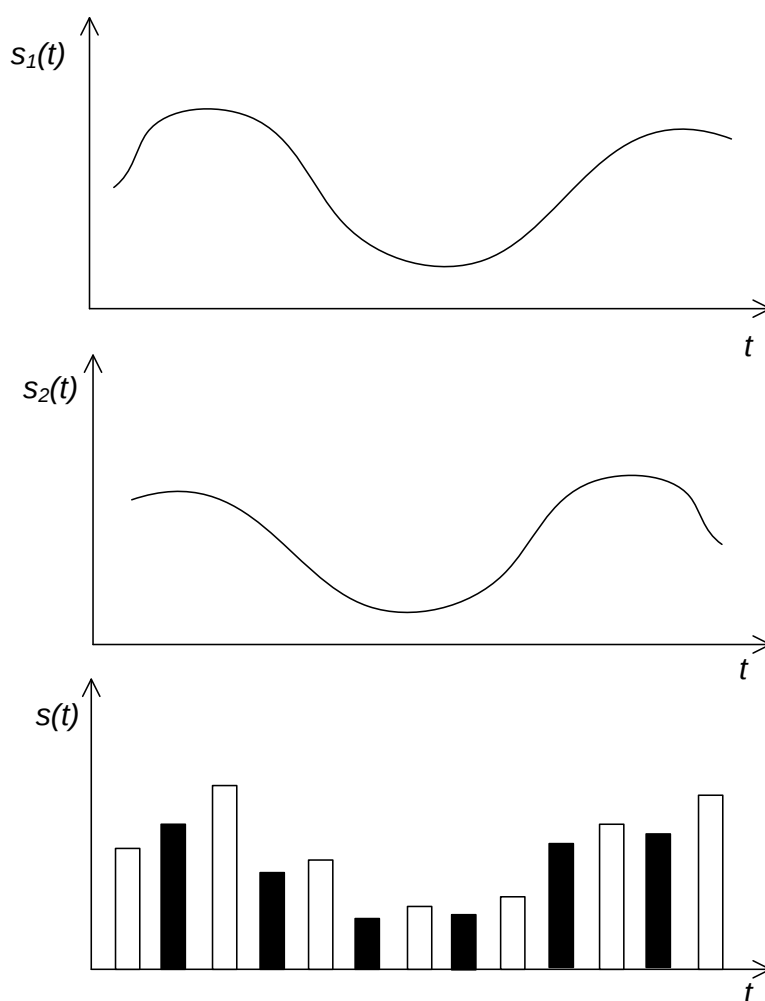


Рис. 2. Принцип временного разделения сигналов

Для получения сигнала с временным разделением каналов можно использовать устройство, структурная схема которого приведена на рис.3. Данное устройство работает следующим образом. Через фильтры нижних частот (ФНЧ) сигналы абонентов $s_1(t)$ и $s_2(t)$ поступают на электронные ключи (ЭК), которые находятся под управлением распределителя

импульсов (РИ), обеспечивающего необходимый сдвиг между каналами. Импульсы формируются генератором импульсов (ГИ). Кроме электронных ключей, импульсы с распределителя поступают на схему синхронизации (СС).

Далее, сигналы с электронных ключей и со схемы синхронизации передаются в устройство объединения УО. Откуда, через цепь связи, сигнал с временным разделением каналов поступает в приемную часть. Здесь, аналогично передающей части, объединенный сигнал поступает на электронные ключи, находящиеся под управлением своего распределителя импульсов, который синхронизирован с передатчиком через схему синхронизации. Далее сигналы абонентов проходят фильтры нижних частот на выходе которых формируются сигналы $s_{1пр}(t)$ и $s_{2пр}(t)$

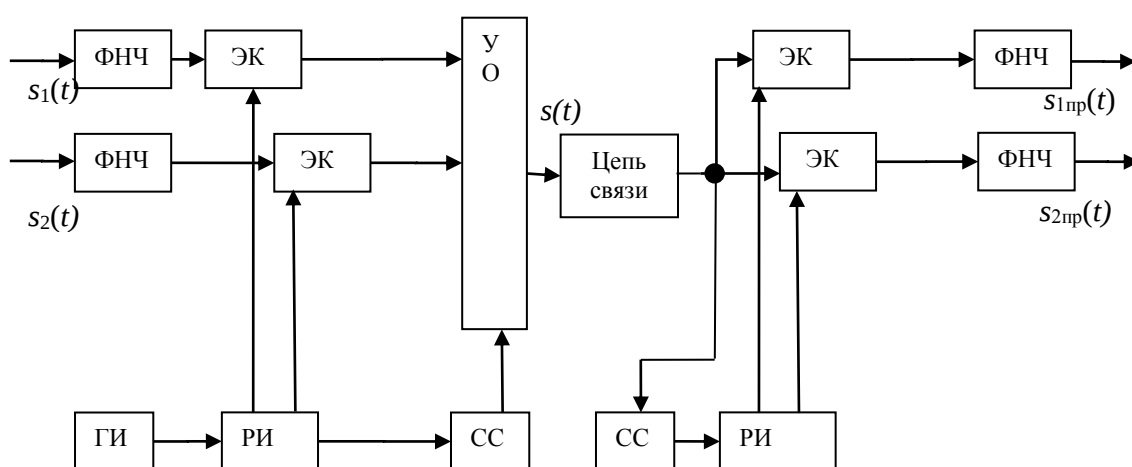


Рис. 3. Схема устройства временного разделения каналов

Для необходимости передачи информации не от двух, как в рассмотренных примерах, а от множества абонентов на сетях связи используются системы передачи, объединенные в иерархию. Системы передачи, использующие не полную синхронизацию сети, а синхронизацию только систем передачи, относятся к плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ или *PDH – Plesiochronous Digital Hierarchy*). В ПЦИ системы различаются по числу объединяемых каналов или по уровню.

Уровень Е1 это система ИКМ30/32, в которой обеспечивается передача информации 30 абонентских каналов и двух служебных. Скорость каждого канала 64 кбит/с (основной цифровой канал). Поэтому, скорость передачи составляет 2.048 Мбит/с (32 канала по 64 кбит/с).

Уровень Е2 мультиплексирует побитно 4 потока Е1 и таким образом обеспечивает передачу информации от 120 абонентов, т.е. второе обозначение этого уровня ИКМ-120. Объединение четырех потоков Е1 производится побитно. Из поступающих потоков формируются четыре группы по 264 бита в каждой, из них 256 бит информационных и 8 бит

служебных. Учитывая, что цикл передачи составляет 125 мкс, скорость передачи для потока Е2 составит:

$$\frac{264 \cdot 4 \text{ бит}}{125 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 8.448 \text{ Мбит/с.}$$

Цифровая система передачи ИКМ-480 является потоком Е3 и обеспечивает, соответственно, передачу информации от 480 абонентов, объединяя 4 потока Е2. Биты группируются в 6 блоков, состоящих из 12 служебных бит и 704 информационных. Таким образом, скорость передачи информации в системе ИКМ-480 составляет:

$$\frac{716 \cdot 6 \text{ бит}}{125 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 34.368 \text{ Мбит/с.}$$

При побитном мультиплексировании четырех потоков Е3 формируется поток Е4, передаваемый цифровой системой передачи ИКМ-1920. В данной системе группы состоят из 544 бит. Всего формируется 8 циклов по 4 группы в каждом цикле. Таким образом, за время 125 мкс передается 32 группы бит. Следовательно, скорость передачи информации составит:

$$\frac{544 \cdot 32 \text{ бит}}{125 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 139.264 \text{ Мбит/с.}$$

Как видно из представленного материала, при формировании уровней Е2, Е3 и Е4, используется побитное мультиплексирование. Это является основным недостатком, присущим цифровым системам ПЦИ, так как при выделении информации отдельного потока или канала необходимо производить полное демупльтиплексирование всего потока.

Задачи.

Задача 1. Определить необходимое число уровней квантования, число разрядов кодовых комбинаций системы передачи с ИКМ, если известно, что ошибка квантования δ не должна превышать 0.5 мВ, динамический диапазон сигнала D составляет 30 дБ, а максимальное значение амплитуды $U_{\max}$ равно 200 мВ.

Решение. Предварительно необходимо найти значение минимального напряжения сигнала. Исходя из определения динамического диапазона $D = 20 \lg \frac{U_{\max}}{U_{\min}}$, выразим минимальное напряжение сигнала, как:

$U_{\min} = \frac{U_{\max}}{10^{\frac{D}{20}}}$. Тогда, искомое значение напряжения равно:

$$U_{\min} = \frac{200 \cdot 10^{-3}}{10^{\frac{30}{20}}} = 6.325 \text{ мВ}.$$

Далее, находим расстояние между соседними уровнями квантования (шаг квантования). Так как ошибка не должна превышать 0.5 мВ, следовательно, расстояние между соседними уровнями равно $\Delta = 2\delta = 1 \text{ мВ}$.

Исходя из полученных значений расстояния между уровнями и минимального значения сигнала по напряжению, найдем количество уровней, необходимых для передачи отсчетов заданного сигнала:

$$L = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{\Delta} + 1 = \frac{200 - 6.325}{1} + 1 = 195.$$

В таком случае, разрядность кодовых комбинаций определяется, как: $n = \log_2 L = \log_2 195 \approx 7.6$ бит. Следовательно, для передачи одного отсчета заданного сигнала в цифровом виде потребуется 8 бит.

Задача 2. Амплитудно-импульсный модулированный (АИМ) сигнал может принимать значения в пределах от –5 мВ до 1 мВ.

Для четырех значений отсчетов сигнала: 1 мВ, –1.5 мВ, –3.2 мВ, –4.2 мВ, необходимо:

определить требуемое число уровней квантования L для двух заданных значений шага квантования $\Delta_1 = 2 \text{ мВ}$ и $\Delta_2 = 1 \text{ мВ}$ при линейном законе квантования;

вычислить ошибку квантования δ для обоих значений шага квантования;

найти число импульсов n в кодовой группе, обеспечивающее симметричное кодирование двоичным кодом расчетного числа уровней квантования L ;

определить тактовую частоту системы с ИКМ F_T при канальном интервале $T = 4 \text{ мкс}$.

Решение. Число уровней квантования определяется разностью между максимальным и минимальным значениями сигнала по отношению к шагу квантования. Тогда, количество уровней квантования можно найти, как:

$$L = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{\Delta} + 1.$$

Следовательно, для шага квантования Δ_1 , количество уровней равно $L_1 = \frac{1 \cdot 10^{-3} - (-5 \cdot 10^{-3})}{2 \cdot 10^{-3}} + 1 = 4$, а для шага Δ_2 : $L_2 = \frac{1 \cdot 10^{-3} - (-5 \cdot 10^{-3})}{1 \cdot 10^{-3}} + 1 = 7$.

Таким образом, для шага квантования Δ_1 разрешенными значениями (уровнями квантования) являются: 1 мВ, -1 мВ, -3 мВ, -5 мВ; для шага квантования Δ_2 : 1 мВ, 0 мВ, -1 мВ, -2 мВ, -3 мВ, -4 мВ, -5 мВ.

Ошибка квантования для каждого отсчета будет определяться разностью между значением напряжения сигнала и ближайшим уровнем квантования. Для значения 1 мВ ошибка квантования равна нулю в обоих случаях; для значения -1.5 мВ ошибка равна для обоих значений шагов: $\delta = |-1.5 - (-1)| = 0.5$ мВ; для значения -3.2 мВ: $\delta = |-3.2 - (-3)| = 0.2$ мВ; для значения -4.2 мВ при шаге квантования Δ_1 ошибка равна $\delta = |-4.2 - (-5)| = 0.8$ мВ, а для шага Δ_2 : $\delta = |-4.2 - (-4)| = 0.2$ мВ.

Количество импульсов в кодовой группе для симметричного двоичного кода находим, как: $n = \log_2 L$. Тогда, для шага Δ_1 число импульсов равно $n_1 = \log_2 L_1 = \log_2 4 = 2$, а для Δ_2 : $n_2 = \log_2 L_2 = \log_2 7 \approx 3$.

Тактовая частота F_t зависит от числа импульсов передаваемых за длительность равную каналному интервалу. В таком случае, тактовая частота равна: $F_t = \frac{n}{T}$. Тогда, для шага квантования Δ_1 частота импульсов

равна: $F_{t,1} = \frac{n_1}{T} = \frac{2}{4 \cdot 10^{-6}} = 0.5$ МГц, а для шага Δ_2 :

$$F_{t,2} = \frac{n_2}{T} = \frac{3}{4 \cdot 10^{-6}} = 0.75 \text{ МГц.}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. На вход четырехканальной системы передачи с временным разделением каналов поступает непрерывный сигнал со спектром частот от 50 Гц до 10 кГц. Количество разрядов для одного отсчета сигнала: $n = 7$ бит. Для данной системы и заданного сигнала требуется: определить частоту дискретизации F_d ; рассчитать каналный интервал T ; найти тактовую частоту F_t .
2. Определить длительность импульса в системе с временным разделением каналов ИКМ480 (поток Е3).
3. Показать размещение 7 канала 45 тракта ИКМ30 (поток Е1) во временном цикле системы с временным разделением каналов ИКМ1920 (поток Е4). Продемонстрировать недостатки побитного мультиплексирования.

Цифровые системы коммутации

Для обеспечения установления соединений в современных цифровых системах коммутации каналов используется временная коммутация. Широкое распространение данного вида коммутации обусловлено развитием систем с временным разделением каналов.

При установлении соединения коммутатор решает следующие технические задачи: задержка сигнала, приходящего в определенный момент времени из тракта приема; перенос принятого сигнала из тракта приема в тракт передачи.

Основными составляющими временного коммутатора являются (рис.4): информационная память (ИП), интерфейсная память (ИФ) и управляющая память (УП). В качестве коммутационного поля используется информационная память, которая контролируется управляющей памятью, заполнение которой производится управляющим устройством под воздействием адресной информации.

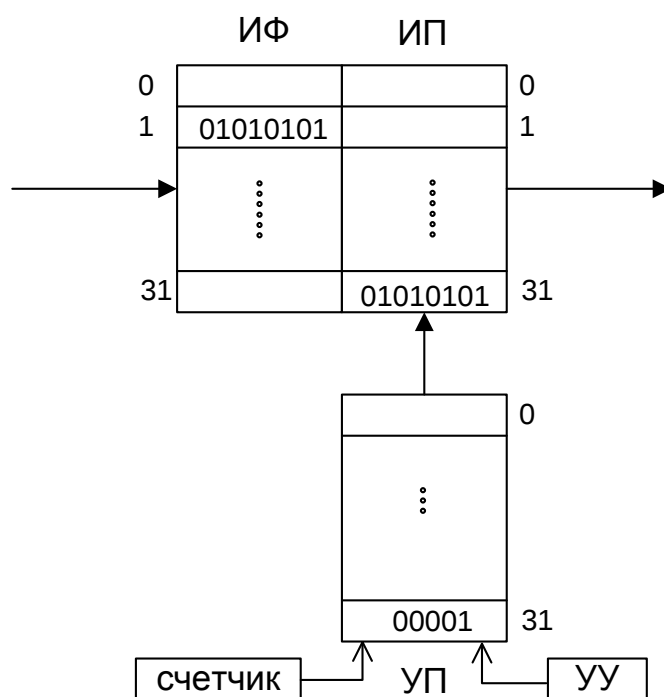


Рис. 4. Временной коммутатор ИКМ 30/32

Из тракта приема информация записывается в интерфейсную память, в это время управляющее устройство записывает в ячейку управляющей памяти номер ячейки информационной памяти. Содержимое ячейки ИП определяет вход, т.е. канал откуда поступает информация, а номер ячейки УП показывает выход, т.е. канал куда надо переместить информацию.

Количество ячеек ИП определяется числом временных каналов ИКМ тракта. При этом, информационная память имеет разрядность равную

разрядности временных каналов системы ВРК. Для системы ИКМ30/32 эта разрядность составляет 8 бит.

Управляющая память имеет разрядность равную $\log_2 N$, где N – число ячеек ИП, которое равно количеству каналов передаваемых данной системой с ВРК. Количество ячеек совпадает с количеством ячеек информационной памяти.

На рис. 4. показана коммутация первого канала на входе с тридцать первым каналом на выходе. Интерфейсная память выполняет функции задержки на один цикл ИКМ, а также функцию последовательно-параллельного преобразования.

Представленный временной коммутатор может работать в двух режимах.

Первый режим называется «последовательная запись – произвольное считывание». В данном режиме поступающая информация последовательно, без изменения порядка следования, канал за каналом записывается в ИП, а считывание в тракт передачи из ИП происходит в соответствии с информацией, внесенной в УП.

Во втором режиме «произвольная запись – последовательное считывание» принятая информация записывается в ИП в зависимости от информации в УП (как и показано на рисунке), а считывание в тракт передачи происходит последовательно, начиная с нулевого канала.

Для коммутации пакетов можно использовать коммутаторы, имеющие два устойчивых состояния. Тогда, удобно контролировать такого вида коммутатор, используя два сигнала: «0» и «1». Тогда базовым элементом является бета-элемент, являющийся коммутационной матрицей, которая имеет два входа и два выхода. Базовый элемент включает управляющую логику, которая обеспечивает обработку заголовков пакетов и принимает решение о состоянии коммутационной матрицы; регистр для включения заданного состояния и линии задержки, необходимые для синхронизации матрицы и входных сигналов. Коммутационная матрица может находиться в двух состояниях: в прямом, либо в перекрестном.

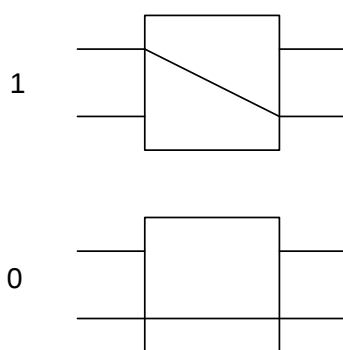


Рис. 5. Состояния бета-элемента в зависимости от управляющего бита

На базе бета-элементов строятся баньяновидные коммутаторы. Название коммутаторов связано с похожестью схемы связей между элементами по форме на тропическое растение «баньян». Построение коммутаторов многозвенное. Каждое звено обрабатывает входящий пакет в соответствии с битом управляющего слова. При равенстве бита нулю устанавливается сквозное состояние. Для установления перекрестного состояния бит управления равен единице. Ситуации с установлением соединений в базовом элементе представлены на рис. 5.

Формирование управляющего слова обеспечивается сложением по модулю два номера входа и номера выхода.

Рассмотрим пример коммутации в баньяновидном коммутаторе, структура которого представлена на рис.6. Например, для установления соединения нулевого входа и шестого выхода. Переводим номера входа и выхода в двоичную систему и получаем соответственно: 000 и 110. Производим сложение по модулю 2 полученных значений $000 \oplus 110$, откуда управляющее слово равно: 110. Таким образом, коммутатор первого звена устанавливается в прямое состояние, а на втором и третьем звеньях в перекрестное, что и продемонстрировано на рисунке.

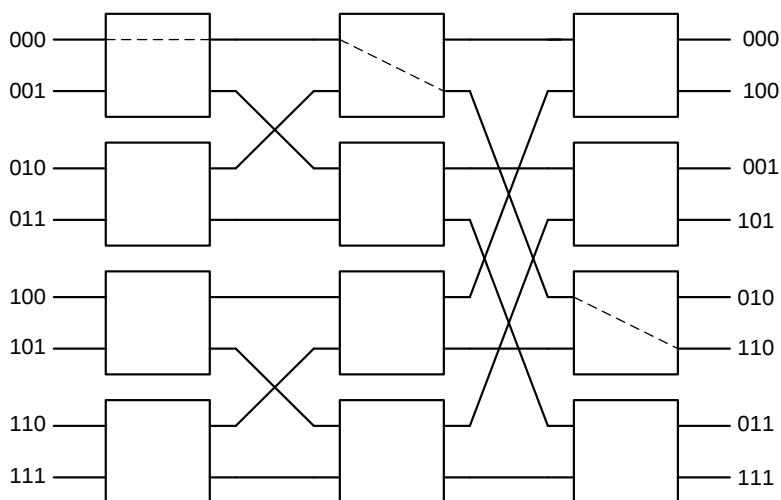


Рис. 6. Баньяновидный коммутатор 8×8

Учитывая способ построения звеньев баньяновидных коммутаторов, можно увидеть, что размерность коммутатора $N \times N$ определяется степенью числа 2, т.е. может быть равно 2, 4, 8, 16, 32 и т.д., а число звеньев тогда равно $\log_2 N$. При этом количество бета-элементов :

$$\frac{N}{2} \log_2 N.$$

Преимущество баньяновидных коммутаторов заключается в использовании простых однотипных элементов, что позволяет при увеличении размерности реализовать модульный принцип построения аппаратных средств.

Задачи.

Задача 1. Найти управляющее слово, номер ячейки и необходимое число бит для временного коммутатора с двумя трактами ИКМ30 для коммутации 1 канала первого тракта с 23 каналом второго тракта. Режим работы «последовательная запись – произвольное считывание».

Решение. Для временного коммутатора с двумя трактами ИКМ30 интерфейсная, информационная и управляющая память будут содержать по 64 ячейки (по количеству каналов $N = 2 \cdot 32 = 64$). Разрядность адресной памяти определяется как: $n = \log_2 N = \log_2 64 = 6$ бит.

Для коммутации 1 канала первого тракта с 23 каналом второго тракта необходимо определить номер ячейки интерфейсной и информационной памяти для 23 канального интервала второго тракта. В соответствии со схемой временного коммутатора для двух трактов ИКМ 30 (рис.7), номер ячейки равен: $23 + 32 = 55$. Управляющее слово равно номеру ячейки ИП, в которой находится информация первого канала первого тракта. В таком случае, необходимо в 55 ячейке УП записать значение «1» в двоичной форме: «000001».

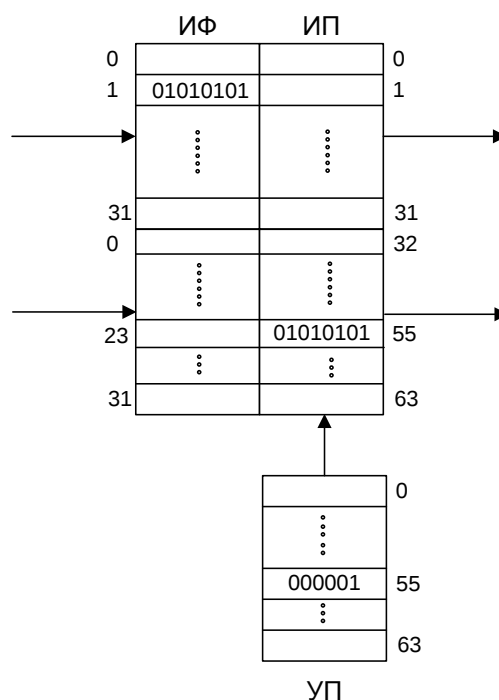


Рис. 7. Пример коммутации во временном коммутаторе на два тракта ИКМ30/32

Задача 2. Определить управляющее слово для АТМ коммутатора баньянского типа 16х16 при необходимости поступления ячеек с 0 входа на 14 выход; с 5 входа на 8 выход и с 13 входа на 12 выход. Показать схему коммутации.

Решение. Схема АТМ коммутатора баньянского типа размерностью 16 входов на 16 выходов имеет вид, представленный на рис.8.

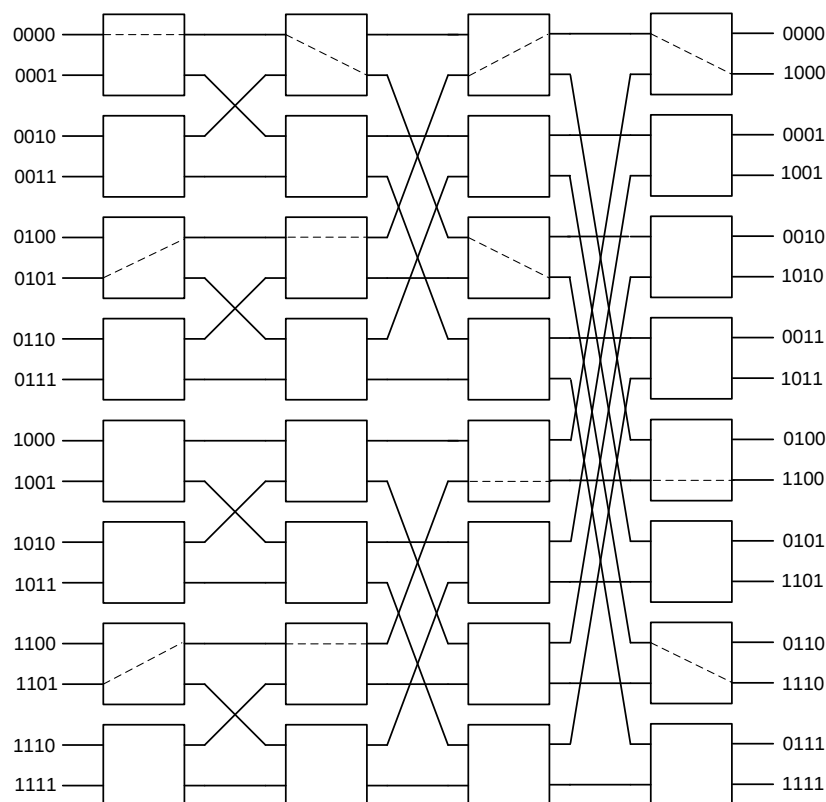


Рис. 8. Пример коммутации для баньяновидного коммутатора 16×16

Для определения управляющих слов производим сложение по модулю 2 номеров входов и выходов. Для первой пары: $0000 \oplus 1110 = 1110$; для второй $0101 \oplus 1000 = 1101$ и для третьей $1101 \oplus 1100 = 0001$. Таким образом, для первой пары: коммутатор первого звена устанавливается в сквозное состояние («0» в младшем бите управляющего слова), остальные коммутаторы в перекрестное (остальные биты управляющего слова равны «1»); для второй пары: коммутатор первого звена устанавливается в перекрестное состояние, коммутатор второго в сквозное, коммутаторы третьего и четвертого звеньев находятся в перекрестном состоянии; аналогично для третьей пары. Результат коммутации представлен на рис. 8.

Задачи для самостоятельного решения

1. Построить структурную схему временного коммутатора на 256 временных интервалов. Найти управляющее слово, номер ячейки и необходимое число бит для коммутации 128 временного интервала с 230. Режим работы «произвольная запись – последовательное считывание». Определить тракты передачи информации.
2. Сформировать структуру баньяновидного коммутатора с 32 входами и 32 выходами. Показать схему передачи ячеек АТМ с 15 входа на 31 выход.

Передача дискретных сообщений

Система передачи дискретных сообщений – это совокупность технических средств для передачи дискретных сообщений между источником и получателем сообщений с заданной достоверностью, надежностью и временем доставки. В общем случае структурная схема системы передачи сообщений состоит из устройств обеспечивающих кодирование и преобразование сообщений (рис. 9).

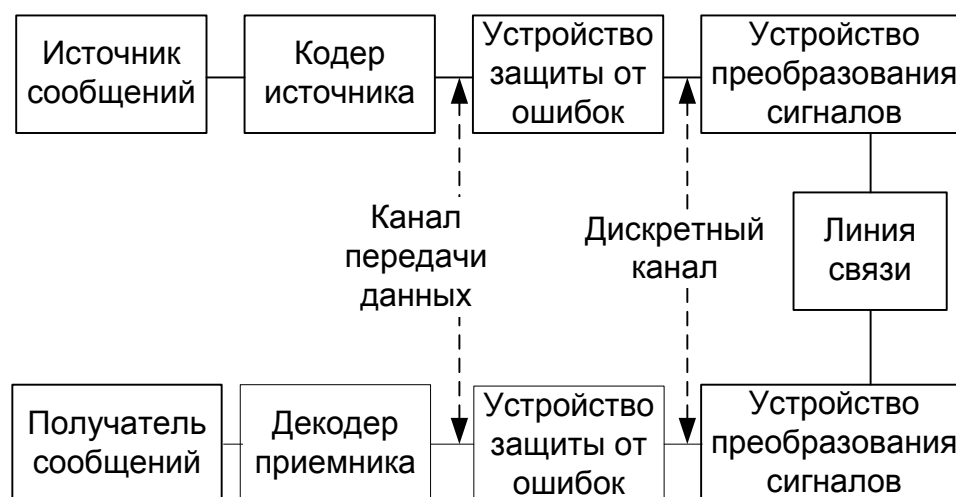


Рис. 9. Структурная схема системы передачи дискретных сообщений

Устройство защиты от ошибок используется для повышения верности передачи сигналов за счет повышения избыточности и добавления в сигнал проверочной информации. На стороне передачи служебная проверочная информация добавляется, а на приемной стороне удаляется из информационного сигнала. По принимаемой проверочной информации устройство защиты от ошибок приема определяет качество доставки сообщения по дискретному каналу.

Устройство преобразования сигналов обеспечивает сопряжение с линией связи и формирует сигналы для передачи по определенной физической среде (по сути, является устройством обеспечивающим модуляцию на передающей стороне и демодуляцию на приемной).

В зависимости от того, каким образом происходит ввод информации, дискретные каналы разделяют на синхронные и асинхронные. Синхронные дискретные каналы обеспечивают ввод дискретных значений сигнала в строго заданные моменты времени и предназначены для передачи изохронных сигналов, т.е. таких сигналов, длительность которых равна единичному информационному интервалу либо кратна ему. По асинхронному дискретному каналу передаются сигналы любой структуры.

К основным характеристикам канала передачи дискретных сообщений относятся: коэффициент ошибок по кодовым комбинациям и эффективная скорость передачи информации.

Коэффициент ошибок по кодовым комбинациям необходим для оценки верности принятой информации и равен отношению числа ошибочных кодовых комбинаций к общему числу переданных за определенный интервал времени.

Наиболее часто для повышения верности передачи используются различные методы, основанные на увеличении избыточности с использованием помехоустойчивого кодирования.

Основной принцип метода заключается в том, что все множество кодовых комбинаций делится на два подмножества: разрешенных и запрещенных кодовых комбинаций.

Например, если длина кодовой комбинации в битах равна 3, то суммарное число кодовых комбинаций равно $N = 8 = 2^3$. Необходимо обеспечить, используя такой код, обнаружение и исправление ошибок. Для этого необходимо определить число разрешенных и запрещенных кодовых комбинаций.

Для рассматриваемого случая ($N = 8$) можно отнести к разрешенным кодовым комбинациям две последовательности: «000» и «111». Тогда, запрещенными кодовыми комбинациями будут являться «001», «011», «110», «100», «101», «010». В таком случае, количество разрешенных комбинаций равно двум, а запрещенных шести. Данный код обеспечивает возможность по обнаружению двухкратных ошибок и исправлению – однократных.

В соответствии со структурной схемой системы передачи дискретных сообщений на входе и выходе дискретного канала формируются сигналы, представляющие собой последовательность импульсов. Спектры таких сигналов обладают бесконечной шириной, но частотные характеристики обычных непрерывных каналов связи имеют ограниченную полосу пропускания и воздействие помех.

Для передачи дискретных сигналов по непрерывным каналам используются устройства преобразования сигналов, обеспечивающие перенос дискретных сигналов в спектр линии и осуществляющие модуляцию сигналов, т.е. манипуляцию.

К основным видам манипуляции, используемых в инфокоммуникациях, относятся: амплитудная, частотная и фазовая. Наибольшее распространение получили системы с модификацией фазовой модуляцией, так называемой относительной фазовой модуляцией и многопозиционные виды манипуляции: амплитудно-фазовая и квадратурно-фазовая.

Для оценки скорости передачи информации в системе передачи дискретных сообщений используется следующее выражение:

$$R = B \log_2 M,$$

где M – число позиций сигнала при многопозиционной манипуляции, B – бодовая скорость (в данном случае, определяется пределом Найквиста: $B = 2\Delta f$ Бод, где Δf – полоса пропускания непрерывного канала).

Применение многопозиционности манипуляции позволяет увеличить информационную скорость передачи системы при неизменном непрерывном канале. Например, при двухпозиционной фазовой манипуляции скорость передачи информации равна бодовой скорости, т.е. $R = B$. При использовании четырехпозиционной манипуляции (рис.10), т.е. с передачей двух бит на одно изменение сигнала, увеличивается скорость передачи информации в 2 раза: $R = B \log_2 4 = 2B$.

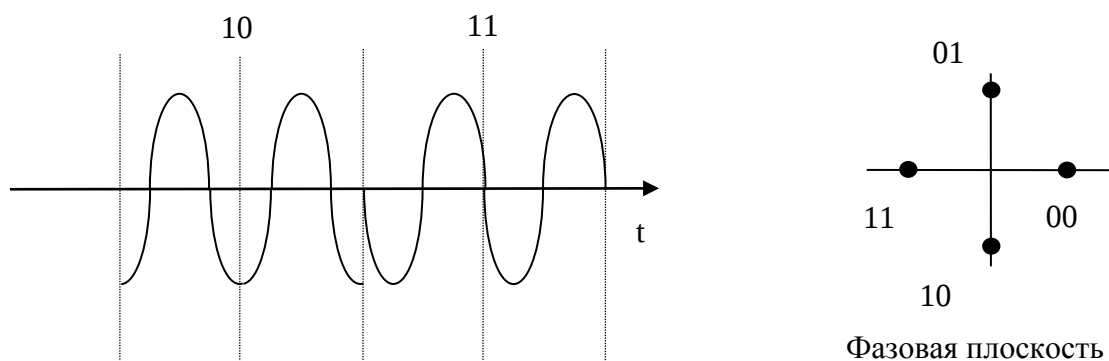


Рис. 10. Четырехпозиционный сигнал

Таким образом, при увеличении позиционности сигнала, увеличивается скорость передачи информации по линии связи. Однако в этом случае усложняется оконечное оборудование передачи/приема, т.к. требует более точного определения точки на фазовой плоскости.

Задачи.

Задача 1. Найти число запрещенных и разрешенных кодовых комбинаций при алфавите источника в $N = 64$ символа при числе разрядов кодовой комбинации равном $k = 9$.

Решение. Количество возможных кодовых комбинаций определяется, как $L = 2^k$. Тогда, общее число кодовых комбинаций равно: $L = 2^9 = 512$. Количество разрешенных кодовых комбинаций равно числу символов алфавита источника, а количество бит необходимых для их передачи определяется, как: $l = \log_2 N$. В таком случае, это число разрешенных кодовых комбинаций равно $n_{\text{разр}} = 64$, а необходимое число бит равно $l = \log_2 64 = 6$, т.е. остальные 3 бита предназначены для повышения верности передачи.

Количество запрещенных кодовых комбинаций равно разности между общим числом кодовых комбинаций и количеством разрешенных:

$n_{\text{запр}} = L - n_{\text{разр}}$. Тогда, число запрещенных комбинаций равно $n_{\text{запр}} = 512 - 64 = 448$.

Задача 2. Определить последовательность передачи сигналов в системе с относительной фазовой манипуляцией ОФМ4 при обработке сообщения 01011100000110100011.

Решение. При относительной фазовой манипуляции значение фазы следующего сигнала определяется относительно предыдущего значения фазы. Для ОФМ4 каждое изменение сигнала переносит два бита (передача дибитами). В таком случае фазовый сдвиг принимает следующие значения для каждого дибита: для «00» – 0° , для «01» – 90° , для «10» – 180° , для «11» – 270° .

Для заданной последовательности бит сигнал ОФМ4 будет иметь вид, представленный на рис.11.

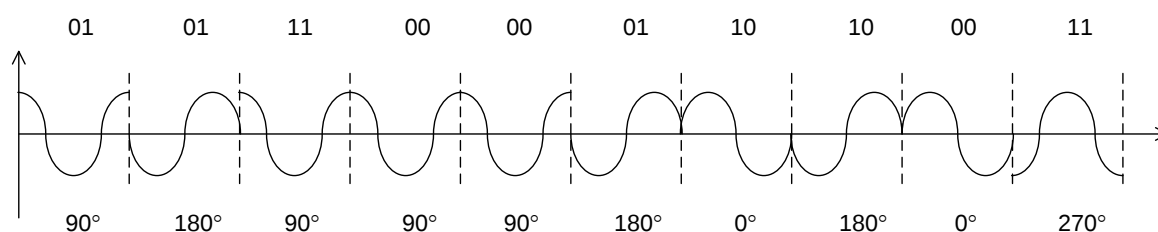


Рис. 11. Пример сигнала ОФМ4

Каждое изменение сигнала переносит два бита, что позволяет увеличить информационную скорость системы при сохранении полосы пропускания физического канала.

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить информационную скорость системы с четырехпозиционной относительной фазовой манипуляцией при использовании канала с диапазоном частот 0.3-4 кГц без учета влияния помех.
2. Преобразовать цифровой сигнал 1001000101000000000001111001100 в линейный сигнал в коде HDB-3, если считать, что после предыдущей вставки прошло четное число единиц. Показать вставки вместо серий нулей.
3. Построить фазовую плоскость для системы передачи дискретных сообщений использующей модуляцию КАМ16 (шестнадцатипозиционная квадратурно-амплитудная модуляция). Показать снижение помехоустойчивости. Определить коэффициент увеличения скорости по сравнению с системой, использующей двухпозиционную модуляцию.

Системы мобильной связи

Система мобильной связи – это техническая система, обеспечивающая предоставление услуг связи мобильным абонентам. На сегодняшний день в сетях мобильной связи передаются информационные потоки различного назначения: от классической телефонии до трехмерной видеоинформации. Системы мобильной связи, иногда называют системами сотовой связи. Это объясняется тем, что зона покрытия сети состоит из отдельных участков или ячеек. Каждая ячейка условно на схеме сети отображается в виде шестиугольника, т.е. соты.

Для обеспечения предоставления услуг связи мобильным абонентам в условном центре каждой соты устанавливается базовая станция (БС), обслуживающая абонентов в пределах этой соты. Базовые станции разных сот объединяются в единую подсистему базовых станций и соединяются центром коммутации мобильной связи, который подключен к другим сетям. Обобщенная структурная схема передачи информации от абонентов показана на рис.12.

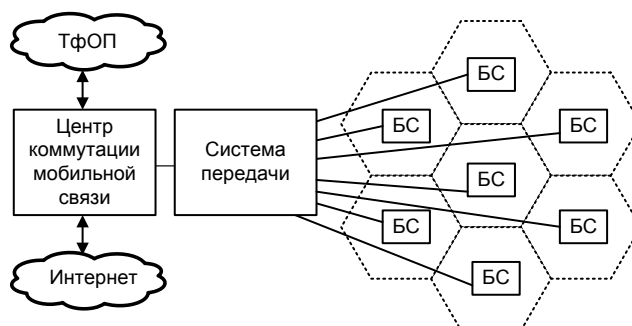


Рис. 12. Общая структурная схема организации сети мобильной связи

В связи с тем, что частотный диапазон является ограниченным ресурсом, необходимо многократно использовать одни и те же частоты для заполнения зоны обслуживания оператора. Для этого применяется повторное использование частот.

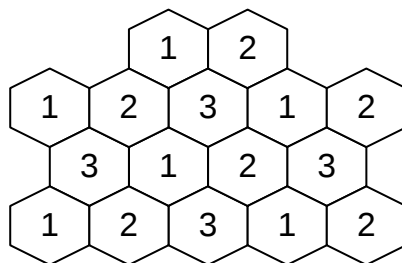


Рис. 13. Пример частотного планирования при трехчастотном кластере

Под повторным использованием частот понимается такой способ организации мобильной связи, при котором одни и те же частоты используются в разных ячейках обслуживания. Группа соседних ячеек, в

пределах которых частоты не повторяются, называется кластером. Размерность кластера может быть конкретным числом, т.е. принимать значения 1, 3, 4, 7, 9, 12 и т.д. На рис.13 показан пример частотного планирования для трехчастотного кластера. Учитывая, что расстояние между ячейками с одной и той же частотой $D = \sqrt{3NR}$, зависит от размерности кластера, то для вышеприведенных значений размерностей кластера можно найти расстояние повторного использования частот. Например, для $N=1$ это значение равно: $D = \sqrt{3}R = 1.73R$, а для трех частотного кластера $D = \sqrt{3 \cdot 3}R = 3R$. Таким образом, увеличение размерности кластера позволяет увеличить расстояние между сотами с одними и теми же частотами, т.е. уменьшить взаимное влияние таких сот и снизить внутриканальные помехи.

С целью увеличения пропускной способности сети каждая сота делится на сектора. Тогда, каждый сектор будет обслуживаться отдельной направленной антенной. Такие соты называют секторизованными. Ширина диаграммы секторных антенн зависит от зоны обслуживания и нагрузки создаваемой абонентами в соте. Например, при использовании трехсекторных сот, ширина диаграммы направленности антенн составит 120° . Тогда, для кластера размерностью 3 необходимо использовать 9 групп частот, для размерности 4 – 12 групп частот и т.д. На рис.14 показан кластер размерностью 4 для трехсекторных сот.

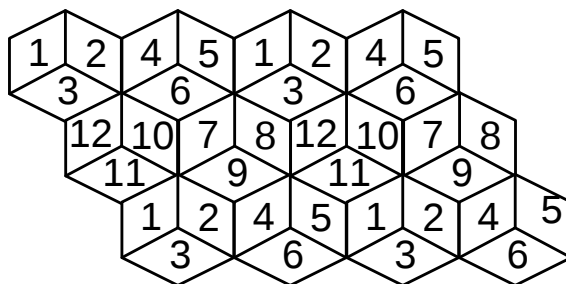


Рис. 14. Частотное планирование кластера размерностью 4 для трехсекторных сот

Существуют также и шестисекторные ячейки сети. В таком случае, ширина диаграммы направленности составляет 60° , что позволяет увеличить пропускную способность сот, но предъявляет повышенные требования к антеннам и электромагнитной совместимости. Количество частот тогда, будет равно: для кластера размерности 3 – 18, для размерности 4 – 24.

Задачи.

Задача 1. В соответствии с исходными данными (табл. 1) произвести расчет радиуса соты сети мобильной связи GSM-900. В качестве модели распространения радиоволн, использовать модель Хата.

Таблица 1

Исходные данные

Параметр	Значение
Мощность передатчика базовой станции БС $P_{\text{прд,БС}}$	2 Вт
Мощность передатчика абонентской станции АС $P_{\text{прд,АС}}$	0.2 Вт
Потери в фидере антенны передатчика/приемника БС p_{fid}	2.7 дБ
Потери в комбайнере p_{comb}	3.2 дБ
Потери в соединителях p_c	2.5 дБ
Коэффициент усиления антенны передатчика/приемника базовой станции G	18.5 дБи
Коэффициент усиления антенны абонентской станции $G_{\text{АС}}$	0 дБи
Чувствительность приемника базовой станции $P_{r,\text{БС}}$	-110 дБм
Чувствительность приемника абонентской станции $P_{r,\text{АС}}$	-100 дБм
Параметр логнормального распределения K уровней сигнала по местоположению с вероятностью 0.75	0.68
Потери при взаимодействии с телом абонента W_b	3 дБ
Высота подвеса антенны базовой станции $h_{\text{БС}}$	40 м
Средняя высота антенны абонентской станции $h_{\text{АС}}$	1.5 м
Вероятность невыполнения требований по отношению сигнал/шум ($p_{\text{с/ш}}$)	менее 0.22

Решение. Первоначально рассчитаем энергетические параметры в направлении базовая станция – абонентская станция (*downlink*). Для этого, предварительно выразим мощность передатчика базовой станции в дБм:

$$P'_{\text{прд,БС}} = 10 \lg \left(\frac{P_{\text{прд,БС}}}{10^{-3}} \right) = 10 \lg \left(\frac{2}{10^{-3}} \right) = 33.01 \text{ дБм.}$$

Излучаемая передатчиком базовой станции мощность определяется прохождением сигнала по тракту передачи с учетом потерь в фидере, комбайнере и соединителях:

$$P_{\text{изл,БС}} = P'_{\text{прд,БС}} - p_{\text{fid}} - p_{\text{comb}} - p_c + G = 33.01 - 2.7 - 3.2 - 2.5 + 18.5 = 43.11 \text{ дБм.}$$

Необходимая мощность полезного сигнала на уровне приема 50 % определяется характеристиками мобильной станции:

$$P_{\text{пс,50\%,БС}} = P_{r,\text{АС}} + p_{\text{fid,АС}} - G_{\text{АС}} = -100 + 0 - 0 = -100 \text{ дБм.}$$

Необходимая напряженность поля полезного сигнала создаваемого базовой станцией на уровне приема 50 % ($f_{\text{МГц}} = 900 \text{ МГц}$) равна:

$$E_{\text{пс,БС}} = 77.2 + 20 \lg f_{\text{МГц}} + P_{\text{пс,50\%,БС}} = 77.2 + 20 \lg 900 - 100 = 36.285 \text{ дБ} \cdot \text{мкВ/м.}$$

Далее, требуется определить среднеквадратическое отклонение сигнала σ , значение которого определяется из табл. 2 в соответствии с

требованиями по вероятности невыполнения требований по отношению сигнал/шум (в данном случае 22%). Так как не определена кластерность, и исходя из заданной вероятности (0.22), значение σ можно взять равным 4 или 7 для любого размера кластера; либо принять σ равным 10 для кластеров размерности 7. Для дальнейших расчетов выберем σ равное 4.

Таблица 2

Вероятность (в процентах) невыполнения требований по отношению сигнал/шум и среднеквадратическое отклонение сигнала для секторности сот равной трем

σ		4	7	10
Размерность кластера	3	6.2	21.8	29.5
	4	2.3	14.7	23.6
	7	0.2	6.4	15.2

Мощность сигнала на границе зоны обслуживания на уровне приема в 75 % найдем, как: $P_{\text{пс},75\%,\text{БС}} = P_{\text{пс},50\%} + K\sigma = -100 + 0.68 \cdot 4 = -97.28$ дБм. Для данного уровня приема необходимая напряженность поля полезного сигнала с вероятностью выполнения 0.75, составит: $E_{\text{пс},75\%,\text{БС}} = E_{\text{пс},\text{БС}} + K\sigma = 36.285 + 0.68 \cdot 4 = 39.005$ дБ·мкВ/м.

Определим допустимые основные потери при передаче сигнала с вероятностью 0.5 и 0.75, соответственно:

$$W_{\text{потерь},50\%,\text{БС}} = P_{\text{изл},\text{БС}} - P_{\text{пс},50\%,\text{БС}} - W_b = 43.11 + 100 - 3 = 140.11 \text{ дБм},$$

$$W_{\text{потерь},\text{БС}} = W_{\text{потерь},50\%,\text{БС}} - K\sigma = 140.11 - 0.68 \cdot 4 = 137.39 \text{ дБм}.$$

Аналогичный расчет энергетических параметров проведем для направления абонентская станция – базовая станция (*uplink*). Предварительно выразим мощность передатчика абонентской станции в дБм: $P'_{\text{прд},\text{АС}} = 10 \lg \left(\frac{P_{\text{прд}}}{10^{-3}} \right) = 10 \lg \left(\frac{0.2}{10^{-3}} \right) = 23.01$ дБм.

Излучаемая передатчиком абонентской станции мощность равна: $P_{\text{изл},\text{АС}} = P'_{\text{прд},\text{АС}} = 23.01$ дБм. Необходимая мощность полезного сигнала на уровне приема 50 % определяется характеристиками базовой станции: $P_{\text{пс},50\%,\text{АС}} = P_{r,\text{БС}} + p_{\text{fid},\text{БС}} - G = -110 + 2.7 - 18.5 = -125.8$ дБм.

Необходимая напряженность поля полезного сигнала на этом же уровне приема определим, как: $E_{\text{пс},\text{АС}} = 77.2 + 20 \lg f_{\text{МГц}} + P_{\text{пс},50\%,\text{АС}} = 77.2 + 20 \lg 900 - 125.8 = 10.485$ дБ·мкВ/м. Мощность полезного сигнала на границе зоны обслуживания при уровне приема 75 %, составит: $P_{\text{пс},75\%,\text{АС}} = P_{\text{пс},50\%,\text{АС}} + K\sigma = -125.8 + 0.68 \cdot 4 = -123.08$ дБм.

Необходимую напряженность поля полезного сигнала на данном уровне

приема найдем, как:
 $E_{\text{пс},75\%,\text{AC}} = E_{\text{пс},\text{AC}} + K\sigma = 10.485 + 0.68 \cdot 4 = 13.205 \text{ дБ} \cdot \text{мкВ/м}.$

Рассчитаем для данного направления передачи допустимые основные потери с вероятностью 0.5 и 0.75, соответственно:

$$W_{\text{потерь},50\%,\text{AC}} = P_{\text{изл},\text{AC}} - P_{\text{пс},50\%,\text{AC}} - W_b = 23.01 + 125.8 - 3 = 145.81 \text{ дБм},$$

$$W_{\text{потерь},\text{AC}} = W_{\text{потерь},50\%,\text{AC}} - K\sigma = 145.81 - 0.68 \cdot 4 = 143.09 \text{ дБм}.$$

Далее, выбирается меньшее значение из $W_{\text{потерь}}$ для обоих направлений, в данном случае меньшим является: $W_{\text{потерь},\text{BC}} = 137.39 \text{ дБм}.$ Тогда, используя модель Хата для распространения радиоволн при городской застройке, определим радиус зоны обслуживания для одной базовой станции:

$$R = 10^{\frac{W_{\text{потерь},\text{BC}} - [68.75 + 27.72 \lg(f_{\text{МГц}}) - 13.82 \lg(h_{\text{БС}}) - (1.1 \lg(f_{\text{МГц}}) - 0.7) h_{\text{AC}}]}{44.9 - 6.55 h_{\text{AC}}}},$$

$$R = 10^{\frac{137.39 - [68.75 + 27.72 \lg(900) - 13.82 \lg(40) - (1.1 \lg(900) - 0.7) \cdot 1.5]}{44.9 - 6.55 \cdot 1.5}} \approx 2.3 \text{ км}.$$

Следовательно, радиус соты для заданных параметров абонентской и базовой станций составляет немногим больше 2 км. С целью увеличения зоны обслуживания необходимо увеличить мощность базовой станции и повысить чувствительность приемного оборудования.

Задача 2. Для предыдущей задачи, определить количество базовых станций, число радиоканалов на каждую базовую станцию и размерность кластера при обслуживании $N = 5000$ абонентов на территории площадью $S = 70 \text{ км}^2$ с вероятностью потери вызовов $p = 0.02$. Интенсивность нагрузки от одного абонента принять равной $y = 0.025$ Эрл. Считать, что нагрузка распределена равномерно по площади обслуживания. Произвести частотное планирование.

Решение. Исходя из равномерного распределения нагрузки, число базовых станций найдем, как: $N_{\text{БС}} = \frac{S}{\pi R^2}$. Учитывая, что в предыдущее задаче, радиус соты $R = 2.3 \text{ км}$, количество базовых станций равно:
 $N_{\text{БС}} = \frac{70}{\pi \cdot 2.3^2} \approx 5.$ Учитывая равномерную загрузку базовых станций, интенсивность нагрузки, поступающая на каждую базовую станцию, будет равна: $y_{\text{БС}} = \frac{Ny}{N_{\text{БС}}} = \frac{5000 \cdot 0.025}{5} = 25 \text{ Эрл}.$ В соответствии с первой формулой

Эрланга, определим количество каналов v необходимых для

$$\text{обслуживания такой нагрузки: } E_v(y_{\text{БС}}) = \frac{y_{\text{БС}}^v}{\sum_{j=0}^v \frac{y_{\text{БС}}^j}{j!}} \leq p.$$

Для заданной вероятности потерь количество линий равно $v = 34$:

$$\frac{\frac{25^{34}}{34!}}{\sum_{j=0}^{34} \frac{25^j}{j!}} = 0.016 \leq 0.02.$$

В стандарте GSM-900 в одном радиоканале формируется 8 каналов передачи. Поэтому, для организации 34 каналов потребуется 5 радиоканалов для каждой базовой станции.

Для выбранного в предыдущей задаче значения σ , размерность кластера можно выбрать любой: 3, 4, 7. Зададим размерность кластера равную трем при секторности сот - 3. Тогда, для проведения частотного планирования необходимо определить 9 частотных групп. Например, первая и вторая частотная группы имеют 3 несущих, третья группа 2 несущих. Аналогично, для других частотных групп. Таким образом, распределение групп частот может быть представлено в следующем виде (рис.15).

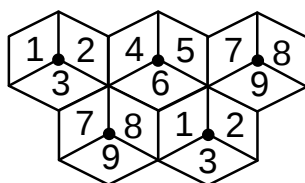


Рис. 15. Результат частотного планирования для пяти базовых станций

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить максимальное число одновременно обслуживаемых абонентов в одном секторе базовой станции при интенсивности нагрузки на базовую станцию 15 Эрл, применении трехсекторных антенн и вероятности потери вызова менее 0.005.
2. Произвести частотное планирование в сотовой сети стандарта GSM900 для 11 базовых станций при использовании кластеров по 4 соты с трехсекторными антеннами.
3. Найти среднее число обслуживаемых абонентов в секторе базовой станции при нагрузке на сектор 5 Эрл.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абилов, А. В. Сети связи и системы коммутации / А.В. Абилов. – Ижевск: ИжГТУ, 2002.
2. Бабков В.Ю., Михайлов П.А., Вознюк М.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование. Учебное пособие для вузов - 2 изд. М: Горячая линия – телеком, 2007.
3. Берлин, А. Н. Цифровые сотовые системы связи / А. Н. Берлин - М.: Эко-Трендз, 2007.
4. Корнышев, Ю.Н. Теория телетрафика/ Ю.Н. Корнышев, А.П. Пшеничников, А.Д. Харкевич. – М: Связь, 1996.
5. Крухмалев, В.В. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: учебник для вузов/ В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – М.: Горячая линия – телеком, 2004.