

УДК 681.31

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ ОДНОВОЛОКОННЫХ
ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

© 2015

И. А. Сорокин, кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные
технологии и системы связи»*Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Княгинино (Россия)*

Аннотация. Практически во всех волоконно-оптических системах передачи, рассчитанных на широкое применение, в качестве источников излучения сейчас используются полупроводниковые светоизлучающие диоды и лазеры. Для них характерны в первую очередь малые габариты, что позволяет выполнять передающие оптические модули в интегральном исполнении. Кроме того, для полупроводниковых источников излучения характерны невысокая стоимость и простота обеспечения модуляции. В качестве приемников излучения в волоконно-оптических системах передачи на ГТС применяются лавинные фотодиоды, достоинством которых является высокая чувствительность. Однако, при использовании лавинных фотодиодов нужна жесткая стабилизация напряжения источника питания и температурная стабилизация, поскольку коэффициент лавинного умножения, а, следовательно, фототок и чувствительность ЛФД, сильно зависят от напряжения и температуры. Передача оптических сигналов в ВОСП на ГТС осуществляется в многомодовом режиме, поскольку соединительные линии относительно коротки и дисперсионные процессы в оптических волокнах незначительны. На сегодняшний день для городской телефонной сети используются кабели марки ОК имеющие четыре или восемь ступенчатых многомодовых волокон. В ближайшие годы потребность в увеличении числа каналов будет расти. Наиболее доступным способом увеличения пропускной способности ВОСП в два раза является передача по одному оптическому волокну двух сигналов в противоположных направлениях. Сегодня на городских сетях связи находят применение одноволоконные ВОСП с оптическими разветвителями и со спектральным разделением. При проектировании одноволоконных оптических систем передачи с оптимальными характеристиками выбор структурной схемы системы и используемых технических средств определяется критериями оптимальности. Если критерием является минимальная стоимость, то в оптимальной системе должны использоваться оптические разветвители. Максимальная длина регенерационного участка требует применения оптических циркуляторов, переключателей, оптических усилителей, когерентных методов передачи сигнала. Требования высокой надежности и стойкости к внешним воздействиям определяют выбор системы с оптическим источником на одном конце линии, а требование максимального объема передаваемой информации – системы со спектральным уплотнением или с когерентными методами передачи.

Ключевые слова: Волокно, демодуляция, длина, информация, измерение, излучение, колебания, линия, модуляция, мощность, одноволоконной, приемник, передатчик, передача, сигнал, система, схема, устройство, участок, частота.

Виды модуляции оптических колебаний

Для передачи информации по оптическому волокну необходимо изменение параметров оптической несущей в зависимости от изменений исходного сигнала. Этот процесс называется модуляцией.

Существует три вида оптической модуляции:

1. Прямая модуляция. При этом модулирующий сигнал управляет интенсивностью (мощностью) оптической несущей. В результате мощность излучения изменяется по закону изменения модулирующего сигнала.

2. Внешняя модуляция. В этом случае для изменения параметров несущей используют модуляторы, выполненные из материалов, показатель преломления которых зависит от воздействия либо электрического, либо магнитного, либо акустического полей. Изменяя исходными сигналами параметры этих полей, можно модулировать параметры оптической несущей.

3. Внутренняя модуляция. В этом случае исходный сигнал управляет параметрами модулятора, введенного в резонатор лазера.

Для внешней модуляции электрооптические (ЭОМ) и акустооптические (АОМ) модуляторы.

Принцип действия ЭОМ основан на электрооптическом эффекте – изменении показателя преломления ряда материалов под действием электрического поля. Эффект, когда показатель преломления линейно зависит от напряженности поля, называется эффектом Поккельса. Когда величина показателя преломления не линейно зависит от напряженности электрического поля, то это эффект Керра. Эффект Поккельса наблюдается в некоторых анизотропных кристаллах, когда эффект Керра в ряде жидкостей (нитроглицерине, сероуглероде).

Акустооптические модуляторы основаны на акустооптическом ЭФФЕКТЕ – изменении показателя преломления вещества под воздействием ультразвуковых волн. Ультразвуковые волны возбуждаются в веществе с помощью пьезокристалла, на который подается сигнал от

генератора с малым выходным сопротивлением и большой акустической мощностью.

Наиболее простым с точки зрения реализации видом модуляции является прямая модуляция оптической несущей по интенсивности на основе полупроводникового источника излучения. Схема простейшего прямого модулятора. Здесь исходный сигнал через усилитель подаётся на базу транзистора V1, в коллектор которого включен излучатель V2. Устройство смещения позволяет выбрать рабочую точку на ватт-амперной характеристике излучателя. Именно прямая модуляция используется на городской телефонной сети в системах «Соната-2» и ИКМ-120.

Оптический передатчик.

Структурная схема оптического передатчика (ОП) с прямой модуляцией несущей. Преобразователь кода ПК преобразует стьюковой код, в код, используемый в линии, после чего сигнал поступает на модулятор. Схема оптического модулятора выполняется в виде передающего оптического модуля (ПОМ), который помимо модулятора содержит схемы стабилизации мощности и частоты излучения полупроводникового лазера или светоизлучающего диода. Здесь модулирующий сигнал через дифференциальный усилитель УС-1 поступает в прямой модулятор с излучателем (МОД). Модулированный оптический сигнал излучается в основное волокно ОВ-1. Для контроля мощности излучаемого оптического сигнала используется фотодиод (ФД), на который через вспомогательное волокно ОВ-2 подается часть излучаемого оптического сигнала. Напряжение на выходе фотодиода, отображающее все изменения оптической мощности излучателя, усиливается усилителем УС-2 и подается на инвертирующий вход усилителя УС-1. Таким образом, создается петля отрицательной обратной связи, охватывающая излучатель. Благодаря введению ООС обеспечивается стабилизация рабочей точки излучателя. При повышении температуры энергетическая характеристика лазерного диода смещается и при отключенных цепях

стабилизации мощности уровень оптической мощности при передаче «0» (P0) и при передаче «1» (P1) уменьшаются, разность тока смещения Iб и порогового тока Ip увеличивается, а разность P1-P0 уменьшается. После времени установления переходных процессов в цепях стабилизации устанавливаются новые значения Iб и Ip и восстанавливаются прежние значения P1-P0 и Pср. Для уменьшения температурной зависимости порогового тока в передающем оптическом модуле имеется схема термокомпенсации (СТК), поддерживающая внутри ПОМ постоянную температуру с заданным отклонением от номинального значения. Современные микрохолодильники позволяют получать отклонения не более тысячных долей градуса.

Оптический приемник.

Структурная схема оптического приемника (ОПр). Приемник содержит фотодетектор (ФД) для преобразования оптического сигнала в электрический. Малошумящий усилитель (УС) для усиления полученного электрического сигнала до номинального уровня. Усиленный сигнал через фильтр (Ф), формирующий частотную характеристику приемника, обеспечивающую квазиоптимальный прием, поступает в устройство линейной коррекции (ЛК). В ЛК компенсируются частотные искажения электрической цепи на стыке фотодиода и первого транзистора усилителя. После преобразованного сигнала поступает на вход решающего устройства (РУ), где под действием тактовых импульсов, поступающих от устройства выделения тактовой частоты (ВТЧ), принимается решение о принятом символе. На выходе оптического приёмника имеется преобразователь кода (ПК), преобразующий код линейный в стыковой код.

На сетях связи находят широкое применение волоконнооптические системы передачи со спектральным уплотнением. Кроме того, на низких скоростях передачи, до 140 Мбит/с где наблюдается взаимодействие между противонаправленными сигналами из-за обратного рассеяния, могут быть эффективно использованы системы с разделением по времени.

На ГТС ВОСП используются для уплотнения соединительных линий, для которых характерна небольшая длина, что позволяет отказаться от оборудования регенераторов в колодцах телефонной канализации. Волоконно-оптические системы передачи ГТС строятся на базе стандартного каналаобразующего оборудования ИКМ, что позволяет легко модернизировать существующие соединительные линии для работы по оптическому кабелю.

В качестве линейного кода ВОСП ГТС используется код СМ1, который позволяет выделять последовательность тактовых импульсов, контролировать величину ошибки. Число одноименных следующих друг за другом символов не превышает двух – трех, что положительно сказывается на устойчивости работы ВОСП.

Практически во всех волоконно-оптических системах передачи, рассчитанных на широкое применение, в качестве источников излучения сейчас используются полупроводниковые светоизлучающие диоды и лазеры. Для них характерны в первую очередь малые габариты, что позволяет выполнять передающие оптические модули в интегральном исполнении. Кроме того, для полупроводниковых источников излучения характерны невысокая стоимость и простота обеспечения модуляции.

В качестве приемников излучения в волоконно-оптических системах передачи на ГТС применяются лавинные фотодиоды, достоинством которых является высокая чувствительность. Однако, при использовании лавинных фотодиодов нужна жесткая стабилизация напряжения источника питания и температурная стабилизация, поскольку коэффициент лавинного умножения, а следовательно, фототок и чувствительность ЛФД, сильно зависят от напряжения и температуры.

Передача оптических сигналов в ВОСП на ГТС осуществляется в многомодовом режиме, поскольку соеди-

нительные линии относительно коротки и дисперсионные процессы в оптических волокнах незначительны. На сегодняшний день для городской телефонной сети используются кабели марки ОК имеющие четыре или восемь ступенчатых многомодовых волокон.

В ближайшие годы потребность в увеличении числа каналов будет расти. Наиболее доступным способом увеличения пропускной способности ВОСП в два раза является передача по одному оптическому волокну двух сигналов в противоположных направлениях. Сегодня на городских сетях связи находят применение одноволоконные ВОСП с оптическими разветвителями и со спектральным разделением.

Ниже рассмотрены несколько методов и схем построения одно-волоконных оптических систем передачи различных типов и различного назначения.

1. Волоконнооптические системы передачи на основе различных способов разветвления оптических сигналов.

Данная группа схем включает в себя одноволоконные оптические системы передачи с оптическими разветвителями, с оптическими циркуляторами, устройствами спектрального уплотнения, а также фильтрами разделения мод оптического излучения. На рисунке 1 показана схема оптической системы передачи с модуляцией сигнала по интенсивности, содержащая блоки оптического передатчика (ОП), оптического приемника (ОП) устройства соединения стационарного и линейного кабеля (УССЛК), разъемные соединители (РС), устройства объединения и разветвления оптических сигналов (УОРС).

Оптический передатчик (ОП) содержит преобразователь кода (ПК), преобразующий стыковой код в код, используемый в линии; усилитель (УС), усиливающий электрический сигнал до уровня, необходимого для модуляции полупроводникового лазера (ПЛ); лазерный генератор (ЛГ), включающий в себя устройство термостабилизации и прямой модулятор; согласующие устройства (С) полупроводникового лазера с оптическим волокном.

Максимальная длина регенерационного участка волоконнооптической системы передачи данного типа определяется соотношением:

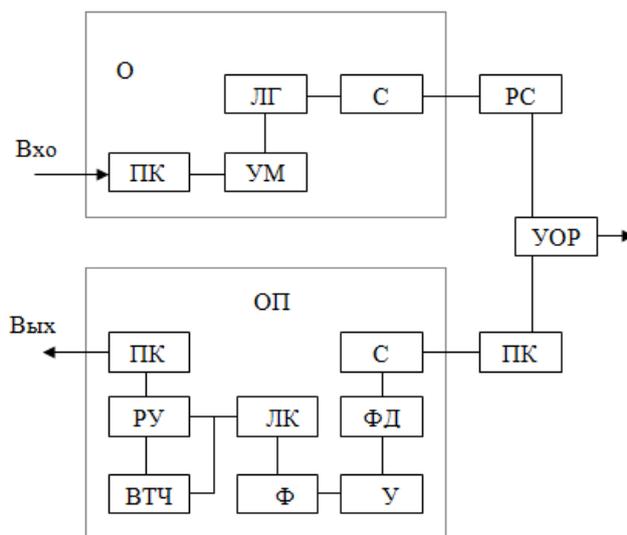


Рисунок 1 – Волоконнооптическая система передачи с модуляцией по интенсивности

Оптический приёмник (ОПр) содержит согласующие устройства (С) оптического волокна с фотодиодом; фотодетектор (ФД); малошумящий транзисторный усилитель (У); фильтр (Ф), формирующий частотную характеристику приёмника, обеспечивающую квазиоптимальный приём сигнала; устройство линейной коррекции (ЛК), компенсирующее частотные искажения электри-

ческой цепи на стыке фотодиода и первого транзистора усилителя; решающее устройство (РУ), устройство выделения тактовой частоты (ВТЧ) и преобразователь кода (ПК), преобразующий код линии в стыковой код.

Устройства объединения и разветвления оптических сигналов, в зависимости от типа одноволоконной оптической системы передачи, может представлять собой: оптический разветвитель или циркулятор при работе на одной оптической частоте в обоих направлениях; устройство спектрального уплотнения при работе на разных оптических частотах; модовый фильтр при работе на разных модах излучения оптического волокна.

С целью оценки основных характеристик одноволоконной оптической системы передачи можно использовать приближенные соотношения для расчета длины регенерационного участка.

2. *Волоконнооптическая система передачи, основанная на использовании разделения разнонаправленных сигналов по времени.*

Во второй группе схем для разделения разнонаправленных сигналов по времени используются оптические разветвители, переключатели и оптические усилители (ОУ). В схеме одноволоконной оптической системы передачи сигнала с модуляцией по интенсивности, в отличие от первой группы схем, вместо устройства объединения и разветвления оптических сигналов используются устройства оптического переключения УОП (рисунок 2).

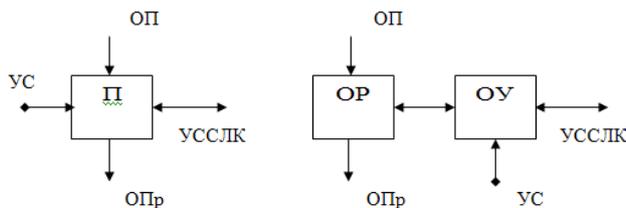


Рисунок 2 – Устройства оптического переключателя

Будем рассматривать устройства оптического переключения двух вариантов – оптические переключатели (П) и соединение оптического разветвителя ОР с оптическим усилителем ОУ. Управляющий сигнал поступает в первом случае на управляющий вход переключателя, во втором – по цепи управления направлением оптической волны накачки оптического усилителя.

На стоимость одноволоконнооптической системы передачи второй группы существенно влияет выбор типа устройства оптического переключения, особенно в случае использования оптических усилителей. Надежность волоконнооптической системы передачи этой группы, в отличие от рассмотренной выше, существенно зависит от надежности устройства оптического переключения в случае применения оптического усилителя, так как для накачки таких усилителей применяются полупроводниковые лазеры.

3. *Волоконнооптическая система передачи, на основе использования различных видов модуляции.*

Третья группа схем одноволоконных оптических систем передачи основана на использовании разных видов модуляции оптических и электрических сигналов. И соответствующих методов обработки сигналов с целью устранения взаимного влияния разнонаправленных сигналов.

В схеме этой группы (рис. 3) применены когерентные методы передачи и приема оптического сигнала, амплитудная (для одного направления передачи) и частотная (для другого направления) модуляция сигнала. В отличие от волоконнооптической системы передачи первой группы (рисунок 1), оптические передатчики – когерентные (КОП) и содержат системы стабилизации оптической частоты и формирования узкой линии излучения (СЧУЛ) и блоки, обеспечивающие обработку сигналов с заданной модуляцией.

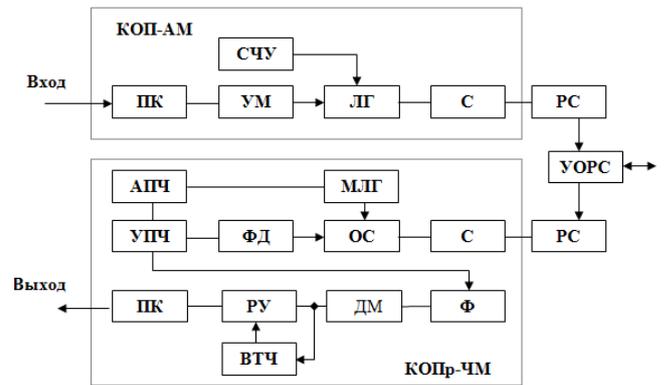


Рисунок 3 – Волоконнооптическая система передачи с когерентными методами передачи и приема.

В когерентных оптических приемниках (КОПр) используется местный лазерный генератор (МЛГ) с узкой линией излучения и устройство автоматической подстройки его частоты (АПЧ), оптический сумматор (ОС), усилитель промежуточной частоты (УПЧ), а также демодулятор (ДМ), амплитудный или частотный, в зависимости от вида модуляции принимаемого сигнала. В такой схеме достигается максимальная длина регенерационного участка.

Кроме того, возможна другая схема одноволоконной оптической системы передачи третьей группы, в которой в одном направлении передачи использована модуляция по интенсивности, а в другом – когерентная модуляция (КОИ-АМ или КОИ-ЧМ) оптического сигнала.

На рисунке 4 приведена схема, в которой использована модуляция по интенсивности оптических сигналов электрическими сигналами, описываемыми ортогональными (на тактовом интервале) функциями. В отличие от волоконнооптической системы передачи первой группы (рис. 1), оптические передатчики таких систем содержат генераторы ортогональных сигналов (ГОС1 и ГОС2), а в оптических приёмниках использованы корреляционные демодуляторы (КДМ). Для подстройки генератора ГОС2 используется выделитель ортогонального сигнала (ВОС) и компаратор (КОМ).

Для передачи информационного сигнала может быть использована поднесущая частота, расположенная выше диапазона частот, где несущественно влияние обратного рассеяния в оптическом волокне на характеристики одноволоконной оптической системы передачи (выше 200 МГц). Таким образом, устраняется шум обратного рассеяния и тем самым повышается энергетический потенциал. В отличие от волоконнооптической системы передачи первой группы, в данной системе используются генераторы поднесущей частоты, полосовые фильтры и устройства восстановления поднесущей частоты.

В отличие от рассмотренных выше одноволоконных оптических систем передачи первой и второй групп, системы данной группы могут быть несимметричными, а максимальные длины регенерационных участков для передачи в разных направлениях – различными.

Стоимость когерентных полупроводниковых лазеров и систем стабилизации частоты лазеров, используемых в волоконнооптических системах передачи третьей группы, пока ещё высока, что в значительной степени ограничивает область применения одноволоконных оптических систем передачи с использованием когерентных методов передачи и обработки сигнала. Показатели надежности определяются главным образом надежностью работы полупроводниковых лазеров и систем стабилизации их частоты.

4. *Волоконнооптическая система передачи с одним источником излучения.*

В особых условиях эксплуатации могут быть исполь-

- мощность излучения;
- длина волны излучения;
- ширина спектра излучения;
- частота модуляции;
- ток накачки;
- пороговый ток.

Для правильного выбора оптического излучателя в первую очередь следует задаться верным значением мощности излучения. Для этого необходимо определить требуемую оптическую мощность на выходе оптического передающего устройства. Окончательное решение о выборе той или иной марки излучателя принимается на основании соответствия технических характеристик прибора требуемой длине волны излучения, ширине спектра излучения и времени нарастания мощности оптического сигнала.

Вторым этапом является выбор транзистора V2 в схеме прямого модулятора (МОД) и расчёт модулятора (Рис.7). Транзистор вбирают исходя из характеристик определённого на предыдущем этапе оптического излучателя, а именно тока накачки и порогового тока. При этом необходимо учитывать максимально допустимую мощность транзистора и его граничную частоту. Затем задаётся рабочая точка и производится расчёт элементов схемы модулятора.

На третьем этапе необходимо рассчитать согласующий усилитель (СУС). Здесь представляется целесообразным использование быстродействующего операционного усилителя, включенного по схеме преобразователя напряжение – ток (Рис.7). Требуется правильно выбрать тип операционного усилителя в соответствии с требуемой верхней частотой и рассеиваемой мощностью, а также рассчитать элементы схемы преобразователя напряжение – ток.

Четвёртый этап – организация устройства автоматической регулировки уровня оптического сигнала на выходе передающего устройства (АРУ).

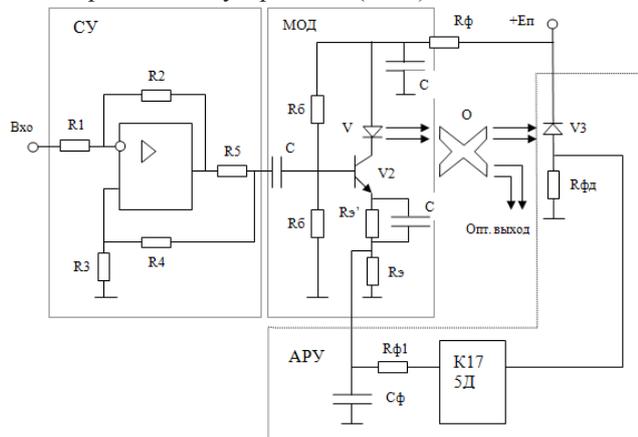


Рисунок 7 – Упрощенная схема оптического передающего устройства

Для этого будет использоваться фотодиод V3, подключенный к одному из полюсов направленного оптического ответвителя ОР и детектор АРУ, выполненный на интегральной схеме К175ДА1 (Рис.7).

Под волоконно-оптической линией передачи (ВОЛП) понимается совокупность физических цепей, линейных трактов однотипных или разнотипных систем передачи, имеющих общие среду распространения (ОК), линейные сооружения и устройства их технического обслуживания. Документом, на основании которого ведутся проектные работы, является техническое задание (ТЗ) на проектирование, разрабатываемое заказчиком (организацией, ведомством, министерством, заинтересованными в создании ВОЛП) и предоставляемое соответствующей проектной организацией (подрядчиком).

Содержание технического задания включает в себя:

- основание для проектирования и назначение ВОЛП ее место в общегосударственной сети связи (местные, внутризоновые, магистральные);
- перспективы развития;
- описание конечных и промежуточных пунктов, которые связываются различными каналами связи, а также пунктов, где рассматриваются выделение и ввод каналов связи различного назначения;
- предварительное распределение числа каналов, предназначенных для передачи различного вида сообщений: телефонных, телеграфных, передачи данных, вещания, телевидения и другие рекомендации по использованию типового каналаобразующего, оборудования, системы передачи, типа кабеля и источника их поставки;
- информацию о существующих сооружениях связи на вероятной трассе и возможностях их использования для проектируемой ВОЛП;
- информацию об организациях, ведомствах и министерствах, заинтересованных в строительстве проектируемой ВОЛП;
- описание условий эксплуатации будущих сооружений ВОЛП, требований к показателям надежности;
- указания о сроках и очередности строительства и возможных путях финансирования;
- стадийность проектирования, состав, содержание и число экземпляров проектно-сметной документации (ПСД).

Для технологического процесса проектирования и установлены некоторые общие положения:

Последовательность проектирования, реализующая принцип «от общего к частному». Сначала решаются вопросы экономической целесообразности проектирования, производственно-хозяйственной и социальной его необходимости, научно-технической возможности. Далее принимаются основные объемно-планировочные, технологические, конструктивные и другие решения с их детализацией в конкретных разделах ПСД.

Вариантность (оптимизация) проектирования - сравнение и оптимизация технико-экономических показателей нескольких вариантов и выбор варианта, обеспечивающего максимальный эффект при минимуме затрат.

Использование типовых проектов, обеспечивающее максимальное использование типовых решений с привязкой их к конкретному проектируемому сооружению с целью снижения затрат и трудоемкости проектирования, повышения качества проектных работ т.е. технико-экономических показателей, по сравнению с индивидуальными проектами.

Комплексность проектирования, т.е. учет самых различных факторов и одновременное, взаимосвязанное принятие проектных решений по всем объектам будущего строительства. Комплексность достигается системным подходом к проектированию.

Решение о целесообразности и возможности сооружений ВОЛП принимается на основе технике экономического обоснования (ТЭО). Основанием для разработки ТЭО является ТЗ. Решения, принятые на этапе ТЭО, оформляются в виде пояснительной записки, которая имеет следующие разделы:

Введение, где отражены цели и задачи строительства, основные положения ТЗ на разработку ТЭО.

Исходные данные, анализ состояния и перспективы развития связи в районе строительства ВОЛП.

Обоснование выбора типа систем передачи, их числа на основе определения числа каналов для передачи различного вида сообщений.

Разработка схемы организации связи, включающей в себя анализ вариантов прохождения трассы и ее выбор, выбор мест размещения ОРП и НРП, сетевых узлов связи, обеспечение связью населенных пунктов, расположенных по трассе.

Основные технологические решения, где отражены ситуационная схема трассы, ее географические, мете-

орологические и геологические особенности, наличие ЛЭП и электрифицированных железных дорог, внешних коммуникаций и инженерных сетей; дается анализ условий эксплуатации оборудования ВОЛП и др.

Основные строительные решения, где указываются объемы и типы станционных сооружений, вспомогательных технических зданий, возможности использования типовых проектов.

Организация строительства, включающая в себя состав, объем и содержание проектной документации, сроки поставки оборудования, рекомендации по очередности ввода пусковых объектов.

Себестоимость строительства, с указанием намечаемых размеров капиталовложений по различным альтернативным вариантам и основных технико-экономических показателей, определяемых по укрупненным показателям.

Выводы и предложения - сравнительная оценка вариантов, рекомендации по стадийности проектирования, основные требования по выполнению изыскательских, опытно-конструкторских и исследовательских работ. После разработки ТЭО подвергается экспертизе и утверждается соответствующими организациями.

В данной статье дан обзор существующих методов организации волоконно-оптических систем передачи, а также освещены возможные способы построения одноволоконных ВОСП. Приведена сравнительная характеристика принципов построения одноволоконных ВОСП, оптических систем спектрального мультиплексирования/демультиплексирования с применением оптических циркуляторов, в результате чего сделан вывод, что наиболее приемлемым вариантом организации одноволоконной ВОСП на ГТС является ВОСП с модуляцией оптического сигнала по интенсивности и применением оптических циркуляторов.

Разработана принципиальная схема оптического передающего устройства. В качестве оптического излучателя выбран лазерный излучатель ИДЛ 5С-1300. В схеме применены полупроводниковые интегральные схемы отечественного производства, что отвечает современным требованиям проектирования аппаратуры связи.

Даны примерная организация и этапы проектирования ВОЛП, применяемая при строительстве ВОЛП.

Разработанное передающее устройство рассчитано на работу в составе цифровых многоканальных систем передачи, работающих со скоростью 8 Мбит/с и предназначенных для работы на соединительных линиях ГТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бутусов М. М., Верник С. М., Балкин С. Л. и другие. Волоконно-оптические системы передачи. М: Радио и связь, 1992. 416с.
2. Брискер А. С., Гусев Ю. М., Ильин В. В. и другие. Спектральное уплотнение волоконно-оптических линий ГТС // Электросвязь. 1990. №1. 41–42 с.
3. Брискер А. С., Быстров В. В., Ильин В. В. Способы увеличения пропускной способности волоконно-оптических линий ГТС // Электросвязь. 1991. № 4. 28–29 с.
4. Величко В. В., Катунин Г. П., Шувалов В. П. Основы инфокоммуникационных технологий. М: Горячая линия-Телеком. 2009. 712 с.
5. Гроднев И. И., Волоконно-оптические линии связи. М: Радио и связь, 1990. 354 с.
6. Гауэр Д. Оптические системы связи. М. : Радио и связь. 1989. 340 с.
7. Гроднев И. И., Курбатов Н. Д. Линии связи. Москва: Связь. 2004. 440 с.
8. Заславский К. Е. Учебное пособие. Волоконно-оптические системы передачи. Часть 3. Н.: СибГАТИ, 1997. 61 с.
9. Каганов В. И., Битюков В. К. Основы радиоэлектроники и связи: учеб. пособие для вузов. М. : Горячая линия. Телеком. 2007. 542 с.

10. Мурадян А. Г. Усилительные устройства. М. : Связь. 1976. 280 с.

11. Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий. М. : Издательство стандартов, 1995. 20 с.

12. Иванов В. И. Оптические системы передачи: Учебник для ВУЗов. М. : Радио и связь. 1994. 278 с.

13. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб. : Питер. 2011. 944 с.

14. Миркин А. А. Полупроводниковые приборы. Транзисторы средней и большой мощности. Справочник. М. : Коллектив авторов. 1995. 640 с.

15. Рудов Ю. К., Зингеренко Ю. А., Оробинский С. П., Миронов С. А. Применение оптических циркуляторов в волоконно-оптических системах передачи // Электросвязь, 1999. №6. 36–37 с.

16. Попова Б. В. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи. М. : Радио и связь, 1995. 135 с.

17. Сиренький И. В., Рябинин В. В., Голощанов С. Н. Электронная техника: Учебное пособие. М. : Высшая школа, 2003. 422 с.

18. Петленко Б. И. Электротехника и электроника: Учебник. М. : Академия, 2004. 320 с.

19. Иванов В. И., Гордиенко В. Н., Попов Г. Н. и др. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов. М. : Горячая линия. Телеком. 2003. 232с.

20. Черемискин И. В., Чехлова Т. К. Волноводные оптические системы спектрального мультиплексирования. Демультиплексирования // Электросвязь, 2000. № 2. 23–29 с.

THE METHOD OF CONSTRUCTING STRUCTURAL DIAGRAM
OF A SINGLE-FIBER OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

© 2015

I. A. Sorokin, candidate of technical sciences, Associate Professor of "Information and Communication Technologies and Communication Systems"
Nizhny Novgorod State Engineering-Economic Institute, Knyaginino (Russia)

Abstract. Virtually all fiber-optic transmission systems, designed for wide use, as radiation sources are now used semiconductor light-emitting diodes and lasers. They are characterized primarily small size that allows you to transmit optical modules integrally. In addition, semiconductor light sources typical low cost and ease of modulation software. As radiation detectors in fiber optic transmission systems for GTS apply avalanche photodiodes, which is the advantage of high sensitivity. However, when using avalanche photodiodes require a rigid stabilized power source voltage and temperature stabilization, since the avalanche multiplication factor, and therefore the sensitivity of the APD photocurrent, and is strongly dependent on the voltage and temperature. Transmitting optical signals in at PLAYBACK CTA mode is performed in the multimode, since the connecting lines are relatively short and dispersion processes in optical fibers is negligible. To date for the public telephone network cables are used brand OK with four or eight step multimode fibers. In coming years, the need to increase the number of channels will grow. The most accessible method of increasing bandwidth PLAYBACK twice a transmission on one optical fiber, the two signals in opposite directions. Today in urban communication networks are used monofilament PLAYBACK with optical splitters and wavelength division. In the design of single-fiber optical transmission systems with optimal performance range of the block diagram of the system and the technical means determined by the criteria of optimality. If the criterion is the minimum cost, the optimum system to be used optical splitters. The maximum length of the regeneration section requires the use of optical circulators, switches, optical amplifiers, optical coherent transmission techniques. The requirements of high reliability and resistance to external influences determine the choice of the system with an optical source at one end of the line, and demand the maximum amount of information to be transmitted - wavelength division multiplexing system, or with coherent transmission methods.

Keywords: Fiber demodulation length information measurement radiation fluctuations line, modulation, power, monofilament, the receiver, the transmitter, the transmission signal system, the circuit device portion frequency.

УДК 519.87

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА
КАК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

© 2015

Н. И. Сутягина, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Физико-математические науки»
Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Княгинино (Россия)

Аннотация. Системы массового обслуживания широко применяются во многих сферах хозяйственной деятельности. Чтобы обеспечить наиболее эффективное обслуживание при малых затратах функционирования необходима выработка рекомендаций по рациональному построению данных систем. В статье рассмотрены основные характеристики объекта исследования теории очередей, проанализирована работа многофункционального центра предоставления государственных и муниципальных услуг одного из районов Нижегородской области как системы массового обслуживания. Смоделированная деятельность служащих центра позволила определить оптимальный интервал назначений на прием клиентов. С целью оптимизации работы центра проанализирована деятельность всех его «окон», то есть, рассмотрена n -канальная система массового обслуживания с ожиданием. В качестве основных характеристик взяты время пребывания заявки в очереди, вероятность простоя специалистов центра, вероятность, что клиент окажется в очереди. Для того, чтобы провести сравнительный анализ, сделаны соответствующие расчеты для системы, содержащей два, три и четыре «окна». Добавление специалистов на прием в многофункциональный центр приводит к значительному уменьшению времени пребывания клиентов в очереди, но увеличивает вероятность простоя работников, что влечет неэффективное расходование бюджетных средств. По рассчитанным характеристикам системы для принятия оптимального решения о количестве специалистов на приеме предлагается использовать экспертный метод попарных сравнений альтернатив. Особенностью данного метода, позволяющего выделить его из многих других, является то, что он содержит внутренние инструменты, дающие возможность определить качество обрабатываемых данных и степень доверия к ним. Полученные в итоге результаты и предлагаемый подход могут использоваться в разных сферах практической деятельности.

Ключевые слова: альтернатива, вероятность, время обслуживания, гистограмма, задача, интенсивность нагрузки, критерий, модель, наблюдения, очередь, поток заявок, распределение, система массового обслуживания, частота, эксперт.

Для каждого из нас очереди – обычное явление. Они возникают, когда нет возможности немедленно обслужить клиента. Клиенты прибывают нерегулярно, обслуживание одних из них требует больше времени, чем других, так что длина очередей обычно изменяется. Задачи, возникающие в связи с очередями, поддаются математическому исследованию, и эта теория интенсивно развивается на протяжении более ста лет. Самые ранние систематические работы на эту тему были выполнены Эрлангом из копенгагенской телеграфной компании, его первая статья о перегруженности телефонных коммутаторов написана в 1909 году.

Второе название теории очередей – теория массового обслуживания. Объектами исследования данной теории являются сложные системы – системы массового обслуживания. На настоящее время теория массового обслуживания

достаточно изучена и имеет большое прикладное значение [1–20].

Цель изучения системы массового обслуживания состоит в том, чтобы взять под контроль некоторые характеристики системы, установить зависимость между числом обслуживаемых единиц и качеством обслуживания. Качество обслуживания тем выше, чем больше число обслуживающих единиц, но иметь лишние обслуживающие единицы экономически невыгодно [13, с. 548].

Для рассмотрения задач теории очередей необходима входная информация (скорость и характер прибытия клиентуры), информация об обслуживании (скорость, с которой обслуживаются клиенты по одному или по нескольким каналам) и о порядке очередности.

Одна из простейших моделей теории массового обслуживания предполагает, что поступают идентичные