МЕТОД ИНВЕРСНОГО КОДИРОВАНИЯ в цифровых ВОЛС, использующих пакетный режим передачи

Н.Варава, С.Пронин, М.Никоноров,
"Оптоэлектронные технологии" (ООО "АИБИ") / info@optotech.ru

DOI: 10.22184/2070-8963.2020.87.2.46.52

Рассматривается метод обработки данных на основе инверсного кодирования входной информации. Анализируются преимущества и функционал изделий, которые отличаются максимальной помехоустойчивостью благодаря механизму обработки данных с инверсией входных сигналов. Представлено несколько комплектов модулей, предназначенных для многомодовых и одномодовых вариантов применения. Подробно описываются принцип их работы, требования к схемотехническому решению. Аргументируется отказ от включения в состав модулей устройств, индицирующих аварийные режимы.

ВВЕДЕНИЕ

Начавшееся во второй половине прошлого столетия развитие волоконно-оптических технологий во многом было продиктовано потребностями в передаче больших потоков информации на значительные расстояния. Для реализации таких запросов, кроме волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), нужен целый ряд изделий оптоэлектроники для преобразования исходных электрических сигналов в оптические и наоборот. Появление ряда источников и приемников оптического излучения с различной длиной волны было обусловлено наличием в волоконно-оптических кабелях так называемых "окон прозрачности" в спектре излучения. Наиболее известные из них соответствуют длинам волн 0,85; 1,3; 1,55 мкм.

В настоящее время ВОЛС занимают доминирующее положение на рынке средств связи для трансляции информации на большие расстояния со скоростью передачи более 100 Мбит/с.

Для обеспечения надежного функционирования линий связи с использованием оптических волокон рядом фирм создана достаточно широкая номенклатура активных компонентов, в частности, полупроводниковые светодиоды, лазерные диоды, фотодиоды, а также различные законченные приемные и передающие модули.

Однако применение волоконно-оптических технологий не ограничилось системами связи. ВОЛС стали использовать при построении локальных и объектовых сетей по сбору и передаче информации. Диэлектрические свойства и невосприимчивость оптических волокон к электромагнитным излучениям обусловили их применение в технологических процессах, для которых характерно использование энергии высокого уровня. Все более широкое распространение получают системы мониторинга, оснащенные волоконно-оптическими датчиками, в условиях повышенной пожароопасной и химически агрессивной среды. Для реализации таких

вариантов применения ВОЛС важно развивать активную компонентную базу, способную работать в форматах передачи данных, отличных от используемых в традиционных системах связи. В частности, есть потребность в источниках излучения и фоточувствительных элементах с различными длинами волн, шириной спектра излучения, выходной/входной оптической мощностью, линейностью характеристик, динамическим диапазоном и другими эксплуатационными характеристиками. Для получения оптимальных характеристик приборов и систем, построенных на указанных элементах, необходимо стабилизировать их параметры и адаптировать к различным типам интерфейсов, как оптических, так и электрических.

В общем случае ВОЛС состоит из элементов пассивной части (кабелей, разъемов, разветвителей, мультиплексоров и др.) и активных компонентов (приемных и передающих модулей). Учет характеристик пассивной части определяет требования к активным элементам, в частности, их согласованию между собой по ряду динамических и статических параметров. Зачастую совместное использование изделий различных производителей становится проблематичным и даже невозможным, приходится создавать специализированные комплекты, состоящие из приемной и передающей частей, учитывающие индивидуальные особенности элементов и самой ВОЛС.

Следует отметить существенное отличие современных магистральных систем связи с использованием ВОЛС от систем мониторинга и обработки локального или объектового характера, предназначенных в том числе для решения технологических задач. Так, требование по увеличению плотности транслируемой информации и ее достоверности в магистральных линиях предполагает дополнительное кодирование/декодирование исходной информации, что приводит к значительным материальным и энергетическим затратам. В локальных сетях часто требуется передача сигналов пакетного типа от одного контроллера к другому непосредственно без дополнительного кодирования, а в технологических применениях необходимо транслировать сигналы с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) или статусные сигналы в виде одиночных импульсов. Поэтому возникает необходимость в создании специализированных активных компонентов для ВОЛС, способных обрабатывать сигналы различных форматов (одиночных, пакетных, непрерывных и т.д.).

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОГО ФОРМАТА

Сигналы, обрабатываемые в цифровых волоконно-оптических линиях передачи информации или обычных электрических линиях связи, в общем случае характеризуются наличием определенных основополагающих параметров и свойств. К наиболее важным из них относятся длительность обрабатываемых импульсов, период следования, диапазон амплитудных значений, длина волны и модовый состав излучения. При передаче сигналов в реальной ВОЛС они могут искажаться как по амплитуде из-за затухания в волокне, так и по длительности вследствие дисперсии.

Таким образом, при создании новой компонентной базы для ВОЛС необходимо не только принимать во внимание искажение сигналов в конечных устройствах, но и корректировать их работу из-за влияния пассивной части оптической линии. С учетом этих требований, а также на основе анализа проектов с использованием элементов волоконной оптики можно сделать вывод о невозможности создания универсального решения по активным компонентам для указанных вариантов применения. Поэтому основные усилия при разработке компонентной базы были направлены на создание согласованных комплектов изделий, состоящих из приемной и передающей частей и использующих определенный способ обработки данных в системах различного типа.

Ранее мы уже сообщали о создании ряда приемных и передающих модулей для ВОЛС, используемых в специализированных применениях [1, 2]. Данная статья посвящена развитию метода обработки данных, использующего инверсное кодирование входной информации.

Способ обработки данных с применением инверсного кодирования входной информации впервые нами был реализован при создании комплекта волоконно-оптических модулей OMRD-05/OMTD-05 [3], предназначенных для передачи сигналов в формате пакетов по ВОЛС на расстояния до 200 км. Скорость передачи, ограниченная приемным устройством OMRD-05, составляет 1 Мбит/с. Однако по мере расширения использования волоконных технологий в энергетическом машиностроении, при построении бортовых и объектовых сетей мониторинга и управления возникла потребность в более скоростных изделиях с максимально возможной помехоустойчивостью, которую обеспечивает

метод обработки данных с инверсией входных сигналов.

- Нами были реализованы два комплекта модулей, предназначенных для многомодовых и одномодовых вариантов применения. Первый комплект состоит из передающего модуля ОМТД-08 и приемного модуля ОМРД-08. Данный комплект рассчитан на работу с ВОЛС, использующих многомодовые волокна MMF, $\varnothing = 50 \div 62,5/125$ мкм. Второй комплект предназначен для работы с одномодовыми волоконными кабелями SMF, $\varnothing = 9/125$ мкм.

Передающая часть комплекта

Входящие в состав комплектов передающие модули функционально выполнены одинаково, поэтому принцип работы рассмотрим на примере одного из них. В качестве излучающего элемента используется лазерный диод (ЛД) со встроенным фотодиодом обратной связи (ФДОС). Длина волны оптического излучения модулей составляет $\lambda = 0,85$ мкм для ОМТД-08 и $\lambda = 1,3$ или $1,55$ мкм для ОМТД-09 в соответствии со спецификацией. ФДОС используется для стабилизации выходных оптических параметров как в температурном диапазоне, так и во временном интервале (в течение срока службы). Однако из-за существенного разброса параметров отдельных лазерных сборок (ЛД + ФДОС), поставляемых производителем,

требуется их индивидуальная настройка в составе законченного изделия. Схемотехническое решение модулей должно обеспечивать не только стабилизацию выходной оптической мощности, но и передачу сигналов с определенным быстродействием, а также учитывать изменения скважности. Последнее особенно важно при передаче сигналов в виде одиночных импульсов или их пакетов. Для реализации указанных характеристик рабочая точка лазерного диода выбирается не в середине линейной части ватт-амперной характеристики, а в точке перехода из "суперлюминесцентного" режима в "лазерный". (В параметрах лазерных диодов это так называемый пороговый ток.) Фототок ФДОС и ток от схемы компенсации скважности суммируются с разными знаками на входе усилителя фототока, который включен в петлю отрицательной обратной связи между фотодиодом и лазерным диодом.

Решение обеспечивает возможность обработки сигналов любого формата с одновременной стабилизацией положения рабочей точки ЛД. Упрощенная схема, поясняющая принцип компенсации скважности и положение рабочей точки на ватт-амперной характеристике, представлена на рис.1.

Отметим, что надежность современных полупроводниковых лазеров достигла такого уровня, когда потребность в устройствах, индицирующих аварийные режимы, вызывает сомнение, поэтому они не включены в состав модулей. Функциональная схема передающего оптического модуля, соответствующая вышеперечисленным требованиям, приведена на рис.2.

- Выходную оптическую мощность модулей при настройке можно установить в диапазоне $0,25 \div 1,0$ МВт. Поскольку модуль подходит для применения в системах обработки, использующих метод инверсного кодирования, в нем предусмотрен переключатель полярности выходного оптического сигнала. Волоконно-оптические передающие модули ОМТД-08 разработаны для использования их с многомодовыми кабелями (MMF) и оснащаются оптическими разъемами типа ST или FC. Изделия выполнены в металлокерамических корпусах со штырьковыми выводами, обеспечивающих им высокие эксплуатационные характеристики, как электромеханические, так и температурные. Передающий модуль ОМТД-09 разработан для ВОЛС, использующих одномодовые (SMF) кабели $9/125$ мкм, и содержит в своем составе полупроводниковый (Фабри-Перо) лазерный диод с фотодиодом обратной связи. Оптическое соединение диода

осуществляется при помощи отрезка оптического кабеля (пигтейла) диаметром 0,9 мм (по оболочке), оконцованного вилкой типа FC. Конструктивно модуль оформлен в металлическом герметичном корпусе со штырьковыми выводами. Внешний вид изделий OMTD-08/OMTD-09 различных типов исполнения представлен на рис.3.

Приемная часть комплекта

Фотоприемное устройство, входящее в комплект для обработки оптических сигналов, поступающих из ВОЛС, – наиболее уязвимое звено с точки зрения помехоустойчивости. Особенно это проявляется в приеме-передающих трактах систем, работающих в условиях воздействия электромагнитных помех (подстанциях, испытательных стендах, сильноточной электрофизической аппаратуре). Прежде всего это обусловлено необходимостью обеспечить режим работы приемника с максимальной чувствительностью (поскольку в системах, передающих сигналы в виде пакетов, отсутствует информация о реальной амплитуде входных сигналов), а также спецификой их последующей обработки при произвольном характере цифровой последовательности. Чтобы избежать этого режима работы и получать информацию о реальной величине сигнала, схема фотоприемника для разрабатываемых комплектов построена с использованием метода инверсной кодировки входных сигналов. Как уже отмечалось, данный метод был успешно реализован нами при разработке комплекта модулей OMTD-05/OMRD-05 для передачи сигналов на большие расстояния, но с низкой скоростью передачи. Однако по мере

расширения использования ВОЛС на энергонасыщенных объектах существует потребность в изделиях, которые минимизируют влияние электромагнитных излучений на характеристики приемного устройства. Наряду с этим изделия должны отличаться быстродействием, позволяющим передавать данные в логических уровнях CMOS, а также иметь возможность диагностики комплектом целостности волоконно-оптической линии связи, что в системах с пакетной передачей сигналов часто является проблемой.

Основополагающие принципы выбранного метода инверсного кодирования подробно изложены в [3]. Импульсные сигналы в приеме-передающем тракте изображены с помощью эюрна на рис.4. Входной прямой сигнал от исходного

Рис.4. Эпюры входных и выходных электрических и оптических сигналов комплекта волоконно-оптических модулей

источника электрических импульсов (эпюра а) конвертируется в инверсный оптический сигнал в передатчике (эпюра б) и транслируется через ВОЛС на вход приемника. Таким образом, уровень электрического "0" транслируется в ВОЛС в виде оптической "1". Это необходимо для определения амплитудного значения сигнала в период паузы на входе приемника с помощью входящего в его состав детектора. На рис.4 (эпюра с) изображены сигналы, поступающие на входы устройства дискретизации, с помощью которого они

преобразуются к стандартному уровню. Эпюра д отображает сигнал на выходе приемника.

К преимуществам данного способа обработки можно отнести тот факт, что для передачи конкретного частотного спектра транслируемых сигналов требуется минимальное значение полосы рабочих частот. А это, в свою очередь, позволяет получить максимальное соотношение сигнал/шум на входе аналоговой части приемника. Отметим также, что для приемников, использующих линейную часть динамического диапазона и обрабатывающих одиночные и пакетные

Рис.5. Функциональная схема оптических приемников с использованием инверсии входных сигналов OMRD-08/OMRD-09

сигналы, актуальна проблема установки порога срабатывания устройства дискретизации из-за отсутствия информации об амплитуде входного сигнала. Величина этого порога для получения минимального уширения импульсов на выходе в условиях ограниченной полосы частот должна быть равна половине амплитудного значения сигнала. В приемнике детектор сигнала определяет его амплитуду и автоматически устанавливает на входе устройства дискретизации величину порога, равную половине амплитуды. Уровень "0" в аналоговой части приемника определяется значением внутреннего источника опорного напряжения. На выходе цифровой части приемника кодировка сигнала соответствует кодировке на входе передатчика. Таким образом обеспечивается возможность качественной обработки одиночных и пакетных сигналов с максимально возможным соотношением сигнал/шум.

Функциональная схема приемников OMRD-08/OMRD-09, входящих в состав соответствующих комплектов, показана на рис.5. Корпус изделия металлопластиковый со штырьковыми выводами. Оптический разъем – пигтейл с вилкой типа FC на конце. Приемники предназначены для работы в комплектах с передающими

модулями OMTD-08 и OMTD-09 соответственно, имеющими вход переключения полярности выходного оптического сигнала. Дополнительно приемник оснащен устройством, сигнализирующим о наличии на входе сигнала с амплитудой, достаточной для его обработки с заданным коэффициентом ошибки, что свидетельствует о целостности ВОЛС. Внешний вид приемных модулей OMRD-08/OMRD-09 представлен на рис.6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление специализированных активных компонентов для объектов и региональных ВОЛС обусловлено расширением сферы применения таких линий и спектром актуальных задач. Для оптимального их решения требуются, как правило, устройства с заданными характеристиками приемной и передающей частей. Прежде всего это относится к согласованию их по динамическому диапазону обрабатываемых оптических сигналов, рабочей длине волны, типам волокна и оптических разъемов, а также к единому конструктивному исполнению. Чтобы удовлетворить столь многообразные требования для этой области применения волоконно-оптических технологий, изделия

**Оптоэлектронные
Технологии**

ООО «АИБИ»
 тел.: (812) 292-7129
 факс: (812) 297-0006

www.opto-tech.ru
www.optotech.ru
info@optotech.ru

Разработка и производство активных оптоволоконных модулей для специализированных применений в составе систем управления технологическими процессами и информационного обмена в сложных условиях эксплуатации

ФОРМАТ СИГНАЛОВ

Одиночные

Статусные

Пакетные

Уравновешенные

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- Оборудование железнодорожных станций
- Системы сбора информации и управления аэродромным хозяйством
- Автоматизированные системы управления технологическими процессами
- Системы контроля, диагностики и защиты на электрических подстанциях
- Пожарные и охранные системы наблюдения и защиты
- Управление удаленными надводными и подводными объектами

Герметичные корпуса, различные типы разъемов, устойчивы к электромагнитным наводкам

Передовые разработки

Выгодные предложения

Низкие цены и высокое качество

Работа в тесном сотрудничестве с клиентом

20 лет
на рынке
оптоэлектроники

Рис.6. Внешний вид приемников цифровых оптических сигналов OMRD-08/OMRD-09

разрабатывались в виде совместимых комплектов, состоящих из функционально законченных приемного и передающего модулей. Отметим, что

их можно использовать и самостоятельно. В представленных разработках использованы основополагающие оптические комплектующие (лазерные диоды, фотодиоды и интегральные схемы с самыми высокими значениями оптических и электрических параметров), что позволило получить изделия с оптимальными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варава Н., Никоноров М., Пронин С. Активные компоненты ВОЛС для обработки сигналов произвольной длительности // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2011. № 2. С. 32–34.
2. Варава Н., Пронин С., Никоноров М. Активные компоненты ВОЛС для систем связи с пакетной передачей // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2013. № 2. С. 66–73.
3. Варава Н., Пронин С., Никоноров М. Приемные и передающие модули для ВОЛС, использующих пакетную передачу информации // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2018. № 5. С. 22–28.

Российское беспроводное оборудование стало основой системы видеонаблюдения в центре графства Суффолк

Компания "Инфинет" (Infinet Wireless) осуществила модернизацию системы видеонаблюдения, обеспечив передачу изображений и HD-видео в городе Ипсвич в Англии (графство Суффолк).

В рамках реализации программы социального развития городской совет Ипсвича принял решение о необходимости замены системы видеонаблюдения в центре города. Новая система должна была соответствовать современным требованиям к видеомониторингу.

Для реализации передачи HD-видеопотоков в реальном времени через фиксированную широкополосную беспроводную платформу были выбраны решения компании "Инфинет" "точка-многоточка" InfIMAN 2x2 и "точка-точка" InfILINK 2x2. Десятки базовых станций и абонентских терминалов

"Инфинет" уже установлены по всему городу для обеспечения бесперебойной связи с удаленными объектами.

"Сеть видеонаблюдения, которая была установлена в городе ранее, плохо справлялась с нашими критически важными задачами. После консультации с различными компаниями, мы осознали необходимость ее полной замены. Для нас, как для органа местной власти, снижение эксплуатационных затрат при одновременном обеспечении высокого качества обслуживания и надежности сети было оптимальным балансом, который мы должны были найти", – сказала Дебби Клементс, менеджер центра аварийного обслуживания в Ипсвичском городском совете.

Решения "Инфинет" были выбраны за простоту развертывания и масштабируемость, а так-

же соответствие растущим требованиям к пропускной способности и новым приложениям. Устройства InfIMAN 2x2 обеспечивают полную поддержку VoIP и передачу данных в режиме реального времени. Решения InfILINK 2x2 были использованы для организации устойчивой связи на больших расстояниях.

Контракт на модернизацию системы видеонаблюдения Ипсвича был заключен с интегратором Videcom Security в конце 2018 года. Videcom тесно сотрудничал с Purdicom, стратегическим партнером компании "Инфинет" в Великобритании, для разработки и реализации решений, удовлетворяющих четким требованиям совета города.

По информации компании "Инфинет"

Юбилей П.М.Голубицкого отмечен выпуском марки

АО "Марка" выпустило в почтовое обращение марку, посвященную 175-летию со дня рождения выдающегося русского изобретателя в области телефонии Павла Михайловича Голубицкого.

На почтовой марке изображены портрет П.М.Голубицкого и изобретенный им телефон. Номинал: 40 руб. Тираж: 154 тыс.

Дополнительно к выпуску марки изданы конверты первого дня и изготовлены штемпели

ли специального гашения для Москвы, Санкт-Петербурга и Калуги, а также художественная обложка (внутри: марки и виньетки).

По информации Россвязи

18 - я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

ChipEXPO-2020

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ

15-17.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА

СКОЛКОВО

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
 - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции (Постановление Правительства РФ №878),
 - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы» (Постановление Правительства РФ №109),
 - экспозицию разработок, обеспечивающих выполнение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Стартапы в электронике
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Корпорация развития Зеленограда

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

РОСЭЛ

ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО» Москва, 121351, ул. Ярцевская, д.4. Тел.: +7 (495) 221-50-15
E-mail: info@chipexpo.ru <http://www.chipexpo.ru>