

Полина Халилова,

*к.т.н., доцент,
врио начальника отдела
разработки учебных планов и программ
Центра информационной безопасности
и содействия в обеспечении
общественного порядка*

Богдан Шкляревский,

*врио начальника департамента
технического обучения
АПК «Безопасный город»
Центра информационной безопасности
и содействия в обеспечении
общественного порядка*

ВОЗМОЖНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ КОМПОНЕНТОВ ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

В условиях реального времени наибольшую актуальность и практическую значимость приобретает использование элементов систем автоматического контроля и управления на базе компонентов волоконно-оптических систем передачи информации (ВОСП), а также непосредственно самих ВОСП при создании и дальнейшем развитии автоматизированных систем, в частности, системы «Безопасный город», системы 112, охранных систем и др.

Также актуальны на сегодняшний день разработка и создание новых методов и приборов, принцип действия которых заключается в применении оптических эффектов и предназначенных

для регистрации и контроля параметров микроклимата, определения интенсивности электрического и магнитного полей, ионизирующих излучений. К таким приборам относятся оптические датчики и, в частности, световодные датчики [3, 4]. Большой практический интерес представляет совершенствование как элементов, обеспечивающих в комплексе весь процесс управления, так и систем автоматического управления в целом. Кроме того, элементная база оптических датчиков, практически та же, что и стремительно развивающихся волоконно-оптических систем связи: усилители, преобразователи частоты и т.д.

Приведем возможное применение элементов систем автоматического контроля и управления на базе компонентов волоконно-оптических систем передачи информации на примере непосредственной модуляции источника излучения.

Одним из основных методов модуляции оптического излучения является управление током накачки источников лазерного излучения [5], что требует обеспечения стабильности рабочей точки и снижения влияния нелинейной зависимости мощности излучения от тока через излучатель (нелинейности ватт-амперной характеристики). Данные факторы затрудняют достижение высоких метрологических характеристик устройств, использующих метод непосредственной модуляции источника излучения, поэтому рассмотрим пути устранения этих недостатков построением модулятора на основе управляемых источников оптического излучения (УИОИ). Последние могут быть выполнены по принципу стабилизации мощности оптического излучения введением отрицательной обратной связи (ООС) по излучению и самонастройке. При этом все они построены по принципу непрерывного сравнения входного сигнала с выходным сигналом, который предварительно преобразован в сигнал, однородный входному.

Согласно структурной схеме УИОИ с ООС по излучению (рис. 1), входной сигнал U_{inp} поступает через выпрямитель (В) на один из входов вычитающего устройства (ВУ) и затем на управляемый источник тока (УИТ), к выходу которого подключен источник излучения — лазерный диод (ЛД). При этом управляющим сигналом для УИТ является разность выпрямленного входного сигнала U_1 и сигнала обратной связи U_2 . Последний формируется фотоприемником (ФП), который воспринимает часть полезного светового потока, излучаемого ЛД, и подается на инвертирующий вход усилителя. Оптическую связь ФП с ЛД можно осуществить светоделительной пластиной, сферическим зеркалом с отверстием для вывода полезного излучения и оптическим коллектором (ОК).

Для данной схемы коэффициент передачи будет определяться известным выражением

$$K = K'(1 + \beta K), \quad (1)$$

где $K' = P'/U_{inp}$ и P' , соответственно, коэффициент передачи и мощность излучения, без обратной связи.

Из данного выражения видно, что для получения высокой стабильности необходимо иметь максимальное значение βK , но достижение высокой стабильности ограничивается дрейфами темнового тока фотодиода и дрейфом усилителя тока фотодиода.

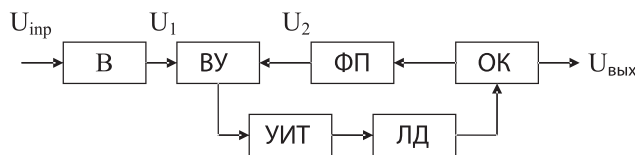


Рис. 1. Структурная схема УИОИ с отрицательной обратной связью по излучению

Другой путь стабилизации излучения заключается в использовании принципа самонастройки УИОИ (рис. 2), основанном на сравнении U_{inp} с сигналом U_1 и в управлении полученным разностным сигналом коэффициентом преобразования УИТ, с тем, чтобы минимизировать данный разностный сигнал. Для этого входной сигнал одновременно вводится как в основной тракт (ОТ), так и в тракт сравнения (ТС) схемы — на один из входов вычитающего устройства (ВУ), на другой вход которого подается сигнал с ФП, воспринимающего часть излучаемого светового потока.

В этом случае основной тракт состоит из управляемого элемента (УЭ) и УИТ с подключенных к выходу ЛД, а в тракт сравнения входят вычитающее устройство, усилитель рассогласования (УР), фазочувствительный выпрямитель (ФЧВ) и фильтр низких частот (ФНЧ).

Если коэффициент передачи ОТ равен номинальному значению K_n , то $U_{inp} = U_1$, и напряжение на выходе ТС отсутствует. Отклонение коэффициента передачи ОТ от K_n приводит к нарушению указанного равенства и появлению на выходе ВУ сигнала рассогласования, который после обработки в ТС воздействует на коэффициент передачи УЭ, восстанавливая номинальное значение коэффициента передачи ОТ.

При отсутствии сдвига фаз между сигналами $U_{вх}$ и U_1 коэффициент преобразования и погрешность УИОИ данного типа определяются следующим образом:

$$K = \frac{K'_{от} / \beta + K''_{от} U_{inp}}{1 / \beta + K''_{от} K_{фп} K_{ок} U_{inp}}, \quad (2)$$

$$\delta_K = \frac{\delta K'_{от}}{1 + K''_{от} K_{фп} K_{ок} \beta U_{inp}},$$

где $K'_{от}$ — коэффициент передачи ОТ при отсутствии сигнала рассогласования; $K''_{от}$ — коэффициент пропорциональности между входным напряжением ТС и изменением коэффициента передачи ОТ под воздействием этого напряжения; $K_{фп}$ — коэффициент передачи ФП; $K_{ок}$ — коэффициент передачи оптического канала (ОК); β — коэффициент передачи ТС.

Как следует из приведенных выражений, при $\beta \rightarrow \infty$, $K = 1 / K_{фп} K_{ок}$ и точность УИОИ будет определяться нестабильностью коэффициентов передачи ФП и ОК. В то же время при конечных значениях возникает погрешность, возрастающая с уменьшением U_{inp} . Поэтому данная схема практически

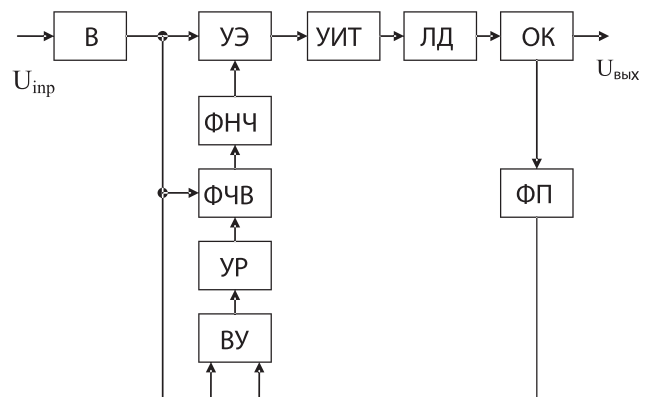


Рис. 2. Структурная схема самонастраивающегося УИОИ

не позволяет получить выигрыша в точности по сравнению с УИОИ с глубокой ООС, так как она включает погрешности, обусловленные сдвигом фаз между сравниваемыми сигналами и неидентичностью частотных характеристик каналов.

Отметим, что непосредственная модуляция тока управления лазера, помимо модуляции световой волны, оказывает динамическое влияние на ее спектр, изменяя центральную длину волны, а также спектральный состав и амплитуды отдельных мод резонатора, причем, чем меньше количество излучаемых мод (линий), тем существеннее это влияние.

Также имеется возможность улучшения параметров оптических датчиков путем применения модифицированных материалов в процессе их изготовления, что определяет перспективы использования подобных датчиков при создании волоконно-оптических систем сигнализации [4]. Например, практическая реализация высокоэффективных волоконно-оптических усилителей (ВОУ) на основе активных элементов с улучшенными характеристиками, в частности, коэффициентом усиления [5]. Наиболее перспективными оказались разработки ВОУ на основе кварцевых волокон, легированных трехвалентными ионами эрбия (Er^{3+}) [5], в связи с тем, что его интенсивное фотонное оптическое излучение происходит на длине волны 1,55 мкм, наиболее применяемой в телекоммуникациях. Подобные усилители, так называемые ВОУ типа EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier), обладают улучшенными характеристиками: значительно большей мощностью насыщения усиления, более низкими собственными шумами, они не чувствительны к поляризации усиливаемого излучения и не требуют специальных мер по термостабилизации. При этом коэффициент усиления таких ВОУ определяется параметрами модифицированного редкоземельными элементами (РЗЭ) оптического волокна, мощностью накачки и топологией оптической схемы усиления.

В настоящее время проводятся исследования по разработке методов введения активных допантов в оптические волокна (ОВ), наиболее перспективными из которых являются методы термического вакуумного осаждения и ионно-плазменной имплантации [5, 1], а также по изучению свойств модифицированных оптических материалов (ОМ) с целью создания элементов оптических датчиков на основе таких ОВ.

Представляет также непосредственный интерес использование и других РЗЭ: Pr (празеодим), Nd (неодим), Tm (тулий), Ho (гольмий), Yb (иттербий), Ce (церий), Sm (самарий), Eu (европий), Gd (гадолиний), Tb (тербий), Dy (диспрозий), Lu (лютеций). Кроме указанных присадок перспективны и некоторые переходные металлы, такие как Cr, Ni, Ti, Nb.

Рассматривая практический интерес применения волоконно-оптических световодов в качестве датчиков в системах сигнализации, в частности, пожарной [8], приведем ряд преимуществ волоконно-оптических систем сигнализации: невосприимчивость к электромагнитным полям; пожаро- и взрывозащищенность; электробезопасность; отсутствие ложных срабатываний; встроенная самодиагностика состояния системы; простота монтажа на объекте; малые эксплуатационные расходы; высокая чувствительность и стабильность работы. Кроме того, сенсорные свойства оптического волокна обусловлены тем, что структура световой волны в волокне хорошо восприимчива к внешним воздействиям, которые могут модулировать амплитуду, фазу, модовый состав или поляризацию волны. В волоконно-оптических сенсорных

системах происходит анализ этих характеристик и получение в результате демодуляции и обработки сигнала данных о воздействии на ОВ или на несущую среду, с которой волокно жестко связано.

На сегодняшний день известно довольно много конструкций волоконно-оптических сенсорных систем [8]. Наиболее распространены системы, реализующие модульный принцип, то есть состоящие из типовых структурных единиц, выполняющих функции связи и оповещения. Данная единица (модуль) содержит: лазерный передатчик; нечувствительный к воздействию волоконно-оптический кабель (кабель связи); волоконно-оптический сенсорный кабель; фотоприемник — преобразователь света в электрический сигнал. Отметим, что формальные структуры линии связи и сенсорного устройства [2] полностью совпадают. Благодаря этому все основные технологические операции по монтажу волоконно-оптических систем передачи данных и волоконно-оптических сенсорных систем оказываются одинаковыми.

Таким образом, проведение дальнейших исследований возможностей применения компонентов волоконно-оптических систем передачи информации при реализации систем автоматического контроля и управления, например, в системах сигнализации, для создания и дальнейшего развития автоматизированных систем представляет научный и практический интерес. В этой проблеме также не последнее место занимают целенаправленные исследования технологии ионного легирования ОМ РЗЭ, значительно повышающей качество оптических волокон вследствие образования допантов, способствующих эффективному прохождению оптического сигнала. Также модификация ОВ РЗЭ позволит совершенствовать создание оптических датчиков, используемых в системах сигнализации.

Список литературы:

1. **Раджабов Т. Д., Халилова П. Ю.** Исследование возможности легирования оптических материалов с помощью методов термического и термоплазменного осаждения с целью разработки приборов для измерения материалов, параметров и изделий. Журнал «Химическая технология. Контроль и управление». Ташкент, ТашГТУ. 2010, №4. — С. 26–29.
2. Световодные датчики / **Красюк Б. А., Семенов О. Г., Шереметьев А. Г.** и др. — М.: Машиностроение, 1990. — 256 с.: ил.
3. **Иванов А. Б.** Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. — М.: Комп. Сайрус Системс, 1999. — 658 с.
4. НПБ 88-01* Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы проектирования.
5. **Берикашвили В. Ш., Гапонцев В. П., Заяц А. Н.** и др. Одномодовые кварцевые световоды, легированные редкоземельными элементами // Всес. конф. «Волоконная оптика». — М., 1990.
6. Ainslie B.J. A review of the fabrication and properties of erbium-doped fibers for optical amplifiers, J.Lighthwave techn., 9, 2, p.220–227, 1991.
7. **Руссел Х., Руге И.** Ионная имплантация. — М.: Наука, 1983. — 380 с.
8. **Навацкий А. А.** и др. Производственная и пожарная автоматика. Часть 1. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация. Учебник. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. — 370с. 