

УДК 681.7.068:681.335.2

**Н. В. Кудинов, канд. техн. наук, доц., П. И. Марков, канд. техн. наук, проф.,
А. А. Скобов, А. Г. Старовойтов, канд. техн. наук, доц.**

НЕКОТОРЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАЛОГО-ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СВЕТОВОДНЫМИ СИСТЕМАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Анализируются способы аналого-дискретного преобразования системой оптических светопроводящих волокон для кодирования и цифрового отображения оптической информации в средствах технологического контроля и управления.

Перспективной технике и технологиям необходима более совершенная организация информационных процессов для рационального распределения и направления потоков информации в технических, экологических, биологических и других системах. Динамическое состояние любой системы, определяющее ее совершенствование и развитие (в т. ч. и эволюционное), характеризуется некоторой пространственно-временной изменчивостью. Пространственно-временное распределение первичной информации отражается в специфическом структурно-пространственном поле, характеризующем состояние и свойства объекта исследования. В первичной информации, генерируемой функционирующим объектом, отображается физическая сущность происходящих на каждой стадии (операции), в каждом элементе процессов и явлений.

Наряду с различием в физической природе источников информации и их информативного соображения они существенно отличаются и пространственно-временными координатами. Если технологические объекты (их аномальные отклонения) проявляются в источниках первичной информации, то их отображения в виде совокупности сигналов дистанционно удалены от объекта.

Особую сложность представляют генерация и локализация источников первичной пространственно-временной информации в реальном времени. С возрастанием объемов такой информации усложняются задачи выявления, сбора и обработки информационных потоков.

В сложной иерархической структуре современных систем и технологий волоконная оптика эффективна на уровне первичной информации. Наряду с высоким быстродействием и селективностью при формировании и отборе информации в информационных каналах преобразований она обеспечивает высокую плотность и коммуникабельность и при дистанционной передаче, и при микропроцессорной обработке информации [1].

Методы и средства волоконной оптики позволяют рациональнее использовать информационно-энергетические возможности современной оптической и оптико-электронной преобразовательной техники и технологий для решения задач контроля и управления. При этом системная совместимость и высокая разрешающая способность волоконно-оптических преобразовательных процессов способствуют повышению чувствительности и расширению метрологических диапазонов при оптической и механической помехозащищенности и стабильной работе в дестабилизирующих условиях окружающей среды [2].

Система оптических светопроводных волокон или волоконно-оптическая система представляет собой объединенное структурно обособленное множество волокон, выполняющее определенную функцию в информационном преобразовании. Такое совокупное объединение оптически изолированных между собой элементов

определяется алгоритмом и целью с учетом заданного (выбранного) критерия. В многообразии оптических элементов формируется определенная упорядоченная структура [3, 4].

Волоконно-оптическая техника и технологии развиваются в двух определяющих направлениях:

- создание новых систем, процессов и технологий;
- модернизация и совершенствование существующих информационно-измерительных и информационно-диагностических устройств.

На основе параметрических зависимостей оптических характеристик моноволокон, сформированных в световоды, от модуляционных воздействий объектов строятся аналоговые преобразователи. Способность каналировать, дискретизировать и объединять оптическое излучение используется при создании аналого-дискретных и дискретных преобразователей, которые благодаря качественному критерию при анализе сигналов существенно расширяют области волоконно-оптических преобразований. Задачи контроля и диагностики авиационно-космической техники и дистанционной связи потребовали новых подходов к волоконной оптике и технологиям. Особенно это проявляется в авиа- и судостроении, химической и нефтегазовой промышленности, в различных видах транспорта, в строительстве, медицине, экологии и других сферах человеческой деятельности [5, 6].

Квантование и дискретизация оптического излучения в волоконно-оптических системах связаны с технологией укладки оптических моноволокон по определенным законам, чем усложняется процесс производства и возрастает стоимость. В волоконно-оптических кодирующих устройствах (кодерах) неоднозначность считывания ограничивает достоверность и точность. В условиях работы преобразователей в оптическом диапазоне длин волн необходима строгая амплитудная селекция полезного сигнала и схемотехническая защита от возможных ложных срабатываний.

Волоконно-оптическое преобразование в аналоговой форме обеспечивает высокую чувствительность и точность при ограниченной помехозащищенности. В то же время волоконно-оптическое преобразование в дискретной форме способствует повышению достоверности и системной совместимости преобразовательных структур, но при некотором снижении чувствительности.

Наряду с прямым переносом оптического излучения со входа на выход оптического волокна волоконно-оптические системы таких моноволокон могут выполнять не только типовые, но и специфические функции дистанционной, преобразовательной и контрольно-измерительной техники. Путем объединения, расщепления и формирования входных и выходных торцов световодов, как системных устройств, реализуются различные информационно-измерительные операции и логические функции. В простейшем виде за счет расщепления одних торцов относительно других строятся оптические распределители и коллекторы, осуществляющие целенаправленную передачу и прием оптических излучений. Таким путем обеспечивается направленное стимулирующее воздействие на объект для генерации первичной информации и энергетическое суммирование излучений от различных источников [3].

Посредством схемотехнических операций с оптическими моноволоконками в световодах реализуются сложнейшие преобразования над сигналами оптической информации, в том числе геометрическое или пространственное кодирование. Представление информации в оптическом коде позволяет выполнять некоторые измерительные и математические операции на первичном уровне непосредственно у объекта управления. В такой структуре более эффективно строится дистанционная

связь информационно-управляющего устройства с объектом. Дискретизация и кодирование измерительной информации повышает эффективность переносных цифровых индикаторов и приборов технологического контроля.

Специфические преимущества обеспечивают световоды, реализующие квантование входной величины и разводку оптического излучения в непозиционном коде. Преобразование входной координаты в перемещение луча и оптическое отображение в цифровом коде его положения эффективно в переносных автономных приборах, особенно для работы в условиях ограниченного освещения. Такие самосветящиеся отсчетные шкалы упрощают работу операторов в ночное и дневное время. Однако отображение информации в непозиционном коде усложняет его считывание и требует определенной привычки.

Более комфортным для считывания является отображение в цифровом коде в виде естественного представления результата в арабских цифрах. Однако технологические сложности формирования световодов и неоднозначность считывания (на границе смежных дискретов) ограничивают разрешающую способность и увеличивают габариты.

Аналого-цифровое кодирование осуществляется двумя методами: методом считывания и методом счета. Для реализации метода считывания необходимо иметь $\log_2 N$ эталонов, где N – число дискретов преобразователя. При этом размеры младшего эталона совпадают с размерами дискрета. В отличие от метода считывания в методе последовательного счета устройство оперирует с одним минимальным эталоном, который используется в процессе преобразования N раз. При этом более высокая разрешающая способность обеспечивается при меньших размерах оптических моноволокон, параметры которых обусловлены длиной волны излучения. Получение разрешающей способности на уровне диаметра моноволокна ограничено проблемами формирования тонкого луча, который должен иметь строгие не варьирующиеся в пространстве и времени размеры. Колебания этих размеров вызывают перекрытие более одного дискрета.

Технология изготовления моноволокон и обработки торцов световодов обуславливает значительный разброс в затухании оптического излучения, что сказывается при квантовании по интенсивности излучения. Путем введения корректирующих коэффициентов разброс в уровнях квантования сужается, что упрощает процесс преобразования.

Для устранения неоднозначности считывания кода в фотоэлектрических и волоконно-оптических преобразователях используются специальные коды и способы считывания. Использование циклических (отраженных) кодов в схемах световодных преобразований не обеспечивает ожидаемую устойчивость, когда из-за частичной засветки и срабатывания порогового элемента в разряд может записаться нуль или единица.

Кодирующие световоды с кодами, обнаруживающими и устраняющими ошибки, повышают достоверность преобразования за счет введения избыточности, для чего в каждом дискрете выделяются дополнительные части. С увеличением числа разрядов увеличивается вероятность возрастания числа ошибок при считывании, что ведет к увеличению числа разрядов для коррекции.

С учетом достоинств и ограничений предпочтение отдается методу счета или считывания. Комбинированный метод интегрирует преимущества обоих этих методов. В методе счета информация о величине и направлении перемещения (знак координаты) формируется путем анализа фазы (как правило, двух сигналов) и анализа переходов. При этом используются не менее двух сигналов, сочетание взаимного положения которых позволяет определить числовой эквивалент величины и

направление перемещения. Для оценки переходов анализируется положение сигнала на группе выходов, изменение которого дает информацию о величине и направлении перемещения.

В комбинированном методе кодер строится по отдельной схеме образования разрядов: старшие разряды образуются методом считывания, а младшие – счетом или считыванием. При этом их определение осуществляется по количественному или качественному критерию анализа амплитуд сигналов. Такой обособленный подход к преобразованию информации методами считывания и счета затрудняет процессы моделирования, анализа и синтеза световодных систем и ограничивает их применение в средствах контроля и управления [6, 7, 8].

В свою очередь информационная избыточность в структуре систем кодирования ведет к усложнению оптико-электронных средств и ужесточению требований при первичной подготовке и дистанционной передаче информации. С учетом уровней распределения информации и специфики преобразовательных операций в структуре волоконно-оптического преобразования системное обособление происходит по следующим этапам: методы локализации и восприятия информации; приемы и эффекты преобразования; методы и форма отображения информации.

В структуре технологического контроля и диагностики просматривается двухуровневая система распределения информации. Получаемая от множества источников, различных по своей физической природе, технологическая информация присуща каждой операции (стадии) производственного процесса. При этом восприятие информации проводится декомпозиционно: первоначально формализовано на уровне первичной информации, затем на уровне обобщенных параметров отдельных операций с переходом к оценке модулей и всего объекта.

В такой информационной особенности отчетливо проявляется противоречивая ситуация при организации информационного процесса. С одной стороны, случайное пространственное распределение разнообразных источников информации, с другой – специфические информационные связи для стимуляции генераторов первичной информации, локализации и передачи ее в блоки обработки. При этом технологические ограничения световодных систем на первичном уровне обуславливают экономические критерии по более эффективной обработке. По существу выдвигается альтернатива: какие информационные операции по технологическому контролю оставить за световодными системами и какие из них целесообразнее реализовывать современными оптико-электронными средствами. По быстрдействию и защищенности световодные системы не имеют конкурентов. Особенно их эффективность проявляется в технологическом контроле объектов, функционирующих во взрыво- и пожароопасных условиях, при воздействии различных дестабилизирующих излучений, при повышенной влажности и агрессивности окружающей среды, в условиях вибраций и температурной нестабильности. Если в динамических процессах обеспечение быстрдействия является определяющим, то для других технических, биологических и экологических объектов на переднем плане выступают технико-экономические критерии. Решение оптимизационной задачи формирования алгоритма и структуры волоконно-оптического контроля обусловлено многокритериальным выбором по последовательно приближенным критериям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Плетнев, С. В.** Волоконно-оптические методы и средства дефектоскопии : науч.-метод. справ. пособие / С. В. Плетнев, А. И. Потапов, А. П. Марков. – СПб. : ЛИТА, 2001. – 312 с.
2. **Вейнберг, В. Б.** Оптика световодов / В. Б. Вейнберг, Д. К. Саттаров. – Л. : Машиностроение, 1977. – 320 с.
3. **Конюхов, Н. Е.** Оптоэлектронные измерительные преобразователи / Н. Е. Конюхов, А. А. Плют, В. М. Шаповалов. – М. : Энергия, 1977. – 160 с.
4. **Зак, Е. А.** Волоконно-оптические преобразователи с внешней модуляцией / Е. А. Зак. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
5. **Изнар, А. Н.** Оптико-электронные приборы космических аппаратов / А. Н. Изнар. – М. : Машиностроение, 1978. – 365 с.
6. **Бородин, Л. Ф.** Введение в теорию помехоустойчивого кодирования / Л. Ф. Бородин. – М. : Сов. радио, 1968. – 408 с.
7. **Красноголовый, Б. Н.** Принципы построения волоконно-оптических приборов / Б. Н. Красноголовый, Б. Н. Шпилевой. – Минск : БГУ, 1983. – 175 с.
8. **Мидвинер, Д. Э.** Волоконные световоды для передачи информации : пер. с англ. / Д. Э. Мидвинер ; под ред. Е. М. Дианова. – М. : Радио и связь, 1983. – 336 с.

ООО Брестский инновационный бизнес-центр
Белорусско-Российский университет
Материал поступил 20.02.2006

**N. Cudinov, P. Markov,
A. Scobov, A. Starovojtov**
**Some information peculiarities of the analogous
discrete transformation by fiber optic systems
of technological testing**

SLR The Innovation Business – centre
Belarusian-Russian University

Analogous discrete transformation methods by the fiber optical system for coding and reflection in figures of optical information in technological testing and control means are analyzed.