

УДК 535
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА
ПО ДЕФОРМАЦИЯМ И ТЕМПЕРАТУРЕ

С.С. СЕРГЕЕВ, Е.С. ГЛЯКОВ
ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Современные тенденции развития измерительной техники показывают, что в настоящее время для получения в реальном времени достоверной картины о состоянии контролируемых объектов и о протекающих в них процессах необходимо применение информационно-измерительных систем, в состав которых входит большое количество различных датчиков физических величин, объединенных в единые измерительные сети. Применение отдельных датчиков в такой системе становится бесперспективным, так как при этом количество информационных каналов, равное количеству датчиков, резко возрастает, что приводит к снижению помехозащищенности измерительной системы, а также делает затруднительным получение достоверных результатов измерений ввиду необходимости обработки значительных информационных массивов в реальном времени. Поэтому в последние годы во всем мире большое внимание уделяется поиску принципиально новых подходов к построению информационно-измерительных систем, в которых датчики должны объединяться в сложные измерительные сети.

Одним из наиболее перспективных путей решения указанной задачи является разработка датчиков с интегральной чувствительностью, которые могут быть легко объединены в распределенную измерительную сеть. Наиболее подходящей элементной базой для создания подобных устройств является волоконная оптика, так как, наряду с вышеперечисленными достоинствами, волоконно-оптические датчики сочетают в одном и том же измерительном тракте функции как информационного канала, так и измерительного преобразователя. Это делает возможным создание принципиально новых быстродействующих измерительных устройств, способных интегрироваться в сложные информационно-измерительные системы, осуществляющие контроль за многомерными функциями распределения физических полей.

В общем случае распределенная волоконно-оптическая измерительная сеть (РВОИС) представляет собой набор отдельных измерительных линий, определенным образом уложенных в пространстве. Топология РВОИС определяется характером решаемой задачи, а также методами сбора и обработки информации об исследуемом физическом поле. Для уменьшения количества информационных каналов следует использовать томографические методы, реализация которых предполагает формирова-

ние каждой измерительной линии интегрального образа функции распределения физического поля.

Интегрирующая волоконно-оптическая измерительная линия (ВОИЛ) представляет собой измерительный преобразователь, способный регистрировать внешнее воздействие по всей его длине. На выходе такой линии формируется интегральный фазовый или амплитудный сигнал воздействия внешнего физического поля на ВОИЛ вдоль траектории укладки волоконного световода (ВС). Точность восстановления распределения исследуемого физического поля определяется частотой укладки ВОИЛ в области исследования. Если частота укладки выше максимальной пространственной частоты исследуемого поля, то распределение будет корректно восстановлено.

Так как томографические методы позволяют восстанавливать значения искомого распределения только в точках пересечения ВОИЛ, то не обязательно обеспечивать чувствительность линии к исследуемому воздействию по всей ее длине. Достаточно сделать чувствительными только области пересечений. В этом случае возможно применение ВОИЛ, которая представляет собой последовательное соединение точечных измерительных преобразователей. Такая линия обладает большей помехозащищенностью.

При построении РВОИС применяются два варианта топологии укладки волоконных измерительных линий: тригональная и сегментарная.

Тригональная топология распределенной волоконно-оптической измерительной сети - соответствует классической томографии, в которой свет распространяется прямолинейно. Эта топология сети предназначена для случаев, когда устройство обработки находится за пределами области исследования, например, для мониторинга плоских поверхностей удаленных объектов и т.п. Однако тригональная топология укладки измерительных линий на исследуемую поверхность имеет ограничения в плане практического применения и подходит для мониторинга плоских поверхностей.

Для объекта, имеющего сферическую форму, тригональная топология измерительной сети не удобна в плане размещения отводящих и подводящих информационных каналов. Для такого объекта больше подходит сегментарная топология измерительной сети, которая позволяет равномерно охватить точками измерения объекты сферической формы, а также уменьшить число измерительных линий. Сегментарная топология построена по аналогии с ловчей сетью паука, когда вся информация сходится к центру системы, где располагается устройство обработки информации. Преимущество сети сегментарной топологии связано с возможностью получения значительно большего количества точек восстанавливаемых значений функции распределения.

Для описываемой распределенной системы разработана конструкция амплитудного волоконно-оптического измерительного преобразователя

для контроля параметров поверхностной деформации. Построена зависимость мощности прошедшего излучения от деформации участка объекта контроля. Достоинством амплитудного датчика деформации является то, что в нем может использоваться многомодовое волокно, широко используемое в линиях связи. Для данного датчика было выбрано волокно с диаметром 50 мкм, которое является наиболее распространенным. При использовании световода с диаметром сердечника 50 мкм и светодиода с мощностью 10 мВт, чувствительность датчика составляет 0,04 мВт/мкм.

Разработана конструкция фазового ИП поверхностной деформации на основе одноволоконного двухмодового интерферометра (ОДИ). Выбрано устройство согласования одномодового ВС и ОДИ. Рассчитано оптимальное относительное смещение осей в данном устройстве. Выбрано устройство пространственной фильтрации на основе перетяжки ВС, имеющей S -образный изгиб, необходимое для эффективного обеспечения взаимодействия между модами LP_{01} и LP_{11} и выделение одной моды из всей мощности на выходе из ОДИ. Построена зависимость интенсивности выходного сигнала фазового датчика от деформации. Выходной сигнал ОДИ после перетяжки с S -образным изгибом оси ВС становится аналогичным выходному сигналу других двулучевых интерферометров. Основное отличие состоит в большем периоде зависимости $I_c(\Delta L)$ для ОДИ (~230 мкм) по сравнению с периодом, равным длине световой волны (~1 мкм), характерным для обычных двулучевых интерферометров. Это объясняется тем, что интерференционный сигнал ОДИ определяет не фаза одной из световых волн, как в обычных интерферометрах, а дополнительная разность фаз между волнами, которая возрастает гораздо медленнее, чем фаза каждой из собственных волн ВС в отдельности.

Разработана конструкция амплитудного волоконно-оптического измерительного преобразователя для контроля температуры. Построена зависимость мощности прошедшего излучения от температуры участка объекта контроля. При использовании световода с диаметром сердечника 50 мкм и светодиода с мощностью 10 мВт, чувствительность датчика составляет 0,08 мВт/°С.

Разработана конструкция фазового преобразователя температуры на основе волоконно-оптического интерферометра Фабри-Перо (ВОИФП). Выбрано устройство соединения ВС и ВОИФП. Построена зависимость коэффициента пропускания преобразователя от температуры участка объекта контроля для различных значений коэффициента отражения зеркал. Крутизна характеристик ВОИФП существенно зависит от коэффициента отражения зеркальных покрытий R торцов. Зависимость $T(\Delta t)$ имеет линейный участок между определенными точками, в пределах которого обеспечивается линейность функции пропускания первичного ВОИФП.