

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВОЛОКОНО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ПЕРИМЕТРА НА ОСНОВЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ МАЙКЕЛЬСОНА

Сидоров В.А.
Научный руководитель – Плотников М.Ю.
Университет ИТМО
sidorovva@npfpol.ru

Введение

Исследуется распределенная волоконно-оптическая система охраны периметра на основе интерферометров Майкельсона с несколькими интерферометрами на одном подводящем волокне. Усовершенствование таких схем — актуальная задача для охранных систем; основными направлениями являются увеличение соотношения сигнал-шум, расширение динамического диапазона и обеспечение требуемой вероятности срабатывания системы.

Основная часть

Рассматриваемая система основана на последовательном подключении нескольких волоконных интерферометров Майкельсона к одному магистральному волокну. Каждый интерферометр представляет собой ответвитель от магистральной линии (с оптимальным делением мощности, например, между шестью интерферометрами). Далее оптический сигнал делится в соотношении 50/50, образуя два плеча — опорное и измерительное. Длина плеч варьируется от 50 до 200 метров, что обеспечивает чувствительность к внешним механическим воздействиям (вибрация, давление, деформация) в заданной зоне. Опорное и измерительное плеча интерферометра имеют разную длину.

Излучение лазера с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) направляется в магистральную линию. При отражении от концов плеч интерферометров возникают два сигнала с временной задержкой, пропорциональной оптической разности хода. После обратного распространения эти сигналы интерферируют на выходе интерферометра, формируя сигнал на разностной частоте. Благодаря линейной частотной модуляции каждый интерферометр генерирует уникальную разностную частоту, что позволяет мультиплексировать несколько зон на одном волокне без пространственного разделения. Это значительно упрощает архитектуру системы и снижает стоимость развертывания.

Ключевым параметром, определяющим работоспособность интерферометрической системы, является длина когерентности лазерного излучения. Для эффективной интерференции разность хода должна быть меньше длины когерентности лазерного излучения. В противном случае видность интерференционной картины резко падает, что приводит к ухудшению отношения сигнал-шум. Однако чрезмерно высокая когерентность приводит к межзонной интерференции (перекрестные помехи) и снижению видности. Эти шумы проявляются в виде уширения спектральной линии разностной частоты, что затрудняет детектирование слабых внешних воздействий. Таким образом, выбор оптимальной длины когерентности лазерного излучения с учетом пространственного расположения зон является актуальной задачей для практической реализации охранной системы.

Вывод

Распределенная волоконно-оптическая система охраны периметра на основе интерферометров Майкельсона с несколькими интерферометрами на одном подводящем волокне представляет собой актуальную и прикладную задачу для

охранной техники. Расширение динамического диапазона и увеличение соотношения сигнал-шум — основная научная задача для улучшения характеристик системы.

Литература

1. Особенности использования фазо-чувствительных устройств в волоконно-оптических измерительных системах В.Е. Стригалева, И.К. Мешковский, Я.Д. Моор СПб.: Университет ИТМО, 2021 books.ifmo.ru
2. Adaptive phase noise cancellation technique for fiber-optic interferometric sensors MY Plotnikov, AV Volkov Journal of Lightwave Technology, 2021 opg.optica.org
3. Optical frequency-modulated continuous-wave (FMCW) interferometry J Zheng 2005 Springer
4. Акустический журнал, 1995, том 41, №4 с.539