

А.В.Хлыбов (асп., каф. РФ), О.И.Котов, д.ф.-м.н., проф.

МНОГОМОДОВЫЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

ABSTRACT. The method of fading decrease of interference signal in multimode fibre-optic interferometers with the help of the multichannel carried reception has been considered. The statistical model of radiation propagating through a multimode fiber has been developed. The practical application of the obtained results: fiber sensor of mechanical influences, is considered.

Интерферометрические измерения физических величин являются одними из самых точных на сей день. С помощью многомодовых волокон можно создать интерферометры, не имеющие аналогов среди классических схем, – с использованием межмодовой интерференции на выходе оптоволокна. Такие межмодовые волоконные интерферометры (МВИ) обладают рядом преимуществ: простотой оптической схемы, увеличением вводимой в волокно мощности по сравнению с одномодовыми волокнами, низкой стоимости устройств в целом, отсутствием поляризационного фединга сигнала. Однако, их недостаток заключается в том, что сигнал МВИ подвержен медленным замираниям, которые обусловлены случайными изменениями параметров внешней среды, изменяющими параметры волокна. Предлагается для борьбы с этим явлением использовать многоканальный разнесённый приём интерференционной картины на выходе волокна, по аналогии с методами, разработанными для КВ-радиосвязи.

Для анализа сигнала МВИ, регистрируемого одним фотоприёмником, необходимо рассмотреть мультипликативную помеху (коэффициент передачи канала) и аддитивную (квазистатическую составляющую сигнала) [1], которые являются стационарными случайными процессами. Экспериментально и расчётным путём были найдены одномерные плотности этих процессов и зависимости их дисперсий от параметров волокна. Установлено, что квазистатическая составляющая сигнала МВИ центрирована и подчиняется известному $\gamma(\lambda, k)$ – распределению, где $\lambda = k$, а коэффициент передачи распределён нормально и тоже центрирован. Далее рассмотрено одно из практических применений МВИ – датчик охранной сигнализации, простой в изготовлении и эксплуатации (см. рис. 1).

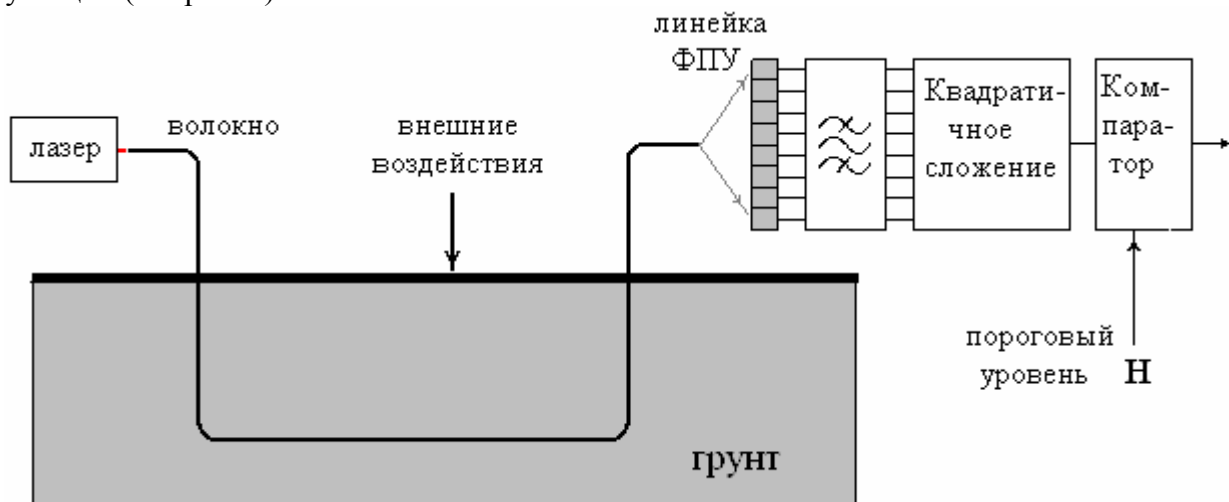


Рис. 1. Структурная схема волоконно-оптического датчика охранной сигнализации.

Многомодовое оптическое волокно является чувствительным элементом датчика, оно вносится на небольшую глубину в грунт по периметру охраняемой территории. При пересечении периметра нарушитель наводит дифференциально-фазовую модуляцию

(ДФМ) излучения, проходящего по оптоволокну. Для фильтрации квазистатической составляющей и высокочастотных шумов необходим фильтр на рабочую полосу 2...100 Гц. Квадратичное сложение сигналов различных каналов является оптимальным некогерентным приёмом в данном случае. Датчик регистрирует этот суммарный информационный сигнал, подверженный замираниям (гораздо менее, чем сигнал отдельного канала), на фоне шумов, и срабатывает, если уровень входного сигнала превысит заданный порог N .

В результате модельных экспериментов было выяснено, что шумы в датчике обусловлены преимущественно случайными вибрациями в почве, вызывающими неинформационную ДФМ. Шум является гауссовским и, так же как полезный сигнал, подвержен независимым замираниям в каждом канале.

Зная распределения всех необходимых величин, можно с помощью критерия Неймана-Пирсона построить кривые обнаружения – семейства зависимостей вероятности пропуска от вероятности ложной тревоги при различном отношении сигнал-шум и количестве фотоприёмников. Такая «радиолокационная» задача была решена для фиксированного порога и адаптивного, величина которого пропорциональна среднеквадратичной величине федингирующего шума.

Показано, что адаптивный порог эффективен при малом отношении сигнал-шум. Вероятность пропуска экспоненциально уменьшается с увеличением количества Q приёмников, но Q ограничено требованием некоррелированности сигналов, принимаемых разными приёмниками; необходимо $Q < N$, N – число распространяющихся мод волокна.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Котов О.И., Косарева Л.И., Ликумович Л.Б., Марков С.И., Медведев А.В., Николаев В.М. Многоканальный приём сигналов межмодового волоконного-оптического интерферометра в условиях помех // Письма в ЖТФ, 2000, том 26, вып. 22, С.26-35.