

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ИЗМЕРИТЕЛЯ УРОВНЯ ДИСПЕРСИИ

Аннотация: В данной статье авторами выполнено моделирование характеристик чувствительного элемента для измерения дисперсии в оптическом волокне, сделаны выводы о целесообразности применения голографического измерителя в составе линии волоконно-оптической связи, а также при проведении входного контроля оптического волокна.

Ключевые слова: голография, чувствительный элемент, дисперсия.

Annotation: In this article authors executed modeling of characteristics of a sensitive element for measurement of dispersion in optical fiber, conclusions are drawn on expediency of use of the holographic measuring instrument as a part of the line of fiber optic communication and also when carrying out entrance control of optical fiber.

Key words: holography, sensitive element, dispersion.

При построении линий связи необходимо использовать такое оптическое волокно (ОВ), в котором уровень затухания сигнала будет наименьшим, а уровень дисперсии минимальным. Так как это обеспечит передачу сигнала с минимальными потерями и на большее расстояние. Таким образом, необходимо обеспечить надежность, износостойкость, качество и долговечность оптических кабелей в составе линии связи. Следовательно задача точного измерения дисперсии является актуальной.

Известно, что точность измерения дисперсии в оптическом волокне ограничивается чувствительностью измерительных устройств [1]. В голографическом устройстве измерений его чувствительность определяется чувствительностью пьезоэлемента к величине модулирующего электрического напряжения, а также чувствительностью голографического интерферометра к величине перемещения поверхности пьезоэлемента под воздействием этого напряжения [2, 3].

Для моделирования характеристик чувствительного элемента голографического измерителя уровня дисперсии необходимо применять условие противофазности, моделирование производится пакетом прикладных программ *MathCad* 15.

Условие противофазности:

$$\Delta r = 2\Delta h = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}. \quad (1)$$

Выразим Δh из (1):

$$\Delta h = \frac{\lambda(2n + 1)}{4}, \quad (2)$$

где $\lambda/2$ – дополнительная разность хода, возникающая при отражении луча от поверхности R .

Воспользуемся условием противофазности. Приравняем δ_L к величине, кратной половине длины волны:

$$\Delta L = \frac{-\sqrt{1 + \left(\frac{h}{L}\right)^2} (2n + 1)\lambda}{\left(\sqrt{1 + \left(\frac{h}{L}\right)^2} - 1\right)^2}, \quad (3)$$

где $h = 2a$.

При выполнении условия $\frac{h}{L} \gg 1$, выражение 3 может быть

представлено в виде:

$$\Delta L = -\frac{(2n+1)\lambda}{2}. \quad (4)$$

Используя соотношения (1) и (4) и, проводя математическое моделирование, исследуем чувствительность голографического интерферометра в схеме устройства измерения дисперсии [4, 5]. Результаты исследования представлены в виде графических зависимостей на рисунках (1) – (3).

На рисунке 1 представлены графические зависимости параметров Δh и ΔL от номера интерференционного порядка n , где Δh – чувствительность голографического интерферометра к нормальным перемещениям поверхности пьезоэлемента в схеме устройства измерений, а ΔL – чувствительность к его тангенциальным перемещениям относительно плоскости фурье-голограммы.

Из анализа графических зависимостей, представленных на рисунке 1, можно сделать вывод, что чувствительность голографического интерферометра в схеме устройства измерения уровня дисперсии оптического волокна к нормальным перемещениям поверхности пьезоэлемента в два раза выше, чем к тангенциальным.

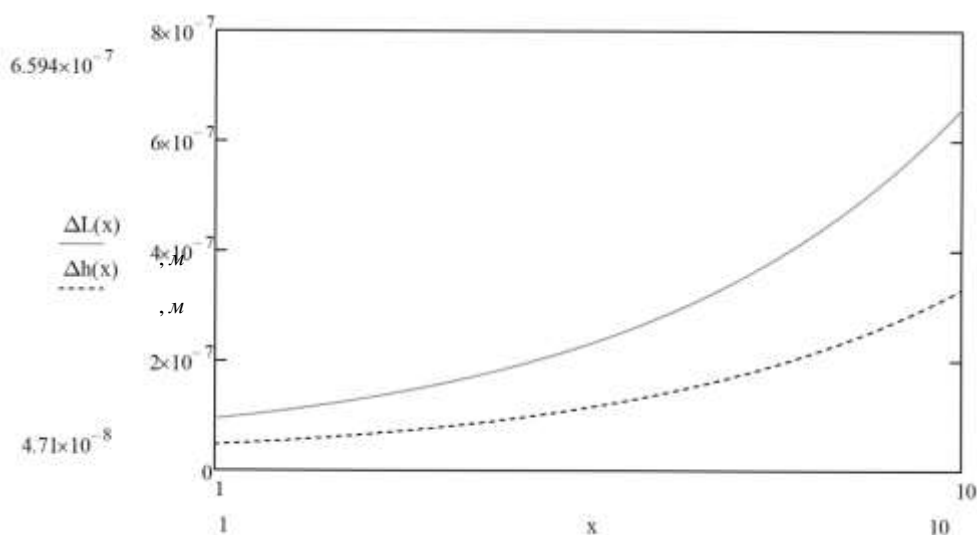


Рисунок 1 – Зависимость Δh и ΔL от номера интерференционного порядка n

С ростом номера интерференционного порядка чувствительность падает по нелинейному закону [6], что видно на графике. При этом для интерференционных полос более высоких порядков падение чувствительности с ростом их номера выше. Графики строились для условия смены разности фаз интерферирующих световых потоков в зоне интерференции на π .

В данном интерферометре используется именно полупрозрачная фурье-голограмма, поскольку она обеспечивает высокую чувствительность и точность измерений благодаря концентрации основной части энергии интерференционного оптического поля в пределах центрального пятна интерферограммы кольцевой формы [6].

Оценка чувствительности голографического интерферометра на основе пространственно-спектрального метода голографической интерферометрии к нормальным и тангенциальным перемещениям отражателя в его оптической схеме, используемого в голографическом устройстве измерения уровня дисперсии в ОБ, показывает, что данный интерферометр регистрирует уровень дисперсии с точностью порядка $10^3 \div 10^4$.

Таким образом, при проведении оценки качества оптического волокна необходимо регистрировать изменение уровня дисперсии порядка 2×10^{-6} , что позволяет данный интерферометр, используя объемную фазовую голограмму, экспонированную специальным образом, при усилении искаженного дисперсией оптического импульса с помощью оптического усилительного устройства, которое повышает точность измерений.

Использованные источники:

1. Норенков И.П., Трудоношин В.А. Телекоммуникационные технологии и сети. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 24 с.
2. Митрохин В.Е. Измерения в волоконно-оптических системах передачи: учеб. пособие для вузов ж.д. трансп. М.: ГОУ УМЦ ЖДТ, 2007. 197 с.
3. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998. 56 с.
4. Прыгунов А.А. Некоторые особенности практического использования пространственно-спектрального метода голографической интерферометрии // Системный анализ, управление и обработка информации. 2012. Т. 1, №12. С. 121-134.
5. Островский Ю.И., Бутусов М.М., Островская Г.В. Голографическая интерферометрия. Монография. Новосибирск: Наука, 1977. 336 с.
6. Никитин В.Е., Ефимов М.А., Рывкин А.Я. Особенности проектирования одномодовых волоконно-оптических линий связи // ИСУП. 2007. № 1. С. 52.