

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИРПИРОВАННОГО ИМПУЛЬСА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФАЗЫ В КОГЕРЕНТНОМ РЕФЛЕКТОМЕТРЕ

Яцеев В.А.^{1*}, Зотов А.М.², Бутов О.В.³

¹ООО «ОСБ», г. Москва

²Физ-фак. МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва

³Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, г. Москва

*E-mail: yatseev@gmail.com

DOI 10.24411/2308-6920-2019-16018

Актуальность

Когерентный рефлектометр используется для получения больших объемов акусто-вибрационной информации с протяженных участков волокна и находит применение в системах безопасности, измерения вибраций вдоль ствола скважин, системах мониторинга целостности конструкций.

Одна из проблем, которая решается при разработке и применении подобных систем - это восстановление фазы с учетом стохастического распределения Рэлеевских центров отражения вдоль волокна. Для ее решения имеются несколько подходов: зондирование двухчастотным импульсом, использование систем с задержкой копии импульса, использование фазовых сдвигов и прочие методы. В данной работе предлагается использовать chirпированный зондирующий импульс для восстановления фазоподобной функции в каждой точке рефлектограммы.

Теория и предложенная модель

На сегодняшний день основным решением для восстановления фазы в когерентном рефлектометре является схема с модуляцией и последующей демодуляцией сигнала. Использование более простых схем отчасти ограничено из-за сложностей связанных с определением направления изменения сигнала и малой чувствительностью в мертвых точках. Численное моделирование и получение реального сигнала, проведенное в рамках НИОКР показало, что применение chirпированного импульса и последующая математическая обработка позволяет получить достаточного качества сигналы фазы простыми средствами.

Предложенный нами способ обработки тесно связан с использованием естественных особенностей формирования импульса в лазерном источнике, амплитуда которого модулируется током.

На рис. 1 показана интерференция на отражателях (низкооборотные интерферометры Фабри-Перо) при использовании неchirпированного 1(а) и chirпированного импульса 1(б).

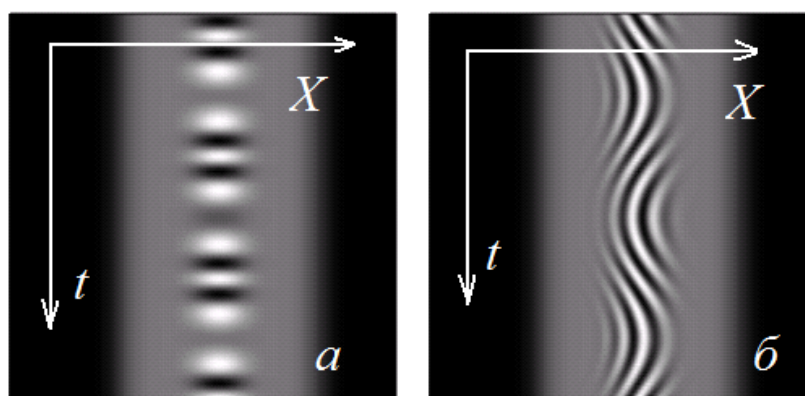


Рис.1. Численное моделирование интерференции двух импульсов, сдвинутых относительно друг друга (а)- интерференция строго когерентных импульсов, (б)- интерференция chirпированных импульсов

При воздействии на волокно и происходит изменение расстояний между центрами рассеивания в волокне, изменяются условия интерференции, происходит искажение интерференционной картины. При использовании chirпированного импульса, помимо изменения амплитуды интерференционной картины происходит смещение интерференционных полос (рис 1б). Суть алгоритма заключается в восстановлении фазы в зависимости от сдвига максимумов и минимумов в интерференционной картине.

Реализация

Описанный выше алгоритм реализован в программе обработки сигналов для рефлектометрических систем. Управляющий модуль посылает серии коротких chirпированных лазерных импульсов в оптоволокно с частотой порядка 5кГц. На рис. 2 показана возможность реконструирования фазы, полученного в определенной точке рефлектограммы. Преобразованные импульсы возвращаются в приемное устройство и оцифровываются с разрешением 100МГц, что примерно соответствует дискретизации порядка 1м (рис. 2а), далее происходит вычисление фазы сигналы, которое разворачивается по времени (рис. 2б). Как видно, фазовый сигнал, развернутый во времени является гладкой функцией и в целом отражает характер воздействия на волокно.

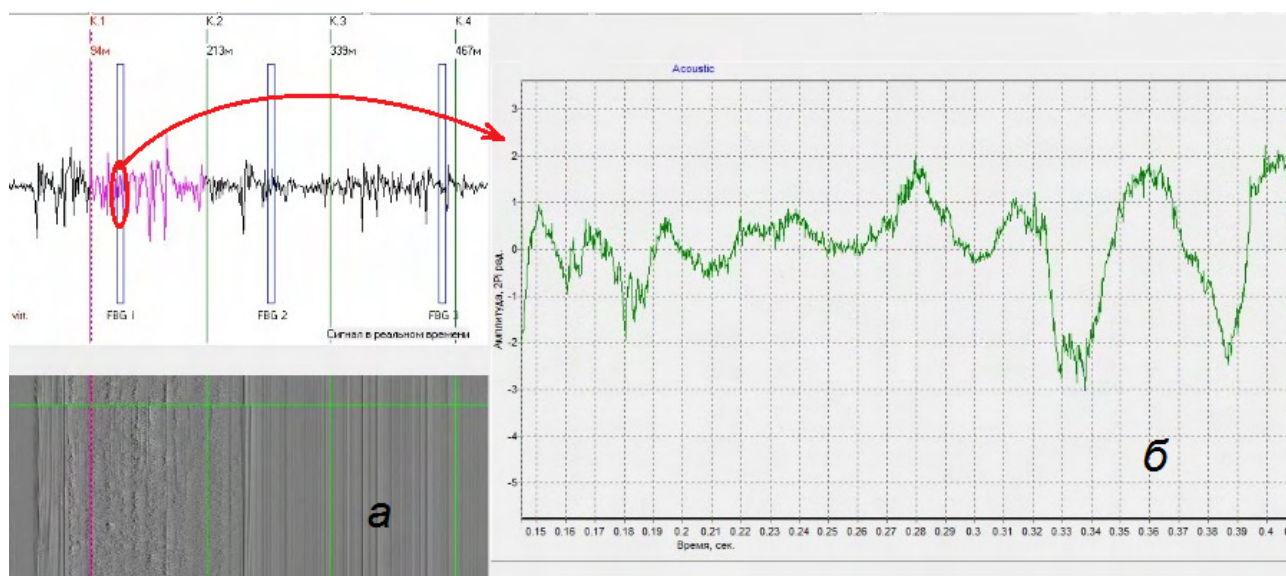


Рис.2. Пример восстановления акустического сигнала: а — оцифрованный сигнал с приемника, б-развернутый во времени сигнал фазы

Литература

1. Куликов Андрей Владимирович автореферат; “Волоконно-оптические акустические сенсоры на брэгговских решетках”, (2012)
2. J. H. Cole, C. Sunderman, A. B. Tveten, C. Kirkendall, and A. Dandridge, “Preliminary investigation of air-included polymer coatings for enhanced sensitivity of fiber-optic acoustic sensors,” in *Proc. 15th Optical Fiber Sensors Tech. Digest, Portland, USA, vol. 1, pp. 317–320, (2002)*
3. Зотов А.М., Качан И.П., Корженевский Д.С., Яцеев В.А., «Фазовая модуляция лазерного импульса в системе опроса волоконно-оптического гидрофона», *Датчики и системы, № 2, стр. 61, (2017)*