

МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ФАЗЫ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ МГНОВЕННОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА В СХЕМЕ ДЕМОДУЛЯЦИИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ДОННОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ КОСЫ

**Казачкова И. Д.¹, Савин В. В.¹, Косагова М. Д.¹, Веремеенко И. А.¹
Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Плотников М. Ю.¹**

¹Университет ИТМО

idkazachkova@itmo.ru

Введение

В современной сейсморазведке системы на основе пьезоэлектрических датчиков постепенно замещаются волоконно-оптическими решениями[1]. К таким системам предъявляются жесткие требования по регистрации сигналов в широком частотном и динамическом диапазонах, превышающем 130 дБ[2]. Однако регистрация высокоамплитудных сигналов, выходящих за пределы динамического диапазона, приводит к возникновению нелинейных искажений спектра, что делает сейсмические данные непригодными для дальнейшей интерпретации[3]. Необходимость преодоления ограничений динамического диапазона и обеспечения стабильной демодуляции фазового сигнала обуславливает актуальность данного исследования. Целью работы является исследование метода динамической реконструкции фазы на основе производной фазового сигнала для расширения динамического диапазона систем опроса волоконно-оптических сейсмических кос.

Основная часть

Для исследования метода динамической реконструкции фазы реализовано математическое моделирование в среде MATLAB. Моделирование проводилось для гетеродинной и гомодинной демодуляции при частоте дискретизации 1 МГц. Разработанный алгоритм базируется на вычислении нормированного индикатора мгновенного динамического диапазона, при превышении которым порогового значения активируется метод динамической реконструкции фазы. Она включает нелинейную аппроксимацию искаженных участков производной сигнала гармонической моделью и последующий восстановление фазы методом кумулятивного суммирования. Интерполяция сигнала в областях максимальной скорости изменения фазы позволяет математически компенсировать аппаратные ограничения демодулятора. Подбор параметров аппроксимирующей модели осуществляется по неискаженным отсчетам, что обеспечивает высокую точность восстановления. В результате применения метода эффективный динамический диапазон расширяется до 2,5 раз (с 248 рад до 567 рад в гетеродинной демодуляции), что позволяет регистрировать высокоамплитудные воздействия.

Выводы

В ходе работы был разработан и исследован метод динамической реконструкции фазы, основанный на анализе производной сигнала. Предложенный подход позволяет в реальном времени отслеживать мгновенный динамический диапазон и фиксировать выход за пределы. Применение алгоритма интерполяции на участках с максимальной скоростью изменения фазы обеспечило корректное восстановление сигналов, превышающих стандартный диапазон демодуляции. Результаты моделирования подтвердили возможность увеличения регистрируемой амплитуды в 2,5 раза, что существенно повышает информативность волоконно-оптических сейсмических кос при регистрации сильных акустических сигналов.

Литература

1. Plotnikov M. Y., Lavrov V. S., Dmitrashchenko P. Y., Kulikov A. V., Meshkovsky I. K. Thin cable fiber-optic hydrophone array for passive acoustic surveillance applications // *IEEE Sensors Journal*. 2019. Vol. 19, no. 9. P. 3376–3382. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2894323>.
2. Meng Z., Chen W., Wang J., Hu X., Chen M., Zhang Y. Recent progress in fiber-optic hydrophones // *Photonic Sensors*. 2021. Vol. 11, no. 1. P. 109–122. <https://doi.org/10.1007/s13320-021-0618-5>.
3. Arzhanenkova A. N., Plotnikov M. Yu., Miroshnichenko G. P., Dmitrashchenko P. Yu. Investigation of the dynamic range restrictions influence of the fiber-optic towed seismic streamer on the seismogram quality // *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2022. Vol. 22, no. 2. P. 223–231. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2022-22-2-223-231>.