

УДК 681.787

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СХЕМЫ ГОМОДИННОЙ ДЕМОДУЛЯЦИИ СИГНАЛОВ

Годовова А.С. (Университет ИТМО), Плотников М.Ю. (Университет ИТМО)
Научный руководитель – к.т.н. Плотников М.Ю.
(Университет ИТМО)

В работе представлены результаты математического моделирования динамического диапазона схемы обработки сигналов волоконно-оптической буксируемой сейсмической косы. Разработана индикативная система контроля динамического диапазона, позволяющая оценивать текущий уровень регистрируемого фазового сигнала и определять текущее заполнение доступного динамического диапазона схемы гомодинной демодуляции. Система контроля работает в режиме реального времени и может регистрировать превышение заданной верхней границы динамического диапазона для сигнала любой формы и спектра.

Введение. Объектом исследования является схема гомодинной демодуляции волоконно-оптической буксируемой сейсмической косы. Схема работает следующим образом, интерференционный сигнал с каждого чувствительного интерферометра независимо регистрируют на фотоприемнике и демодулируют – т.е. производят ряд математическим преобразований, получая на выходе обработки фазовый сигнал, пропорциональный измеряемому акустическому воздействию на интерферометр. Таким образом, становится возможной оценка величины гидроакустического воздействия по фазовому сигналу с волоконного интерферометра.

Полезный измеряемый фазовый сигнал можно охарактеризовать его амплитудно-частотным спектром. Известно, что динамический диапазон схемы обработки интерференционных сигналов уменьшается с увеличением амплитуды и частоты измеряемых сигналов, то есть существует сложность регистрации сильных, высокочастотных сигналов, а также сигналов со сложным спектральным составом.

Используемые в сейсморазведке акустические сигналы, как правило, представляют собой мощные импульсные широкополосные высокочастотные сигналы. Как следствие, в ходе регистрации таких сигналов может возникнуть превышение уровня линейного динамического диапазона схемы обработки сигналов, что повлечет за собой резкое ухудшение качества регистрируемых сейсмограмм. Возникающее ограничение динамического диапазона обусловлено ограниченностью доступной ширины полосы частот интерференционного сигнала и определяется выбранной частотой опроса датчиков и частотой вспомогательной фазовой модуляции. При этом важным с точки зрения эксплуатации косы является анализ реального динамического диапазона схемы обработки при регистрации сигналов со сложным спектральным составом.

Основная часть. С целью исследования динамического диапазона в волоконно-оптических датчиках при регистрации сигналов со сложным спектральным составом была реализована математическая модель схемы гомодинной демодуляции в среде MATLAB.

В ходе моделирования было установлено, что верхняя граница динамического диапазона увеличивается с уменьшением частоты измеряемого фазового сигнала. При ограничении динамического диапазона выходной сигнал искажается, поэтому при больших частотах и амплитудах измеряемого воздействия выходной сигнал со схемы обработки не соответствует регистрируемым сигналам. Максимальная амплитуда выходного сигнала имеет обратно пропорциональную зависимость от частоты измеряемого фазового сигнала. При добавлении дополнительного помехового фазового сигнала динамический диапазон обработки

уменьшается для всех частот в рабочей полосе. При этом, чем больше амплитуда помехи, т.е. дополнительного фазового сигнала, тем меньше динамический диапазон. Было выявлено, что критерием выхода за динамический диапазон можно считать производную фазового сигнала, потому что она дает однозначное условие выхода за динамический диапазон за счет известной ограниченной полосы пропускания схемы обработки сигналов.

Для определения характера искажений широкополосных фазовых сигналов из-за ограничений динамического диапазона, в качестве тестового фазового сигнала был использован сигнал с формой кардинального синуса с прямоугольным спектром с верхней частотой 1000 Гц. Подобный сигнал с маленькой амплитудой не искажается после обработки. При увеличении амплитуды фазового сигнала, амплитуда выходного сигнала уменьшается и становится не постоянной для диапазона частот от 0 до 1000 Гц, при этом более низкие частоты подавляются сильнее, чем верхние.

Выводы. В результате исследования было установлено, что для сигналов со сложным спектральным составом динамический диапазон уменьшается в случае роста верхней частоты измеряемого фазового сигнала и при наличии дополнительных помеховых сигналов. Для сигналов с широким спектром с увеличением амплитуды входного фазового сигнала преимущественно уменьшаются амплитуды низких частот, спектр выходного сигнала перестаёт быть сплошным. Разработан индикатор для определения выхода регистрируемого фазового сигнала за динамический диапазон схемы обработки сигналов в режиме реального времени.