

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ЧАСТЕЙ СТАНКОВ – КАЧАЛОК ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ШТАНГОВЫХ ГЛУБИННЫХ НАСОСОВ

Чигвинцев С.В., Горожанкин С.В.

Уфимский государственный нефтяной технический университет.  
Кафедра электротехники и электрооборудования предприятий.  
г. Уфа 450062, ул. Космонавтов 1, [GorogankinSV@ufacom.ru](mailto:GorogankinSV@ufacom.ru)

**Реферат.** Осуществляется моделирование процесса выделения из смешанного сигнала, поступающего от совмещенного датчика радарного типа, информационных сигналов о деформации и перемещении балки балансира станка – качалки, для получения относительных динамограмм работы штанговых глубинных насосов, по которым производится диагностика и определение режимов работы оборудования.

Для диагностики как штанговых глубинных насосов (ШГН), так и длинноходовых насосных установок (ДНУ) довольно эффективен метод динамометрирования. При этом применяют датчик хода полированного штока и возникающего в нем усилия. В качестве этих датчиков часто используют датчики больших и малых линейных перемещений либо датчик нагрузки на полированный шток, измеряющие перемещение и деформацию балансира станка-качалки (ИКГН-1, ДГ-3, ГДМ-3, АКД, «Квантор-2», «Омега», «Анализатор», ДН-9). При таком подходе датчики монтируются стационарно или устанавливаются непосредственно перед динамометрированием. При использовании микроволнового метода нет необходимости в установке таких датчиков, поскольку информация о ходе (X) и деформации (Y) содержится в сигнале, полученном в результате смешения двух сигналов - излучаемого и отраженного от балансира станка-качалки.

Предлагается, осуществлять выделение сигналов больших (перемещение балансира) и малых (деформация балансира) перемещений, из смешанного сигнала поступающего от микроволнового датчика, посредством цифровой фильтрации, производить обработку динамограмм непосредственно на скважине, минуя процесс сканирования бумажных бланков динамограмм.

В качестве совмещенного датчика, позволяющего исследовать работу СК без его останова, используется приемник – передатчик ультразвуковых, сверхвысокочастотных волн или лазерного излучения (лидар) (Получено положительное решение о выдаче патента на изобретение МПК F04B 51/00, 47/00; заявка №2000108858/06(009028) от 07.04.2000).

Доплеровский низкочастотный сигнал, содержащий информацию о нагрузке (Y) на полированный шток и его перемещении (X) (с частотами  $f_y \ll 1$  Гц,  $f_x \ll 1$  Гц и соотношением амплитуд  $|i| \ll 1$ ) поступает после аналого-цифрового преобразования на микропроцессорную обработку. Необходимость цифровой обработки обусловлена сложностью выделения аналоговыми фильтрами информационных сигналов при таком соотношении частот и амплитуд.

После цифровой обработки информационные сигналы о деформации и перемещении балансира поступают на устройство отображения в виде относительной динамограммы.

В основу цифровой фильтрации сигнала положены прямое и обратное преобразования Фурье. Цифровой фильтр можно реализовать, как при помощи специализированного микропроцессора, так и на любом компьютере.

Операция получения спектральной функции  $\dot{X}(\omega)$  по известной временной функции  $x(t)$  аналогового сигнала и аналогового сигнала  $x(t)$  по известной его спектральной функции  $\dot{X}(\omega)$  производится с помощью пары преобразований Фурье:

$$\dot{X}(\omega) = \int_0^{\infty} x(t) \cdot e^{-j\omega t} \cdot dt ; \quad (1)$$

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \dot{X}(\omega) \cdot e^{j\omega t} \cdot d\omega. \quad (2)$$

Для цифрового сигнала спектральная функция последовательности  $x(n \cdot T)$  обозначается  $\dot{X}(e^{j\omega \cdot t})$ , а преобразования Фурье определяются следующими выражениями:

$$\dot{X}(e^{j\omega \cdot T}) = \sum_{n=0}^{\infty} x(n \cdot T) \cdot e^{-jn \cdot \omega \cdot T}; \quad (3)$$

$$x(n \cdot T) = \frac{T}{2 \cdot \pi} \cdot \int_{-\pi/T}^{\pi/T} \dot{X}(e^{j\omega \cdot T}) \cdot e^{jn \cdot \omega \cdot T} \cdot d\omega. \quad (4)$$

Для проверки возможности динамометрирования штангового глубинного насоса при помощи микроволнового радара с последующей цифровой фильтрацией была разработана программа, моделирующая процесс выделения из смешанного сигнала, поступающего от датчика, информационных сигналов о деформации и перемещении балансира (Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2001610950 по заявке № 2001610545 от 04.05.2001, зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ, г. Москва от 30.07.2001, на программу «Моделирование обработки сигналов датчиков параметров движения подвижных частей станков – качалок»).

В результате исследований установлены основные соотношения между частотами малых и больших перемещений, позволяющие построить датчик с требуемыми точностными характеристиками.

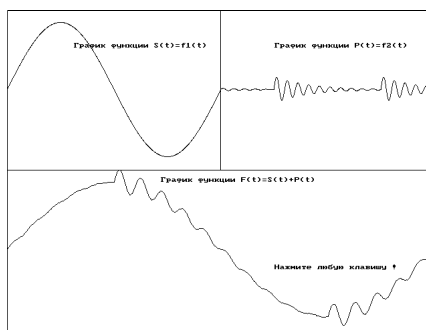


Рис. 1 - Копия экрана, моделирование смешанного сигнала

Применение цифрового фильтра вызвано спецификой поступающего смешанного сигнала. Соотношения по амплитуде и частоте у разделяемых сигналов очень близки и находятся в пределах 1:10 - 1:100, поэтому здесь аналоговый фильтры использовать невозможно.

На рисунках 1 - 4 показаны копии экранов, программы моделирующей работу цифрового фильтра.

В моделирующей программе производится формирование смешанного сигнала, по частоте и форме сходного с сигналом, поступающим от совмещенного микроволнового датчика больших и малых перемещений (рис. 1), путем сложения двух синусоидальных сигналов, отличающихся друг от друга по частоте и амплитуде в соотношении 1:10.



Рис. 2 - Выделенный сигнал малых перемещений при соотношениях амплитуд 1:10

На рис. 2 показана форма сигнала малых перемещений, полученного после выделения цифровым фильтром, работающим на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье, из сформированного смешанного сигнала, при соотношении амплитуд 1:10.



Рис. 3 - Выделенный сигнал малых перемещений при соотношениях амплитуд 1:100

На рис. 3 показана форма сигнала малых перемещений, полученного после выделения цифровым фильтром, из сформированного смешанного сигнала, при соотношении амплитуд 1:100. При соотношении амплитуд 1:100 искажения сигнала становятся заметными.

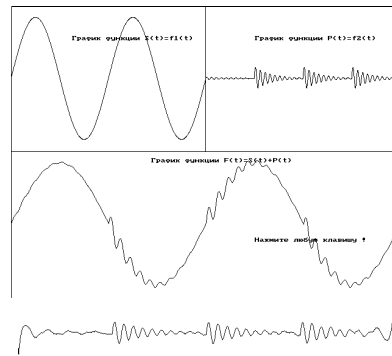


Рис. 4 - Выделенный сигнал малых перемещений, при соотношениях амплитуд 1:100, время исследования увеличено в два раза

На рис. 4 показана форма сигнала малых перемещений, полученного после выделения цифровым фильтром, из сформированного смешанного сигнала, при соотношении амплитуд 1:100 и увеличении времени исследования в два раза. При этом видно, что качество фильтрации полезной части сигнала с увеличением времени исследования улучшилось.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности использования цифрового фильтра для разделения сигналов, поступающих от совмещенных датчиков больших и малых линейных перемещений, с последующим получением из них относительных динамограмм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тахаутдинов Ш.Ф., Фархуллин Р.Г., Муслимов Р.Х., Сулейманов Э.И., Никашев О.А., Губайдуллин А.А. Обработка практических динамограмм на ПЭВМ — Казань: Новое Знание, 1997 — 76 с.
2. Калабеков Б.А., Лapidус В.Ю., Малафеев В.М. Методы автоматизированного расчета электрических схем в технике связи. — М.: Связь.1989 — 210 с.