

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ С ДАТЧИКА НАГРУЗКИ И АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМОГРАММ УСТАНОВОК ШТАНГОВЫХ ГЛУБИННЫХ НАСОСОВ

М. А. Проскуряков, А. В. Федорович

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научные руководители: Ю. В. Крышнев, О. В. Лымарь, А. Е. Запольский

Рассмотрен процесс обработки сигналов с датчика нагрузки и акселерометра для построения поверхностных динамограмм.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, динамограмма, штанговый глубинный насос, датчик нагрузки, акселерометр, быстрое преобразование Фурье.

Динамограмма штангового глубинного насоса (ДГ ШГН) отражает зависимость нагрузки в точке подвеса штанг от положения полированного штока, которая дает информацию о состоянии глубинного оборудования скважины [1].

Для измерения нагрузки и положения полированного штока установки ШГН используется датчик EMS-122. Принцип работы датчика основан на действии моста тензорезисторов, меняющего сопротивление в зависимости от приложенной нагрузки и на вычислении положения полированного штока на основании данных акселерометра [2].

Таким образом, перемещение полированного штока определяется косвенным методом по его ускорению. Современные датчики ускорения и поворота промышленного применения, как правило, имеют достаточно большую погрешность и дрейф, что требует применения сложных алгоритмов обработки данных. Наиболее просто задача решается при расположении акселерометра на балансире, что позволяет достаточно точно определить его положение относительно вектора силы тяжести. При расположении же датчика на траверсе положение полированного штока определяется двойным интегрированием, что приводит к накоплению недопустимой ошибки уже при первом качании. Поэтому для построения ДГ требуется иной подход.

Ход полированного штока в идеале повторяет гармонические колебания. Это связано с тем, что вращение кривошипа станка-качалки, фактически, соответствует развертке по времени вертикальной проекции вращающегося вектора, и описывается синусоидой (рис. 1).

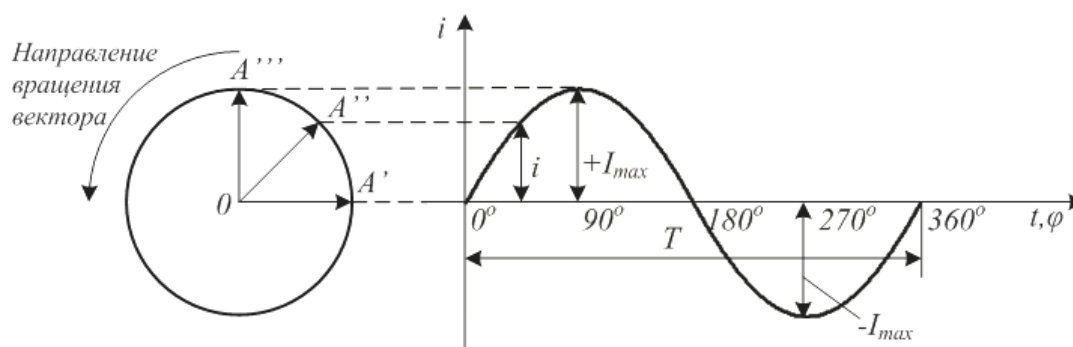


Рис. 1. Развертка по времени вращающегося вектора тока

Это позволяет уйти от необходимости двойного интегрирования данных акселерометра и возникающих при этом проблем. Так как движение полированного штока аппроксимируется синусоидой, то основной задачей становится найти период колебаний и фазу для синхронизации данных с датчиком нагрузки.

Для точного определения периода колебаний необходима достаточно большая по времени выборка значений, что неприемлемо в данном случае, так как теряется разрешение во временной области. Одновременно с этим, при небольшой по времени выборке снижается точность определения периода колебаний. Для определения периода колебаний наиболее подходит метод быстрого преобразования Фурье (БПФ). С целью увеличения разрешающей способности по частоте при БПФ (фактически, интерполяции) можно воспользоваться методом дополнения нулями исходной анализируемой последовательности [3].

Перед применением алгоритмов БПФ из сигнала необходимо исключить постоянную составляющую, отфильтровать скользящим средним и наложить окно Хемминга.

Для определения постоянной составляющей в сигнале, ищется его среднее значение на большом отрезке времени, что снижает погрешность от попадания нецелого количества периодов колебаний в анализируемое окно.

На рис. 2 приведены сигналы с датчика нагрузки (верхний), акселерометра (средний) и обработанный сигнал акселерометра после исключения постоянной составляющей и сглаживания скользящим средним окном (нижний).

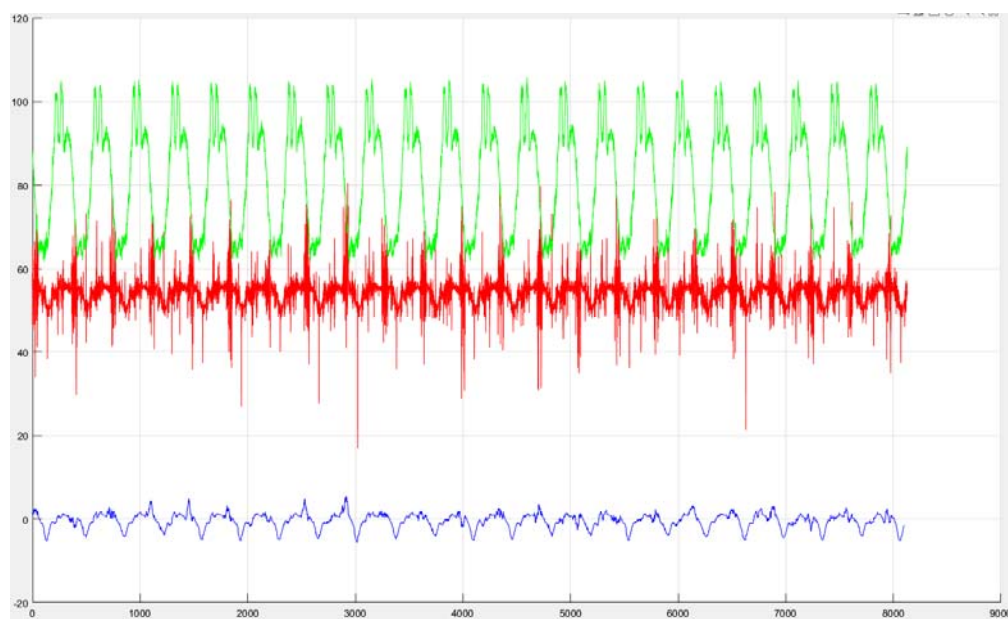


Рис. 2. Сигналы датчика нагрузки и акселерометра

Изменение фазы сигнала акселерометра приведено на рис. 3. Так как функция тангенса имеет разрывы второго рода, то ее применение для определения фазы нецелесообразно. Здесь необходимо применять непрерывные функции: синуса или косинуса.

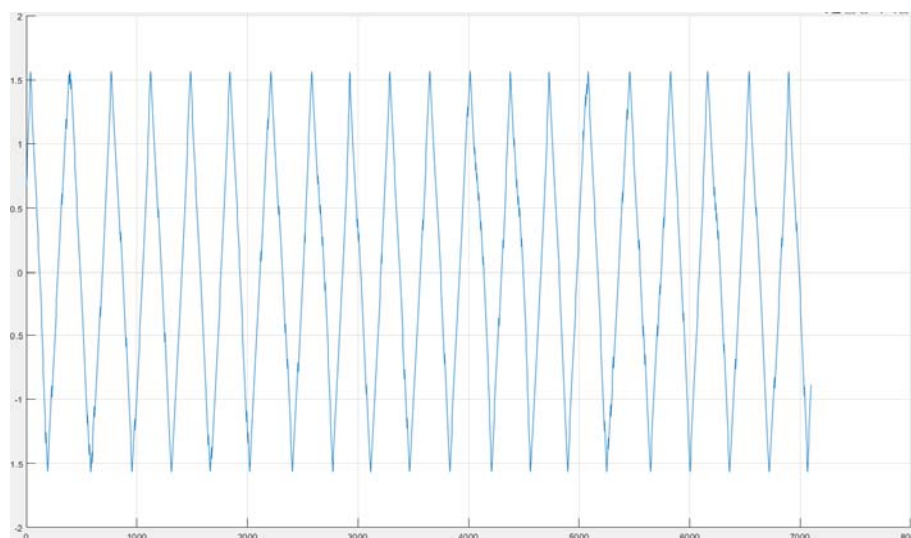


Рис. 3. Изменение фазы сигнала

Как уже отмечалось выше, ДГ строится по данным датчика нагрузки и аппроксимированной синусом функции перемещения (с соответствующей синхронизацией их по фазе). На рис. 4 приведена подобная ДГ, амплитуда перемещения полированного штока задана 125 см.

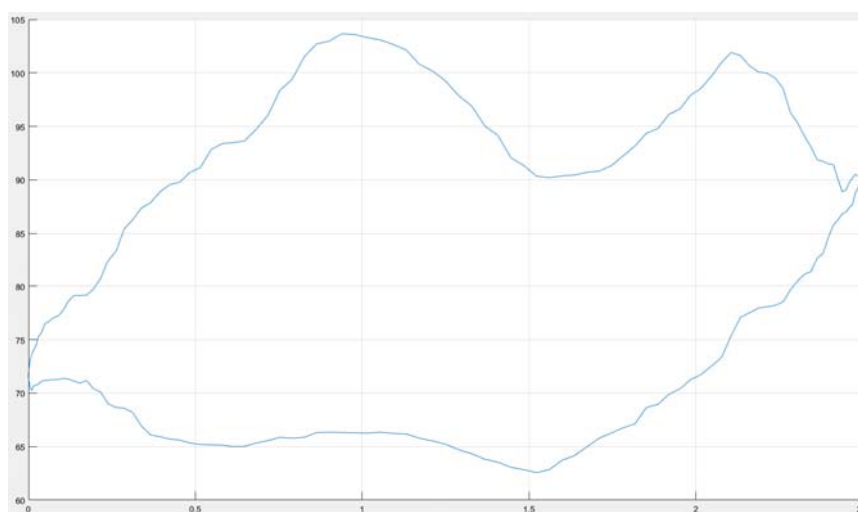


Рис. 4. Построенная ДГ установки ШГН

Литература

1. Бубнов, М. В. Средства диагностирования оборудования установок штанговых глубинных насосов / М. В. Бубнов, А. М. Зюзов // Труды первой научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института, Екатеринбург, 16–20 мая 2016 г. – Екатеринбург : УрФУ, 2016.
2. Датчик нагрузки и положения EMS122. – URL: <https://www.naftamatika.com/ru/products-and-services/7> (дата обращения: 02.07.2025).
3. Простыми словами о преобразовании Фурье. – URL: <https://habr.com/ru/articles/196374/> (дата обращения: 02.07.2025).