

## АКУСТИЧЕСКАЯ КАМЕРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕПОЛАДОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Д.П. Стариков, Е.А. Рыбаков, Е.И. Громаков  
Томский политехнический университет

[dstarikov@me.com](mailto:dstarikov@me.com)

### Введение

Бесперебойная работа оборудования нефтедобычи является важнейшим требованием, предъявляемым к системе автоматического управления (САУ). Это обеспечивается за счет своевременной диагностики и ремонта исполнительного оборудования (так как именно эти части процесса изнашиваются в первую очередь, например электромоторы насосов, задвижек и т.д.). Типовым решением диагностики и сигнализации неисправного состояния при проектировании объектов нефтегазовой области является применения датчиков вибрации, осевого сдвига и т.д. При этом необходимо использование большого количества таких сенсоров (Рисунок 1).

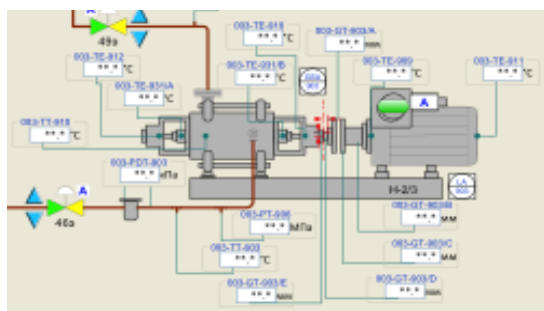


Рис.1. Мнемосхема насоса с датчиками осевого сдвига и вибрации

Такое решение предпочтительно, потому что диагностировать работающий агрегат «по звуку» для человека практически невозможно (особенно, когда речь идет о сдвиге 7 мм/с и менее). Возникает необходимость реализации устройства для сигнализации аварийного и предаварийного состояния оборудования с помощью акустических сенсоров вместо типовых решений. Но использование в качестве датчиков звука простые микрофоны ненаглядно (особенно если речь идет об интеграции с АРМом оператора). В таком случае интересным может быть совместное использование анализаторов звукового спектра с камерой, регистрирующей видеокдры.

### Конструкция

Выбранная конструкция представляет из себя окружность диаметра  $d$ , на которой находится 4 (и более) чувствительных элемента, а в центре - камера. Стоит отметить, что увеличение количества микрофонов не позволяет делать более точную локализацию, но увеличит распознавание интенсивности (амплитуду) дефекта в работе ис-

полнительного устройства. Вид устройства приведен на рисунке 2.

■

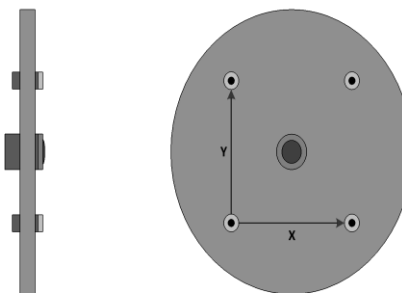


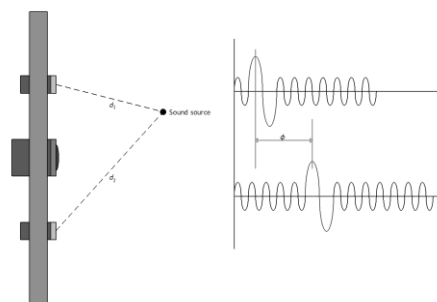
Рис.2. Внешний вид акустической камеры

■

### Алгоритмическое обеспечение

Чтобы получить данные о местоположении дефекта (шума, выбивающегося из частоты работы агрегата) применим следующий алгоритм:

1. После опроса сенсоров получим массив из четырех (минимум) значений шума  $[a_1, a_2, a_3, a_4]$ ;
2. Далее строится диаграмма (рисунок 3), по которой определяется удаленность зашумления от центра;



■

Рис.3. Механизм расчета удаленности источника шума

■

3. Вычисляется разность фаз между эталонным сигналом работы привода (50 Гц, или настраивается позже), по которой можно определить интенсивность вибрации (сдвига);

4. Полученные ранее данные об интенсивности и положении зашумления накладываются на фотоснимок.

На выходе системы получается фотография (или при большой скорости съемки – видео), отображающая состояние оборудования: неисправности подшипников (при их наличии), существенная вибрация и т.п. Данные с установки в обработанном виде (сухой контакт или пакет дан-

ных) поступают на АРМ оператора нефтепромысла и сигнализируют аварийное или предаварийное состояние оборудования. При этом выходная информация в виде фотографии может быть полезна для эксплуатационной группы при ремонте оборудования (с большой вероятностью, не разбирая агрегат, есть информация о местоположении неисправности).

#### Математическое обеспечение

Для реализации первого пункта описанного выше алгоритма используется описанная далее зависимость. Чувствительный элемент системы (микрофон) выдает на вход контроллера аналоговый сигнал, который преобразуется АЦП модуля в величину (частоту) колебаний мембраны. Далее, масштабируя полученное значение при помощи линейных преобразований, получаем значение шума на микрофоне в абстрактных величинах. Действительно, как будет показано далее, совсем не обязательно приводить аналоговое значение в привычные единицы измерения шума (дБ, Б). Однако важным остается факт аналогичной настройки чувствительности сенсоров. Полученное от датчика значение будет иметь вид так называемых «сырых», то есть без единиц измерений, однако этого вполне достаточно для решения задачи поиска местоположения источника шумов.

Модель объекта приведена на рисунке 4. Здесь отображен исследуемый объект (2 источника шума) и акустическая камера. Спроецировав гипотенузы треугольников между объектом и соответствующим сенсором получим данные об удаленности источника и его интенсивности.

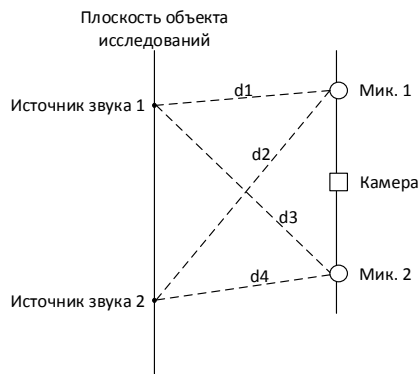


Рис.4. Математическое представление алгоритма функционирования

#### Представление результатов

Полученные данные о местоположении и интенсивности шума «накладываются» на фотоснимок. Полученные кадры работы электромашин, которые могут использоваться для диагностики и сигнализации состояния, с учетом описанных выше зависимостей, имеют вид, показанный на рисунке 5.

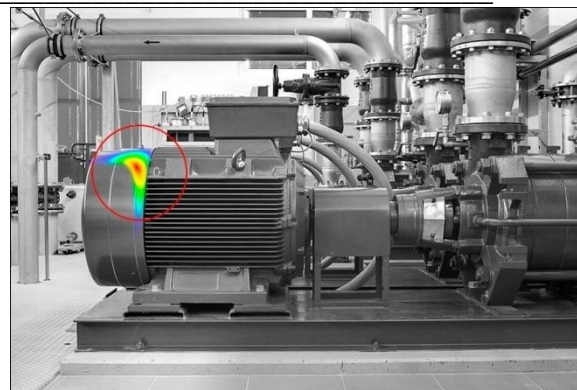


Рис.5. Выходные кадры работы устройства

Подобные материалы диагностики электрических машин имеет широкий спектр применений. При реализации в виде портативного решения камеры простая плановая диагностика становится очень простой (нет необходимости разбирать двигатель, даже во время планового ремонта).

При исполнении описанной камеры в фиксированном формате появится возможность отказаться от классических решений, сигнализирующих вибрацию или осевой сдвиг при работе электромашин. Данные с камеры могут передаваться непосредственно на АРМ оператора производства, а также быть частью ПАЗ.

#### Заключение

Таким образом, описанная выше акустическая камера может быть успешно внедрена для диагностики и сигнализации электроприводов. Перспективность данного решения очевидна в силу экономического фактора (вместо 6-7 датчиков вибрации и осевого сдвига для двигателя используется всего одна камера). Также преимуществом является бесконтактный метод диагностики. Ремонтный персонал будет точно знать в каком месте привода произошла поломка. Гибкость системы позволит в перспективе интегрировать в текущее решение тепловые сенсоры, с целью контроля не менее важных характеристик электродвигателей – температуры подшипников.

#### Литература

1. S. Nandi, S. Detection of Rotor Slot and Other Eccentricity-Related Harmonics in a Three-Phase Induction Motor with Different Rotor Cages // IEEE Power Engineering Review, vol. 21, no. 9/ Ahmed, H. Toliyat.- 2001.- pp. 62-66.
2. M. M. Eric Some Research Challenges of Acoustic Camera // 19th Telecommunications forum Telfor.- 2011.- pp. 1036 - 1039.
3. X. Huang Real-time algorithm for acoustic imaging with a microphone array // The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 125, no. 5.- 2009.-pp 150-155.