

С.Д. Приходченко

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ШЛАМА ПО ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ДВИГАТЕЛЕМ НАСОСА МОЩНОСТИ

В настоящее время, в условиях постоянного роста цен на энергоносители, любое производство стремится по возможности сократить свои затраты в энергетической сфере. В значительной мере эта тенденция свойственна и крупным горно-обогатительным предприятиям, на которых вес энергоносителей в себестоимости выпускаемой продукции превышает 50%, а в некоторых случаях стремится и к более высоким показателям.

При системном подходе к проблеме снижения затрат на энергоносители предприятия действуют во всех возможных направлениях повышения продуктивности работы. Так, оборудование со значительной степенью износа в большинстве случаев заменяют на более современное и отвечающее всем требованиям экономичности. В то же время, оборудование, еще не полностью исчерпавшее свой ресурс, модернизируют, зачастую используя при этом современные системы управления, предназначенные для выбора и поддержания оптимального режима работы.

При этом такие системы управления, в дополнение к своим основным функциям, используют еще и для протоколирования работы агрегатов, для связывания систем управления отдельными агрегатами в общую систему, подчиняющуюся требованиям оптимальной работы не агрегата в отдельности, а производственной системы (участка, цеха, фабрики) в целом.

В условиях работы такого крупного горно-обогатительного предприятия, как АО «Полтавский ГОК» все вышеперечисленные проблемы особенно актуальны, и решение любой из них приведет к значительному положительному экономическому эффекту. Так, для решения задачи построения оптимальной системы управления обогатительным оборудованием возможно несколько направлений. Первым из таких направлений будет заказ и установка уже разработанных программных и технических решений. При этом существуют и вероятные минусы, заключающиеся в недостаточной приспособленности готового решения к реальным условиям, что может привести к неоптимальной работе оборудования и к снижению экономического эффекта, а при значительном расхождении реальных условий и условий оптимальности, вложенных в приобретенное решение, экономический эффект может быть и отрицательным. Кроме того, ценовая политика крупных поставщиков готовых решений не всегда оптимальна для предприятия. Вторым направлением построения оптимальной системы управления обогатительным оборудованием является построение системы управления, непосредственно приспособленной к условиям конкретного участка работы (агрегата, цеха). Такой подход также не лишен отрицательных сторон, и поэтому обычно выбирают вариант, объединяющий положительные

стороны обоих направлений. В таком случае руководству предприятия стоит оценить все положительные и отрицательные стороны каждого из вариантов и принять окончательное решение.

Для построения системы автоматического управления каким-либо агрегатом необходимо всестороннее изучение свойств этого агрегата, режимов его работы и режимов взаимодействия с соседними по производственному циклу агрегатами. Для подобного рода исследований необходимо иметь соответственно приспособленную аппаратуру и методику исследований.

Одними из критических, с точки зрения энергосбережения, на обогатительных фабриках АО «Полтавский ГОК» являются участки гидротранспортирования шламов, которые в настоящее время подвергаются процессу модернизации и автоматизации. Основными энергопотребляющими агрегатами и, как следствие, объектами автоматизации на этих участках являются шламовые насосы.

Мощность, потребляемая насосом для гидросмеси, реализуется в машине на полезную работу, преодоление гидравлических сопротивлений, протекание части расхода через уплотнения, механические потери (определяемые трением в сальниках, подшипниках и др.). По сравнению с обычными насосами возникают дополнительные сопротивления вследствие взаимодействия твердых частиц с потоком, деградации частиц и других явлений. Наличие дополнительных потерь в насосах для гидросмесей уменьшает их КПД примерно на 10-20% по сравнению с насосами для воды; КПД уменьшается и по мере износа деталей машин. Полное представление об эксплуатационных свойствах насосов для гидросмеси дает их рабочая характеристика. Ее определяют по результатам испытаний машины на воде и гидросмеси.

Исходя из работ [1,2] можно доказать, что результаты энергодиагностики шламового насоса полностью коррелируют с результатами вибродиагностики этого агрегата. Также, что наличие сведений о механических параметрах механизма шламового насоса дает представление о спектре потребляемой двигателем этого агрегата мощности. Спектр потребляемой мощности, построенный по результатам моделирования на основе механических характеристик, будет идеальным вариантом спектра данного агрегата, т.е. он не будет учитывать степень износа деталей горного агрегата, подчиняющуюся законам вероятности [3]. Данный спектр не сможет учесть затрат мощности на дополнительные сопротивления вследствие взаимодействия твердых частиц с потоком, деградации частиц и других явлений, являющихся белым шумом в данном спектре.

Таким образом, для диагностики шламового насоса будет достаточно сведений о механических параметрах насоса и показаний в реальном времени потребляемой насосом мощности. Для измерения подобных показаний и предназначена система сбора и обработки диагностических данных горных агрегатов.

По времени преобразования и точности результата модуль аналого-цифрового преобразования микроконтроллера PIC16F88 позволяет при частоте генератора, равной 20 МГц, преобразовать аналоговый сигнал в 10-разрядное цифровое значение за 1,4 мкс. При этом ошибка преобразования при посту-

пающем напряжении до 5 В менее ± 1 младший разряд. Точность аналого-цифрового преобразования монотонна во всем диапазоне рабочего напряжения [4].

Исследуемые насосы, работают на переменном токе, который имеет частоту 50 Гц. Как показано в работе [1], информативными частотами ваттметров для насосных агрегатов, работающих на переменном токе такой частоты, являются частоты от 0 до 250 Гц. Применяв теорему Котельникова, частоту дискретизации для разрабатываемого аналого-цифрового преобразователя выбираем равной 600 Гц. Для подключения нескольких датчиков к одному адаптеру необходимо предусмотреть несколько входов. Каждый датчик будет с частотой 600 Гц генерировать 10-битные последовательности, что даст объем передаваемой информации $6000 \cdot n$ бит/сек, где n – количество датчиков или $750 \cdot n$ байт/сек.

Поскольку объем передаваемой информации сравнительно невелик, то не имеет смысла использовать высокоскоростные интерфейсы сопряжения, такие как USB или IEEE1394 Firewire. Для объемов информации порядка 3-4 кбайт в секунду в полной мере подходит интерфейс RS232 или RS485.

Схема, отвечающая данным требованиям с интерфейсом RS232, представлена на рис. 1.

Следующим этапом является разработка микропрограммы, управляющей действиями встроенного в микроконтроллер АЦП. Микропрограмма должна корректно обрабатывать поступающие с датчиков данные и передавать их для последующей обработки далее на компьютер.

В ходе работы данная микропрограмма должна циклически с частотой, равной 600 Гц, опрашивать оба входа датчиков, отсылать полученный сигнал на преобразование и далее пересылать его на вход компьютера.

Таким образом, общая схема алгоритма работы микропрограммы будет следующей (рис. 2).

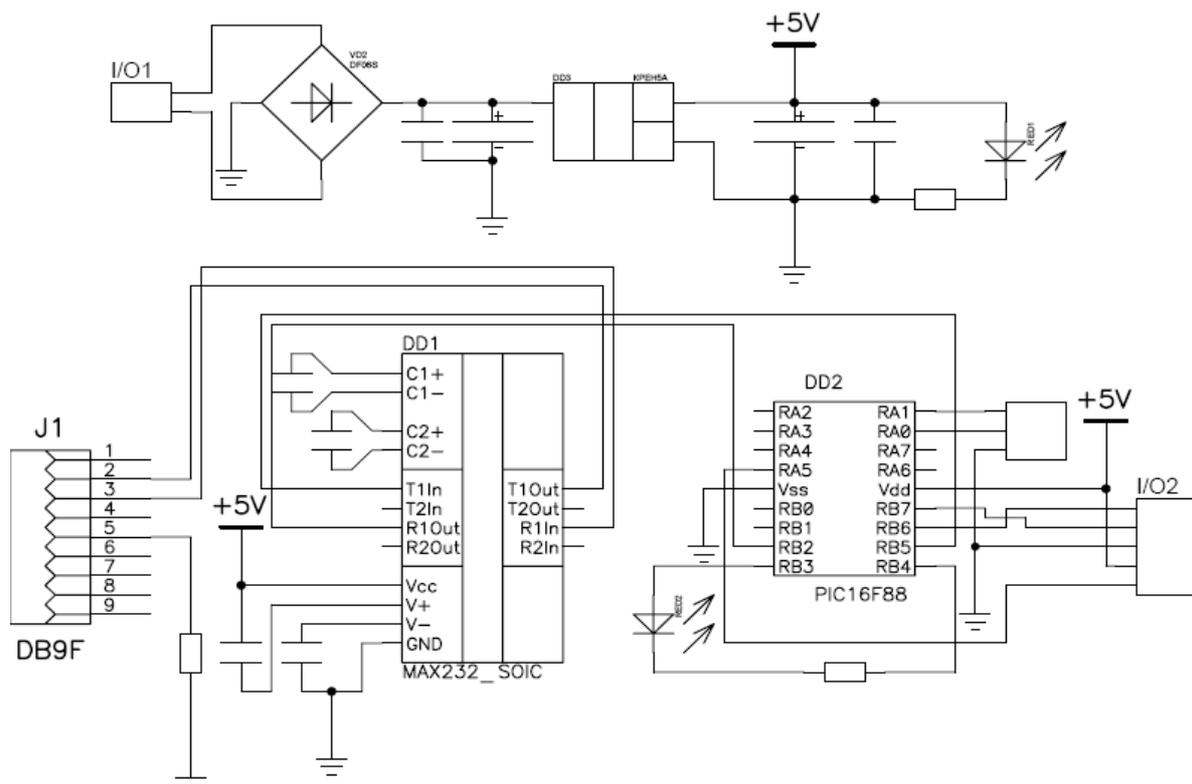


Рис. 1. Электрическая схема АЦП на микроконтроллере PIC16F88

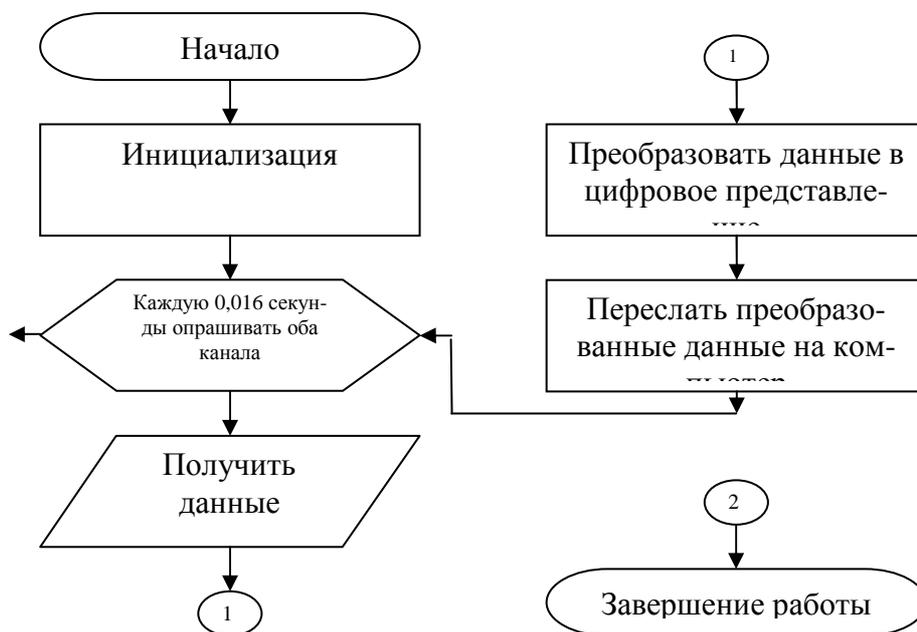


Рис. 2. Блок-схема программы микроконтроллера PIC

После разработки принципиальной схемы и программы прибора необходимо выбрать датчики, способные воспринимать и своевременно передавать полученные данные.

Так, для измерения силы тока, можно воспользоваться цифровыми токоизмерительными клещами VM15(X), производства ООО «Харьков-прибор» или РК435.1 в совокупности с модулем автономного сбора данных для РК435.1,

производства СП Метра Украина (Житомир). Для измерения напряжения можно воспользоваться РК435.1 в совокупности с модулем автономного сбора данных для РК435.1. Для измерения потребляемой мощности можно воспользоваться цифровым измерителем мощности KEW 6300 (СП Метра Украина) или анализатором параметров сети серии DMK производства фирмы Lovato electric. На основе всех вышеперечисленных приборов можно составить систему сбора и обработки диагностических данных горных агрегатов без применения вышеописанного адаптера АЦП.

Определим принципиальную схему подключения вышеописанных датчиков к диагностируемому оборудованию. Как можно доказать, исходя из работ [1,2], спектры, потребляемой двигателем горного агрегата мощности, полностью коррелируют со спектрами вибрационных сигналов данного горного агрегата. Это предполагает установку датчиков на линию электропередачи от распределительно-управляющего щита до двигателя насоса. При этом все датчики и, собственно, система сбора и обработки диагностических данных должны быть максимально защищены от помех. В таких условиях возможно проведение эксперимента по сбору и обработке диагностических данных.

Действуя по вышеописанному сценарию, при использовании датчиков РК435.1 на насосных агрегатах ГРк8, был получен ряд результатов. Так, на насосе 8-ГРк, отработавшем на участке флотации более 2500 часов, при условиях полностью открытой заслонки и плотности перекачиваемой пульпы $\rho=1020 \text{ кг/м}^3$, были получены следующие показания (рис. 3):

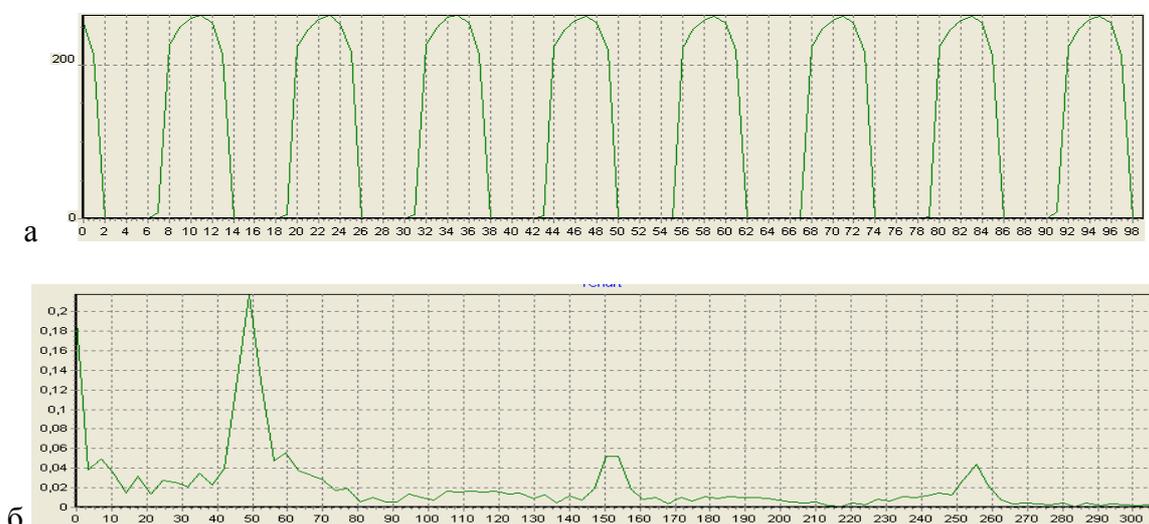


Рис. 3. Нормальный режим работы насоса при плотности смеси 1020 кг/м^3 :
а - осциллограмма силы тока; б - спектр Фурье данного сигнала

При повышении плотности пульпы до $1,09 \text{ кг/дм}^3$ и закрытии заслонки до 65% сигнал приобрел вид, представленный на (рис. 4).

При аварийной ситуации (подсос воздуха в систему) были получены значения сигнала (рис. 5), а при такой аварийной ситуации, как попадание инородного тела в насос, были получены значения сигнала, представленные на рис. 6.

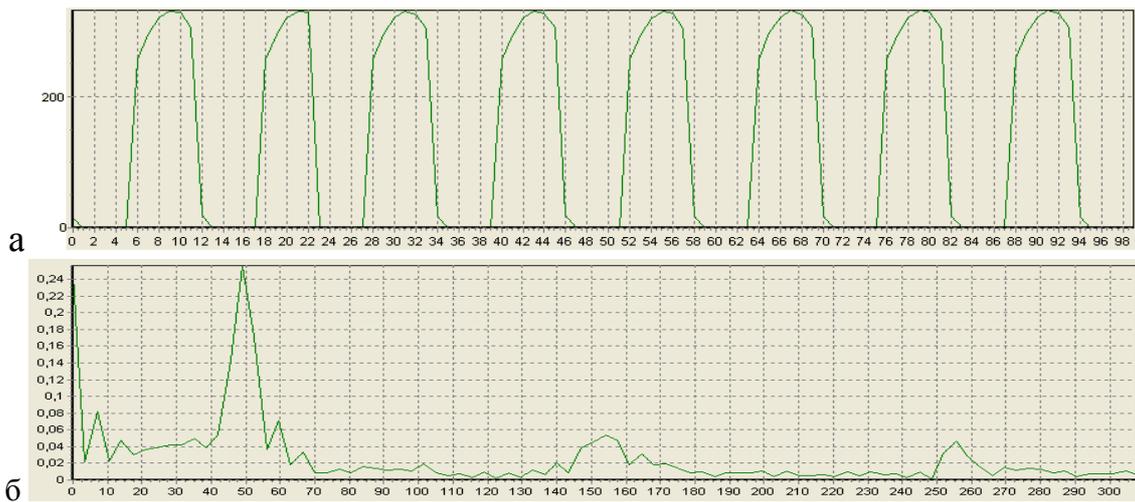


Рис. 4. Нормальный режим работы насоса при плотности смеси 1090 кг/м^3 :
 а - осциллограмма силы тока; б - спектр Фурье данного сигнала

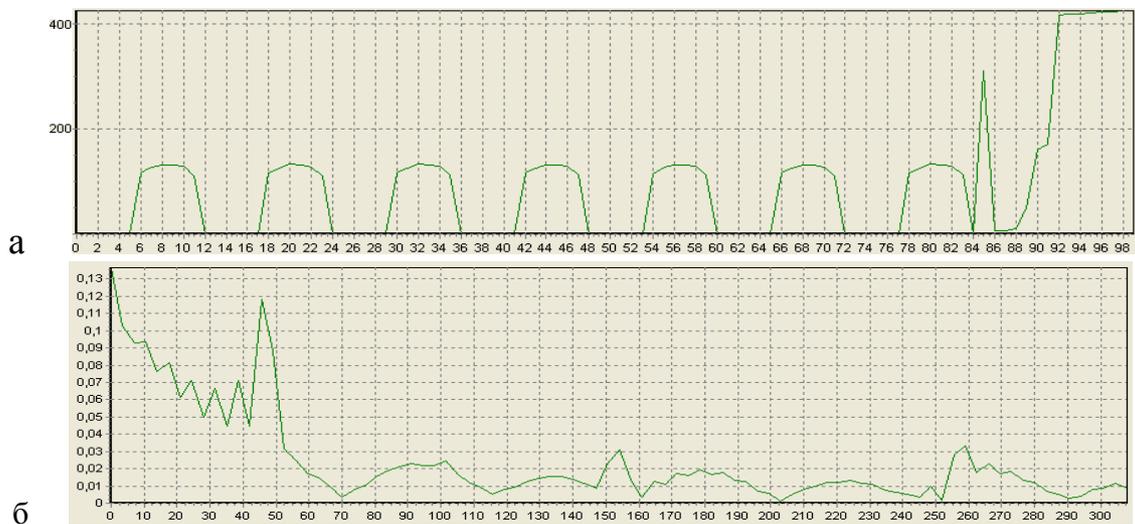


Рис. 5. Подсос воздуха в систему при плотности смеси 1290 кг/м^3 :
 а - осциллограмма силы тока; б - спектр Фурье данного сигнала

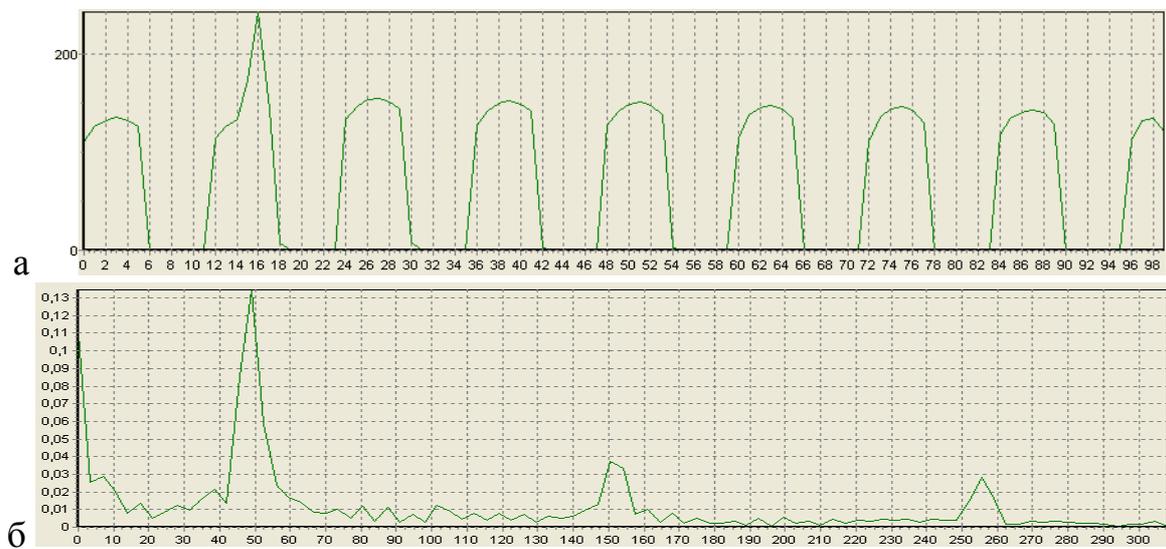


Рис. 6. Попадание инородного тела в систему при плотности смеси 1310 кг/м^3 :
 а - осциллограмма силы тока; б - спектр Фурье данного сигнала.

Таким образом можно сделать вывод, что информативные характери-

ки сигналов потребляемой мгновенной мощности электродвигателей приводов шламовых насосов могут быть использованы для повышения эффективности систем автоматизированного управления технологическими процессами гидротранспортирования. В частности, применительно к шламовым насосам 8-ГРк, оснащенным электродвигателями 5АМЗ1563, информативными являются частоты в диапазоне от 0 до 36, где в зависимости от технического состояния агрегата и технологического процесса можно выделить ряд информативных максимумов спектральных характеристик.

Список литературы

1. Ровінський В. А. Вдосконалення ватметрографічних методів діагностування штангових глибинно-насосних установок для видобутку нафти та розробка технічних засобів для їх реалізації.: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Івано-Франківськ, 2003. – 19 с.
2. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навч. посібник. - К.: Кондор, 2005. – 408 с.
3. Дудля М.А., Мещеряков Л.І. Діагностування та проектування бурових машин і механізмів. – Д.: НГУ, 2004. – 448 с.
4. Ульрих В.А.. Микроконтроллеры PIC16X7XX. - 2-е изд. перераб. и доп. – С.Пб.: Наука и техника, 2002. – 320 с.