

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СКВАЖИН ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ

Павлов В.В.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Капанский А.А.
ГГТУ им. П.О. Сухого, г. Гомель

Аннотация

В статье рассмотрены существующие источники получения статистической информации о водо- и энергопотреблении скважинных насосов для построения математических моделей, необходимых для технико-экономического обоснования внедрения устройства частотного регулирования, на примере: портативного ультразвукового расходомера «Акрон-01-02», многофункциональных измерителей мощности, системы «Акватория». Предложен способ определения эффективности насосного агрегата путём анализа его работы и последующей выборки положительных значений из числа всех полученных.

Введение

Для повышения энергоэффективности насосных агрегатов (НА) в практике эксплуатации широкомасштабно используются преобразователи частоты, позволяющие плавно регулировать напорную характеристику насосов в заданных рабочих диапазонах изменения давления. Для оценки эффективности затрат в систему автоматизации возникает необходимость технико-экономического обоснования такого рода проектов, которые опираются на формирование и анализ информационной базы данных о режимах работы насосов в общей системе водоснабжения [1-3].

По способу получения информации о производительности насоса, создаваемом напор и фактической потребляемой мощности можно выделить точечные измерения и систематические наблюдения. К первому способу следует отнести измерения, проведенные с помощью переносных или стационарных измерительных приборов, например, расходомер, манометр и многофункциональные измерители мощности. В свою очередь анализ накопление статистических в течение длительной продолжительности времени позволяет получить более полное представление о влиянии гидравлической сети на характеристики насоса. В связи с чем, целью проведенного исследования является изучение источников получения информации для возможности дальнейшей оценки энергоэффективности насосных агрегатов.

Информационное обеспечение

Для измерения подачи воды НА может быть использован ультразвуковой расходомер. Принцип действия прибора основан на измерении разности времени распространения акустических колебаний (эффект Доплера). Одним из устройств, действующих по данному принципу, является «Акрон-01-02».

Расходомер оснащён двумя ультразвуковыми излучателями УИ1 и УИ2, устройством для их крепления на трубопроводе и электронным блоком БЭ-2.

Из основных преимуществ рассмотренного переносного расходомера следует выделить: портативность, возможность установки и снятия прибора без отключения участка водонапорной сети, лёгкость монтажа на трубопровод, ведение записи и сохранение её в собственную память устройства, возможность вывода информации через USB на ПК для дальнейшего анализа. К существенному недостатку следует отнести трудоёмкий процесс подготовки поверхности подключения ультразвуковых излучателей.

Для определения параметров электропотребления могут быть использованы многофункциональные измерители мощности. Принцип их действия основан на законе электромагнитной индукции (закон Фарадея). Благодаря этому свойству мы имеем возможность получить значения тока в цепи без отключения НА от сети. Для определения мощности сети на их корпусе имеются дополнительные разъёмы для подключения щупов, с помощью которых прибор получает информацию о напряжении, токе, активной и реактивной мощности и прочих параметрах, характеризующих электропотребление. К положительной стороне использования переносных измерителей мощности следует отнести лёгкость в использовании, измерение значения тока без разрыва цепи, возможность измерять токи больших значений.

Такие измерители дают возможность быстрого анализа режимов работы насосных агрегатов, однако имеют существенный недостаток, связанный с влиянием на гидравлический режим включения близлежащих насосов, что может нарушить представление о фактической мощности на момент измерения. Для того, чтобы учесть наличие гидравлического влияния можно воспользоваться аналитическими системами, которые позволяют удалённо в режиме реального времени отслеживать изменение характеристик насосных станций с возможностью их регулирования.

Интеллектуальный мониторинг режимов работы насосных агрегатов широко развит в Республики Беларусь и представлен такими системами как «Акватория» (разработка белорусской компании «ТЕХНИКОН») и выполняется в рамках научного исследования по заказу Гомельского водоканала специалистами компании ООО «Инженерно-исследовательский центр энергетики» в виде проекта M2Hydro. Несомненными преимуществами таких систем является возможность организации непрерывного мониторинга гидравлических параметров сети водоснабжения.

Анализ режимов работы насосных агрегатов

С помощью системы «Акватория» исследовали эффективность эксплуатации скважины №149 Гомельского водоканала, с установленным насосом ЭЦВ 8(10)-120-60 со следующими номинальными техническими характеристиками: производительность – 125 м³/ч; номинальный напор – 59 м; номинальная мощность электропривода – 33 кВт. Регистрация параметров энерго- и гидрорежима проводилась с 12 мая по 23 июня 2020 года, что в общей сумме составило 42 дня с интервалом времени в один час. Объём статистической выборки составил 1006 значений расхода воды, давления на оголовке скважины

и фактической мощности потребления насосным агрегатом. Одной из задач являлась оценка частоты встречаемости эффективных режимов работы скважины при котором его фактический расход выходит за области оптимального режима [4, 5, 6]:

$$Q_{\phi} > 0,8 \cdot Q_{\text{НОМ}}; Q_{\phi} < 1,2 \cdot Q_{\text{НОМ}}, \quad (1)$$

где Q_{ϕ} , $Q_{\text{НОМ}}$ – фактическая и номинальная производительность насоса, м³/ч; 0,8 и 1,2 – границы эффективного режима насоса, в соответствии с рисунком 1.

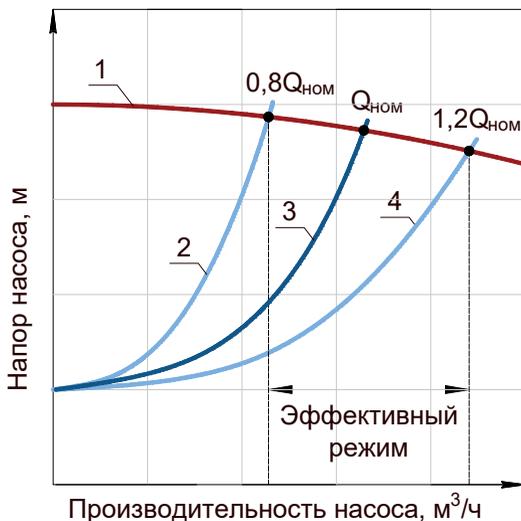


Рис. 1. Наглядная демонстрация эффективной зоны при работе насосного агрегата: 1 – характеристика насоса; 2,4 – характеристика водопроводной сети в предельных областях эффективности; 3 – характеристика водопроводной сети в номинальном режиме

Частота встречаемости эффективных режимов определяется формуле:

$$v = \frac{n_e}{n} \cdot 100\% \quad (2)$$

где n_e – количество измерений, для которых фактический расход находится в эффективной области; n – количество всех измерений проведённый за период времени регистрации.

Результаты такого анализа дают представление о характере существующих режимов работы насоса и дальнейшей целесообразности его замены или автоматизации. Для нашего случая общее количество наблюдений составило $n=1006$ значений, из которых $n_e=821$ попало в требуемые диапазоны, что тогда согласно (1) составляет $v=81,6\%$. Частоту нахождения насоса в неэффективном режиме можно определить следующим образом $\bar{v} = 1 - v = 1 - 0,816 = 18,4\%$. По итогам анализа составили круговую диаграмму с

помощью, которой можно судить о времени работы насоса в неэффективном режиме (рис. 1).

Диффузия исследований проблем энергетики в различных отраслях промышленности является фактором устойчивого развития экономики в аспекте проблем начавшегося глобального энергетического перехода [7].



Рис. 2. Результат анализа на эффективность

Выводы

Для определения эффективности насосных агрегатов в реальных условиях эксплуатации и выработке рекомендаций по целесообразности внедрения частотного регулирования электропривода является значимым исследование существующих энергетических и гидравлических режимов на основе современных аналитических систем, позволяющих хранить большие объемы данных.

Список литературы:

1. Грунтович Н.В., Капанский А.А., Пупин В.М., Сафонов Д.О., Федоров О.В. Влияние работающих двигателей на остаточные напряжения узлов комплексной нагрузки станций // Вестник Гомел. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. 2021. № 2. С. 78-90.
2. Федоров О.В., Семёнов А.С., Егоров А.Н., Хубиева В.М. Технико-экономическое обоснование внедрения системы непрерывного мониторинга показателей качества электроэнергии на объектах горных предприятий // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 9-10. С. 91-97.
3. Фашиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий: Учеб. пособие. - М.: Издательство «Горная книга», 2011. - 260. с.: ил.

4. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутризаводского электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 2. С. 65-74.

5. Karanski A., Hruntoovich N., Bakhur S., Markaryants L., Dolomanyak L. Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks // E3S Web of Conferences. 2020. V. 178. No. 01065.

6. Голубцов Н.В., Федоров О.В. Экономический и технологический суверенитет России через призму энергобезопасности // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций: материалы Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 16 ноября 2022 г. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2022. – С. 295-300.

7. Голубцов Н.В., Федоров О.В. Диффузия исследований проблем энергетики как фактор устойчивого развития // Качество и конкурентоспособность в XXI веке: материалы XX Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 26-27 апреля 2022 г. – Чебоксары: ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2022. – С. 76-84.

8. Семёнов А.С., Бебихов Ю.В., Якушев И.А., Федоров О.В. Реализация PI-регулятора скорости двигателя постоянного тока методом математического моделирования // Омский научный вестник. 2022. № 4 (184). С. 75-81.

9. Подкаменный Ю.А., Бебихов Ю.В., Семёнов А.С., Якушев И.А. Оптимизация системы управления процессом первичной переработки нефти в ректификационной колонне // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 5. С. 102-112.

10. Подкаменный Ю.А., Бебихов Ю.В., Семёнов А.С., Спиридонов В.М. Анализ процесса рентгенолюминесцентной сепарации алмазосодержащих руд как объекта автоматизации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 8. С. 94-103.

11. Бебихов Ю.В., Матул Г.А., Семёнов А.С. Особенности реализации открытой сетевой архитектуры Net Linx в системе Control Logix // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2020. № 3-2. С. 44-52.

12. Егоров А.Н., Семенов А.С., Харитонов Я.С., Федоров О.В. Анализ эффективности применения частотно-регулируемого электропривода в условиях алмазодобывающих предприятий // Горный журнал. 2019. № 2. С. 77-82.

13. Егоров А.Н., Харитонов Я.С., Шевчук В.А., Семенов А.С. Влияние высших гармоник на работу преобразователя частоты в условиях подземного рудника // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 6. С. 141-151.

14. Семёнов А.С., Егоров А.Н., Харитонов Я.С., Федоров О.В. Оценка электромагнитной совместимости высоковольтных преобразователей частоты в электротехнических комплексах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 4 (44). С. 64-75.

15. Семенов А.С., Егоров А.Н. Особенности математического моделирования систем электроприводов технологических установок горных предприятий // Каротажник. 2018. № 11 (293). С. 85-99.