

Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 апреля 2020 г.: в 2 т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – Т. 2. – С. 161-163

3. Программируемый вискозиметр Брукфилда DV-II+PRO. Руководство по эксплуатации – № M/03 - 165

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ, РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ УСТАНОВКОЙ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Рахматуллин Р.Р.

Научный руководитель старший преподаватель Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время несмотря на то, что технологии имеют свойство стремительно развиваться, с каждым днём количество недоработок в каждой сфере промышленности становится всё больше и больше. Это неотъемлемый естественный процесс, который предполагает, что с расширением возможностей науки расширяется и область нерешенных задач, решение которых, возможно, могло бы приблизить человечество к заветному «золотому веку». Нефтегазовая отрасль не является исключением. С каждым годом ведущие нефтегазовые страны-гиганты дают новые мощнейшие импульсы, позволяющие развиваться в области устойчивого развития и повышения энергоэффективности добычи и подготовки углеводородного сырья.

В мире, в частности и в Российской Федерации большее количество месторождений нефти разрабатывается механизированным способом. В числе которых около 75 % месторождений эксплуатируются установками электроцентробежных насосов (УЭЦН). При эксплуатации скважины из 100 % потребляемой электрической энергии 29 % приходится на потери в погружной установке, 14 % - потери в асинхронном электродвигателе, 9 % - в трансформаторной станции, станции управления и в насосно-компрессорных трубах, около 15 % - в питающем кабеле. Следовательно, лишь 33 % электроэнергии приходится на подъем жидкости (без учета энергии, затрачиваемой на поддержание пластового давления) [2].

Данный аналитический обзор направлен на выявление факторов, влияющих на эффективность работы системы «скважина-УЭЦН-наземное электрооборудование», для последующего составления комплекса автоматизированного анализа влияния внешних факторов на режим работы скважины, а также для создания системы автоматизации на основе математической модели, учитывающей основные технологические и технические параметры, посредством программного обеспечения MATLAB, которое позволит стабилизировать «весы» - «эффективное использование электроэнергии-коэффициент полезного действия» скважины.

Структурные факторы, влияющие на эффективность УЭЦН, можно разделить на гидромеханические и электромеханические составляющие.

По результатам факторного анализа можно построить систему-аналог. В качестве оценочного показателя системы используется коэффициент рентабельности:

$$K_p = 1 - \frac{C_n \cdot Q_n + C_g \cdot Q_g \cdot K_{исп.г}}{C_{эз} \cdot P_{уст}}, \quad (1)$$

где $C_n, C_g, C_{эз}$ – стоимость в рублях за 1 тонну нефтяного эквивалента (т.н.э.) нефти, 1 тонну нефтяного эквивалента газа и 1 кВт электроэнергии соответственно; Q_n, Q_g – дебит нефти, т.н.э./ч и дебит газа т.н.э./ч соответственно; $P_{уст}$ – потребляемая установкой мощность, кВт; $K_{исп.г}$ – коэффициент полезного использования попутного нефтяного газа в рамках устойчивого развития.

Таким образом основное уравнение энергоэффективной эксплуатации скважины можно записать следующим образом [3, 4]:

$$Q_{ж} P_{уст} = F(\omega(t), \bar{X}_1(t), \bar{X}_2(t), \bar{X}_3(t), \bar{X}_4(t), \dots, \bar{X}_i(t)), \quad (2)$$

где $Q_{ж}$ – дебит жидкости; $\bar{X}_1(t), \bar{X}_2(t), \bar{X}_3(t), \bar{X}_4(t), \dots, \bar{X}_i(t)$ – векторы параметров жидкости (обводненность, газовый фактор, плотность, вязкость и др.), пласта (пластовое давление, проницаемость, насыщенность и др.), скважины (геометрия, инклинограмма, буферное давление, затрубное давление и др.) и установленного оборудования на интервале управления.

Структурно аппарат автоматизации (рисунок 1) представляет собой циклическую подсистему уравнения энергоэффективной эксплуатации. Систематически он включает в себя блок идеальной работы установки и блок возмущающих воздействий на установку.

Блок идеальной работы предполагает отражение поведения системы при идеальных параметрах (оптимальные рабочие параметры для объекта разработки, не изменяющиеся во времени) с максимальной эффективностью.

Блок возмущающего воздействия предполагает ввод изменяющихся параметров работы во времени в систему идеальной работы и циклический просчет всего аппарата в режиме реального времени, с последующим изменением режима работы скважины.

Тем самым предполагается, что аппарат автоматизации циклически будет обрабатывать информацию и подстраивать режим работы скважины под реальные условия с определенной дискретизацией записи данных.

Циклическая структура математической модели имеет место быть интегрированной, как аппарат оптимизации, в станцию управления скважиной.

Цикл включает в себя расчет основных параметров таких, как дебит нефти, давления, потребляемая мощность, моменты загрузки, напряжения и токи, и второстепенных параметров таких, как гидравлические потери на подъём жидкости, плотность среды, изменение температуры по стволу скважины, градиент давления и т.д. [1]:

$$\begin{aligned}
 Q_n &= F(\omega, P_{пл}, P_{буф}), \\
 M &= F(\omega, P_{пл}, P_{буф}), \\
 P_{пр} &= F(\omega, P_{пл}, P_{буф}), \\
 K_M &= \frac{M}{M_2}, \\
 P_2 &= M\omega, \\
 P_{уст} &= P_2/\eta,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

где Q_n – дебит нефти, т.н.э./ч; ω – частота вращения установки, Гц; $P_{пл}$ – пластовой давление, МПа; $P_{буф}$ –буферное давление, МПа; $P_{пр}$ – давление на приеме, МПа; M – момент на установке, Н·м; P_2 – мощность на валу насоса, кВт; $P_{уст}$ – мощность установки, кВт; η – коэффициент полезного действия установки.

Каждый параметр – функция изменения во времени, которая должна быть представлена в интегральном виде, так как дискретизация изменения во времени образует непрерывные интервалы изменения, которые устанавливаются лабораторными исследованиями объекта разработки.

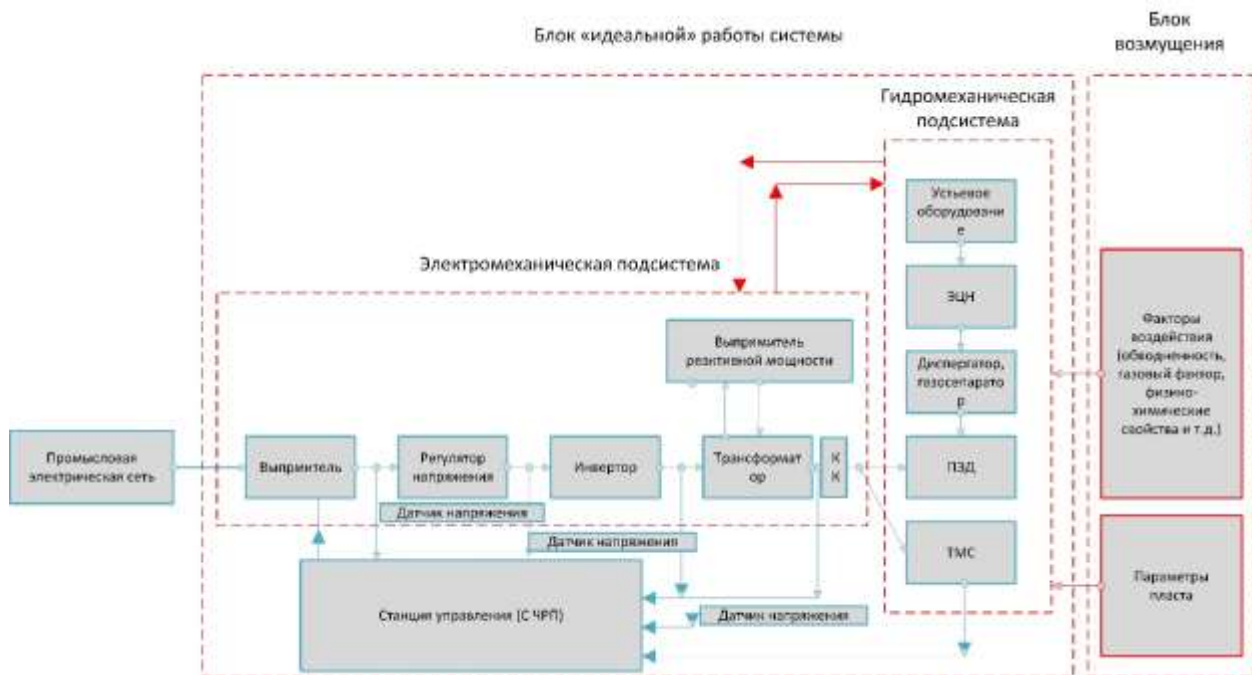


Рис. Упрощенная схема аппарата автоматизации (ТМС – термоманометрическая система; ЭЦН – электроцентробежная установка; ПЭД – погружной электродвигатель; КК – клемная коробка; ЧРП – частотно-регулируемый привод)

Для практического опробования следует уделить отдельное внимание каждому блоку в рамках математического моделирования в программном обеспечении MATLAB.

Литература

1. Абрамович, Б. Н. Электроснабжение нефтегазовых предприятий: Учебное пособие / Б. Н. Абрамович, Ю. А. Сычев, Д. В. Устинов. – СПб.: СанктПетербургский государственный горный институт, 2008. – 81 с.
2. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л.А. Бессонов. – 12-е изд., исправ. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2016. – 701 с.
3. Сипайлов В.А. Оптимальное управление установкой электроцентробежного насоса с частотно регулируемым асинхронным приводом / В.А. Сипайлов, В.Г. Букреев, Н.Ю. Сипайлова // Известия ВУЗов. Электромеханика. – № 4. – 2009. – С. 66-69.
4. Сипайлов В.А., Шелковников Д.А. Моделирование нагрузки частотно регулируемого привода в установках электроцентробежного насоса (УЭЦН) // Современные техника и технологии: Сборник трудов XV Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Т. 1. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 472-474.