ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

ENERGY-SAVING AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR MAINTAINING RESERVOIR PRESSURE

УДК 620.9

Шевелёв Александр Игоревич, кафедра «Энергетики», Студент Югорского государственного университета, г Ханты-Мансийск
E-mail: sashylan1@mail.ru
Шевелёв Семён Игоревич, кафедра «Энергетики», Студент Югорского государственного университета, г Ханты-Мансийск
E-mail: Shevelev.96@mail.ru
Евдокимов Данила Владимирович, кафедра «Энергетики», Студент Югорского государственного университета, г Ханты-Мансийск
E-mail: danila_evdokimov@mail.ru

Shevelev Alexander Igorevich, Department of " power Engineering», Student of Ugra state University, Khanty-Mansiysk. E-mail: sashylan1@mail.ru
Shevelev Semyon Igorevich, Department of " power Engineering», Student of Ugra state University, Khanty-Mansiysk. E-mail: Shevelev.96@mail.ru
Evdokimov Danila Vladimirovich, Department of " power Engineering», Student of Ugra state University, Khanty-Mansiysk. E-mail: danila_evdokimov@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Снижение потребления электроэнергии в системах поддержания пластового давления является актуальной и технически сложной проблемой, изучение которой занимаются проектные, инжиниринговые и

производственные предприятия. В работе рассмотрены методы эффективного поддержания пластового давления, а также разработку польских исследователей, позволяющую решить проблему снижения непроизводительных потерь в электроэнергии для системы поддержания пластового давлении. В заключении сделано предположение о возможности применения частотно-регулируемого электропривода основных и подпорных насосных агрегатов в качестве энергосберегающей системы.

ANNOTATION

Reducing power consumption in reservoir pressure maintenance systems is an urgent and technically complex problem that is studied by design, engineering and manufacturing companies. The paper considers methods for effective reservoir pressure maintenance, as well as the development of Polish researchers, which allows solving the problem of reducing unproductive losses in electricity for the reservoir pressure maintenance system. In conclusion, an assumption is made about the possibility of using a frequency-controlled electric drive of the main and backup pumping units as an energy-saving system.

Ключевые слова: энергосберегающая система, автоматическое управление, пластовое давление, энергоемкость, частотно-регулируемый электропривод

Keywords: energy-saving system, automatic control, reservoir pressure, energy intensity, frequency-controlled electric drive

В мировой практике принято производить разработку нефтегазовых месторождений при сохранении неизменного пластового давления, что достигается посредством нагнетания в пласты рабочих агентов – морской или пресной воды, а также химических инертных и углеводородных газов.

На сегодняшний день объем добычи углеводородных газов, в составе которых присутствует сероводород, представлен существенным сегментом от всех добытых из-под земли ископаемых. Между тем, токсичность сероводорода выступает фактором, лимитирующим его предельную

концентрацию в газе, который подается конечному потребителю, равно как и принуждает контролировать уровень его содержания в атмосферном воздухе рабочей зоны месторождения, а также в расположенных поблизости жилых зонах или населенных пунктах.

Таким образом, ведение эксплуатации месторождений нефти или газа должно сопровождаться обеспечением проблемы утилизации тех сопутствующих сероводородных газов, которые образуются при добыче полезных ископаемых. Комплекс таких мероприятий представляет собой совокупность сложных и затратных технологий.

Минимизация затрат при повышении энергоемкости

В настоящее время актуальной видится задача по минимизации затрат на применение электроэнергии при разработке нефтяных месторождений, так как себестоимость примененной электроэнергии достигает до 35 % от величины всех издержек. У данного явления есть естественные объяснения, так как дебит скважин понижается, равно как и усложняется климатология и геология добычи нефти, в связи с чем растет энергопотребление отрасли.

Традиционно высока энергоемкость в ходе нефтегазодобычи именно процесса нагнетания воды в нефтяные пласты, выполняемая для поддержания пластового давления. На этой стадии потребляется свыше 34% электроэнергии, востребованной месторождением. В потреблении электроэнергии лидируют насосные установки кустовых насосных станций, модернизация которых не проводилась длительное время. Такие процессы управляются автоматически и охватывают дросселирование высоконапорных водоводов, байпасирование и все циклы активности насосного оборудования, однако внедрение энергосберегающих технологий в системы автоматического управления еще не происходило. Рост энергоемкости добычи требует разработки, внедрения и эксплуатации таких систем.

Принцип эффективной работы системы поддержки пластового давления (ПДД) подразумевает четкий контроль того объема рабочего агента, который был закачан в скважину и в пласты месторождения в целом. При этом

технология требует постоянного контроля и коррекции закачиваемых объемов, которые определяются технологическими требованиями нефтедобычи, что и требует постоянного мониторинга рабочих режимов кустовых наносных установок.

Система ППД включает в себя следующие технологические узлы (см. рис.10.1) - систему нагнетательных скважин; - систему трубопроводов и распределительных блоков (ВРБ); - станции по закачке агента (БКНС), а также оборудование для подготовки агента для закачки в пласт.

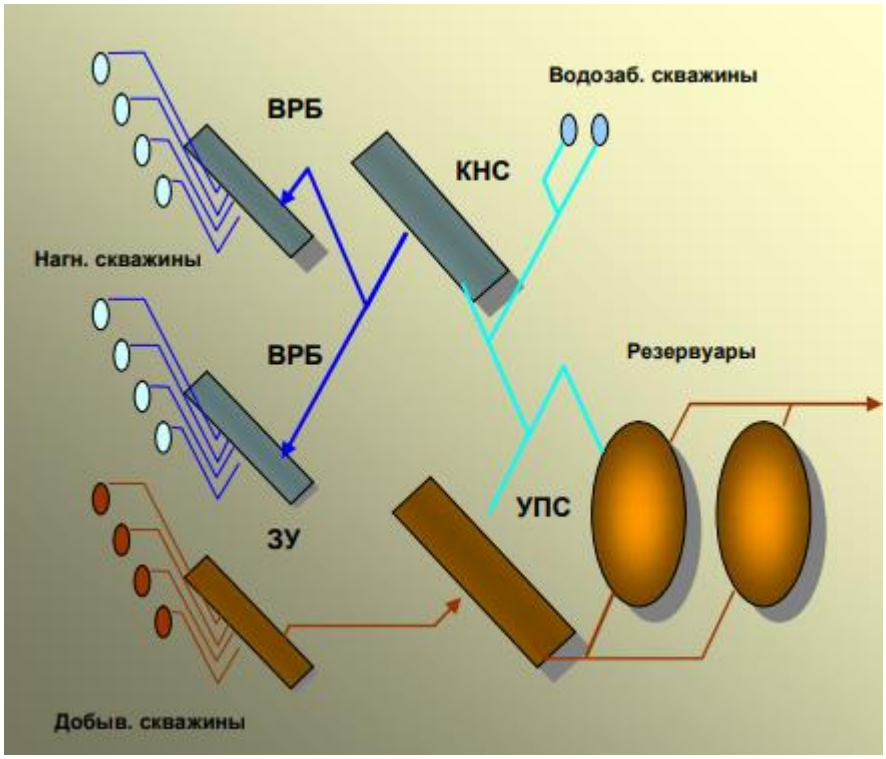

Рисунок 1. Принципиальная схема системы ППД

Полагаем, что имеет хорошие перспективы внедрение и эксплуатация частотно-регулируемых электроприводов, подключенным к насосным агрегатам. Функционал регулировки позволит эффективно управлять энергосбережением в наиболее энергозатратной точке добычи нефти. Режимы работы насосного оборудования с управляемыми электроприводами не только даст рост качественных показателей управления производительностью насосных установки, но и уменьшит параметры электропотребления [3].

В настоящее время среди насосных установок доминируют многоступенчатые секционные центробежные насосы, с электромоторами асинхронного или синхронного типа, подключенные параллельно к обеспечению общей сети водоводов высокого давления. Подпорные насосы подсоединены последовательно к ведущим, чтобы создавать оптимальное давление на входе и повысить общее давление, выходящее из кустовой станции, до уровня подпорного давления. В настоящей работе предпринята попытка изучить энергосберегающие системы автоматического управления для поддержания пластового давления, исходя из таких агрегатов как центробежные насосы типа ЦНС 240-1900 и подпорные горизонтальные насосы двустороннего входа типа 1Д250-125, двигатели которых имеют мощность на 1600 и 152 кВт каждый.

Задача исследования состоит в выборе стратегии реализации управления и автоматизации энергосбережением, чтобы выполнить закачку отработанной воды, насыщенной сероводородом, в продуктивный пласт, а также вычислить показатель рентабельности исходя из потребленной электрической энергии сообразно жизненному циклу нефтегазоносной разработки.

Как видим, если объемы закачиваемой воды относительно незначительны, что происходит в начале жизненного цикла месторождения нефти, то возникает потребность в применении одной единицы насосного агрегата с частотно-регулируемым электродвигателем. Более интенсивная разработка месторождения сопровождается закачиванием больших объемов воды и нуждается в экономически целесообразном применении энергосберегающей системы автоматического управления для поддержания пластового давления при помощи установленного на подпорном насосе частотно-регулируемого электромотора, а также такого управляемого мотора на параллельно подключенном ведущем насосе. Внедрение таких систем оптимизирует деятельность кустовых насосных станций без издержек на установку вспомогательных насосов, а также повышает прибыльность

поддержания пластового давления и добычи нефти, минимизируя затраты за потребленное электричество.

Примечательно, что многообразие геологических ситуаций, в которых происходит нефтедобыча и использование насосных установок с частотно-регулируемыми электромоторами, уровень энергосбережения может оказаться различным ввиду того, что конкретная система автоматического управления для поддержания пластового давления должна корректироваться спецификой геологии месторождения, параметрами насосного оборудования и водонапорной сети. Между тем, внедрение регулируемых электромоторов на подпорных насосных установках выступает как эффективный шаг для роста показателей энергосбережения кустовых насосных установок на протяжении всего жизненного цикла месторождения нефти.

Работы иностранных ученых

Разработки польских исследователей позволили выдвинуть новую технологию, суть которой состоит в том, чтобы вводить сероводород в расположенные под продуктивными пластами водонасыщенные промежутки. Решение гарантирует поступление сероводорода в подстилающие воды, которые могут быть насыщены сероводородом в большей степени, чем пласты с нефтью и газом, а выделение их в продуктивные пласты не произойдет ввиду большой поглотительной способности воды относительно сероводорода.

Польская концепция технологии поддержания пластового давления актуализирует потенциал очистки углеводородов от сероводородных соединений методом абсорбции, когда вода, предельно насыщенная сероводородом, вводится в расположенный ниже продуктивного горизонта водонасыщенный интервал, а выделение связанного гидрофильными основаниями сероводорода не происходит в менее насыщенные этим газом продуктивные пласты с углеводородами.

Принципиальная новизна технологии абсорбции сероводорода из углеводородных сред состоит в возможности реализации процесса даже в

случае значительной насыщенности углеводородного газа сероводородом и безопасных температурно-барических параметрах.

Предложенная технология позволяет насыщать атмосферный воздух азотом, а воду - сероводородом, что имеет высокое прикладное значение при выборе оптимальных рабочих агентов для реализации задач по стабилизации уровня пластового давления при добыче нефти и газа, а также для получения инертного газообразного рабочего агента на нефтегазодобывающих платформах, расположенных на морском или океанском шельфе.

Методы эффективного поддержания пластового давления

Приемы понижения концентрации сероводорода в добытых углеводородных газах основаны на методиках реализации физической абсорбции. Такой процесс реализуется в абсорбционной колонне, где сорбцию сероводорода выполняют органические растворители.

Традиционно применяются такие виды органических соединений:

- Метаноловый спирт – «Ректизол»-методика,
- пропиленкарбонат– «Флюор»-методика,
- N-метилпирролидон -«Пуризол»-методика,
- Сульфолан [1].

Указанные процессы требуют возведения сложных металлоёмких и наукоемких конструкций, нуждающиеся в масштабных инвестициях. Наиболее сложно решение проблемы на размещенных в море стационарных платформах, где компактно сгруппировано оборудование и персонал. Дороговизна строительства и эксплуатации 1 $м^2$ платформы выдвигает определенные требования к минимизации габаритов устройств, узлов и агрегатов, обслуживающих месторождение.

Существенной сложностью стандартных процедур физической абсорбции выступает феномен исключительного роста концентрации отделенного из газа сероводорода, тогда как готовая к реализации продукция, содержащая серу, может быть получена только на промышленной установке для переработки сконцентрированного сероводорода. Работа такого

оборудования сопровождается образованием потока отработанных «хвостовых» газообразных соединений, нормативы которых по токсичности выше предельно допустимых нормативов. Следовательно, природоохранные мероприятия требуют соблюдения очистки выработанных «хвостовых» газов на дополнительном оборудовании, требующем затрат на конструирование, установку и эксплуатацию.

Принимая во внимание вышеизложенное, можно указать, что реализация очистительных технологий углеводородов от содержащегося в них сероводорода при помощи стандартных методик физической абсорбции с органическими растворителями как поглотителями-абсорбентами с экономической точки зрения не имеет адекватного уровня рентабельности. Высокие издержки на природоохранные мероприятия будут отмечаться при малых объемах добычи углеводородного сырья на отдельном месторождении, а также большой протяженности трубопровода, подающего рабочий агент на установки газоочистки и газопереработки, и не рационально для применения на стационарных платформах морского шельфа.

Абсорбционная колонна является местом осуществления физико-химической реакции, текущей в противотоке абсорбционных массообменных процессов сероводорода и кислых соединений, присутствующих в добытом газе, с дальнейшим растворением их в органических или неорганических средах.

Участие воды в абсорбционном цикле насыщает ее сероводородом и прочими кислыми соединениями до состава, близкого к пластовой воде, но ей свойственны более высокие вытесняющие характеристики. Таким образом, насыщение пласта отработанной водой позволяет вести разработку нефтяного месторождения с более показателей коэффициента нефтеотдачи пласта. Использование ингибитора и пластикового трубопровода защищает аппаратуру от разрушающего воздействия коррозии и оптимизирует реализацию технологии.

Рассмотренная технология отделения сероводорода углеводородного газа имеет высокие показатели экологичности, не загрязняет природу и не нуждается в утилизации продуктов, участвующих в химической реакции.

Если на месторождении еще не обустроена система автоматического управления для поддержания пластового давления, чаще всего проводится сброс отработанной воды в поглощающие скважины. В такой ситуации возражения экологических органов-регуляторов практически не возникают ввиду того, что свойственный газонефтесодержащим пластам сероводород вновь вводится в месторождение. Высокие показатели растворимости сероводорода к растворению в воде не дают газу выделяться и перемещаться в расположенные выше горизонты.

Вывод:

Установлено, что решение проблемы снижения непроизводительных потерь в электроэнергии для системы поддержания пластового давлении моет быть достигнуто с применением частотно-регулируемого электропривода основных и подпорных насосных агрегатов. Применение этого способа управления позволяет снизить расход электроэнергии на закачку воды на 5-6 %.

Литература:

1. Сагдатуллин А.М. Аналитическое исследование систем автоматизированного электропривода насосной станции // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2014. №2 (30). С. 89-99.
2. Нурбосынов Д.Н., Табачникова Т.В., Швецкова Л.В. Анализ режима работы электропривода электротехнического комплекса добывающей скважины при провалах уровня напряжения и уменьшении поперечного сечения насосно-компрессорной трубы // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. №4. С. 52-58.
3. Турышева А.В. Автономное энергоснабжение нефтегазодобывающих предприятий // Наука, техника и образование. 2015. №4 (10). С. 94-96.

4. Валяев В.М. Углеводородная дегазация Земли и генезис нефтегазоконденсатных месторождений // Газовая промышленность. – 1997. – №7. – С. 610.
5. Фертель У.Х. Аномальные пластовые давления. Пер. с англ. – М.: – Недра. – 1980. – 198 с.
6. Шклярский А.Я., Устинов Д., Сычев Ю.А. Проблемы эксплуатации электрооборудования буровых установок // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. №1 (166). С. 93-98.
7. Гизатуллин Ф. А., Хакимьянов М. И. Анализ энергоэффективности электротехнического комплекса нефтегазодобывающего предприятия // Вестник УГАТУ = Vestnik UGATU. 2017. №3 (77). С. 54-59.
8. Васильев В.Г., Жабрев И.П., Лыков М.С. Газовые и газоконденсатные месторождения. – М.: Недра. – 1975. – 527 с.
9. Буряковский Л.А, Джеваншир Р.Д. Способ прогнозирования начального пластового давления. Авт. Св. №779575 E21B 47/06. Опуб. 15.11.89. Бюл.№42.
10. Комар К.А. Электроснабжение нефтегазовых предприятий // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. – 2017. – № 7. – С. 235-237.
11. Никулин Н.В., Мишуринских С.В., Ромодин А.В. К вопросу о повышении энергетической эффективности электроприводов дожимных насосных станций ООО «Лукойл-Пермь» // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11 (часть 3) – С. 573-577.
12. Рогов П. А. Релейная защита и Автоматика подстанций нефтепромысловых участков // Записки Горного института. 2006. №1. С. 184-186.
13. Абрамович Б.Н. Проблемы повышения эффективности электроснабжения горных и нефтегазовых предприятий // Записки Горного института. Вып. 157. 2004. С. 90-94.

14. Филин Н. В. Использование альтернативных источников энергии для обеспечения электроэнергией объектов нефтегазовой отрасли в районах Крайнего Севера и Арктического шельфа // Вопросы науки и образования. 2018. №13 (25). С. 39-41.
15. Авзалов И.В., Чаплыгин Д. Е. Проблемы резервирования электроснабжения предприятий нефтегазового комплекса // Альманах педагога. – 2019. – № 1. – С. 1-6.
16. Miniakhmetov A.A., Abdullin S.A .Analysis of the basic electrical network parameters in operating emergency conditions in oil refinery enterprises and the use of automatic transfer switch facilities // ISJ Theoretical & Applied Science, 2018. 01 (57). Pp. 227- 234.
17. Лебедев В.А., Леушева Е.Л., Моренов В.А. Комплексное энергоснабжение при бурении скважин в осложненных климатических условиях // Записки Горного института. 2015. С. 47-53.
18. Мваку Уэбби Мульята, Корнилов В.Ю. Снижение потери и потребления электрической энергии в электротехнических комплексах нефтегазодобывающего предприятия // Вестник КГЭУ. 2013. №2 (17). С. 7-17.
19. Нурбосынов Д.Н., Табачникова Т.В., Гарифуллина А.Р., Смирнова С.И. Оптимизация режима напряжения и рациональная компенсация реактивной мощности в электротехнических комплексах нефтегазодобывающей промышленности // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2010. №5-6. С. 56-64.
20. Хакимьянов М.И., Гузеев Б.В., Рябишина Л.А. Методические основы расчета потребления электроэнергии электроприводами дожимных и кустовых насосных станций // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2014. №3. С. 15-20.

Literature:

1. Sagdatullin a.m. Analytical study of automated electric drive systems of a pumping station // University News. Volga region. Technical science. 2014. No. 2 (30). P. 89-99.
2. Kurbonov D. N., Tabachnikov T. V., Svecova L. V. the Analysis mode of the electric drive electrical system of the production well at the dips of the voltage level and reducing the cross section of tubing // Electrotechnical and information complexes and systems. 2017. No. 4. Pp. 52-58.
3. Turysheva A.V. Autonomous power supply of oil and gas producing enterprises / / Science, technology and education. 2015. no. 4 (10). Pp. 94-96.
4. Valyaev V. M. Hydrocarbon degassing of the Earth and the Genesis of oil and gas condensate fields / / Gas industry. - 1997. - №7. - P. 610.
5. Fertel U. H. Anomalous reservoir pressure. Per. s Engl. - M.: - Nedra. - 1980. - 198 p.
6. shklyarsky A. Ya., Ustinov D., Sychev Yu. a. Problems of operation of electric equipment of drilling rigs // Scientific and technical Bulletin of Spbpu. 2013. no. 1 (166). Pp. 93-98.
7. Gizatullin F. A., Khakimyanov M. I. Analysis of energy efficiency of the electrical complex of an oil and gas producing enterprise // Vestnik UGATU = Vestnik UGATU. 2017. no. 3 (77). Pp. 54-59.
8. Vasiliev V. G., Zhabrev I. P., Lykov M. S. Gas and gas condensate fields. - Moscow: Nedra. - 1975. - 527 p.
9. Buryakovsky L. A, dzhevanshir R. D. a Method for predicting the initial reservoir pressure. ed. no.779575 E21B 47/06. Pub. 15.11.89. Byul. No. 42.
10. Komar K. A. power Supply of oil and gas enterprises // Scientific and educational potential of youth in solving actual problems of the XXI century. - 2017. - № 7. - Pp. 235-237.
11. Nikulin N. V., Mishurinskikh S. V., Romodin A.V. On the issue of improving the energy efficiency of electric drives of booster pumping stations of LUKOIL-Perm LLC / / Fundamental research. - 2016. - № 11 (part 3) - P. 573-577.

12. Rogov P. A. relay protection and Automation of substations of oilfield sites / / Notes of the Mining Institute. 2006. no. 1. Pp. 184-186.
13. Abramovich B. N. Problems of improving the efficiency of power supply of mining and oil and gas enterprises / / Notes of the Mining Institute. Issue 157. 2004. Pp. 90-94.
14. Filin N. V. Use of alternative energy sources to provide electricity for oil and gas industry facilities in the Far North and Arctic shelf // Questions of science and education. 2018. no. 13 (25). Pp. 39-41.
15. Avzalov I. V., Chaplygin D. E. Problems of reserving power supply for oil and gas complex enterprises / / almanac of the teacher. - 2019. - № 1. - Pp. 1-6.
16. Miniakhmetov A. A., Abdullin S. A. Analysis of the basic electrical network parameters in operating emergency conditions in oil refinery enterprises and the use of automatic transfer switch facilities // ISJ Theoretical & Applied Science, 2018. 01 (57). PP. 227 - 234.
17. Lebedev V. A., Leusheva E. L., Morenov V. A. Complex power supply when drilling wells in complicated climatic conditions / / Notes of the Mining Institute. 2015. Pp. 47-53.
18. Mvaku Webby Mulyata, Kornilov V. Yu. Reducing the loss and consumption of electrical energy in electrical complexes of an oil and gas producing enterprise // Bulletin of the Kazan state power engineering University. 2013. no. 2 (17). Pp. 7-17.
19. Nurbosynov D. N., tabachnikova T. V., Garifullina A. R., Smirnova S. I. optimization of the voltage mode and rational compensation of reactive power in electrical complexes of the oil and gas industry // University News. Energy problem. 2010. no. 5-6. P. 56-64.
20. Khakimyanov M. I., guzeyev B. V., Ryabishina L. A. Methodical bases of calculation of electric power consumption by electric drives of booster and Bush pumping stations / / Electrotechnical and information complexes and systems. 2014. No. 3. S. 15-20.