



УДК 621.31

ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНАЯ ОЧИСТИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ИНДУКТИВНО-ЕМКОСТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

ELECTRO-HYDRO IMPULSE PURIFICATION SYSTEM WITH INDUCTIVE-CAPACITIVE CONVERTER

Хазиева Регина Тагировна

старший преподаватель,
кафедра электротехники
и электрооборудования предприятий,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
khazievart@mail.ru

Бочкарева Татьяна Андреевна

магистрант,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
bochkareva1994@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию электрогидроимпульсной очистительной системы, которая применяется в нефтяной промышленности для решения проблемы образования асфальто-смолопарафиновых отложений на участках насосно-компрессорных труб. Источник питания этой системы содержит индуктивно-емкостный преобразователь на базе многофункционального интегрированного электромагнитного компонента.

Ключевые слова: электрогидроимпульсная очистительная система, источник вторичного электропитания, индуктивно-емкостный преобразователь, многофункциональный интегрированный электромагнитный компонент.

Khazieva Regina Tagirovna

Senior Lecturer,
Department of Electrical Engineering
and Electrical Equipment of Enterprises,
Ufa State Petroleum Technological University
khazievart@mail.ru

Bochkareva Tatiana Andreevna

Master student,
Ufa State Petroleum Technological University
bochkareva1994@mail.ru

Annotation. This article is devoted to the research of the electro-hydro impulse purification system, which is used in the oil industry to solve the problem of the formation of asphalt-tar-paraffin deposits on the sections of tubing. The power supply of this system contains the inductive-capacitive converter based on the multifunction integrated electromagnetic component.

Keywords: electro-hydro impulse purification system, secondary power source, inductive-capacitive converter, multifunction integrated electromagnetic component.

В нефтяных скважинах в процессе эксплуатации насосно-компрессорных труб (НКТ) на внутренних стенках происходит значительное налипание асфальтосмолистых веществ, парафинов и других отложений, присутствующих в сырой нефти. Перед проведением комплекса ремонтных работ требуется провести очистные мероприятия. Для решения данной проблемы широко распространена электрогидроимпульсная очистительная система (ЭГОС) [1].

Технология ЭГОС основана на электрогидравлическом эффекте (ЭГЭ), который признан самым эффективным способом перевода электрической энергии в механическую.

Сущность ЭГОС заключается в использовании специально сгенерированного импульсного разряда в жидкости. Канал разряда может быть сформирован между двумя электродами или между потенциальным электродом и стенкой НКТ [2]. При пробое жидкости вокруг канала разряда возникает зона высокого давления, диаметр которой пропорционален мощности импульса. Высокие гидравлические давления по мере удаления от разряда быстро падают. Жидкость, получив ускорение от расширяющегося с большой скоростью канала разряда, перемещается от него во все стороны, образуя на том месте, где был разряд, значительную по объему кавитационную полость и вызывая первый (основной) гидравлический удар. Затем полость также с большой скоростью смыкается, создавая второй кавитационный гидравлический удар. На этом единичный цикл ЭГЭ заканчивается, и он может повторяться неограниченное число раз соответственно заданной частоте следования разрядов.

Развитие искрового разряда во времени происходит путем последовательного «прорастания» стримеров в межэлектродном промежутке (рис. 1) [3]. Стример, проникая в толщу отложений, раскалывает их и измельчает. Разрушенная масса отложений удаляется из очищаемой полости скоростными гидропотоками в специальный сборный бункер.

Схематично процесс очистки НКТ от внутренних отложений изображен на рисунке 2.

Основными техническими характеристиками ЭГОС являются внутренний диаметр очищаемых труб и их максимальная длина, толщина удаляемых отложений, скорость очистки, напряжение питания, потребляемая мощность и габаритные размеры.



Рисунок 1 – Растущий стример на электроде

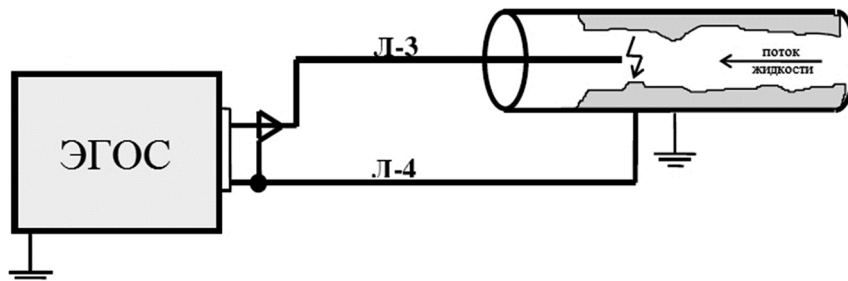


Рисунок 2 – Блок-схема процесса очистки НКТ от внутренних отложений

Конструкция ЭГОС позволяет в широком диапазоне изменять энергию импульсов и частоту их следования. Это придает всему комплексу очистки большую гибкость и позволяет выбрать оптимальные параметры при очистке труб разного диаметра и с разным типом отложений [4].

Для инициирования процесса разряда ЭГОС необходимо обеспечить определенный уровень напряжения и частоты, что достигается применением источника вторичного электропитания (ИВЭП). Как правило, источник питания в своем составе имеет выпрямитель, сглаживающий фильтр, автономный инвертор и трансформатор.

Функциональные возможности современных ИВЭП значительно расширились и существенно изменились в последние годы, что вызвано стремлением уменьшить массогабаритные характеристики ИВЭП и повысить их КПД [5]. Поэтому авторами статьи предлагается использовать в ИВЭП ЭГОС индуктивно-емкостный преобразователь (ИЕП) на базе многофункционального интегрированного электромагнитного компонента (МИЭК).

Проводящие обкладки МИЭК представляют собой медную ленту, свернутую в спираль и разделенную диэлектриком (рис. 3), и, таким образом, выполняют функции индуктивности и емкости. В цепи возникает резонанс, когда частота свободных колебаний МИЭК становится равной частоте питающей сети. Данное схемотехническое решение позволяет значительно снизить объем ИВЭП, а также повысить надежность и коэффициент мощности устройства.

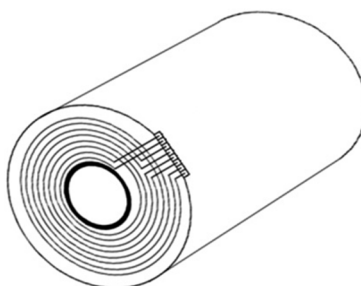


Рисунок 3 – Конструкция МИЭК

На рисунке 4 представлена схема ИВЭП ЭГОС. Схема состоит из трехфазного мостового выпрямителя; емкостного фильтра; автономного инвертора; ИЕП, подключенного к первичной обмотке согласующего трансформатора; высоковольтного выпрямительного столба; емкостного накопителя (ЕН) энергии и разрядной цепи.

Низковольтный неуправляемый выпрямитель ИВЭП выполнен по схеме Ларионова. Данная схема обладает наилучшим коэффициентом использования трансформатора по мощности, наименьшим обратным напряжением на диодах и высокой частотой пульсации выпрямленного напряжения. Для сглаживания пульсаций напряжения на выходе выпрямителя применяется емкостный фильтр.

После выпрямителя с фильтром в схеме ИВЭП следует автономный инвертор напряжения, в диагонали которого подключен ИЕП. Для повышения напряжения до необходимого уровня в схеме применяется повышающий силовой трансформатор. Чтобы снизить массу зарядного блока, ИЕП и первичная обмотка трансформатора выполнены в виде единого конструкторско-технологического компонента [6].

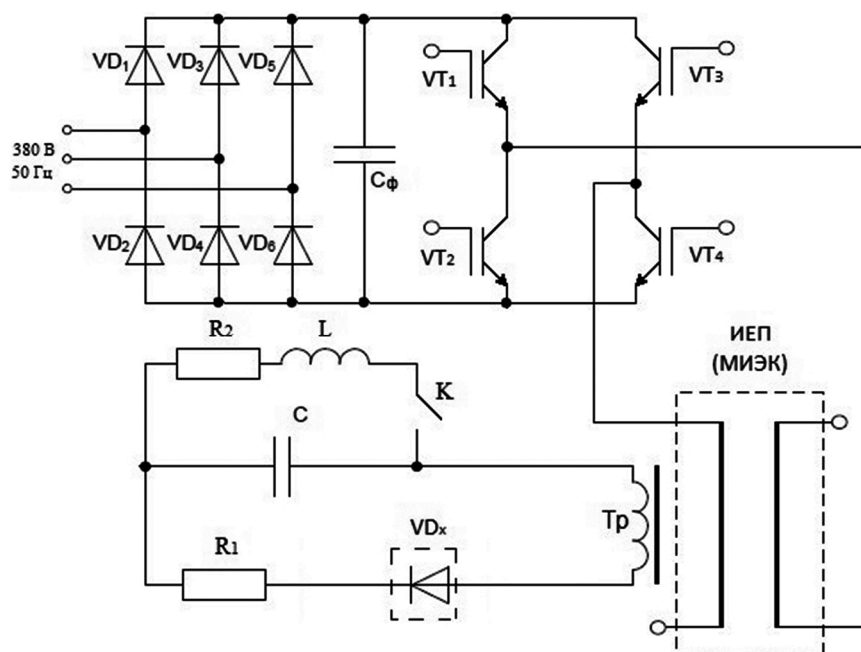


Рисунок 4 – Схема источника вторичного электропитания ЭГОС

В качестве высоковольтного выпрямителя в схеме используется выпрямительный столб, представляющий собой совокупность соединенных последовательно полупроводниковых диодов. Конструкция выпрямительного столба содержит до десяти (и более) германиевых или кремниевых диодов, оформляется в пластмассовом корпусе с двумя электрическими выводами.

Разрядная цепь ЭГОС представляет собой контур, который состоит из индуктивности передающих кабелей, активного сопротивления передающих кабелей и рабочего разрядного промежутка, емкости накопителя энергии – высоковольтного импульсного конденсатора и коммутационного ключа.

Задача исследования электрогидроимпульсной очистительной системы с индуктивно-емкостным преобразователем на основе МИЭК является актуальной.

В статьях [7, 8] исследовались различные схемы ИЕП на основе дискретных и гибридных электромагнитных элементов. Было выявлено, что применение МИЭК в ИЕП позволяет уменьшить массу, габариты и стоимость устройств за счет уменьшения числа компонентов, глубокой интеграции элементов при обеспечении возможности трансформации электрической энергии и регулировании резонансной частоты устройств. Разработаны математические модели в программной среде MathCad, которые позволяют выбрать наиболее эффективное схемотехническое решение ИЕП [9, 10].

Источники питания ЭГОС работают в импульсных режимах, что влияет на работу сети, качество электрической энергии, нефтяное оборудование и месторождения. Поэтому был проведен анализ работы ИВЭП электрогидроимпульсной очистки НКТ с точки зрения создания им электромагнитных помех и оценки электромагнитной совместимости с системами электроснабжения. Выполнение ЭГОС на основе МИЭК позволяет обеспечить повышение качества электрической энергии за счет снижения уровня электромагнитных помех и коэффициента несинусоидальности [11].

В статьях [12, 13, 14, 15] проведен анализ электромагнитных параметров ИЕП на основе МИЭК и оценка режимов работы источника питания и ЭГОС, связанная с процессами заряда и разряда ЕН на активно-индуктивную нагрузку. Разработаны математические модели, которые позволяют выбрать необходимые параметры ИВЭП ЭГОС и наиболее эффективное схемотехническое решение ИЕП без проведения многократных экспериментов по подбору оптимальных параметров.

В перспективе целесообразно исследовать режимы работы МИЭК в составе ИЕП в двухтактных схемах автономного инвертора при циклическом перезаряде ЕН.

Литература:

1. Совершенствование очистки насосно-компрессорных труб от асфальто-смолопарафиновых отложений [Электронный ресурс] / А.Н. Миннивалеев, Л.М. Зарипова, М.С. Габдрахимов // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журнал. – 2013. – № 2. – С. 218–226.
2. Технология очистки насосно-компрессорных труб от радиоактивных твердых солевых отложений [Электронный ресурс] / В.А. Глушников [и др.] // Записки горного института. – 2004. – С. 175–177.
3. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. – Л. : Машиностроение, Ленингр. Отделение. – 1986. – 253 с.
4. Технологический комплекс электрогидроимпульсной очистки насосно-компрессорных труб от твердых отложений ЗЕВС-41 / ООО «Зевс-Трубопровод». [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.zevs-irp.ru/ru/Article-zevs-NKT>



5. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 448 с. [Электронный ресурс]. – URL : <http://ibooks.ru/reading.php?productid = 335508>
6. Патент 117748 (РФ) от 27.06.2012, МКИ Н 02 М 7/162. Устройство заряда емкостного накопителя / Р.В. Кириллов, С.Г. Конесев, А.В. Мухаметшин, М.Р. Садилов, Р.Т. Хазиева. – БИ, 2012. – № 18.
7. Конесев С.Г., Хазиева Р.Т., Бочкарева Т.А. Математическая модель устройства заряда емкостного накопителя на базе индуктивно-емкостного преобразователя // Электропривод, электротехнологии и электрооборудование предприятий: сб. науч. тр. III Междунар. (VI Всерос.) науч.-техн. конф., 26–27 апр. 2017 г.; УГНТУ. – Уфа, 2017. – Т. 1. – С. 384–390.
8. Хазиева Р.Т., Бочкарева Т.А. Моделирование устройства заряда емкостного накопителя на базе индуктивно-емкостного преобразователя // Актуальные проблемы науки и техники-2017 : сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых; УГНТУ. – Уфа, 2017. – Т. I. – С. 276–278.
9. Khazieva R.T., Kirillov R.V., Kolesnikova O.I. Modeling of capacitive storage charge device based on multi-function integrated electromagnetic component // Нефть и газ. – 2015 : сб. тр. 69-й Междунар. мол. науч. конф., 2015. – С. 388–393.
10. Конесев С.Г., Хазиева Р.Т., Конесев С.Г. Моделирование устройства заряда емкостного накопителя электрогидравлического генератора // Инновационные направления развития электропривода, электротехнологий и электрооборудования : межвуз. сб. науч. тр., 2012. – С. 184–188.
11. Хазиева Р.Т., Бочкарева Т.А. Анализ электромагнитной совместимости индуктивно-емкостного преобразователя с системой электроснабжения // Энергетические системы : сб. тр. II Междунар. науч.-техн. конф. (23–24 нояб. 2017 г.); БГТУ. – Белгород, 2017. – С. 225–228.
12. Хазиева Р.Т., Бочкарева Т.А., Конесев С.Г. Исследование разрядной цепи электрогидроимпульсной очистительной системы // Энергия молодежи для нефтегазовой индустрии: Междунар. науч.-практ. конф. молод. ученых. – Альметьевск, 2017. – Т. 3. – С. 74–80.
13. Хазиева Р.Т., Бочкарева Т.А. Математическое моделирование электрогидроимпульсной очистительной системы // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: сб. науч. ст. I Всерос. науч. конф. – Тольятти, 12–14 декабря 2017 г. – в 2 ч. – Тольятти, 2017. – Ч. 1. – С. 320–328.
14. Хазиева Р.Т., Бочкарева Т.А. Исследование циклического перезаряда электрогидроимпульсной очистительной системы // Энергетические и электротехнические системы: междунар. сб. науч. трудов. – Магнитогорск : Изд-во МГТУ. Г.И. Носова, 2017. – С. 258–263.
15. Компьютерная модель системы заряда емкостного накопителя на основе индуктивно-емкостного преобразователя / С.Г. Конесев [и др.] // Нефтегазовое дело: электр. науч. журн. – 2015. – № 4. – С. 374–390.

References:

1. Minnivaliev A.N., Zaripova L.M., Gabdrakhimov M.S. Improving cleaning of pump-compressor pipes from wax deposits [Electronic resource] // Neftegazovoe Delo: Electronic scientific journal. – 2013. – № 2. – P. 218–226.
2. Technology of cleaning of pump-compressor pipes from radioactive solid salt deposits [Electronic resource] / V.A. Glushenkov [etc.] // Notes of the mining Institute. – 2004. – P. 175–177.
3. Yutkin L.A. Electrohydraulic effect and its application in industry. – L. : Engineering, Leningr. Office. – 1986. – 253 p.
4. Electrohydropulse technological complex cleaning of pump-compressor pipes from solid deposits ZEVS-41 / Zevs-Tubing. – [Electronic resource]. – URL : <http://www.zevs-irp.ru/ru/Article-zevs-NKT>
5. Gaitenko E.N. The secondary power sources. Circuit design and calculation. – М. : SOLON-PRESS, 2008. – 448 p. – [Electronic resource]. – URL : <http://ibooks.ru/reading.php?productid = 335508>
6. Patent 117748 (RF) dated 27.06.2012, MKI H 02 M 7/162. The device of capacitor storage charge / R.V. Kirillov, S.G. Konesev, A.V. Mukhamedshin, M.R. Sadikov, R.T. Khazieva. – BI, 2012. – № 18.
7. Konesev S.G., Khazieva R.T., Bochkareva T.A. Mathematical model of the charge capacitor storage on the basis of the inductive-capacitive converter // Electric, Electro Technology and Electrical Equipment of Enterprises: International Conference, 26–27 April 2017; USPTU. – Ufa, 2017. – Vol. 1. – P. 384–390.
8. Khazieva R.T., Bochkareva T.A. Modeling of the charge capacitor storage on the basis of the inductive-capacitive converter // Actual problems of science and technology-2017 : International Conference; USPTU. – Ufa, 2017. – Vol. I. – P. 276–278.
9. Khazieva R.T., Kirillov R.V., Kolesnikova O.I. Modeling of capacitive storage charge device based on multifunction integrated electromagnetic component // Oil and gas. – 2015: International Conference, 2015. – P. 388–393.
10. Konesev S.G., Khazieva R.T. Modeling of capacitive storage charge device of the electro-hydraulic generator // Innovative directions of development of electric drive, electrotechnology and electric equipment. – 2012. – P. 184–188.
11. Khazieva R.T., Bochkareva T.A. Analysis of electromagnetic compatibility inductive-capacitive converter with the power system // Energy systems: International Conference, 23–24 Nov. 2017; BSTU. – Belgorod, 2017. – P. 225–228.
12. Khazieva R.T., Bochkareva T.A., Konesev S.G. The research of discharge circuit of electro-hydro impulse purification system // The Energy of youth for the oil and gas industry: International Conference. – Almetьевsk, 2017. – Vol. 3. – P. 74–80.
13. Khazieva R.T., Bochkareva T.A. Mathematical modeling of electro-hydro impulse purification system // Information technology modeling and management: approaches, methods, solutions: International Conference, Togliatti, 12–14 December 2017. – 2017. – Part 1. – P. 320–328.
14. Khazieva R.T., Bochkareva T.A. The research of cyclic recharge of electro-hydro impulse purification system // Power and electrical system: International Conference. – Magnitogorsk : MSTU named after G.I. Nosov, 2017. – P. 258–263.
15. Computer model of the capacitive storage charge system based on the inductive-capacitive converter / S.G. Konesev [etc.] // Neftegazovoe Delo: Electronic scientific journal, 2015. – № 4. – P. 374–390.