

Выводы.

1. Выведены соотношения для расчета переходных процессов в генераторе импульсов магнитного поля в нормированном виде.
2. Определены области изменения соотношения безразмерных параметров разрядной цепи для формирования импульсов второго порядка аperiodической и колебательной формы.
3. Установлены значения границ диапазона изменения отношения временных параметров импульса магнитного поля при различных его формах и способах задания их контролируемых параметров.

Список литературы: 1. ГОСТ Р 50649-94 Устойчивость к импульсному магнитному полю. Технические требования и методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 20 с. 2. *Мырова Л.О., Чепиженко А.З.* Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радио и связь, 1988. – 296 с. 3. *Кравченко В.И.* Грозозащита радиоэлектронных средств: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с. 4. *Петков А.А.* Формирование испытательного импульса тока в активно-индуктивной нагрузке // *Электротехника*. – 2006. – № 4. – С. 34-37. 5. *Петков А.А.* Расчет параметров разрядной цепи высоковольтных импульсных испытательных устройств, формирующих импульсы аperiodической формы // *Электротехника та електроенергетика*. – 2005. – № 1. – С. 65-69. 6. *Петков А.А.* Выбор параметров разрядной цепи высоковольтных импульсных испытательных устройств при различных способах задания контролируемых параметров испытательных импульсов // *Вісник НТУ «ХП»*. Тематичний випуск «Техніка і електрофізика високих напруг». – Харків: НТУ «ХП». – №17. – 2006. – С. 105-111. 7. *Гинзбург С.Г.* Методы решения задач по переходным процессам в электрических цепях. – М. Высшая школа, 1967. – 387 с. 8. *Китаев Г.И.* Выбор параметров разрядной цепи генератора импульсов тока // *Электротехника*. – 1987. – № 4. – С. 15. 9. *Смирнов С.М., Терентьев П.В.* Генераторы импульсов напряжения. – М.: Энергия, 1964. – 239 с.

Поступила в редколлегию 23.10.2006.

УДК 621.314

О.В.ХВОЩАН; Ю.И.КУРАШКО, канд.техн.наук; **В.В.ЛИТВИНОВ;**
И.С.ШВЕЦ, канд.физ.-мат.наук; ИИПТ НАН Украины, Николаев

ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЙ КОМПЛЕКС С УМЕНЬШЕННЫМИ МАССОГАБАРИТНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Розроблено новий електророзрядний занурювальний комплекс для обробки нафтових свердловин із зменшеними на 50% масогабаритними показниками порівняно з діючим промисловим зразком (установкою «Скіф-100»).

A new electro-bit submersible complex for treatment of oil-wells with diminished by 50% sizes comparative with an operating industrial prototype («Skif-100») is developed.

Введение. Электроразрядный метод восстановления притока нефти в скважины достаточно длительное время используется в нефтедобывающей отрасли, показывая хорошие результаты. Так, применение высоковольтных установок типа «Скиф» (производства Института импульсных процессов и технологий НАН Украины) позволяет в 1,5...3 раза увеличить дебит скважин, остановленных на ремонт вследствие выпадения различного рода отложений в их призабойной зоне. Основным недостатком существующего в настоящее время оборудования являются высокие массогабаритные показатели погружной части комплекса (длина 6...7 м, вес 170-180 кг). Поэтому задача создания нового поколения установок, обладающих уменьшенными массогабаритами и улучшенными эксплуатационными характеристиками (мобильностью перемещения, подготовка оборудования на месте, работа в наклонных скважинах) является актуальной.

Целью настоящей работы является разработка научно обоснованных рекомендаций по созданию электроразрядных высоковольтных скважинных устройств с уменьшенными массогабаритными показателями и улучшенными эксплуатационными свойствами.

Результаты исследований. Для решения поставленной задачи был произведен анализ возможности уменьшения отдельных элементов погружной части комплекса. Следует отметить, что установки типа «Скиф» содержат наземную часть (источник питания), соединенную с погружной частью (зарядным блоком, блоком накопителей, разрядником, электродной системой) грузонесущим геофизическим кабелем типа КГ.

Проведенные в [1] исследования дали возможность обосновать выбор параметров ГИТ электроразрядного скважинного устройства, которые позволяют достичь минимально необходимой величины импульсного воздействия, производящего необратимые изменения в структуре пород-коллекторов нефти при разряде в водонефтяных эмульсиях с обводненностью ~ 20 %:

- напряжение заряда накопителя $U_3 = 3 \cdot 10^4$ В;
- емкость накопительного конденсатора $C = 2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф;
- индуктивность разрядного контура L_k – до $5 \cdot 10^{-6}$ Гн;
- длина разрядного промежутка $l = 2,1 \cdot 10^{-2}$ м.

Анализ различных вариантов исполнения зарядной цепи ГИТ погружных скважинных устройств [2] позволил остановиться на ее решении, изображенном на рис. 1.

На рис. 1 ПЧ – преобразователь частоты, состоящий из трехфазного выпрямителя и инвертора напряжения; L – сглаживающий дроссель; TV1 – автотрансформатор источника питания; Л – кабельная линия, соединяющая погружную часть комплекса с наземной; TV2 – высоковольтный трансформатор; C1, D1, D2 – конденсатор и диоды выпрямителя, выполненного по несимметричной схеме удвоения Латура; C – накопительный конденсатор.

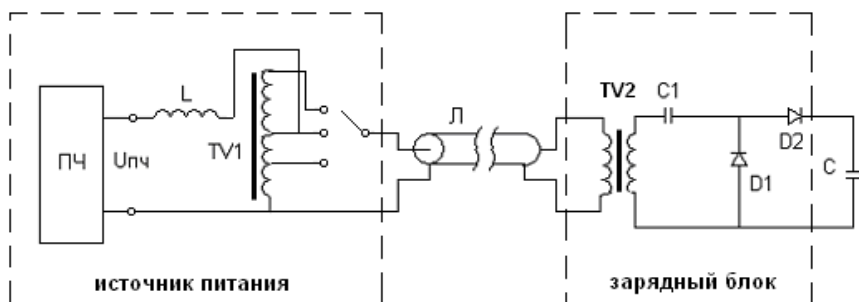


Рисунок 1 – Схема зарядной цепи погружного комплекса

Оптимизация выбора параметров зарядной цепи при работе с кабелем КГЗ-60-90 [3] строительной длины $5 \cdot 10^3$ м была проведена с помощью программы PSpice [4]. Теоретически были рассчитаны режимы в зарядной цепи, содержащей линию с распределенными параметрами, оптимизированные по передаваемой мощности и промежуточной частоте преобразования энергии. Были найдены основные параметры элементов, определяющие оптимальный режим работы зарядного устройства высоковольтной погружной установки и позволяющие уменьшить массогабаритные показатели погружной части комплекса: промежуточная частота передаваемого по линии напряжения $f = 3000$ Гц; индуктивность сглаживающего дросселя $L = 5 \cdot 10^{-3}$ Гн; коэффициент трансформации трансформатора TV1 $K_1 = 1,4$; коэффициент трансформации высоковольтного трансформатора TV2 $K_2 = 36$; емкость схемы удвоения $C_1 = (4 \dots 5) \cdot 10^{-10}$ Ф.

Исследования позволили перейти к разработке электроразрядного высоковольтного комплекса.

Наземная часть установки представляет собой источник питания, работающий от сети промышленного напряжения 380 В, 50 Гц. Электрическая принципиальная схема силовой части источника питания изображена на рис. 2, внешний вид представлен на рис. 3. Источник питания передает в кабельную линию напряжение (400...700) В частотой $3 \cdot 10^3$ Гц. Выходное напряжение источника может изменяться в зависимости от длины, типа кабельной линии и величины входного напряжения, которое желательно поддерживать неизменным для стабилизации режима зарядки накопительной емкости (заряд емкости $2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф до напряжения $3 \cdot 10^4$ В за время 5 с).

Погружная часть комплекса имеет блочную структуру, каждый блок располагается в цилиндрическом стальном корпусе диаметром 0,102 м.

Выемная часть зарядного блока (расположенного в погружной части фрагмента зарядного устройства) состоит из высоковольтного трансформатора и выпрямителя (рис. 4).

Сравнение полученного оптимизированного зарядного блока с исполь-

зующимся аналогом (ЗБ установки «Скиф-100») показало уменьшение его длины в 2 раза (до 0,65 м) при сохранении величины мощности зарядки накопительной емкости на прежнем уровне (200 ВА). Теоретический расчет теплового режима работы зарядного блока с помощью программы Femlab 3.1 и экспериментальное исследование работы блока при высокой температуре окружающей среды (до 373 К) свидетельствуют о стабильном функционировании оборудования при номинальном режиме работы, что дает возможность применения погружного комплекса в глубоких и аномальных скважинах с указанной температурой.

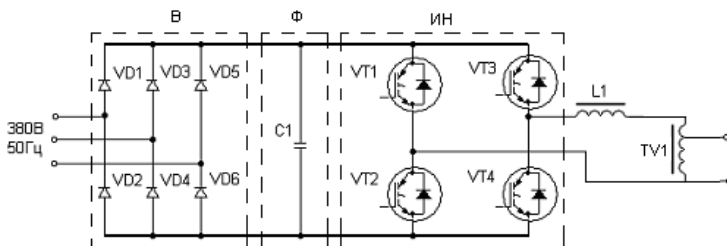


Рисунок 2 – Принципиальная схема источника питания



Рисунок 3 – Источник питания

Конденсатор (рис. 5) представляет собой цилиндрический блок, состоящий из металлического корпуса 1, вмещающего секции энергозапасующего элемента 2. На торцах корпуса 1 установлены заглушки 5 и 6, обеспечивающие сохранность внутренних частей при хранении и транспортировке, а также снятие остаточного заряда при хранении. Электрическое соединение конденсаторов между собой и с другими блоками устройства обеспечивают контакты 7 и 8.

В установке «Скиф-100» использовались три параллельно соединенных конденсатора с комбинированным бумажно-плёночным диэлектриком, про-

питанным касторовым маслом. Достаточно низкое значение величины удельной энергии диэлектрика обусловило значительный вклад длины конденсаторов в общие габаритные размеры погружной части комплекса. Проведенные в ИИПТ НАН Украины исследования [5] позволили перейти на новый технологический уровень изготовления конденсаторов с чисто пленочным диэлектриком, что дало возможность увеличить значения удельной энергии и напряженности электрического поля в диэлектрике накопителя.

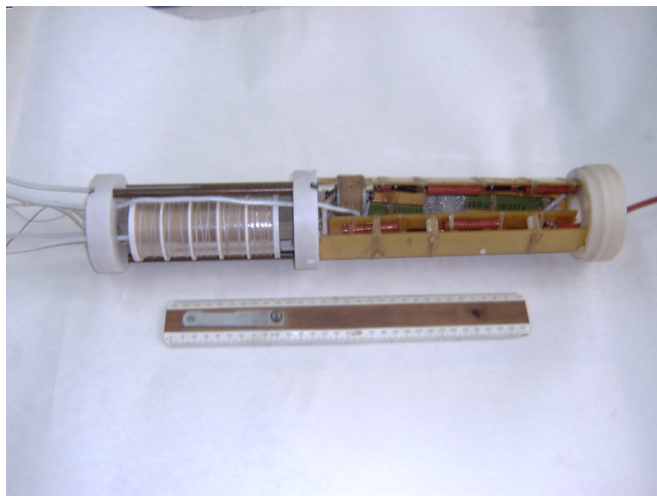


Рисунок 4 – Выемная часть зарядного блока погружной установки

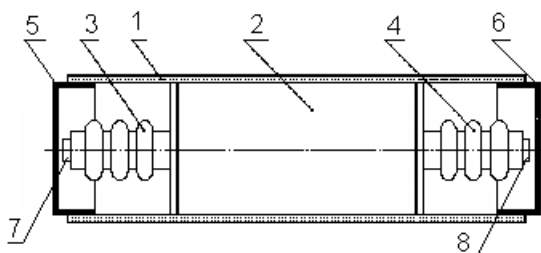
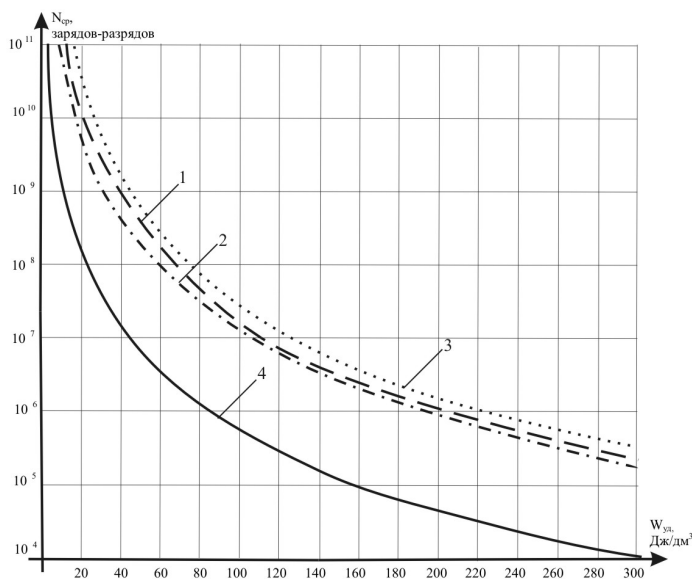


Рисунок 5 – Высоковольтный конденсатор

Как можно увидеть из результатов исследований (рис. 7), при ресурсе накопителя установки «Скиф-100» $5 \cdot 10^5$ импульсов удельная энергия, запасаемая в бумажно-пленочном диэлектрике, равна 110 Дж/м^3 . Перейдя к использованию комбинированного поликарбонатно-полиэтилентерефталатного диэлектрика, при незначительном (на 10%) уменьшении ресурса накопителя появляется возможность увеличения удельной запасаемой энергии практически в 3 раза, что позволяет использовать лишь один конденсатор емкостью

$2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф и напряжением $3 \cdot 10^4$ В вместо трех при неизменной величине его длины и, соответственно, уменьшить габаритные размеры накопительного блока комплекса в 3 раза.



- 1 - полиэтилентерфталатный диэлектрик
- 2 - комбинированный полипропиленово-полиэтилентерфталатный диэлектрик
- 3 - комбинированный поликарбонатно-полиэтилентерфталатный диэлектрик
- 4 - комбинированный бумажно-пленочный диэлектрик, пропитанный касторовым маслом

Рисунок 7 – Зависимость среднего ресурса конденсаторов от удельной запасаемой энергии

Разрядник погружной установки предназначен для передачи запасенной в конденсаторах энергии в нагрузку при достижении уровня зарядного напряжения $3 \cdot 10^4$ В. Разрядник выполнен газонаполненным и неуправляемым. В качестве газовой среды использован азот газообразный ГОСТ 9293-74 при давлении $1,01 \cdot 10^5$ Па.

На основании проведенных исследований [6] была разработана следующая конструкция разрядника (рис. 8). Корпус разрядника 1 представляет стальную трубу, внутри которой установлены с обеих сторон изоляторы 2 и 3 с медными электродами 4 и 5. Электроды имеют возможность осевого перемещения. Герметизация внутренней полости разрядника осуществляется с

помощью резиновых уплотнительных колец прокладок, а при транспортировке и хранении разрядник закрывается заглушками 6 и 7.

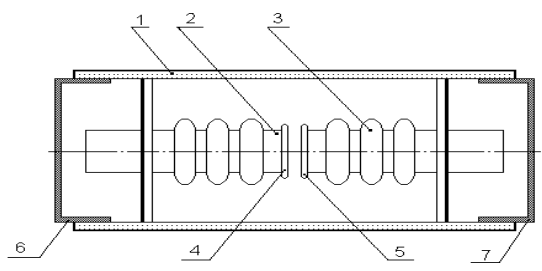


Рисунок 8 – Разрядник

Электродная система погружных установок предназначена для создания импульсных гидродинамических воздействий на объект обработки посредством высоковольтных электрических разрядов в жидкости. К настоящему времени в установке применяется как система «острие-плоскость», так и высокоэффективная электродная система закрытого типа с диэлектрической накладкой [7] (рис. 9).



Рисунок 9 – Внешний вид электродных систем: а) – открытая электродная система; б) – закрытая электродная система

Механическое и электрическое соединение грузонесущего кабеля и погружной части установки осуществляется посредством соединительной головки.

В таблице представлены габаритные размеры отдельных модулей и удельная энергия (отношение запасаемой энергии к объему погружной части) предлагаемой электроразрядной погружной установки «Скиф-100М» и устройства «Скиф-100».

Таким образом, в результате проведенных исследований был разработан новый электроразрядный погружной комплекс с уменьшенной в 2 раза длиной погружной части (3 м) сравнительно с аналогом предыдущего поколения и массой ~ 90 кг, что позволит значительно улучшить его эксплуатационные свойства.

Модуль	«Скиф-100»			«Скиф-100М»		
	Количество, шт.	Длина, м	Удельная энергия, Дж/м ³	Количество, шт.	Длина, м	Удельная энергия, Дж/м ³
Зарядный блок	1	1,25		1	0,65	
Конденсатор	3	1,15		1	1,15	
Разрядник	1	0,7		1	0,7	
Электродная система	1	0,35		1	0,35	
Муфта	4	0,06		2	0,06	
Всего		6,0	2·10 ⁴		3,0	4·10 ⁴

Список литературы: 1. *О.В.Хвоцан, О.Н.Сизоненко, Ю.И.Курашко, И.С.Швец* К выбору параметров генератора импульсных токов установок погружного типа // Вісник НТУ «ХП». Тематичний випуск «Електроенергетика і перетворююча техніка». – 2005. – №49. – С.111-118. 2. *Ю.И.Курашко, О.В.Хвоцан, И.С.Швец* Анализ схем зарядных цепей генераторов импульсных токов установок погружного типа // Вісник НТУ «ХП». Тематичний випуск «Електроенергетика і перетворююча техніка». – 2006. – № 17. – С.127-137. 3. ГОСТ 6020-82. Кабели грузонесущие геофизические. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с. 4. *А.А.Щерба, О.В.Хвоцан, Ю.И.Курашко, И.С.Швец, Н.Н.Климанский* Оптимизация режимов в зарядных цепях высоковольтных электроразрядных погружных систем для электроимпульсной обработки нефтяных скважин // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки». – 2006. – Ч. 5. – С.98-101. 5. *И.Ю.Гребенников, В.И.Гулько, А.Я.Дмитришин, Л.И.Онищенко, И.С.Швец* О повышении удельных энергетических характеристик и ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов // Электронная обработка материалов. – Кишинев: Штиинца. – 2004. – № 5. – С. 70-73. 6. *К.В.Дубовенко, Ю.И.Курашко, И.С.Швец* Анализ вероятностных характеристик пробоя компактного высоковольтного разрядника с газовой изоляцией // Труды 3-й Международной конференции «Электрическая изоляция – 2002». – С.-Петербург, 2002. – С. 370-372. 7. *В.Г.Жекул, С.Г.Поклонов, И.С.Швец* Электроразрядные погружные установки со стабилизированными рабочими параметрами // Нефтяное хозяйство. – 2006. – №2. – С.89-91.

Поступила в редколлегию 29.10.2006.