

ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ

И.Ю. Гребенников, В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ СКВАЖИННЫХ УСТРОЙСТВ

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина*

Одним из направлений деятельности ИИПТ НАН Украины является создание скважинных электрогидроимпульсных комплексов для восстановления производительности нефтяных скважин. Во время обработки погружное устройство движется в скважине вдоль ее перфорационной зоны, создавая электрические разряды с заданной частотой. При этом происходит очистка скважины от вредных парафинистых, битумных и твердых отложений и восстанавливается ее пористость в районе нефтенасыщенного пласта.

Высокие требования, предъявляемые к погружному устройству, объясняются специфическими условиями его эксплуатации – малые величины диаметра и возможная осевая кривизна ствола скважины, высокие значения наружного гидростатического давления (до 50 МПа) и окружающих температур (до 373 К) на глубинах до 5000 м. Совершенствование оборудования скважинного электрогидроимпульсного устройства заключается в снижении массогабаритных показателей и в улучшении эксплуатационных характеристик всех составляющих его компонентов.

В этой связи целью настоящей работы являются проведение анализа достигнутого уровня в области создания высоковольтных импульсных конденсаторов погружных электроразрядных устройств и оценка перспектив увеличения удельной энергоемкости применяемых конденсаторов для повышения эксплуатационных характеристик погружных устройств.

Для уменьшения габаритов и массы погружной части скважинное устройство имеет блочную структуру, большая часть длины и массы которой приходится на емкостной накопитель электрической энергии. Создание малогабаритных скважинных устройств возможно за счет увеличения удельной энергоемкости применяемых высоковольтных импульсных конденсаторов.

В настоящее время емкостной накопитель электрической энергии представляет собой блок из трех параллельно соединенных высоковольтных импульсных конденсаторов на рабочее напряжение 30 кВ и номинальной емкостью 0,8 мкФ каждый. В табл. 1 приведены технические характеристики существующих высоковольтных импульсных конденсаторов для скважинных устройств.

Технические характеристики высоковольтных импульсных конденсаторов для скважинных устройств

Тип конденсатора	$W_{уд}$, Дж/дм ³	Режим эксплуатации				Масса, кг	Максим. темпер., К	Габаритные размеры, мм
		T , мкс	Δ	f , Гц	I_m , кА			
ИКП-30-0,8 СФ 4М.05.000	24,5	8	10	0,2	5	45	353	Ø114 $H_k=1440$
ИКП-30-0,8 СФ 9.05.000	31,2	8	10	0,4	5	35	373	Ø114 $H_k=1132$
ИКП-30-0,8 СФ 100.05.000	39,1	8	10	0,25	10	28	373	Ø102 $H_k=1128$

© Гребенников И.Ю., Гунько В.И., Дмитришин А.Я., Онищенко Л.И., Электронная обработка материалов, № 3, 2007, С. 74–76.

В конструкциях конденсаторов применен комбинированный бумажно-пленочный диэлектрик, пропитанный касторовым маслом.

При сравнении характеристик конденсаторов ИКП-30-0,8 СФ 4М.05.000 и ИКП-30-0,8 СФ 100.05.000 видно, что совершенствование конструкции конденсатора (на примере СФ 100.05.000) позволило увеличить удельную запасаемую энергию конденсатора с 24,5 до 39,1 Дж/дм³, то есть почти на 60%, при уменьшении массы и габаритных размеров. Кроме того, расширен температурный диапазон эксплуатации с 353 до 373 К. Конструкция корпуса конденсатора обеспечивает необходимую прочность при воздействии наружного гидростатического давления в 50 МПа.

Вопрос создания малогабаритного накопителя решался и ранее [1, 2] – размещением в одном цилиндрическом корпусе нескольких отдельных конденсаторов [1]. В цилиндрическом корпусе расположены последовательно соединенные кольцевые, концентрически намотанные конденсаторы, закапсулированные эпоксидной смолой, цилиндрический корпус с размещенными в нем конденсаторами залит жидким диэлектриком, который при повышении температуры внутри корпуса через клапан компенсирующего устройства сбрасывается в окружающую среду. Недостатком данной конструкции блока накопителей являются ее сложность и низкая надежность при эксплуатации.

В [2] с целью упрощения конструкции блока накопителей в цилиндрическом корпусе размещены отдельные конденсаторы, изготовленные в прямоугольных корпусах, компенсация температурного изменения объема жидкого диэлектрика осуществляется посредством дополнительного тонкостенного корпуса прямоугольного сечения, выполненного в виде эластичной оболочки. К недостаткам данной конструкции следует отнести нерациональное использование объема корпуса блока накопителей энергии, что не позволяет обеспечить высокие значения удельной запасаемой энергии.

Дальнейшее совершенствование конструкций высоковольтных импульсных конденсаторов для скважинных устройств носило характер обеспечения электрической прочности конденсатора, герметичности конструкции в условиях воздействия наружного гидростатического давления и компенсации температурного изменения объема пропитывающего диэлектрика, приводя к незначительному увеличению удельной запасаемой энергии по сравнению с существующими конструкциями конденсаторов для скважинных устройств.

Значительный прорыв в области повышения удельной запасаемой энергии высоковольтных импульсных конденсаторов для скважинных устройств стал возможен при переходе от бумажно-пленочного диэлектрика, пропитанного касторовым маслом, к рабочему диэлектрику на основе полимерных пленок, пропитанных маловязкой диэлектрической жидкостью [3].

Так, ТОО «Геокарт», г. Саров, Россия совместно с АО «Элконд» (г. Санкт-Петербург, Россия) созданы опытные образцы высоковольтного импульсного конденсатора для скважинных устройств на номинальное напряжение 35 кВ и номинальной емкостью 1,3 мкФ. Корпус конденсатора представляет собой металлическую трубу длиной 1200 мм и наружным диаметром 102 мм, в которой расположены последовательно соединенные цилиндрические секции, намотанные из трехслойного пленочного диэлектрика, пропитанного полибутеновым маслом. К недостаткам этого конденсатора следует отнести то, что диапазон рабочих температур у него составляет от 233 до 313 К, то есть его нельзя использовать при обработке глубоких нефтяных скважин.

В ИИПТ НАН Украины проводятся работы по созданию высоковольтных импульсных конденсаторов на основе пленочного диэлектрика для скважинных устройств, работающих при температуре окружающей среды до 373 К с перспективой повышения ее до 398. Создание таких конденсаторов потребовало проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований по определению перспективы повышения удельных энергетических характеристик и ресурса конденсаторов на базе пленочных диэлектриков, поиску и выбору диэлектрических систем, обеспечивающих надежную работу конденсаторов в зависимости от ресурса и режима эксплуатации, влиянию конструкционных материалов и электрически прочных газов на электрофизические характеристики жидких диэлектриков, работающих в условиях сильных электрических полей. В итоге были определены допустимые значения рабочей напряженности электрического поля в диэлектрике секций конденсатора в зависимости от ресурса и режима эксплуатации, выделены технологические особенности изготовления конденсаторов с пленочным диэлектриком, выбраны режимы термовакuumной сушки и пропитки [4–7].

В результате проведенных исследований создан экспериментальный образец высоковольтного импульсного конденсатора на номинальное напряжение 30 кВ и номинальной емкостью 1,2 мкФ при длине корпуса конденсатора 1158 мм, диаметром 102 мм и ресурсом $4 \cdot 10^5$ зарядов-разрядов, предназначенный для эксплуатации при температуре окружающей среды до 373 К и наружном гидростатическом давлении до 50 МПа. Применение указанного конденсатора в блоке емкостных накопителей

энергии существующей скважинной электрогидроимпульсной установки «Скиф» позволит уменьшить число конденсаторов с трех до двух.

Кроме того, проработаны варианты конструкций конденсаторов аналогичного назначения на номинальное напряжение 30 кВ с номинальными емкостями 2,4 и 2,7 мкФ и ожидаемым ресурсом от 10^5 до $3 \cdot 10^5$ зарядов-разрядов в зависимости от типа применяемого диэлектрика. В конструкциях конденсаторов применен пленочный диэлектрик (полипропиленово-полиэтилентерефталатный и полиэтилентерефталатный), пропитанный полиметилсилоксановой жидкостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. СССР 127736 НО1G 1/02 Погружной блок конденсаторов / ВНИИБТ и Серпуховский завод «Конденсатор», 1959. Оpubл. 23.11.60, бюл. № 8.
2. А.с. СССР 875490 НО1G 1/147 Погружной блок конденсаторов / Ю.М. Княжевский, В.А. Гущейский, А.П. Киреев, 1976. Оpubл. 23.10.81, бюл. № 39.
3. *Гребенников И.Ю.* Создание емкостных накопителей энергии для скважинных электрогидроимпульсных устройств / И.Ю. Гребенников, В.И. Гунько, Л.И. Онищенко, И.С. Швец // *Материалы XII Междунар. науч. школы-семинара «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах»*, 24-26 авг. 2005 г. Николаев: Б.и., 2005. С. 159–160.
4. *Онищенко Л.* Создание емкостных накопителей энергии для скважинных электрогидроимпульсных устройств / Л. Онищенко, В. Гунько, И. Гребенников // *Труды III Междунар. конф. «Электрическая изоляция-2002»*, 18-21 июня 2002 г. Спб: Нестор, 2002. С. 201.
5. *Гунько В.И., Гребенников И.Ю., Щупак И.В.* Исследование характеристик конденсаторного рабочего диэлектрика в условиях воздействия температуры окружающей среды до 110°C // *Электротехника*. 2002. № 8. С. 45–48.
6. *Онищенко Л.И., Гунько В.И., Гребенников И.Ю. и др.* О повышении удельных энергетических характеристик и ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов // *Электронная обработка материалов*. 2004. № 5. С. 66–69.
7. *Гребенников И.Ю.* Прогнозирование ожидаемого среднего ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком в зависимости от режимов эксплуатации / И.Ю. Гребенников, В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин и др. // *Материалы XII Междунар. науч. школы-семинара «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах»*, 24-26 авг. 2005 г. Николаев: Б.и., 2005. С. 125–127.

Поступила 10.01.07

Summary

In the article are reviewed the problems of increase of specific energy output of high-voltage pulse capacitors for downhole electrical hydropulse devices.
