

А. Я. ДМИТРИШИН, мл. науч. сотр., ИИПТ НАН Украины, Николаев;
В. И. ГУНЬКО, зав. сектором, ИИПТ НАН Украины, Николаев;
С. О. ТОПОРОВ, вед. инженер, ИИПТ НАН Украины, Николаев;
Е. Н. СЛЕПЕЦ, инженер, ИИПТ НАН Украины, Николаев

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Выполнен расчет перегрева высоковольтных импульсных конденсаторов для погружных электроразрядных комплексов в зависимости от частоты следования зарядов-разрядов, декремента затухания колебаний разрядного напряжения и периода разрядного тока. Выданы рекомендации для уменьшения величины перегрева конденсаторов при их эксплуатации с повышенной частотой следования зарядов-разрядов.

Ключевые слова: высоковольтный импульсный конденсатор, тепловой режим, частота следования зарядов-разрядов, декремент затухания колебаний разрядного напряжения, период разрядного тока.

Введение. Институтом импульсных процессов и технологий (ИИПТ) НАН Украины создан ряд погружных электроразрядных комплексов для повышения дебита скважин (нефтяных, газовых и др.) [1-3]. Накопителями электрической энергии в них являются высоковольтные импульсные конденсаторы, эксплуатирующиеся в режиме колебательного разряда. В настоящее время ведутся работы по увеличению частоты следования зарядов-разрядов, с целью уменьшения времени обработки скважин, что приводит к изменению теплового режима работы конденсатора, кроме того, конструктивные изменения в электроразрядных погружных комплексах, с целью их совершенствования, приводят к изменению таких параметров их эксплуатации как декремент затухания колебаний разрядного напряжения и период разрядного тока, что, в свою очередь, также ведет к изменению теплового режима работы конденсатора. Вместе с тем, учитывая высокую температуру окружающей среды эксплуатации погружных электроразрядных комплексов (85-100 °С), определение величины максимальной температуры в центре конденсатора является важным для исключения теплового пробоя конденсатора.

Цель данной работы – исследование тепловых режимов работы высоковольтных импульсных конденсаторов с различными диэлектрическими системами для погружных электроразрядных комплексов с повышенной частотой следования зарядов-разрядов.

Тепловой режим работы конденсатора определяется его максимальной температурой в центре конденсатора, которая может быть определена по

формуле [4]:

$$T_m = T_0 + \Delta T = T_0 + \frac{P}{n_c} \cdot R_{pad} \cdot \left(1 - \frac{R_{pad}}{(R_{pad} + R_{oc})} \right), \quad (1)$$

где P – потери энергии в конденсаторе, Вт;

n_c – количество секций в конденсаторе;

R_{pad} – тепловое сопротивление радиальному тепловому потоку, К/Вт;

R_{oc} – тепловое сопротивление в осевому тепловому потоку, К/Вт;

T_0 – температура окружающей среды, К.

Потери энергии в конденсаторе в случае колебательного разряда с учетом потерь при заряде и разряде определяются по методу эквивалентной замены [5]:

$$P = W_3 \cdot f_0 \cdot \left(\pi \cdot \operatorname{tg} \delta_3 + \frac{C \cdot (\Delta^n - 1) \cdot (4\pi^2 + \ln^2 \Delta) \cdot \left(\frac{\operatorname{tg} \delta_p}{\omega \cdot C} + R_0 \right)}{\Delta^n \cdot \ln \Delta \cdot 2 \cdot T_{разр}} \right), \quad (2)$$

где W_3 – энергия, запасаемая в конденсаторе, Дж;

f_0 – частота следования зарядов-разрядов, Гц;

$\operatorname{tg} \delta_3$ – значение тангенса угла потерь, соответствующее частоте заряда;

Δ – декремент затухания колебаний разрядного напряжения;

n – число полуволин разрядного тока, если он снижается до $I_{min}=0.01I_{max}$;

$\operatorname{tg} \delta_p$ – значение тангенса угла потерь, соответствующее частоте разряда;

ω – циклическая частота разрядного тока, с^{-1} ;

R_0 – приведенное активное сопротивление конденсатора, Ом;

$T_{разр}$ – период разрядного тока, с.

Для аналогичных электроразрядных комплексов в России применяются высоковольтные импульсные конденсаторы с комбинированным бумажно-пленочным диэлектриком, пропитанным касторовым маслом [6]. Эти конденсаторы рассчитаны на рабочее напряжение 40-50 кВ при номинальной емкости 1,35 мкФ и предназначены для эксплуатации при температуре окружающей среды 100 °С, с частотой следования зарядов-разрядов не более 0,2 Гц.

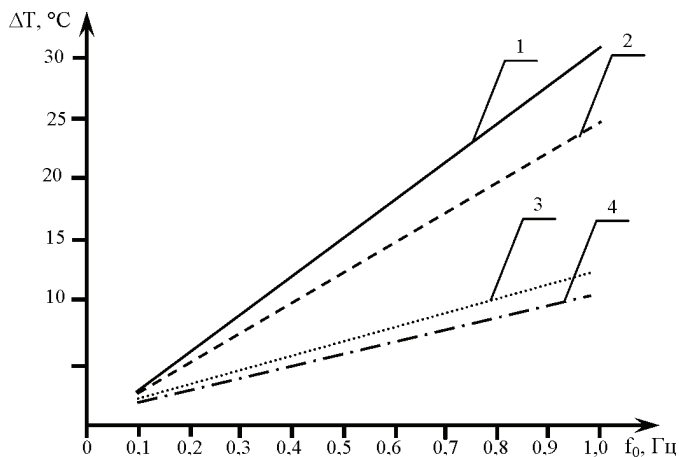
В данной работе рассматриваются диэлектрические системы – на основе бумажно-пленочного диэлектрика, пропитанного касторовым маслом, толщинами 47 мкм (содержание пленки – 64 %) и 50 мкм (содержание пленки – 40 %), и полипропиленово-полиэтилентерефталатного диэлектрика, пропитанного полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20, толщинами 34 мкм (содержание полипропиленовой пленки – 70%) и 39 мкм (содержание полипропиленовой пленки – 61 %). Эти диэлектрические системы исследовались применительно к высоковольтному импульсному конденсатору ИКП-30-1,2, на номинальное напряжение 30 кВ и номинальной емкостью 1,2 мкФ.

Используя формулы (1) и (2) построены зависимости перегрева, то есть

превышения температуры в центре конденсатора над температурой окружающей среды (85 °С), от частоты следования зарядов-разрядов для выбранных типов диэлектрических систем конденсатора, которые представлены на рис. 1.

Анализируя зависимости на рисунке 1 видно, что наибольшая величина перегрева у бумажно-пленочного диэлектрика, толщиной 50 мкм (кривая 1), что объясняется большим процентным содержанием полярного диэлектрика – конденсаторной бумаги. Уменьшение процентного содержания конденсаторной бумаги в диэлектрической системе (кривая 2) приводит к снижению перегрева. Аналогичная картина наблюдается у пленочного полипропиленово-полиэтилентерефталатного диэлектрика, где уменьшение содержания полярной полиэтилентерефталатной пленки приводит к снижению перегрева (кривая 4). Также можно отметить, что значения величин перегрева у пленочных диэлектрических систем с ростом частоты следования зарядов-разрядов до 1 Гц значительно ниже, чем у бумажно-пленочных диэлектрических систем.

На рис. 2 представлены зависимости перегрева конденсатора ИКП-30-1,2 в случае применения бумажно-пленочной диэлектрической системы толщиной 47 мкм и пленочной диэлектрической системы толщиной 34 мкм, при которых в соответствии с рисунком 1 перегрев был наименьшим, от изменения величин декремента колебаний разрядного напряжения и периода разрядного тока, при эксплуатации конденсатора при частоте следования зарядов-разрядов 0,25 Гц.



1 – бумажно-пленочный диэлектрик толщиной 50 мкм; 2 – бумажно-пленочный диэлектрик толщиной 47 мкм; 3 – пленочный диэлектрик толщиной 39 мкм; 4 – пленочный диэлектрик толщиной 34 мкм;

Рисунок 1 – Зависимости перегрева конденсатора от частоты следования зарядов-разрядов

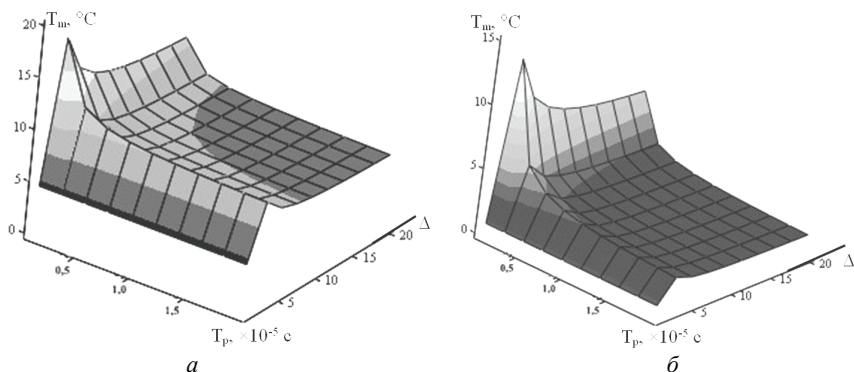


Рисунок 2 – Зависимости перегрева от декремента колебаний и периода разрядного тока для конденсатора ИКП-30-1,2 с бумажно-пленочной толщиной 47 мкм (а) и пленочной толщиной 34 мкм (б) диэлектрическими системами

Анализируя графики на рис. 2 видно, что максимум перегрева наблюдается при декрементах равном 5, и с увеличением величины декремента перегрев уменьшается. С увеличением же периода разрядного тока перегрев конденсатора снижается, однако при величине периода больше 10 мкс это снижение незначительно.

Проведенные испытания экспериментальных образцов конденсатора ИКП 30-1,2 при температуре окружающей среды 85 °С с частотами следования зарядов-разрядов от 0,25 до 1 Гц и декрементах колебаний разрядного тока 8 показали близкие к теоретическим экспериментальные данные.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

- наименьшая величина перегрева при эксплуатации конденсаторов с повышенной частотой следования зарядов-разрядов наблюдается у конденсаторов на основе пленочных диэлектрических систем;

- в случае применения бумажно-пленочной диэлектрической системы при повышенных частотах следования зарядов-разрядов наиболее перспективным является применение системы толщиной 47 мкм с большим процентным содержанием пленки;

- для снижения перегрева конденсаторы должны эксплуатироваться в режиме с декрементом колебаний разрядного тока больше 5 и периодом колебаний – порядка 8-10 мкс.

Список литературы: 1. Жекул В.Г., Косенков В.М., Курашко Ю.И., Онищенко Л.И., Поклонов С.Г., Сизоненко О.Н., Хвоцан О.В., Швец И.С. Разработка и создание высоковольтных малогабаритных погружных устройств для интенсификации добычи полезных ископаемых из недр земли // Материалы XII Международной школы-семинара «Физика разрядов в конденсированных средах», Николаев. – 2005. – С. 101-103. 2. Швец И.С., Онищенко Л.И., Курашко Ю.И., Мельхер Ю.И. ГИТ для погружных установок, обеспечивающих повышение производительности водозаборных скважин // Вісник НТУ «ХП». Тем. випуск «Електроенергетика і перетворююча техніка» – 2003. – № 1. Т.1. – С. 147-154. 3. Швец И.С., Курашко Ю.И., Хвоцан О.В., Литви-

нов В.В., Мельхер Ю.И., Онищенко Л.И., Гунько В.И. Электроразрядный комплекс для интенсификации добычи шахтного метана // Наука та інновації. – 2008. – № 6. – С.54-59. 4. Ренне В.Т., Багалея Ю.В., Фридберг А.Д. Расчет и конструирование конденсаторов. – К.: Техніка, 1976. – 328 с. 5. Кучинский Г.С., Назаров Н.И. Силовые электрические конденсаторы. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 320 с. 6. Картелев А.Я. Высоковольтный импульсный конденсатор. Евразийский патент № 10989В1 Н016 2/10, опубл. 30.12.2008 г.

Поступила в редколлегию 04.10.2012

УДК 621.319.4

Исследование тепловых режимов работы высоковольтных импульсных конденсаторов для погружных электроразрядных комплексов / А.Я.Дмитришин, В.И.Гунько, С.О.Топоров, Е.Н.Слепец // Вісник НТУ «ХП». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХП», 2012. – № 52 (958). – С. 71-76. – Бібліогр.: 5 назв.

Виконано розрахунок перегріву високовольтних імпульсних конденсаторів для заглибних електророзрядних комплексів в залежності від частоти слідування зарядів-розрядів, декременту затухання коливань розрядної напруги та періоду розрядного струму. Видано рекомендації для зменшення величини перегріву конденсаторів при їх експлуатації з підвищеною частотою слідування зарядів-розрядів.

Ключові слова: високовольтний імпульсний конденсатор, тепловий режим, частота слідування зарядів-розрядів, декремент затухання коливань розрядної напруги, період розрядного струму.

Calculation of excessive heating of high voltage pulse capacitors for downhole electrodischarge complexes depending on frequency of following charges-discharges, decrement of fluctuations of digit voltage and period of a digit current is carried out. Recommendations for decrease of excessive heating of capacitors at there exploitation with heightened frequency of following charges-discharges are given.

Keywords: high-voltage pulse capacitor, thermal mode, frequency of following charges-discharges, decrement of fluctuations of digit voltage, period of a digit current.