

## ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЖИДКИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ, НАСЫЩЕННЫХ ЭЛЕГАЗОМ, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДО 100°C ЗА СЧЕТ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,  
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина, [iipt@iipr.com.ua](mailto:iipt@iipr.com.ua)*

Высоковольтные импульсные конденсаторы являются энергетической основой электроразрядных технологических устройств и в основном определяют надежность их эксплуатации. ИИПТ НАН Украины занимается созданием высоковольтных импульсных конденсаторов для погружных электроразрядных комплексов интенсификации добычи нефти, эксплуатирующихся при температуре окружающей среды до 100°C [1]. Блок накопителей электрической энергии данных комплексов состоит из трех конденсаторов ИКП-30-0,8, в конструкции которых применяется бумажно-пленочный диэлектрик, пропитанный касторовым маслом. В настоящее время ведутся работы по их замене одним конденсатором ИКП-30-2,4, в его конструкции используется пленочный диэлектрик, пропитанный полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20.

Для компенсации температурного изменения объема жидкого диэлектрика применяется газообразный диэлектрик как сжимаемое вещество [2, 3]. Во время эксплуатации конденсатора при повышенных температурах (до 100 °С) внутри его корпуса создается избыточное давление и происходит насыщение жидкого диэлектрика газом. Вместе с тем жидкий диэлектрик, насыщенный газом, – это один из основных компонентов рабочего диэлектрика высоковольтного импульсного конденсатора, долговечность которого в большей мере зависит от электрической прочности жидкости, как наиболее электрически слабого компонента рабочего диэлектрика.

Газообразным диэлектриком в конструкции конденсаторов могут служить такие широко применяемые в электротехнике газы, как азот или элегаз.

Ранее изучалось влияние повышенных температур и давления на электрическую прочность полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла, насыщенных азотом [4].

Цель данной работы – исследование влияния повышенных температур и давления на электрическую прочность полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла, насыщенных элегазом, применяемых в качестве пропитывающих диэлектриков высоковольтных импульсных конденсаторов.

Работа является заключительной по оценке влияния газообразных диэлектриков на электрофизические свойства жидких диэлектриков.

Перед проведением исследований полиметилсилоксановая жидкость ПМС-20 и касторовое масло были очищены и стабилизированы, высушены и дегазированы по соответствующим технологиям. После чего в соответствии с ГОСТом 6581-75 были измерены относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$ , тангенс угла потерь  $\text{tg}\delta$ , удельное объемное электрическое сопротивление  $\rho_v$  и электрическая прочность  $E_{\text{пр}}$  жидкостей. Данные измерений приведены в табл. 1.

*Таблица 1. Данные измерений характеристик полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла после очистки и стабилизации*

Жидкий диэлектрик	$\epsilon$	$\text{tg}\delta$	$\rho_v$ , Ом·см	$E_{\text{пр}}$ , кВ/мм
Полиметилсилоксановая жидкость ПМС-20	2,65	$4 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{12}$	17,5
Касторовое масло	4,51	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$6,95 \cdot 10^{11}$	26,5

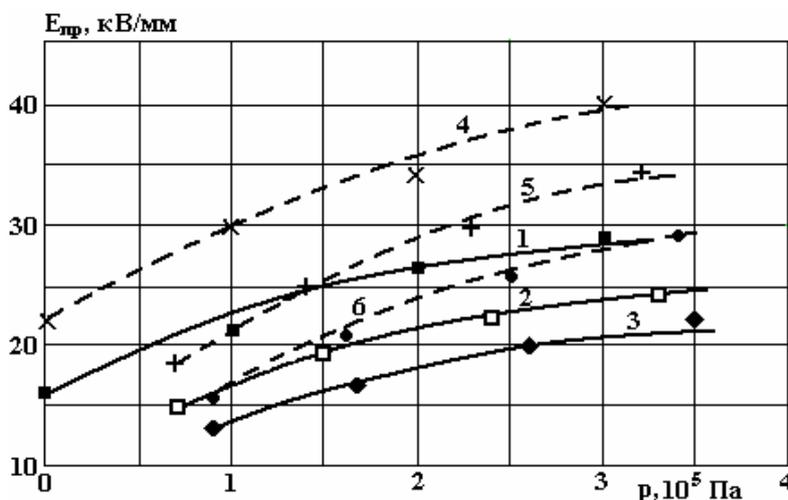
Таблица 2. Данные измерений электрической прочности полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла, насыщенных элегазом, при различных температурах и давлении газа

Жидкий ди-электрик	При температуре 15 °С		При температуре 80 °С		При температуре 100 °С	
	Избыточное давление, Па	$E_{пр. ср.}$ кВ/мм	Избыточное давление, Па	$E_{пр. ср.}$ кВ/мм	Избыточное давление, Па	$E_{пр. ср.}$ кВ/мм
Полиметил-силоксановая жидкость ПМС-20	0	16,3	$0,7 \cdot 10^5$	14,7	$0,9 \cdot 10^5$	13,4
	$1 \cdot 10^5$	21,2	$1,5 \cdot 10^5$	19,1	$1,7 \cdot 10^5$	17,4
	$2 \cdot 10^5$	26,6	$2,4 \cdot 10^5$	22,0	$2,6 \cdot 10^5$	20,0
	$3 \cdot 10^5$	27,0	$3,3 \cdot 10^5$	24,2	$3,5 \cdot 10^5$	22,1
Касторовое масло	0	22,1	$0,7 \cdot 10^5$	18,5	$0,9 \cdot 10^5$	15,8
	$1 \cdot 10^5$	29,9	$1,4 \cdot 10^5$	25,1	$1,6 \cdot 10^5$	20,6
	$2 \cdot 10^5$	34,3	$2,3 \cdot 10^5$	29,8	$2,5 \cdot 10^5$	26,1
	$3 \cdot 10^5$	40,2	$3,2 \cdot 10^5$	34,3	$3,4 \cdot 10^5$	29,3

На первом этапе исследований жидкостями заполнялись испытательные камеры с учетом их коэффициентов объемного расширения, свободное пространство камер заполнялось элегазом без избыточного давления при температуре окружающей среды (в нашем случае равной 15°С), и по истечении 24 часов производилось определение электрической прочности. Причем расстояние между электродами разрядников в испытательных камерах составляло  $(1 \pm 0,05)$  мм.

На втором этапе жидкости прогревались при температуре  $(80^{+5})^{\circ}\text{C}$  в течение четырех часов, снимались показания манометров, установленных на испытательных камерах, и определялась электрическая прочность.

На третьем этапе определялись давление в испытательных камерах и электрическая прочность жидкостей с прогревом при температуре  $(100^{+5})^{\circ}\text{C}$ .



Зависимость электрической прочности жидкостей, насыщенных элегазом, от давления при различных температурах: полиметилсилоксановая жидкость ПМС-20 при температурах 15, 80 и 100 °С (кривые 1, 2 и 3 соответственно); касторовое масло при температурах 15, 80 и 100°С (кривые 4, 5 и 6 соответственно)

Аналогично измерялись давление и электрическая прочность полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла в испытательных камерах при заполнении их элегазом с избыточными давлениями в  $1 \cdot 10^5$ ,  $2 \cdot 10^5$  и  $3 \cdot 10^5$  Па. Результаты этих измерений приведены в табл. 2.

По результатам измерений построены кривые зависимости электрической прочности полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла, насыщенных элегазом, от температуры и давления (см. рисунок).

В результате проведенных исследований установлено:

– с ростом температуры до  $100^\circ\text{C}$  электрическая прочность полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла, насыщенных элегазом, снижается;

– компенсация температурного снижения электрической прочности полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла, насыщенных элегазом, может быть обеспечена за счет повышения давления газа. Так, при  $100^\circ\text{C}$  с повышением давления газа до  $3 \cdot 10^5$  Па электрическая прочность жидкостей возрастает: 1) полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 – в 1,65 раза; 2) касторового масла – в 1,85 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гребенников И.Ю., Гунько В.И., Дмитришин А.Я., Онищенко Л.И., Швец И.С. Оценка достигнутого уровня и перспективы создания высоковольтных импульсных конденсаторов для погружных электроразрядных комплексов // *Электротехника*. 2007. № 8. С. 48–51.
2. Пат. 21508А Украина, Н01G6 4/20. Способ изготовления конденсаторов / А.К. Ткаченко, В.И. Гунько, И.Ю. Гребенников // *Промислова власність*. 1998. № 2.
3. Пат. 31446А Украина, Н01G6 2/04. Высоковольтный импульсный конденсатор /Л.И. Онищенко, И.Ю. Гребенников, В.И. Гунько, А.К. Ткаченко, В.К. Саенко // *Промислова власність*. 2000. № 7-II.
4. Дмитришин А.Я., Гунько В.И., Онищенко Л.И., Гребенников И.Ю., Топоров С.О. Исследование влияния повышенных температур и давления на электрическую прочность полиметилсилоксановой жидкости ПМС-20 и касторового масла, насыщенных азотом // *Электронная обработка материалов*. 2008. № 3. С. 59–61.

*Поступила 13.01.09*

## Summary

In article are resulted results of researches of influence of the heightened temperatures and pressure on electric strength of polymethylsiloxane liquid PMS-20 and castor oil, saturated by elegas ( $\text{SF}_6$ ). It is experimentally shown, that compensation of temperature decrease in electric strength of the considered liquids can be carried out at the expense of increase of superfluous pressure elegas.