

DOI 10.15589/jnn20180104
 УДК 621.319.4
 С75

**COMPARISON OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS
 OF VARIOUS COMBINATIONS OF THE POLYPROPYLENE-POLYETHYLENE
 TEREPHTHALATE DIELECTRIC IMPREGNATED WITH TRANSFORMER OIL
 T-1500 AND POLYMETHYLSILOXANE LIQUID PMS-20**

**СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ
 КОМБИНАЦИЙ ПОЛИПРОПИЛЕНОВО-ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОГО
 ДИЭЛЕКТРИКА, ПРОПИТАННОГО ТРАНСФОРМАТОРНЫМ МАСЛОМ Т-1500
 И ПОЛИМЕТИЛСИЛОКСАНОВОЙ ЖИДКОСТЬЮ ПМС-20**

Viktor I. Hunko
 iipt@iipt.com.ua
 ORCID: 0000-0003-1055-6304

Oleksii Ya. Dmytrishyn
 iipt@iipt.com.ua
 ORCID: 0000-0003-2420-9223

Serhii O. Toporov
 iipt@iipt.com.ua
 ORCID: 0000-0002-5188-7380

Olena D. Tanasova
 e-mail: —
 ORCID: —

Tetiana A. Feshchuk
 e-mail: —
 ORCID: —

В. И. Гунько,
 зав. сектором

А. Я. Дмитришин,
 мл. науч. сотрудник

С. О. Топоров,
 вед. инженер

Е. Д. Танасова,
 инженер-конструктор I кат.

Т. А. Фещук,
 инженер-технолог I кат.

Institute of pulse processes and technologies NAS of Ukraine, Mykolaiv
Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины, г. Николаев

Abstract. The article considers the results of the studies on the electrophysical characteristics of various combinations of the impregnated dielectric polypropylene and polyethylene terephthalate films, which can be applied as the working insulator of a high-voltage pulse capacitor's sections. Experiments on mockups of the capacitor's sections served as a basis for the analysis of the influence of polarity of the films and capacitor plates on the electrical insulation resistance and short-term dielectric strength of such dielectric systems. Recommendations for using dielectric systems as capacitor insulation are provided.

Key words: dielectric film; dielectric polarity; electrical insulation resistance; dielectric strength; high-voltage pulse capacitor.

Анотація. Розглянуто результати досліджень електрофізичних характеристик різних комбінацій просоченого поліпропіленово-поліетилентерефталатного діелектрика, що може бути використаний як робочий діелектрик секцій високовольтних імпульсних конденсаторів. На основі проведених експериментів на макетах секцій конденсатора проаналізовано вплив полярності діелектрика та обкладок секції на електричний опір ізоляції й короточасну електричну міцність таких діелектричних систем.

Ключові слова: плівковий діелектрик; полярність діелектрика; електричний опір ізоляції; електрична міцність; високовольтний імпульсний конденсатор.

Аннотация. Рассмотрены результаты исследований электрофизических характеристик различных комбинаций пропитанного полипропиленово-полиэтилентерефталатного диэлектрика, который может быть применен в качестве рабочего диэлектрика секций высоковольтных импульсных конденсаторов. На основе проведенных экспериментов на макетах секций конденсатора проанализировано влияние полярности диэлектрика и обкладок секции на электрическое сопротивление изоляции и кратковременную электрическую прочность таких диэлектрических систем.

Ключевые слова: пленочный диэлектрик; полярность диэлектрика; электрическое сопротивление изоляции; электрическая прочность; высоковольтный импульсный конденсатор.

REFERENCES

- [1] Rudakov V. V. *Stan ta tendentsii rozvytku vysokovoltnykh impulsnykh kondencatoriv* [Current state and development trends of high-voltage pulse capacitors]. *Visnyk NTU “KhPI”. Tematichniy vypusk “Tekhnika i elektrofizyka vysokyykh naprug”* [Bulletin of NTU “KhPI”. Series “Technique and Electrophysics Of High Voltages”], 2009, no. 39, pp. 146–154.
- [2] Ermiov I. V. *Vysokovoltnye impulsnye kondensatory s polimernoj izolatsiei* [High-voltage pulse capacitors with polymer insulation]. *Elektrichestvo* [Electricity], 2006, no. 9, pp. 73–79.
- [3] Rudakov V. V. *Udelnaya energiya vysokovoltnykh impulsnykh kondensatorov s lavsanovym dielektrikom* [Specific energy of the high-voltage pulse capacitors with lavsan dielectric]. *Visnyk NTU “KhPI”. Tematichniy vypusk “Tekhnika i elektrofizyka vysokyykh naprug”* [Bulletin of NTU “KhPI”. Series “Technique and Electrophysics of High Voltages”], 2012, no. 21, pp. 233–237.
- [4] Gunko V. I., Dmitrishin A. Ya, Onischenko L. I., Perekupka I. A., Feshchuk T. A. *Issledovaniya po stvorennyu gamy vysokovoltnykh impulsnykh kondencatorov s plyonochnym dielektrikom* [Studies on the creation of a set of high-voltage pulse capacitors with dielectric film]. *Mat. XV mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii “Fizika impulsnykh razryadov v kondensirovannykh sredakh (15.08-19.08.2011)”* [Proceedings of the 15th Int. Scientific Conf. “Physics of Pulse Discharges in Condensed Media”]. Nikolaev, 2011, pp. 201–204.
- [5] Gunko V. I., Dmitrishin A. Ya, Onischenko L. I., Perekupka I. A., Toporov S. O. *Stvorenie vysokovoltnykh impulsnykh kondencatorov na osnove kombinirovannogo plyonochnogo dielektrika* [Designing high-voltage pulse capacitors based on combined dielectric film]. *Elektrotehnika i elektromekhanika* [Electrical Engineering and Electromechanics], 2014, no. 4, pp. 53–55.
- [6] Gunko V. I., Dmitrishin A. Ya, Onischenko L. I., Toporov S. O., Perekupka I. A. *Razrabotka vysokovoltnykh impulsnykh kondencatorov s plyonochnym dielektrikom* [Development of high-voltage pulse capacitors with dielectric film]. *Visnyk NTU “KhPI”. Tematichniy vypusk “Tekhnika i elektrofizyka vysokyykh naprug”* [Bulletin of NTU “KhPI”. Series “Technique and Electrophysics of High Voltages”], 2012, no. 52, pp. 65–71.
- [7] Onischenko L. I., Gunko V. I., Dmitrishin A. Ya, Perekupka I. A. *Stvorenie serii vysokovoltnykh impulsnykh kondencatorov s plyonochnym dielektrikom na baze odnogo izolyatsionnogo korpusa* [Designing a range of high-voltage pulse capacitors with dielectric film based on a single insulating case]. *Mat. XVI mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii “Fizika impulsnykh razryadov v kondensirovannykh sredakh (19.08-22.08.2013)”* [Proceedings of the 16th Int. Scientific Conf. “Physics of Pulse Discharges in Condensed Media”]. Nikolaev, 2013, pp. 200–203.
- [8] Dmitrishin A. Ya, Grebennikov I. Yu, Toporov S. O., Slepets E. N. *Otsenka dlitelnoi elektricheskoi prochnosti razlichnykh konstruksii plyonochnogo dielektrika dlya vysokovoltnykh impulsnykh kondencatorov* [Estimation of the long-term dielectric strength of various designs of the dielectric film for high-voltage pulse capacitors]. *Elektronnaya obrabotka materialov* [Surface Engineering and Applied Electrochemistry], 2014, vol. 50, no. 5, pp. 92–94.
- [9] Dmitrishin A. Ya, Gunko V. I., Toporov S. O., Slepets E. N. *Issledovanie teplovykh rezhimov raboty vysokovoltnykh impulsnykh kondencatorov dlya pogrzhnykh elektrorazryadnykh kompleksov* [Research of the thermal operating modes of high-voltage pulse capacitors for the downhole electrical discharge complexes]. *Visnyk NTU “KhPI”. Tematichniy vypusk “Tekhnika i elektrofizyka vysokyykh naprug”* [Bulletin of NTU “KhPI”. Series “Technique and Electrophysics of High Voltages”], 2012, no. 52, pp. 71–76.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Совершенствование конструкций высоковольтных импульсных конденсаторов в части расширения их эксплуатационных характеристик связано с применением в качестве рабочего диэлектрика конденсаторов пленочных диэлектрических систем [1]. Изучение электрофизических характеристик таких диэлектрических систем, пропитанных различными диэлектрическими жидкостями, является актуальной задачей.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Диэлектрические системы для рабочего диэлектрика высоковольтных импульсных конденсаторов могут быть как на основе только полиэтилентерефталатной пленки [2, 3], так и на основе полипропиленового или комбинированного полипропиленово-полиэтилентерефталатного диэлектриков [4, 5]. В ИИПТ НАН Украины в результате исследований электрофизических характеристик различных пле-

ночных диэлектрических структур и их компонентов в условиях воздействия сильных электрических полей было получено, что наиболее перспективным для применения в качестве рабочего диэлектрика высоковольтных импульсных конденсаторов электротехнических установок различного технологического назначения является трехслойный комбинированный полипропиленово-полиэтилентерефталатный диэлектрик, пропитанный маловязкой жидкостью с различным процентным содержанием полярной и неполярной составляющих [6–8].

Однако, если для пропитки пленочного диэлектрика высоковольтных импульсных конденсаторов эксплуатирующихся в нормальных климатических условиях [5–7] широко используется трансформаторное масло Т-1500, то для пропитки конденсаторов погружных электроразрядных комплексов интенсификации добычи нефти и газа, эксплуатирующихся при температурах окружающей среды до 100 °С [9], должны быть применены диэлектрические жидкости с более высоким пределом рабочей температуры, например, полиметилсилоксановая жидкость типа ПМС-20, допускающая эксплуатацию при температурах до 200 °С.

ЦЕЛЬ ДАННОЙ РАБОТЫ — сравнение электрофизических характеристик различных комбинаций трехслойного пленочного диэлектрика при пропитке его трансформаторным маслом Т-1500 и полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Сравнительный анализ пропитанных диэлектрических систем проводились на различных вариантах трехслойного комбинированного полипропиленово-полиэтилентерефталатного диэлектрика, который используется в конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов ИИПТ НАН Украины [4, 7].

В конструкциях пленочных диэлектрических систем изменялось процентное содержание (по толщине) полярной полиэтилентерефталатной пленки (ПЭТ) — x и процентное содержание неполярной полипропиленовой пленки (ПП) — $(1-x)$. Вместе с тем, с целью исследования влияния перераспределения средней напряженности электрического поля по компонентам диэлектрика в соответствии с их относительными диэлектрическими проницаемостями (ϵ) на кратковременную электрическую прочность изменялось взаимное расположение полярной и неполярной составляющей в конструкции диэлектрической системы при их неизменном процентном соотношении.

В качестве критериев оценки бралось изменение таких электрофизических характеристик исследуемых диэлектрических систем, как электрическое сопротивление изоляции $R_{из}$ и кратковременная электрическая прочность $E_{пр ср}$.

$$E_{пр ср} = U_{пр ср} / d_n, \quad (1)$$

где $U_{пр ср}$ — средняя величина пробивного напряжения образцов; d_n — толщина диэлектрической системы.

При этом также рассматривалось влияние на эти электрофизические характеристики полярности обкладки, прилегающей к полярной или неполярной составляющей пленочного диэлектрика.

Конструкций с преобладанием неполярной составляющей было выбрано четыре варианта:

- толщиной 30 мкм, состоящей из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм и одного слоя полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм;
- толщиной 34 мкм, состоящей из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 12 мкм и одного слоя полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм;
- толщиной 35 мкм, состоящей из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм и одного слоя полиэтилентерефталатной пленки толщиной 15 мкм;
- толщиной 39 мкм, состоящей из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 12 мкм и одного слоя полиэтилентерефталатной пленки толщиной 15 мкм.

Конструкций с преобладанием полярной составляющей было отобрано также четыре варианта:

- толщиной 30 мкм, состоящей из двух слоев полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм и одного слоя полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм;
- толщиной 32 мкм, состоящей из двух слоев полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм и одного слоя полипропиленовой пленки толщиной 12 мкм;
- толщиной 35 мкм, состоящей из двух слоев полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм и 15 мкм и одного слоя полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм;
- толщиной 40 мкм, состоящей из двух слоев полиэтилентерефталатной пленки толщиной 15 мкм и одного слоя полипропиленовой пленки толщиной 10 мкм.

После пропитки диэлектрических систем с различными конструкциями пленочного диэлектрика трансформаторным маслом Т-1500 и полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20 измерялось электрическое сопротивление изоляции и определялась кратковременная электрическая прочность диэлектрика путем доведения секций до электрического пробоя согласно стандартной методике испытаний ГОСТ 27427-87, при этом каждое определение электрической прочности проводилось на пяти образцах.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты экспериментальных исследований систем пленочного диэлек-

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований систем пленочного диэлектрика типа ПП+ПЭТ+ПП и ПЭТ+ПП+ПЭТ, пропитанных трансформаторным маслом Т-1500

Конструкция диэлектрика	d_n , мкм	$\epsilon_{\text{экв}}$	$\text{tg } \delta_{\text{экв}}, \times 10^{-4}$	x , %	$R_{\text{из}}$, МОм	$U_{\text{пр ср}}$, кВ	$E_{\text{пр ср}}$, кВ/мм	σ , кВ
ПП+ПЭТ+ПП	30	2,41	10,27	33,3	18000	17,8	593,3	0,51
ПП+ПЭТ+ПП	34	2,38	9,42	29,4	18500	20,6	605,9	0,37
ПП+ПЭТ+ПП	35	2,48	12,65	42,9	16000	19,7	566,8	0,75
ПП+ПЭТ+ПП	39	2,44	11,53	38,5	17500	23,0	589,7	0,89
ПЭТ+ПП+ПЭТ	30	2,66	18,92	66,7	16000	17,9	596,7	0,2
ПЭТ+ПП+ПЭТ	32	2,63	17,78	62,5	17000	19,6	612,5	0,49
ПЭТ+ПП+ПЭТ	35	2,70	20,28	71,4	15500	19,9	568,6	0,2
ПЭТ+ПП+ПЭТ	40	2,73	21,34	75,0	14500	23,4	585,0	0,49

Примечание. σ — среднеквадратичное отклонение.**Таблица 2.** Результаты экспериментальных исследований систем пленочного диэлектрика типа ПП+ПЭТ+ПП и ПЭТ+ПП+ПЭТ, пропитанных полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20

Конструкция диэлектрика	d_n , мкм	$\epsilon_{\text{экв}}$	$\text{tg } \delta_{\text{экв}}, \times 10^{-4}$	x , %	$R_{\text{из}}$, МОм	$U_{\text{пр ср}}$, кВ	$E_{\text{пр ср}}$, кВ/мм	σ , кВ
ПП+ПЭТ+ПП	30	2,48	9,96	33,3	17500	17,2	573,3	0,75
ПП+ПЭТ+ПП	34	2,45	9,10	29,4	18500	19,6	576,5	0,8
ПП+ПЭТ+ПП	35	2,55	12,38	42,9	16000	19,4	554,3	1,07
ПП+ПЭТ+ПП	39	2,52	11,30	38,5	17000	22,2	569,2	0,98
ПЭТ+ПП+ПЭТ	30	2,75	18,89	66,7	16000	17,5	583,3	0,45
ПЭТ+ПП+ПЭТ	32	2,71	17,66	62,5	16500	18,8	587,5	0,24
ПЭТ+ПП+ПЭТ	35	2,79	20,21	71,4	15000	19,8	565,7	0,75
ПЭТ+ПП+ПЭТ	40	2,82	21,28	75,0	14000	22,4	560,0	0,49

Таблица 3. Результаты экспериментальных исследований систем пленочного диэлектрика типа ПП+ПП+ПЭТ, пропитанных трансформаторным маслом Т-1500

d_n , мкм	Положительная обкладка на пленке ПП				Отрицательная обкладка на пленке ПП			
	$R_{\text{из}}$, МОм	$U_{\text{пр ср}}$, кВ	$E_{\text{пр ср}}$, кВ/мм	σ , кВ	$R_{\text{из}}$, МОм	$U_{\text{пр ср}}$, кВ	$E_{\text{пр ср}}$, кВ/мм	σ , кВ
30	21000	17,4	580,0	0,49	19500	17,7	590,0	0,4
34	22000	19,6	576,5	0,58	20000	19,8	582,4	0,24
35	18500	20,7	591,4	0,51	17000	21,4	611,4	0,58
39	19500	23,0	589,7	0,32	18500	23,6	605,1	0,58

Таблица 4. Результаты экспериментальных исследований структур пленочного диэлектрика типа ПЭТ+ПЭТ+ПП, пропитанных трансформаторным маслом Т-1500

d_n , мкм	Положительная обкладка на пленке ПЭТ				Отрицательная обкладка на пленке ПЭТ			
	$R_{\text{из}}$, МОм	$U_{\text{пр ср}}$, кВ	$E_{\text{пр ср}}$, кВ/мм	σ , кВ	$R_{\text{из}}$, МОм	$U_{\text{пр ср}}$, кВ	$E_{\text{пр ср}}$, кВ/мм	σ , кВ
30	11000	18,3	610,0	0,24	12000	18,1	603,3	0,37
32	16000	19,8	618,8	0,51	16500	19,5	609,4	0,55
35	10000	20,8	594,3	0,51	11000	20,6	588,6	0,37
40	9500	23,6	590,0	0,58	10500	23,3	582,5	0,37

Таблица 5. Результаты экспериментальных исследований систем пленочного диэлектрика типа ПП+ПП+ПЭТ, пропитанных полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20

d_n , мкм	Положительная обкладка на пленке ПП				Отрицательная обкладка на пленке ПП			
	$R_{\text{из}}$, МОм	$U_{\text{пр ср}}$, кВ	$E_{\text{пр ср}}$, кВ/мм	σ , кВ	$R_{\text{из}}$, МОм	$U_{\text{пр ср}}$, кВ	$E_{\text{пр ср}}$, кВ/мм	σ , кВ
30	21000	17,3	576,7	0,24	19000	17,5	583,3	0,32
34	21500	19,4	570,6	0,58	19500	19,6	576,5	0,49
35	18000	20,5	585,7	0,45	17000	21,1	602,9	0,37
39	19500	22,6	579,5	0,37	18000	23,3	597,4	0,6

Таблица 6. Результаты экспериментальных исследований систем пленочного диэлектрика типа ПЭТ+ПЭТ+ПП, пропитанных полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20

d_n , мкм	Положительная обкладка на пленке ПЭТ				Отрицательная обкладка на пленке ПЭТ			
	$R_{из}$, МОм	$U_{пр\ ср}$, кВ	$E_{пр\ ср}$, кВ/мм	σ , кВ	$R_{из}$, МОм	$U_{пр\ ср}$, кВ	$E_{пр\ ср}$, кВ/мм	σ , кВ
30	11000	18,3	610,0	0,24	11500	17,9	596,7	0,37
32	15500	19,6	612,5	0,58	16000	19,3	603,1	0,4
35	10000	20,6	588,6	0,37	10500	20,4	582,9	0,37
40	9000	23,4	585,0	0,58	9500	22,9	572,5	0,37

трика при симметричном расположении их составляющих. В таблицах 3–6 представлены результаты экспериментальных исследований систем пленочного диэлектрика при несимметричном расположении их составляющих. Для конструкций ПП+ПЭТ+ПП и ПЭТ+ПП+ПЭТ определение влияния полярности обкладок на величины их электрического сопротивления и электрической прочности не проводились по причине их симметричности.

Анализируя результаты экспериментальных исследований различных конструкций систем пленочного диэлектрика, приведенные в таблицах 1–6, видно, что значения электрического сопротивления и кратковременной электрической прочности рассматриваемых систем пленочного диэлектрика пропитанных трансформаторным маслом Т-1500 и полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20 близки между собой. В симметричных конструкциях ПП+ПЭТ+ПП и ПЭТ+ПП+ПЭТ величина среднеквадратичного отклонения при пропитке трансформаторным маслом Т-1500 составляет от 0,2 до 0,89 кВ, в этих же структурах, но пропитанных полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20 – от 0,24 до 1,07 кВ, а в несимметричных конструкциях ПП+ПП+ПЭТ и ПЭТ+ПЭТ+ПП эта разница снижается и колеблется, соответственно, от 0,24 до 0,58 кВ и от 0,32 до 0,6 кВ.

Необходимо отметить, что среди этих диэлектрических систем наибольшей кратковременной электрической прочностью обладают конструкции с преобладанием полярной составляющей. Одновременно для симметричных конструкций максимальная элек-

трическая прочность достигается при максимальном процентном содержании неполярной составляющей. При пропитке трансформаторным маслом Т-1500 для конструкции ПП+ПЭТ+ПП толщиной 34 мкм — $E_{пр} = 605,9$ кВ/мм, а для конструкции ПЭТ+ПП+ПЭТ толщиной 32 мкм — $E_{пр} = 612,5$ кВ/мм. При пропитке полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20 для конструкции ПП+ПЭТ+ПП толщиной 34 мкм — $E_{пр} = 576,5$ кВ/мм, а для конструкции ПЭТ+ПП+ПЭТ толщиной 32 мкм — $E_{пр} = 587,5$ кВ/мм.

Вместе с тем, как показывают результаты экспериментальных исследований, представленные в таблицах 3–6, наибольшая электрическая прочность диэлектрика достигается, когда обкладка положительной полярности прилегает к полярной полиэтилентерефталатной пленке.

ВЫВОДЫ. 1. Для применения в конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов могут быть рекомендованы трехслойные пленочные системы типа ПЭТ+ПП+ПЭТ и ПЭТ+ПЭТ+ПП как имеющие наибольшую электрическую прочность.

2. Так как значения электрической прочности у одних и тех же диэлектрических систем, пропитанных трансформаторным маслом Т-1500 и полиметилсилоксановой жидкостью ПМС-20, близки, то выбор пропитывающей жидкости определяется температурой эксплуатации.

3. Для конденсаторов эксплуатирующихся с частотами следования зарядов-разрядов от 0,1 Гц и выше рекомендуются системы с повышенным содержанием неполярной составляющей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Рудаков В. В. Стан та тенденції розвитку високовольтних імпульсних конденсаторів [Текст] / В. В. Рудаков // Вісник НТУ «ХПІ»: зб. наук. пр.: Тем. вип.: Техніка і електрофізика високих напруг. — 2009. — № 39. — С. 146–154.
- [2] Ермилов И. В. Высоковольтные импульсные конденсаторы с полимерной изоляцией [Текст] / И. В. Ермилов // Электричество. — 2006. — № 9. — С. 73–79.
- [3] Рудаков В. В. Удельная энергия высоковольтных импульсных конденсаторов с лавсановым диэлектриком [Текст] / В. В. Рудаков, В. П. Касаткин // Вісник НТУ «ХПІ»: зб. наук. пр.: Тем. вип.: Техніка і електрофізика високих напруг. — 2012. — № 21. — С. 233–237.
- [4] Гунько В. И. Исследования по созданию гаммы высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком [Текст] / В. И. Гунько, А. Я. Дмитришин, Л. И. Онищенко, И. А. Перекупка, Т. А. Фещук // Физика импульсных разрядов в конденсированных средах (15.08-19.08.2011): мат. XV Междунар. науч. конф. — Николаев : КП «Николаевская областная типография», 2011. — С. 201–204.
- [5] Гунько В. И. Создание высоковольтных импульсных конденсаторов на основе комбинированного пленочного диэлектрика [Текст] / В. И. Гунько, А. Я. Дмитришин, Л. И. Онищенко, И. А. Перекупка, С. О. Топоров // Электротехника и электромеханика. — 2014. — № 4. — С. 53–55.

- [6] **Гулько В. И.** Разработка высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком [Текст] / В. И. Гулько, А. Я. Дмитришин, Л. И. Онищенко, С. О. Топоров, И. А. Перекупка // Вісник НТУ «ХП»: зб. наук. пр.: Тем. вип.: Техніка і електрофізика високих напруг. — 2012. — № 52. — С. 65–71.
- [7] **Онищенко Л. И.** Создание серии высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком на базе одного изоляционного корпуса [Текст] / Л. И. Онищенко, В. И. Гулько, А. Я. Дмитришин, И. А. Перекупка // Физика импульсных разрядов в конденсированных средах (19.08-22.08.2013): мат. XVI Междунар. науч. конф. — Николаев : КП «Николаевская областная типография», 2011. — С. 200–203
- [8] **Дмитришин А. Я.** Оценка длительной электрической прочности различных конструкций пленочного диэлектрика для высоковольтных импульсных конденсаторов [Текст] / А. Я. Дмитришин, И. Ю. Гребенников, С. О. Топоров, Е. Н. Слепец // Электронная обработка материалов. — 2014. — № 5. — С. 92–94.
- [9] **Дмитришин А. Я.** Исследование тепловых режимов работы высоковольтных импульсных конденсаторов для погружных электроразрядных комплексов [Текст] / А. Я. Дмитришин, В. И. Гулько, С. О. Топоров, Е. Н. Слепец // Вісник НТУ «ХП»: зб. наук. пр.: Тем. вип.: Техніка і електрофізика високих напруг. — 2012. — № 52. — С. 71–76.

© В. І. Гулько, О. Я. Дмитрішин, С. О. Топоров, О. Д. Танасова, Т. А. Фещук

Надійшла до редколегії 18.01.2018

Статтю рекомендує до друку
д-р техн. наук, проф. *Н. В. Кускова*