

УДК 621.319.4

В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко, И.А. Перекупка, С.О. Топоров

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПЛЕНОЧНОГО ДИЭЛЕКТРИКА

Розглядаються результати досліджень зі створення високовольтних імпульсних конденсаторів на основі комбінованих плівкових діелектричних систем.

Рассматриваются результаты исследований по созданию высоковольтных импульсных конденсаторов на основе комбинированных пленочных диэлектрических систем.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ научно-технической литературы показывает, что в настоящее время ведущие производители силовых конденсаторов с целью повышения удельных энергетических характеристик применяют в качестве рабочего диэлектрика секций конденсаторов только полимерные пленки, пропитанные маловязкими жидкостями [1-3].

В Институте импульсных процессов и технологий (ИИПТ) НАН Украины проводятся работы по исследованию электрофизических характеристик различных структур пленочных диэлектрических систем и их компонентов в условиях воздействия сильных электрических полей. В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее перспективной для применения в качестве рабочего диэлектрика секции высоковольтного импульсного конденсатора является трехслойная пленочная диэлектрическая система [4, 5].

Целью данной работы является создание высоковольтных импульсных конденсаторов, в которых в качестве рабочего диэлектрика секции применены трехслойные пленочные диэлектрические системы.

ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЕНОЧНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

На основании проведенных ранее исследований [4, 5] для создания конденсаторов выбрано два

варианта комбинированного полипропиленово-полиэтилентерефталатного диэлектрика, пропитанного трансформаторным маслом Т-1500:

- трехслойный диэлектрик толщиной 39 мкм, состоящий из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 12 мкм, разделенных одним слоем полиэтилентерефталатной пленки ПЭТ-КЭ толщиной 15 мкм;
- трехслойный диэлектрик толщиной 34 мкм, состоящий из двух слоев полипропиленовой пленки толщиной 12 мкм, разделенных одним слоем полиэтилентерефталатной пленки ПЭТ-КЭ толщиной 10 мкм.

В процессе исследований определялись следующие электрофизические характеристики указанных вариантов диэлектрических систем: эквивалентная относительная диэлектрическая проницаемость, эквивалентный тангенс угла потерь и кратковременная электрическая прочность.

Определение кратковременной электрической прочности пленочных диэлектрических систем и их компонентов (полипропиленовой и полиэтилентерефталатной пленок, трансформаторного масла Т-1500) проводились доведением их до электрического пробоя.

Результаты исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследований электрических характеристик пленочных диэлектрических систем и их компонентов

Наименование диэлектрика	Толщина диэлектрика, мкм	ϵ	$\operatorname{tg}\delta$	$U_{\text{пр}1}$, кВ	$U_{\text{пр}2}$, кВ	$U_{\text{пр}3}$, кВ	$U_{\text{пр}4}$, кВ	$U_{\text{пр}5}$, кВ	$U_{\text{пр.ср.}}$, кВ	$E_{\text{пр.ср.}}$, кВ/мм
Комбинированный полипропиленово-полиэтилентерефталатный, пропитанный трансформаторным маслом Т-1500	34	2,382 ($\epsilon_{\text{экв}}$)	$4,38 \cdot 10^{-4}$ ($\operatorname{tg}\delta_{\text{экв}}$)	18,0	20,5	19,5	16,0	20,0	18,8	553
	39	2,444 ($\epsilon_{\text{экв}}$)	$4,95 \cdot 10^{-4}$ ($\operatorname{tg}\delta_{\text{экв}}$)	20,5	22,0	18,0	19,5	17,0	19,4	497
Полипропиленовая пленка Tervakoski Film марки RER	12	2,2	$2 \cdot 10^{-4}$	8,0	7,5	8,5	7,5	8,0	7,9	658
Полиэтилентерефталатная пленка ПЭТ-КЭ	10	3,2	$5 \cdot 10^{-3}$	6,5	6,0	6,5	6,3	6,5	6,36	636
	15	3,2	$5 \cdot 10^{-3}$	9,5	9,8	9,0	9,5	9,6	9,48	632
Трансформаторное масло Т-1500	2,5 мм	2,2	$3 \cdot 10^{-4}$	44,0	48,0	46,0	42,0	38,0	43,6	17,4

Примечание. ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость материала; $\operatorname{tg}\delta$ – тангенс угла потерь материала; $U_{\text{пр}1} - U_{\text{пр}5}$ – величина пробивного напряжения, кВ; $U_{\text{пр.ср}}$ – среднее пробивное напряжение, кВ; $E_{\text{пр.ср}}$ – средняя пробивная напряженность, кВ/мм.

Анализ данных по кратковременной электрической прочности диэлектрических систем и их компонентов, приведенных в табл. 1, показывает, что выбранные полимерные пленки и сформированные на их основе диэлектрические системы обладают высокой электрической прочностью – от 497 до 553 кВ/мм.

Кроме того, диэлектрические системы на основе комбинации полипропиленовой и полиэтилентерефталатной пленок, пропитанных трансформаторным маслом, имеют низкий эквивалентный тангенс угла потерь – не более $5 \cdot 10^{-4}$.

СОЗДАНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ

На основании результатов проведенных исследований были выполнены конструкторские и технологические проработки различных типономиналов высоковольтных импульсных конденсаторов с рабочим диэлектриком на основе указанных выше двух диэлектрических систем применительно к размерам одного изоляционного корпуса. Изоляционный корпус позволяет отказаться от необходимости применения изоляции выемной части конденсатора от корпуса,

что приводит к более рациональному использованию внутреннего объема корпуса.

Как показали результаты проведенных работ и предложенные технические решения, направленные на унификацию основных конструктивных элементов конденсаторов, при создании серии высоковольтных импульсных конденсаторов на базе одного изоляционного корпуса могут быть применены почти все унифицированные конструктивные элементы конденсаторов: секция, вставной вывод, стяжные щеки и хомуты, выводы конденсатора, токоведущие шины, изоляционные прокладки. Это приводит к единообразию способов изготовления конденсаторов, использованию одной и той же технологической оснастки, сокращению времени на проектирование и изготовление. Секции имеют одно и то же конструктивное исполнение – плоскпрессованные со скрытыми обкладками и с двумя токовыводами с одной торцевой стороны.

Параметры и характеристики созданных высоковольтных импульсных конденсаторов 11 типономиналов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры и характеристики серии высоковольтных импульсных конденсаторов

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, кВ	Номинальная емкость, мкФ	Индуктивность, нГн	Режим разряда				Средний ресурс, зарядов-разрядов
				характер	Частота следования зарядов-разрядов, Гц	Максимальная амплитуда тока, кА	Декремент колебаний напряжения	
ИМП-10-25	10	25	250	К	2	10	10	$7 \cdot 10^6$
ИМП-10-30	10	30	250	К	1	10	10	$2 \cdot 10^6$
ИМП-20-6,3	20	6,3	300	К	2	10	10	$7 \cdot 10^6$
ИМП-20-8	20	8	300	К	1	20	10	10^6
ИМП-25-4	25	4	300	К	2	10	10	$7 \cdot 10^6$
ИМП-25-5	25	5	300	К	1	20	10	10^6
ИМП-50-0,5	50	0,5	500	К	6	5	10	$4 \cdot 10^7$
ИМП-50-1	50	1	400	К	2	10	10	$7 \cdot 10^6$
ИМП-50-1,5	50	1,5	400	К	1	20	10	$1,5 \cdot 10^6$
ИМП-70-0,71	70	0,71	500	К	1	20	10	10^6
ИМП-100-0,25	100	0,25	550	К	0,1	50	1,5	$5 \cdot 10^5$

Примечание. К – колебательный режим разряда.

При создании указанных конденсаторов неизменной величиной для всех 11 типономиналов являлись внутренние размеры корпуса конденсатора. Обеспечение этого размера потребовало подбора толщины секций и выбора электрического соединения секций для каждого из 11 типономиналов конденсаторов. Это привело к изменению первоначальной расчетной величины емкости секций конденсатора и, соответственно, к изменению емкости самого конденсатора. Необходимо отметить, что при этом изменение емкости конденсаторов происходит в положительную сторону в пределах 10 %. В результате реализации выбранного технического решения – подбора толщины секций – было установлено, что для разных типономиналов конденсаторов, например, для ИМП-10-30, ИМП-20-8, ИМП-25-5; для ИМП-10-25,

ИМП-20-6,3, ИМП-25-4; для ИМП-50-1, ИМП-70-0,71 применяются идентичные секции для каждой из этих трех групп конденсаторов.

Для проверки принятых технических решений были изготовлены и испытаны высоковольтные импульсные конденсаторы ИМП-50-0,5 и ИМП-50-1.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных работ была создана серия высоковольтных импульсных конденсаторов из 11 типономиналов на номинальное напряжение от 10 до 100 кВ и номинальной емкостью от 0,25 до 30 мкФ. Испытания конденсаторов ИМП-50-0,5 и ИМП-50-1 показали правильность выбранных технических решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудаков В.В. Стан та тенденції розвитку високовольтних імпульсних конденсаторів // Вісник НТУ "ХПІ". – 2009. – №39. – С. 146-154.
2. Ермилов И.В. Современные импульсные высоковольтные конденсаторы с пленочным диэлектриком // Электронные компоненты. – 2005. – №4. – С. 47-55.
3. Ратахин Н.А., Жарова Н.В., Лавринович И.В. Разработка высоковольтных импульсных конденсаторов на 100 кВ // Физика импульсных разрядов в конденсированных средах: Материалы XIV междунар. науч. конф. – Николаев. – 2009. – С. 140-142.
4. Гребенников И.Ю., Гунько В.И., Дмитришин А.Я., Онищенко Л.И., Швец И.С. О повышении удельных энергетических характеристик и ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов // Электротехника. – 2005. – №12. – С. 47-51.
5. Гребенников И.Ю., Гунько В.И., Дмитришин А.Я., Михайлов И.Г., Онищенко Л.И., Фещук Т.А. Исследование зависимости ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком от режимов эксплуатации // Электротехника. – 2006. – №6. – С. 36-41.

REFERENCES: 1. Rudakov V.V. Condition and development tendencies of high-voltage pulse capacitors. *Visnyk NTU "KhPI" – Bulletin of NTU "KhPI"*, 2009, no.39, pp. 146-154. 2. Ermilov E.V. Modern pulsed high-voltage capacitors with dielectric film. *Elektronnyye komponenty – Electronic Components*, 2005, no.4, pp. 47-55. 3. Ratakhin N.A., Zharova N.V., Lavrinovich N.V. Development of 100 kV high-current pulse capacitors. *Fizika impulsnykh razryadov v kondensirovannykh sredakh: Materialy XIV mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii*. [Physics of pulsed discharges in condensed matter: Proceedings of XIV Int.

Sci. Conf.]. Nikolaev, 2009, pp. 140-142. 4. Grebennikov I.Yu., Gun'ko V.I., Dmitrishin A.Ya., Onishchenko L.I., Shvets I.S. About increase of the specific power characteristics and resource of high-voltage pulse condensers. *Elektrotehnika – Electrical Engineering*, 2005, no.12, pp. 47-51. 5. Grebennikov I.Yu., Gun'ko V.I., Dmitrishin A.Ya., Mikhajlov I.G., Onishchenko L.I., Feshchuk T.A. Research resource dependencies high-voltage pulse capacitors with film dielectric modes of operation. *Elektrotehnika – Electrical Engineering*, 2006, no.6, pp. 36-41.

Поступила (received) 12.12.2013

Гунько Виктор Иванович¹, зав. сектором,
Дмитришин Алексей Ярославович¹, м.н.с.,
Онищенко Лидия Ивановна¹, зав. сектором,
Перекупка Инна Андреевна¹, инж.-констр. I кат.,
Топоров Сергей Олегович¹, вед. инженер,
¹ Институт импульсных процессов и технологий
НАН Украины,
54018, Николаев, пр. Октябрьский, 43-А,
тел/phone +38 0512 587136, e-mail: dphc@iippt.com.ua

V.I. Gun'ko¹, A.Ya. Dmitrishin¹, L.I. Onishchenko¹,
I.A. Perekupka¹, S.O. Toporov¹

¹ Institute of pulse processes and technologies of NAS of Ukraine
43-A, Zhovtnevy Avenue, Mykolayiv, 54018, Ukraine

Creation of high-voltage pulse capacitors on the basis of a composite film dielectric.

Research into feasibility of designing high-voltage pulse capacitors based on composite film dielectric systems is presented.

Key words – high-voltage pulse capacitor, film dielectric system, design elements.