
ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ

В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, С.О. Топоров, Т.А. Фещук

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА Т-1500 С КОНСТРУКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

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

Исследования, проведенные в ИИПТ НАН Украины, показали, что повышения удельных энергетических характеристик и ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов можно достичь, применяя в качестве рабочего диэлектрика секций конденсаторов пленочной изоляции, пропитанной неполярной жидкостью малой вязкости, с низким тангенсом угла потерь и стойкостью к частичным разрядам [1]. Одной из таких пропитывающих жидкостей является трансформаторное масло Т-1500.

Необходимо отметить, что существенное влияние на электрофизические характеристики жидких пропитывающих диэлектриков оказывают электротехнические материалы, используемые в конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов. Материалы не должны выделять в жидкость веществ, ухудшающих ее электроизоляционные свойства или вызывающих ускоренное старение жидкости, вместе с тем сами материалы не должны разрушаться и ухудшать свои свойства в среде жидкости. Многие из них набухают в пропитывающей жидкости и теряют свои рабочие свойства. Особенно большое значение совместимость материалов имеет при создании высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком. В частности, набухание полимерных пленок в пропитывающей жидкости может привести к неполной пропитке рабочего диэлектрика секции конденсатора и снижению стойкости диэлектрика к воздействию электрического поля и быстрому выходу конденсатора из строя.

В связи с этим возникает необходимость в оценке влияния на электрофизические характеристики трансформаторного масла Т-1500 различных материалов, применяемых в конструкциях высоковольтных импульсных конденсаторов, а также их совместимости с указанным жидким диэлектриком. Исследования полезны также и для конструирования других электротехнических устройств, где используется трансформаторное масло Т-1500.

Для этого были отобраны образцы конструкционных материалов, приведенные в таблице.

Результаты испытаний на совместимость трансформаторного масла Т-1500 с указанными конструкционными материалами приведены в таблице.

Перед испытаниями трансформаторное масло Т-1500 было очищено и стабилизировано способом контактирования фуллеровой землей.

Из данных таблицы видно, что ни один из образцов конструкционных материалов не ухудшил такие электрофизические характеристики трансформаторного масла Т-1500, как диэлектрическая проницаемость ϵ , тангенс угла потерь $\operatorname{tg} \delta$ и удельный объем электрического сопротивления ρ_v . Снизилась только электрическая прочность трансформаторного масла на 5,8–36,5% в зависимости от образца конструкционного материала.

Наибольшее снижение электрической прочности трансформаторного масла Т-1500 (36,5%) показали образцы с полипропиленовой ПП-КСШ, в то время как образцы с полиэтилентерефталатной пленкой ПЭТ-КЭ и поликарбонатной пленкой ПК-К показали снижение на 9,4 и 11,9% соответственно. Это объясняет результаты проведенных ранее экспериментальных исследований [1, 2] по определению кратковременной и длительной электрической прочности образцов пленочного диэлектрика, пропитанных трансформаторным маслом Т-1500, на макетах секций высоковольтного импульсного конденсатора.

В результате проведенных исследований было получено, что образцы пленочного диэлектрика на основе полипропиленовой пленки ПП-КСШ, пропитанной трансформаторным маслом Т-1500,

показали наименьшую кратковременную и длительную электрическую прочность по сравнению с образцами на основе полиэтилентерефталатной ПЭТ-КЭ и поликарбонатной пленок ПК-К, пропитанных трансформаторным маслом Т-1500.

Результаты испытаний на совместимость трансформаторного масла Т-1500 с конструкционными материалами

Материалы	Характеристики			
	$E_{пр. ср}$, кВ/мм	ϵ	$tg \delta$	$\rho_v \cdot 10^{12}$, Ом·см
Фольга алюминиевая А5	31,68	2,598	0,00048	$8,526 \cdot 10^{12}$
Полиэтилентерефталатная пленка ПЭТ-КЭ	32,76	2,575	0,00038	$9,51 \cdot 10^{12}$
Поликарбонатная пленка ПК-К	32,32	2,590	0,00048	$5,575 \cdot 10^{12}$
Полипропиленовая пленка ПП-КСШ	22,96	2,616	0,00049	$6,395 \cdot 10^{12}$
Медный лист М1	32,00	2,615	0,00058	$6,558 \cdot 10^{12}$
Медь, луженная припоем ПОС-40	34,00	2,608	0,00049	$7,378 \cdot 10^{12}$
Латунь Л63	32,08	2,540	0,00048	$6,822 \cdot 10^{12}$
Трубка стеклоэпоксифенольная	34,08	2,592	0,00048	$7,05 \cdot 10^{12}$
Стеклотекстолит СТЭФ-1	29,76	2,508	0,00058	$6,558 \cdot 10^{12}$
Полиамид ПА6 марки «Б»	29,60	2,609	0,00049	$11,477 \cdot 10^{12}$
Сополимер пропилена 22007-29	29,52	2,620	0,00039	$12,461 \cdot 10^{12}$
Резина МБС-М1	33,28	2,486	0,00048	$7,378 \cdot 10^{12}$
Резина 51-1434	23,60	2,579	0,00058	$6,067 \cdot 10^{12}$
Резина 51-1486	33,04	2,420	0,00050	$8,034 \cdot 10^{12}$
Резина ИРП-2052	34,08	2,511	0,00048	$6,558 \cdot 10^{12}$
Лак ЛБС-1, нанесенный на кабельную бумагу К-120	30,24	2,579	0,00038	$8,526 \cdot 10^{12}$

Примечание. До испытания на совместимость с конструкционными материалами трансформаторное масло Т-1500 имело следующие характеристики: $E_{пр. ср} = 36,16$ кВ/мм; $\epsilon = 2,229$; $tg \delta = 0,00061$; $\rho_v = 4,75 \cdot 10^{12}$ Ом·см

При анализе влияния других образцов конструкционных материалов на электрофизические характеристики трансформаторного масла Т-1500 выяснилось, что медь изменяет его характеристики. Так, медь и сплав на ее основе – латунь Л63 повлияли сильнее на изменения электрической прочности, тангенса угла потерь и удельного объемного электрического сопротивления, чем медь, луженная припоем ПОС-40. Таким образом, в пропитанных трансформаторным маслом Т-1500 высоковольтных конструкциях, рассчитанных на длительный срок эксплуатации, все медные токоведущие части должны быть облужены, так как под воздействием электрического поля влияние меди усиливается [3].

Конструкции высоковольтных импульсных конденсаторов часто герметизируются с помощью резиновых уплотнений, поэтому очень важна совместимость пропитывающего диэлектрика с применяемой резиной, которая должна не только не ухудшить характеристики такого диэлектрика, но и не растворяться и сильно не набухать в нем.

При проведении испытаний на совместимость трансформаторного масла Т-1500 с различными типами резины, приведенными в таблице, было отмечено незначительное набухание ее в трансформаторном масле Т-1500 – от 1–2%.

Оказалось, что хуже всего совместима с трансформаторным маслом резина 51–1434. После взаимодействия с последней электрическая прочность трансформаторного масла снизилась на 34,7 %, в то время как другие типы резины показали снижение электрической прочности на 5,7–7,9%. Также трансформаторное масло Т-1500 после взаимодействия с резиной 51–1434 имело наибольший тангенс угла потерь и наименьшее значение удельного объемного электрического сопротивления.

На основе проведенных исследований по совместимости конструкционных материалов и трансформаторного масла Т-1500 можно сделать следующие выводы.

1. Рассмотренные образцы материалов не ухудшают такие электрофизические характеристики диэлектрика, как ϵ , $\operatorname{tg} \delta$ и ρ_v , снижают только его электрическую прочность.

2. В конструкциях электротехнических устройств, где используется трансформаторное масло Т-1500, не целесообразно применять полипропиленовую пленку.

3. В конструкциях электротехнических устройств, где используется трансформаторное масло Т-1500, все медные токоведущие части должны быть облужены.

4. Для эксплуатации в контакте с трансформаторным маслом Т-1500 могут быть рекомендованы следующие типы резины: МБС-М1, 51-1486 и ИРП-2052.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребенников И.Ю., Гунько В.И., Дмитришин А.Я., Онищенко Л.И., Швец И.С. О повышении удельных характеристик и ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов // Электронная обработка материалов. 2004. № 5. С. 70–74.

2. Поиск и выбор диэлектрических систем, обеспечивающих надежную работу конденсаторов в зависимости от ресурса и режима эксплуатации: Отчет о НИР (заключит.) / Ин-т импульсных процессов и технологий НАН Украины (ИИПТ); Руководитель Л.И. Онищенко.- №ГР0103U002221; Инв. №963-НС. Николаев, 2005. 66 с.

3. Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю.В. Корицкого и др. Т.1. 3-е изд. перераб. М.: Энергоатомиздат, 1986. 386 с.

Поступила 05.07.06

Summary

In the article is reviewed influencing structural materials on the basic electrophysical characteristics (electric strength, relative dielectric permability, loss tangent, per-unit-volume electric resistance) of insulating oil T-1500.
