

В рассчитанном однофазном трансформаторе бросок тока в момент включения равен 12,765 А, что составляет 84% номинального. Установившийся ток холостого хода равен 0,582 А и достигается спустя 1,5 секунды. В трехфазном трансформаторе бросок тока включения равен 24,29 А, что составляет 92% номинального. Установившийся ток холостого хода равен 1,053 А и достигается спустя 3 секунды. В данном случае величина тока не превышает номинального. Магнитный поток в однофазном трансформаторе достигает значения 0,06 Вб, что в 1,4 раза больше номинального, в трехфазном трансформаторе 0,1 Вб, что в 1,44 раза больше номинального значения.

Таким образом, при проектировании трансформаторов необходимо учитывать электромагнитные процессы при включении. Анализ переходных процессов в трансформаторе позволяет принимать обоснованные решения при разработке его конструкции и формировании требований к условиям эксплуатации трансформатора и средствам его защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васютинский С.Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. Ленинградское отделение издательства «Энергия», 1970. – 425 с.
2. Гольдберг О.Д., Хелемская С.П. Надежность электрических машин. – М.: Академия, 2010. – 288 с.
3. Серебряков А.С. Трансформаторы. Учебное пособие. – Княгинино: НГИЭИ, 2010. – 300 с.
4. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМНОГО ЗАРЯДА НА РАЗВИТИЕ РАЗРЯДА В ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКАХ СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЫ

Барсуков Д.А., Меркулов В.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Слоистые диэлектрики находят самое широкое применение в различных областях электротехники в качестве электрической изоляции в высоковольтных вводах, трансформаторах, электрических машин, изолирующих штанг и др. Электрическая прочность таких конструкций и, соответственно, надежность во многом определяется неоднородностью самих материалов и неоднородностью электрического поля, обусловленной особенностью этих конструкций.

Развитие пробоя в такой изоляции может развиваться по-разному за счет различия в значениях нормальной и тангенциальной составляющих напряженности электрического поля и будет зависеть от направления приложения электрического поля (вдоль или поперек слоев изоляции).

Установлено [1], что развитие всех этапов электрического старения сопровождается ионизационными процессами, интенсивность которых отражает динамику развития разряда, но не является определяющим фактором. Развитие частичных разрядов и, соответственно, ионизационных процессов приводит к образованию объемных зарядов. Эти заряды могут вызывать перераспределение электрического поля и, тем самым, оказывать влияние на длительность процесса старения. Поскольку контролировать такие объемные заряды достаточно сложно, в данной работе предполагается использование наведенного объемного заряда, возникающего при формировании термоэлектретов.

Целью статьи является оценка наличия и роли объемных зарядов в развитии разряда в процессе электрического старения слоистых диэлектриков.

При формировании термоэлектретного заряда было отмечено, что однородные диэлектрики малой толщины слабо подвержены поляризации при получении термоэлектретов. Композиционные диэлектрики, имеющие слоистую структуру, более подвержены поляризации [2]. Это связано с особенностью структуры таких диэлектриков, а именно, с наличием границы раздела слоев. Наличие границы раздела позволяет таким материалам сохранять поляризованное состояние в объеме диэлектрика на границах слоев с различной диэлектрической проницаемостью.

Измерение заряда электрета было проведено методом электростатической индукции с использованием пьезоэлектрического (виброизмерительного) преобразователя [3].

Испытания электрического старения были проведены на переменном напряжении частотой 50 Гц [4], в системе электродов игла – игла, создающих резко неравномерное электрическое поле. В качестве образцов использовалась комбинация из различных диэлектрических материалов (ПММА – имидофлекс, ПММА – полиимидная пленка). Расстояние между электродами составляло 20 мм. Количество образцов каждого материала при проведении испытаний составляло не менее 10.

Результаты экспериментов представлены в таблице 1, где $\sigma_{ср}$ – среднее значение поверхностной плотности заряда материала диэлектрика.

Таблица 1. Среднее время до пробоя образца

Наименование материала	Сред. время до пробоя, мин
Напряжение старения U=21 кВ	
Полиимидная пленка (без заряда)	205,1
Полиимидная пленка ($\sigma_{ср}=13,4$ пКл/м ²)	199
Напряжение старения U=26 кВ	
Имидофлекс (без заряда)	486,3
Имидофлекс ($\sigma_{ср}=59,3$ пКл/м ²)	322,8
Имидофлекс ($\sigma_{ср}=115$ пКл/м ²)	226,8
Напряжение старения U=28 кВ	
Имидофлекс (без заряда)	58,2
Имидофлекс ($\sigma_{ср}=59,3$ пКл/м ²)	36,3
Имидофлекс ($\sigma_{ср}=115$ пКл/м ²)	33,1

Также следует отметить, что в образцах полиимидной пленки пробой происходит с выходом разряда на поверхность с последующим перекрытием разрядного промежутка по поверхности материала (рис. 1). А при испытании образцов имидофлекса 292 наблюдается эффект заглибления канала разряда в материал диэлектрика (рис 2).



Рис. 1. Развитие разряда в композиции ПММА – полиимидная пленка



Рис. 2. Развитие разряда в композиции ПММА–Имидофлекс 292

Согласно полученным данным видно, что при использовании полиимидной пленки, имеющей толщину равную 25 мкм, при напряжении электрического старения равном 21 кВ, влияние объемного заряда электрета на время развития пробоя практически не проявляется. Можно предположить, что это связано с тем, что пробой происходит с выходом разряда на поверхность с последующим перекрытием разрядного промежутка по поверхности материала [5]. Поскольку полиимидная пленка представляет собой однородный материал, не имеющий границы раздела в объеме, то электретный заряд формируется только на поверхности пленки, что и определяет выход разряда на поверхность с последующим развитием разряда по воздушному промежутку.

В случае образцов имидофлекса, толщиной 200 мкм, имеющего трехслойную структуру (полиимидная пленка, стеклоткань, полиимидная пленка), практически во всех случаях развитие разряда наблюдается на границе раздела слоев [5]. Можно отметить, что при значениях приложенного напряжения равного 26 кВ, наблюдается значительное различие времени развития пробоя образцов в исходном состоянии и образцов с наведенным электретным зарядом. Причем, следует отметить, что величина объемного заряда также оказывает влияние на время до пробоя. Как видно из таблицы 1, чем выше значение наведенного электретного заряда, тем меньше время развития разряда. С ростом приложенного напряжения влияние величины объемного заряда уменьшается. Из приведенных результатов времени до пробоя при различных значениях объемного заряда видно, что образцы с зарядом имеют меньшее время развития разряда, однако величина объемного заряда не оказывает существенного влияния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почивалова А.В. Исследование разряда на границе раздела твердых диэлектриков. ВКР – Томск, 2006. – 126 с.
2. Сажин Б.И., Лобанов А.М., Романовская О.С. и др. Электрические свойства полимеров. Под ред. Б.И. Сажина. – Л.: Химия, 1986. – 224 с., ил.
3. Похолков Ю.П., Меркулов В.И., Петров А.В. Физика диэлектриков Лабораторный практикум. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 132 с.
4. Карпицкий О.В. Особенности развития разряда на границе раздела твердых слоистых диэлектриков при длительном воздействии приложенного напряжения - Томск: ТПУ, 2010 - т. 1. - с. 60-64.
5. Электрофизические проблемы применения твердых и комбинированных диэлектриков в технике высоких напряжений. Изд-во «Наука». Сибирское отделение. Новосибирск, 1974.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ОБМОТОК

Супуева А.С., Бекк П.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Опыт эксплуатации и многочисленные исследования не оставляют сомнений в том факте, что самым слабым с точки зрения надежности элементом низковольтной электрической машины является система изоляции. Согласно литературным данным, от 70% до 90% всех отказов происходят из-за пробоя межвитковой изоляции. Эксплуатационные перенапряжения не опасны для неповрежденной изоляции