

С. М. БУТКО, инженер, НТУ «ХПИ»;

В. П. КРАВЧЕНКО, зав.отд., НТУ «ХПИ»;

В. В. РУДАКОВ, д-р техн. наук, проф., зав.каф., НТУ «ХПИ»;

С. Н. СВИРИДОК, студент, НТУ «ХПИ»

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ КОНДЕНСАТОРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

Наведені результати експериментальних досліджень електрофізичних характеристик секцій високовольтних конденсаторів з підвищеним вмістом поліпропіленової плівки

Results over of experimental researches of electrophysics descriptions of sections of high-voltage capacitors are brought with enhanceable maintenance of polypropylene film

Актуальность работы. Для обеспечения частотных режимов импульсных высоковольтных конденсаторов наиболее эффективно применение пропитанной бумажно-полипропиленовой изоляции [1,2]. Предварительные расчеты показывают, что можно увеличить удельную энергию до 20 % и существенно снизить тангенс угла диэлектрических потерь, увеличивая процентное содержание полипропиленовой пленки более 50 %. В конструкциях конденсаторов с комбинированным диэлектриком слои пленки и бумаги чередуют с расположением бумаги у обкладок [3]. При этом процентное содержание пленки не превышает 50 % при практически одинаковой толщине листа бумаги и листа пленки. Представляет интерес оценить электрофизические характеристики (тангенс угла диэлектрических потерь и кратковременную электрическую прочность) комбинированной изоляции с более высоким значением процентного содержания пленки, что позволит упростить технологию.

Целью данной работы является определение возможности использования толстой полипропиленовой пленки (неэлектротехнического назначения, дешевой), для создания высоковольтных импульсных пропитанных бумажно-пленочных конденсаторов с высоким содержанием пленки. При этом решались следующие задачи: определение кратковременной электрической прочности на постоянном напряжении полипропиленовой пленки с разной толщиной листа и различного назначения; определение тангенса угла диэлектрических потерь и кратковременной электрической прочности на переменном напряжении комбинированной трех- и пятислойной, а также пленочной двухслойной изоляции, пропитанных касторовым маслом; определение влияния процесса сушки на электрофизические характеристики.

Определение **кратковременной электрической прочности** полипропиленовой пленки на постоянном напряжении. Определена кратковременная электрическая прочность двухслойных конструкций из полипропиленовой пленки (толщина слоя составила 12 мкм для электротехнической пленки,

20мкм и 40мкм для пленки неэлектротехнического назначения) на постоянном напряжении в слабонеоднородном электрическом поле между плоскими дисковыми электродами с диаметром 80 мм без заливки касторовым маслом. Электрическая прочность образцов составила от 350 до 375 кВ/мм для всех трех вариантов двухслойных конструкций. Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. Напряжение на образцах плавно повышалось до момента, когда расчетная напряженность электрического поля в пленке составляла 150 кВ/мм. Затем подъем напряжения осуществлялся ступенями с интервалом в 1 кВ с выдержкой на каждой ступени в течение минуты. Пробой фиксировался по показанию киловольтметра С196. Проведенные испытания показали, что электрическая прочность пленки различного назначения практически одинакова и не зависит от толщины в слабонеоднородном электрическом поле. Учитывая это обстоятельство, проведены высоковольтные испытания реальных конденсаторных секций, пропитанных касторовым маслом.

Определение тангенса угла диэлектрических потерь и электрической прочности реальных плоско-мотанных секций с учетом термовакуумной сушки. Для проведения испытаний изготовлены пять тиров секций: 1) пятислойный диэлектрик (БПБПБ), с чередующимися слоями конденсаторной бумаги (Б) с толщиной слоя 10 мкм и полипропиленовой пленки (П) с толщиной слоя 40 микрон; 2) трехслойный диэлектрик (БПБ); 3) двухслойный диэлектрик (ПП); 4) пятислойный диэлектрик (БПБПБ); 5) трехслойный диэлектрик (БПБ). Причем секции (1и 2) прошли традиционный цикл сушки и пропитки касторовым маслом; (3)-(5)не подвергались термосушке, а просто залиты касторовым маслом того же качества, что и секции (1) и (2). Определены значения тангенса угла диэлектрических потерь с помощью измерительного устройства ИПИ-10-МИ (рис. 1). Принцип работы прибора основан по принципу работы вектометра (измерение параметров комплексного сопротивления). В состав измерителя входит высоковольтный блок, к которому подключается исследуемый конденсатор малой емкости C_x , выносной блок индикации. Диапазон измерения емкости при частоте 50 Гц от 25 пФ до 30 мкФ при испытательном напряжении до 10 кВ и от 50 пФ до 3 мкФ при напряжении до 5 кВ. Диапазон измерения тангенса угла диэлектрических потерь от 5×10^{-4} до 0,3. ИПИ-10 позволяет проводить измерения по нормальной и инверсной схемам измерения, что обеспечивает измерение параметров изоляции конденсаторов как с изолированными, находящимися под высоким потенциалом выводами конденсатора (прямая схема (рис. 1)), так и с заземленным одним выводом (инверсная схема). На рис. 1 представлен источник переменного напряжения, измеряемый конденсатор C_x , высоковольтный блок ИПИ-10. Связь между высоковольтным блоком и блоком индикации, расположенным на расстоянии 5-7 метров от высоковольтного блока, осуществляется по радиоканалу в диапазоне частот 845-945 МГц при выходной мощности передатчика 1 мВт, установленном в высоковольтном блоке. Определение тангенса угла диэлектрических потерь проводилась с интервалом 1 кВ в диапазоне значений переменного напряжения 1-10 кВ. На рис. 2 приведены кривые зависимости тангенса угла

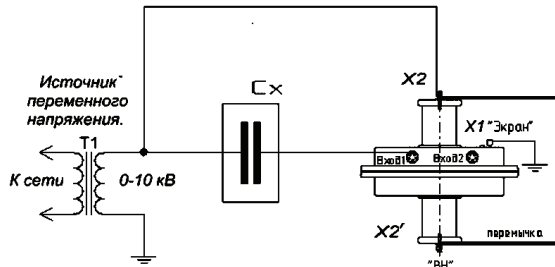
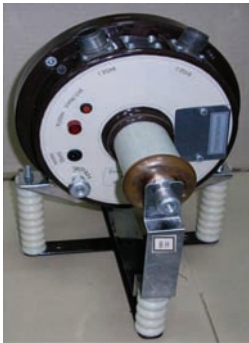


Рисунок 1 – Измерительное устройство ИПИ-10-МИ [4]

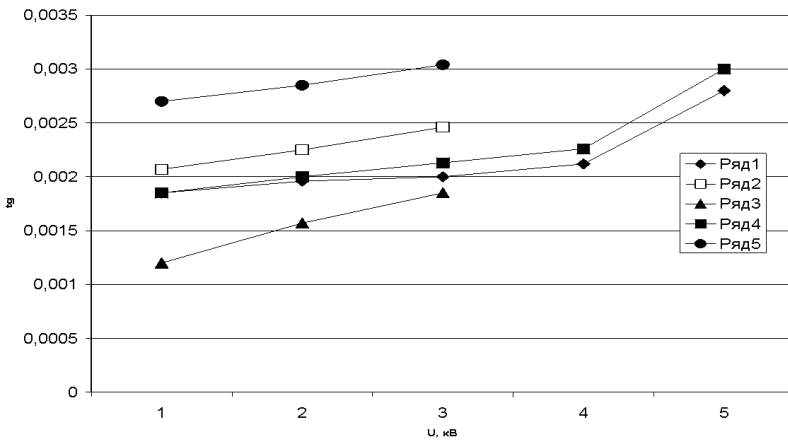


Рисунок 2 – Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от напряжения

диэлектрических потерь в зависимости от величины напряжения для всех типов секций (номер ряда соответствует номеру типа секции). Анализ кривых показывает, что тангенс угла диэлектрических потерь практически не отличается для пятислойных сушеных и несушеных секций с содержанием пленки около 75 % (незначительно больше у несушеных секций). Тангенс угла диэлектрических потерь для трехслойных секций с содержанием пленки около 67 % выше у несушеных секций до 20 %. Наблюдается также более крутая зависимость увеличения тангенса угла диэлектрических потерь трехслойной и двухслойной изоляции с ростом напряжения, чем для пятислойных секций. Такой рост обусловлен более высокими значениями напряженности электрического поля в диэлектрике с меньшей общей толщиной). А электрическая прочность сушеных и несушеных секций на переменном напряжении практически одинакова и составила при действии напряжения до 1 минуты: (6-8,2) кВ или напряженности электрического поля (100-137) кВ/мм для трехслойных секций и соответственно (8,5-10) кВ или (77-99) кВ/мм для пятислойных. Наимень-

шее пробивное напряжение 3 кВ или электрическая прочность 38 кВ/мм – у двухслойной полипропиленовой изоляции. Такие же низкие значения ресурса наблюдаются у секций из электротехнической полипропиленовой пленки, пропитанной касторовым маслом при ресурсных испытаниях [5].

Выводы. Таким образом, предварительные результаты по результатам экспресс испытаний оценки электрической прочности и тангенса угла диэлектрических потерь показали, что возможно применение несущей комбинированной изоляции, содержащей толстые слои полипропиленовой упаковочной пленки. Применение диэлектрика в виде чистой пленки без бумаги при пропитке касторовым маслом является нецелесообразным. Необходимо провести дальнейшие исследования по определению ресурса для секций с комбинированной изоляцией с большим содержанием пленки (более 50%), пропитанных трансформаторным маслом в режимах импульсного воздействия напряжения.

Список литературы: 1. *Кравченко Ю.В., Рудаков В.В.* Характерный размер «напряженного объема» высоковольтных фольговых импульсных конденсаторов // Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ «ХП», 2010. – № 34. – С. 89-95. 2. *В.В.Рудаков, Ю.В.Кравченко* Ресурс пленочной полипропиленовой изоляции, пропитанной нефтяным маслом, в импульсном режиме // Вісник НТУ «ХП» «Техніка і електрофізика високих напруг». – Харків: НТУ «ХП», 2007. – № 20. – С. 167-174. 3. *Кучинский Г.С., Галахова Л.Н.* Выбор допустимых рабочих напряженностей в силовых конденсаторах с пропиткой экологически безопасными диэлектриками // Электричество. – 1999. – № 1. – С. 33-38. 4. Измеритель параметров изоляции высоковольтный ИПИ-10 // Руководство по эксплуатации ИПИ-10 00.00.00РЭ. 5. *В.В.Рудаков, Ю.В.Кравченко, Д.А.Доценко* Ресурс пленочной полипропиленовой изоляции, пропитанной касторовым маслом, в импульсном режиме // Вісник НТУ «ХП» «Техніка і електрофізика високих напруг». – Харків: НТУ «ХП», 2006. – № 37. – С. 113-118.

Поступила в редколлегию 21.03.2011.