

УДК 621.1.050

СПОСОБ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА**Б.И. Невзлин, А.И. Сырцов, Дж.М.Дж. Джасим***Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, кв. Молодежный, 20а, г. Луганск, 91034, uni@snu.edu.ua, (0642) 41-22-25**Запропоновано спосіб підтримки високого рівня найважливішої характеристики трансформаторної олії – електричної міцності шляхом підвищення солевмісту вологи, що знаходиться в олії.**Ключові слова: електрична міцність, вологість, діелектрична проникність, солевміст, трансформаторна олія, електричне поле, пробивна напруга.**Предложен способ поддержания высокого уровня важнейшей характеристики трансформаторного масла – электрической прочности путем повышения соледержания влаги, находящейся в масле.**Ключевые слова: электрическая прочность, влажность, диэлектрическая проницаемость, соледержание, трансформаторное масло, электрическое поле, пробивное напряжение.**The modern methods of determining moisture content in transformer oil were led. There were given offers on selecting the priority of them.**Key words: moisture content, transformer oil, instrument, precision, dielectric properties, the test result.*

Силовые трансформаторы – наиболее ответственные и дорогостоящие элементы в системе распределения электрической энергии. Наиболее опасные повреждения с точки зрения недоотпуска электроэнергии, финансовых потерь и возможности восстановления трансформаторного электрооборудования – это именно внутренние повреждения обмоток силовых трансформаторов. Одной из причин таких повреждений является внутренний пробой витковой изоляции в результате деструкции изоляции под воздействием эксплуатационных факторов и действия частичных разрядов в месте будущего пробоя. Поэтому электрическая прочность – одна из важнейших характеристик трансформатора, определяющая его надежность и пригодность в эксплуатации. Как показано в работе [1], электрическая прочность трансформаторного масла (ТМ) весьма существенно зависит от содержания в нем воды – при повышении влажности от сухого масла до 0,02% пробивное напряжение снижается с 20 до 4 кВ / мм.

Там же высказано предположение, что такое резкое снижение электрической прочности ТМ вызвано тем, что относительная диэлектрическая проницаемость (ДП) воды (81 при температуре 10°C [2]) многократно превышает относительную ДП масла (около 2,2 при тех же условиях).

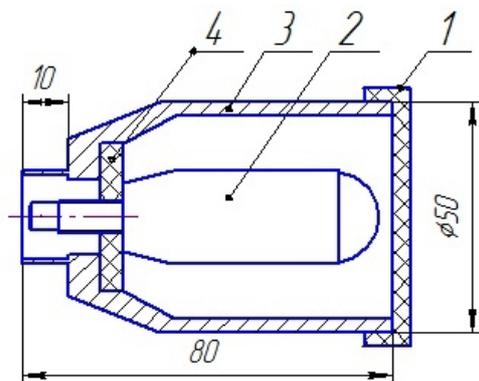
При воздействии сил электрического поля

частицы воды, эмульгированной в ТМ, втягиваются в места с наибольшей напряженностью поля, где и развивается пробой.

Косвенным подтверждением высказанного предположения является приведенная в той же работе зависимость электрической прочности влажного ТМ от температуры, где минимум пробивного напряжения приходится на температуру около 0°C, при которой относительная ДП воды около 84 единиц, а с повышением температуры пробивное напряжение значительно возрастает, почти достигая значения пробивного напряжения сухого масла при температуре 60÷80°C, когда относительная ДП воды около 60 единиц. Тому же способствует и переход воды из состояния эмульсии в состояние раствора, приводящее к снижению относительной ДП. Как показали результаты исследования ДП влажных материалов, в частности Донецкого угля, его ДП в немалой степени зависит от соледержания воды, находящейся в угле [2].

Исследования были проведены следующим образом. Контролируемый материал, который представляет собой уголь, увлажненный водой с определенным содержанием соли, помещали в коаксиальный измерительный преобразователь (ИП) (рис. 1) при постоянном уплотнении, например, одинаковым весом. Затем измерителем импеданса типа ВМ-508

определяли полное сопротивление z и угол ϕ между напряжением и током измерителя. Затем по измеренным значениям z и ϕ , а также ранее определенным параметрам ИП находят по известным формулам относительную ДП материала. Затем производят смену материала в ИП и сравнивают их ДП между собой.



1 – шайба; 2 – внешний электрод;
3 – внутренний электрод; 4 – крышка

Рисунок 1 – Коаксиальный измерительный преобразователь

В результате добавления в воду 0,5 % NaCl ее относительная ДП снизилась на 15%. Это можно объяснить тем, что, судя согласно [3], каждая молекула соли связывает 14 молекул воды (атом Na связывает 6 молекул воды, а атом Cl связывает 8 молекул воды [3]), образуя 1-й гидратный слой, вследствие чего ДП воды становится равной ДП связанной воды (4,5), приближаясь к ДП масла.

Необходимо отметить, что существование 1-го гидратного слоя может быть причиной возникновения 2-го гидратного слоя, созданного однополярно ориентированными (под действием диссоциированной соли) молекулами воды. Ряд исследователей [4, 5] отмечают существование в природе 2-х мономолекулярных слоев связанной воды с характерными ее параметрами: ДП=4,5; плотность до 1,74 т/м³; практически полное отсутствие электропроводности, что представляется чрезвычайно важным в условиях

существования сильного электрического поля трансформатора.

Это предположение устанавливает предполагаемую причину снижения электрической прочности ТМ: высокая относительная ДП воды по сравнению с ДП ТМ, из чего следует технический способ повышения электрической прочности ТМ – предварительно установить такую величину содержания масла, чтобы любое (в разумных пределах) попадание воды в масло не приводило к переходу воды в свободное состояние, следствием которого будет понижение электрической прочности ТМ.

ВЫВОД

Для повышения электрической прочности ТМ до первоначальных пределов (порядка 20 кВ/мм) необходимо, чтобы соль, находящаяся в масле, обеспечивала связанное состояние воды при любом количестве попадания ее в трансформатор.

1. Сырцов А.И. Влияние влаги на свойства трансформаторного масла / А.И. Сырцов, Б.И. Невзлин, А.С. Захарчук, М.Д. Джасим // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – 2009 - № (20) - ч. 11. – С. 58-61. 2. Невзлин Б.И. Исследование влияния параметров потока угля на точность электроемкостного преобразователя и разработка приборов бесконтактного контроля влаж-ности угля : дисс. на соиск уч ст. канд. техн. наук / Б.И. Невзлин. - Моск институт. Приборостроения, 1988. – 309 с. 3. Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов. – 23-е изд. / Под ред., В.А. Рабиновича. – Л.: Химия, 1983. – 704 с. 4. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1950. – 416 с. 5. Долгов С.И. Исследование подвижности почвенной влаги и ее доступность для растений / С.И. Долгов. – М. – Л.: Агропромиздат, 1948. – 238 с.

Поступила в редакцію 06.04.2011 р.

Рекомендував до друку докт. техн. наук,
проф. Кісіль І.С.