

Д. А. СЕМЕНОВ

УСТРОЙСТВО С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

***Ключевые слова:** диагностики высоковольтной изоляции, заряд абсорбции, ток абсорбции, напряжение саморазряда, возвратное напряжение постоянные времени саморазряда, схема замещения корпусной изоляции трансформатора, износ изоляции.*

***Аннотация.** Предложено устройство для диагностики состояния корпусной изоляции распределительных трансформаторов по напряжению саморазряда и возвратному напряжению.*

Электрические установки могут нормально работать лишь с исправной изоляцией. В процессе эксплуатации из-за увлажнения, перегрева, динамических нагрузок и перенапряжений происходит общее старение изоляции, т.е. ухудшение ее физико-химических характеристик. В изоляции возникают распределенные и местные дефекты, которые в конечном итоге приводят к пробое изоляции.

Ресурс изоляции, как правило, определяет и ресурс электрооборудования. Многочисленные исследования показали, что в подавляющем числе случаев причиной отказов электрооборудования является нарушение работы его изоляционной системы. При этом основная доля отказов приходится на долю корпусной или главной изоляции.

Чтобы своевременно выявлять развивающиеся дефекты и не допускать внезапных пробоев электрической изоляции, приводящих к авариям, свойства ее в процессе эксплуатации периодически проверяют. Такие мероприятия обеспечивают поддержание необходимой степени надежности электрооборудования в процессе его эксплуатации. Периодический контроль с целью прогнозирования расходования ресурса электрооборудования необходим и для обоснования выбора очередности замены этого оборудования. Это особенно важно на современном этапе эксплуатации энергетических установок.

Периодичность и нормы испытаний устанавливаются действующими стандартами, правилами технической эксплуатации и ведомственными инструкциями для каждого вида оборудования. При такой системе обслуживания контроль и ремонт оборудования производят по заранее нормированному времени эксплуатации.

Как показывает практика, в нашей стране и за рубежом такая система технического обслуживания и ремонта не является оптимальной. Большие резервы повышения эффективности эксплуатации электрооборудования заложены в системе обслуживания по реальной потребности или по реальному техническому состоянию. Переход к такой системе невозможен без использования современных приборных средств, основанных на надежных и научно обоснованных методах выявления дефектов и оценки технического состояния изоляции. Эти вопросы решает техническая диагностика [1,2]. Именно диагностика является тем основным инструментом, с помощью которого можно обоснованно продлить «срок жизни» электрооборудования, предупредить аварии в энергосистемах и снизить затраты на ремонты электрооборудования.

В технической диагностике настоящее время различают два направления развития: диагностика оборудо-

вания в отключенном состоянии – *тестовая диагностика* и диагностика оборудования под рабочим напряжением в процессе его функционирования – *функциональная или рабочая диагностика*.

Эти два направления различаются между собой методами и аппаратурой для их реализации.

Известно, что о состоянии изоляции и степени ее старения судят по току утечки и по току абсорбции, или точнее, по коэффициенту абсорбции, который определяют как отношение одноминутного значения сопротивления изоляции к пятнадцатисекундному ее значению. В зарубежной практике вместо коэффициента абсорбции вводят индекс поляризации, который определяют как отношение десятиминутного значения сопротивления изоляции к одноминутному ее значению. В некоторых случаях наряду с индексом поляризации нормируют коэффициент диэлектрической абсорбции (DAR), вычисляемый как отношение одноминутного значения сопротивления изоляции к тридцатисекундному ее значению.

Коэффициент абсорбции и индекс поляризации дают объективную оценку состояния изоляции, так как учитывают заряд абсорбции, поглощенный в системе изоляции. Однако контроль заряда абсорбции по току абсорбции неудобен тем, что ток абсорбции мал и промышленные помехи сильно искажают его. Поэтому удобнее пользоваться другими методами обнаружения явления абсорбции. Так, например, на практике можно применить метод измерения *напряжения саморазряда и возвратного напряжения*. Рассмотрим подробнее эти явления.

С учетом электропроводности и поляризации схема замещения диэлектрика как участка изоляции в простейшем случае может быть представлена параллельным соединением резистора R и конденсатора C (рис.1).

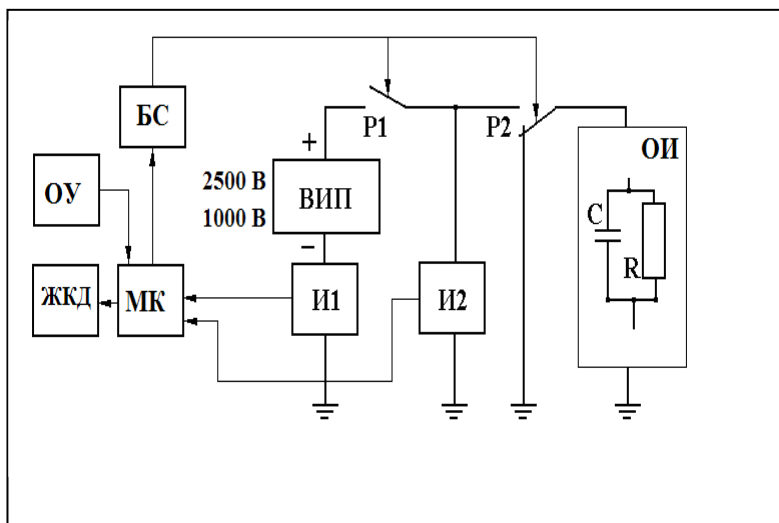


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для измерения напряжения саморазряда и возвратного напряжения: ВИП – высоковольтный источник питания с напряжением 1000 В и 2500 В, ОИ – объект испытания, P1, P2 – высоковольтные управляемые реле, И1 – измеритель тока, И2 – измеритель напряжения, МК – программируемый микроконтроллер, БС – блок сопряжения, ЖКД – жидкокристаллический дисплей, ОУ – органы управления

В действительности главная или корпусная изоляция силовых трансформаторов представляет собой сложную систему изоляции, которая состоит из нескольких изоляционных элементов, различных по конструкции и по электрическим параметрам. Комбинация нескольких диэлектриков с разными электрическими параметрами позволяет получить наиболее благоприятные свойства изоляционной конструкции. Это обстоятельство делает главную изоляцию неоднородной. Поэтому корпусная изоляция представляется схемой замещения, состоящей не из одного слоя, а из нескольких слоев (трех и более), каждый из ко-

тых имеет свое сопротивление, емкость и постоянную времени (рис.2).

Поэтому на схеме замещения система изоляции как объект испытания ОИ представляется последовательным соединением RC-цепочек (рис. 1 и рис. 2), причем произведения RC для каждого слоя разные, что и делает систему изоляции неоднородной.

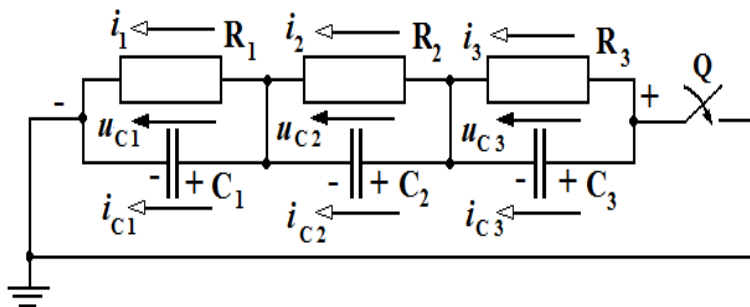


Рисунок 2 – Схема замещения трехслойной изоляции при ее разряде на землю

Если зарядить объект испытания, то есть неоднородную изоляцию от источника постоянного напряжения до напряжения U_0 , а затем отключить от источника и оставить разомкнутой, то заряженные конденсаторы будут постепенно разряжаться на свои резисторы. При этом напряжение на изоляции u_c , называемое напряжением саморазряда, будет представлять собой сумму затухающих экспонент с разными постоянными времени τ .

Постоянная времени саморазряда каждого слоя изоляции определяется выражением $\tau = RC$. Она измеряется в секундах и равна тому промежутку времени, в течение которого напряжение на конденсаторе C уменьшится в $e=2,718$ раза. Чем больше постоянная времени, тем медленнее идет процесс саморазряда. Если представить себе,

что в качестве изолятора используется диэлектрик прямоугольной формы, площадь поперечного сечения которого S , а толщина h , то формула для постоянной времени τ примет вид:

$$\tau = RC = \rho_V \frac{h}{S} \cdot \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{h} = \epsilon_0 \epsilon_r \rho_V. \quad (1)$$

Здесь ρ_V – удельное объемное сопротивление диэлектрика, ϵ_0 – электрическая постоянная, ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика. Из формулы (1) следует важный вывод: постоянная времени саморазряда изоляции $\tau = RC$ не зависит от геометрических размеров изоляции, а определяется исключительно свойствами изоляции ϵ_r и ρ_V . Более строгий анализ показывает, что постоянная времени не зависит и от формы изоляции.

Опыт, в котором наблюдается возвратное напряжение, состоит в следующем. Неоднородная изоляция заряжается в течение одной минуты при постоянном напряжении и на конденсаторах отдельных слоев накапливаются заряды. Причем, заряды на слоях не равны друг другу. Затем изоляция отключается от источника постоянного напряжения и ее электроды замыкаются накоротко на очень малый промежуток времени Δt , после чего вновь размыкаются. За время Δt емкости слоев не успевают полностью разрядиться. Поглощенный заряд абсорбции практически остается неизменным. После размыкания внешних электродов изоляции конденсаторы вновь оказываются соединенными последовательно и будут разряжаться на сопротивления утечки своих слоев с разными скоростями, т.к. постоянные времени слоев неодинаковы. На изоляции появится напряжение u_6 , которое называют возвратным

напряжением. По значению и форме возвратного напряжения можно судить о состоянии изоляции.

Для измерения рассмотренных выше параметров: сопротивления изоляции, коэффициента абсорбции, кривой саморазряда и возвратного напряжения авторами разработано устройство, приведенное на рис.1. Устройство снабжено программируемым микроконтроллером и позволяет измерять каждый из указанных параметров изоляции в течение одной минуты через каждую секунду.

На рис. 3 приведены временные диаграммы процесса измерения параметров изоляции.

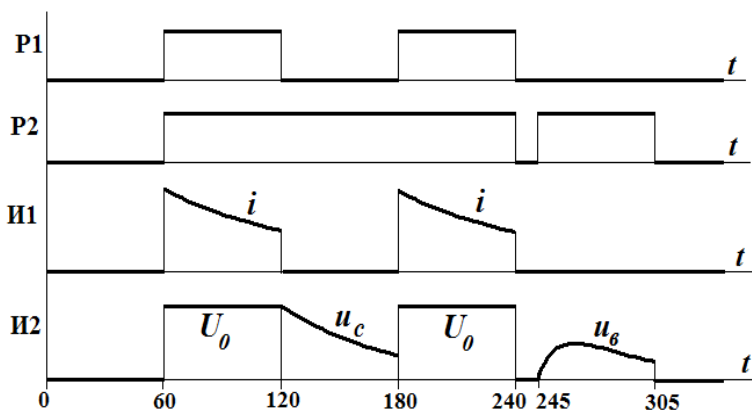


Рисунок 3 – Временные диаграммы процесса измерения параметров изоляции

С помощью этого прибора были измерены параметры изоляции различных трансформаторов, которые расположены в РЭС Княгининского района. Результаты испытаний по нескольким трансформаторам д. Урги, проведенные с этим прибором, даны в статье Семенов Д. А. «Мониторинг изоляции трансформаторов в процессе эксплуатации».

ЛИТЕРАТУРА

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования / Под общей редакцией Б. А. Алексеева, Ф. Л. Когана Л. Г. Мамиконянца. – М.: Издательство НИЦ ЭНАС, 2001. 256 с.
2. Серебряков А. С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта .М.: Маршрут, 2005. 280 с.

GADGET WITH MICROPROCESSING MANAGEMENT FOR DIAGNOSTIC ISOLATION OF ELECTRO-EQUIPMENT

***Keywords:** diagnostics of the high-voltage isolation, charge of absorption, absorption current, voltage of self category, reflexive voltage of constant time of self category, scheme of recharging of corpus isolation of transformer, wear of isolation.*

***The summary.** The arrangement for diagnostics of a condition of case isolation of distributive transformers on a pressure of the self-category and a returnable pressure is offered.*

СЕМЕНОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ – преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (xxxmy@mail.ru).

SEMENOV DMITRII ALEXANDROVICH – the teacher of the chair-re Electrification and automatization, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (xxxmy@mail.ru).
