

## ДИАГНОСТИКА ВЕНТИЛЬНЫХ РАЗРЯДНИКОВ ТИПА РВС

Лавринович В. А., Старцев А. М., Старцева Е. В.

*(Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30)*

В работе [1] рассмотрены принципы диагностирования высоковольтных трансформаторов и определения их остаточного ресурса по совокупности целого комплекса показателей, в то время как отраслевые документы, регламентирующие порядок профилактики изоляции высоковольтного оборудования, например [2], направляют все усилия по диагностике на получение ответа: находится ли оборудование в данный момент в работоспособном состоянии. В настоящее время актуальна задача разработки методов оперативной диагностики для определения не только пригодности оборудования к дальнейшей эксплуатации, но и прогнозирования его остаточного ресурса. Это необходимо, как с точки зрения повышения надежности электроснабжения, так и планирования экономических затрат на замену выработавшего ресурс оборудования. В связи с этим стоит задача поиска новых методов и средств диагностики для определения возможности дальнейшей эксплуатации оборудования, прежде всего оборудования, которое формально выработало свой ресурс.

Нами предпринята попытка оценки остаточного ресурса вентильных разрядников типа РВС. Такая задача не является простой и не может быть решена путём проведения типовых профилактических испытаний. Для вентильных разрядников объём испытаний включает в себя три вида проверок и испытаний.

1) Измерение сопротивления элемента разрядника. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции элемента не нормируется. Для оценки изоляции сопоставляются измеренные значения сопротивлений изоляции элементов одной и той же фазы разрядника; кроме того, эти значения сравниваются с сопротивлением изоляции элементов других фаз комплекта или данными завода-изготовителя.

2) Измерение тока проводимости (тока утечки), производится от источника выпрямленного напряжения, с помощью испытательной установки типа АИИ-70 или АКН-50. Для измерения токов используется магнитоэлектрический микроамперметр типа М1200 или ему подобный с пределами измерения до 1,5 мА класса точности 0,5. Существует метод измерения тока проводимости вентильного разрядника под рабочим напряжением. Этот метод обладает тем преимуществом, что не требует вывода оборудования из работы. Однако вследствие отсутствия серийно изготавливаемых приборов для измерения тока проводимости под рабочим напряжением этот метод

контроля разрядников еще не вошел в нормативно-технические документы (действующие Правила технической эксплуатации, Нормы испытания электрооборудования).

### 3) Измерение пробивных напряжений при промышленной частоте.

Метода диагностики остаточного ресурса вентильных разрядников в настоящее время не существует. В таких обстоятельствах существенно приблизиться к решению указанной задачи позволяет метод поэлементного обследования, на основе результатов которого с применением экспертных оценок может быть получена вероятностная оценка остаточного ресурса вентильного разрядника. Такими элементами являются: рабочее нелинейное сопротивление и искровые промежутки. Известно, что рабочим сопротивлением в РВС являются вилитовые диски из электротехнического карборунда с запорным слоем из окиси кремния. Коэффициент вилитности вилитовых дисков при токах до 1000-2000 А составляет  $\alpha=0,28-0,3$  [3]. Однако слабое место в вилитовых дисках – гигроскопичность. Увлажнение сопровождается повышением остающихся напряжений на 15-20% за счет более глубокого окисления зерен карборунда в присутствии влаги, что приводит к резкому снижению пропускной способности дисков. В эксплуатации увлажнение проявляет себя ростом тока проводимости и уменьшением сопротивления разрядника, согласно [2]. Попытки восстанавливать вилитовые диски путём их сушки не приводят к положительному результату, так как процесс их деградации оказывается необратимым. Степень увлажнения и остаточный ресурс вилитовых дисков, как правило, неизвестны. Нами был проведен анализ состояния элементов вентильных разрядников не прошедших стандартные испытания с целью выявления возможности выбрать отдельные диски, которые могут быть пригодны для дальнейшей эксплуатации в соответствии с ГОСТ 16357–83. Все элементы вентильного разрядника целесообразно разбить на две группы: блоки искровых промежутков и нелинейные элементы.

Блоки искровых промежутков. В этой группе элементов наблюдается два основных дефекта: пробой изоляционной прокладки из слюды, располагаемой между двумя пластинами одиночного искрового промежутка (рис. 1) и разрушение резистора для распределения напряжения по блокам искровых промежутков (рис. 2). Из рассмотренных и забракованных вентильных разрядников не было обнаружено одиночных искровых промежутков с большой эрозией поверхности электродов в месте разряда, хотя такой дефект теоретически возможен. Указанные выше дефекты блоков искровых промежутков легко устранимы заменой соответствующего элемента.



Рис. 1. Вид пробитой прокладки из слюды



Рис. 2. Дефект резистора, распределяющего напряжения по блокам искровых промежутков

**Нелинейные элементы.** В этой группе визуальным осмотром отбраковываются элементы с явными механическими дефектами: сколами, трещинами, глубокими царапинами. Количество элементов с такими дефектами незначительное.

У остальных нелинейных элементов была снята вольтамперная характеристика на постоянном напряжении, для этого использовалась схема, приведенная на рис. 3. Установка позволяла проводить измерения при токе через нелинейный элемент до 200 мА, погрешность измерения тока и напряжения не превышала 5%.

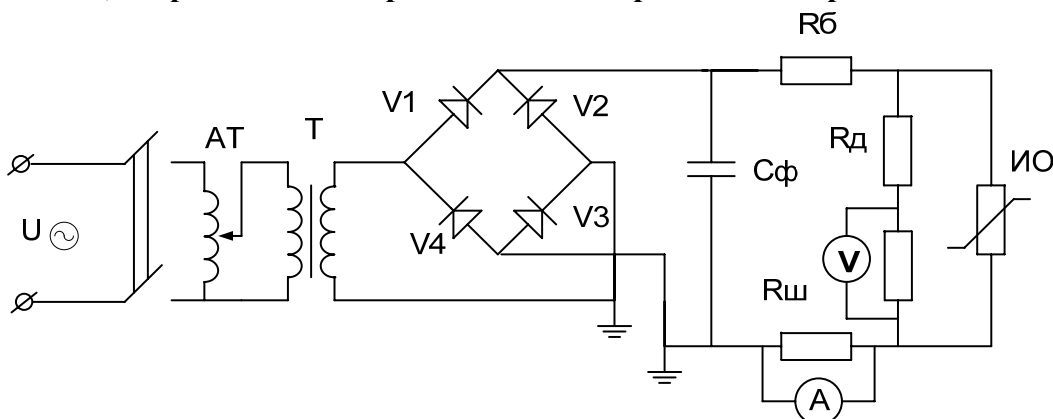


Рис. 3. Схема установки для снятия вольтамперных характеристик на постоянном напряжении: AT – регулировочный автотрансформатор; T – высоковольтный трансформатор; V1-V4 – выпрямители; Rб – балластное сопротивление; Cf – сглаживающий фильтр; Rш – сопротивление шунта; Rd – сопротивление делителя; V – вольтметр; A – амперметр; ИО – испытуемый объект (нелинейный элемент вентильного разрядника)

Сравнение полученной вольтамперной характеристики со стандартной, рекомендованной в [3] (рис. 4) позволяет сразу же отбраковать нелинейные элементы, не удовлетворяющие стандарту [3]. Количество таких элементов составило, примерно 40% от общего количества обследуемых.

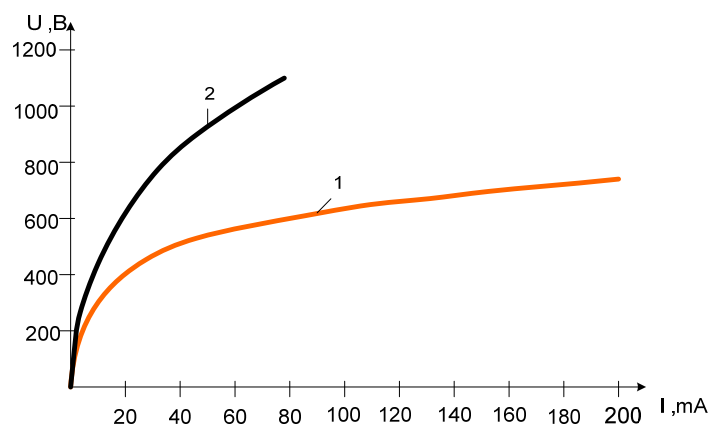


Рис. 4. Вольтамперные характеристики, снятые на постоянном напряжении: 1 – стандартная; 2 – полученная экспериментально на нелинейных элементах, которые по этой ВАХ были забракованы

У остальных элементов была снята вольтамперная характеристика при пропускании через них волны тока 8/20 мкс амплитудой до 10 кА. Схема установки, которая использовалась для этих целей, приведена на рис. 5.

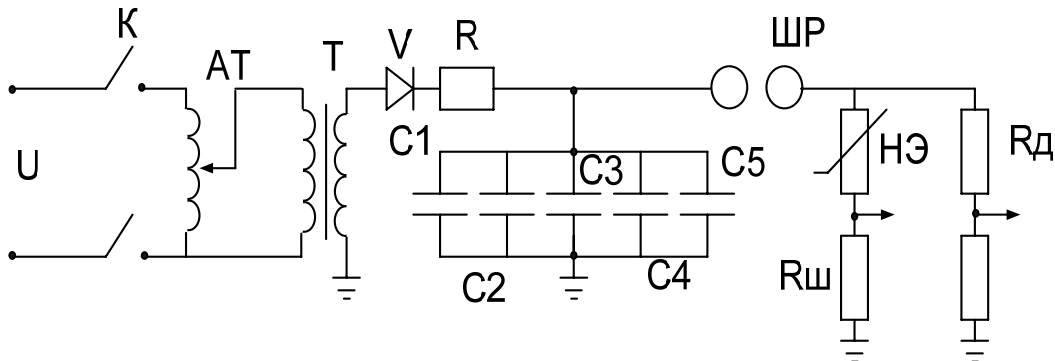


Рис. 5 – Принципиальная схема генератора импульсных токов: АТ – регулировочный автотрансформатор; Т – высоковольтный трансформатор; V – выпрямитель высоковольтный; R – защитное сопротивление; C1-C5 – высоковольтные конденсаторы типа ИК-100-0,1 (ШР – шаровой разрядник; Rд – омический делитель напряжения; Rш – токовый шунт; НЭ – испытуемый нелинейный элемент вентиляционного разрядника

Посредством осциллографа «Tektronix» TDS3032B регистрировалось напряжение на нелинейном элементе и ток. По полученным осциллограммам строилась вольтамперная характеристика. Типичные наблюдаемые вольтамперные характеристики приведены на рис. 6.

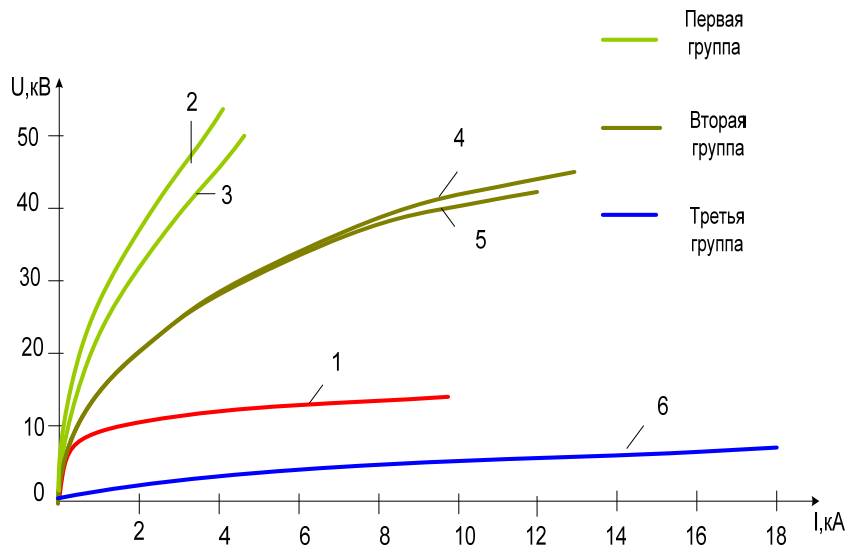


Рис. 6. Экспериментально полученные вольтамперные характеристики нелинейных элементов, взятых из разных вентиляных разрядников: 1 – стандартная; 2,3 – полученные при амплитуде тока 12кА; 4 – полученная при амплитуде тока 20кА; 5 – полученная при амплитуде тока 10кА; 6 – полученная при амплитуде тока 26кА.

Из приведенных вольтамперных характеристик видно, что нелинейные элементы можно разбить на две группы. В первую группу входят элементы, у которых коэффициент нелинейности  $\alpha$ , определенный из полученной вольтамперной характеристики, превышает нормируемые стандартом значения. Такие элементы следует считать не пригодными для дальнейшего использования. Во вторую группу входят элементы с коэффициентом нелинейности  $\alpha$  ниже нормируемых значений. Эти элементы были подвергнуты дальнейшим испытаниям посредством пропускания нескольких импульсов тока стандартной волны 8/20 мкс амплитудой порядка 10 кА (энергия, запасаемая в генераторе импульсных токов и рассеиваемая в нелинейном элементе при одном испытании, составляла 0,6 кДж). На рис. 7 приведена зависимость коэффициента нелинейности  $\alpha$  от выделенной в нелинейном элементе энергии (количества срабатываний вентиляного разрядника при токе 10кА).

Из графика видно, что деградация нелинейного элемента происходит постепенно по мере накопления общего количества энергии рассеянной в нем. Таким образом, можно определить какое количество импульсов  $N$  нелинейный элемент способен пропустить с учетом ожидаемого максимального тока при ограничении перенапряжений до достижения предельно допустимого коэффициента нелинейности  $\alpha$ . По кривой, приведенной на рис. 7 можно прогнозировать остаточный ресурс нелинейного элемента.

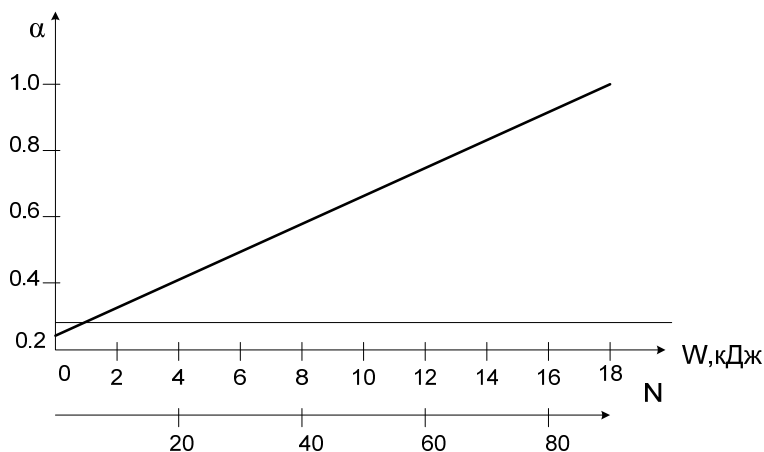


Рис.7. Зависимость коэффициента  $\alpha$  от выделенной в нелинейном элементе энергии  $W$  ( $N$  – количества срабатываний вентильного разрядника при токе 10кА).

**Выводы.** Результаты работы показывают, что возможно восстановление вентильных разрядников из элементов выбракованных вентильных разрядников по рекомендации нормативных документов Департамента науки и техники "РАО ЕЭС России". Кроме этого, показана возможность прогнозировать остаточный ресурс (количество срабатываний при нормированном токе) по результатам испытания нелинейных элементов импульсом тока 8/20 мкс соответствующей амплитуды (5 или 10 кА).

#### Литература

1. Соколов В. В. Ранжирование состаренного парка силовых трансформаторов по техническому состоянию. – В кн.: Современное состояние и проблемы диагностики силового электрооборудования. Материалы совместного заседания Совета специалистов по диагностике силового электрооборудования при УРЦОТ и секции "Техническое обслуживание, мониторинг и диагностика электрооборудования" Четвертой Всероссийской научно-технической конференции 26-28 сентября 2006 года. – Новосибирск, б/и, 2006, с. 7-25.
2. Объем и нормы испытаний электрооборудования. Департамент науки и техники РАО "ЕЭС России" – 1997.
3. ГОСТ 16357 – 83. Разрядники вентильные переменного тока на номинальные напряжения от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия.
4. Инструкция по выбору, монтажу и эксплуатации средств защиты от перенапряжений. – М., Энергия, – 1969.
5. Шишман Д. В., Гуревич А. А. Опыт эксплуатации вилитовых разрядников. – Электрические станции. 1962, №12, с. 3 – 11