

## Датчик больших импульсных токов для контроля оксидно-цинковых варисторов

В. И. Гуревич, канд. техн. наук

Оксидно-цинковые варисторы, применяющиеся в высоковольтных сетях 160 кВ и выше для защиты от перенапряжений, с одной стороны являются весьма ответственными устройствами, от которых зависит надежность электроснабжения, а с другой - сами являются дорогостоящими аппаратами, требующими надлежащего ухода. Поэтому уже давно разрабатываются специальные устройства, облегчающие диагностирование состояния варисторов. Многие изготовители высоковольтных разрядников на основе варисторов уже давно снабжают их электромеханическими счетчиками количества срабатываний. Основным недостатком таких счетчиков является необходимость периодического снятия информации о количестве их срабатываний путем переписывания показаний счетчика в журнал учета персоналом подстанции. Редко кто производит такие записи в реальной жизни, да и их информативность сомнительна, так как неизвестно, какие токи проходили через разрядник при его срабатывании и когда. А это является важнейшим показателем, определяющим ресурс разрядника.

Оригинальные регистраторы срабатывания разрядников на основе ферритовых сердечников были разработаны в Харьковском политехническом институте еще в 70-х годах. По степени намагниченности сердечников многоступенчатого регистратора можно было не только фиксировать сам факт срабатывания разрядника, но и оценивать ток, протекавший через разрядник. Основной недостаток - необходимость участия персонала для снятия показаний регистратора, сохранился и в этих разработках.

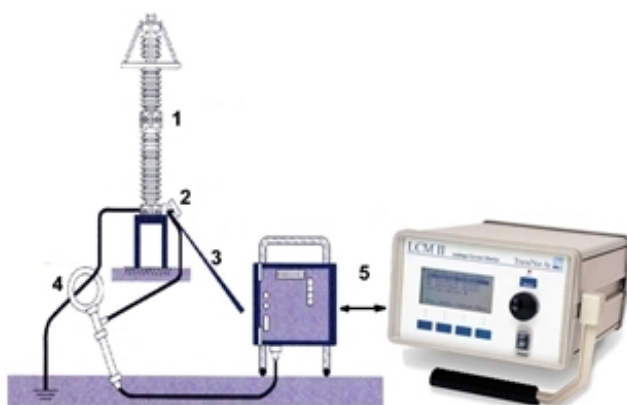


Рис. 1. Компьютеризированный комплекс для диагностики состояния варисторов высоковольтных разрядников

1 - разрядник; 2 - специальный датчик; 3 - телескопическая изоляционная штанга; 4 - специальные токовые клещи; 5 - блок обрабатывающий входные сигналы и производящий вычисления.

Рис. 2. Электронный импульсный счетчик фирмы АВВ, регистрирующий количество срабатываний разрядника.

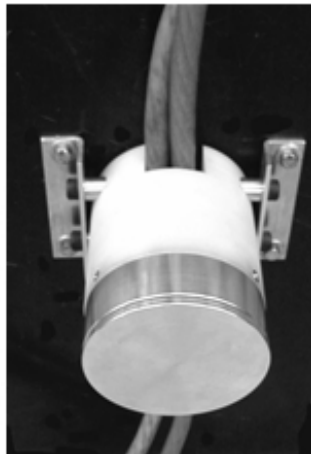


В последние годы на рынке появилось очень много разновидностей устройств для диагностики состояния варисторов, работающих на различных принципах [1]. Спектр предложений очень широк: от сложнейших компьютеризированных комплексов, рис. 1, [2], измеряющих множество параметров варисторов, по которым можно получить полную информацию о его состоянии, до простейших электронных счетчиков срабатывания, рис. 2, [3].

Нет никакого сомнения в эффективности измерительных комплексов, позволяющих достаточно точно оценивать состояние варисторов и прогнозировать их срок службы. Однако высокая стоимость такого оборудования и необходимость участия в проверках высококвалифицированного персонала существенно сдерживают его широкое применение. С другой стороны, переход с электромеханического счетчика срабатываний на электронный, мало что изменил с точки зрения функциональных возможностей устройства.

Перед автором была поставлена задача разработать устройство, способное фиксировать количество срабатываний разрядника, диапазон токов проходящих через него при каждом срабатывании, автоматически передавать информацию о срабатываниях в систему SCADA и при этом быть дешевым и доступным для изготовления даже собственными силами энергосистемы. В постановке задачи и формировании исходных требований к устройству принимал участие канд. техн. наук Е. Вольпов (ИЭС).

Разработанное устройство состоит из трех-диапазонного датчика импульсных токов на каждый разрядник и маломощного девятиканального приемо-передающего устройства (ППУ) на группу из трех разрядников (трех фаз). Приемная часть каждого ППУ включена в систему SCADA, содержащую микропроцессорные регистраторы аварийных режимов. Обычно, все аналоговые входы таких регистраторов заняты для записи токов и напряжений, однако всегда имеется достаточно много не задействованных логические входов, которые можно использовать для регистрации срабатывания разрядников. Нужно только присвоить каждому диапазону токов срабатывания каждого датчика свой кодовый номер и передавать этот номер вместе с сигналом о срабатывании, что допускает большинство типов маломощных промышленных ППУ. При таком использовании



регистраторов нет необходимости введения функции запоминания информации в датчик, поэтому его конструкция может быть предельно упрощена. Такой датчик, рис. 3, выполнен в виде метало-пластмассового корпуса с универсальными элементами крепления и глубоким шлицем, через который проходит заземляющий спуск (шинка) разрядника. Элементы крепления датчика универсальные и допускают крепление его как непосредственно на спуске (кабеле) так и на железобетонной стойке.

Рис. 3. Внешний вид разработанного датчика импульсных токов.

В корпусе датчика расположен этажерочный модуль с двумя монтажными платами и отсек с отвинчивающейся крышкой, в котором расположен клеммник для внешних присоединений и две параллельно соединенные миниатюрные батарейки напряжением 12 В, которые применяются в пультах сигнализации и запираания дверей автомобилей. Можно использовать и стандартную «Крону». На нижней плате (ближе к шлицу), расположены индуктивные датчики тока (три катушки без сердечников), намотанные разным по диаметру проводом и имеющие разное количество витков, рис. 4.



Рис. 4. Блок индуктивных датчиков тока.

На верхней плате с печатным монтажом расположена электронная часть устройства, рис. 5. Она состоит из трех одинаковых каналов, на вход каждого из которых включен свой индуктивный датчик тока. Каждый канал представляет собой быстродействующий расширитель импульсов. При поступлении на вход схемы короткого импульса тока любой полярности отпирается тиристор VS1 начинается заряд конденсатора большой емкости C2 через ограничивающие резисторы R4 и R5.

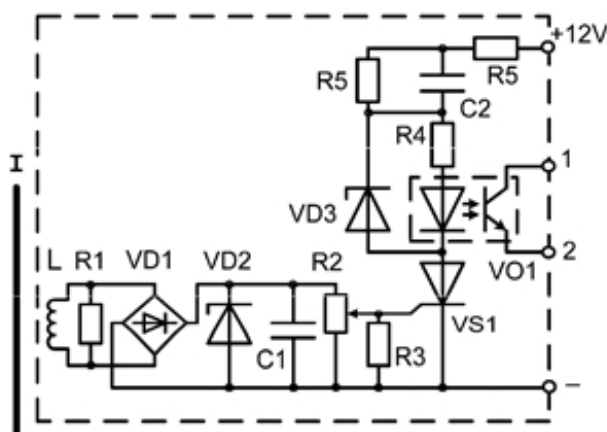
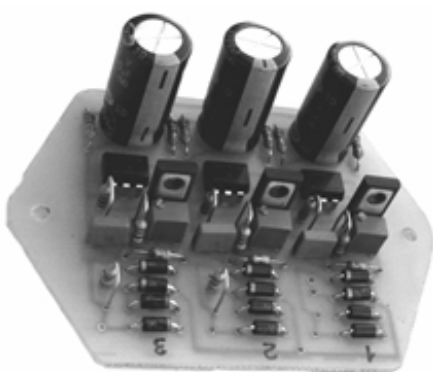


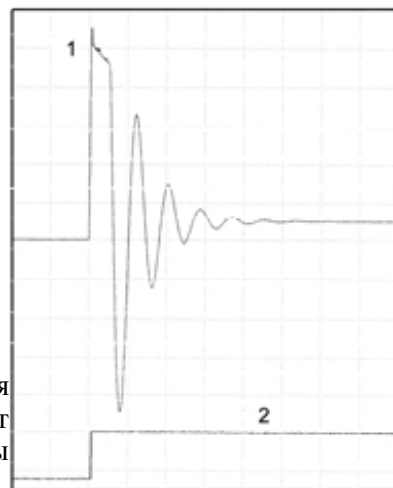
Рис. 5. Электронная часть устройства

а - внешний вид печатной платы с тремя каналами; б - принципиальная схема одного канала.

В течение всего времени, пока ток заряда конденсатора C2 остается больше тока удержания тиристора, последний остается открытым и выходной элемент оптрона VO1 остается в проводящем состоянии. Этот период времени составляет около 1 секунды. После полного заряда конденсатора C2 тиристор запирается и выходной элемент оптрона возвращается в непроводящее состояние. Конденсатор C2 разряжается через высокоомный резистор R5 в течение нескольких секунд, после чего устройство вновь готово к приему импульса тока.

Рис. 6. Осциллограмма сигналов на входе и на выходе устройства при лабораторных испытаниях на низковольтном симуляторе больших токов.

1 - импульс тока, генерируемый симулятором;  
2 - сигнал на выходе устройства.



Потенциометром R2 регулируется порог срабатывания схемы, а стабилитрон VD2 защищает схему от перенапряжений при поступлении на вход схемы чрезмерно большого импульсного сигнала. Для

обеспечения неизменного состояния выходного транзистора оптрона VO1 в течение 1 секунды при изменении тока в его входной цепи в процессе заряда конденсатора C2, этот оптрон должен быть выбран с малым входным током (током светодиода). Для этой цели подходят оптроны серий CS700, CH370, HCPL-2300, 6N139, SFH618A и др. с входным током 0.5 - 1.5 мА. Для защиты этого оптрона от большого тока на начальном этапе заряда конденсатора C2 служит низковольтный маломощный стабилитрон VD3.

Таким образом, при поступлении на вход схемы короткого импульса тока длительностью в несколько микросекунд, схема генерирует широкий импульс, длительностью около 1 секунды, рис. 6. Первый канал настроен на срабатывание при токе в заземляющем спуске около 800 А, второй, при токе 5 кА, а третий - при токе 10 кА.

Это устройство прошло лабораторные испытания на низковольтном симуляторе больших токов, рис. 6, а также на высоковольтном генераторе импульсных токов фирмы Haefely, формирующем стандартные импульсы тока, соответствующие грозовому импульсу во всем диапазоне чувствительности устройства, рис. 7.

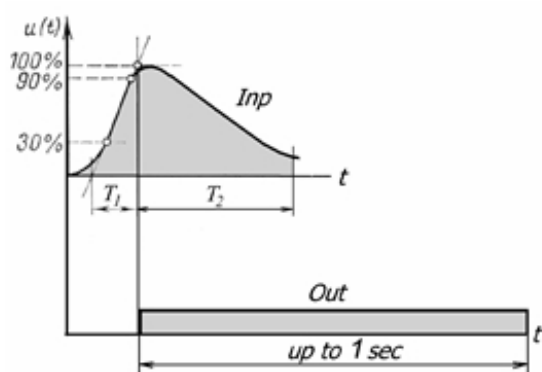


Рис. 7. Импульсы тока на входе и на выходе устройства при испытаниях на высоковольтном генераторе импульсных токов Haefely  
 $T_1 = 7 \mu\text{s}$ ;  $T_2 = 21 \mu\text{s}$ .

Выходные элементы оптронов каждого канала включены на соответствующие входы маломощного передатчика малого радиуса действия, установленного рядом с каждым датчиком, и размещенного в герметичной защитной оболочке из пластмассы. Подходящие по своим параметрам компактные промышленные ППУ, рис. 8, предлагаются сегодня многими компаниями, в том числе и такими известными, как Phoenix Contact, Honeywell, Sony Ericson, Acksys, Omnex и др.

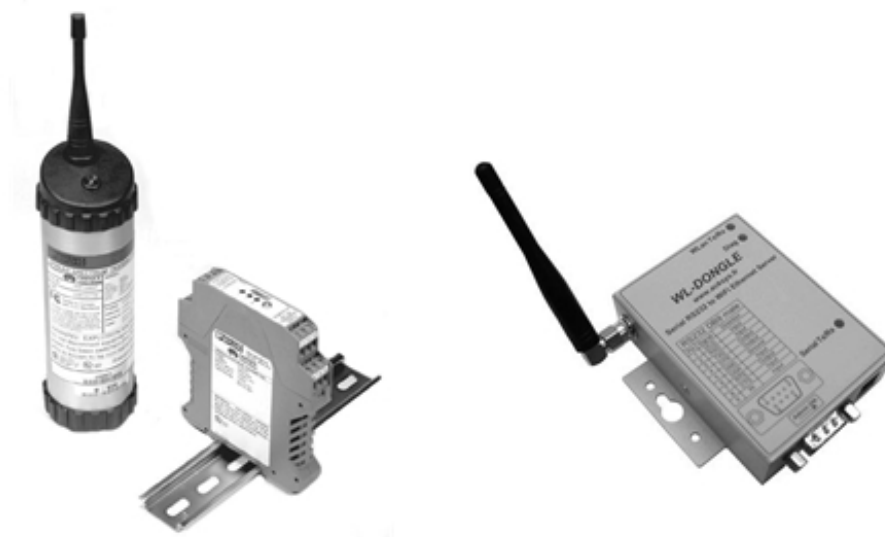


Рис. 8. Внешний вид некоторых типов компактных промышленных приемопередатчиков с радиусом действия до 1 км.

Таким образом, благодаря интеграции с существующей системой передачи и регистрации информации, имеющейся сегодня на современных подстанциях, разработанное устройство позволяет получать достаточную для практических нужд информацию о работе разрядников (регистрировать количество импульсов тока, проходящих через разрядник, диапазон токов этих импульсов, точное время срабатывания разрядника). При этом оно значительно проще и дешевле существующих аналогов, а для его установки не требуется прокладка дополнительных кабелей по территории подстанции. При желании, такое устройство может быть изготовлено собственными силами энергосистем.

#### Литература:

1. Asle S. Diagnostic techniques for surge arresters with main reference to on-line measurement of resistive leakage current of metal-oxide arresters. - Session 2000 CIGRE, Paper P1-05.
2. LCM II - System for Live Condition Check of your Metal Oxide Surge Arresters (MOSA). TransiNor, [www.transinor.no](http://www.transinor.no).
3. Surge Counter EXCOUNT-A. ABB Surge Arresters — Buyer's Guide, 2003.