



Эдуард Базелян, д.т.н., профессор,
руководитель лаборатории моделирования электрофизических процессов
Энергетического института им. Г. М. Кржижановского

ВАРИСТОР ИЛИ ИСКРОВОЙ РАЗРЯДНИК?

В конце мая 2014 г. в Санкт-Петербурге прошла очередная конференция по молниезащите. Одну из самых жарких дискуссий, которые там состоялись, вызвал доклад представителя фирмы DEHN+SÖHNE, хотя глобальных проблем он как будто не затрагивал.



В докладе сравнивались эффективность защиты электрических цепей при помощи УЗИП класса I+II двух видов: на основе варисторов и на основе искровых разрядников с автоматическим гашением дуги сопровождающего тока.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Доклад представителя DEHN+SÖHNE базировался на результатах испытаний УЗИП в лабораторных условиях (рис. 1). Нагрузку электрической цепи здесь имитировал типичный варистор класса III. Все значения токов и напряжений измерялись при помощи современных цифровых осциллографов.

В ходе испытаний было установлено, что УЗИП класса I+II на основе искрового промежутка успешно справилось с задачей. При его нагрузке предельно допустимым импульсным током 12,5 кА с нормированными временными параметрами 10/350 мкс напряжение на защищаемой цепи не превысило 600 В, амплитудное значение тока через варистор класса III едва достигло 0,15 кА, а энергия, рассеянная в варисторе, – 0,5 Дж. В результате варистор оказался неповрежденным и гарантировал успешную защиту установленной аппаратуры.

Ситуация с УЗИП класса I+II на основе варисторов оказалась не столь благополучной. Уже при нагрузке импульсным током 9 кА (75% от предельно допустимого) в варисторе класса III выделилась энергия ≈ 370 Дж, которой хватило для его разрушения из-за перегрева. Столь различная судьба сравниваемых приборов вызвала многочисленные вопросы по поводу качества экспериментальной работы.

В научном центре фирмы DEHN+SÖHNE я был несколько раз и убедился в совершенстве ее силовой экспериментальной базы. Измерительная техника лаборатории, также как и квалификация персонала отвечают самым современным требованиям. В высоковольтной лаборатории DEHN+SÖHNE (г. Ноймаркт, Германия) в конце 2013 г. был установлен новый генератор импульсных токов (фото 1). Он позволяет имитировать разряды молнии с токами до 400 кА, что в два раза превышает максимальные требования действующих нормативных документов по молниезащите. Поэтому я уверен, что сомнения в качестве измерений лишены оснований.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Необходимо тщательно проанализировать результаты испытаний, чтобы понять степень общности выводов на их основе.

Режимы параллельных ветвей на рис. 1 определяются вольтамперными характеристиками УЗИП класса I+II в левой ветви и варистора класса III в правой. В справочной

литературе очень подробно рассматривается начальная ветвь вольтамперной характеристики, которая определяет процесс перехода варистора в открытое состояние. Для ее эмпирического выражения используется соотношение типа $I = BU^\alpha$, где B – константа для варистора заданного типа, а α – коэффициент нелинейности, значение которого при использовании шайбы из оксида цинка может варьироваться в достаточно широких пределах ($\alpha = 20-60$). Именно по этой причине при параллельном включении варисторов различных типов сложно априори прогнозировать распределение тока по ветвям при различном значении полного тока на входе схемы.

Ненормированное сближение вольтамперных характеристик в каком-то диапазоне значений полного тока может привести к достаточно заметному его ответвлению в ветвь с маломощным варистором. Именно так это произошло при испытаниях током с амплитудой около 9 кА (рис. 2), когда в течение $\approx 1,3$ мс ток в варисторе класса III составлял меньше 10% полного тока, а затем за время $\approx 0,1$ мс принял на себя практически весь этот ток, снизившийся до 1,2 кА. Такое резкое усиление тока и привело к разрушению маломощного варистора.

Ситуация подобного рода принципиально невозможна для УЗИП на основе искрового разрядника. Вольтамперные характеристики искрового канала детально исследовались в связи с изучением электрической прочности воздушной изоляции. Было установлено, что даже при токе 1–10 А канал искры в течение 40–20 мкс успевает прогреться до температуры не менее 6000 К и по своей проводимости уподобляется дуговому каналу. При этом напряжение на коротком разрядном промежутке мало отличается по величине от приэлектродного падения напряжения.

Высокопроводящая дуга практически идеально шунтирует варистор в параллельной ветви. Ток через него может протекать лишь в течение того короткого временного интервала, что требуется для преобразования канала искрового разряда в канал дуги. Именно такая картина наблюдалась в эксперименте (рис. 3).

Конечно, по мере разложения газогенерирующего материала в дуговой камере повышается давление и возникает газовое дутье, которое постепенно увеличивает падение напряжения на канале. Однако этот процесс из-за тепловой инерции происходит заметно медленнее, с постоянной времени порядка 100 мкс и более. В итоге, при правильном выборе конструкции и материалов дуговой камеры вольтамперная характеристика разрядника всегда оказывается существенно выше, чем у варистора. Тем самым легко и однозначно обеспечивается их координация, исключая ток через варистор при любых практически значимых значениях полного тока на входе схемы.

Закономерно поставить вопрос о возможности координации варисторов, работающих параллельно. Ответ на него однозначно положительный: имея терпение и необходимый материальный ресурс, работоспособные пары можно подобрать. Жаль только, что это относительно нетрудно реализовать лишь в лабораторных условиях, а не при массовом изготовлении защитных средств. При производстве же УЗИП на основе искровых разрядников подобные сложности исключены.



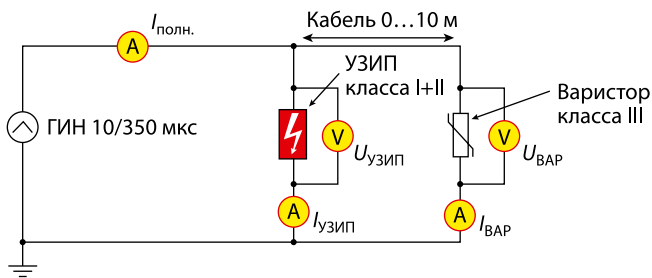
Генератор импульсных токов в высоковольтной лаборатории фирмы DEHN+SÖHNE

Фото 1



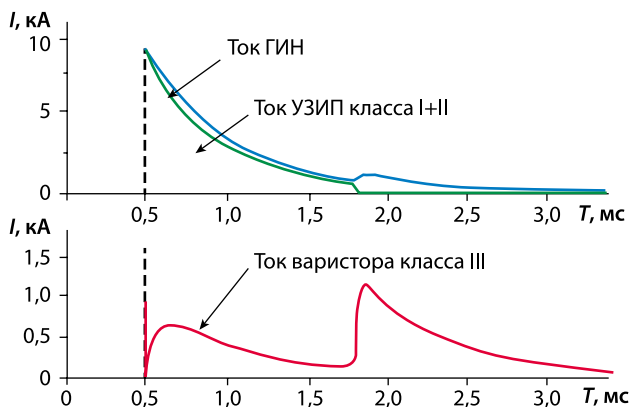
Принципиальная схема испытаний эффективности УЗИП различного исполнения

Рис. 1



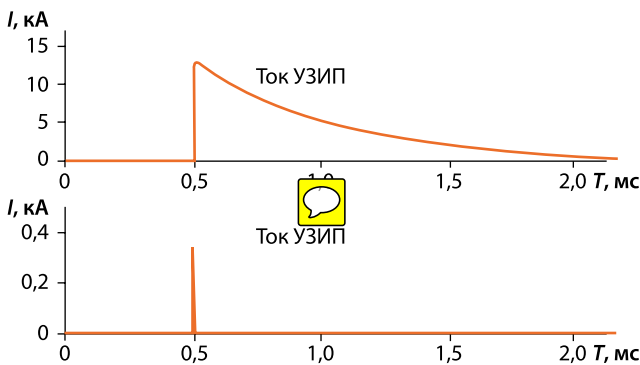
Типичные осциллограммы испытательного тока на выходе ГИН и импульсных токах нагрузки варисторов

Рис. 2



Типичные осциллограммы тока, проходящего через искровой разрядник и варистор класса III в параллельной ветви

Рис. 3



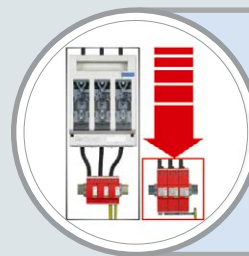
Техническую информацию, руководство по установке и монтажу молниезащиты, каталоги и печатные материалы по продукции DEHN+SÖHNE можно получить в представительстве компании в России.

НОВИНКА

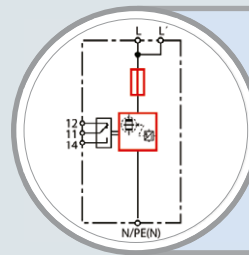
Red / Line



DEHN venCI



Экономия объема в монтажном шкафу на **75%**
Экономия стоимости до **35%**



Непрерывность электроснабжения потребителей достигается благодаря сочетанию мощных искровых промежутков с технологией гашения сопровождающих токов RADAX-Flow и встроенного предохранителя, способного выдерживать токи молнии

Подробная информация:
www.dehn-ru.com, МОЛНИЕЗАЩИТА.РФ

ООО «ДЕН РУС»
Представительство в России

109316, Москва, Волгоградский пр., 47, оф. 335
Тел.: +7 (495) 663-31-22, 663-35-73
info@dehn-ru.com