

Прибор для проверки устройств и элементов защиты, использующий в качестве источника энергии пьезоэлектрический элемент

Самыми распространенными элементами оборудования связи защиты от импульсных перенапряжений являются металлокерамические разрядники. Устройства защиты с применением разрядников устанавливаются в кроссах АТС, кабельных шкафах и ящиках, абонентских пунктах телефонных сетей, ВЧ трактах систем радиосвязи, оборудовании линейного тракта цифровых систем передач.

При наличии на предприятии-производителе разрядников или устройств с их использованием действующей системы качества, соответствующей требованиям системы сертификации «Электросвязь» или ИСО-9000, обеспечивается соответствие параметров защитных устройств и элементов требованиям технических условий и нормативных документов (российские и международные стандарты, рекомендации МСЭ, ведомственные технические требования).

В процессе эксплуатации происходит изменение параметров разрядников вследствие утечки инертного газа, окисления или повреждения поверхности электродов. Срок службы металлокерамических разрядников составляет 10-15 лет, однако при воздействии помех с высокой энергией он значительно сокращается.

Если разрядник не имеет видимых механических повреждений (например, разрушения вследствие расширения газа при мощном разряде), невозможно без применения специальных приборов определить его работоспособность.

1. Электрические характеристики газонаполненных разрядников.

Рекомендация (1) дает следующие характеристики газонаполненных разрядников, применяемых для защиты станционного оборудования, абонентских линий и абонентских установок:

- статическое напряжение пробоя;
- динамическое напряжение пробоя;
- напряжение погасания дуги разряда;
- время запаздывания пробоя одного разрядного промежутка относительно другого (для трехэлектродных разрядников);
- сопротивление изоляции;
- емкость.

Рассмотрим подробнее такой параметр, как статическое напряжение пробоя и зависимость от него динамического напряжения пробоя разрядника.

Из теории газового разряда известно, что пробой межэлектродного промежутка подчиняется закону Пашена, согласно которому напряжения пробоя зависит от произведения давления газа на расстояние между электродами: $U_{пр} = f(p, d)$.

При постоянном произведении давления газа на расстояние между элект-

родами (pd) напряжение пробоя зависит от коэффициентов α (коэффициент объемной ионизации) и γ (коэффициент поверхностной ионизации) а также предварительной ионизации. Пробой наступает, если выполняется условие перехода разряда из несамостоятельного в самостоятельный:

$$\rho = \frac{j_0(e^{\alpha y})}{1 - r(e^{\alpha y} - 1)}, \quad (1)$$

где j_0 - плотность начального тока ионизации.

Статическое напряжение пробоя можно определить экспериментально, прилагая к разряднику медленно возрастающее постоянное напряжение и регистрируя ток разряда.

В связи с тем, что ионизация в газе, вторичная электронная эмиссия и начальный (предразрядный) ток являются случайными величинами, статическое напряжение всегда имеет разброс и является случайной величиной. Поэтому при всех расчетах применяется среднее статическое напряжение пробоя.

При эксплуатации разрядников наибольшее значение приобретает не статическое напряжение пробоя, а динамическое, которое определяет быстродействие разрядника и определяется из выражения

$$U_{дин} = U_{см} + t_3 \left(\frac{dU}{dt} \right) \quad (2)$$

где t_3 - время запаздывания возникновения разряда;

dU/dt - скорость нарастания напряжения на разряднике.

Скорость нарастания напряжения на разряднике зависит от параметров электрической цепи, куда включен разрядник, и амплитуды и крутизны фронта импульса.

Время запаздывания возникновения разряда зависит, в основном, от двух факторов:

1) Скорости образования свободных электронов в межэлектродном промежутке (т.е. от интенсивности воздействия внешних ионизаторов).

2) Перегрузки по напряжению. С увеличением коэффициента перегрузки по напряжению время запаздывания уменьшается. Зависимость времени запаздывания от коэффициента перегрузки по напряжению может быть выражена формулой, которая при $K=1,1\dots 3$ для инертных газов и $K=1,5\dots 4$ для молекулярных газов может быть принята в качестве эмпирической:

$$t_{зап} = \frac{t_3}{(K-1)^3} \quad (3)$$

Напряжение погасания дуги разряда имеет очень большое значение, особенно при защите аппаратуры с дистанционным питанием (например, регенераторов цифровых систем передачи). Напряжение погасания U_n можно опреде-

лить, как произведение напряженности E_n при которой гаснет разряд и длины искрового промежутка d :

$$U_n = E_{nd} \quad (4)$$

Время запаздывания пробоя одного промежутка трехэлектродного разрядника относительно другого должно быть как можно меньше, что позволит уменьшить величину и длительность воздействия разности потенциалов между двумя проводами линии связи.

Связь между физическими изменениями, происходящими с разрядниками при эксплуатации и изменением электрических характеристик показана в таблице.

Причина	Физические изменения	Влияние на электрические параметры
Разгерметизация Разрядной Камеры	Уменьшение давления газа	Изменения (как правило увеличение) статического и динамического напряжения пробоя, напряжения погасания
	Изменение состава газа	Увеличение динамического напряжения пробоя и напряжения погасания дуги за счет уменьшения концентрации ионизаторов в газе
	Окисление поверхности электродов	Увеличение статического и динамического времени пробоя
Прохождение импульсов большой мощности	Эрозия электродов, изменение расстояния разрядного промежутка	Изменение статического и динамического напряжения пробоя, напряжения погасания дуги (как правило, в большую сторону). Изменение емкости.
Прохождение импульсов большой мощности, разгерметизация разрядной камеры	Образование проводящих участков на керамических стенках разрядной камеры	Изменение статического и динамического напряжения пробоя, напряжения погасания дуги, сопротивления изоляции.

Как видно из таблицы, практически любые физические изменения наряду с изменением других электрических характеристик приводят к увеличению статического напряжения пробоя разрядника. Таким образом, соответствие измеренного статического напряжения пробоя разрядника значению, указанному производителем, может служить практическим критерием его пригодности к эксплуатации.

2. Приборы для проверки разрядников и устройств защиты.

Измерение электрических характеристик разрядников и устройств с их

применением производится в ходе разработки, сертификационных испытаний, выборочных испытаний образцов при производстве. Схемы и способы измерений нормируемых параметров разрядников и защитных устройств описаны в рекомендациях (1,2,3).

При периодической проверке устройств защиты, находящихся в эксплуатации, должны применяться методы и приборы, которые не приведут к выходу из строя исправных устройств, и отличаются от упомянутых выше.

В качестве примера можно привести TESTER-H2 производства фирмы HAKEL(6), который содержит генератор импульсов амплитудой 1 кВ и формы 1,2/50 мкС и позволяет измерить, кроме статического напряжения пробоя, скорость срабатывания защитного устройства.

В большинстве приборов, таких, например, как LPA TESTER производства ISKRA ZASCITE (7) и ПИР ООО "Интеркросс"(7) определяется или значение статического напряжения пробоя, или же его нахождение в определенных пределах.

Все эти приборы питаются от сетевого напряжения, и поэтому предназначены для использования в испытательных лабораториях, зданиях узлов связи.

Автору так же приходилось видеть приборы для проверки статического напряжения пробоя разрядников (производства Англии и СССР), в качестве источников питания в которых использовались батарейки, благодаря чему их можно применять при работе на линии и в помещениях с повышенной опасностью.

Как показано выше, измерение статического напряжения пробоя позволяет с большой достоверностью определить исправность разрядника. Поэтому этот метод проверки, благодаря простоте его реализации, является предпочтительным и наиболее распространенным.

Функциональные схемы для измерения статического напряжения пробоя показаны на рис.1 а,б. В обеих из них постоянное напряжение преобразуется в

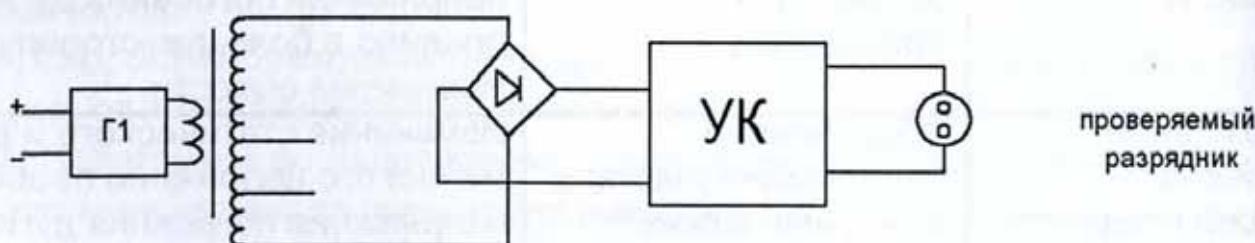


Рис. 1, а

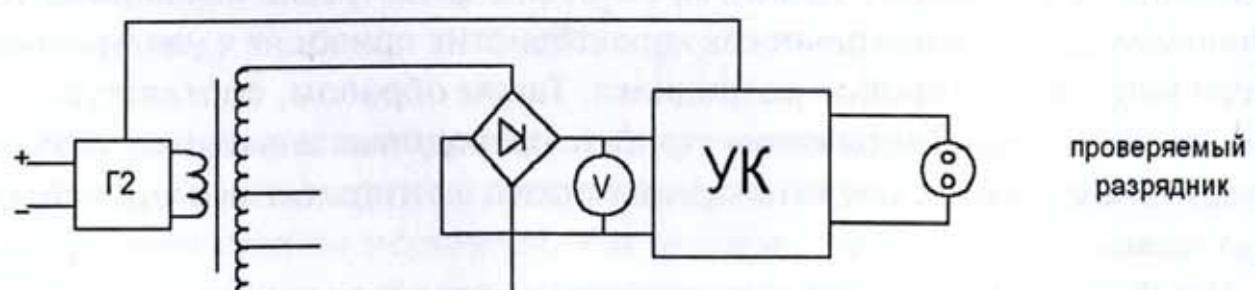


Рис. 1, б

переменное высокой частоты генератором $G1$, $G2$, повышается с помощью трансформатора, выпрямляется и подается на разрядник. Пробой разрядника фиксируется устройством контроля УК путем обнаружения протекания разрядного тока или же падения напряжения на разряднике в момент пробоя.

Отличие схем состоит в том, что в схеме (а) генератор $G1$ имеет постоянную частоту, а выбор одного из фиксированных значений прикладываемого к разряднику напряжения производится путем изменения числа витков вторичной обмотки. Используя этот принцип можно определить нахождение статического напряжения пробоя в определенных пределах.

В схеме (б) частота генератора $G2$ при подаче на него питания постепенно возрастает, что приводит к плавному увеличению напряжения на выходе прибора. В момент разряда генератор прекращает работу, а вольтметр фиксирует последнее измеренное значение напряжения, которое и будет равно статическому напряжению пробоя.

Прибор, выполненный по схеме (б) используется в лаборатории НПО «Инженеры электросвязи», причем он работает под управлением микропроцессора, а напряжение не измеряется, а вычисляется исходя из частоты генератора.

3. Какой прибор нужен связистам.

Приборы, упомянутые выше, имеют два недостатка, препятствующие их массовому применению: высокая стоимость и зависимость от источников питания. Применение батареек и аккумуляторов повышает стоимость прибора и его эксплуатации, делает менее надежной конструкцию. Вследствие этих причин приборы для проверки элементов защиты в настоящее время имеются (причем исключительно редко) на кроссах АТС, а также в производственных лабораториях предприятий связи.

В то же время для организации эксплуатации линейных сооружений связи, оконечного оборудования телефонных сетей, абонентских пунктов, оборудования линейного тракта ЦСП такой прибор должен иметься практически в каждом подразделении (бригаде, группе, лаборатории, участке), занимающемся этими вопросами.

Большинство абонентских пунктов СТС должно быть оборудовано абонентскими защитными устройствами (АЗУ). Значительное количество находящихся в эксплуатации АЗУ-4 и АЗУ-5 фактически неработоспособны из-за коррозии контактов лампового разрядника Р-27 и контактов разъема. Современные устройства типа АЗУ-М с использованием металлокерамических разрядников и даже варисторов значительно надежнее, но все равно нуждаются в проверке.

Применение для защиты регенераторов модулей МЗСП позволило в 7-10 раз снизить повреждаемость регенераторов и дало значительный экономический эффект (14). При анализе практики применения МЗСП в регионах с высокой грозовой активностью (Оренбургская область, Урал), стала очевидной необходимость ежегодной проверки защитных устройств. Очевидно, что такая проверка должна производиться на месте, а не в лаборатории.

Аналогичные задачи стоят при эксплуатации современных кабельных ящи-



Рис. 2

ков, устройств защиты радиотелефонного оборудования, кабельного телевидения, систем видеонаблюдения. Чем больше современной техники будет внед-

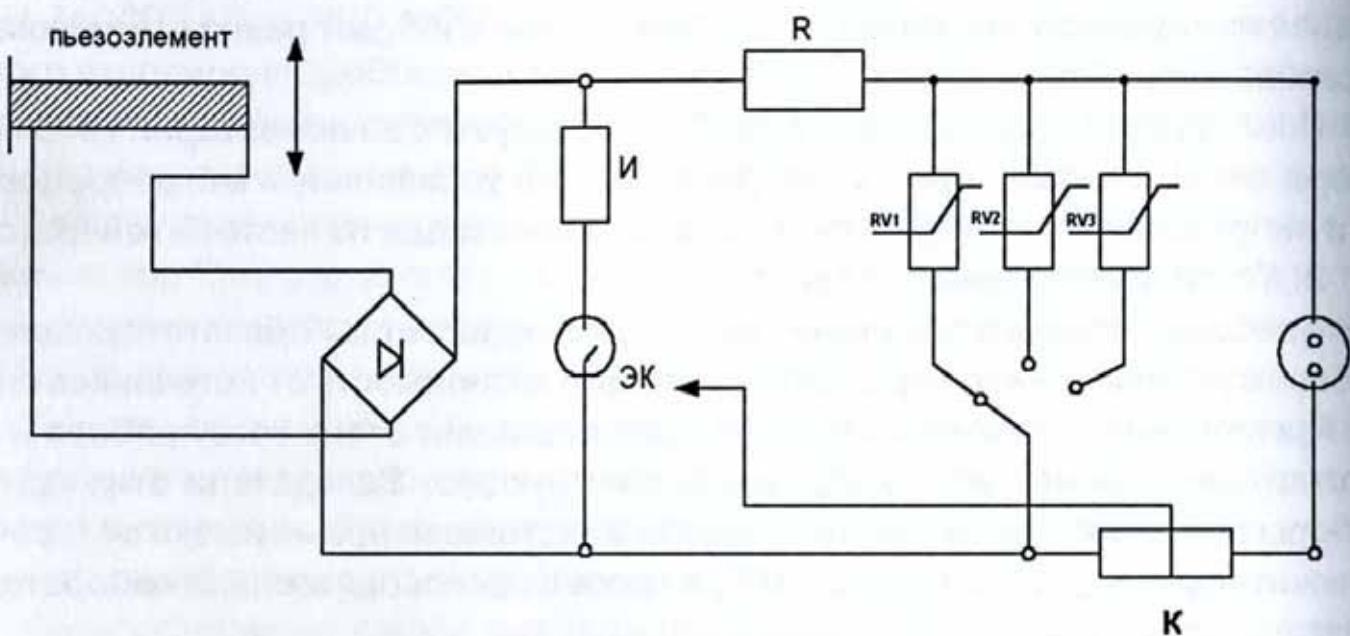


Рис. 3

ряться, чем большее значение передача информации будет приобретать в жизни общества, тем недопустимее будет ситуация, когда работоспособность защитных устройств, от которых зависит надежность системы связи в целом, будет определяться «на глаз» или не определяться вовсе.

Службой маркетинга НПО «Инженеры электросвязи» сформулированы требования к прибору проверки разрядников, выполнение которых обеспечит его сбыт в объемах, позволяющих серийное производство:

- низкая стоимость;
- высокая надежность;
- простота в эксплуатации;
- отсутствие внешних источников питания, батареек, аккумуляторов;
- малые габариты и вес.

При выполнении этих условий прибор мог бы найти применение не только для эксплуатации линейных сооружений и межстанционных связей, но и на кроссах, в измерительных и электротехнических лабораториях и т.п.

4. Прибор проверки разрядников с питанием от пьезоэлемента.

Энергия, необходимая для пробоя металлокерамического разрядника и индикации пробоя невелика. Поэтому в качестве источника энергии для работы прибора было решено применить элемент из пьезоэлектрической керамики, при деформации которого генерируется высоковольтный импульс, полярность которого зависит от направления деформации (рис. 2).

Конструкторским отделом НПО «Инженеры электросвязи» разработан прибор, функциональная схема которого показана на рис. 3.

Прибор работает следующим образом:

При деформации пьезоэлемента и его возвращении в исходное состояние генерируется высокое напряжение, которое через диодный мост, резистор R подается на один из варисторов $RU1-RU3$, параллельно которым подключается испытуемый разрядник, последовательно соединенный с элементом контроля тока разряда K .

Напряжение на разряднике примерно равно квалификационному напряжению варистора. Если оно превышает статическое напряжение пробоя, то происходит разряд. При этом ток разряда фиксируется элементом контроля K , который выдает сигнал, открывающий электронный ключ $ЭК$, после чего загорается индикатор I , информируя таким образом о пробое разрядника. Путем переключения варисторов можно выбрать необходимый уровень напряжения, подаваемого на разрядник.

Прибор, выполненный по такому принципу, способен проверять весь спектр разрядников, используемых в телекоммуникациях: с напряжением пробоя от 70 до 1000 В.

Кроме того, можно сделать предварительный вывод о возможности его использования для проверки варисторов и полупроводниковых ограничителей.

Разработанный прибор прост в изготовлении, недорог, надежен, несложен в эксплуатации, не требует источника питания, имеет малые габариты и вес, т.е. полностью отвечает требованиям, предъявляемым к устройству такого рода.

Нужно заметить, что такое устройство идеально подойдет линейному электромонтеру, а вот инженер, оценив все преимущества, обязательно заметит, что двухкаскадную схему проверить нельзя, неплохо бы иметь возможность определения точного численного значения напряжения пробоя, память для записи последовательных измерений.

Можно ли, используя в качестве источника энергии пьезоэлемент, и сохранив в значительной степени перечисленные преимущества, изготовить более сложный прибор с дисплеем, памятью и минимумом вычислительных функций?

Получение высоковольтного импульса необходимой амплитуды при использовании пьезоэлемента проблемы не представляет. В то же время, генерируемый пьезоэлементом потенциал слишком высок для прямого питания низковольтных устройств. Известно (13) большое количество разнообразных устройств, питаемых от пьезоэлемента: передатчиков, пультов, электромеханиче-

ских систем. В этих устройствах потребление электричества от источника рассматривается в единицах заряда - кулонах, поэтому их для краткости называют Q-устройствами. Структурная схема питания Q-устройства показана на рис. 4

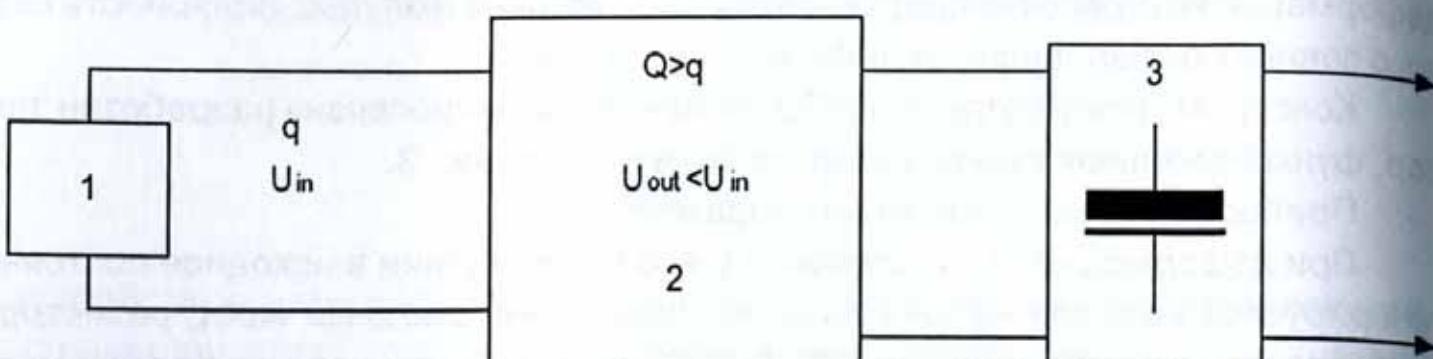


Рис. 4

Энергия высоковольтного импульса от генератора заряда 1, например, пьезоэлемента, поступает на вход преобразователя 2, на выходе которого установлен конденсатор 3, накапливающий заряд с пониженным потенциалом $U_{out} < U_{in}$.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- проверка соответствия статического напряжения пробоя разрядника позволяет с большой достоверностью сделать вывод о его исправности;
- в качестве источника энергии для устройства проверки разрядников может быть использован пьезоэлемент;
- целесообразно начать серийный выпуск разработанного прибора для проверки разрядников;
- возможно создание прибора, наделенного более сложными функциями, который содержит экономичные цифровые и аналоговые микросхемы и ЖКИ-дисплей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендация МККТТ К.12. Характеристики газонаполненных разрядников, предназначенных для защиты аппаратуры электросвязи.
2. Рекомендация МККТТ К.20. Стойкость коммутационного оборудования электросвязи к перенапряжениям и избыточным токам.
3. Рекомендация МККТТ К.21. Стойкость абонентских терминалов к перенапряжениям и избыточным токам.
4. Рекомендация МСЭ-Т К.28. Характеристики блоков полупроводниковых разрядников для защиты установок электросвязи.
5. Overvoltage Protection for telephone exchanges and terminals. Iskra Zascite, Ljubljana, 2001.
6. Защита от перенапряжения. Каталог. Hakel Ltd, Czech Republic, 2001.
7. Прибор для проверки защитных элементов кросса (ПИР) / Каталог продукции фирмы "Интеркросс". - Рязань, 2000.

8. Electronic Parts and Components. - EPCOS AG, 2001.
9. Черепанов В.П. и др. Электронные приборы для защиты РЭА от электрических перегрузок. - М.: Радио и связь, 1994.
10. Зайцев Ю.В. и др. Полупроводниковые резисторы в электротехнике. - М.: Энергоатомиздат, 1988.
11. Электротехнические и конструкционные материалы. - М.: Мастерство, 2000.
12. Нунупаров М. Может ли ваше устройство работать без батареек? Что для этого нужно? // Электронные компоненты. - 2001. - №4.
13. Терентьев Д.Е., Шорин О.В. Защита оборудования линейного тракта систем передач // Вестник связи. - 2000. - №4.

**Санкт-Петербургский
государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**