

УДК 621.372.8

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Н.Л. Сторожук, генеральный директор НПП "КОМЕТех", к.т.н.

Аппаратура связи последнего поколения требует качественно нового подхода к защите от перенапряжений и помех. Это связано, прежде всего, со сменой элементной базы. Современные интегральные микросхемы характеризуются высокой плотностью размещения элементов на кристалле и чрезвычайно малыми энергиями полезных сигналов, поэтому защита от электромагнитных воздействий становится обязательным условием бесперебойной работы телекоммуникационного оборудования.

Наиболее вероятные пути проникновения перенапряжений в аппаратуру – это сигнальные и питающие цепи. Следовательно, их необходимо защищать, в первую очередь, путем установки специальных устройств.

Влияние электромагнитных помех на телекоммуникационную аппаратуру. Несмотря на появление в последние десятилетия на сетях связи большого числа оптических магистралей, сохраняется немалый парк аппаратуры, работающей по медному кабелю. Большая часть меднокабельных линий построена на основе симметричного кабеля, на который воздействуют различные помехи и мешающие напряжения.

С точки зрения формы мешающее напряжение можно разделить на две категории: непрерывное и импульсное. Непрерывная помеха служит причиной ухудшения отношения сигнал/шум и приводит к повышению коэффициента ошибок в цифровом тракте. Импульсная помеха может стать причиной появления пачек ошибок в цифровом сигнале и сбоя синхронизации, а в худшем случае привести к выходу оборудования из строя.

Описанные выше помехи могут оказывать различное функциональное влияние на работу телекоммуникационного оборудования и качество передачи сигналов:

1. не ухудшаются качество передачи и функционирование оборудования;
2. возникает временное ухудшение качества передачи или функционирования оборудования, которые восстанавливаются автоматически после прекращения влияния;
3. наступает временное ухудшение качества передачи или функционирования оборудования, которые требуют вмешательства обслуживающего персонала или повторного запуска системы;
4. нарушается функционирование системы, которое не может быть восстановлено из-за повреждения оборудования или непрерывного характера помехи.

Таблица 1

Источник помех	Форма помехи		Категория качества работы оборудования			
	Непрерывная	Импульсная	1	2	3	4
Помехи, индуцированные внешним источником	Радиовещание	×	×			×
	Подвижный приемопередатчик	×		×	×	×
	Линия электропередачи	×	×	×	×	×
	Электрифицированная железная дорога	×	×	×	×	×
	Удар молнии		×	×	×	×
	Электростатический разряд		×	×	×	×
	Непрерывная работа электроприборов		×	×	×	
Источник индуцируемых помех в системе электросвязи	Переключение		×	×	×	
	Импульсная помеха от аналоговой цепи электросвязи		×	×	×	
	Шум от плохих контактов		×	×	×	

В табл. 1 представлены возможные последствия от воздействия различных помех на телекоммуникационное оборудование [1].

В том случае, если работа системы передачи невозможна из-за постоянного воздействия помех, это означает, что либо на одном из этапов ввода системы в эксплуатацию (выбор оборудования, проектирование, монтаж аппаратуры) была допущена ошибка, либо что-то случилось с кабелем, например, поврежден экран, либо нарушена симметрия пар. Источниками такого рода мешающих помех могут быть радиостанции, другая система передачи, работающая по тому же кабелю, или, например, электрифицированная железная дорога. Если при исправном кабеле имеют место постоянные помехи, то необходимо устранить их причину или же принять меры к повышению защищенности тракта.

Сложнее бороться с помехами и перенапряжениями, возникающими эпизодически от какого-то переходного процесса. В данной статье рассматриваются устройства защиты (УЗ) от нерегулярных помех, к которым можно отнести помехи, вызванные ударом молнии, наводками от линий электропередачи или электрифицированной железной дороги и т.п.

Устройства защиты от перенапряжений. Защита по напряжению – это защита от импульсных перенапряжений большой мощности с длительностью, как правило, не более 1 мс. Основными параметрами УЗ по напряжению являются напряжение ограничения, скорость срабатывания, максимально допустимый импульсный ток. УЗ по напряжению включаются параллельно защищаемой нагрузке, они должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- не допускать утечки через себя полезного сигнала, т. е. в диапазоне передаваемых частот иметь в идеале бесконечное сопротивление;
- при разности потенциалов, превышающей определенное значение, резко уменьшать свое сопротивление;
- многократно выдерживать прохождение импульсных токов.

Элементы, применяемые в УЗ по напряжению, можно разделить на две группы:

- воздушные и газонаполненные разрядники (принцип действия – дуговой разряд в газе);
- полупроводниковые приборы (пробой *p-n* переходов).

Воздушные разрядники имеют простую конструкцию. Диэлектриком в них служит воздух. Зазор между электродами

не герметизируется, и поэтому напряжение срабатывания сильно зависит от состава воздуха, его загрязненности, давления и влажности. Более совершенными устройствами являются газонаполненные разрядники. Зазор между электродами закрыт стеклянным или керамическим корпусом и заполнен инертным газом (неоном, аргоном) под давлением.

Среди полупроводниковых элементов, применяемых для защиты по напряжению, наибольшее распространение получили варисторы и супрессоры. Сопротивление варистора сильно зависит от приложенного к нему напряжения.

Варисторы изготавливают из металлооксидных частиц (оксид цинка со специальными присадками), спрессованных таким образом, что контакты между ними действуют как полупроводниковые переходы. Миллионы частиц имитируют работу миллионов диодов. При повышении напряжения пробивается все больше переходов, через варистор начинает протекать ток с выделением тепла.

Супрессорами называются мощные стабилитроны, способные пропускать большие импульсные токи. Их выпускают в одно- и двунаправленном вариантах. Достоинствами супрессоров являются высокая скорость срабатывания (доли наносекунд) и малая емкость (десятки пикофард), высокая энергоемкость и пожаробезопасность, а основным недостатком – высокая стоимость. Поэтому они, в основном, применяются в УЗ дорогостоящего оборудования связи [2].

Сравнительные характеристики элементов защиты по напряжению приведены в табл. 2.

Устройства защиты по току предназначены для защиты от длительных воздействий, поэтому требования, предъявляемые к ним, отличаются от требований к УЗ по напряжению. Основные из них – это требования по рабочему току, току ограничения, остаточному току, внутреннему сопротивлению, времени срабатывания, восстанавливаемости, диапазону рабочих температур. Отличается также схема включения УЗ: если защита по напряжению включается параллельно нагрузке, то защита по току – последовательно и служит она для отсоединения нагрузки от линии. Устройство токовой защиты должно удовлетворять следующим требованиям:

- надежно защищать стоящее за ним оборудование от чрезмерных токов;
- при выходе из строя УЗ должно обеспечивать обрыв цепи;
- иметь минимальный размер и быть удобным для монтажа;
- вносить минимальные помехи в работу аппаратуры связи (иметь минимальное сопротивление);
- быть устройством многократного использования (по возможности).

В настоящее время в устройствах токовой защиты применяют элементы, основанные на различных физических принципах. Самые распространенные из них – плавкие вставки, позисторы и электронный элемент токовой защиты.

Несмотря на то, что плавкие вставки – одни из самых старых токоограничивающих элементов, они и по сей день являются самыми распространенными. Основной недостаток

Таблица 2

Параметры	Разрядники	Варисторы	Супрессоры
Напряжения срабатывания, В	75–1000	2–1400	2–500
Импульсный ток, форма 8/20, кА	5–20	0,4–10	0,1–5
Скорость срабатывания, нс	100–500	25–50	0,1–1
Емкость на 1МГц, пФ	1–3	50–1000	10–100
Стоимость, долл.	~1	~0,2	~2
Применение в защитных устройствах оборудования связи	Защита от мощных импульсных помех любой интенсивности, наведенных в воздушных линиях связи, первый каскад защиты по напряжению	Защита от маломощных импульсных помех большой интенсивности, наведенных в кабельных линиях связи, первый/второй каскад защиты по напряжению	Защита от мощных импульсных помех средней интенсивности, наведенных в кабельных линиях связи, второй каскад защиты по напряжению
Применение в защитных устройствах электропитающих установок	Включаются между изолированными частями систем уравнивания потенциалов, которые электрически не соединены между собой	Защита от мощных импульсных помех большой интенсивности, I, II и III класс защиты	Не применяются



Научно-производственное предприятие "КОМЕТЕХ" основано в 2004 году специалистами, имеющими большой опыт в разработке, производстве и продаже профессиональной телекоммуникационной аппаратуры.

Основные направления деятельности предприятия:

- комплексные поставки телекоммуникационного оборудования ведущих отечественных и зарубежных производителей;
- поставки измерительной техники различного назначения; разработка и производство контрольно-измерительных приборов;
- поставка устройств защиты от перенапряжений для объектов связи и энергетики;
- консультационные услуги;
- издание учебно-методической литературы.

НПП "КОМЕТЕХ" входит в холдинговую компанию "Инженеры электросвязи", предприятия которой совместно решают комплексные проблемы заказчиков.

плавкой вставки, применяемой в УЗ оборудования связи, – высокий разброс (до 50 %) значений тока срабатывания при токах до 300 мА. Применение плавких вставок со стабильными характеристиками дорого и экономически нецелесообразно.

В настоящее время позисторы являются наиболее широко распространенными в технике связи элементами токовой защиты. При превышении проходящим током некоторого порогового значения позистор нагревается и переходит из низкоомного состояния в высокоомное, ограничивая таким образом ток. После прекращения воздействия позистор остывает и восстанавливает малое внутреннее сопротивление. Именно это свойство – основное преимущество позисторов перед плавкими вставками, представляющими собой однократные элементы.

Сегодня выпускают два типа позисторов: керамические и на полимерной основе. Керамические изготавливают из полупроводниковой керамики. Их сопротивление в несколько раз выше полимерных. Керамические позисторы имеют более стабильные характеристики и высокую стойкость к длительным воздействиям, чем полимерные.

Полимерный позистор (PolySwich) изготавливается из материала, внутри которого формируются низкоомные токопроводящие цепочки из углерода. При превышении током установленных границ рассеиваемая мощность увеличивается, вызывая нагрев и расширение полимера. При достижении определенной температуры происходит разрыв токопроводящих цепочек, и элемент переходит в высокоомное состояние. Так происходит отключение защищаемой аппаратуры от линии связи.

Существует другой принцип работы элемента токовой защиты. Предположим, что на пути протекания тока в линии находится нормально замкнутый ключ. Если ток, протекающий в цепи, не превышает заданной величины, то ключ находится в

Таблица 3

Параметр	ЭТЗ-Э	Керамический позистор	Полимерный позистор	Плавкая вставка, термокатушка
Номинальное сопротивление при $T=25^{\circ}\text{C}$, не более, Ом	30–50	22–62	3–30	Единицы
Диапазон рабочих токов гарантированного несрабатывания, мА	0–65	0–70	0–120	Менее номинального тока
Ток переключения (срабатывания) 50/60Гц, мА $\pm 10\%$	90*	от 90	от 150	2,5 от номинала
Скорость срабатывания при токе 0,2/0,5/5 А	2/2/2 мс	7/1,5/0,15 с	30/1,5/0,05 с	Единицы секунд
Время восстановления	Мгновенно	По мере охлаждения, в зависимости от температуры окружающей среды		Одноразовый
Количество циклов срабатываний при воздействии $U_{a.c.} = 230 \text{ В}$, не менее, раз	100	10	10	1
Температура на поверхности элемента в сработавшем состоянии, $^{\circ}\text{C}$	Не более 30	≤ 140	≤ 90	–
Отклонения номинального сопротивления после воздействия $U_{a.c.} = 230 \text{ В}$	Нет	$\pm 5\%$	Увеличивается на 20%	–
Допустимый ток перегрузки, А	5	3	5	Менее тока срабатывания
Применение в ЗУ оборудования связи	Защита чувствительного электронного оборудования	Защита аналоговых АК АТС разных типов	Защита ЦСП, АК АТС, оборудования xDSL	АК электромеханических АТС
Применение в ЗУ электропитающих установок	–	–	–	Применяются

* – значение тока срабатывания может корректироваться.

Таблица 4

Элемент	Параметр	Причина изменения	Изменение параметра	Результат
Разрядник	Статическое и динамическое напряжение пробоя	Разрушение электродов под действием помех	Уменьшение	Срабатывание от рабочего напряжения
	Сопrotивление изоляции		Увеличение	Ухудшение защитных свойств
Варистор	Квалификационное напряжение	Воздействие помех, низких температур, старение	Уменьшение	Утечка тока, понижение изоляции замыкание на землю
	Ток утечки		Увеличение	
	Сопrotивление контактов керамика/проводник	Воздействие помех, температур, нарушение технологии	Увеличение. Отсутствие контакта	Варистор не работает
Позистор керамический	Сопrotивление	Старение, воздействие перенапряжений	Увеличение	Срабатывание от рабочего тока, увеличение затухания
	Сопrotивление контактов керамика/проводник	Воздействие помех, температур, нарушение технологии	Увеличение. Отсутствие контакта	Увеличение затухания, обрыв.
Позистор полимерный	Сопrotивление	Увеличивается после срабатывания	Увеличение	Срабатывание от рабочего тока, увеличение затухания

исходном состоянии, если ток превышает это значение – ключ размыкается и обрывает цепь протекания тока.

Данный принцип используется в электронных элементах токовой защиты (ЭТЗ-Э). Они обладают следующими параметрами: вносимое сопротивление около 60 Ом; ток ограничения 50–70 мА; время срабатывания – несколько микросекунд. Сложность задачи защиты по току состоит в том, что для срабатывания защитного элемента опасный ток должен протекать через защищаемые устройства. Все элементы токовой защиты обладают значительной инерционностью и не всегда могут обеспечить надежную защиту. Поэтому при выборе устройств токовой защиты, в первую очередь, необходимо обратить внимание на скорость их срабатывания и понять, является ли она достаточной для защиты конкретного оборудования [3].

Сравнительные характеристики элементов защиты по току приведены в табл. 3.

Критерии выбора защитных устройств. Из вышеизложенного можно сделать вывод, что для эффективной защиты телекоммуникационного оборудования необходимо правильно выбрать защитные устройства. На рынке в настоящее время представлен довольно большой ассортимент УЗ. Отличаются они своим устройством, применяемыми элементами, конструкцией, назначением, ценой и т.д. Производят их предприятия, выпускающие, например, коммутационное или кроссовое оборудование. Существуют фирмы, специализирующиеся на производстве УЗ.

Зачастую УЗ поставляются вместе с какой-то другой аппаратурой, и выбор их типа осуществляет фирма-поставщик. Мотивация выбора, как правило, экономическая. Фирма поставляет УЗ собственного производства, или те, которые ей выгоднее поставить. В последние годы операторы связи часто приобретают различное оборудование, в том числе и УЗ на основе тендера. В этом случае чаще всего приобретаются самые дешевые модели.

Как в первом, так и во втором случае не выполняется главная цель приобретения УЗ: минимизация вероятности повреждения защищаемого телекоммуникационного оборудования. А так как его стоимость во много раз превышает стоимость УЗ, то экономия от проведения тендера выглядит неоправданной.

Выбором УЗ должны заниматься технические специалисты, и главный критерий – минимизация вероятности повреждения защищаемого оборудования. Только это и даст в итоге наибольшую экономию.

Проверка параметров устройств и элементов защиты. При выборе и эксплуатации УЗ необходимо учитывать еще один фактор. Будучи включенными в тракт передачи сигналов или электроэнергии, УЗ не могут не влиять на качество передачи. В штатном режиме это влияние незначительно, однако нарушения качества связи и нормального режима работы электроустановок из-за неисправных или неправильно примененных УЗ – явление не такое уж редкое. Часто выход оборудования из строя происходит потому, что параметры элементов УЗ

Таблица 5

Нормы испытательных приборов для городских линейных эксплуатационных служб	
Емкость телефонной сети	Количество приборов для проверки параметров УЗ
до 5000	1
5000–10000	2
10000–15000	2
свыше 15000	3

Таблица 6

Нормы испытательных приборов для сельских линейных эксплуатационных служб	
Емкость телефонной сети	Количество приборов для проверки параметров УЗ
до 200	–
до 500	1
до 1000	1

изменились под воздействием различных факторов, или же не соответствовали заявленному производителем.

Срок службы УЗ, как правило, короче, чем оборудования связи и сильно зависит как от условий применения, так и от качества использованных комплектующих. Определить, пригоден ли УЗ для использования, можно лишь путем измерения его электрических характеристик. В табл. 4 показаны основные характеристики элементов защиты и тенденции их изменения под воздействием различных факторов, а также возможные последствия таких изменений: могут ухудшиться качественные показатели каналов и трактов телекоммуникационных систем, а в электропитающих установках возможны и возгорания.

Самый надежный способ предотвращения вышеописанных неприятностей – это периодическая проверка УЗ с помощью специализированных приборов.

Таким образом, проверка УЗ является обязательным условием надежного и безопасного функционирования систем связи и электропитающих установок. В частности, проверку элементов и УЗ по напряжению рекомендуется обязательно проводить перед грозным сезоном. Следовательно, необходимо иметь приборы, способные проверить работоспособность элементов и УЗ. Наличие таких приборов на

АТС городского и сельского типов регламентируется РД 45.120-2000.

В соответствии с руководящими документами линейные эксплуатационные службы должны иметь приборы для проверки УЗ в количествах, приведенных в табл. 5 и 6 [4].

Цена современного прибора проверки УЗ по напряжению составляет около 10 тыс. руб., более сложный прибор, позволяющий проверить защиту по напряжению и току (вместе с адаптерами), стоит не более 40 тыс. рублей. При оснащении сетей малой емкости простыми приборами, а больших сетей (емкостью от 10 000 номеров) более сложными, возникают дополнительные затраты, исчисляющиеся в среднем единицами рублей на порт. Временные затраты по проверке УЗ также не выглядят очень обременительными – проверка защитного устройства займет в среднем одну минуту. За рабочий день можно проверить 480 устройств, а за четыре недели – 9600.

К сожалению, в настоящее время у операторов связи приборы для испытания УЗ практически отсутствуют, что, безусловно, влечет за собой выход из строя аппаратуры связи из-за неисправных УЗ. Ущерб от этого трудно подсчитать. Однако можно смело утверждать, что он явно превышает расходы, связанные с приобретением рекомендуемого количества приборов и проверкой УЗ перед грозным сезоном.

Представленные в статье материалы должны помочь специалистам служб эксплуатации телекоммуникационного оборудования в выборе устройств защиты от перенапряжений, что в конечном счете приведет к уменьшению выхода из строя телекоммуникационного оборудования и сокращению времени простоя каналов связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Рекомендация МККТТ К.23.** Типы индуцированных помех и описание параметров напряжения шумов на основных сетях абонентских линий сети ЦСИС.
2. **TVS-диоды** – полупроводниковые приборы для ограничения опасных перенапряжений. www.kazus.ru.
3. **Терентьев Д.Е., Сторожук Н.Л.** Защита оборудования и объектов связи от опасных электромагнитных влияний// Информация и космос. – 2004. – № 3.
4. **РД 45.120-2000** "Городские и сельские телефонные сети. Нормы технологического проектирования".

Получено 13.11.06

ИНФОРМАЦИЯ

НОВОСТИ ALCATEL

В январе 2006 г. британский журнал What to Buy for Business (Что покупать для бизнеса) назвал две коммуникационные платформы – Alcatel OmniPCX Office и OmniPCX Enterprise – лучшими продуктами для приобретения в текущем году (Best Buy).

После сравнения с конкурентными продуктами платформа Alcatel OmniPCX Office была названа лучшим решением для малых и средних предприятий, а Alcatel OmniPCX Enterprise – для средних и крупных компаний. Эти гибкие и масштабируемые коммуникационные системы могут работать как в IP-сетях, так и в традиционной телефонной среде, что создает весьма благоприятные условия для постепенного перехода к IP-технологиям. Обе системы отличаются быстрой окупаемостью и значительно повышают производительность труда, предоставляя сотрудникам предприятия современные услуги IP-телефонии и широкий выбор коммуникационных приложений, включая унифицированные сообщения, конференц-связь, приложения для групповой работы (collaboration) и функции контактного центра.

Компания Alcatel и инновационный российский оператор "Старт Телеком" подписали соглашение о проведении испытаний оборудования WiMAX. Тестирование фиксированной сети WiMAX началось в феврале 2006 г.

WiMAX – это новый набор стандартов беспроводного широкополосного доступа для мобильной и фиксированной связи с возможностью обслуживания пользователей при движении в городах и сельской местности. WiMAX предоставляет широкополосный доступ там, где прокладка DSL-кабелей технически невозможна или экономически нецелесообразна. Кроме того, операторы, предоставляющие услуги голосовой связи и широкополосного

доступа, могут использовать WiMAX в качестве альтернативного варианта "последней мили".

По условиям соглашения Alcatel предоставит компании "Старт Телеком" свое комплексное решение WiMAX, включая оборудование базовой станции и клиентские устройства, обеспечивающие быструю установку в помещении заказчика. Решение Alcatel обеспечит высокоскоростной беспроводной доступ в Интернет с пиковой скоростью до 12 Мбит/с на расстоянии более 10 км от базовой станции для выбранных абонентов.

Компании Alcatel и Samsung Electronics объявили о предстоящей совместной работе по обеспечению совместимости и взаимодействия инфраструктурных решений Alcatel Mobile WiMAX, работающих по стандарту IEEE 802.16e (в Южной Корее он называется WiBro), и мобильных терминалов Samsung WiMAX. Стратегическое сотрудничество между двумя компаниями позволит ускорить распространение решений Mobile WiMAX (WiBro) на мировом рынке.

Тестирование систем обеих компаний, цель которого – создание полностью совместимого комплексного решения Mobile WiMAX (WiBro), будет проходить во второй половине 2006 г. В результате абоненты в любой стране мира смогут получить доступ к широкополосным услугам через мобильные терминалы на мультимедийных скоростях. Эта услуга значительно расширит функциональность сетей фиксированной и мобильной связи.

Кроме этого, Alcatel и Samsung будут сотрудничать в области разработки и принятия отраслевых стандартов в таких организациях, как WiMAX Forum, IEEE и 3GPP.