



А. Д. МАНАКОВ, научный сотрудник ЦЖТ ПГУПС

# Концепция защиты устройств железнодорожной автоматики и телемеханики от перенапряжений

Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) работают в сложной электромагнитной обстановке и подвержены воздействию атмосферного электричества (молния) и коммутационных перенапряжений, возникающих при следующих ситуациях: коротких замыканиях в тяговой сети электрифицированных железных дорог и на электроподвижном составе (ЭПС); переходных процессах в системах тягового электроснабжения и на ЭПС во всех режимах их работы (пуск, переключения, сброс тяги, подача напряжения и т. п.); переключениях и аварийных режимах в сетях электроснабжения 6–35 кВ; внутренних коммутациях в аппаратуре во время ее работы.

Техническое перевооружение хозяйства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) на электронную элементную базу обострило вопрос защиты таких систем от перенапряжений. Применение методов и средств защиты от перенапряжений релейных систем к электронным устройствам ЖАТ показало низкую эффективность такой защиты. Электронные устройства ЖАТ, обладая малыми габаритами, пониженной электрической прочностью и токонесущей способностью по сравнению с релейными системами,

предъявили новые требования к устройствам защиты от перенапряжений. К таким требованиям относятся уменьшение величины остаточного напряжения на средстве защиты и времени срабатывания защиты.

Начиная с 2005 года идут работы по созданию блока нормативных документов по защите электронных устройств ЖАТ от перенапряжений. Основным документом этого блока является «Концепция защиты устройств железнодорожной автоматики и телемеханики от перенапряжений» [1].

Концепция защиты устройств ЖАТ от перенапряжений – это система целей, задач, принципов и основных направлений на заданный период, определяющих приоритеты, средства и пути решения проблемы защиты.

Главная цель концепции – определение путей решения проблемы защиты устройств ЖАТ от грозовых и коммутационных перенапряжений на этапе технического перевооружения хозяйства

СЦБ на электронную элементную базу.

Основными задачами концепции являются:

- анализ состояния защиты устройств ЖАТ от перенапряжений в России и за рубежом;
- анализ подходов к разработке защиты устройств ЖАТ от перенапряжений;
- разработка принципов защиты устройств ЖАТ от перенапряжений;
- определение основных направлений работ на заданный период по реализации разработанных принципов защиты устройств ЖАТ от перенапряжений.

При разработке методов снижения перенапряжений различают четыре конструктивных направления: первое направление объединяет меры и средства воздействия на сам источник перенапряжений; второе направление объединяет средства воздействия на энергию перенапряжений в канале распространения; третье направление объединяет средства защиты от перенапряжений на входе уст-

ройства; четвертое направление объединяет средства защиты от перенапряжений в самом устройстве, которые закладываются на этапе разработки устройств и должны соответствовать требованиям сертификационных испытаний устройств на электромагнитную совместимость.

Анализ состояния защиты от перенапряжений в России показал, что применяют в основном третье и четвертое конструктивное направление. Ведомственная разобщенность и разные цели при выборе средств защиты от перенапряжений (для служб энергоснабжения – защита изоляции высоковольтных устройств, а для служб сигнализации, централизации и блокировки – защита электронных устройств) не позволяет использовать второе конструктивное направление для защиты устройств ЖАТ со стороны цепей питания при близких прямых ударах молнии в высоковольтно-сигнальную линию.

Многие железные дороги и компании – изготовители аппаратуры систем сигнализации (прежде всего в США) поддерживают идею многоуровневой защиты. Разрядники первого уровня нейтрализуют заряды на линии, разрядники второго уровня – на входе в аппаратный шкаф, разрядники третьего уровня обеспечивают непосредственно аппаратуры от остаточных перенапряжений. Эволюция систем сигнализации от релейной до электронной сопровождается возрастающей потребностью в защите первого и второго уровней. Перевод сигналов с ламп накаливания на светодиоды требует включения грозозащиты непосредственно в конструкции сигналов.

Международная электротехническая комиссия (МЭК) для защиты от грозовых импульсных перенапряжений электронного оборудования, расположенного в здании, разработала зонную концепцию защиты. Согласно этой концепции объект, подлежащий защите от перенапряжений, разбивается на три условных зоны. Предусматривается последовательное снижение уровня перенапряжений от зоны 0 к зоне 1 и далее к зоне 2, в которой устанавливается оборудование. Границей зоны 0 и зоны 1 служат стены здания с внешним контуром заземления. Для систем электропитания границей этих зон является вводный щит здания. Большое значение имеют экранирующие свойства зданий и сооружений, длины и расположение кабелей, взаимное расположение оборудования и в первую очередь правильно выполненные системы заземления и выравнивания потенциалов. Во время проведения проектных и монтажных работ, а также эксплуатации объекта при проведении мероприятий по защите от перенапряжений нельзя рассматривать различные типы оборудования, различные системы и коммуникации отдельно друг от друга.

Существующий подход к решению проблемы защиты от перенапряжений можно характеризовать как метод последовательных приближений, при котором разрабатываются отдельные устройства защиты от перенапряжений, как правило, соответствующие третьему конструктивному направлению средств защиты. Проводятся лабораторные испытания таких устройств. Изготавливается опытная партия, которая проверяется в опытной эксплуатации. Длительный опыт применения метода последовательных приближений для разработки средств защиты от перенапряжений показал малую эффективность и высокую затратность.

Известно, что моделирование есть метод научного познания, при использовании которого исследуемый объект замещается другим, более простым объектом, называемым моделью. Результатом изучения модели является новая информация об исследуемом объекте. Под математической моделью будем понимать уравнения и соотношения, описывающие электромагнитные процессы. Предлагаемый подход к разработке защиты от перенапряжений на основе математических моделей включает следующие этапы:

- 1) обследование защищаемых объектов устройств ЖАТ, разработка математических моделей: источников перенапряжений, линий (среды) распространения энергии перенапряжений, средств защиты, функциональных трансформаторов устройств ЖАТ и нагрузки;

- 2) разработка математических моделей каналов распространения энергии перенапряжений, действующей на устройства ЖАТ, которыми могут

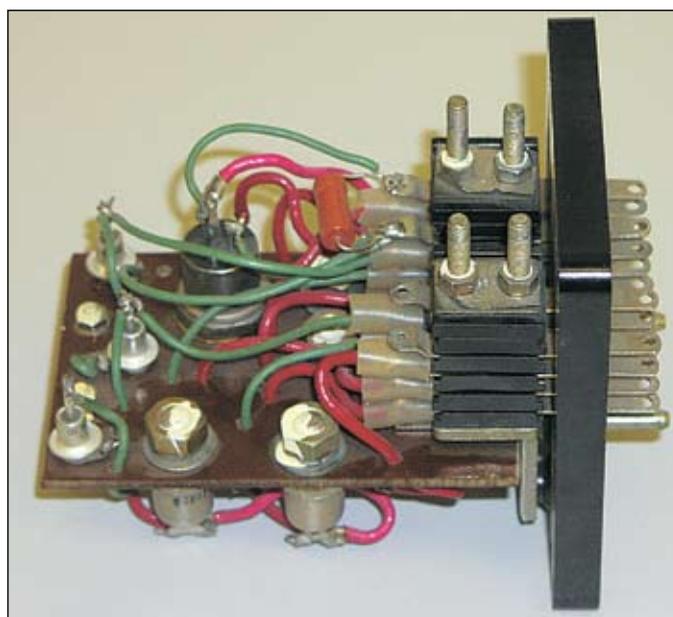


Рис. 1. Защитный многофункциональный ключ от перенапряжений – «ЗАМОК-Т»

быть: высоковольтная линия (6; 10; 27,5; 35 кВ) – как канал распространения грозовых перенапряжений и как источник коммутационных перенапряжений, тяговая сеть (3,3; 2х25; 27,5 кВ), рельсовая линия, устройства заземления;

3) анализ эффективности существующих средств защиты от перенапряжений через исследования на математических моделях (вычислительный эксперимент);

4) синтез систем защиты от перенапряжений через исследования на математических моделях путем объединения и согласования характеристик всех средств защиты от источника перенапряжений до устройства ЖАТ, при этом линию и трансформаторы устройств ЖАТ рассматривать как функциональную защиту от перенапряжений;

5) проведение точечных экспериментов с целью проверки соответствия математических моделей и исследуемых процессов.

Исследования на математических моделях каналов распространения энергии перенапряжений позволяют анализировать эффективность существующей защиты, объединять в единую систему все средства защиты от источника и до защищаемого устройства, согласовывать характеристики средств защиты в системе защиты от перенапряжений.

В Центре компьютерных железнодорожных технологий Петербургского государственного университета путей сообщения разработаны математические модели: тяговой сети при коротком замыкании контактного провода на рельс, высоковольтной линии автоблокировки при распространении волн грозовых перенапряжений, трансформаторов устройств ЖАТ при передаче импульсной энергии.

Исследования на математических моделях позволили обосновать требования к устройствам защиты от импульсных перенапряжений коммутирующего типа «ЗАМОК-Т» – защитный много-



Рис. 2 Сетевой фильтр ввода питания релейных шкафов – ФСРШ

функциональный ключ от перенапряжений, который предназначен для защиты от продольных и поперечных перенапряжений электронной аппаратуры и, кроме того, для защиты контакта трансмиттерного реле в кодовых рельсовых цепях от электрического износа (см. рис. 1).

С 1997 года «ЗАМОК-Т» используется для защиты вводов питания и аппаратуры рельсовой цепи в устройствах обнаружения перегретых букс.

Для защиты однофазного ввода питания релейных шкафов устройств ЖАТ от продольных и поперечных перенапряжений разработан сетевой фильтр (ФСРШ) (рис. 2). С 2003 года ФСРШ находится в эксплуатации на магистральном железнодорожном транспорте.

С целью разгрузки средств защиты от грозовых перенапряжений на вводах питания и снижения вероятности близких прямых ударов молнии в высоковольтную линию разработаны защитные подходы к трансформаторам питания устройств ЖАТ [2]. Характеристики защищенных подходов были обоснованы исследованиями на математических моделях.

Защита электронных устройств ЖАТ от перенапряжений может быть эффективной только

при согласованном взаимодействии мер и средств функциональной (линии и трансформаторы) и дополнительной защиты в источнике перенапряжений, канале распространения, на входе устройства ЖАТ и в самом устройстве. Математические модели позволяют объединить и согласовать взаимодействие функциональной и дополнительной защиты от перенапряжений в разнообразных каналах распространения энергии перенапряжений.

#### Литература

1. Концепция защиты устройств железнодорожной автоматики и телемеханики от перенапряжений (проект) / А. Б. Никитин, О. А. Наседкин, А. Д. Манаков, В. А. Шатохин // Экспресс-информации. Серия «Автоматика и телемеханика». – ЭИ/ЦНТИ. – 2006. – Вып. 3 – С. 1–25, 8 илл.
2. Гавзов Д. В., Манаков А. Д., Давыдов А. В., Шатохин В. А. Защитные подходы к трансформаторам питания устройств ЖАТ // Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте: Труды 2-й Международной научно-практической конференции (Сочи, ОК «Дагомыс», 11–14 октября 2005 г.).