

# ЗАЩИТА СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

**М.М. СОЛЮЛЁВ,**

АО «Хакель», главный специалист

**В.И. СВЕТЛОВ,**

АО «Хакель», руководитель направления  
«Железнодорожная отрасль»

**А.С. ПРОСКУРЯКОВ,**

АО «Хакель», руководитель направления  
«Общая промышленность»

**В** СООТВЕТСТВИИ с Федеральным законом от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» железнодорожная инфраструктура активно оснащается техническими средствами обеспечения транспортной безопасности (ТСОБ), составной частью которых являются системы видеонаблюдения. ТСОБ относятся к первой категории надежности электроснабжения. Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ-7) это означает, что перерыв в электроснабжении указанных систем, а следовательно, перерыв в их функционировании, может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, сбой в организации сложных технологических процессов и др.

В связи с обращениями эксплуатирующих организаций по поводу выхода из строя оборудования ТСОБ в результате грозовой активности, специалисты АО «Хакель» — российского разработчика и производителя устройств защиты от импульсных перенапряжений, систем молниезащиты и заземления, опираясь на свой многолетний опыт по защите объектов желез-

нодорожной инфраструктуры от импульсных перенапряжений, проанализировали сложившуюся ситуацию.

В первую очередь следует отметить, что технические средства обеспечения транспортной безопасности находятся в сложной электромагнитной обстановке и могут подвергаться весьма опасным воздействиям, таким как:

- коммутационные процессы в высоковольтных линиях продольного электроснабжения и в тяговых сетях;
- удары молнии в высоковольтные воздушные линии продольного электроснабжения и в тяговую сеть;
- удары молнии как вблизи низковольтных кабельных линий, так и непосредственно в сами линии.

Оказалось, что при проектировании ТСОБ, в частности систем видеонаблюдения, далеко не всегда уделяется должное внимание вопросам их защиты от грозовых и коммутационных воздействий. В результате применяется оборудование общепромышленного назначения, в котором не учтена специфика железнодорожной инфраструктуры. Как следствие, средства защиты от импульсных перенапряжений

или отсутствуют, или не соответствуют условиям эксплуатации.

Для решения указанной проблемы необходим комплексный подход с опорой на общегосударственные и отраслевые нормативные документы в области защиты от импульсных перенапряжений и заземления с учетом специфики железнодорожной инфраструктуры. Однако в этих нормативных документах остались пробелы, которые приходилось устранять, основываясь на знании предмета и своем опыте.

По результатам анализа специалисты АО «Хакель» разработали технические решения по защите систем видеонаблюдения от грозовых и коммутационных воздействий, а также от влияний тягового тока. Созданные на их основе средства защиты способны справляться с импульсными воздействиями большой энергии, одновременно ограничивая перенапряжения до безопасных для оборудования значений. Они применимы к любым электрическим и электронным системам железнодорожной инфраструктуры, в том числе к системам управления внешним освещением охранных зон мостов и тоннелей в составе ТСОБ. Предусматривать средства защиты целесообразно на этапе проектирования при новом строительстве или модернизации объекта.

Типовая система внешнего видеонаблюдения представляет собой сеть IP-видеокамер, подключенных к линиям Ethernet с технологией PoE (PoE+) через

РоЕ-коммутаторы. Эти линии, построенные на волоконно-оптических кабелях (ВОК), не требуют защиты от перенапряжений, но в ней нуждаются фидеры питания коммутаторов. Причем защищать необходимо как источник (шкафы питания), так и оконечное оборудование (РоЕ-коммутаторы).

Такая задача решается на основе зоновой концепции защиты от молнии, описанной в ГОСТ Р МЭК 62305-1–2010<sup>1</sup>. Несмотря на то, что область применения данного международного документа не распространяется на железнодорожные системы, в отраслевой нормативной документации ОАО «РЖД» в области молниезащиты (Концепции комплексной защиты<sup>2</sup> и ГОСТ Р 58232–2018<sup>3</sup>) такой подход принят за основу.

Согласно ей пространство, в котором располагаются защищаемые объекты, разделяется на внешние (нулевые) зоны, где возможен прямой удар молнии (зона 0<sub>в</sub>) или воздействие полного электромагнитного поля молнии (зона 0<sub>в</sub>), и внутренние зоны (1, 2 и 3), в которых воздействие ослаблено. Чем больше номер зоны, тем ниже в ней уровень импульсных воздействий на оборудование. Электротехническое оборудование рекомендуется размещать

в зоне 1, а чувствительное электронное — в зоне 2 или 3.

Границы зон могут быть как физическими (стены зданий, оболочки шкафов и др.), так и условными, формируемыми с помощью устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), которые должны устанавливаться на границах зон вне зависимости от их физической реализации (ГОСТ Р МЭК 62305-4–2016<sup>4</sup>).

Для шкафов питания, как правило, достаточно формирования зоны молниезащиты 1, где уровень остаточных импульсных перенапряжений будет менее 1,5 кВ. В этих целях применяются только УЗИП класса испытаний I, I+II или I+II+III (ГОСТ IEC 61643-11–2013<sup>5</sup>), рассчитанные на молниевые токи. Такие устройства нормируются импульсным током  $I_{imp}$  длительностью 10/350 мкс, который приблизительно соответствует длительности первого импульса тока молнии.

В соответствии с ГОСТ IEC 61643-12–2022<sup>6</sup> кроме выбора класса испытаний УЗИП требуется еще оценить их необходимую энергетическую стойкость исходя из оценки уровня возможных воздействий. Поскольку в системах видеонаблюдения имеются протяженные кабельные линии, прокладываемые откры-

тым способом по ограждениям и опорам, в том числе контактной сети, необходимо ориентироваться на самый худший вариант — прямой удар молнии в линию. Для оценки воздействий в этом случае можно обратиться к нормам СТО РЖД 08.024–2015<sup>7</sup>, где установлены параметры молниевых токов (25 кА длительностью 10/350 мкс) для открытых частей напольного оборудования железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), куда возможен прямой удар молнии (рельсы (рельсовые цепи), светофоры, электроприводы). Энергетическая стойкость УЗИП должна превышать указанное значение (25 кА), поскольку не исключено воздействие серии импульсов.

Помимо высокого уровня воздействий специфичность условий железнодорожной инфраструктуры заключается еще и во влиянии тягового тока. Ведь кабельные линии защищаемых систем видеонаблюдения нередко проходят вдоль электрифицированных путей с интенсивным движением поездов. В результате наводок и утечки тяговых токов имеется опасность возникновения аварийных токов утечки через УЗИП, которые могут привести даже к пожарам. В первую очередь та-

<sup>1</sup> ГОСТ Р МЭК 62305-1–2010 «Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы».

<sup>2</sup> «Концепция комплексной защиты технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений и влияний тягового тока», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 24 декабря 2013 г. № 2871р и введенная в действие 1 января 2014 г.

<sup>3</sup> ГОСТ Р 58232–2018 «Объекты железнодорожной инфраструктуры. Комплексная защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Общие требования».

<sup>4</sup> ГОСТ Р МЭК 62305-4–2016 «Защита от молнии. Часть 4. Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений».

<sup>5</sup> ГОСТ IEC 61643-11–2013 «Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 11. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным системам распределения электроэнергии. Требования и методы испытаний».

<sup>6</sup> ГОСТ IEC 61643-12–2022 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения».

<sup>7</sup> СТО РЖД 08.024–2015 «Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Требования к характеристикам испытательных импульсных воздействий».

кие ситуации наблюдались в системах ЖАТ. С учетом указанных рисков при участии специалистов АО «Хакель» были разработаны отраслевые нормативные документы (Концепция комплексной защиты и Методические указания № 1225/ЦДИ<sup>8</sup>), в которых, в частности, прописаны меры безопасности. В них указывается, что УЗИП требуется размещать в отдельных металлических щитках защиты от импульсных перенапряжений (ЩЗИП), а тепловую защиту самих УЗИП необходимо обеспечивать с помощью встроенных терморасцепителей.

В соответствии с Концепцией комплексной защиты для обеспечения непрерывности электропитания защищаемого объекта в цепях УЗИП вводных и питающих устройств дополнительно требуется предусмотреть токовую защиту при аварийных режимах (пробое) устройств защиты. При этом аппараты токовой защиты

УЗИП должны удовлетворять достаточно противоречивым требованиям:

- не срабатывать при прохождении ожидаемых импульсных токов через УЗИП;
- обеспечивать отключение при аварийных токах утечки УЗИП, которые могут составлять единицы ампер;
- соблюдать условие селективности с вышестоящими аппаратами токовой защиты.

Вследствие относительно небольших рабочих токов фидеров видеонаблюдения (десятки ампер) ни предохранители, ни автоматические выключатели (особенно модульные) этим требованиям не соответствуют, поскольку не обладают достаточной импульсной стойкостью.

Решением здесь является применение специальных устройств безопасного отключения (УБО) с малым номинальным током — не более 3 А.

Нужно также обратить внимание на то, что срабатывание тепловой или токовой защиты приводит к отключению УЗИП от защищаемого оборудования. В связи с этим для принятия своевременных мер по восстановлению защиты оборудования рекомендуется предусматривать контроль состояния этих устройств. Он может быть как местным (визуальная индикация), так и дистанционным (подача сигнала в систему мониторинга).

С учетом указанных мер безопасности для защиты питающих шкафов рекомендуется использовать ЩЗИП, которые являются комплектными изделиями и подключаются к выходным клеммам фидеров питания. Их можно подключать как последовательно, так и параллельно фидеру. При параллельном подключении длина соединительных проводников должна быть минимальной и не превышать 2 м. Конкретная схема ЩЗИП определяется применяемой системой заземления фидера — TN-S или IT (рис. 1).

Для RoE-коммутаторов, устанавливаемых на поле, зона молниезащиты 2 формируется путем применения двухступенчатой схемы защиты, которая обеспечивает уровень остаточных импульсных перенапряжений не более 900 В. УЗИП первой ступени формируют зону 1, а второй — зону 2. Такой вариант универсален для любой системы заземления фидера питания.

Для УЗИП первой ступени защиты класса испытаний I необходимо учитывать, что уровень воздействий на напольное оборудование может быть выше, чем на питающие шкафы.

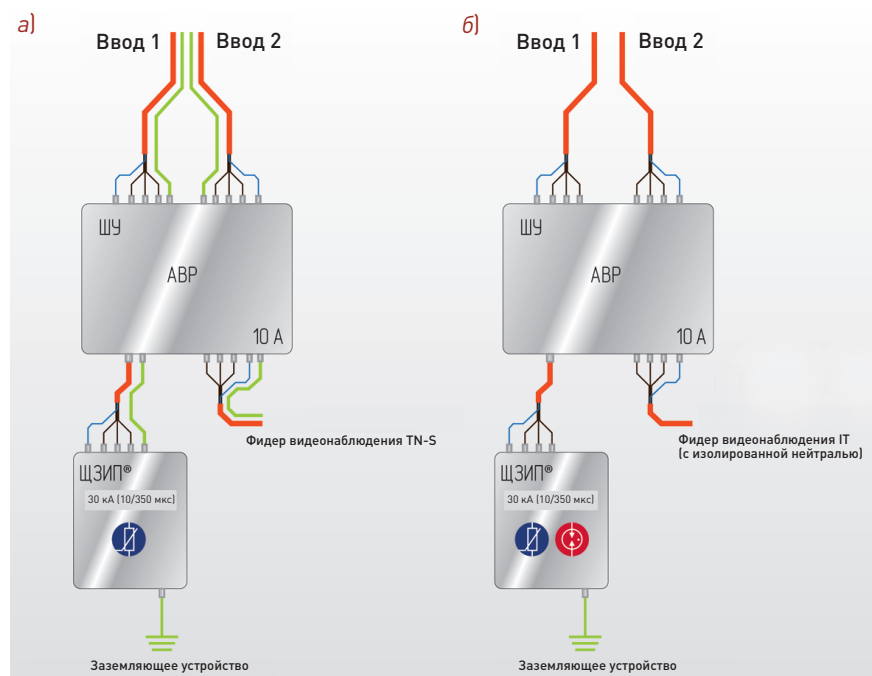
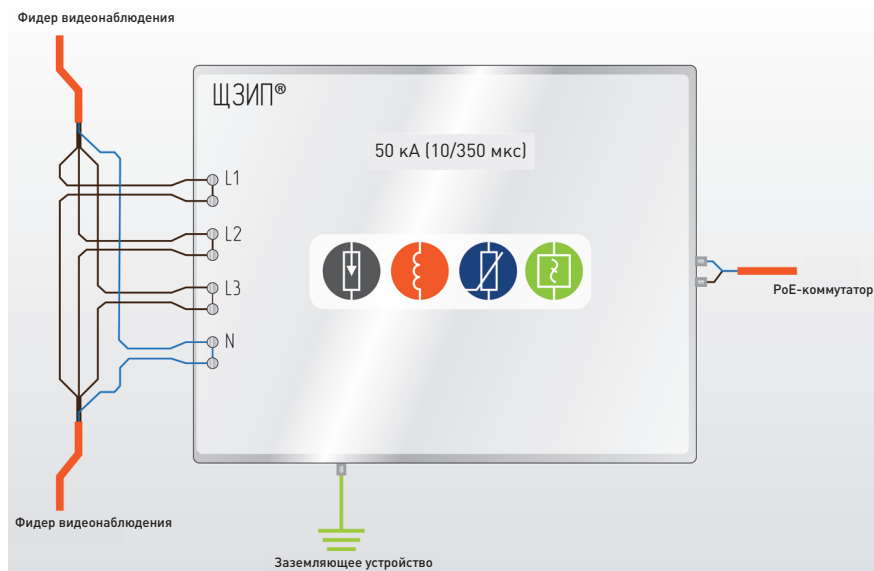


Рис. 1. Примерная схема параллельного подключения ЩЗИП питающих шкафов (ШУ) к трехфазному фидеру видеонаблюдения систем заземления TN-S (а) и IT (б)

Рис. 2. Пример схемы подключения ЩЗИП RoE-коммутатора для трехфазного фидера с изолированной нейтралью

В качестве второй ступени применяются УЗИП класса испытаний II (ГОСТ IEC 61643-11–2013). Они устанавливаются на границе зоны 2 или в непосредственной близости от защищаемого оборудования (ГОСТ Р МЭК 62305-4–2016) и нормируются разрядным током  $I_n$  длительностью 8/20 мкс. Для электронного оборудования рекомендуется дополнительно предусматривать защиту от высокочастотных помех с помощью помехоподавляющего фильтра, а в целях оптимизации компоновки защиты применять устройства, совмещающие УЗИП второй ступени с помехоподавляющим фильтром.

Особо нужно отметить, что двухступенчатая схема защиты (рис. 2) реализуется именно двумя согласованными ступенями и не может быть заменена одним комбинированным УЗИП классов испытаний I+II или I+II+III. Согласование работы ступеней защиты обеспечивается специальными импульсными разделительными дросселями.



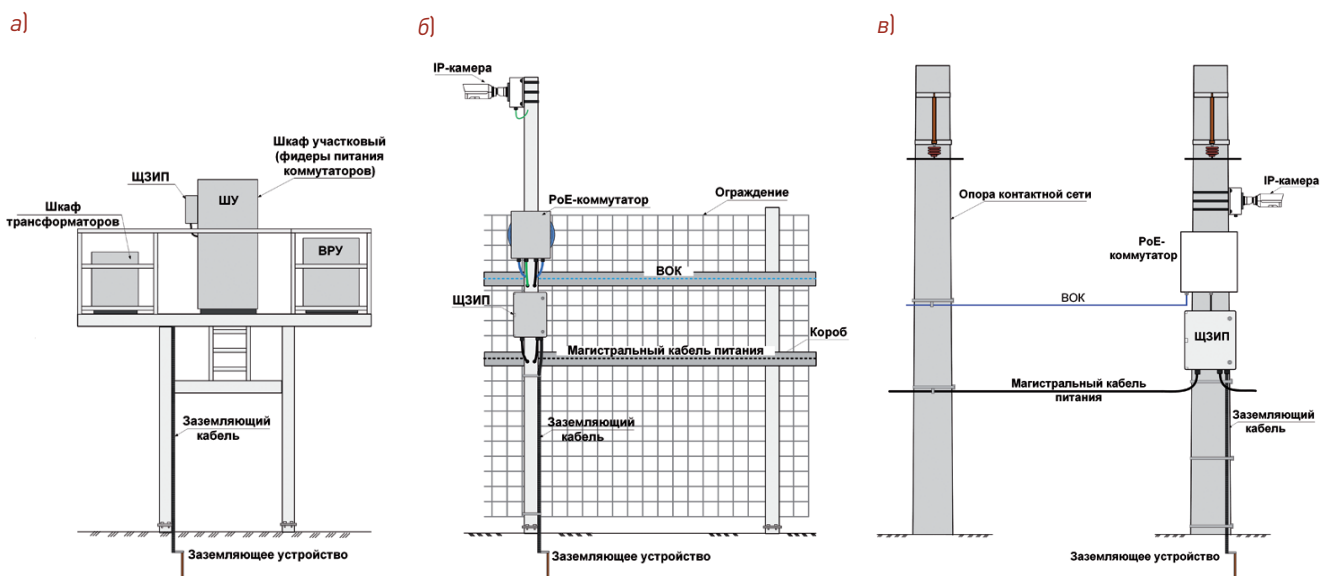
Практически данная схема защиты реализуется с помощью специальных ЩЗИП, которые одновременно выполняют функции распределительных устройств с аппаратами токовой защиты и размещаются на той же опоре, что и RoE-коммутатор (рис. 3).

Для особо ответственных участков, где необходимо обес-

печить гарантированное электропитание RoE-коммутаторов, разработаны ЩЗИП с резервным источником бесперебойного электропитания (ИБП), рассчитанным на работу в течение 3 ч.

Для напольного оборудования оптимальным решением будет включение контроля состояния УЗИП в систему мониторинга са-

Рис. 3. Пример организации защиты железнодорожной системы видеонаблюдения: питающих шкафов (ШУ) (а), RoE-коммутаторов на опорах ограждения (б) и контактной сети (в)



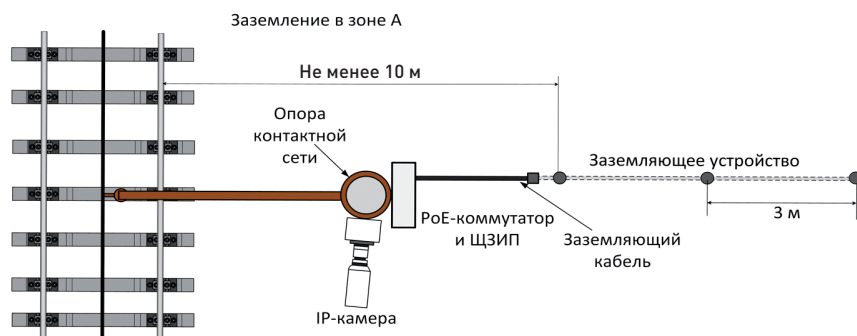


Рис. 4. Схема заземления ЩЗИП в зоне А

мих PoE-коммутаторов. Подобная схема разработана специалистами АО «Хакель» с использованием оборудования «Форт-Телеком» (серия T-Fortis).

Эффективность работы УЗИП напрямую зависит от систем заземления. Однако здесь как раз и имеются пробелы в нормативной документации, о которых говорилось ранее.

Прежде всего, именно для УЗИП (ЩЗИП) не установлены нормированные значения сопротивления заземления. Имеются только требования по заземляющим проводникам, которые в соответствии с ГОСТ Р МЭК 62305-4-2016 должны быть медными, многожильными, сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>, минимально возможной длины и не иметь петель (индукционных контуров). Таким образом, заземляющее устройство необходимо предусматривать по месту установки каждого ЩЗИП, поскольку удаленное заземление здесь будет неэффективным. В связи с этим на практике по нормам заземления проектировщикам необходимо ориентироваться либо на требования к заземлению защищаемого оборудования, устанавливаемые производителем, либо на нормы заземления

для электроустановок (ПУЭ-7, ГОСТ Р 58232-2018).

Еще одна нестыковка в нормативной документации — повторное заземление проводника РЕ при системе заземления TN-S. В ПУЭ-7 нормируется только заземление источника на подстанции, а выполнение повторного заземления у потребителей, где как раз и стоят УЗИП или ЩЗИП, носит рекомендательный характер и не нормируется. Такой подход, вполне допустимый с точки зрения электробезопасности, категорически не подходит для грозозащиты. Это необходимо учитывать при проектировании и обустройстве местного заземления, которое должно выполняться по тем же нормам, что и заземление источника.

Отдельного рассмотрения требует вопрос заземления ЩЗИП в зоне А электрифицированных железнодорожных путей, где возможно падение высоковольтного провода (контактного или продольной линии электропитания, подвешенного на опорах контактной сети). В соответствии с Инструкцией ЦЭ-191<sup>9</sup> металлические корпуса оборудования в этой зоне должны заземляться на рельсовую сеть — напрямую или через разделительные уст-

ройства (разрядники или диодные заземлители). Однако для работы УЗИП указанное решение неприемлемо, поскольку при таком прямом заземлении оборудование фактически подключается к обратному проводу тяговой сети, что может привести к попаданию в него части тягового тока, а при использовании разделительных устройств заземление фактически будет отсутствовать.

На эту нестыковку обратили внимание прежде всего в хозяйстве ЖАТ и разработали схему заземления оборудования для таких случаев (см. Методические указания № 1225/ЦДИ). Аналогичное решение нужно применить и к ЩЗИП: заземляющее устройство в зоне А должно быть электрически изолированным от рельсовой сети, не размещаться параллельно пути и располагаться на расстоянии не менее 10 м от крайнего рельса (рис. 4).

С учетом этих особенностей в зоне А рекомендуется применять ЩЗИП и прочее оборудование с корпусами из изолирующих материалов, не поддерживающих горение, что позволяет исключить необходимость их заземления на рельсовую сеть.

Все устройства для реализации представленных в статье технических решений, в том числе заземляющие и комплектные, выпускаются как серийно, так и по заказу отечественными производителями, в частности и АО «Хакель». Описанные ранее технические решения компании уже успешно применяются на ряде участков Октябрьской (Москва — Санкт-Петербург), Московской (Москва — Петушки) и Северо-Кавказской (Туапсе — Веселое, Махачкала — Избербаш — Берикей) дорог.

<sup>9</sup> ЦЭ-191 «Инструкция по заземлению устройств электропитания на электрифицированных железных дорогах».