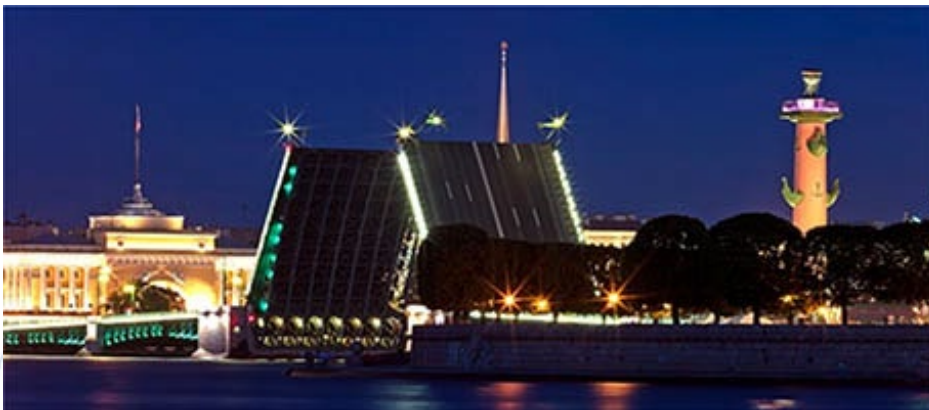


## Защита светодиодных осветительных установок от импульсных перенапряжений

По прогнозам аналитиков мировой рынок освещения к 2020 году сравняется с оборотом телеиндустрии. Столь бурное развитие обусловлено рядом мировых тенденций – прежде всего ростом населения планеты, урбанизацией. При этом в деле искусственного освещения всё большее распространение получает технология светодиодного или LED (Light-emitting diode) освещения. Переход на светодиодное освещение поддерживается правительствами многих стран, где разработаны программы по полному переходу на новые осветительные приборы. Связано это с такими преимуществами LED технологий как экологичность и экономичность. Применение светодиодных светильников позволяет сэкономить на энергопотреблении до 70% в сравнении с обычными газоразрядными и ртутными лампами.

Следует этим общемировым тенденциям и Россия, хотя в этом деле и имеется некоторое отставание от развитых стран. Связано это с такой нашей особенностью как доступ к дешевым энергоносителям. Тем не менее и в нашей стране вопросы энергосбережения становятся актуальными, и светодиодная продукция все шире начинает использоваться в различных жизненно важных промышленных и социальных объектах.



Конечно, как и в любых технологиях, какие бы замечательные не были у них преимущества, не обходится без недостатков. Главным недостатком светодиодных систем является их стоимость, и в случае замены устаревшей осветительной системы придется потратить значительную сумму. Компенсировать это недостаток можно только высокой надёжностью и долговечностью светодиодных систем.

Надёжность современных светодиодных светильников определяется не столько самими светодиодами, сколько блоками питания (БП), часто ошибочно называемыми драйверами. В то время как собственно драйвер - стабилизатор тока светодиодов – является частью блока питания. Основными причинами выхода БП из строя являются:

- Низкое качество материалов, комплектующих и сборки;
- Перегрев в результате неудачной конструкции или неудачного расположения блока. В результате деградируют электролитические конденсаторы;
- Ненадлежащие условия хранения;
- Неправильный подбор и подключение оборудования;
- Временные перенапряжения (ВНП) вследствие аварийных режимов работы питающей сети;
- Импульсные перенапряжения, вызванные ударами молнии и коммутационными помехами.

Зная причины проблем, можно определить пути повышения надёжности и долговечности светодиодных систем:

- Подбор качественного и грамотно спроектированного оборудования. Предпочтительным вариантом является использование в светильниках БП от ведущих фирм, специализирующихся на данном виде продукции. Такие блоки питания должны иметь достаточно большой коэффициент мощности  $\lambda \geq 0,85$  (отношению потребляемой активной мощности к полной мощности). Именно этот показатель говорит о качестве блока питания.
- Правильный подбор номинальной мощности блока питания. Максимального КПД блок питания достигает при мощности нагрузки порядка 60 – 90% от номинальной мощности БП. При токе нагрузки ниже 50% от номинала КПД резко падает.
- Соблюдение правил хранения и подключения БП, т.е. если клеммы подключения питания промаркированы L и N, подключать проводники необходимо соответствующим образом.
- Стойкость блоков питания и драйверов к ВНП и импульсным перенапряжениям так же во многом обусловлена качеством применяемого оборудования. Но при этом необходимо принимать дополнительные меры по защите от импульсных перенапряжений. Конечно, при применении качественного оборудования ведущих фирм стоимость проекта возрастает. Тем важнее стоит вопрос надёжности его работы. И главной угрозой здесь являются именно импульсные перенапряжения.

Источниками импульсных перенапряжений являются:

**Прямые удары молнии** в воздушные линии питания системы электроснабжения, или в систему внешней молниезащиты объекта. Особенно актуальна эта проблема для сетей уличного освещения, где возможен прямой удар молнии в опоры освещения, которые могут находиться в зоне, не защищённой находящимися рядом более высокими объектами (зданиями, деревьями, мачтовыми сооружениями и т. д.), или в мачты освещения, которые сами выполняют роль молниеприёмников.

**Коммутационные перенапряжения**, вызванные переключениями на трансформаторной подстанции; переключениями АВР; подключениями, отключениями и внезапными изменениями нагрузок, особенно с большой индуктивностью (трансформаторы, электромоторы, электромагниты и т.д.); короткими замыканиями и их отключениями в цепях. Особенно велико влияние коммутационных перенапряжений на протяжённые линии (десятки и сотни метров), проложенные на промышленных и других объектах, где в линиях электропитания и управления могут протекать большие токи;



**Влияние находящихся рядом высоковольтных сетей** – ЛЭП, тяговые сети электротранспорта (трамваи, железнодорожный транспорт).

Помимо блоков питания и драйверов от импульсных скачков тока, которые являются следствием импульсных перенапряжений на входе блока питания, страдают и сами светодиоды. Для яркого свечения светодиодов через них пропускают большие токи – на верхней границе допустимого. Поэтому предъявляются высокие требования к стабильности питающего тока, который и обеспечивает источник стабилизированного тока (драйвер). При бросках тока выше допустимого происходит быстрая деградация светодиода из-за его перегрева. Таким образом, даже если импульс перенапряжения и не выведет оборудование из строя, это воздействие сильно сократит срок его службы.

Оборудование светодиодных систем обычно имеет стойкость изоляции к импульсным перенапряжениям 1,5 кВ, что соответствует I категории номинальной стойкости к импульсным перенапряжениям по ГОСТ Р 50571-4-44-2011. Пункт 443.6.2 этого ГОСТа говорит, что во всех случаях должно быть уделено внимание защите от перенапряжений переходных процессов оборудования со стойкостью к импульсным напряжениям, соответствующей I категории перенапряжения. Оборудование данной категорией пригодно для использования только в стационарных электроустановках зданий в случаях, когда для ограничения перенапряжений переходных процессов до заданного уровня применены средства защиты, установленные вне оборудования.

Нередко производители светодиодного оборудования предусматривают в своих блоках питания встроенную защиту от импульсных перенапряжений. Схемные решения здесь могут быть разнообразными – просто установка варистора по вводу питания или более сложные схемы с применением супрессоров (TVS-диодов). Какое именно решение подсказала инженерная фантазия в том или ином источнике питания, производители как правило, не раскрывают. Но всех их объединяет одно – эта защита маломощна.

Например, некоторые ведущие производители заявляют о стойкости своих блоков питания к микросекундным импульсным перенапряжениям до 4 кВ, правда, в соответствии со стандартом - МЭК 61000-4-5. Здесь особенность в том, что в этом стандарте идёт речь о защите от микросекундных импульсных помех (МИП) большой энергии. Несмотря на такую серьёзную формулировку, по сути, это именно помехи, то есть маломощные коммутационные перенапряжения или отголоски более мощных импульсных воздействий. Максимальная энергия испытательных импульсов, установленных данным стандартом, относительно невелика – 4 кВ (1,2/50 мкс.) и 2 кА (8/20 мкс.) соответственно. И наконец, стандарт МЭК 61000-4-5 не рассматривает вопросы стойкости изоляции в условиях воздействия высоковольтных напряжений и прямого воздействия токов, создаваемых молниевыми разрядами.

Необходимо отметить, что в вопросе защиты любого оборудования от импульсных перенапряжений необходим комплексный подход. Поэтому прежде, чем рассматривать вопрос защиты непосредственно светодиодного оборудования, необходимо остановиться на общих вопросах молниезащиты объектов и размещённого в них оборудования.

Прежде всего, это защита от первичных проявлений молнии - прямого удара молнии (ПУМ) - объекта, где установлено защищаемое оборудование, ведь удар молнии способен привести к физическим разрушениям и даже пожару. Задачу предотвращения удара молнии в защищаемый

объект и отведение прямых токов молнии в землю выполняет система внешней молниезащиты - молниеприёмники, система уравнивания потенциалов, заземляющие устройства.

Внутренняя молниезащита выполняет задачу защиты оборудования от вторичных проявлений молнии, в том числе импульсных перенапряжений со стороны внешних сетей. Источниками этих перенапряжений являются прямые удары молнии в систему молниезащиты объекта, в воздушную линию электропередач или рядом с ней, а также коммутационные процессы на подстанциях и в высоковольтных линиях. Элементами внутренней молниезащиты являются устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), размещённые на границах зон молниезащиты (ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010). На вводах электропитания рекомендуется установить УЗИП класса I+II+III (ГОСТ IEC 61643-11-2013) типа K2P CB30-230 3+0 C (для сетей с системой заземления TN-C), которое будет являться первой ступенью защиты от импульсных перенапряжений со стороны питающих сетей.

Когда длина кабельной линии от ввода до оборудования не велико - в пределах 10 м -одной ступени защиты будет достаточно, особенно если стойкость защищаемого оборудования (в данном случае светодиодного) к импульсным перенапряжениям дополнительно обеспечивается встроенной защитой.

На объектах со сложной электромагнитной обстановкой с протяжёнными внутренними сетями, где на них могут оказывать влияние мощные коммутационные перенапряжения, молниевые разряды в систему внешней молниезащиты, импульсные и разрядные токи в линиях могут достигать десятки килоампер, а амплитуда перенапряжений может достигать 6 кВ, а в особо сложных случаях и выше. Энергии таких воздействий больше, чем достаточно, чтобы вывести из строя оборудование даже со встроенной защитой. В таких условиях будет необходимо устанавливать дополнительные ступени защиты.

Конкретные технические решения по защите светодиодных систем освещения от импульсных перенапряжений с применением УЗИП зависят от условий, в которых работают светильники. Светодиодные системы освещения по условиям их работы можно разделить на две основные группы – системы внутреннего освещения объектов и системы наружного (уличного) освещения. Соответственно есть свои особенности в технических решениях по применению УЗИП.

### **Решения для систем внутреннего освещения объектов**

#### **Применение УЗИП вблизи защищаемого оборудования**

Дополнительная защита вблизи светильника может понадобиться, когда расстояние между УЗИП первой ступени на вводе и защищаемым светильником достаточно велико – свыше десяти метров. В этом случае защищаемое оборудование находится вне зоны защитного расстояния УЗИП. При мощных воздействиях на первую ступень защиты возникает вероятность того, что остаточные импульсы перенапряжения, оставшиеся после УЗИП первой ступени защиты, могут вызвать в цепи колебания в силу индуктивности проводов (принимается равной 1 мГн/м для прямого и обратного проводников) и ёмкости нагрузки. Амплитуда этих колебаний зависит от длины проводников, их омического сопротивления и ёмкости нагрузки (в блоках питания применяются конденсаторы большой ёмкости), крутизны и формы импульсов. На выводах защищаемого оборудования эта амплитуда может оказаться большей, чем это оборудование способно выдержать.

О защитном расстоянии УЗИП и о влиянии явления колебаний на защищаемое расстояние подробнее описано в ГОСТ Р МЭК-61643-12-2022 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных распределительных системах. Принципы выбора и применения».

Электромагнитная обстановка осложняется, когда на объекте присутствует внутренние источники коммутационных перенапряжений, которые по значениям пикового тока и напряжения будут менее мощными, чем грозовые, но могут быть более продолжительными по времени.

Для дополнительной защиты светильников специально разработан УЗИП типа ГСО23-230/15 класса II+III по ГОСТ 61643-11-2013), что значительно превосходит стойкость блоков питания по МЭК 61000-4-5. Устройство способно отводить максимальный разрядный ток (8/20 мкс) до 15 кА. При этом амплитуда остаточного перенапряжения на защищаемом оборудовании не превысит 1,3 кВ.

Подключение устройства (рис. 1) производится параллельно линии с помощью выведенных из корпуса проводников с цветовой маркировкой (красный – L; чёрный – N; жёлто-зелёный – PE или клемма заземления). Для большей эффективности УЗИП проводник PE необходимо подключать заземлённому корпусу светильника или опоры.

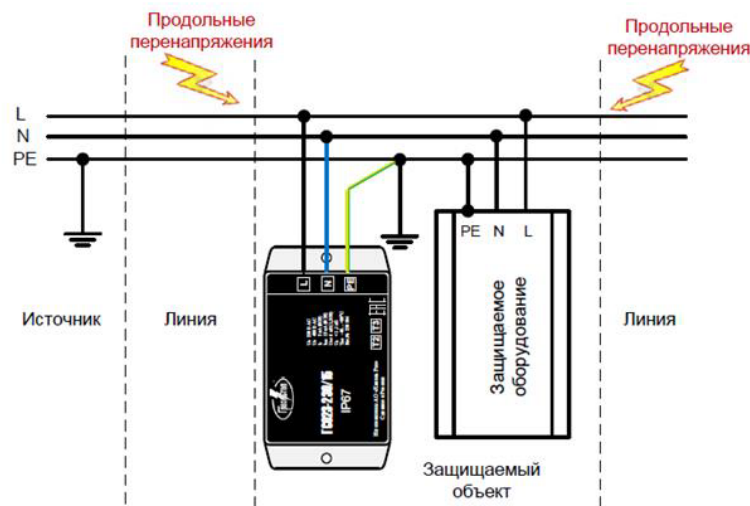
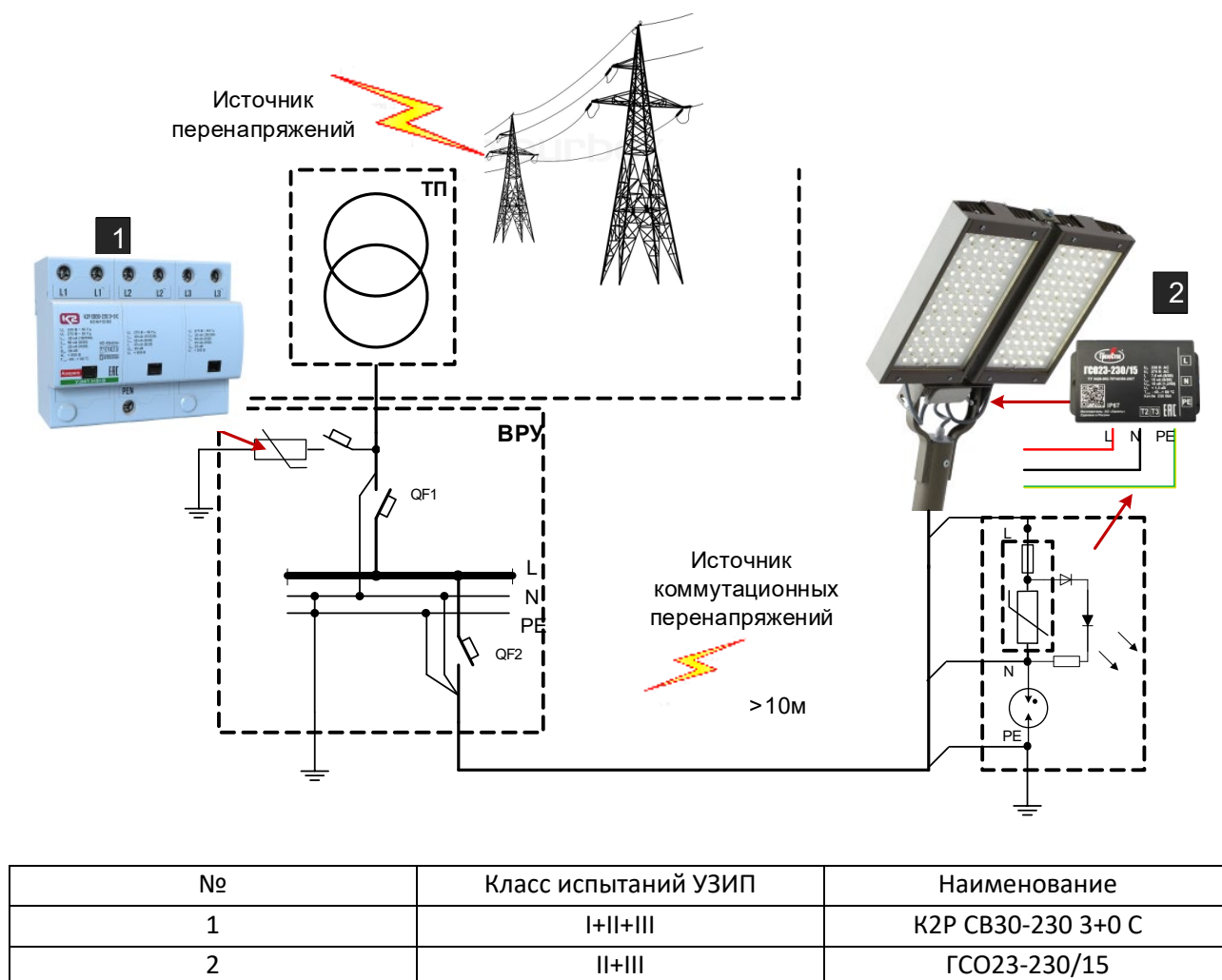


Рис. 1 Подключение ГСО23-230/15

Пример схемы защиты с применением ГСО23-230/15 непосредственно возле светильника показан на Рис. 2.



№	Класс испытаний УЗИП	Наименование
1	I+II+III	К2Р СВ30-230 3+0 С
2	II+III	ГСО23-230/15

Рис. 2 Пример схемы защиты светодиодных светильников с применением УЗИП непосредственно возле светильника

### Защита светодиодных систем для объектов со сложной электромагнитной обстановкой

Это объекты с протяжёнными внутренними сетями (десятки или сотни метров), где существуют внутренние или внешние источники мощных коммутационных перенапряжений, вблизи которых проходит линия или находится светильник. Энергия таких перенапряжений, включая перенапряжения при коротких замыканиях или срабатываниях аппаратов защиты (предохранители или автоматические выключатели) может быть значительна, и при этом их длительность может быть больше длительности грозных перенапряжений.

В таких условиях установленного непосредственно возле светильника УЗИП типа ГСО23-230/15 может оказаться недостаточно для защиты этого светильника. При этом выход из строя блока питания светильника может спровоцировать, как ни покажется это на первый взгляд странным, наличие в них встроенной защиты. Фактически это двухступенчатая схема защиты: первая ступень - установленный непосредственно возле светильника УЗИП и вторая ступень - встроенная защита блока питания. При

воздействии волны перенапряжения возникает проблема с координацией работы между этими ступенями защиты. Тем более что, как отмечалось выше, конкретные технические решения и параметры применяемых компонентов в этих блоках чаще всего неизвестны. При прохождении импульса тока он перераспределится между ступенями, и какая часть этого тока пройдет через каждую из ступеней неизвестно. Так как встроенная защита блока питания менее стойкая к импульсным воздействиям, чем установленный перед светильником УЗИП, то при превышении некоего порогового значения разрядного тока, причём меньшим, чем способен отвести УЗИП, встроенная защита блока питания может оказаться перегруженной и выйти из строя (пробой варистора или супрессора). При этом блок питания так же фактически окажется неисправным, а УЗИП первой ступени не пострадает.

Координация между ступенями защиты возможна, когда длина проводников между ними 10 и более метров. Когда длина проводников между ступенями менее 10 м, координация достигается включением в каждый провод импульсных разделительных дросселей. Несмотря на то, что потребляемый светодиодными светильниками ток не большой, номинальный ток дросселя в этом случае придётся подбирать с большим запасом, с учётом пускового тока светильника (для некоторых моделей может достигать 40 А и более). Всё это приведёт к удорожанию и увеличению габаритов схемы защиты, что в данном случае неприемлемо.

Выходом в этой ситуации может стать ограничение величины импульсных перенапряжений до уровня, безопасного для блоков питания и их внутренней схемы защиты путём установки со стороны источника перенапряжения дополнительной ступени защиты, в виде УЗИП класса II, способного отводить большие разрядные токи. Длина проводников между дополнительной ступенью защиты и светильником должна быть не менее 10 метров. Если длина проводников менее 10 метров, УЗИП непосредственно возле светильника не устанавливается.

Защита может понадобиться как для всех, так и для отдельных групповых линий освещения. Конкретные места размещения УЗИП зависят от схемы осветительных сетей и электромагнитной обстановки в местах прокладки сетей освещения. Это могут быть групповые щитки освещения или отдельные металлические щитки защиты (ЩЗИП), подключаемые параллельно или последовательно к групповым линиям освещения. Если длина линии между групповыми щитками меньше 10 метров, устанавливается один УЗИП на группу щитков. Так же, если длина линии от щитка до светильника менее 10 метров, дополнительные УЗИП в самом светильнике не устанавливаются.

На Рисунке 3 представлен пример схемы защиты светодиодных систем для объектов со сложной электромагнитной обстановкой на примере однофазной линии с системой заземления типа TN-S. В качестве дополнительной ступени защиты применён УЗИП класса II типа ГСК2 230/50 1+1, способный отводить разрядные токи 8/20 до 50 кА и имеющий уровень напряжения защиты менее 1,35 кВ.

### **Решение для светодиодных систем уличного освещения**

Условия работы светодиодного оборудования уличного освещения, если рассматривать электромагнитную обстановку, во многом схожи с условиями работы систем внутреннего освещения объектов, но при этом имеются свои особенности.

Если в системе внешнего освещения объектов светильники размещены на его стенах и находятся в зоне действия молниеприёмников, то подходы здесь такие же, как и для систем внутреннего освещения.

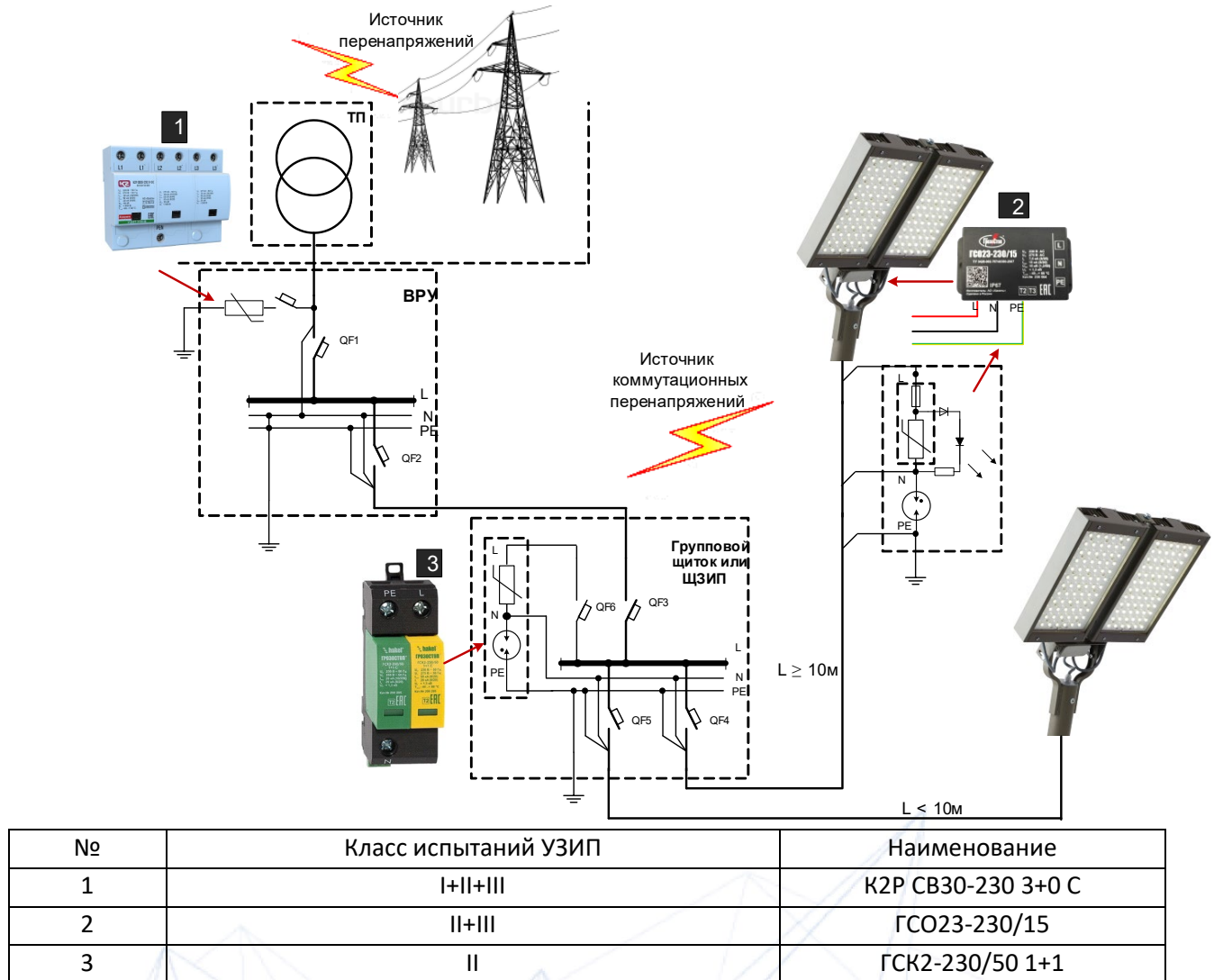


Рис. 3 Пример схемы защиты светодиодных систем для объектов со сложной электромагнитной обстановкой

Уличное освещение улиц и площадей представляют собой протяжённую сеть осветительных опор или мачт с размещёнными на них светильниками. Несмотря на то, что нормативный документ (ПУЭ-7 пп. 6.1.47) предписывает выполнять защиту наружного освещения от атмосферных перенапряжений только при воздушных линиях питания, тем не менее, защита может понадобиться и при кабельных линиях. Особенно это касается светодиодных систем с их электронным оборудованием.

На каких-то участках этой сети могут оказаться источники коммутационных или грозовых перенапряжений (например, зона растекания тока молнии).

Кроме того, осветительные опоры могут находиться не в зоне действия молниезащиты более высоких объектов - молниеприёмники, ЛЭП, здания и т.д. Особенно опасно для оборудования, когда оно расположено на высоких осветительных мачтах, которые одновременно служат молниеприёмниками. Это характерно для освещения площадок. В такие опоры возможен прямой удар молнии. Растекание тока молнии по телу мачты приведёт к появлению в проводниках наведённых импульсных перенапряжений большой энергии. Волна перенапряжения при этом будет распространяться по всей линии.

В этих случаях может понадобиться дополнительная защита, т.е. установка УЗИП как для защиты самих светильников, так и для защиты электроустановки со стороны линии освещения. Класс применяемых УЗИП при этом зависит от того, находится ли опора освещения в зоне действия молниезащиты:

- Если опора находится в зоне действия молниезащиты и подходящие к ней линии проходят в местах, где могут находиться источники коммутационных перенапряжений или линии могут попасть в зону растекания тока молнии от рядом стоящих сооружений, молниеприёмников, металлоконструкций и т.д., достаточно применить УЗИП класса II.
- Если в опору или мачту возможен удар молнии, и тем более, если мачта является одновременно молниеприёмником, рекомендуется применить более мощные УЗИП класса I или I+II.

Защита электроустановки со стороны линии освещения осуществляется по схеме защиты от продольного (провод/земля) перенапряжения, так как именно этот вид перенапряжений возникает в данном случае. УЗИП, особенно классов I и I+II, при работе будут отводить большие импульсные токи, и поэтому, в целях безопасности, их рекомендуется размещать в отдельных металлических щитках защиты от импульсных перенапряжений (ЩЗИП) сразу при вводе линии в объект или в щитке защиты, совмещённом с ящиком управления освещением - ЩЗИП-ЯУО. Конкретная конфигурация ЩЗИП или ЩЗИП-ЯУО определяется по согласованию с заказчиком на основании опросного листа.

Для защиты светильников, расположенных на опорах освещения, разработаны специальные однофазные щитки серии ЩЗИП-ОСВ-\* с установленными в них УЗИП и автоматическим выключателем, где \* - вариант исполнения щитка по согласованию с заказчиком в зависимости от класса применяемого УЗИП (класс II или класс I), системы заземления (TN-S; IT и т.д.), номинала автоматического выключателя. ЩЗИП-ОСВ-\* предназначены для установки во внутреннюю полость опоры диаметром от 100 мм через ревизионную дверцу у основания опоры (Рис. 4).

На рисунке 4 приведена электрическая схема ЩЗИП-ОСВ-\* на примере щитка для системы заземления TN-S и автоматическим выключателем 16 А (ЩЗИП-ОСВ-TNS-(II/16QF)). Щиток подключается параллельно линии. Заземляющий проводник щитка подключается к клемме заземления опоры.

По согласованию с заказчиком возможны варианты щитка с иным классом УЗИП, иной системой заземления и другим номиналом автоматического выключателя.

Размещение ЩЗИП у основания опоры предпочтительней включения устройства ГСО23-230/15 непосредственно возле светильника, так как при этом улучшается координация ступеней защиты – УЗИП в щитке и встроенная защита светильника. Однако на мачтах освещения и опорах высотой свыше 10 метров светильники оказываются за пределами защитного расстояния УЗИП у основания опоры или мачты, и в этом случае устройство ГСО23-230/15 рекомендуется применить.

При выполнении защитного заземления светильников наружного освещения должно выполняться также подключение железобетонных и металлических опор, а также тросов к заземлителю в сетях с изолированной нейтралью и к РЕ (PEN) проводнику в сетях с заземлённой нейтралью (пп. 6.1.45 ПУЭ-7).

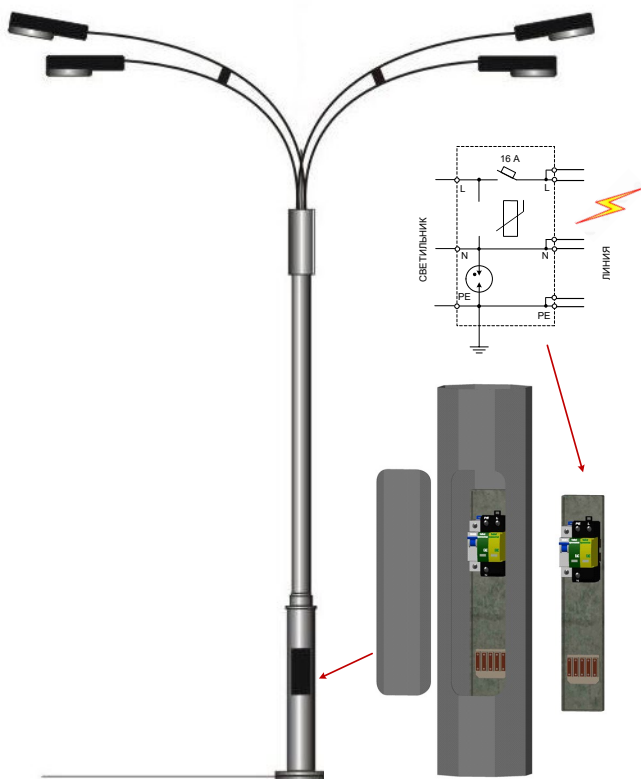


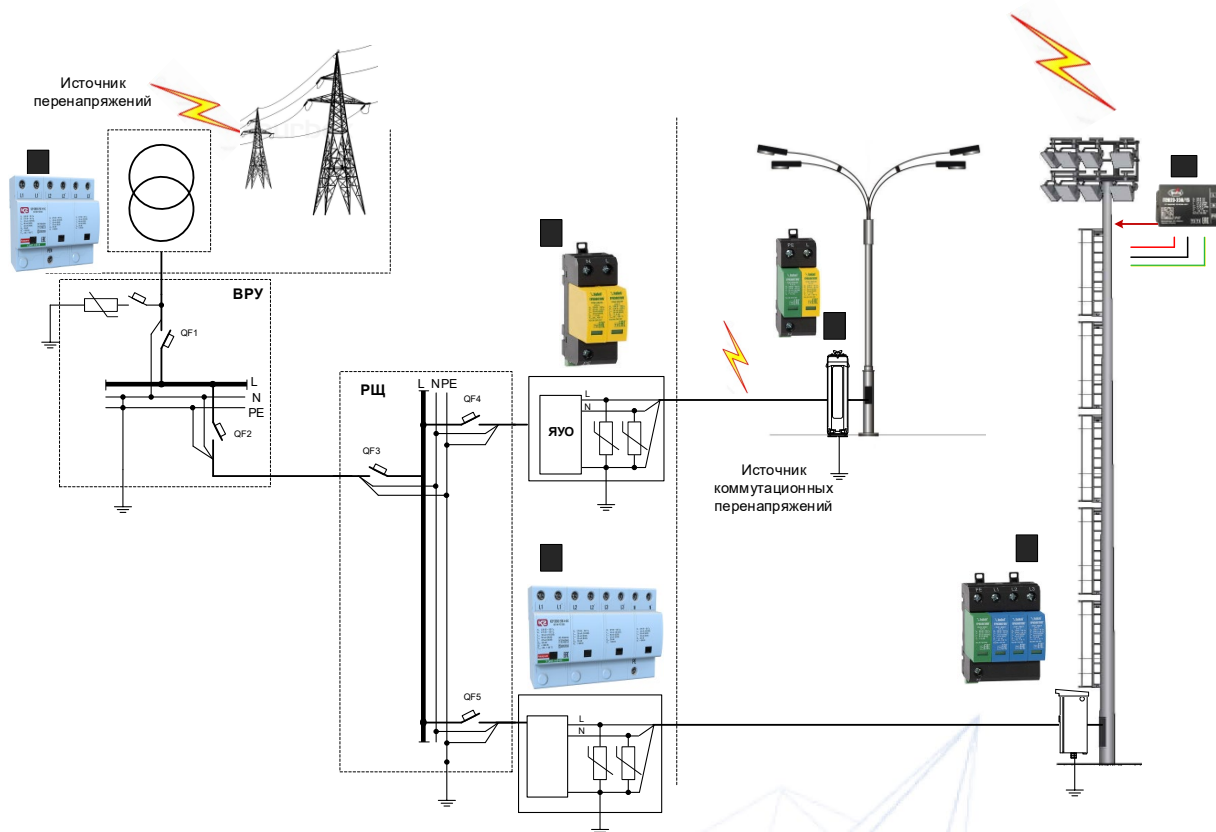
Рис. 4 Размещение ЩЗИП-ОСВ-\* в опоре освещения

Для мачт освещения, в зависимости от их конструкции и типа сетей освещения (например, для трёхфазных сетей) может понадобиться установка отдельного щитка защиты от импульсных перенапряжений ЩЗИП на вводе линии. Конфигурация ЩЗИП и его размещение определяется по согласованию с заказчиком (опросный лист).

Необходимо отметить, что в случае прямого удара молнии в мачту освещения, защиту светильников, находящихся на этой мачте, гарантировать невозможно. Всё будет зависеть от многих факторов – амплитуды тока молнии, сопротивления заземления мачты, конструкции мачты и типа применяемых кабелей (наличие брони, её подключении), от стойкости самих светильников и наличия УЗИП и т.д. Предпринимаемые меры защиты в этом случае обеспечат защиту светильников на соседних мачтах и

защиту электроустановки, таким образом, обеспечивая непрерывность работы осветительной системы в целом и минимизацию ущерба.

Поэтому одним из наиболее эффективных путей защиты систем освещения, когда светильники расположены на мачтах освещения, является установка по возможности молниеприёмников таким образом, чтобы мачты освещения оказалась в зоне молниезащиты. Пример схемы защиты систем уличного освещения с системой заземления TN-S для опор освещения и мачт освещения, являющихся одновременно молниеприёмниками, приведён Рис.5.



№	Класс испытаний УЗИП	Наименование
1	I+II+III	К2Р СВ30-230 3+0 С
2	II+III	ГСО23-230/15
3	II	ГСК2-230/50 1+1
4	II	ГСВ2-230/50 2+0
5	I+II+III	К2Р СВ30-230 4+0 С
6	I	ГСК1-230/7 3+1 С

Рис. 5 Пример схемы защиты систем уличного освещения с системой заземления TN-S для опор и мачт освещения

В заключении можно сказать, что при принятии решения о применении защиты от импульсных перенапряжений для светодиодных систем необходимо учитывать ряд факторов:



а) **Условия работы оборудования.** Необходимо оценить, насколько велик риск возникновения коммутационных и грозовых перенапряжений, источники и величина этих воздействий, какие меры должны быть приняты для улучшения электромагнитной обстановки (ЭМО). Все эти вопросы должны быть исследованы и отражены в разделе ЭМС проектной документации, который разрабатывают специализированные компании. Этому вопросу необходимо уделить внимание как на вновь проектируемых объектах, так и при реконструкции, когда, например, происходит модернизация систем освещения и установка светодиодных систем.

б) **Стоимость оборудования и его обслуживания.** Учитывается, насколько дорого само оборудование, которое придётся менять при его выходе из строя, и насколько затратной материально и организационно будет его замена. Например, при замене светильников, расположенных на большой высоте, может понадобиться привлечь спецтехнику и, соответственно, людей.

в) **Степень риска в случае выхода осветительного оборудования из строя.** Есть объекты, перерывы в освещении которых несут как материальные потери, так и угрозу безопасности. Это потери вследствие простоев, безопасность труда в условиях недостаточной освещённости, непрерывность функционирования объектов, от которых зависит жизнь и здоровье людей. И наконец, такой немаловажный фактор, как криминальная и даже диверсионная безопасность охраняемых объектов. Ведь в условиях темноты или слабой освещённости при отсутствии систем ночного видения эффективность видеонаблюдения снижается. Кроме того, хорошее освещение объекта является сдерживающим фактором для злоумышленника.