

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ДЛЯ СИСТЕМ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



SURGE PROTECTION MODULE FOR LED LIGHTING

В статье рассматриваются устройства защиты для систем светодиодного освещения: TMOV25/SMOV25 и LSP05/LSP10.

Abstract - T The article discusses the features of the surge protection module TMOV25/SMOV25 and LSP05/LSP10.

В. Котигорожко

V. Kotigorozko



Компания Littelfuse – ведущий производитель разного рода компонентов для "защиты" электротехнических устройств. Одно из направлений – производство варисторов и варисторных модулей, основное назначение которых – защита от перенапряжений [1-7].

ВВЕДЕНИЕ

В реальных условиях эксплуатации во входных электрических цепях светотехнического оборудования могут возникать различные виды перегрузок. Наиболее часто в процессе эксплуатации сталкиваются с перенапряжениями, вызванными электромагнитными импульсами естественного (мощные грозовые разряды) и искусственного происхождения (излучения радиопередающих антенн, высоковольтных линий передачи электроэнергии, сетей электрифицированных железных дорог и т.п.). Не секрет, что наибольшие перенапряжения связаны с грозовыми разрядами. Кроме того, перенапряжения могут возникать вследствие переходных процессов при работе оборудования, например, при коммутации индуктивных нагрузок или в результате воздействия электростатических разрядов, а также в результате аварий на линиях электропередач.

Воздействие электромагнитных импульсов любого происхождения на электронные компоненты (ИМС и пр.) приводит к изменению их параметров, как за счет непосредственного поглощения энергии, так и вследствие воздействия на них индуцированных в электрических цепях оборудования импульсов напряжения и тока.

Термин "перенапряжение" (surge) используется для описания переходных процессов в линиях электропередач, длительность которых составляет всего несколько микросекунд, а амплитуда – тысячи вольт и ампер. Уровень перенапряжения, как правило, во много раз превышает напряжение пробоя изоляции электрооборудования, что может привести как к разрушению изоляции, так и к повреждению оборудования. Часто повторяющиеся перенапряжения со сравнительно низкой амплитудой сокращают срок службы оборудования и увеличивают затраты на его ремонт. Все электронное оборудование подвергается воздействию скачков напряжения, генерируемых как в электрической сети, расположенной на территории промышленных предприятий, так и во входящих линиях электропередач.

Чтобы защитить оборудование от скачков напряжения, применяются разнообразные устройства защиты (Surge Protection Devices – SPD), созданные на базе разных технологий и отличающиеся своими характеристиками и возможностями. Перенапряжение может служить причиной отказа, деградации или временной неисправности электронных устройств и систем. Первостепенная проблема для производителей и пользователей промышленного электронного оборудования – это применение эффективных SPD-устройств. На протяжении многих лет многочисленные международные и региональные организации стандартизации исследовали возможные источники импульсов перенапряжения и анализировали их характеристики с целью разработки эффективных стандартов по защите электротехнических устройств.

тронного оборудования от воздействия перенапряжений. В результате этой работы появились соответствующие стандарты. К их числу относятся:

- IEEE C62.41.1. Guide on the surge environment in low-voltage (1000V and less) AC power circuits
- IEEE C62.41.2. Recommended practice on characterization of surges in low-voltage (1000V and less) AC power circuits
- IEEE C62.45. Recommended practice on surge testing for equipment connected to low-voltage (1000V and less) AC power circuits
- UL1449. UL standard for safety for surge protective devices.

В стандарте IEEE C62.41.2 приведены рекомендованные характеристики (рис. 1, табл. 1, 2) основных тестовых импульсов для разной категории оборудования, которая определяется местом его расположения (рис. 2) [3]. В качестве основных тестовых импульсов предлагается использовать два типа импульсов, обозначаемых как:

- 0.5 μ s/100 kHz (0.5 мкс/100 кГц)
- 1.2/50 - 8/20 μ s combination wave.

Эти импульсы рекомендуется использовать при тестировании SPD-устройств.

Импульс типа 0.5 мкс/100 кГц характеризует переходной колебательный процесс, возникающий при перенапряжении в линии электропередач, вследствие, например, мощного грозового разряда. Кроме того, рекомендуется использовать вспомогательные тестовые импульсы. Это импульс типа 10/1000 мкс, а также пачки импульсов, обозначаемые в стандарте как EFT 5/50 ns (Electrical Fast Transient) burst waveform.

Устройства защиты от перенапряжений предотвращают протекание импульсов тока через защищаемое устройство вследствие замыкания его на общий провод. Они также ограничивают напряжение до значений, совместимых с характеристиками подсоединенных приборов.

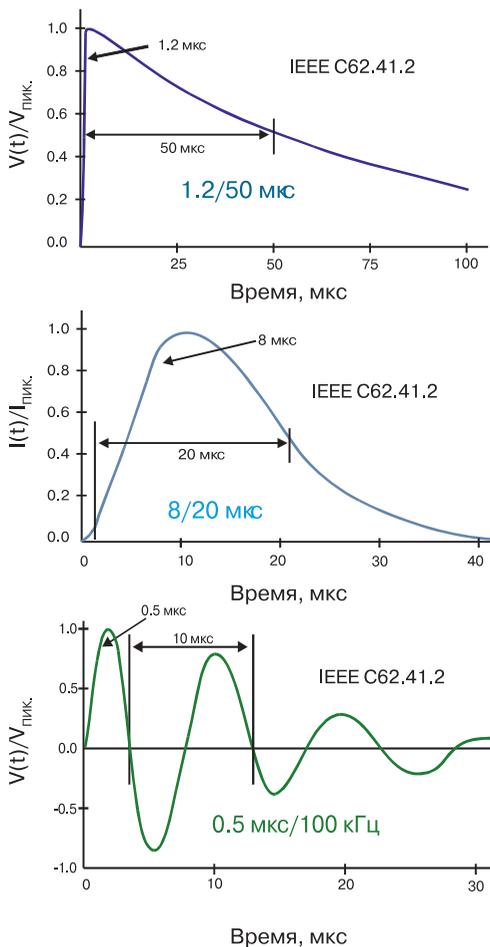


Рис. 1. Характеристики тестовых импульсов

Основные параметры устройства защиты от перенапряжений – допустимый ток, рассеиваемая мощность и напряжение ограничения. При воздействии импульса перенапряжения ограничивается выброс напряжения до безопасного уровня, при этом ток протекает через устройство защиты на общий провод, минуя защищаемую цепь. При отсутствии импульсов устройство защиты представляет собой разомкнутую цепь с током утечки.

Классификация оборудования (IEEE Std C62.41.2)

Категория	Использование
A	Внутри помещений. Офисы, магазины, и жилые помещения.
B	Уличное освещение возле зданий
C Low	Коммерческое и промышленное освещение, освещение складов и гаражей.
C High	Уличное освещение, парковки, освещение на открытом воздухе.

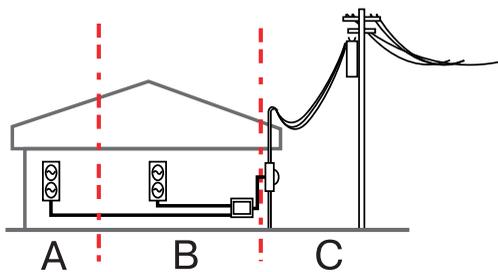


Рис. 2. Классификация оборудования (IEEE Std C62.41.2)

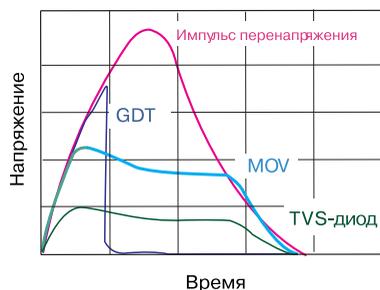
Таблица 1. Параметры тестовых импульсов

Категория	Тестовые импульсы (IEEE Std C62.41.2-2002)					
	Импульс 0.5 мкс/100 кГц			Импульс 1.2/50 мкс, 8/20 мкс		
	Макс. напряжение, кВ	Макс. ток, кА	Сопротивление, Ом	Макс. напряжение, кВ	Макс. ток, кА	Сопротивление, Ом
A	6	0.2	30	6	0.5	12
B	6	0.5	12	6	3	2

Таблица 2. Параметры тестовых импульсов

Категория	Тестовые импульсы (IEEE Std C62.41.2-2002)		
	1.2/50 мкс	8/20 мкс	0.5 мкс/100 кГц
	Макс. напряжение, кВ	Макс. ток, кА	Сопротивление, Ом
C Low	6	3	6
C High	10	10	6

Для защиты радиоэлектронных устройств от перенапряжений помимо традиционных плавких предохранителей, простейших RC- и LC-фильтров, широко используются специализированные приборы. Это, например, газоразрядные трубки (Gas Discharge Tube – GDT), металлооксидные варисторы (Metal-Oxide Varistor – MOV) и полупроводниковые ограничители напряжения (Transient Voltage Suppression Diode – TVS), сравнительные характеристики которых приведены на рис. 3 и в табл. 3.

**Рис. 3. Сравнительные характеристики устройств защиты от перенапряжения**

В статье рассматриваются параметры и особенности варисторов и SPD-модулей, выпускаемых компанией Littelfuse.

ВАРИСТОРЫ

Металлооксидный варистор (со структурой "металл - окисел") – это, по сути, нелинейный резистор, предназначенный для защиты электротехнических устройств от бросков (скачков) напряжения. Типовая вольтамперная характеристика (ВАХ) варистора приведена на рис. 4.

Эквивалентная схема замещения варистора типа V130LA20A и его ВАХ приведены на рис. 5.

В последнее время широко применяются т.н. варисторы типа TMOV (Thermally self-protected MOV), содержащие встроенный термopредохранитель.

Варисторы подключаются параллельно защищаемому оборудованию и последовательно с внутренним сопротивлением источника помех. При отсутствии напряжения варисторы характеризуются

Таблица 3. Характеристики устройств защиты

Характеристика	GDT	MOV	TVS
Ток, кА (импульс 8/20 мкс)	1...100	0.1...100	0.1...15
Время реакции	Медленное (нс)	Быстрое (нс)	Очень быстрое
$U_{\text{макс.ограничения}}$	Высокое	Среднее	Низкое
Ток утечки	Нет	Низкий	Низкий
Остаточный ток	Да	Нет	Нет
Эффект старения	Да	Да	Нет

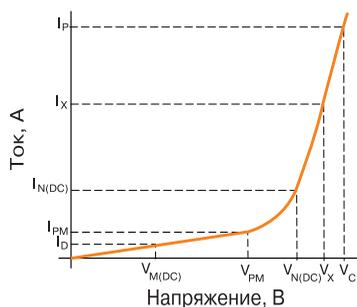


Рис. 4. Типовая вольтамперная характеристика варистора

высоким сопротивлением (1000 МОм) и малым током утечки, поэтому при этих условиях их можно считать диэлектриками. При наличии импульса перенапряжения его сопротивление резко уменьшается до долей ома и основной ток помехи протекает через варистор, а не через защищаемое оборудование. При этом поглощенная энергия рассеивается в виде тепла. По сравнению с TVS-диодами варисторы допускают значительно больший ток (до нескольких тысяч ампер). Преимущество варисторов – сравнительно высокое быстродействие. Как и газовые разрядники, варисторы являются элементами многократного действия, однако их сопротивление после затухания импульса помехи восстанавливается значительно быстрее.

Малое время срабатывания, высокие электрические характеристики в широком диапазоне рабочих температур, а также высокая надежность в сочетании с небольшими габаритами помогают в ряде случаев обеспечить длительный срок эксплуатации защищаемого электротехнического оборудования. Недосток варисторов – сравнительно большая собственная емкость, ограничивающая возможность их применения в высокочастотных приборах. В зависимости от конструкции, типа и напряжения ограничения величина емкости может составлять от 80 до 25000 пФ. Использование варисторов в

фильтрах, совмещающих функцию ограничения напряжения с фильтрацией, может быть полезно в ряде приложений. Кроме того, в сравнении с газоразрядными ограничителями варисторы отличаются гораздо меньшей максимально допустимой рассеиваемой мощностью.

К основным электрическим характеристикам варисторов относятся [7]:

- V_C – максимальное напряжение ограничения. Это максимальное напряжение, которое способен выдержать варистор без повреждения.
 - $V_{M(DC)}$ – номинальное напряжение постоянного тока. Это максимальное приложенное напряжение постоянного тока на протяжении длительного времени.
 - I_D – ток через варистор при напряжении равном $V_{M(DC)}$.
 - $V_{M(AC)/RMS}$ – номинальное напряжение переменного тока. Среднеквадратическое значение максимального синусоидального напряжения приложенного на протяжении длительного времени.
 - $V_{N(DC)}$ – классификационное номинальное напряжение варистора. Это падение напряжения при протекании тестового импульса тока ($I_{N(DC)}$), величина и длительность которого указывается производителем варисторов.
 - I_{TM} – максимальное значение амплитуды импульса тока (8/20 мкс), при котором варистор не выйдет из строя и обеспечит ограничение напряжения на заданном уровне.
 - W_{TM} – максимально допустимая поглощаемая энергия (Дж) при протекании через варистор одиночного импульса тока оговоренной длительности и амплитуды.
 - C – емкость варистора, измеряемая в закрытом состоянии, т.к. величина емкости зависит от приложенного напряжения и тока через варистор.
- Варисторы – это недорогое и достаточно эффективное средство для подавления переходных

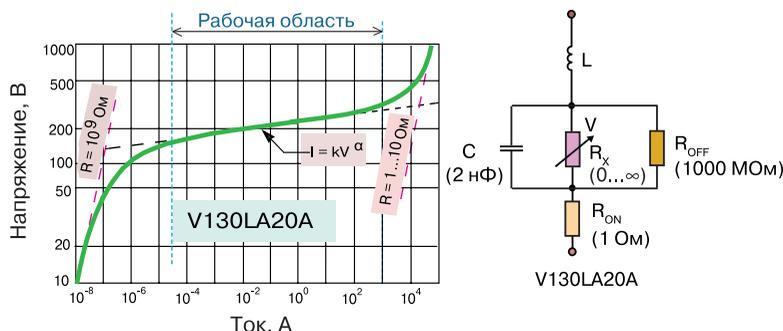


Рис. 5. Эквивалентная схема замещения варистора типа V130LA20A и его VAX

процессов во многих приложениях. Они также широко применяются в SPD-модулях, размещаемых на входе драйверов светодиодов. Однако с течением времени в результате воздействия мощных импульсов перенапряжения или часто случающихся сравнительно небольших перепадов напряжения варисторы стареют, т.е. изменяются их первоначальные параметры. В частности, увеличивается ток утечки, что в свою очередь приводит к повышению температуры варистора, даже при рабочем напряжении не выходящем за пределы допуска. Термочувствительный элемент (термопредохранитель), размыкающий цепь протекания тока (Thermal Cut-Off – TCO), расположенный рядом с варистором может обеспечить отключение варистора от цепи питания (рис. 6) при повышении его температуры, что позволяет избежать катастрофических последствий его перегрева (например, воспламенения).

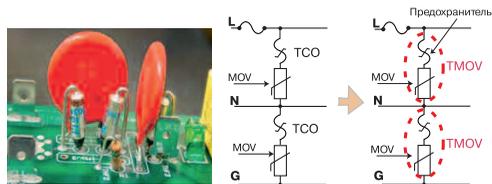
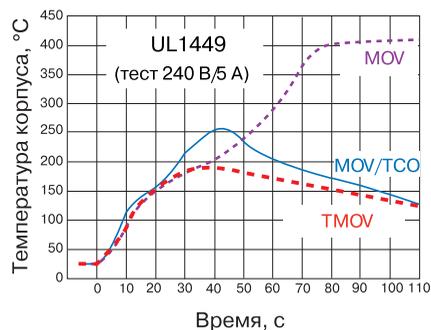


Рис. 6. Термопредохранитель + тиристор (TCO + MOV)

Более эффективную защиту можно обеспечить со встроенным в корпус варистора термопредохранителем. Это варисторы серии TMOV компании Littelfuse. На рис. 7 приведены сравнительные характеристики разных вариантов защиты варисторов и печальные результаты их перегрева. Как видно температура корпуса у варисторов серии TMOV значительно ниже в сравнении с MOV или MOV/TCO.

Варисторы серии TMOV25S рассчитаны на вполне конкретное рабочее напряжение переменного тока. Превышение рекомендованных значений может привести к их перегреву и повреждению. В корпусе варисторов серии TMOV25S содержится запатентованный интегрированный термочувствительный элемент, который размыкает цепь протекания тока через варистор в случае его перегрева из-за превышения допустимых параметров и при достижении критической температуры корпуса, что позволяет предотвратить его возгорание или взрыв. Варисторы серии TMOV25S соответствуют рекомендациям стандарта безопасности UL1449, предложенного американской компанией по стандартизации и сертификации Underwriters Laboratories (UL) для защиты оборудования от импульсных перенапряжений в сети.



a)



б)

Рис. 7. Сравнительные характеристики средств защиты (а) и результаты перегрева варисторов (б)

пряжений в сети.

Варисторы TMOV25S выпускаются в двух модификациях. Это традиционные двухвыводные, а также трехвыводные варисторы. Последние содержат вывод для подключения средств индикации. Принцип действия проиллюстрирован на рис. 8.

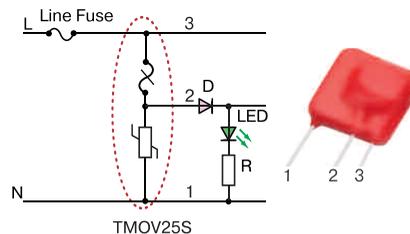


Рис. 8. Варисторы серии TMOV25S

В табл. 4 приведены параметры трехвыводных варисторов серии TMOV25S. Максимально допустимое напряжение устройства тепловой защиты 600 В, при этом средняя потребляемая мощность в переходном процессе не должна превышать 1.5 Вт. Диапазон рабочих температур -55...85 °С. Зависимость числа импульсов от амплитуды и длительности импульсного тока приведена на рис. 9.

Варисторы серии SMOV25S также имеют встроенные средства защиты от перегрева, которые содержат микропереключатель, используемый для индикации отключения варистора от сети, и обеспечивающий гальваническую развязку цепи

Таблица 4. Параметры трехвыводных варисторов серии TMOV25

Тип	Диаметр, мм	Температура 85 °C				Температура 25 °C			
		Режим				Напряжение $V_{N(DC)}$, В (при токе 1 мА)		Макс. напр. ограничения, В (100 А, 8/20 мкс)	Емкость, пФ ($f = 1$ МГц)
		Непрерывный		Импульсный					
		Напряжение, В		Энергия, Дж (импульс 2 мс)	$I_{\text{макс.}}$, кА (8/20 мкс)	Мин.	Макс.	V_C	C
$V_{M(AC)RMS}$	$V_{M(DC)}$	W_{TM}	I_{TM}						
TMOV25SP115M	25	115	150	170	20	162	198	295	3200
TMOV25SP130M		130	170	190		184.5	225.5	335	2800
TMOV25SP140M		140	180	210		198	242	355	2500
TMOV25SP150M		150	200	220		216	264	390	2300
TMOV25SP175M		175	225	250		243	297	450	1900
TMOV25SP200M		200	265	270		283	345	530	1700
TMOV25SP230M		230	300	300		324	396	585	1500
TMOV25SP250M		250	320	330		351	429	640	1400
TMOV25SP275M		275	350	350		387	473	700	1250
TMOV25SP300M		300	385	370		423	517	765	1150
TMOV25SP320M		320	420	390		459	561	825	1080
TMOV25SP385M		385	505	430		558	682	1010	900
TMOV25SP420M		420	560	460		612	748	1100	820
TMOV25SP440M		440	585	470		643.5	786.5	1160	790
TMOV25SP460M		460	615	490		675	825	1220	750
TMOV25SP510M		510	670	520		738	902	1335	680
TMOV25SP550M		550	745	550		819	1001	1475	630
TMOV25SP625M	625	825	600	900	1100	1625	550		
TMOV25SP750M	750	970	670	1080	1320	1950	460		

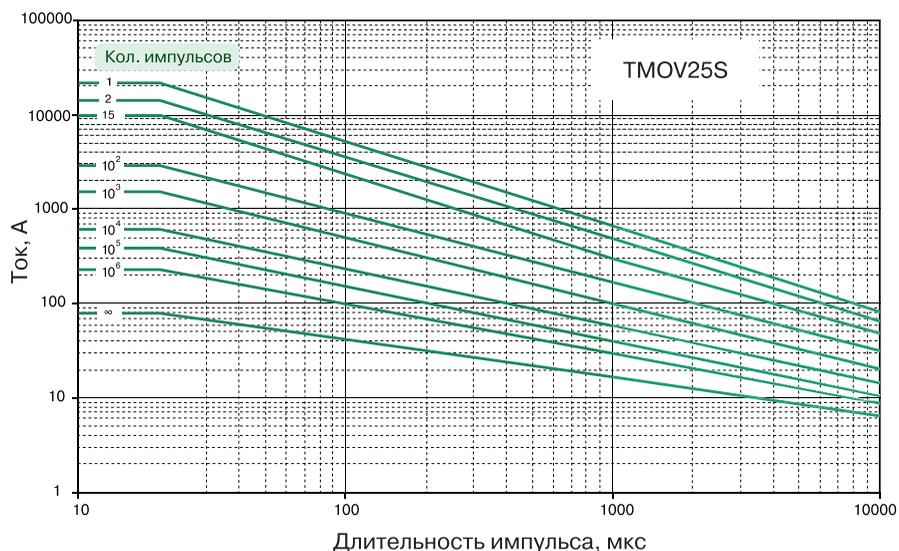


Рис. 9. График зависимости числа импульсов от амплитуды и длительности импульсного тока

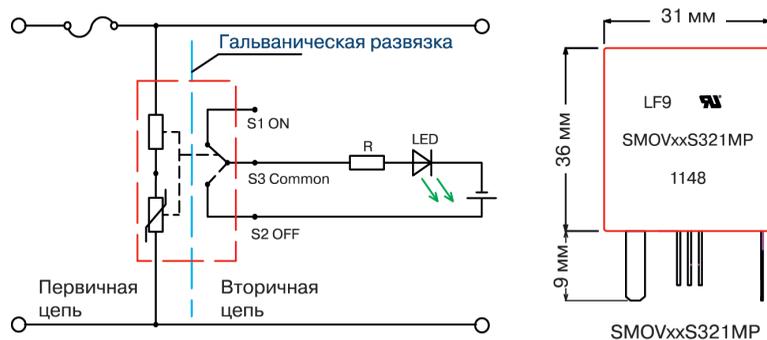


Рис. 10. Варисторы серии SMOVxxS

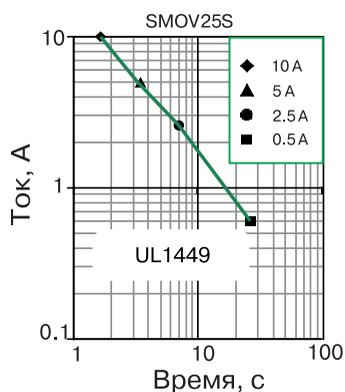


Рис. 11. Время реакции варисторов SMOVxxS

индикации от первичной сети. Это гарантирует безопасность и упрощает конструкцию пользовательского устройства. Кроме того, это позволяет уменьшить индуктивность выводов. На рис. 10 приведена схема подключения варисторов серии SMOVxxS, на рис. 11 – время реакции в зависимости от тока (SMOV25S).

Диапазон рабочих температур $-45...75$ °С. Максимально допустимое напряжение устройства тепловой защиты 1500 В, средняя потребляемая мощность в переходном процессе не должна превышать 1.5 Вт. Сопротивление замкнутых контактов микропереключателя – 70 мОм, допустимый ток – 0.1 А, напряжение – 12 В.

SPD-МОДУЛИ

Компания Littelfuse выпускает автономные устройства защиты от импульсных перенапряжений для защиты уличных и промышленных светодиодных светильников, которые удовлетворяют рекомендациям стандартов UL1449 и IEC61643-11. Среди них LSP05/LSP10 с максимальным импульсным током 20 (LSP10) и 10 кА (LSP05). Достоинства этих модулей – пожаробезопасность, возможность про-

стой замены неисправных модулей, герметичность (IP66), небольшие габариты (48×48×30 мм). Сферы применения: уличное и промышленное освещение, светофоры, сигнальные огни аэродромов и пр.

Импульсные перенапряжения могут служить причиной значительного сокращения срока службы светодиодных светильников, что в свою очередь снижает экономический эффект от их применения. Компания Littelfuse выпускает средства защиты разного назначения, в том числе и ориентированные на применение со светодиодными светильниками.

Уличные светильники, которые согласно стандарта IEEE C62.41 относятся к оборудованию категории C High, подвергаются воздействию перенапряжений, в первую очередь, вызванных грозовыми разрядами. Как правило, они расположены на открытых участках местности и смонтированы на высоких опорах.

Хотя некоторые светодиодные светильники и содержат встроенные в блок питания устройства защиты, компания Littelfuse рекомендует использовать автономные SPD-модули.

Во-первых, в этом случае светильник в результате замены SPD-модуля может быть просто модернизирован для адаптации к разным условиям эксплуатации в зависимости от конкретного региона и приложения.

Во-вторых, это делает светильник более универсальным и экономически эффективным.

Варисторы широко используются в системах защиты от перенапряжений благодаря быстрому отклику, небольшим размерам, высокой поглощаемой энергии, а также их низкой стоимости. Однако в процессе эксплуатации они неизбежно деградируют и с течением времени уже не обеспечивают эффективную защиту. Наличие автономного SPD-модуля дает возможность его простой замены в случае неисправности.

Варисторы и SPD-модули предназначены для ограничения перенапряжений длительностью несколько микросекунд. Однако в реальности возможно временное превышение рабочего напряжения, вызванное "потерей нейтрали или заземления", неправильным подключением в процессе монтажа или другими причинами, что может привести к перегреву, воспламенению и даже пожару. В стандарте UL1449 и IEC61643-11 определены конкретные условия испытаний, гарантирующие безопасность SPD-модулей. Надежные устройства защиты от перенапряжений должны содержать термомпредохранитель для защиты варисторов от перегрева.

При перегреве варистора из-за временного превышения напряжения или увеличенного тока утечки и как следствие его неисправности, он не предохраняет нагрузку от воздействия импульсов перенапряжения. Поэтому важно обеспечить соответствующую индикацию, что гарантирует своевременную замену неисправных устройств сотрудниками сервисных служб.

Основные электрические параметры SPD-модулей серии LSP05/LSP10 [5]:

$U_{НОМ}$ – номинальное рабочее напряжение.

$U_{МАКС}$ – максимальное напряжение (среднеквадратичное значение).

$I_{МАКС}$ – максимально допустимый импульсный ток (8/20 мкс).

$I_{НОМ}$ – номинальный ток, гарантирующий работоспособное состояние (15 импульсов 8/20 мкс).

U_{MLV} – среднее напряжение ограничения при воздействии 15 импульсов 8/20 мкс амплитудой $I_{НОМ}$ (стандарт UL1449).

U_p – максимальное напряжение ограничения (стандарт IEC 61643-11).

Основные параметры некоторых SPD-модулей серии LSP05/10 даны в табл. 5. Как правило, варисторы, содержащиеся в модуле, включаются между линиями (L) и нейтралью (N), линией (L) и заземлением (G), нейтралью (N) и заземлением (G). Диапазон

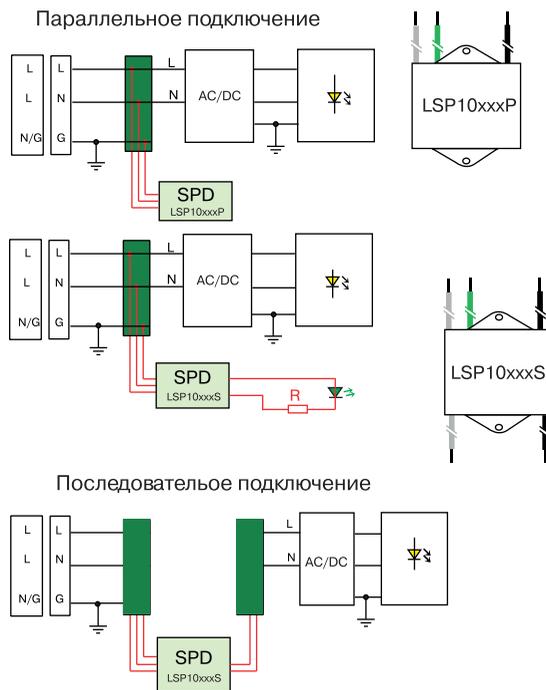


Рис. 12. Последовательное и параллельное подключение модулей серии LSP10

рабочих температур -45...85 °С.

Предусмотрено два возможных варианта подключения SPD-модулей к силовой цепи питания светильника.

Параллельное подключение (рис. 12, 13).

SPD-модуль подключается параллельно нагрузке. При перегреве SPD-модуль автоматически отключается от линии, однако нагрузка находится под напряжением и светильник остается в рабочем состоянии. Поскольку SPD-модуль отключен (по сути, отключен только варистор), то последующие всплески сетевого напряжения могут вывести из строя светильник. Для индикации отключения защиты предусмотрена возможность подключения внешнего светодиода, указывающего на неисправность модуля. В интеллектуальных системах можно использовать дистанционную сигнализацию, в этом

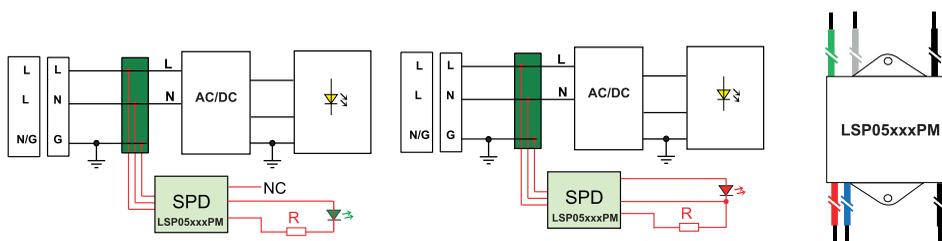


Рис. 13. Структурная схема подключения модулей серии LSP05

Таблица 5. Основные параметры некоторых SPD-модулей серии LSP05/10

Тип	$U_{НОМ}$, В	$U_{МАКС}$, В	$I_{МАКС}$, кА	$I_{НОМ}$, кА	U_{MLV} , В (UL1449)	U_p , В (IEC 61643-11)
Серия LSP10 (последовательное или параллельное подключение)						
LSP10120	120	150	20	10	L-N: 740	900
LSP10240	240	275			L-G: 740	
					N-G: 670	
LSP10277	277	320			L-N: 1130	1200
					L-G: 1130	
LSP10347	347	420			N-G: 1060	
					L-N: 1330	1400
LSP10480	480	510			L-G: 1330	
					N-G: 1260	
LSP10347	347	420			L-N: 1750	1900
					L-G: 1750	
LSP10480	480	510			N-G: 1680	
			L-N: 2020	2100		
LSP10480	480	510	L-G: 2020			
			N-G: 1960			
Серия LSP05 (параллельное подключение)						
LSP05120	120	150	10	5	L-N: 680	800
					L-G: 680	
					N-G: 630	
LSP05240	240	275			L-N: 1100	1200
					L-G: 1100	
					N-G: 1100	
LSP05277	277	320			L-N: 1270	1400
					L-G: 1270	
					N-G: 1220	
LSP05347	347	420			L-N: 1600	1700
					L-G: 1600	
					N-G: 1580	
LSP05480	480	510	L-N: 1780	1900		
			L-G: 1780			
			N-G: 1730			

случае в сервисный центр поступает сигнал о необходимости замены неисправного SPD-модуля.

Последовательное подключение (рис. 12).

SPD-модуль подключается последовательно с нагрузкой (фактически последовательно с нагрузкой включается только предохранитель). В этом случае при отключении SPD-модуля нагрузка также отключается от сети, что предотвращает выход светильника из строя при последующих перенапряжениях в линии. Одновременно с этим погасший светильник служит в качестве индикации неисправности.

Такая схема подключения более предпочтительна, т.к. замена только модуля обходится дешевле, чем замена светильника, в случае параллельного подключения SPD-модуля.

Зависимость числа импульсов от амплитуды и длительности импульсного тока приведена на рис. 14 (LSP10).

На рис. 15 приведены структурные схемы подключения SPD-модулей типа LSP05/10. При выборе их параметров в случае импульсного тока (i_1) следует руководствоваться следующим. Чтобы умень-

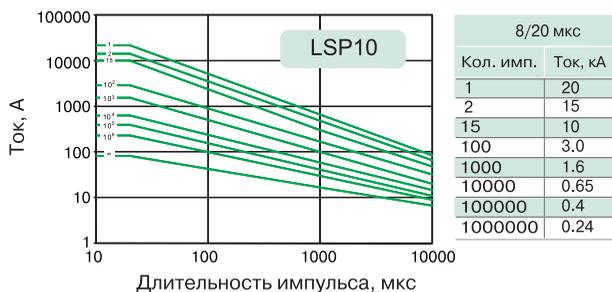


Рис. 14. Графики зависимости числа импульсов от амплитуды и длительности импульсного тока (LSP10)

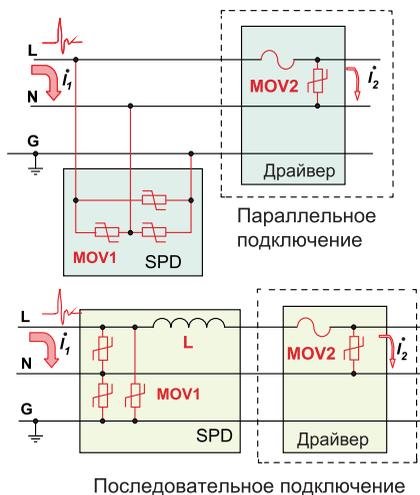


Рис. 15. Структурные схемы подключения SPD-модулей LSP05/10

шить импульсный ток (i_2) через встроенный в драйвер варистор, максимальное рабочее напряжение и максимальное напряжение ограничения варистора MOV2 должно быть больше, чем MOV1. Такое соотношение позволит предотвратить перегорание варистора MOV2 и как следствие необходимость замены светильника. Кроме того, следует учитывать, что $V_{MOV2} = V_{MOV1} + L(di/dt)$.

Необходимо отметить, что использование нескольких варисторов одного типа, подключенных параллельно, существенно не увеличивает эффективность защиты, т.к. разные экземпляры варисторов, даже из одной партии, отличаются параметрами. Это может привести к тому, что ток распределится неравномерно, в результате чего один из варисторов перегреется.

Ответ на вопрос гарантируют ли SPD-модули 100% защиту от перенапряжений – вполне очевиден. Нет, не гарантируют. SPD-модули обеспечивают эффективную защиту от наиболее распространенных видов перенапряжения в силовых це-

пях. Эти импульсы индуцированы мощными грозовыми разрядами. В случае, прямого удара молнии, что является очень редким явлением, не избежать серьезных повреждений оборудования. Нет устройств, способных предотвратить повреждения от прямого удара молнии. SPD-модули также не могут решить проблемы, связанные с временным повышением сетевого напряжения, вызванным серьезной неисправностью в сети электропитания, или потерей "нейтрали/земли". В этом случае сетевое напряжение превышает номинальное значение в течение нескольких секунд, что может служить причиной неисправности SPD-модуля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для защиты входных цепей светотехнических устройств от воздействия перенапряжений могут использоваться различные методы защиты. Одним из недорогих и эффективных схемотехнических способов защиты светодиодных светильников от воздействия выбросов напряжения во входных силовых цепях является применение варисторов.

Срок службы светодиодных светильников для наружного освещения во многом определяется наличием эффективных средств защиты от импульсных перенапряжений в силовых цепях. Применение специализированных SPD-модулей серии LSP05/LSP10 компании Littelfuse гарантирует защиту светодиодного светотехнического оборудования от перенапряжений.

Более полную информацию о варисторах и SPD-модулях компании Littelfuse можно найти в [1-7] или в фирме VD MAIS – официальном дистрибьюторе компании Littelfuse.

ЛИТЕРАТУРА

1. LED Lighting Surge Protection Modules Design and Installation Guide.
2. Light-Emitting Diode (LED) Design Guide.
3. IEEE C62.41.2-2002. IEEE Recommended practice on characterization of surges in low-voltage (1000V and less) AC power circuits.
4. TMOV25S Varistor Series.
5. Surge Protection Module. LSP05 and LSP10 Series. New Product Introduction. April 2016.
6. Surge Protection Module. LED Lighting Surge Protection > LSP05.
7. Product catalog & design guide. Metal-Oxide Varistor (MOV).