

## Простое и эффективное решение для защиты потребителей малой мощности от перенапряжений.

Операторы связи применяют разнообразное оборудование, которое питается от электрических сетей в жилых домах, на промышленных объектах, от низковольтных ЛЭП.

В качестве примера можно привести коммутаторы Ethernet, абонентские выносы, абонентские блоки малоканальных систем уплотнения, модемы, сетевые окончания, радиоудлинители, точки доступа БШПД, станции спутниковой связи и т.п.. К этому нужно добавить оборудование узлов доступа в рамках проекта «Устранение цифрового неравенства». Их потребляемая мощность обычно составляет десятки - сотни Ватт.

В некоторых случаях за электроэнергию платит абонент, в других оператор связи заключает договор с энергоснабжающей организацией. В любом случае оператор никак не может влиять на качество электроэнергии, которое оставляет желать лучшего.

В результате оборудование выходит из строя – во время гроз, при авариях электроустановок, и иногда по, казалось бы, непонятным причинам.

### 1. Содержание и цели доклада

Рассматривается простое и эффективное решение для защиты потребителей малой мощности (от десятков Ватт до нескольких кВт) от перенапряжений. Нужно отметить, что подобное оборудование давно выпускается нашей фирмой, но достаточно широкое применение оно нашло только в Казахстане, где в рамках национальной программы телефонизации удаленных населенных пунктов было установлено несколько сотен радиоудлинителей и станций спутниковой связи, при этом оборудование комплектовалось комплексными устройствами защиты: цепи питания + антенного входа + порта для подключения телефона + в ряде случаев порта передачи данных [1]. За первые два года эксплуатации мы получили сообщение только об одном случае выхода спутниковой станции из строя во время грозы. Учитывая количество смонтированных VSAT и радиоудлинителей (около 800 штук), низкое качество электроэнергии, отсутствие квалифицированного персонала в отдаленных районах, результат можно считать отличным.

Подобное же оборудование, но только для защиты цепей питания, было закуплено несколькими областными дирекциями «Казахтелекома» для абонентских выносов, в общем количестве несколько сотен штук, тоже с положительным результатом.

Побудительным поводом к выбору этой темы для доклада на СПРЭС-2015 послужили несколько недавних обращений с просьбой предложить надежное решение для защиты цепей питания (речь шла о коммутаторах и модемах).

По всей видимости, нам не удалось вывести технически эффективные и недорогие устройства защиты на массовый рынок телекоммуникаций из-за каких-то просчетов в маркетинге, техническом исполнении. Попытки такие делались несколько раз, например, см. доклад на СПРЭС-2012 [2]. В то же время подобные решения широко применяются за рубежом, например, для защиты драйверов светодиодных светильников, которые представляют из себя импульсный преобразователь AC/DC. [3].

COMMENG разработал и выводит на рынок серию устройств защиты цепей электропитания **Commeng Compact**, на примере которых и будут рассмотрены принципы и схемы защиты маломощных потребителей.

## 2. Импульсные помехи.

Качество электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения регламентируется стандартом [4], в соответствии с которым:

Значения грозовых импульсных напряжений с вероятностью 90% не превышают 10 кВ в воздушной сети напряжением 0,38 кВ и 6 кВ во внутренней проводке зданий и сооружений. Значение коммутационных импульсных напряжений может достигать 4,5 кВ. При этом вероятность превышения указанного значения коммутационного импульсного напряжения составляет не более 5%, а значений грозовых импульсных напряжений — не более 10% для воздушных линий с металлическими и железобетонными опорами и 20% — для воздушных линий с деревянными опорами.

Ответственность за обеспечение допустимого уровня импульсных помех несет энергоснабжающая организация, однако, как видно из предыдущего абзаца, стандартом допускается превышение определенных в нем уровней импульсных напряжений.

## 3. Перекос фаз и обрыв нулевого проводника

Вследствие изменения характера нагрузок (импульсные выпрямители) в трёхфазной цепи возникают дополнительные токи, и, с учётом несогласованности нагрузок, по нулевому проводу может начать протекать ток, равный или даже больший, чем максимальный ток фазы. Всё это способствует возникновению условий, при которых может произойти опасное для электросети «отгорание нуля», особенно в многоквартирных домах, введенных в эксплуатацию более 20 лет назад.

Из всех крайне нежелательных последствий перекоса фаз остановимся на повышении напряжения в цепи питания оборудования. Как видно из рисунка 2, оно, в принципе, может достигнуть межфазного напряжения 380 Вольт, а с учетом повышения сетевого напряжения выше нормы, превысить 400 вольт.

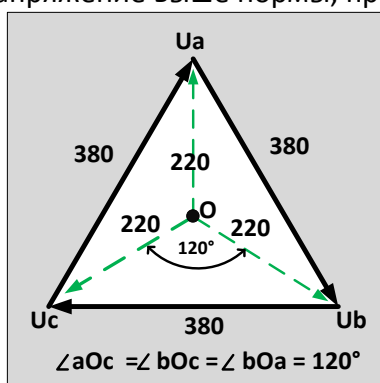


Рисунок 1. Векторная диаграмма для идеального случая

Фазное напряжение (напряжение между каждой из трех фаз и нулевым рабочим проводником) составляет 220 В. Фазные напряжения OA, OB и OC равны между собой и сдвинуты друг относительно друга на угол  $120^\circ$ . Перекос фазных напряжений отсутствует.

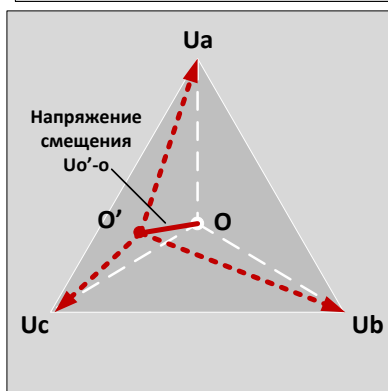


Рисунок 2. Векторная диаграмма при перекосе фаз.

Фазные напряжения, сдвинуты друг относительно друга на произвольный угол. При их неравенстве возникает уравнительный ток и напряжение смещения. Чем больше напряжение смещения, тем выше риск повреждений и отказов электрооборудования.

Перекося фаз, электроустановки, рассчитанные по нормативам многолетней давности и их плохое состояние могут привести к обрыву нулевого проводника («отгоранию нуля», как говорят электрики). На воздушных ЛЭП нулевой проводник может просто оборваться от ветра.

Обрыв нулевого проводника иллюстрируется все той же диаграммой на рисунке 2. Отличие лишь в том, что возвратные токи текут вместо нулевого проводника через нагрузку и далее по фазным проводникам. Место нахождения нулевой точки (O' на рис.2) зависит от соотношения нагрузок в фазах, причем более длинным будет вектор напряжения той фазы, в которой нагрузка минимальна. Нулевая точка меняет свое положение из-за изменения нагрузок по фазам (например, из-за перегорания лампочек).

#### 4. Стойкость к перенапряжениям

В соответствии со стандартом [5] оборудование проводной связи, в зависимости от группы устойчивости технических средств к помехам, должно выдерживать воздействие помех с параметрами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Стойкость цепей электропитания оборудования проводной связи

Вид помех		Группа по устойчивости к помехам	
		I группа	II группа
Наносекундные импульсные помехи		1 кВ	2 кВ
Микросекундные импульсные помехи большой энергии (импульс формы 1/50 мкс)	провод - земля	1 кВ	2 кВ
	провод - провод	не нормируется	1 кВ
Выбросы напряжения амплитудой 1,2 Ун (номинального напряжения сети электропитания)		25 периодов (500 мс)	50 периодов (1000 мс)

#### 5. Какой вывод можно сделать из предыдущих разделов (2,3,4) ?

Стойкость оборудования, полностью соответствующего нормам [5], к импульсным помехам ниже, чем уровень помех, допускаемых стандартом [4]. Сохранение в исправном состоянии и тем более работа при таких авариях, как «обрыв нулевого проводника» в требования стандарта [4] не входит. Следует добавить к этому, что часть имеющегося на рынке оборудования испытаний на стойкость к помехам вообще не проходила, несмотря на наличие разнообразных сертификатов.

Обеспечить надежную работу (или хотя бы значительное снижение случаев выхода оборудования из строя) может применение защитных устройств. Решение об их установке (а так же разделительных трансформаторов, ИБП и т.п.) и выборе их типа должно приниматься с учетом таких факторов, как:

- вероятность появления тех или иных помех (зависит от грозовой активности, сопротивления заземления, состояния электросети, характеристик здания и т.д.);
- стоимость самого оборудования, затрат на его ремонт и замену;
- убытки от перерывов связи;
- затрат на установку защитных устройств;
- эффективности применения защитных устройств.

## **6. Практика применения УЗИП.**

Применение УЗИП уже стало нормой в ряде случаев, например, они повсеместно устанавливались для защиты питания таксофонов в рамках программы «Универсальная услуга». Техническая политика проектирования и строительства узлов доступа в рамках проекта «Устранение цифрового неравенства» в ОАО «Ростелеком» предусматривает установку УЗИП класса I+II в каждом УУЦН (узле устранения цифрового неравенства).

Наблюдая много лет за практикой использования УЗИП в «Ростелекоме» и у других операторов, могу заметить, что:

- УЗИП для защиты цепей питания оконечных устройств применяются обычно в тех случаях, когда имеется государственное финансирование программы, в других случаях операторы на этой статье расходов предпочитают экономить (если потери от выхода оборудования не становятся недопустимо высокими);
- в масштабных проектах обычно закладывается избыточная мощность (а соответственно и стоимость УЗИП), например, для установки в УУЦН как минимум в 9 случаях из 10 было бы достаточно УЗИП класса II;
- если в типовых проектах УЗИП применяются обычно правильно, то в других случаях нередко их установка ведется по принципу: «раздать грозоразрядники для установки монтерам», и тогда ошибки и неэффективная работа УЗИП неизбежны;
- по причине неправильного применения УЗИП иногда складывается мнение, что «никакая защита все равно не помогает»;
- по своему опыту могу сказать, что если выбор и применение УЗИП контролируются квалифицированными специалистами, то результат всегда положительный.

## **7. Практика применения автоматических выключателей.**

В качестве устройств защиты от сверхтоков для нагрузок малой мощности используются практически только автоматические выключатели. Если, например, коммутатор на лестничной клетке, чердаке и т.п. жилого дома устанавливается в металлическом шкафу или ящике, то «автомат» монтируется там же или рядом в пластиковом боксе, а от него уже запитывается розетка для коммутатора или блока питания.

В современных «автоматах» есть три вида расцепителей: механический – для ручного включения и выключения, электромагнитный (соленоидный) – для отключения токов короткого замыкания, и тепловой (пластина из биметалла) - для защиты от перегрузок (кроме автоматов с характеристикой МА).

Выбор характеристики автоматического выключателя следует проводить в зависимости от характеристик нагрузки [6]. Необходимо учитывать пусковые токи, возникающие в импульсных блоках питания вследствие зарядки конденсатора фильтра.

В тех цепях, где кратковременные перегрузки не могут возникнуть в нормальном рабочем режиме (цепи, содержащие устройства с полупроводниковыми элементами, способными выйти из строя при небольшом превышении тока) следует применять автоматические выключатели с характеристикой А. Тепловой расцепитель автомата этой характеристики может сработать уже при токе, составляющем 1,3 от номинального. При этом время отключения составит около часа. При токе, превышающем номинальный в два раза, в действие электромагнитный расцепитель, срабатывающий примерно за 0,05 секунды. Но если при двукратном

превышении тока соленоид еще не срабатывает, то тепловой расцепитель отключит нагрузку примерно через 20-30 секунд. При токе, превышающем номинальный в три раза, гарантированно срабатывает электромагнитный расцепитель за сотые доли секунды.

Специально для защиты электронных устройств выпускаются автоматические выключатели с характеристикой Z. Для цепей переменного тока минимальный возможный ток срабатывания соленоида составляет два номинальных, а гарантированный ток срабатывания электромагнитного расцепителя составляет три номинальных тока. Тепловой расцепитель автоматов с характеристикой Z может срабатывать при токе в 1,05 раза выше номинального.

Если перейти теперь к практике применения автоматических переключателей для защиты цепей питания отметим несколько моментов:

- подбор по характеристикам выключателей не ведется, устанавливаются те, которые можно купить в обычном магазине (т.е. характеристики C или B);
- используются обычно выключатели номиналом 5-10 А, выключатели, соответствующие потребляемым мощностям десятки-сотни Вт (номиналы 1-3 А, не говоря уже о 0,5 А) практически не применяются;
- если автоматические выключатели выбираются в точном соответствии с потребляемой мощностью, в ряде случаев может происходить их отключения (обычно при подаче энергии после отключения подстанции), что составляет большую проблему на необслуживаемых объектах;
- автоматические выключатели на малые номинальные токи и необходимыми характеристиками (A, Z) не имеют массового применения из-за более высокой стоимости и отсутствием на складах большинства поставщиков;
- т.е. в том случае, который здесь обсуждается, автоматические выключатели фактически используются как защита от короткого замыкания и как механический выключатель.

## **8. Практика применения реле контроля напряжения**

Реле контроля напряжения, в отличие автоматических выключателей, контролирует не ток, а напряжение, при выходе значения которого за заданные параметры отключает нагрузку. По сравнению с УЗИП или автоматическими выключателями, реле контроля напряжения значительно более сложный прибор, позволяющий устанавливать как нижний так и верхний предел допустимого рабочего напряжения. Именно это устройство обеспечить надежную защиту от длительного повышения напряжения.

Нужно отметить два существенных недостатка реле :

- достаточно высокая стоимость;
- при наличии импульсных помех реле контроля напряжения нужно от них защищать.

## **9. Постановка проблемы и пути ее решения**

Таким образом, чтобы обеспечить защиту цепи питания оборудования, о котором идет речь, в условиях импульсных помех, низкого качества электроэнергии и плохого состояния электросетей необходима как минимум двух устройств: УЗИП и реле контроля напряжения или же УЗИП и автоматического выключателя с характеристикой Z. Это дорого, требует подбора параметров устройств, места для монтажа и достаточно квалифицированных специалистов для установки. Другие решения – использовать одновременно все три рассмотренные устройства или стабилизатор напряжения

рассматривать не будем, для этого достаточно только той причины, что устройства защиты могут стоить дороже, чем защищаемое оборудование.

Требуется простые в установке даже для неквалифицированного персонала, эффективные и недорогие устройства защиты для необслуживаемого оборудования малой мощности, которое устанавливается в жилых, общественных и промышленных зданиях, в уличных шкафах и питается от низковольтных электроустановок переменного тока с негарантированным качеством электропитания.

Сформулируем кратко основные требования к такому устройству защиты:

- защита от импульсных помех в цепи провод-земля, провод-провод (причем в цепи провод-провод уровень остаточного напряжения должен быть ниже);
- защита от длительных перенапряжений, прежде всего возникающих при перекосе фаз;
- защита от коротких замыканий в нагрузке;
- при исправности оборудования и устройства защиты автоматический переход в рабочий режим питания после прекращения действия перенапряжений без участия персонала;
- устройство защиты должно устанавливаться в непосредственной близости от защищаемого оборудования;
- УЗИП должно соответствовать III классу, при необходимости может быть дополнительно установлено УЗИП II класса или III класса с большим максимальным импульсным током;
- должно быть предусмотрено совместное применения устройства защиты цепей электропитания с устройствами защиты со стороны линий связи и антенн;
- устройство защиты должно быть пожаробезопасным и при выходе элементов из строя не должно давать утечки тока.

Информация в сжатой форме о том, каким образом были достигнуты перечисленные выше цели приведена в таблице 2. Некоторые из этих решений более подробно будут рассмотрены ниже.

Таблица 2. Основные технические решения

Задача	Техническое решение
Защита от синфазных (провод-земля) и дифференциальных помех (провод-провод)	Включение варисторов между каждым проводом и клеммой заземления, а так же между проводами (схемы на рис. 8,9)
Защита от длительных перенапряжений при перекосе фаз, обрыве нулевого провода	Применение комбинированного элемента AC2Pro
Защита от коротких замыканий	Применение многократных самовосстанавливающихся предохранителей (полимерных позисторов) [2], [7]
Переход в рабочий режим после снятия перенапряжения	
Простота монтажа, максимальная эффективность работы.	Устройство является проходным, что значительно упрощает монтаж и совместное применение с устройствами защиты портов передачи информации.
Отсутствие утечек, пожаробезопасность	Защита варисторов от перегрева и пробоя

Далее рассмотрим подробнее некоторые из этих решений.



Для защиты от дифференциальных импульсных помех, повышения напряжения при перекосе фаз и сверхтоков мы используем элемент AC2Pro, разработанный Тусо Electronics, и состоящий из полимерного позистора и варистора. (рис. 3,4).

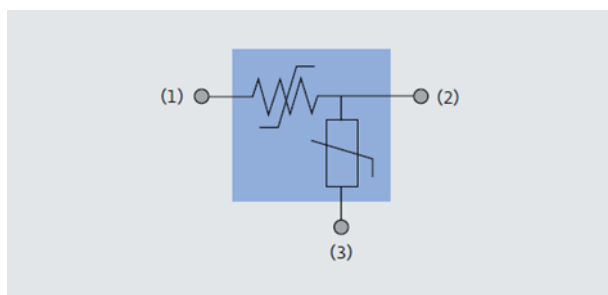


Рисунок 3. Схема элемента AC2Pro

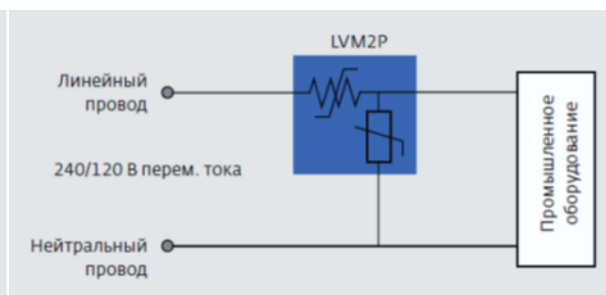


Рисунок 4. Схема включения AC2Pro

Классификационное напряжение варистора составляет 430 Вольт, максимальные рабочие токи позистора 150, 350 и 750 мА. Варистор и позистор выполняют функции защиты от дифференциальных импульсных помех.

Если напряжение на варисторе поднимется выше классификационного, ток через него возрастает и варистор нагревается и нагревает позистор, который увеличивает свое сопротивление. В качестве примера на рисунке 5 приводится график работы элемента, включенного по схеме на рис.4, при обрыве нулевого провода, когда варистор под действием амплитудных значений приложенного к нему напряжения начинает пропускать ток.

При этом варистор ограничивает напряжение на нагрузке, а после срабатывания позистора основная часть приложенного напряжения будет падать на нем. После того, как напряжение вернется к нормальному уровню варистор остынет, и позистор перейдет в проводящее состояние.

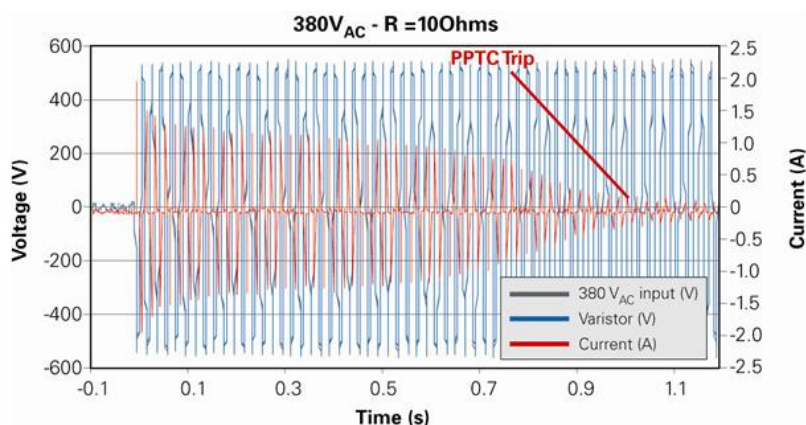


Рисунок 5. Переход AC2Pro в непроводящее состояние при обрыве нейтрали.

На рисунке 6 показаны характеристики нагрева незащищенного варистора и элемента AC2Pro при подаче на них напряжения, значительно превышающего классификационное. Температура AC2Pro значительно ниже температуры плавления и возгорания термостойкой пластмассы, что делает устройства защиты на его базе

пожаробезопасными. Варистор AC2Pro выдерживает испытательные импульсы амплитудой до 2 кВ. (рис.7).

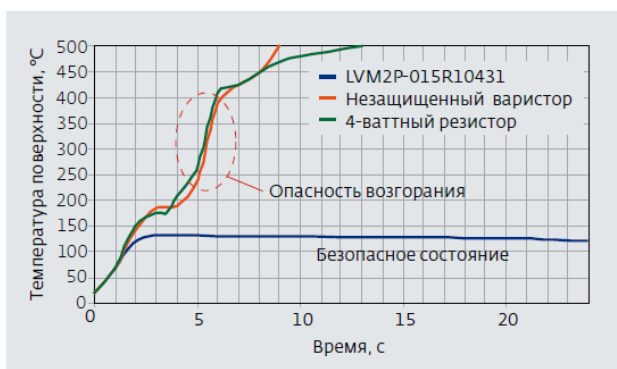


Рисунок 6. Защита варистора от перегрева

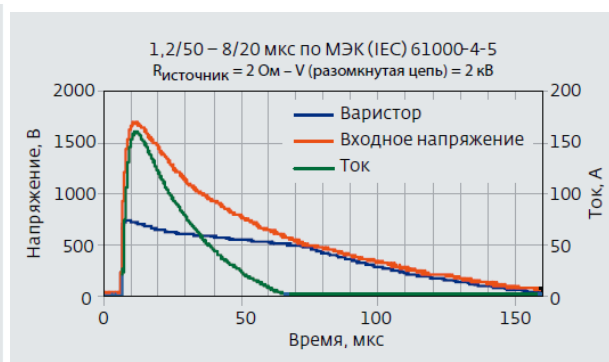


Рисунок 7. Стойкость к импульсам

Для защиты от коротких замыканий и сверхтоков применяются полимерные позисторы как в составе элементов AC2Pro (рабочий ток до 0,7 А), так и отдельно (рабочий ток до 4 А). Полимерные позисторы представляют из себя аналог теплового расцепителя, их гарантированный ток срабатывания в 2 раза выше максимального рабочего. Более подробная информация приведена в [2],[7].

УЗИП подключаются параллельно нагрузке в цепи «провод-провод» или «провод-земля». Характеристики УЗИП не зависят от тока, потребляемого электроустановкой (на самом деле это не совсем так, корреляция существует), одно и то же устройство защиты может использоваться для защиты нагрузки потребляющей как 1, так, например, и 50 А.

В данном случае мы поставили себе ограничение – применение с оборудованием, потребляющим не более 5 А. Поэтому устройства **Commeng Compact** сделаны проходными (см. схемы на рис. 9, 10, 11.), что значительно повышает эффективность их использования и облегчает монтаж. Данное решение доказало свою эффективность как в устройствах защиты, упомянутых в начале статьи, так и в оборудовании защиты для систем зонного светограждения мачт: УЗЦП-ЗОМ и УЗК-ЗОМ, разработанных COMMENG, и поставляемых компанией «Логический элемент». Небольшое и заранее известное потребление светодиодных ламп позволило создать как отдельные устройства защиты (УЗЦП-ЗОМ) так и интегрировать их в устройства управления и контроля светограждения (УЗК-ЗОМ) [8].

В тех случаях, когда в месте установки отсутствует защитное заземление, применение устройств серии **Commeng Compact** дает хороший эффект, так как:

- защита от сверхтока не нуждается в заземлении;
- защита от дифференциальных помех и повышенного напряжения при перекосе фаз не нуждается в заземлении;
- защита от импульсных помех малой мощности работает без защитного заземления на основе принципа «уравнивания потенциалов» при условии использования точки уравнивания потенциалов, к которой подключаются клеммы заземления УЗИП цепей электропитания и передачи информации; для интересующихся, как может эффективно работать защита от импульсных помех без защитного заземления, рекомендую статью [9].



## 10. Решение проблемы – устройства защиты серии Commeng Compact

Все устройства выполнены в малогабаритном корпусе (рис.8), подключение к сети электропитания и к потребителю производится через клеммные колодки, контакт защитного заземления (у тех устройств, у которых он есть) расположен сбоку. Режим работы индицируется светодиодами.

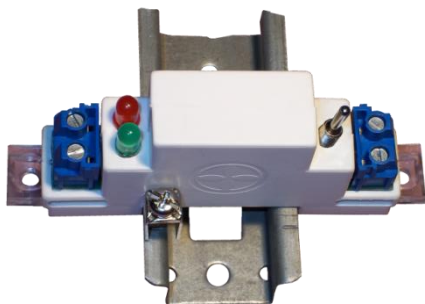


Рисунок 8. Внешний вид **Commeng Compact OVCP**

Серия состоит из устройств защиты :

от импульсных помех **Commeng Compact OVP** (overvoltage protector);

сверхтоков **Commeng Compact OCP** (overcurrent protector);

комбинированных **Commeng Compact OVCP** (overvoltage & overcurrent protector).

Устройство защиты от импульсных помех **Commeng Compact OVP-AC** выполнено по классической схеме (рис.9). Между проводами L,N, а так же между каждым из них и защитным заземлением установлены варисторы. Несмотря на то, что на корпусе указываются контакты для подключения нейтрального и фазного проводников, если их перепутать ничего в работе устройства защиты не изменит. Классификационное напряжение варисторов составляет 430-510 Вольт (на момент написания доклада значения еще не выбраны), каждый варистор имеет терморазмыкатель для защиты от перегрева. Возможно на входе будет установлен выключатель и индикатор напряжения, будет это сделано или нет, зависит, прежде всего, от мнения наших заказчиков.

Предусмотрен так же выпуск модификации **Commeng Compact OVP-DC** для защиты цепей постоянного тока.

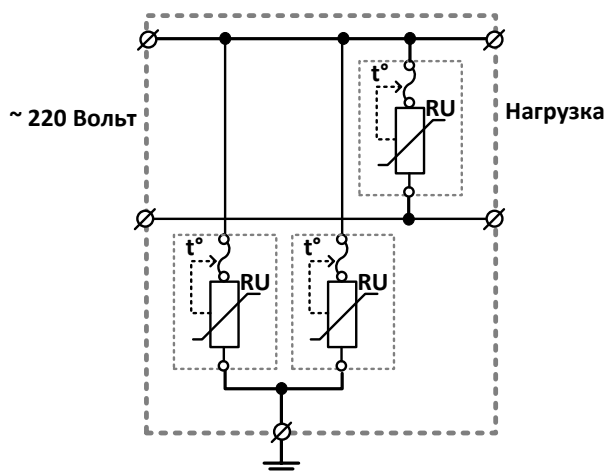


Рисунок 9. Схема функциональная **Commeng Compact OVP-AC**

Устройство защиты от сверхтоков **Commeng Compact OCP-AC** так же является проходным, имеется переключатель режимов и светодиодная индикация: наличие напряжения – зеленый светодиод, режим ограничения тока – красный светодиод.

Порядок подключения нулевого и фазного проводников в данном случае соблюдать желательно, чтобы при перегрузке и коротком замыкании размыкать фазный провод .

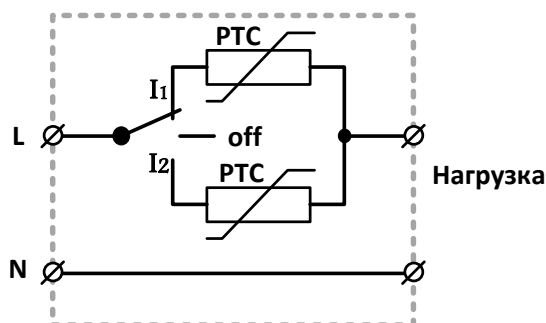


Рисунок 10. Функциональная схема **Commeng Compact OCP**

Как видно из схемы, переключателем можно отключить нагрузку или выбрать максимально допустимый ток нагрузки. Эта функция предусмотрена исходя из случая при эксплуатации , когда неправильно был рассчитан потребляемый ток абонентских выносов, и токовая защита срабатывала в час наибольшей нагрузки.

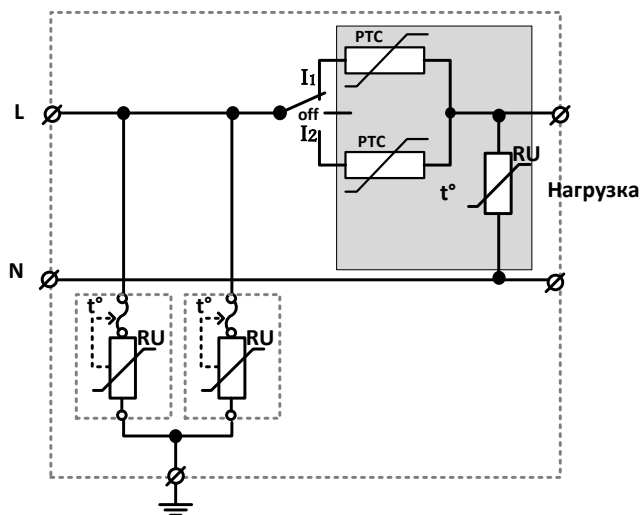
Так как эффективность защиты зависит от правильно выбранного значения максимального тока нагрузки, гораздо удобнее установить значение тока при монтаже или даже в ходе эксплуатации, если это необходимо (например, если при меньшем значении тока защита сработала, вместо замены устройства достаточно переключить его на больший рабочий ток). Значения токов для линейки **Commeng Compact OCP** в зависимости от положения переключателя режима приведены в таблице 3.

Положение переключателя	Максимальные рабочие токи, А			
	1	0,5	1	2
off	-	-	-	-
2	1	2	3	4

Устройство на многократных предохранителях целесообразно применять на необслуживаемых объектах, для защиты аппаратуры, имеющих большие пусковые токи. Из-за своей инерционности позистор не успеет сработать за такое короткое время, в отличие от электромагнитного расцепителя. По своим характеристикам тепловой защиты позистор ближе всего к автоматическому выключателю с характеристикой А.

**Commeng Compact OVCP** - устройство комбинированной защиты от импульсных помех, токовых перегрузок, и длительного повышения напряжения (при перекосе фаз и «отгорании нуля»). Для защиты от синфазных помех используются варисторы, включенные в цепи провод-земля. Для защиты от дифференциальных помех, сверхтоков и повышенного напряжения - элементы AC2Pro, принцип действия которых подробно описан в разделе 9 доклада.

Так же, как и в описанном выше устройстве защиты от сверхтоков в комбинированном устройстве защиты **Commeng Compact OVCP** имеется возможность отключить нагрузку и выбрать один из двух номиналов тока. В данном случае и выбор, и сами номиналы меньше: в линейке всего два устройства на токи 150 и 300 мА, 350 и 700 мА.



Варисторы, включенные в цепи провод-земля имеют термоотключение при перегреве, дифференциальный варистор защищен полимерным позистором.

### **Commeng Compact OVCP**

чрезвычайно Эффективное, простое в применении и надежное устройство защиты. Однако его нельзя назвать универсальным из-за малых максимальных рабочих токов.

Рисунок 11. Функциональная схема **Commeng Compact OVCP**

В том случае, если ток потребления больше, то может быть применена комбинация устройств защиты от перенапряжений - **Commeng Compact OVP** и от сверхтоков - **Commeng Compact OCP**.

### **Литература**

1. Терентьев Д. Устройства НПО «Инженеры электросвязи» для защиты от опасных электромагнитных влияний оборудования базовых станций и малых станций спутниковой связи. Сб. трудов телекоммуникационного симпозиуме "Мобильная связь" 2007 г. См. так же в разделе «Публикации» [www.commeng.ru](http://www.commeng.ru)
2. Терентьев Д. Применение полимерных предохранителей для защиты от сверхтоков в низковольтных электроустановках и цепях питания потребителей. на Сб. трудов XIII конференции "Состояние и Перспективы Развития Энергетики Связи" СПРЭС-2012. См. так же в разделе «Публикации» [www.commeng.ru](http://www.commeng.ru)
3. Балеvски А., Утюшев К., Коротков М. Новые устройства защиты от длительных перенапряжений. / ЭЛЕКТРОНИКА. Наука. Технология. Бизнес, №1 (00132) 2014
4. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. ГОСТ Р 50932-96 Устойчивость оборудования проводной связи к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.
6. Молоков А. Характеристики автоматических выключателей <http://electrik.info>
7. Курышев К., Коротков М. PolySwitch серии LVR против перегрузок в цепях с напряжением 220 В./ Компоненты и технологии №3,2008
8. Иванова Н., Пашкевич А., Терентьев Д. Надежность и энергопотребление систем светового ограждения мачт. / Техника Связи №1, 2011  
См. так же в разделе «Публикации» [www.commeng.ru](http://www.commeng.ru)
9. Терентьев Д. Аварии на объектах связи. Причина - опасные электромагнитные влияния. Часть 4./ Первая миля, №6, 2011  
См. так же в разделе «Публикации» [www.commeng.ru](http://www.commeng.ru)