

Технические бюллетени

Технический бюллетень TNP018 11.07.2016 г. Защита силовых фотоэлектрических систем от импульсных перенапряжений.

Защита силовых фотоэлектрических систем от импульсных перенапряжений.

Всё большее распространение получают схемы электроснабжения объектов (особенно удалённых) от альтернативных источников электроэнергии, таких как фотоэлектрические солнечные электростанции (СЭС). Альтернативные источники могут использоваться как резервные источники электроэнергии наряду с основными, или как единственные источники электроэнергии в случаях, когда прокладка линии электроснабжения к объекту невозможна или нецелесообразна.

Преимуществом фотоэлектрических СЭС является их экологическая чистота, бесшумность, отсутствие движущихся частей и, соответственно, не требуется приложения особых усилий по их обслуживанию и ремонту и как следствие – долговечность (свыше 20 лет), а так же быстрая окупаемость.

Основной недостаток – зависимость от солнечного света. Кроме того, для подобного рода электростанций есть риски выхода из строя оборудования при воздействии импульсных перенапряжений, вызванных прямыми ударами молний в фотоэлектрические модули (панели), соединённые в солнечную фотоэлектрическую батарею, наводками от удалённых разрядов молний и коммутационными помехами.

Молниезащита фотоэлектрических СЭС, как и любого другого объекта, состоит из внешней и внутренней молниезащиты.

Внешняя молниезащита предназначена для защиты солнечной фотоэлектрической батареи от прямого удара молнии и предотвращения разрушительных последствий этого удара. Внешняя молниезащита включает в себя систему молниеприёмников, токоотводов и заземляющих устройств, призванных отвести молнию от объекта и направить её энергию в землю.

Внутренняя молниезащита предназначена для защиты непосредственно оборудования, подключённого к солнечной фотоэлектрической батарее. Для внутренней молниезащиты применяются устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). В данном случае это специальные УЗИП силовых цепей фотоэлектрических систем класса испытаний I+II+III и класса испытаний II (согласно ГОСТ IEC 61643-11-2013), которые предназначены для применения в силовых цепях постоянного тока. Для защиты силовых цепей фотоэлектрических систем допускается применять только УЗИП ограничивающего типа на базе варисторов и не допускается применение УЗИП коммутационного типа на базе разрядников. В силу особенности процесса коммутации в этих цепях электрическая дуга, возникающая в разряднике при его пробое импульсом перенапряжения, не гаснет после окончания импульса и поддерживается источником, так как нет момента перехода напряжения через ноль, как в цепях переменного тока. Выбор класса испытаний УЗИП производится исходя из места размещения фотоэлектрической батареи.

Выбор класса испытаний УЗИП

Фотоэлектрические модули солнечной батареи располагаются там, где они наиболее эффективны, т.е. на открытой местности и поэтому далеко не всегда оказываются в зоне защиты молниеприёмников или вышестоящих объектов (деревья, здания, трубы, мачты и т.д.). В этом случае фотоэлектрические модули оказываются в зоне O_A (ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010), т.е. это зона, не защищённая от прямого удара молнии (ПУМ) и электромагнитного поля грозовых разрядов.

На небольших объектах фотоэлектрические модули могут быть размещены на антенно-мачтовом сооружении, которое одновременно служит антенной и молниеприёмником. В этом случае они оказываются в зоне O_B (ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010), т.е. область, не подверженная прямым ударам молнии, но в которой происходит растекание практически всего тока молнии и эта область не защищена от его электромагнитного поля.

Во всех этих случаях применяются УЗИП класса испытаний I+II+III серии ГСВ123-*/3Ф, способные отводить до 12.5 кА импульсного тока молнии (10/350 мкс).

Если фотоэлектрические модули оказываются в зоне защиты молниеприёмников или вышестоящих объектов, применение УЗИП целесообразно, если длина силового кабеля от солнечной фотоэлектрической батареи до оборудования составляет 15 м и более. Источником импульсных перенапряжений, воздействующих на оборудование в этом случае, могут быть наводки, причинами которых являются:

- удалённые разряды молнии;
- межоблачные разряды;
- рядом проходящие высоковольтные линии;
- попадание силового кабеля в зону растекания тока молнии.

Энергия этих воздействий существенно меньше энергии воздействия при прямом ударе молнии, но она достаточно велика, что бы вывести из строя оборудование. Несмотря на то, что контроллеры заряда и инверторы нередко оснащаются встроенной защитой от перенапряжений, её при подобных воздействиях может оказаться недостаточно. Поэтому для защиты оборудования в этом случае рекомендуется применять УЗИП класса испытаний II серии ГСВ2-*/3Ф, способные отводить наведённые разрядные токи (8/20 мкс) до 40 кА.

Выбор максимально длительного рабочего напряжения УЗИП

Все УЗИП силовых цепей фотоэлектрических систем одного класса не отличаются по способности отводить импульсные токи. Выбор конкретного типа УЗИП производится по его максимально длительному рабочему напряжению (U_c) - в диапазоне 600 ÷ 1000 В постоянного тока - исходя из максимально возможного напряжения в силовой цепи фотоэлектрической системы. При оценке максимально возможного напряжения в силовой цепи можно руководствоваться двумя методами.

Наиболее простой метод - просто ориентироваться на максимальное входное напряжения ($U_{вх.}$) защищаемого оборудования - контроллера заряда батареи или инвертора – которое указывается в параметрах оборудования (если этот параметр не указан, необходимо его уточнить). Соответственно подбирается УЗИП, у которого $U_c \geq U_{вх.}$

Этот метод наиболее простой и подходит в случае, если напряжение солнечной фотоэлектрической батареи может быть со временем увеличено при модернизации.

Второй метод – ориентироваться на расчётное значение - максимально возможное напряжение солнечной фотоэлектрической батареи ($U_{MAX.BAT}$), которое достигается в режиме холостого хода. Для этого необходимо рассчитать максимально возможное напряжение одного фотоэлектрического модуля (панели) $U_{MAX.PANEL}$, а затем рассчитать максимально возможное напряжение всей солнечной фотоэлектрической батареи $U_{MAX.BAT}$ и подобрать УЗИП, у которого $U_c > U_{MAX.BAT}$.

Этот метод позволяет более точно подобрать устройство защиты и, возможно, уменьшить уровень остаточного напряжения на защищаемом оборудовании.

Максимально возможное напряжение фотоэлектрического модуля

Для оценки значения $U_{MAX.PANEL}$ фотоэлектрического модуля необходим такой его параметр, как напряжение холостого хода или напряжение открытого контура модуля (V_{OC}). Это максимальное напряжение фотоэлектрического модуля без нагрузки при стандартных условиях испытаний:

- Температура фотоэлектрических элементов + 25°C;
- Плотность потока солнечной энергии 1000 Вт/м².

Свойства фотоэлектрических модулей (напряжение, ток, мощность) зависят от температуры. Характеризуют эти зависимости соответствующие температурные коэффициенты. Эти параметры дают все ведущие производители фотоэлектрических модулей. Температурный коэффициент напряжения открытого контура (T_{VOC}) показывает изменение значения напряжения V_{OC} при изменении температуры на один градус Цельсия, и выражается, как правило, в процентах напряжения V_{OC} на один градус Цельсия и имеет отрицательное значение (- %/°C), так как с ростом температуры напряжение, выдаваемое фотоэлектрическим модулем, падает. Соответственно максимального значения напряжения достигает при минимально возможной температуре для того региона, где расположена солнечная фотоэлектрическая батарея, при солнечной погоде.

Температурный коэффициент фотоэлектрических модулей лежит, как правило, в пределах $-0,3 \div -0,39$ %/°C. Если минимально возможную температуру T_{MIN} для средних широт взять, например, -40°C, то разница между этой температурой и температурой, при стандартных условиях испытаний составит $T_{разн} = -40 - 25 = -65$ °C. Соответственно, при T_{MIN} напряжение V_{OC} , в зависимости от Температурного коэффициента напряжения фотоэлектрического модуля, увеличится на:

$$T_{разн} \cdot T_{VOC} = 19,5 \div 25 \%$$

Таким образом, максимально возможное напряжение фотоэлектрического модуля составит, соответственно:

$$U_{MAX.PANEL} = 1,195 \div 1,25 \cdot V_{OC}$$

Для районов Крайнего Севера минимально возможная температура принимается $T_{MIN} = -60$ °C. Соответственно необходимо пересчитать максимально возможное напряжение фотоэлектрического модуля, которое может достигать в этом случае $U_{MAX.PANEL} = 1,33 \cdot V_{OC}$.

Иногда производители фотоэлектрических модулей выражают Температурный коэффициент напряжения более экзотическим способом – в милливольтх/градус Цельсия (например, -60,5 мВ/°C) или в вольтах/градус Кельвина (например, -0,124 В/К). Значение этого коэффициента так же отрицательное и результат расчётов при этом выражается в вольтах.

Максимально возможное напряжение солнечной фотоэлектрической батареи

Солнечная фотоэлектрическая батарея представляет собой соединённые электрически фотоэлектрические модули (Рис. 1). Собирать солнечную батарею необходимо из одинаковых фотоэлектрических модулей, т.е. имеющих идентичные параметры.

Все нижеприведённые расчёты применимы только для солнечных батарей, собранных из одинаковых фотоэлектрических модулей!

Последовательно соединённые фотоэлектрические модули создают фотоэлектрическую цепь, с помощью которой создаётся необходимое напряжение фотоэлектрической батареи. Параллельное подключение фотоэлектрических цепей (только с одинаковым напряжением) создаёт необходимую мощность батареи. Таким образом, максимально возможное напряжение фотоэлектрической батареи ($U_{MAX.BAT}$) равно напряжению фотоэлектрической цепи:

$$U_{MAX.BAT} = N \cdot U_{MAX.PANEL}$$

где N – количество последовательно соединённых модулей фотоэлектрической цепи.

Соответственно, если батарея состоит из одного модуля или из параллельно соединённых модулей, то $U_{MAX.BAT} = U_{MAX.PANEL}$

Упрощённый расчёт максимально возможного напряжения солнечной фотоэлектрической батареи

В случае если Температурный коэффициент T_{VOC} по каким либо причинам неизвестен, или для упрощения расчётов, максимально возможное напряжение солнечной фотоэлектрической батареи можно рассчитать с коэффициентом 1,3 (т.е. 30%) следующим образом:

$$U_{MAX.BAT} = 1,3 \cdot V_{OC.BAT}$$

где $V_{OC.BAT} = N \cdot V_{OC}$ напряжение холостого хода (открытого контура) фотоэлектрической батареи.

Максимально длительное рабочее напряжение УЗИП при этом подбирается следующим образом:

$$U_c > U_{MAX.BAT}$$

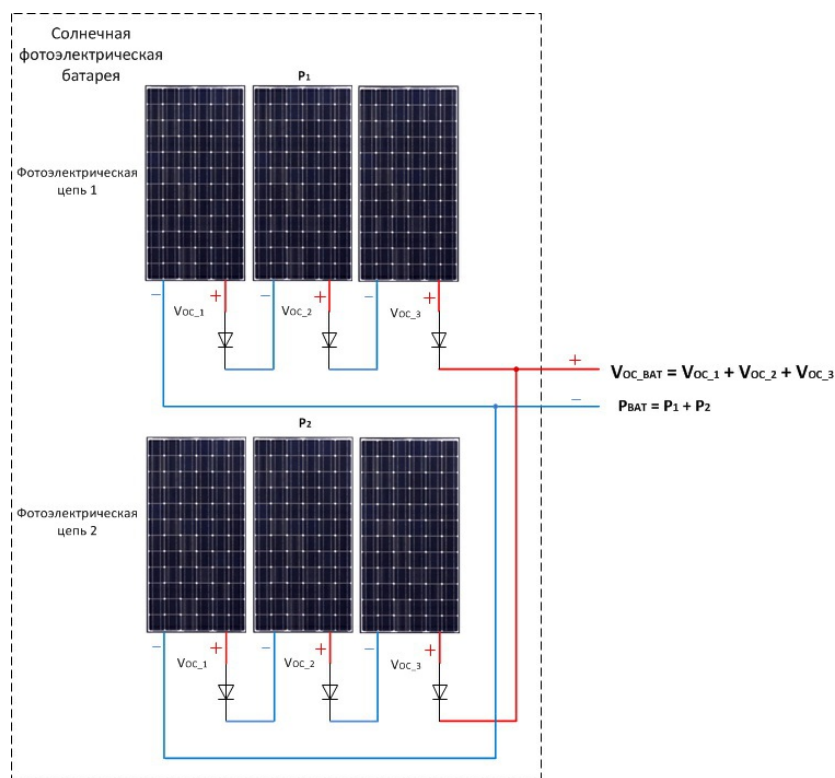


Рис. 1 Солнечная фотоэлектрическая батарея

На практике лучше подбирать УЗИП, у которого максимальное длительное рабочее напряжение превышает максимально возможное напряжение солнечной фотоэлектрической батареи, рассчитанное этим методом. Зимой, как правило, выпадает снег, причём белого цвета, и в солнечную погоду к собственно солнечному свету добавляется световой поток, отражённый от снежного покрова (особенно свежеснежного).

В зарубежных источниках для подобных расчётов может даваться коэффициент 1,2. Но тут нельзя забывать, что зарубежные зимы, например европейские, отличаются от российских, и особенно сибирских зим.

На напряжение фотоэлектрической батареи оказывают негативное влияние (понижение напряжения) такие факторы, как затенение и загрязнение поверхности панелей. Поэтому необходимо принять меры к устранению затенения в разное время суток и в разные времена года и располагать солнечные панели на высоте не менее 1,5 – 2 метров над поверхностью земли.

Для предотвращения загрязнения поверхности панелей их необходимо располагать под таким углом, что бы они омывались дождём, а пыль, грязь и снег не задерживались на поверхности. Кроме того, необходимо организовать конструкции, которые будут препятствовать птицам садиться на фотоэлектрические модули и оставлять на их поверхности продукты своей жизнедеятельности.

Все вышеперечисленные методики расчёта максимально возможного напряжения солнечных фотоэлектрических батарей важны и при подборе контроллеров заряда и инверторов, что бы не допускать превышения их максимального входного напряжения.

Таблица подбора типов УЗИП

Выбор типа УЗИП, исходя из максимального входного напряжения оборудования и напряжения холостого хода (открытого контура) солнечной фотоэлектрической батареи при упрощённом расчёте представлен в таблице 1.

№	V_{OC_BAT} , В	Увх. об., В	УЗИП класса испытаний I+II+III	УЗИП класса испытаний II
1	<461	≤ 600	ГСВ123-600/3Ф (С)	ГСВ2-600/3Ф (С)
2	<615	≤ 800	ГСВ123-800/3Ф (С)	ГСВ2-800/3Ф (С)
3	<769	≤ 1000	ГСВ123-1000/3Ф (С)	ГСВ2-1000/3Ф (С)

Таблица 1

Размещение УЗИП

Размещать УЗИП рекомендуется сразу при вводе силового кабеля.

Нежелательно располагать УЗИП непосредственно внутри защищаемого оборудования или непосредственно рядом с ним в одном объёме по следующим причинам:

- заносится потенциал импульсного перенапряжения (ИПН) внутрь защищаемого/экранируемого помещения/объёма, где располагается защищаемое оборудование, что приводит к циркуляции в этом помещении/объёме импульсных и разрядных токов, к электромагнитным воздействиям на оборудование и электрические проводки, размещаемые в этом помещении;
- заносится потенциал ИПН внутрь оболочек защищаемого оборудования, особенно это критично для чувствительного электронного оборудования;
- несмотря на то, что УЗИП силовых цепей фотоэлектрических систем специально разработаны для силовых цепей постоянного тока и имеют специальную конструкцию терморасцепителя, есть вероятность теплового повреждения и выхода из строя УЗИП при их перегрузке или деградации. И в этом случае возникает опасность механического и температурного воздействия на рядом расположенное оборудование или на внутренние элементы защищаемого оборудования.

В связи с этим УЗИП рекомендуется устанавливать в отдельный заземлённый металлический щиток - ЩЗИП®. В случае размещения ЩЗИП® во взрывоопасной зоне, щиток должен быть взрывозащищённого исполнения. Все эти рекомендации нашли отражение в ряде отраслевых нормативных документов - СТО Газпром 2-1.11-290-2009, РД -91.020.00-КТН-021-11 по нормам проектирование молниезащиты Транснефть, нормативные документы РЖД.

Схемы фотоэлектрических СЭС

Фотоэлектрические солнечные электростанции в зависимости от применяемой схемы бывают:

- **Автономные СЭС постоянного тока.** Как правило маломощные электростанции со сверхнизким напряжением фотоэлектрической батареи (до 150 В DC), где есть только цепи постоянного тока. К фотоэлектрической батарее подключается солнечный контроллер заряда, к которому в свою очередь подключается аккумуляторная батарея, которая заряжается в дневное время. К аккумуляторной батарее подключена нагрузка по постоянному току. Такая схема применяется, как правило, для удалённых небольших объектов (телекоммуникационное оборудование, охранные системы);

- **Автономные СЭС переменного тока.** Более мощные электростанции с низким напряжением фотоэлектрической батареи - до 600 В DC – (может быть и выше), которые могут служить для энергоснабжения достаточно больших объектов (например домохозяйства). Здесь выход цепи постоянного тока (контроллер заряда и аккумуляторная батарея) подключается к входу инвертора, который в свою очередь питает нагрузку по переменному току (230 В AC).

- **Сетевые фотоэлектрические СЭС.** Солнечная электростанция с высоким напряжением фотоэлектрической батареи (до 1000 В DC). Фотоэлектрическая батарея (цепь постоянного тока) подключена к входу солнечного сетевого инвертора, выход которого (цепь переменного тока) подключается к нагрузке и к внешней питающей электросети. Такие электростанции работают вместе с основной питающей сетью в качестве резерва для обеспечения надёжного электроснабжения объекта, а так же применяются для передачи излишков электроэнергии во внешнюю сеть по условиям «зелёного» тарифа. Возможно дополнительное оснащение таких электростанций аккумуляторными батареями (гибридные сетевые СЭС), которые заряжаются от инвертора напряжения с зарядным устройством, включённого в цепь переменного тока (внешняя сеть и выход сетевого солнечного инвертора).

Так как передача мощности в силовых цепях постоянного тока сопряжена с большими потерями, с ростом мощности солнечной электростанции необходимо повышать напряжение фотоэлектрической батареи, что бы уменьшить токи в силовых цепях постоянного тока и таким образом уменьшить потери.

По схемам защитного заземления силовая фотоэлектрическая цепь солнечных электростанций может быть как изолированная (система IT), так и с заземлённым проводом (TN-C).

Изолированная схема требует применения только кабелей с двойной изоляцией для исключения рисков попадания одного из полюсов на открытые проводящие части оборудования. Это небезопасно для человека и может привести к выходу из строя УЗИП, и при этом в цепи нет тока короткого замыкания и, как следствие, срабатывания аппаратов токовой защиты. Схемы с заземлённым проводом, особенно высоковольтные, в этом плане более безопасны.

Выбор той или иной схемы может быть обусловлен применяемым оборудованием – контроллеров заряда и инверторов. В некоторых устройствах производители предусматривают заземление одного из полюсов, в других прямо запрещают это, например для инверторов. Изолированная схема применяется, если фотоэлектрическая батарея включается параллельно основному источнику электропитания.

Коммутационные аппараты

Солнечные фотоэлектрические батареи могут работать в режиме короткого замыкания, и это их свойство характеризует ток короткого замыкания солнечной фотоэлектрической батареи ($I_{SC.BAT.}$). Тем не менее, необходимо принимать защитные меры для предотвращения тока короткого замыкания со стороны фотоэлектрической батареи. Токовую защиту при этом необходимо размещать сразу при вводе силового кабеля. Короткое замыкание в силовой фотоэлектрической цепи может вызвать электрическую дугу, которая будет поддерживаться источником, что очень опасно и чревато пожаром.

При применении УЗИП токовая защита, наряду с терморасцепителем самого УЗИП, необходима так же для защиты цепи от аварийных режимов работы УЗИП.

Для расчёта токовой защиты фотоэлектрической батареи необходимо рассчитать ток короткого замыкания $I_{SC.BAT.}$ и ток при максимальной потребляемой мощности $I_{ПOTP.MAX.BAT.}$. Номинал токовой защиты фотоэлектрической батареи составит:

$$I_{ПOTP.MAX.BAT.} < I_{TRIP.BAT} < I_{SC.BAT.}$$

Ток короткого замыкания фотоэлектрической батареи рассчитывается следующим образом:

$$I_{TRIP.BAT} = M \cdot I_{SC.MOD.}$$

где; M – количество параллельно соединённых фотоэлектрических цепей, $I_{SC.MOD.}$ - ток короткого замыкания одного фотоэлектрического модуля (паспортное значение) в фотоэлектрической цепи.

Ток при максимальной потребляемой мощности рассчитывается по формуле:

$$I_{ПOTP.MAX.BAT} = M \cdot I_{MPР.}$$

где, $I_{MPР.}$ – ток в точке максимальной мощности одного фотоэлектрического модуля (паспортное значение).

Для одного фотоэлектрического модуля разница между токами короткого замыкания и током при максимальной потребляемой мощности невелика (десятые доли ампера). Поэтому чем мощнее солнечная электростанция, тем проще подобрать токовую защиту.

При расчёте токовой защиты необходимо принять во внимание, что в некоторых технологиях фотоэлектрических модулей в течение первых недель или месяцев их работы токи будут выше номинальных.

Токовая защита необходима и для предотвращения тока короткого замыкания со стороны аккумуляторной батареи при неисправности контроллера заряда или при аварийном режиме работы УЗИП, а так же для предотвращения обратных токов фотоэлектрической батареи ($I_{BAT.REVERSE}$), которые могут превысить ток короткого замыкания $I_{SC.BAT.}$ в 2 и более раз.

Номинал токовой защиты аккумуляторной батареи определяется согласно указаниям производителей зарядного оборудования или определить по формуле:

$$I_{TRIP.AKK.} = 1,45 \div 2 \cdot I_{TRIP.BAT}$$

Включается токовая защита аккумуляторной батареи между самой батареей и контроллером заряда.

Все коммутационные аппараты, применяемые в силовых фотоэлектрических цепях солнечных электростанций для напряжений свыше 30 В DC, должны быть рассчитаны для применения в цепях постоянного тока. Для цепей высокого напряжения (от 500 В DC) необходимо подбирать устройства с соответствующим рабочим напряжением.

Наиболее надёжным и простым устройством токовой защиты является предохранитель (плавкая вставка). Необходимо подбирать предохранители для силовых цепей постоянного тока или предохранитель с максимальным типоразмером для выбранного номинала.

Однако если речь идёт о защитном устройстве в цепи, где установлены УЗИП, то необходимо учитывать, что через него будут проходить микросекундные импульсные токи большой амплитуды. Что бы предохранитель не перегорел даже при максимальном импульсном токе, на который рассчитан тот или иной УЗИП, номинал этого предохранителя должен быть:

- не менее 125 А при применении УЗИП класса испытаний II;
- не менее 200 А при применении УЗИП класса испытаний I+II+III.

Такие номиналы соответствуют солнечным фотоэлектрическим батареям мощностью 5 кВт и свыше 7.5 кВт соответственно.

При меньших номиналах есть риск перегорания предохранителей при воздействии импульсных перенапряжений и, соответственно отключении фотоэлектрической батареи. Если это недопустимо – например, при критически важных нагрузках или на удалённых объектах, где нет пользователей или обслуживающего персонала – рекомендуется в этих цепях применять автоматические выключатели.

Автоматические выключатели обладают определённой инерционностью и время отключения при превышении номинального тока выше, чем у предохранителей.

Для УЗИП класса испытаний II при напряжении до 500 В DC можно применить модульные автоматические выключатели для цепей постоянного тока.

Для УЗИП класса испытаний I+II+III и для цепей с напряжением свыше 500 В DC необходимо применять автоматические выключатели в литом корпусе.

В цепи УЗИП, если по условиям селективности нет возможности применить предохранители соответствующих номиналов, рекомендуется включать автоматические выключатели соответствующего условию селективности номинала или рубильники-разъединители. Это позволит отключать УЗИП от защищаемой линии для обслуживания и замены устройства, а автоматические выключатели позволят защитить силовую цепь от отключения при аварийном режиме работы УЗИП.

Схемы подключения УЗИП

Схемы подключения УЗИП класса испытаний I+II+III для автономной фотоэлектрической СЭС постоянного тока в случае размещения фотоэлектрических модулей на антенно-мачтовом сооружении приведены на рис. 2 для изолированной системы, и на рис. 3 для заземлённой системы.

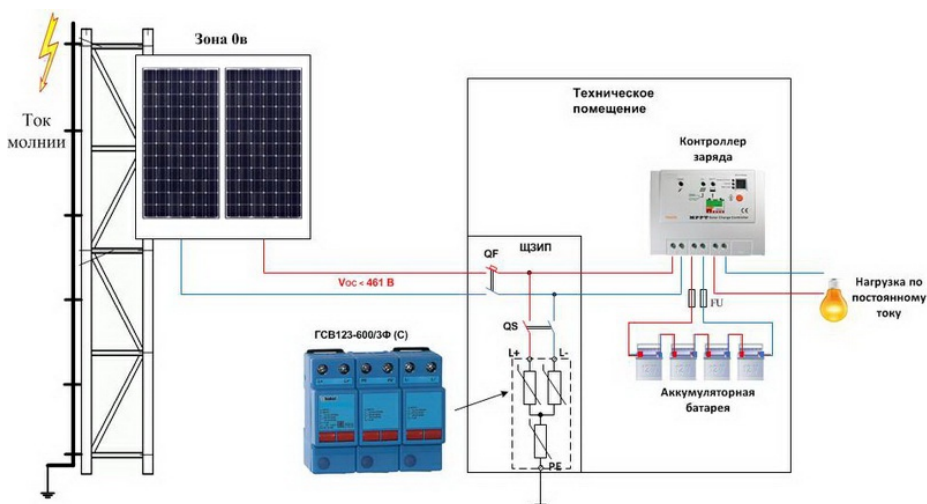


Рис. 2 Схема защиты оборудования автономной СЭС постоянного тока при расположении фотоэлектрических модулей в зоне растекания тока молнии 0в (изолированная система).

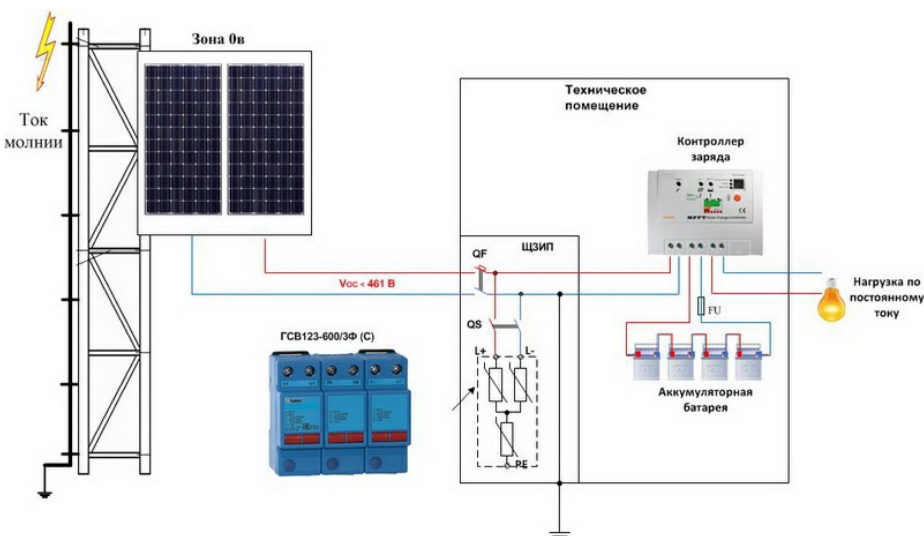


Рис. 3 Схема защиты оборудования автономной СЭС постоянного тока при расположении фотоэлектрических модулей в зоне растекания тока молнии 0в (заземлённая система).

Схемы подключения УЗИП класса I+II для автономной фотоэлектрической СЭС переменного тока в случае, когда фотоэлектрические модули находятся в зоне возможного прямого удара молнии, приведены на рис. 4 для изолированной системы и на рис. 5 для заземлённой системы.

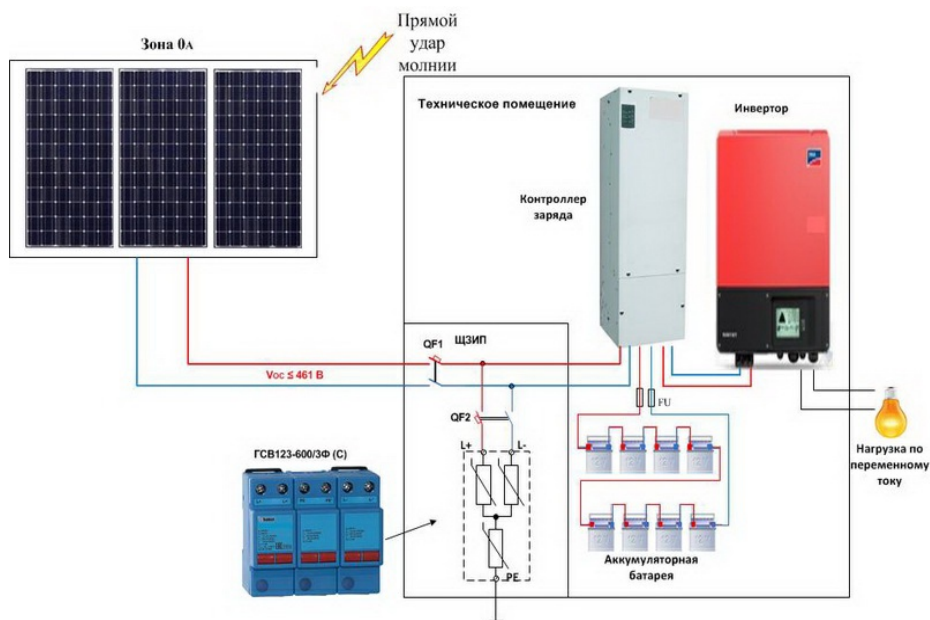


Рис. 4 Схема защиты оборудования автономной фотоэлектрической СЭС переменного тока при расположении фотоэлектрических модулей в зоне ПУМ (изолированная система).

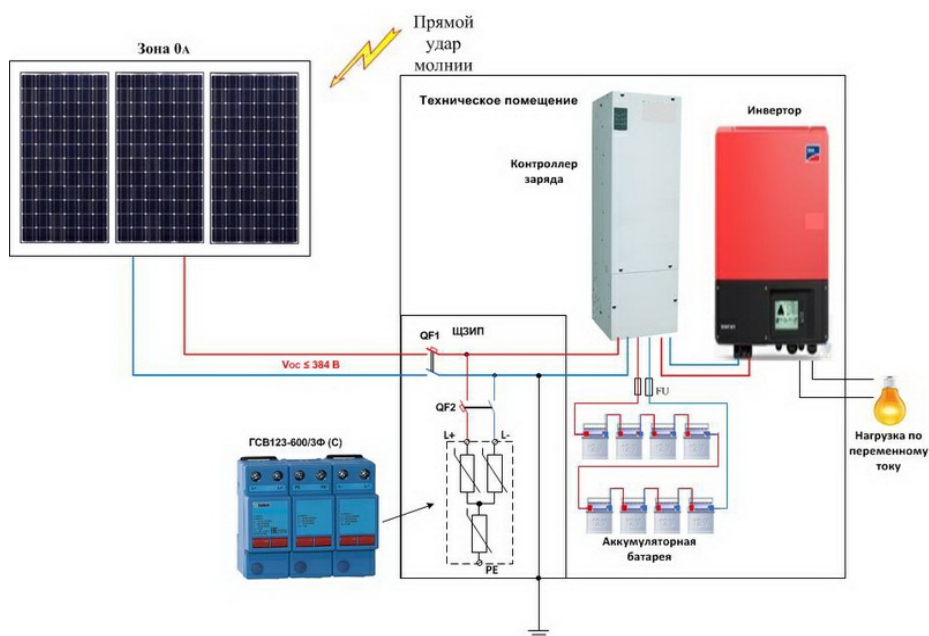


Рис. 5 Схема защиты оборудования автономной фотоэлектрической СЭС переменного тока при расположении фотоэлектрических модулей в зоне ПУМ (заземлённая система).

Схема подключения УЗИП класса испытаний I+II+III для сетевых фотоэлектрических СЭС, когда фотоэлектрические модули находятся в зоне возможного прямого удара молнии, приведена на рис. 6. При длине силового кабеля свыше 20 м. рекомендуется устанавливать УЗИП по обе стороны силовой линии.

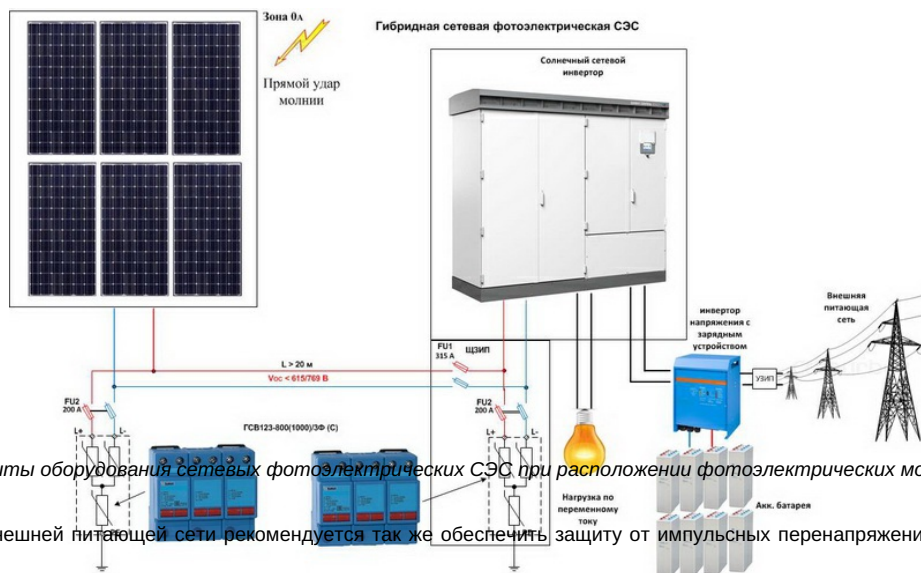


Рис. 6 Схема защиты оборудования сетевых фотоэлектрических СЭС при расположении фотоэлектрических модулей в зоне ПУМ

При подключении внешней питающей сети рекомендуется так же обеспечить защиту от импульсных перенапряжений со стороны внешней сети.

Схемы подключения УЗИП класса II для автономной фотоэлектрической СЭС постоянного тока в случае размещения фотоэлектрических модулей в зоне защиты молниеприёмника приведены на рис. 7 для изолированной системы, и на рис. 8 для заземлённой системы.

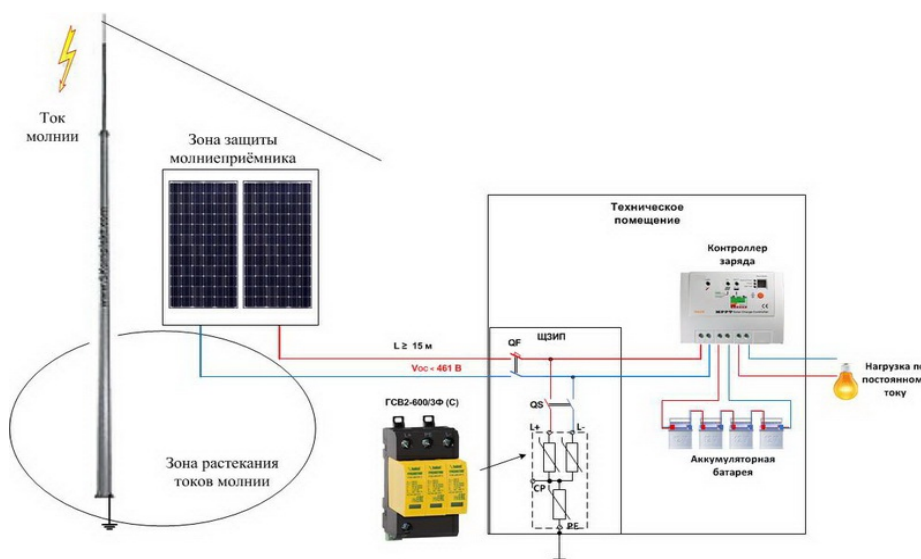


Рис. 7 Схема защиты оборудования автономной фотоэлектрической СЭС постоянного тока при расположении фотоэлектрических модулей в зоне защиты молниеприёмника (изолированная система).

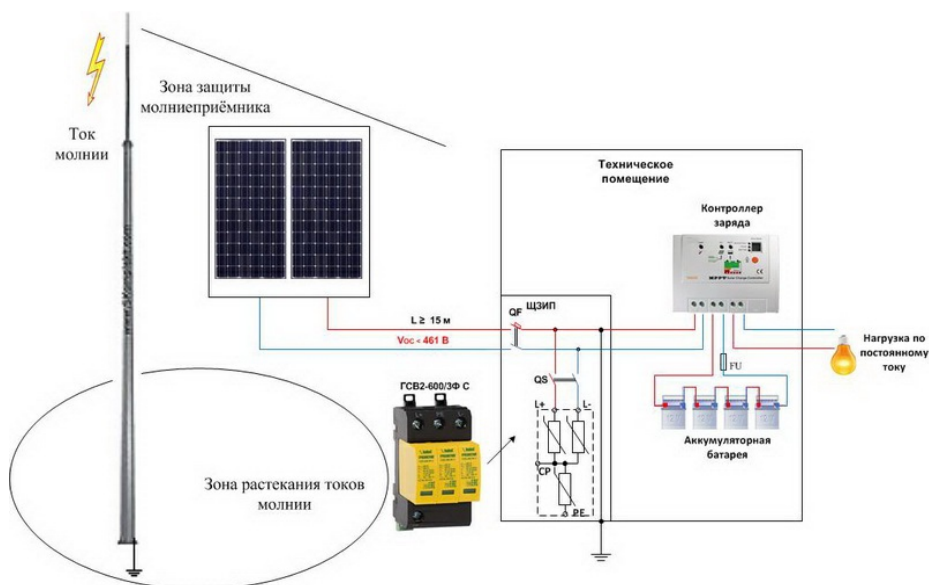


Рис. 8 Схема защиты оборудования автономной фотоэлектрической СЭС постоянного тока при расположении фотоэлектрических модулей в зоне защиты молниеприёмника (заземлённая система).

Схемы подключения УЗИП класса II для автономной фотоэлектрической СЭС переменного тока в случае, когда фотоэлектрические модули находятся в зоне защиты молниеприёмника, приведены на рис. 9 для изолированной системы и на рис. 10 для заземлённой системы.

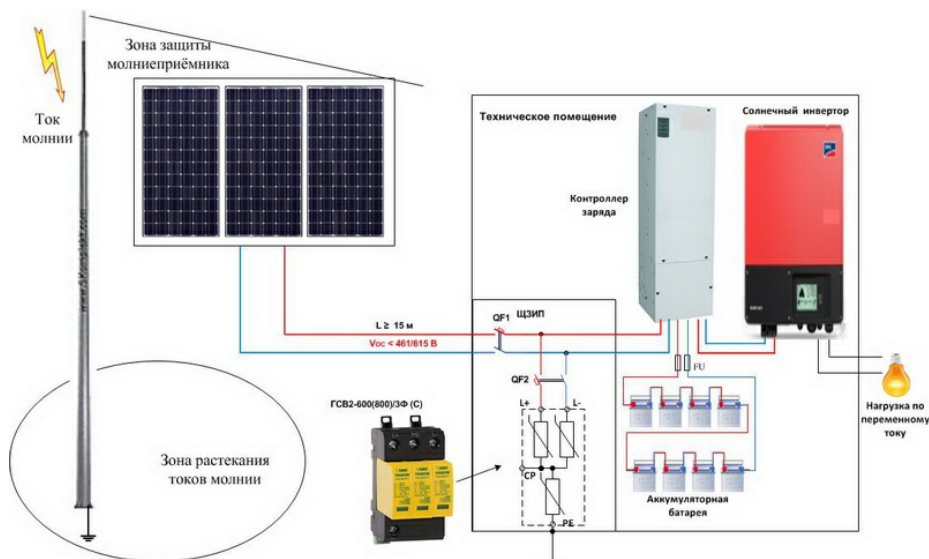


Рис. 9 Схема защиты оборудования автономной фотоэлектрической СЭС переменного тока при расположении фотоэлектрических модулей в зоне защиты молниеприёмника (изолированная система).

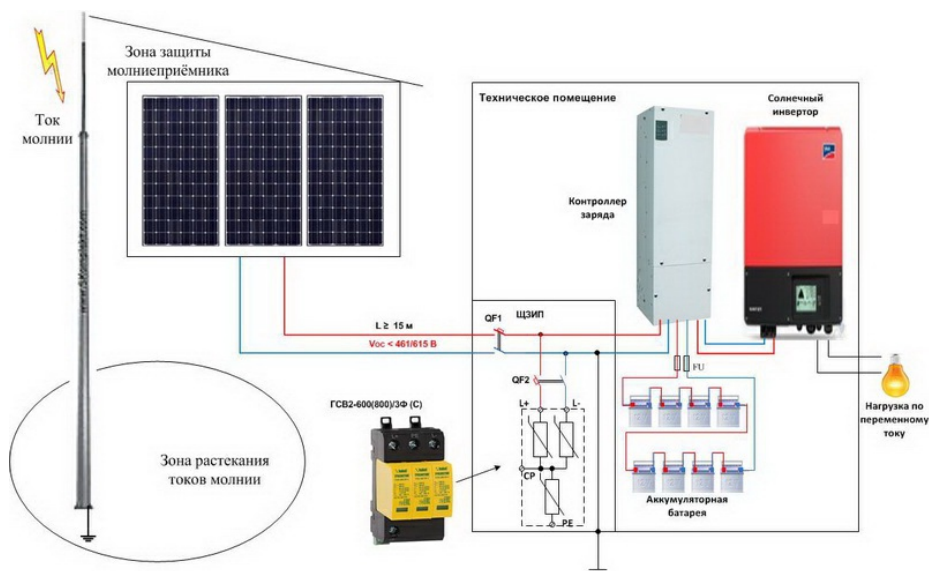


Рис. 10 Схема защиты оборудования солнечной электростанции средней мощности при расположении источника в зоне защиты молниеприёмника (заземлённая система).

Схема подключения УЗИП класса II для сетевых фотоэлектрических СЭС в случае, когда фотоэлектрические модули находятся в зоне защиты молниеприёмника, приведена на рис. 11. При длине силового кабеля свыше 20 м. рекомендуется устанавливать УЗИП по обе стороны силовой линии.

При подключении внешней питающей сети рекомендуется так же обеспечить защиту от импульсных перенапряжений со стороны внешней сети.

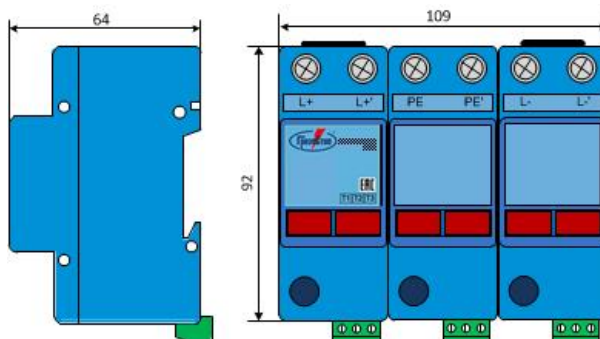
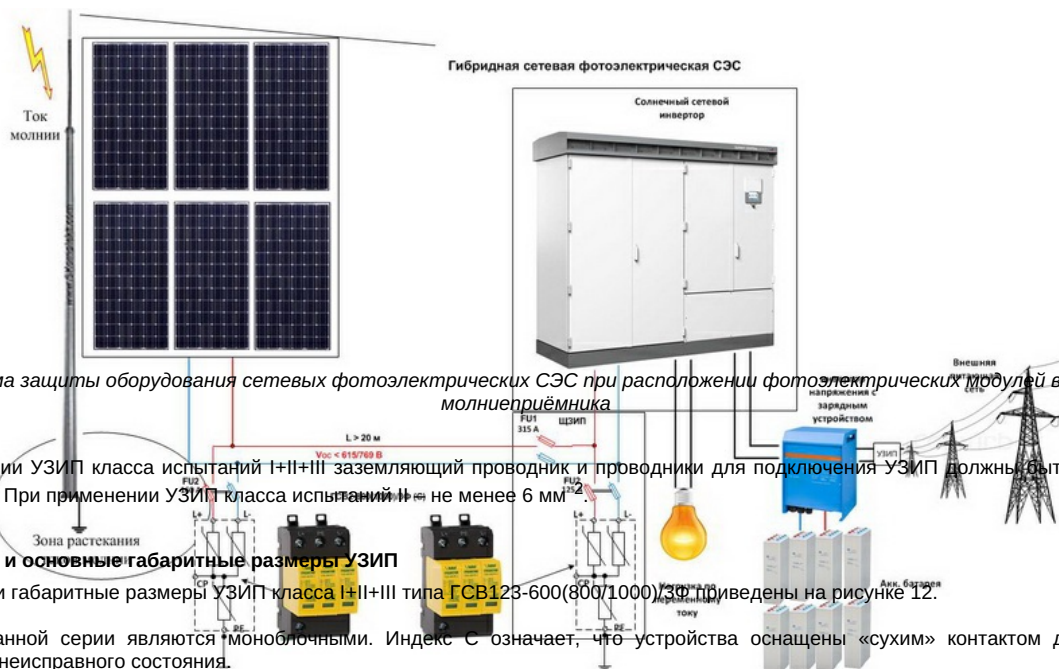


Рис.12 ГСВ123-600(800/1000)/3Ф С

Внешний вид и габаритные размеры УЗИП класса испытаний II серии ГСВ2 */Ф приведены на рисунке 14. Устройства данной серии являются модульными, то есть состоят из базы, устанавливаемой на на 35 мм DIN-рейку и сменного модуля. Индекс С означает, что устройства оснащены «сухим» контактом дистанционной сигнализации неисправного состояния.

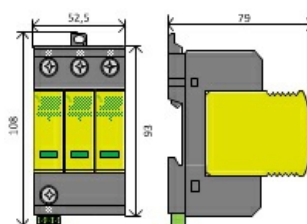


Рис. 13 ГСВ2-600(800/1000)/3Ф (С)

Менеджер проекта ЗАО "Хакель Рос" Солюев М.М.