

Устройства безопасного отключения УЗИП

Введение

Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) уже давно стали важной частью современных электроустановок. УЗИП разных классов обеспечивают безопасное функционирование самого различного электрооборудования при прямых ударах молнии в здания и сооружения или линии электропередачи, при ударах молнии в рядом расположенные объекты или электрические коммуникации, а также, при резких изменениях режима работы самой защищаемой электроустановки (например, включении или выключении мощных нагрузок). Однако, несмотря на массовость применения и накопленный опыт, по-прежнему остаются вопросы, связанные с УЗИП. Одним из наиболее важных из них является обеспечение безопасности защищаемой электроустановки в случае выхода УЗИП из строя. Практически, это сводится к выбору аппарата защиты, который должен быть установлен в цепи перед УЗИП и отключить его от электроустановки в случае повреждения последнего.

О том, какой это может быть аппарат, в чем достоинства и недостатки тех или иных устройств и какой же тип защитного аппарата все-таки выбрать в конечном итоге и пойдет речь в настоящей статье.

Необходимость применения аппаратов защиты в цепи УЗИП

Действующие нормативные документы дают на этот счет лишь самое общее представление. Так, например, в ГОСТ IEC 61643-12-2022 [1] вводится термин «Разъединитель УЗИП», под которым понимается устройство, предназначенное для отсоединения УЗИП от энергосистемы. Данное устройство не обязательно выполняет функции безопасности для УЗИП, но предотвращает устойчивые неисправности в системе и может использоваться для индикации повреждения УЗИП. Далее в том же документе говорится, что разъединитель может устанавливаться в цепь УЗИП (рис. 1а) или в главную цепь, т. е. по сути, на вводе в электроустановку или распределительный щит (рис. 1б).

Относительно последнего варианта сразу оговаривается, что он не может применяться в случаях электроустановок с требованиями к непрерывности функционирования, т. к. срабатывание такого разъединителя приводит к обесточиванию всей установки на время, пока не будет устранена неисправность. В силу низкой надежности этот вариант не находит практического применения и в дальнейшем рассматриваться не будет.

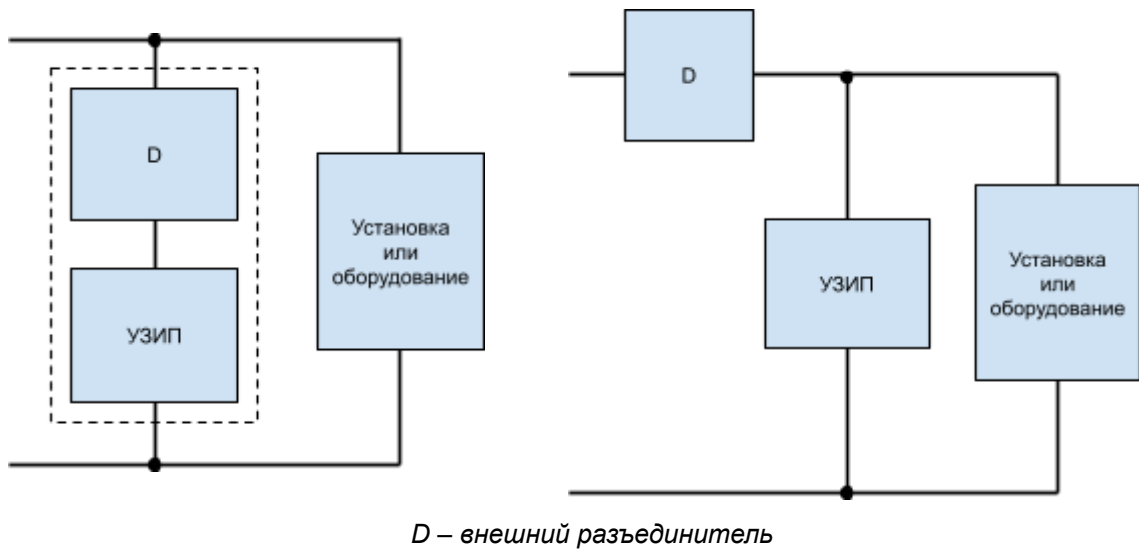
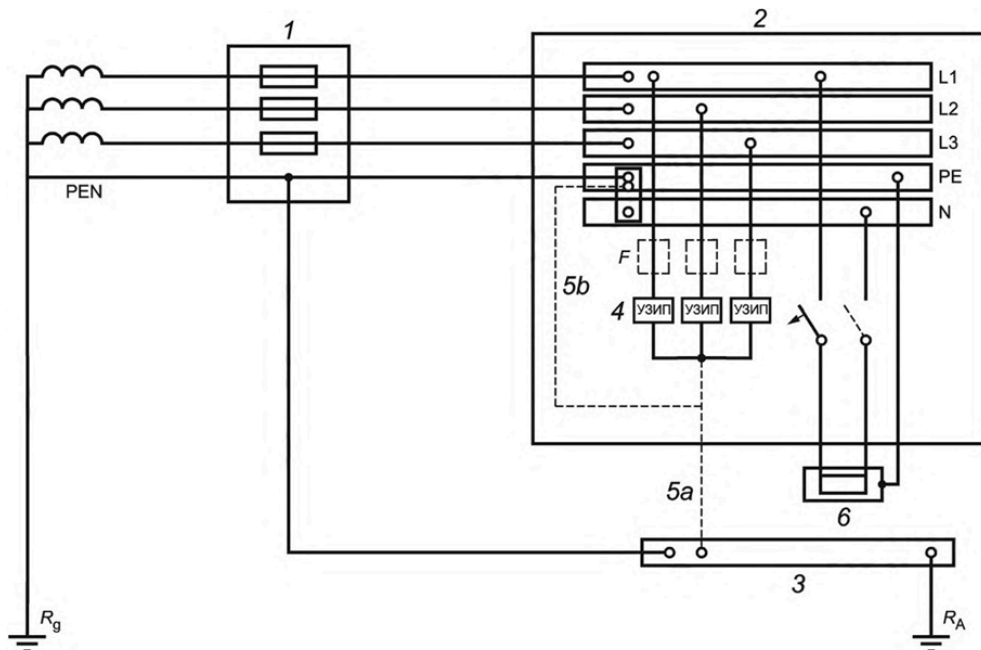


Рис. 1. Схемы установки разъединителей перед УЗИП:
 а. разъединитель в цепи УЗИП б. разъединитель в главной цепи

Далее в приложении J к вышеуказанному стандарту можно найти схемы установки устройств защиты от импульсных перенапряжений для различных систем. На рис. 2 приведена такая схема для системы TN. В ее состав среди прочего входят и устройства, обозначенные как F, и отмечается, что это защитные устройства, указанные изготовителем УЗИП (например, предохранители, автоматические выключатели, устройства дифференциального тока).



1 - ввод электроустановки; 2- распределительный щит; 3 - главный вывод или шина заземления (ГЗШ); 4 - устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП); 5a, 5b - места заземления УЗИП; 6 - защищаемое оборудование; F - защитное устройство, указанное изготовителем УЗИП (например, предохранитель, автоматический выключатель, устройство дифференциального тока); R_A - сопротивление заземления установки; R_g - сопротивление заземления системы электропитания.

Рис. 2. Установка устройств защиты от импульсных перенапряжений в системах TN

Итак, в соответствии с указанной формулировкой выбор защитных устройств в цепи УЗИП следует осуществлять в первую очередь согласно указаниям производителей. Среди возможных вариантов значатся автоматические выключатели, предохранители, устройства дифференциального тока, а наличие в формулировке слова “например” указывает на то, что этот список может быть дополнен, если производитель рекомендует какое-то иное устройство, отвечающее сформулированным выше требованиям к разъединителям УЗИП. Но, несомненно, инженер, проектирующий установку и выбирающий УЗИП и защитные средства, должен отчетливо понимать достоинства и недостатки тех или иных типов разъединителей, чтобы, опираясь на рекомендации производителей, сделать выбор максимально точным и аргументированным. Сразу оговоримся, что в современной практике устройства дифференциального тока для установки в цепи УЗИП почти не применяются, поэтому из дальнейшего рассмотрения они будут исключены. Остаются автоматические выключатели и предохранители как традиционные решения и принципиально новое изделие, разработанное непосредственно для применения в качестве аппарата защиты в цепи УЗИП – устройство безопасного отключения (УБО) от компании CITEL.

Автоматические выключатели в качестве разъединителей УЗИП

Автоматические выключатели находят массовое применение в современных установках в качестве устройств защиты электрических цепей от перегрузки и токов короткого замыкания. В числе их основных преимуществ простота использования и монтажа, компактность конструкции, модульное исполнение, возможность многократного использования, стабильность заданной уставки срабатывания. В этой связи некоторые производители рекомендуют использовать автоматические выключатели в качестве защитного устройства в цепи УЗИП, а с точки зрения инженеров-проектировщиков это также является дополнительным удобством, т. к. позволяет свести выбор защитных средств к минимуму. Но так ли подходят автоматические выключатели для данной конкретной цели?

Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к устройству типового модульного автоматического выключателя. В его состав помимо контактов, клемм, дугогасительной системы и теплового расцепителя входит и электромагнитный расцепитель, представляющий собой соленоид. Обмотка соленоида характеризуется определенной индуктивностью, на которой происходит падение напряжения, которым можно пренебречь при рассмотрении процессов на промышленной частоте, но которое может достигать существенной величины в импульсном режиме, когда крутизна нарастания импульсного тока может достигать десятков и даже сотен кА/мкс. Эквивалентная схема замещения для этого случая представлена на рис. 3.

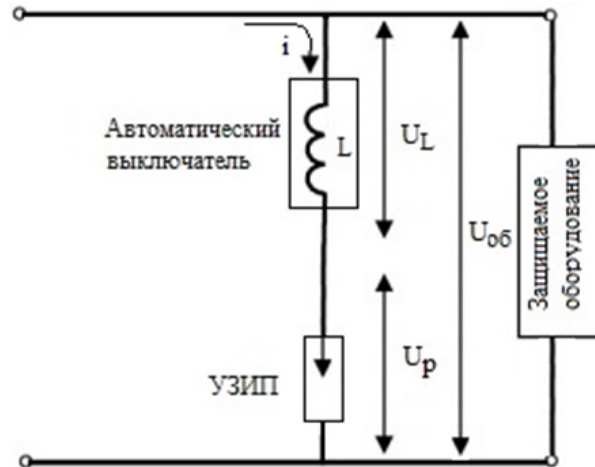


Рис. 3. Эквивалентная схема замещения УЗИП с установленным в его цепи автоматическим выключателем в момент протекания импульсного тока

Напряжение на защищаемом оборудовании будет складываться из напряжения УЗИП при его срабатывании (уровень напряжения защиты U_p), падения напряжения на катушке соленоида электромагнитного расцепителя и падения напряжения на длине соединительных проводников. При правильном монтаже в соответствии с требованиями стандартов [2], когда суммарная длина соединительных проводников не превышает 0,5 м, падение напряжения на них можно отдельно не учитывать, т. к. оно обычно уже включено в указываемый производителями в числе основных характеристик уровень напряжения защиты. Для современных УЗИП он обычно не превышает 2,5 кВ или даже 1,5 кВ и выбирается исходя из импульсной устойчивости защищаемого оборудования. А вот на катушке при столь высоких крутизнах нарастания тока напряжение может достигать величины, исчисляющейся несколькими киловольтами, что в итоге даже не просто ослабит защитный эффект УЗИП, но и полностью сведет его к нулю.

Таким образом, можно убедиться, что преимущества автоматических выключателей, характерные при их использовании в электрических цепях общего назначения, отсутствуют в случае их использования в качестве аппаратов защиты УЗИП, а наличие электромагнитного расцепителя и возникающее на его катушке падение напряжения в импульсном режиме создает дополнительную угрозу безопасности оборудования.

Предохранители в качестве разъединителей УЗИП

В отечественной практике последних десятилетий в отличие от зарубежной к предохранителям принято относиться как к устаревшему решению и практически повсеместно использовать вместо них автоматические выключатели. Основным недостатком предохранителей считается их одноразовая работа, после чего плавкую

вставку необходимо заменить, что требует привлечения квалифицированного электротехнического персонала с использованием при работе средств индивидуальной защиты. Автоматические выключатели же, как уже отмечалось выше, чрезвычайно просты и удобны в эксплуатации и могут использоваться многократно. Тем не менее, и у предохранителей есть свои достоинства, к числу которых можно отнести быстродействие, простоту конструкции, безотказность и высокую надежность работы. А как же ведет себя предохранитель при протекании импульсного тока, будучи включенным последовательно в цепь УЗИП?

Для этого рассмотрим конструкцию плавкого предохранителя. Основным элементом является плавкая вставка, расположенная внутри герметичного корпуса из электроизоляционного материала. Выводы плавкой вставки соединены с клеммами, посредством которых предохранитель включается в линию последовательно с защищаемым оборудованием. В отличие от катушки электромагнитного расцепителя автоматического выключателя плавкая вставка, представляющая собой одну или несколько тонких медных проволок или пластин, практически не имеет индуктивности, поэтому в момент протекания импульсного тока падения напряжения на ней не будет, а напряжение, прикладываемое к защищаемому оборудованию будет складываться из уровня напряжения защиты УЗИП и падения напряжения на соединительных проводниках (рис. 4).

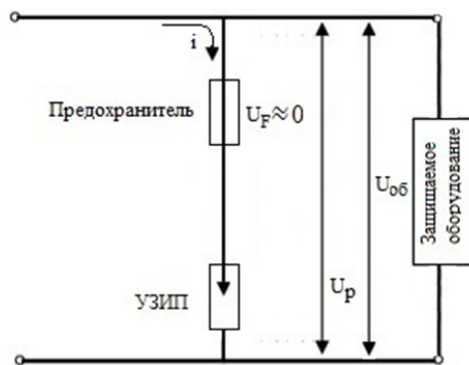


Рис. 4. Эквивалентная схема замещения УЗИП с установленным в его цепи предохранителем в момент протекания импульсного тока

Последним, как уже отмечалось, при условии правильного монтажа с соблюдением требований по максимальной длине соединительных проводников, можно пренебречь, поэтому практически на защищаемом оборудовании будет напряжение, равное уровню напряжения защиты УЗИП, т. е. защитный эффект в этом случае будет максимальным. Теперь остается правильно выбрать тип и номинал предохранителя, что как правило не составляет труда, т. к. все крупные производители УЗИП включают эти параметры в каталожные данные.

Итак, применение предохранителей в качестве средств защиты в цепи УЗИП позволяет сохранить защитный эффект последних на максимальном уровне, что в сочетании с высокой надежностью предохранителей делает это решение весьма привлекательным. Но значит ли это, что оно решает все вопросы в этой области и поиск и разработка иных средств не требуется? Ответ: однозначно нет! Ведь предохранители, как и автоматические выключатели, разрабатывались прежде всего под нужды электрических цепей, работающих в режиме перегрузки или короткого замыкания, т. е. при протекании токов промышленной частоты, но не импульсных токов, к которым относятся токи молнии (10/350 мкс) или разрядные токи (8/20 мкс). Таким образом, при наличии устройства, отвечающего требованиям к разъединителю УЗИП, имеющего хорошие показатели по надежности и не влияющего на защитные свойства УЗИП, но при этом адаптированного к работе в цепях с высокими импульсными токами, предпочтение следует отдавать именно ему. И такое решение есть — это Устройство Безопасного Отключения (УБО) разработки и производства компании CITEL.

Устройства безопасного отключения в качестве разъединителей УЗИП

Устройство безопасного отключения (УБО) является внешним разъединителем УЗИП и включается в его цепь аналогично автоматическому выключателю или предохранителю в соответствии со схемой на рис.1а.

Электрическая схема УБО выполнена на основе двух включенных в параллель элементов — катушки индуктивности, сердечник которой непосредственно связан с расцепителем, и газового разрядника. Структурная схема устройства, демонстрирующая принцип работы в различных режимах, приведена на рис. 5.

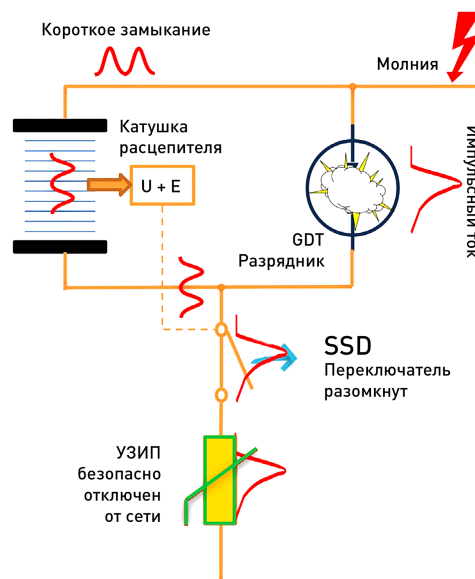


Рис. 5. Структурная схема устройства безопасного отключения

В случае удара молнии, например, в линию электропередачи или вблизи объекта импульсный ток вызовет значительное падения напряжения на катушке L (благодаря большой крутизне тока di/dt), под действием которого произойдет пробой газового разрядника GDT, и далее импульсный ток минуя расцепитель протечет через УЗИП и отведется в систему заземления. Т. е. в этом случае (рабочий режим УЗИП) УБО работает подобно предохранителю при воздействии импульсного тока (см. схему замещения на рис. 4), т. е. не создает никакого дополнительного напряжения, воздействующего на защищаемое оборудование, тем самым добиваясь максимального защитного эффекта.

В случае отказа УЗИП, например, в результате короткого замыкания, ток короткого замыкания промышленной частоты будет протекать через катушку УБО, сердечник которой приведет в действие расцепитель и поврежденное УЗИП будет безопасно отключено от электрической сети. Таким образом, в аварийном режиме УБО работает подобно автоматическому выключателю с электромагнитным расцепителем, обеспечивая быстрое и безопасное отключение.

Как можно убедиться, УБО сочетает в себе лучшие стороны предохранителей и автоматических выключателей, при этом будучи лишенным их недостатков и адаптированным к работе с высокими импульсными токами. Еще одним важным преимуществом УБО является возможность эффективной работы даже при малых токах короткого замыкания — всего от 3 А в отличие от предохранителей и автоматических выключателей, имеющих т. н. «слепые зоны», т. е. диапазон токов короткого замыкания (обычно от десяти до нескольких сотен Ампер), опасных для УЗИП, но не приводящих к срабатыванию плавкой вставки или электромагнитного расцепителя [3]. Максимальная отключающая способность УБО составляет 100 кА (при номинальном напряжении 230 В AC).

Таким образом УБО могут эффективно использоваться в самых различных электроустановках с очень широким диапазоном токов короткого замыкания.

Конструктивно УБО выполнены в виде компактных однополюсных модулей для монтажа на DIN-рейку (рис. 6) размерами всего 17,6×78,5×90 мм, что существенно экономит место в распределительных щитах по сравнению с весьма громоздкими предохранителями номиналом 125, 250 или 315 А gL/gG, которые часто фигурируют в спецификациях к УЗИП.



Рис. 6. Внешний вид устройства безопасного отключения

На данный момент линейка УБО включает в себя три варианта устройств, рассчитанных на совместное применение с УЗИП класса I+II (пропускная способность 12,5 кА (10/350 мкс) и 20 кА (8/20 мкс)) и УЗИП класса II с пропускной способностью 20 или 40 кА (8/20 мкс). По сравнению с автоматическими выключателями и предохранителями, требующими уточнение номинала при проектировании, в случае с УБО данная информация является исчерпывающей, что делает их чрезвычайно универсальными и максимально удобными с точки зрения выбора.

Выводы

1. Отечественные стандарты в области внутренней молниезащиты вслед за международными требуют применения аппаратов защиты (разъединителей) УЗИП, обеспечивающих отсутствие устойчивых неисправностей в системе при отказе последних, но не дают четкого алгоритма их выбора, предоставляя его инженеру-проектировщику на основе рекомендаций производителей УЗИП.

2. В современной практике в качестве разъединителей УЗИП в первую очередь используются автоматические выключатели и плавкие предохранители. Первые при простоте и удобстве в эксплуатации существенно снижают (вплоть до устранения) защитный эффект УЗИП, вторые отличаются высокой эффективностью и большей надежностью, но требуют квалифицированного обслуживания. Также в случае как автоматических выключателей, так и предохранителей возможен эффект так называемых «слепых зон», т. е. несрабатывания при токах короткого замыкания величиной в диапазоне от десяти до нескольких сотен Ампер.

3. Специально разработанное для совместной работы с УЗИП классов I+II или II устройство безопасного отключения (УБО) сочетает в себе отдельные основные преимущества автоматических выключателей и предохранителей, такие как высокая надежность работы, отсутствие дополнительного падения напряжения в цепи при работе УЗИП в импульсном режиме, простота в обслуживании и при этом лишено недостатков последних (отсутствуют «слепые зоны»), что делает возможным их применение в электрических цепях с самыми различными токами короткого замыкания (от единиц Ампер до 100 кА).

Литература

1. ГОСТ IEC 61643-12-2022. УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения.

2. ГОСТ IEC 61643-11-2013. УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ. Часть 11. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным системам распределения электроэнергии. Требования и методы испытаний.

3. CITEC. Брошюра «Специализированные сертифицированные устройства безопасного отключения УЗИП».