УДК 631.31:658.382.3

ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ЗДАНИЙ

П.И. Семичевский, Т.В. Еремина

Рассмотрены результаты многолетних работ АлтГТУ по созданию и массовому оснащению зданий и сооружений устройствами защитного отключения применительно к основным системам электроснабжения.

Ключевые слова: устройства защитного отключения, принципы построения систем электрозащиты, нормативная база, натурный эксперимент.

К устройствам защитного отключения (УЗО), реагирующим на дифференциальный ток, относятся быстродействующие высокочувствительные электрические аппараты, обеспечивающие автоматическое отключение электроустановки в случае нарушения изоляции, связанного с превышением тока утечки определенного значения. Ток утечки представляет собой протекающий в земле некомпенсированный (дифференциальный) ток, определяемый геометрической суммой фазных токов и тока в нулевом рабочем проводе электрической сети. Ток утечки на землю возникает как в результате неисправности изоляции токоведущих частей электроустановки, так в нормальном эксплуатационном – в случае прямого контакта с ними людей или животных.

Создание высокочувствительной электрической защиты, реагирующей на дифференциальный ток, относится к середине XX века при регистрации швейцарского патента Egger Hein, Fehlerstrom schutzschalter in der Schweiz.

В настоящее время многие страны мира производят УЗО, обеспечивающие высокий уровень электробезопасности и удовлетворяющие требованиям стандартов МЭК и национальным стандартам [1, 2]. Так, в странах Евросоюза, США, Японии и Китая ежегодный выпуск составляет более 20 млн. УЗО различных модификаций. Начало промышленного производства УЗО в России относится к 1960-м годам. С этого времени защитная аппаратура в ограниченном количестве выпускалась Выборгским завод «Электроинструмент». В 1969 году впервые были разработаны технические требования на устройства защитного отключения для сельского хозяйства и быта населения и выпущены промышленностью первой модификации УЗО для отрасли [3]. Однако внедрение нового вида электрической защиты шло крайне медленно, так как производимая аппаратура РУД-024, РУД-0543 (Чебоксарского электроаппаратного завода); ЗОУП-25, УЗО.10.2 и УЗОШ.10.2 (Гомельского завода электроаппаратуры); УЗО.25.4 (Производственного объединения «Бином») существенно уступала зарубежной: по принципу действия (энергозависимость работы от сети); использования магнитных пускателей, непредназначенных для коммутации коротких замыканий, или предохранителей; применения низкого качества элементной базы аппаратов защиты, что приводило к частым отказам электронной части или ложным срабатываниям. Несмотря на то, что промышленные образцы были выпущены для сельскохозяйственной отрасли, их конструкторское исполнение не соответствовало условиям производственной среды и эксплуатации. Кроме того, отсутствовала необходимая нормативная база, регламентирующая применение УЗО, специалисты и население с недоверием относились к новому виду электрической защиты.

Отмечая недостатки первых отечественных образцов УЗО, следует признать, что новая система обеспечения безопасности в принципе позволила существенно уменьшить опасность электротравматизма в развитых странах и достичь уровня электробезопасности до $(1…2)\cdot10^{-6}$. Мировой опыт апробации новой системы электробезопасности был обобщен в международных стандартах МЭК. В 1990-х годах в России были введены национальные стандарты МЭК, что положило начало создания новой нормативной и законодательной базы [4]. В частности, принятие в России стандарта предусматривало применение защитных нулевых проводников и создание новых систем электроснабжения [5], что позволило обосновать техническую основу применения в электроустановках УЗО.

Как показывает анализ, одной из основных причин электротравматизма в сетях с глухозаземленной нейтралью является наличие напряжения на открытых проводящих частях (ОПЧ) электрооборудования. Электропоражения от прикосновения к этим частям составляют значительную часть всех несчастных случаев с летальным исходом. Поэтому при проектирование и монтаже электроустановки согласно ПУЭ все ОПЧ электроприемников должны заземляться путем соединения с PEN-проводником в сетях TN-C (зануление) или с PE-проводником в сетях TN-S или TN-C-S. Это требование согласно [4, 6] в настоящее время является обязательным. Многолетний опыт использования PEN-PE-проводников показал их достоинства, заключающиеся, с одной стороны, в снижении напряжения на ОПЧ (а следовательно, и напряжении прикосновения) по сравнению с фазным напряжением, а с другой – в создании условий надежного срабатывания защиты от сверхтока при возникновении замыкания на ОПЧ. Однако, как показали исследования [7,8], в ряде случаев становится неочевидной польза присоединения электроустановки к сетям TN-C, TN-C-S или TN-S, так как при разрыве цепи PEN-PE-проводников на корпусах электроприемников возникает опасное напряжение, которое следует одновременно отключать с фазным напряжением. Наличие традиционного защитного отключения по току утечки в этом случае не снижает опасность электропоражения. Кроме того, существенно расширяется область возможного электропоражения по цепям PEN и PE-проводников даже на объектах, отключенных и выведенных в ремонт. Повышается также вероятность возгорания электропроводки из-за многократного превышения тока при замыкании на ОПЧ. Использование рассматриваемой системы приводит к удорожанию электропроводки за счет дополнительного PE-проводника, сечение которого должно быть равным сечению фазных проводников, и высокой трудоемкости проверки сопротивления заземления.

Новая система электробезопасности с применением защитных нулевых проводников реализуется только во вновь сооружаемых зданиях, которые с учетом возможных объемов строительства в настоящее время составляют не более трех процентов от общего фонда ранее построенных зданий. Абсолютное же большинство электропоражений происходит в зданиях и жилых домах, электрические сети которых не имеют защитных проводников и УЗО. Сюда следует отнести электроустановки, эксплуатируемые вне помещений, фермерские хозяйства и т.д., включая, передвижные электроагрегаты и ручной электроинструмент. Отсюда очевидно, что снижение уровня электротравматизма на селе невозможно без принятия мер по совершенствованию системы электробезопасности в ранее построенных зданиях и сооружениях. Совершенствование систем безопасности может идти по следующим направлениям:

1. Использование TN-C системы электроснабжения с уравниванием потенциалов с помощью PEN-проводников в комбинации с автоматическим отключением питания. В этой системе нулевой провод (PEN) одновременно выполняет функции рабочего и защитного проводников. Применение УЗО возможно только при включении симметричной трехфазной нагрузки. В противном случае, протекающий по нулевому проводу ток, при несимметричной однофазной нагрузке из-за наличия связи нулевого провода с землей в зоне защиты, может вызвать ложное срабатывание УЗО (рисунок 1).

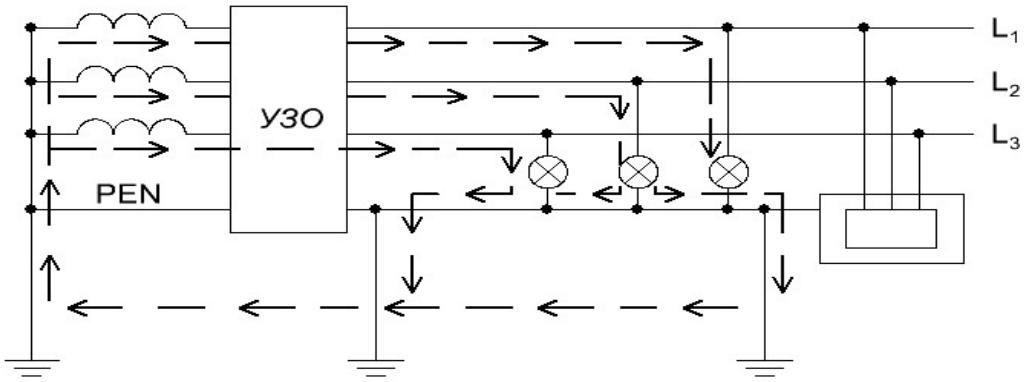

Рисунок 1- Схема включения УЗО в системе TN-C

Если же в зоне защиты отсутствует заземление нулевого провода и корпуса электрооборудования не занулены, то УЗО может быть использовано в такой системе электроснабжения (рисунок 2). При пробое изоляции на корпус УЗО не сработает, и опасный потенциал будет сохраняться до тех пор, пока не произойдет одновременного прикосновения человека к поврежденному электроприбору и заземленной конструкции (трубопровод, батарея отопления и т.д.). УЗО при этом отключит электросеть, реагируя на ток утечки через тело человека на землю. Такое исполнение электрической защиты следует рекомендовать при эксплуатации нестационарных электроустановок, в которых применение зануления и защитного заземления сопряжено с определенными трудностями, обусловленными контролем целостности зануляющих (заземляющих) проводников.

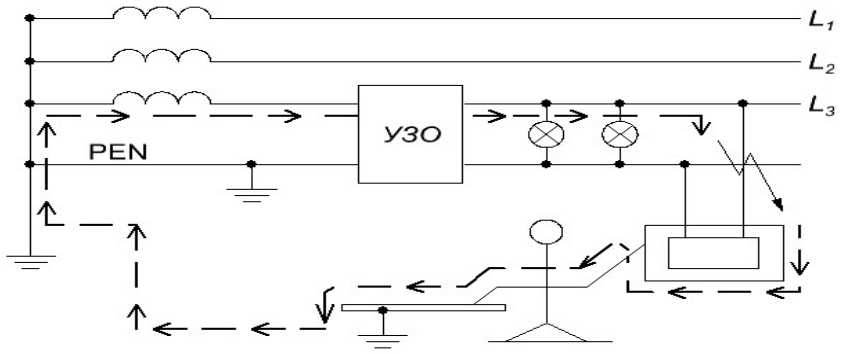

Рисунок 2- Схема включения УЗО в системе TN-C (при отсутствии зануления и заземления нулевого провода в зоне защиты)

2. Использование устройства защитного отключения в сочетании с занулением и повторным заземлением (уравниванием потенциалов) в ТТ системе электроснабжения (рисунок 3). В соответствии с [6] применении УЗО с уставкой тока срабатывания 30 мА является дополнительным мероприятием по обеспечению защиты от электропоражения при прямом прикосновении в случае недостаточности или отказе основной защиты. Отметим, что протекающий через тело человека ток до 30 мА не вызывает фибрилляцию сердца, которая является основной причиной электротравмы с летальным исходом. Однако величина тока уставки 30 мА значительно превышает неотпускающий ток, поэтому не исключаются случаи возникновения опасных (в т.ч. смертельных) электропоражений, вызванных асфиксией дыхательной системы и т.д. В этом случае следует рекомендовать использование высокочувствительной защиты с уставкой в 6 мА.

3. Использование УЗО в системе TN-S, TN-C-S электроснабжения с отдельными нулевыми и защитными проводниками. Такая система

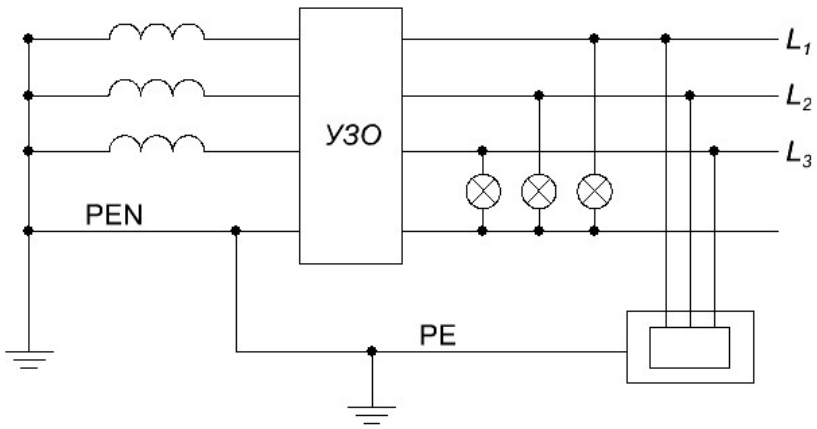

Рисунок 3 - Схема включения УЗО в системе ТТ

электробезопасности обеспечивает максимальную электрозащитную эффективность, позволяющую снизить опасность электропоражения в десятки раз. В большинстве случаев система электроснабжения объектов может быть построена либо по типу TN-C, либо по типу TN-C-S. Использование системы TN-S неоправданно из-за излишних дополнительных расходов, необходимость которых может быть обоснована наличием чувствительной защиты от замыкания на землю на питающей подстанции 6-10 /0,4 кВ или, как и для системы ТТ, использованием для питания потребителей зданий с металлическим корпусом или каркасом. (Отметим, что в сельской местности такие здания широко применяются в сфере торговли и коммунального обслуживания). На рисунке 4 приведена рекомендуемая для защиты нестационарных электроустановок система TN-C-S, как более экономичная и надежная.

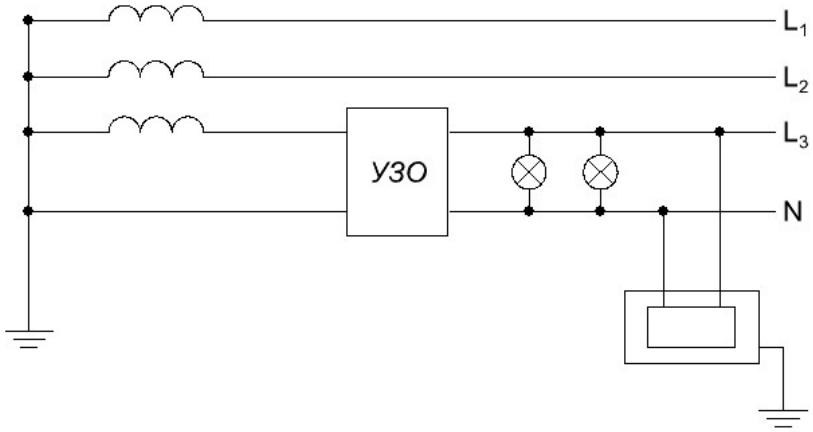

Рисунок 4 - Схема включения УЗО в системе TN-C-S

Сравнение рассмотренных трех основных вариантов исполнения системы электробезопасности применительно к сельским жилым домам, хозяйственным постройкам, общественным зданиям с двухпроводными сетями показывает, что наиболее эффективным является третье. Этот вывод подтверждается тем, что в жилых домах с электроплитами, где на кухне установлены розетки с заземляющим контактом, как правило, подключены практически все имеющиеся электроприборы с металлическим корпусом. Таким образом, в таких домах и в помещениях с повышенной опасностью поражения (кухня, ванная) при установке УЗО на вводе (вводно-распределительном устройстве) электрозащитная эффективность повышается, как это указывалось, в десятки раз.

По экспертным оценкам для оснащения всех существующих жилых домов и общественных зданий в городах и сельских районах России потребуется около 100 млн. УЗО. В России за четверть века установлено не более 1 млн. УЗО отечественного и зарубежного производства, что составляет порядка 1 % общей потребности. Правительство Москвы 1998 году приняло пятилетнюю программу, в соответствии с которой ежегодно в жилом секторе устанавливается до 500 тыс. шт. УЗО. В регионе Сибири (19 субъектов Федерации на территории 6850 млн. кв. км. С населением около 25 млн. человек) до недавнего времени отсутствовали предприятия по серийному производству УЗО.

Алтайским государственным техническим университетом в 1998 году разработана региональная целевая программа «Производство устройств электропожарозащиты и оснащение жилых и общественных зданий Сибири до 2010 года». Программа была сформирована исходя из принципов преемственности по отношению к федеральной целевой программе «Пожарная безопасность и социальная защита» (1995-2000 гг.), раздел 4.1.4 – «Освоение и сопровождение производства устройств защитного отключения (УЗО)», утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 1995 г. № 1275, и является ее логическим продолжением. Для реализации мероприятий Программы были привлечены производственные мощности сибирских предприятий ВПК и электротехнического профиля (ОАО «Барнаульский геофизический завод»; ОАО «Искра», Красноярск; ОАО «Дивногорский завод низковольтной аппаратуры», Красноярский край). По разработкам АлтГТУ на этих предприятиях было налажено про-

мышленное производство УЗО с диапазоном номинальных токов от 16 до 125 А [9].

Для обоснования необходимости создания нормативной базы, регламентирующей массовое использование УЗО, по инициативе АлтГТУ совместным решением Главного управления Государственной противопожарной службы МВД России и Главгосэнергонадзора России в 1998 г. был организован широкомасштабный эксперимент по проверке надежности и эффективности применения УЗО для снижения (предотвращения) электротравматизма и пожаров от электроустановок. Эксперимент проводился в течение двух лет в регионах Западной Сибири, Республики Чувашия, а также в Московской, Нижегородской и Волгоградской областях. В некоторых регионах, в частности, в Московской области и Алтайском крае массовое внедрение УЗО началось значительно раньше (1982-1995 гг.). Результаты эксперимента, подтвердившие высокую эффективность УЗО, ускорили создание необходимой нормативной базы (разделов в 7-м издании ПУЭ, Норм пожарной безопасности и т.д.) [10].

На состоявшемся в 2000 г. в г. Барнауле Первом Всероссийском научно-практическом совещании «Проблемы и перспективы массового применения устройств защитного отключения в России» был одобрен опыт АлтГТУ в области развития научной и нормативно-технической и применения защитного отключения в регионах Сибири [11].

Опыт многолетней эксплуатации электроустановок зданий в целом подтвердил обоснованность основных положений Правил устройства электроустановок, касающихся вопросов электробезопасности. Однако при этом выявлен ряд несоответствий и противоречий ПУЭ, которые, по нашему мнению, следует учесть при переиздании Правил устройства электроустановок [6].

1. В п.7.1.71 подраздела «Защитные меры безопасности» для защиты групповых линий, питающих штепсельные розетки рекомендуется применять УЗО, а в п. 7.1.79 указывается, что для этих же целей его следует применять. Здесь необходимо исключить двоякое толкование.

2. В этом же подразделе применение УЗО предусмотрено только для отдельных розеточных линий и розеток для ванных и душевых помещений, но не сказано об использовании УЗО в широко распространенной совмещенной проводке, когда штепсельные розетки питаются совместно со светильниками. Такое упущение необходимо устранить, тем более, что «Временные указания по применению устройств защитного отключения в электроустановках жилых зданий», изданные Госэнергонадзором России, допускают такой вариант использования УЗО.

3. В п. 7.1.88 не указывается на необходимость уравнивания потенциалов в парильнях бань (саунах), где для получения сухого пара используется электрическая энергия. Это требование содержится в п. 5.41 Справочного пособия к СНиП 2.08.02-89. Рекомендация (в этом же пункте) на использование УЗО в качестве дополнительной защиты для нагревательных элементов на ток до 30 мА представляется весьма сомнительной, т.к. фон естественных токов утечки может превышать установку тока УЗО, вызывая ложные срабатывания защиты.

4. В связи с имеющимися случаями некачественного монтажа в строящихся жилых домах необходимо ввести обязательную проверку тока утечки при сертификации электроустановок новых и реконструированных зданий.

Выводы

1. В связи с возросшим количеством электроприборов в городских квартирах и жилых домах (коттеджах) сельской местности необходимо использовать комбинированные УЗО (дифференциальные автоматы), имеющие встроенную защиту от сверхтоков, обеспечивающую ограничение потребляемой максимальной мощности до нормируемой (см. ВСН 59-88 «Электрооборудование жилых и общественных зданий»).

2. УЗО, работающее в «ждущем» режиме, позволяют осуществлять автоматический контроль значений тока утечки, тем самым проводить диагностику состояния изоляции внутренних электрических сетей. Поэтому применение УЗО, являющегося фактическим индикатором технического состояния сети, будет сопровождаться повышением культуры и качества как электромонтажных работ при строительстве и реконструкции различных объектов, так и при их обслуживании.

3. Рекомендовать ввести указанные выше дополнения и уточнения в главу 7.1. «Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий» подраздела «Защитные меры безопасности» при переиздании Правил устройства электроустановок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. TEC Standart 364-4-41/ Electrical installations of buildings. Part 4: Protection for safety. Chapter 41: Protectionagainst electric shock. 1992-10.

2. Amendment №1 (July 1982) to Publication 364-5-54

3. Никольский, О.К.. Системы обеспечения электробезопасности в сельском хозяйстве. Барнаул, Алт. кн. из-во, 1977.

4. ГОСТ Р50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92) Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.

5. Карякин, Р.Н. Нормы устройства безопасных электроустановок. М. 1999, 2-ое изд. 2000.

6. Правила устройства электроустановок, 7-е изд., М., 2003.

7. Слободкин, А.Х. О концепции электробезопасности в сетях 380/220 В. с заземленной нейтралью и некоторые пути ее реализации. Промышленная энергетика, 1998, №4.

8. Ослон, А.Б. Зануление как способ обеспечения электробезопасности. Промышленная энергетика, 1981, №5.

9. Логвинов А.И., Роднин А.П. Опыт создания серийного производства устройств защитного отключения в России. Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова, №3, 2000.

10. Пехотиков, В.А. Проблемы применения устройств защитного отключения в части обеспечения пожарной безопасности жилых и общественных зданий. Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова №3, 2000.

11. Проблемы и перспективы массового применения устройств защитного отключения в России. Электричество, № 6, 2001.

Семичевский П.И., *к.т.н., доц.,* ***Еремина Т.В.,*** *докторант кафедры «Электрификации производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. (3852) 36-71-29*