

Литература

1. Федорченко И.С., Максимов Е.И. Анализ существующего оборудования для тушения лесных пожаров грунтом // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сб. тр. Всерос. конф. – Красноярск, 2009. – Т. 1. – С. 192–194.
2. Пат. 2400274 РФ, МПКЗ А62С27/00. Фронтальный лесопожарный грунтомет / Максимов Е.И., Федорченко И.С. – № 2009114066; заявл. 13.04.2009.
3. Федорченко И.С., Максимов Е.И. Экспериментальное устройство для метания грунта // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. тр. Всерос. конф. – Красноярск, 2009. – Т. 2. – С. 234–239.
4. Общетехнический справочник / Е.А. Скороходов, В.П. Законников, А.Б. Пакнис [и др.]; под общ. ред. Е.А. Скороходова. – 4-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1990. – 496 с.



УДК 631.31:658.382.3

О.К. Никольский, Н.И. Черкасова, Т.В. Ерёмкина

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДО 1000 В

Рассмотрены варианты использования устройств защитного отключения в различных системах электроснабжения. Обоснованы основные пути развития систем электробезопасности, содержащие в своем составе активные и пассивные меры электрической защиты.

Ключевые слова: устройство системы электроснабжения защитного отключения, нулевые рабочие и защитные проводники.

О.К. Nikolskiy, N.I. Cherkasova, T.V. Yeremina

THE IMPROVEMENT OF PROTECTING CUTOUT IN POWER SUPPLY SYSTEMS UP TO 1000 V

The variants of the use of power supply system protecting cutout are considered. The basic ways of electrical safety system development, containing the active and passive electrical protection measures are substantiated.

Key words: device of power supply protecting cutout system, zero working and protective conductors.

Известно, что электрический ток в силу специфического моментального биологического воздействия на наиболее важные органы жизнедеятельности человека, а также по причине его массового использования представляет большую опасность как для людей, так и для среды обитания (пожары в электроустановках составляют 30–40 % от общего их числа).

Ограничиваясь рассмотрением электроустановок до 1000 В промышленной частоты, приведем принцип (основное правило) электробезопасности: токоведущие части электроустановки (ТЧЭ) не должны быть доступны для прикосновения к ним, а доступные прикосновению открытые проводящие части (ОПЧ), сторонние проводящие части (СПЧ), защитные и заземляющие РЕ- и PEN-проводники не должны быть опасными при прикосновении к ним как при нормальном режиме работы, так и при повреждении изоляции токоведущих частей. Этот принцип может быть реализован путем построения трех уровней защиты: основной, защитой при повреждении изоляции и дополнительной.

Основная защита обеспечивается применением мер против прямого контакта между человеком и опасными токоведущими частями. Сюда следует отнести основную изоляцию токоведущих частей, защитные оболочки, барьеры и физическое отделение (размещение токоведущих частей за пределами досягаемости).

Защита при повреждении изоляции между ТЧЭ и доступными прикосновению ОПЧ электрооборудования должна быть обеспечена путем автоматического отключения или с помощью других мер защиты. Этот вид защиты может включать одно или несколько известных защитных мер:

- автоматическое отключение, включающее использование устройств защиты от сверхтоков и защиты, реагирующей на дифференциальный ток;
- защитное заземление;
- зануление;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- защитное электрическое разделение сетей;
- двойная изоляция;
- контроль, профилактика изоляции;
- сверхнизкое (малое) напряжение.

Дополнительная защита осуществляется путем использования устройств защитного отключения, реагирующих на дифференциальный ток утечки, предотвращающих возникновение «неотпускающего» тока или вентрикулярной фибрилляции в результате протекания тока через тело человека при непреднамеренном прямом прикосновении к опасным токоведущим частям. Кроме того, дополнительная защита должна предотвращать смертельные электропоражения и в том случае, когда защитный проводник оборван или повреждена двойная изоляция.

Известно, что 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 землю нескомпенсированный (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 и в случае прямого контакта с ними людей или животных.

Создание высокочувствительной электрической защиты, реагирующей на дифференциальный ток, относится к середине XX века (Швейцарский патент Egger Hein, Fehlerstrom schutzschalter in der Schweiz [1]).

В настоящее время многие страны мира производят УЗО, обеспечивающие высокий уровень электробезопасности и удовлетворяющие требованиям стандартов МЭК и национальным стандартам [2, 3]. В странах Евросоюза, США, Японии и Китая ежегодный выпуск составляет более 20 млн УЗО различных модификаций. Их массовое использование позволило существенно уменьшить опасность электротравматизма в развитых странах и достичь высокого уровня электробезопасности до $(1...2) \times 10^{-6}$ [4].

В России национальные стандарты, гармонизированные со стандартами МЭК, были введены в 1990-х годах, что положило начало создания новой нормативной и законодательной базы [5], предусматривающей, в частности, создание новых типов систем электроснабжения. При этом разделение рабочих и защитных нулевых проводников в системах с занулением позволило обосновать нормативно-техническую основу применения в электроустановках УЗО.

Однако, как показали исследования [6], в системах с занулением [7] TN-C-S или TN-S [5], наряду с возможностью выноса потенциала, может возникнуть ряд других проблем.

1. Возрастает вероятность электропоражения из-за наличия в жилых и общественных зданиях оборудования с ОПЧ, имеющими соединение с землей, при прикосновении к токоведущим частям электроустановки, а также при использовании электроприборов с поврежденной изоляцией в случае одновременного прикосновения к незаземленным ОПЧ этих приборов и к заземленным ОПЧ других приборов.

2. Возрастает опасность возникновения пожаров из-за повреждения изоляции в электроприборах с заземленными проводящими частями. Величина тока, протекающего на землю, может быть недостаточна для срабатывания защиты от сверхтоков, но достаточна для возникновения пожара.

3. При обрыве РЕ-проводника и прикосновении к ОПЧ электроустановки ток, протекающий через человека на землю, будет определяться качеством изоляции уже не одного, а группы электроприборов и может иметь опасное для жизни значение. При использовании РЕ-проводников для защиты группы электроприемников величина токов утечки при повреждении будет достигать значений, превышающих отпускающий ток.

4. Возрастает опасность возникновения опасных напряжений на ОПЧ при обрыве совмещенного нулевого рабочего и защитного PEN-проводника питающей сети. Опасность обрыва усугубляется тем, что он не проявляется в процессе эксплуатации электроустановки, поэтому риск электропоражения человека может сохраняться долго.

5. Использование систем TN-S-C и TN-S приводит к удорожанию электропроводки за счет дополнительного РЕ-проводника, сечение которого должно быть равным сечению фазных проводников.

Изложенное подтверждает неочевидность безопасности в случае присоединения электроустановки к сетям TN-C-S и TN-S, регламентируемого [5]. Поэтому для повышения уровня безопасности необходимо повсеместно применять устройства защитного отключения.

Развитие систем безопасности может идти по следующим направлениям:

1. *Использование TN-C системы электроснабжения с уравниванием потенциалов 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 (рис. 1).

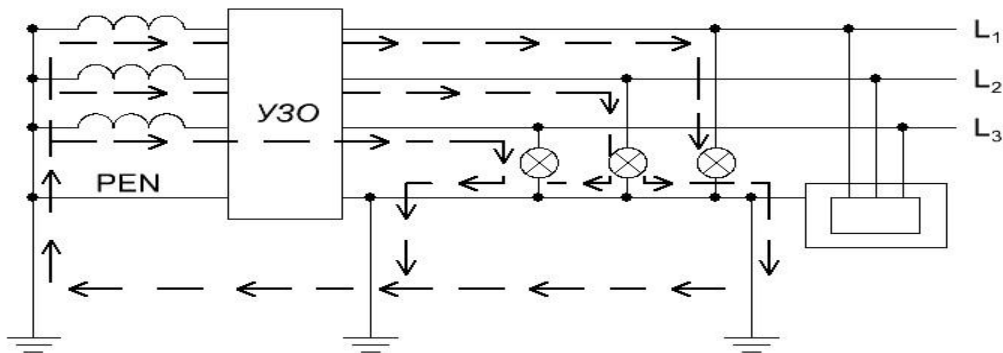


Рис. 1. Схема включения УЗО в системе TN-C

Если же в зоне защиты отсутствует заземление нулевого провода и корпуса электрооборудования не занулены, то УЗО может быть использовано в системе электроснабжения TN-C (рис. 2). В случае пробоя 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.

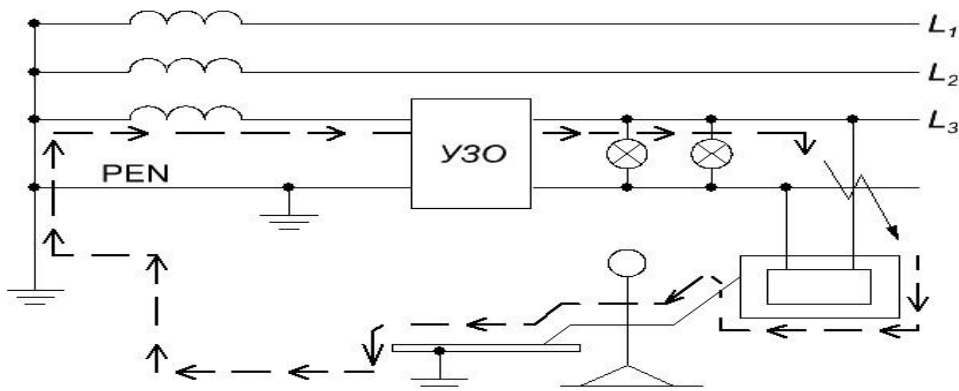


Рис. 2. Схема включения УЗО в системе TN-C (при отсутствии зануления и заземления нулевого провода в зоне защиты)

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.

2. *Использование устройств защитного отключения в ТТ-системе электроснабжения* (рис. 3). В соответствии с [5], применение УЗО с уставкой тока срабатывания 30 мА является дополнительным мероприятием по обеспечению защиты от электропоражения при прямом прикосновении в случае недостаточности или отказа 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.

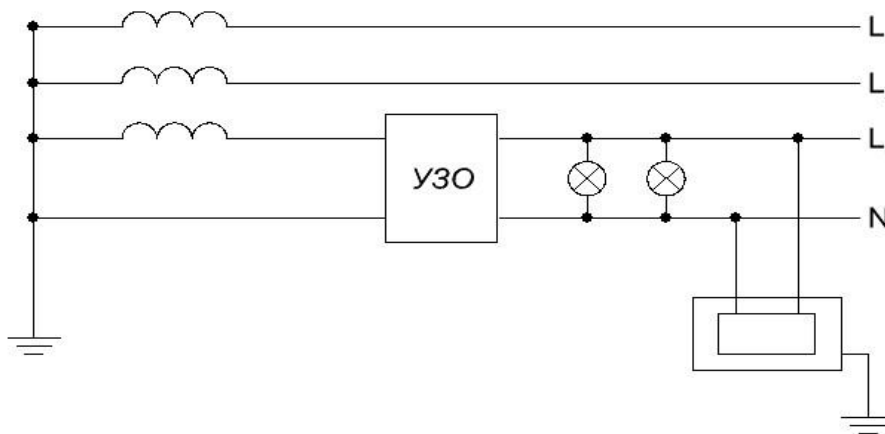


Рис. 3. Схема включения УЗО в системе ТТ

3. *Использование УЗО в системах TN-S, TN-C-S электроснабжения с отдельными нулевыми рабочими и защитными проводниками.*

Такие системы электробезопасности обеспечивают максимальную электробезопасную эффективность, позволяющую снизить опасность электропоражения в десятки раз.

Использование системы TN-S неоправданно из-за излишних дополнительных расходов, которые можно обосновать необходимостью наличия 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. На рисунке 4 приведена рекомендуемая система TN-C-S как более экономичная и надежная.

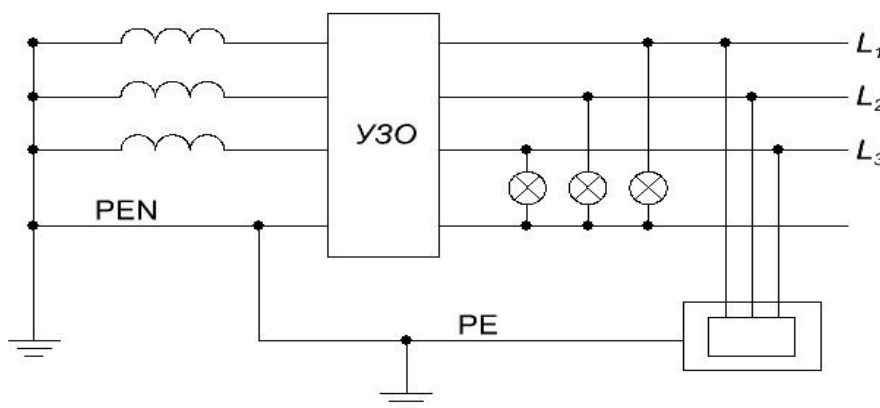


Рис. 4. Схема включения УЗО в системе TN-C-S

По нашим расчетам, для оснащения всех существующих жилых домов и общественных зданий в городах и сельских поселений России потребуется 30 млн УЗО.

Литература

1. *Biegelmeier G.* Kann der Fehlerstromschutzschalter die Technik des Berührungsspannungsschutzes revolutionieren? // *Electrotechnik und Maschinendan.* – 1954. – № 4.
2. *TEC Standart 364-4-41 / Electrical installations of buildings. Part 4: Protection for safety. Chapter 41: Protection against electric shocks.* 1992 – 10.
3. *Amendment № 1 (July 1982) to Publication 364-5-54.*
4. *Никольский О.К.* Системы обеспечения электробезопасности в сельском хозяйстве. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1997. – 192 с.
5. *Карякин Р.Н.* Нормы устройства безопасных электроустановок. – М.: Энергосервис, 2000. – 453 с.
6. *Слободкин А.Х.* О концепции электробезопасности в сетях 380/220 В с заземленной нейтралью и некоторые пути ее реализации // *Промышленная энергетика.* – 1998. – № 4.
7. *Правила устройства, эксплуатации и безопасность электроустановок // Нормативно-технический сб.* – Барнаул, 2004. – 840 с.

