

ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ В СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

А.М. Худонов, О.К. Никольский, А.А. Сошников

В статье рассмотрены особенности обеспечения электробезопасности различных систем низковольтного электроснабжения и предложены варианты использования таких систем, в сочетании с устройствами защитного отключения.

Ключевые слова: электрическая защита, системы электроснабжения, защитное отключение.

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 $(1...2) \times 10^{-6}$.

В России национальные стандарты, гармонизированные со стандартами МЭК, были введены в 1990-х годах, что положило начало созданию 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 достаточно 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 отпускаяющий 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 сколь угодно 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.

Исполнение 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 (рисунок 1).

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

ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ В СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

целостности зануляющих (заземляющих) проводников.

2. *Использование устройств защитного отключения в ТТ системе электроснабжения* (рисунок 3). В соответствии с [5] применению 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.

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

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

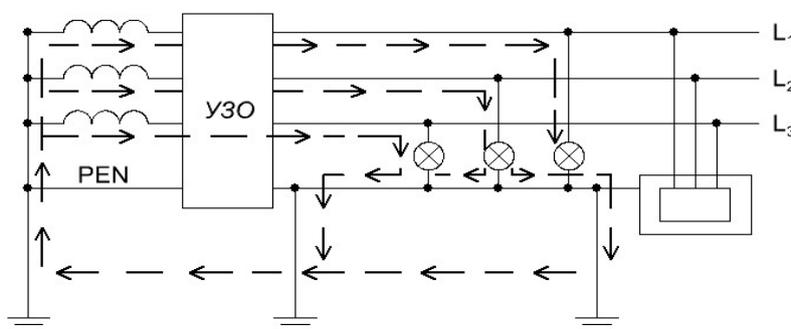


Рисунок 1 - Схема включения УЗО в системе TN-C

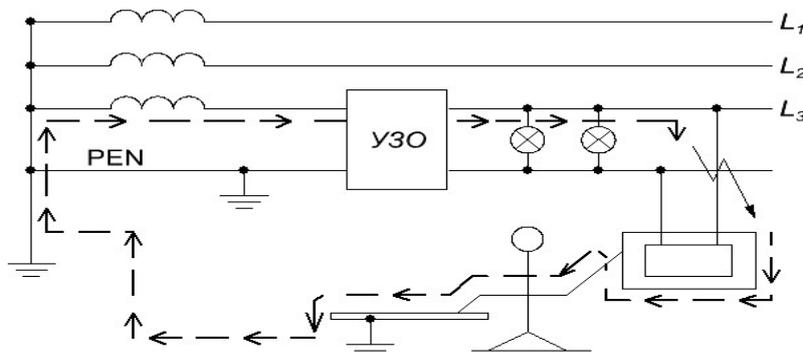


Рисунок 2 - Схема включения УЗО в системе TN-C (при отсутствии зануления и заземления нулевого провода в зоне защиты)

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.

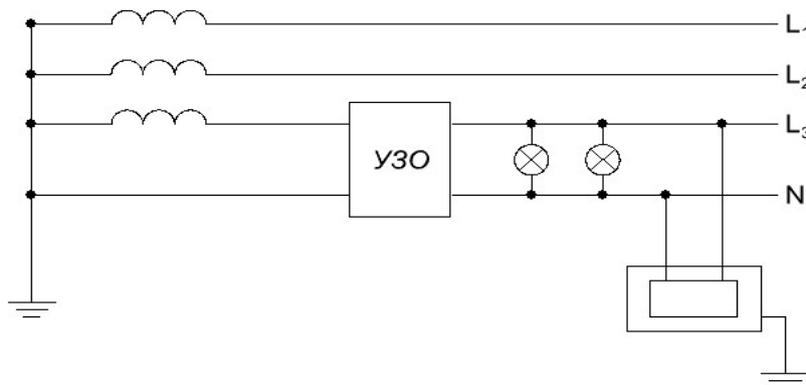


Рисунок 3 - Схема включения УЗО в системе ТТ

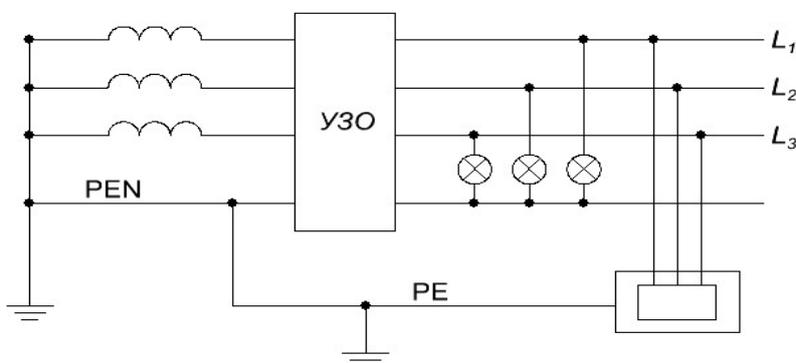


Рисунок 4 - Схема включения УЗО в системе TN-C-S

По нашим расчетам, для оснащения всех существующих жилых домов и общественных зданий в городах и сельских районах России потребуется 30 млн. шт. УЗО, в Алтайском крае - 0,5 млн. шт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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/ О.К. Никольский/ -Барнаул: Алт.кн.изд-во, 1997.-192 с.
5. Карякин, Р.Н. Нормы устройства безопасных электроустановок / Р.Н. Карякин//

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/А.Х. Слободкин// Промышленная энергетика. 1998. № 4.

7. Правила устройства, эксплуатации и безопасности электроустановок//Нормативно-технический сборник.- Барнаул, 2004.-840 с.

Худонов А.М., проф., д.т.н., кафедра «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, E-mail: hudonogov@irgups.ru, тел.: 8(3952) 8-914-88-14-685;

Никольский О.К., д.т.н., проф., зав. каф., «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852) 36-71-29, E-mail: elnis@inbox.ru;

Сошников А.А., д.т.н., проф. кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(3852) 36-71-29, E-mail: elnis@inbox.ru