

УДК 621.316.1.014

СИСТЕМА ТТ: ЗАГРАНИЧНАЯ ЭКЗОТИКА ИЛИ РЕАЛЬНАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ?

КЛИМЕНКО Б.В.

Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"

Рассматривается проблема необходимости применения системы заземления ТТ, фактически запрещенной ныне действующими ПУЭ. Показано, что при определенных условиях, в частности, в электроустановках, питаемых от воздушных линий, система ТТ в сочетании с УЗО является более безопасной, чем система TN-C-S, разрешенная ПУЭ.

Международная классификация питающих электрических сетей определяет следующие типы систем заземления: TN-S, TN-C-S, TN-C, ТТ и IT. Эти аббревиатуры были введены стандартом Международной электротехнической комиссии (IEC 364-3-94) и вскоре легализовались на безбрежных просторах стран СНГ при посредстве соответствующего российского стандарта [1]. Четыре из перечисленных выше систем (TN-S, TN-C-S, TN-C и IT) не противоречили существовавшей на тот момент практике устройства электрических сетей, поэтому переход с длинных названий на короткие аббревиатуры вызвал вполне уместное чувство глубокого удовлетворения, а вот с сетью ТТ все оказалось значительно сложнее. Специалисты не могли не заметить, что система ТТ в большинстве стран СНГ оказалась "вне закона". Например, В.Д. Козлов в [2] пишет следующее: "Согласно действующим ПУЭ, в электроустановках с заземленной нейтралью обязательно устройство зануления и не допускается заземление корпусов электроприемников без их зануления. Следовательно, система ТТ, как противоречащая требованиям ПУЭ, не может быть применена для отечественных электроустановок". А.Н. Кравченко в [3] также отмечает, что сеть ТТ в Украине не применяется. Наконец, в недавно введенной в действие в Украине новой редакции раздела ПУЭ, посвященного электрооборудованию специальных установок [4], даются определения систем TN-S, TN-C-S, TN-C и IT, а система ТТ даже не упоминается. Более того, в этой редакции ПУЭ записано: "**Электроснабжение электроприемников жилых и общественных зданий должно выполняться от электрической сети с глухозаземленной нейтралью 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S**" – по сути дела запрет других систем в зданиях указанного назначения. С системой TN-C нет проблем: никто не подвергает сомнению тот факт, что эта система давно устарела и не обеспечивает требуемого уровня электробезопасности. Ее присутствие в классификации обусловлено лишь констатацией факта ее существования. Система IT как применялась, так и применяется в помещениях с повышенной опасностью (шахты, метрополитен и др.). А вот в отношении системы ТТ возникает вполне закономерный вопрос: зачем умные головы из МЭК придумали эту ненужную систему и действительно ли она нам не нужна?

Вне всяких сомнений, качественно выполненная система TN-S или даже TN-C-S, особенно, в сочетании с УЗО имеют очень высокий уровень электробезопасности, почти стопроцентный. Но качественно выполнить систему TN-S или TN-C-S можно только в случае, если электроснабжение осуществляется при помощи подземного кабеля, в котором вероятность обрыва нейтральной жилы очень мала. Поэтому жители городских многоэтажек могут чувствовать себя спокойно в смысле электробезопасности, если, конечно, электропроводка выполнена правильно. К сожалению, огромное количество зданий и сооружений, в том числе жилых и общественных, запитывается от воздушных линий, в которых вероятность обрыва нейтрали на несколько порядков выше, чем при питании от кабеля. Что это за здания? Почти 100% частных жилых домов в сельской

местности и на окраинах городов, дачные дома, коттеджи. А в центрах городов? Киоски, палатки, кафе, мастерские, гаражи и пр. Таким образом, в СНГ вряд ли найдется хотя бы один человек, которого не коснулась бы эта проблема. Давайте посмотрим, что может произойти, если в этих зданиях строго следовать указаниям действующих ПУЭ.

Трехфазные воздушные линии в настоящее время – сплошь четырехпроводные, поэтому при питании от них речь может идти только о системе TN-C-S (для системы TN-S нужен пятый провод, проведенный к потребителю от подстанции). На рис.1 показана схема питания, выполненная по системе TN-C-S. Как видно, если произойдет обрыв нейтрали на ответвлении, то даже при полностью исправной изоляции электрооборудования на металлическом корпусе электроустановки, соединенном с PE проводником, окажется потенциал фазы. К сожалению, обрыв нейтрали на воздушной линии – не такая уж фантастическая ситуация. Кто смотрит телевизор, знает, что шквальные ветра, ливневые дожди, вызванные перемещениями атмосферных масс, оледенение

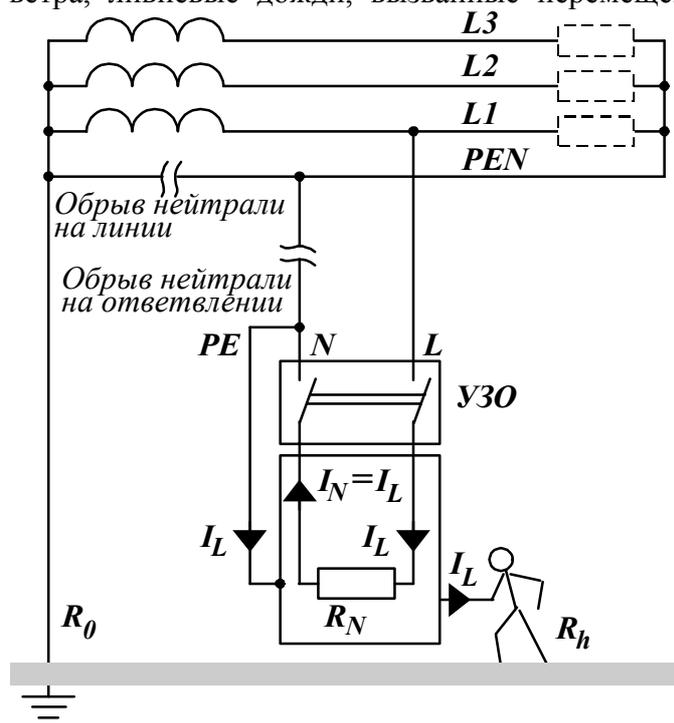


Рис. 1. Опасность обрыва PEN проводника в системе TN-C-S

проводов, да и "не стихийные" кражи дефицитных алюминиевых проводов – это реалии нашей жизни. УЗО в подобной ситуации бессилён – ток утечки (при прикосновении к корпусу электроустановки, на рис.1 - I_L) кроме тела человека будет течь через оба полюса УЗО, но в противоположных направлениях, а в сумме через полюса УЗО – ноль. Поскольку сопротивление тела человека R_h намного больше сопротивления заземления R_0 и сопротивления нагрузки R_N , то напряжение прикосновения будет практически равно фазному, а ток через тело человека будет достигать нескольких сот миллиампер, что смертельно опасно.

В этой ситуации помогли бы энергозависимые УЗО, однако, как следует из ПУЭ, "в жилых домах не допускается использование УЗО, автоматически отключающих потребителя от сети в случае исчезновения или недопустимого понижения напряжения сети" (п.2.8.10). Таким образом, прикосновение к корпусу выполненной по правилам ПУЭ электроустановки в случае обрыва нейтрали на ответвлении приведет к достаточно сильному удару током и exitus letalis в данной ситуации никто не может исключить.

Не слишком ли я сгустил краски? Думаю, что нет. Описанная выше аварийная ситуация – не мое открытие. Она хорошо известна специалистам [5]. Но если раньше, когда не было введенных МЭК'ом аббревиатур, в реальной практике не было и трехпроводных однофазных сетей, поэтому в жилых помещениях никто корпуса не занулял (хотя ПУЭ и требовали выполнять зануление, но кто у нас соблюдает законы?). Это-то нас и спасало. Если же кого-то и "дергало" током при прикосновении к корпусу электроустановки, то в результате пробоя изоляции, а это, как говорится, уже совсем другая история.

Сейчас же ситуация кардинальным образом изменилась. Трехпроводные однофазные сети постепенно входят в нашу жизнь. А как же иначе – требование новых ПУЭ (п. 2.5.5). Да и зарубежный опыт становится доступнее – все большее число граждан Украины выезжает за границу. Например, очень небольшой по объему рекламный бук-

лет, выдаваемый посетителям консульства Словакии в Киеве, наряду с описанием истории, культуры и природы этой соседней с нами страны содержит также сведения о том, какие розетки там применяются (трехпроводные со штырем). Наш внутренний рынок уже насыщен бытовыми приборами с трехпроводными вилками, включение которых в трехпроводную розетку (тоже не диковинка для наших продвинутых обывателей) автоматически приводит к занулению корпуса, если, конечно, розетка подключена по правилам. Все – ситуация подготовлена. А дальше шквал, град или преднамеренное "обрезание" нейтрали злобным конкурентом сделают свое дело.

К сожалению, защита от обрыва нейтрали *на ответвлении от линии* в новой украинской редакции ПУЭ не предусмотрена, хотя в п.2.3.8 предлагается способ защиты от обрыва нейтрали *на линии*, в соответствии с которым "при питании однофазных потребителей от многофазной сети ответвлениями от воздушных линий, когда PEN проводник воздушной линии является общим для групп однофазных потребителей, питающихся от разных фаз, рекомендуется предусматривать защитное отключение потребителей при превышении допустимого уровня напряжения, возникающего из-за асимметрии нагрузки после обрыва ". Этот способ защиты, безусловно, хорош с точки

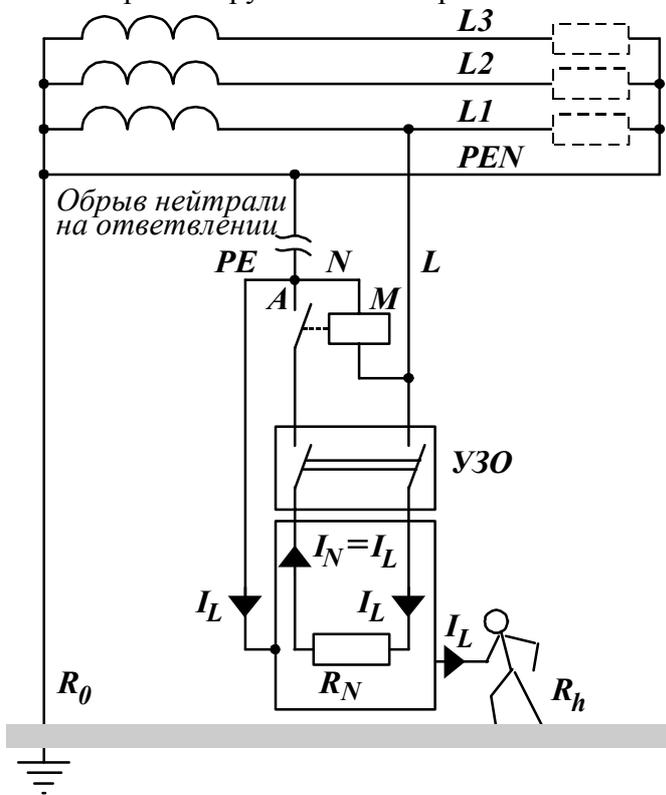


Рис.2. Возможная схема защиты от обрыва нейтрали

зрения защиты электрооборудования и персонала от недопустимого повышения напряжения и появления на зануленных корпусах потенциала смещенной нейтрали, но он не решает проблему защиты человека при обрыве PEN проводника на ответвлении.

Что же можно порекомендовать гражданам, которые хотят следовать требованиям ПУЭ, но и собственной безопасностью не пренебрегают? Если немного пофантазировать, то тему защиты по п.2.3.8 можно развить в ином направлении. Как уже отмечалось, ПУЭ запрещают применение в жилых зданиях энергозависимых УЗО, однако, к счастью, в ПУЭ отсутствует пункт, запрещающий использование автоматических выключателей с расцепителями минимального напряжения. Отечественная промышленность такие аппараты пока еще не освоила, а зарубежные фирмы уже выпускают (не буду их перечислять, так как список полу-

чается слишком большим, а кого-то пропустишь, другие обидятся). На рис.2 показана схема с таким устройством. При обрыве нейтрали сработает минимальный расцепитель *М* и автоматический выключатель *А* отсоединит фазу от корпуса электроустановки. Если в момент обрыва нейтрали кто-то держался за корпус электроустановки, то его, конечно, током ударит, но, скорее всего, не убьет, даже если подобное будет происходить неоднократно (опыты на себе д-ра Бигтмайера тому подтверждением – он выдержал около 500 ударов током и доказал так эффективность УЗО!).

Приведенная выше схема, возможно, решает проблему. Я говорю "возможно", поскольку быстрдействие системы "минимальный расцепитель – автоматический выключатель" в проспектах фирм-производителей не указывается, а последствия удара электрическим током обусловлены как силой тока, так и временем его действия. По-

этому я этим решением не сильно горжусь и, чтобы рекомендовать ее к широкому применению, на себе проводить испытания описанной схемы не собираюсь, поскольку есть и другое, хорошо известное в цивилизованных странах решение проблемы электробезопасности при обрыве нейтрали на ответвлении от воздушной линии – это запрещенная в Украине система ТТ в сочетании с УЗО. На рис.3 приведена схема электропитания по системе ТТ с УЗО. УЗО производит отключение электроустановки и при прикосновении к токоведущим частям и при ухудшении состояния изоляции даже при оборванном PEN проводе. Обрыв нейтрали на линии и на ответвлении не создаст опасности поражения электрическим током при прикосновении к корпусу.

Необходимо отметить, что в системе ТТ не допускается разделение PEN провода на N и PE и зануление корпуса электроустановки. При выполнении подобного недопустимого соединения, показанного на рис.3, в случае обрыва нейтрали на ответвлении на корпусе появится потенциал не менее половины фазного, а УЗО на этот аварийный режим не среагирует, как и в системе TN-C-S. В то же время пробой изоляции PEN проводника внутри электроустановки приведет к срабатыванию УЗО.

Разумеется, система ТТ не является идеальной. Например, при обрыве нейтрали на линии, на PEN шине (а не на корпусе!) при включенных коммутационных аппаратах появляется потенциал смещенной нейтрали. Однако, эта аварийная ситуация вряд ли будет представлять серьезную опасность, поскольку, во-первых, прикосновение к PEN проводнику существенно менее вероятно, чем прикосновение к корпусу электроустановки и, во-вторых, если в сети используется защита, предусмотренная п.2.3.8 новой редакции ПУЭ, данная аварийная ситуация будет достаточно быстро ликвидирована. Другой очень опасной аварийной ситуацией является замыкание фазного провода, расположенного вне зоны действия УЗО, на металлический корпус электроустановки (например, падение оборвавшегося фазного провода на корпус металлического киоска). В этом случае на корпусе появится потенциал не менее половины фазного. Но одновременно с этим повысится напряжение точки нейтрали вторичной обмотки трансформатора на подстанции. И здесь в действие должна прийти релейная защита, обеспечивающая отключение линий, подключенных к данному трансформатору. К сожалению, в этом случае будут отключены все параллельные линии, а не только поврежденная, но аварийная ситуация будет ликвидирована. Если применять систему TN-S, то при подобной аварийной ситуации в соответствующей линии возникнет короткое замыкание и аппарат защиты на подстанции произведет ее отключение, не отключая другие параллельные линии. Но, во-первых, воздушная пятипроводная линия в реальной жизни не встречается (по крайней мере мне ее видеть не довелось), а, во-вторых, кто даст гарантию отсутствия обрывов PE проводника в воздушной линии, что приведет в рассматриваемой ситуации к появлению на корпусе потенциала фазы, а не половины фазного, как в системе ТТ.

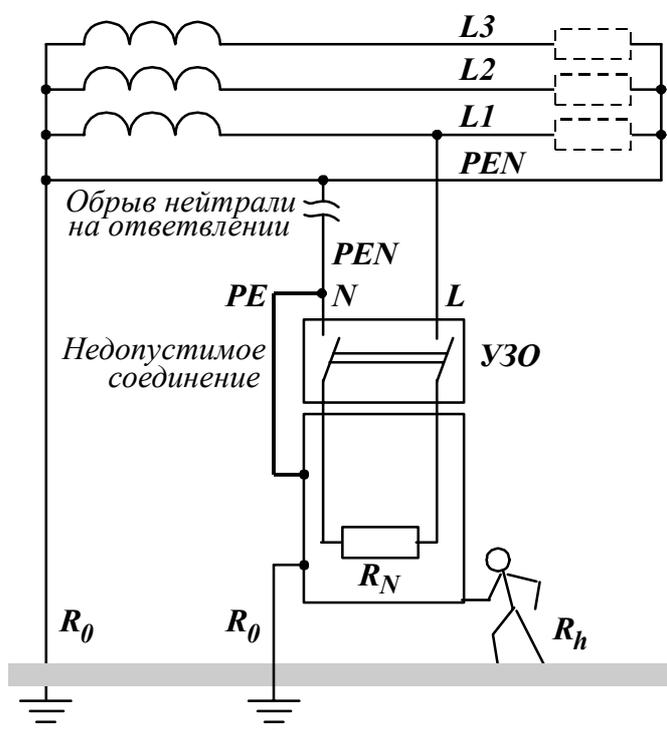


Рис.3. Схема электропитания по системе ТТ с УЗО

Кстати, в России действует стандарт [6], в соответствии с которым (п. 4.2.1) электроснабжение мобильных зданий, выполненных из металла или имеющих металлический каркас и предназначенным для уличной торговли и бытового обслуживания населения, *следует* осуществлять по системе ТТ и *допускается* применять систему TN-S. Таким образом, в России для мобильных зданий из металла система ТТ рассматривается как основная, а TN-S, как допустимая.

Конечно, качественное обустройство системы ТТ – дело хлопотное. Нужно копать траншею вокруг здания, забивать длинные штыри, приваривать к ним полосу, к полосе – вывод, вывод присоединять к РЕ шине на распределителе внутри здания, для чего в стене здания потребуется пробить отверстие. Система TN-C-S существенно дешевле – достаточно протянуть РЕ проводник от щитка к розетке. Неужели фактический запрет системы ТТ обусловлен экономическими соображениями или желанием оградить трудящихся от хлопотного занятия, связанного с рытьем траншей и пробиванием отверстий в стенах? Вряд ли. Очевидно, имеются какие-то другие соображения, в соответствии с которыми эта система представляет опасность для большинства граждан стран СНГ, будучи безопасной для граждан прочих цивилизованных стран. Очень хотелось бы ознакомиться с этими аргументами. Если они окажутся достаточно убедительными, то стоит заклеить выдумщиков из МЭК, подталкивающих нас к применению этой опасной системы. Если же весомых аргументов не найдется, то запрет системы ТТ следует отменить, установив для нее соответствующую нишу, и внести в ПУЭ соответствующие изменения.

1. ГОСТ Р50571.3-94 (МЭК 364-3-94). Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики.

2. Козлов В.Д. Устройства защитного отключения. (По материалам, представленным фирмой Felten & Guillaume)//Электропанорама. 2000, №2.–с.11 – 13.

3. Кравченко А.Н. Повышение безопасности электрических установок. // Электропанорама. – 2001. – №11. – с.49 – 52.

4. Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок (ДНАОП 0.00-1.32-01). Киев: Укрархстройинформ, 2001.- 118 с.

5. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

6. ГОСТ Р50669-94. Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. Технические требования.

TT SİSTEMİ: XARİCİ EKZOTİKA YA REAL ZƏRURƏT?

KLİMENKO B.V.

Faktiki olaraq hazırkı ПУЭ tərəfindən qadağan olunmuş TT torpaqlama sisteminin tətbiq olunmasının problemləri nəzərdən keçirilir. Göstərilir ki, müəyyən şəraitdə, xüsusilə hava xəttləri vasitəsilə təchiz olunan elektrik qurğularında, TT UZO ilə birlikdə, ПУЭ tərəfindən icazə verilmiş TN-C-S sistemindən daha təhlükəsizdir.

TT SYSTEM: FOREIGN EXOTIC OR REAL NECESSITY?

KLIMENKO B.V.

The problem on necessity of the adaptation of the earthing system of TT is being studied, which has been in fact forbidden by currently active ПУЭ. It is indicated that in certain conditions, especially in electrical plantss, being fed by the overhead transmission lines, the TT system in combination with UZO, could be more secure than the system allowed by ПУЭ.